

MANAJEMEN KEBIJAKAN
TEKNOLOGI DAN KELEMBAGAAN

Mendukung
PERTANIAN MODERN

MANAJEMEN KEBIJAKAN TEKNOLOGI DAN KELEMBAGAAN

Mendukung PERTANIAN MODERN

Editor:

Effendi Pasandaran | Fadjry Djufri | Sri Asih Rohmani
Djoko Said Damardjati | Mahyuddin Syam
Subandriyo | Rachmat Hendayana



MANAJEMEN KEBIJAKAN, TEKNOLOGI DAN KELEMBAGAAN
MENDUKUNG PERTANIAN MODERN

@2020. IAARD PRESS

Cetakan Pertama: 2020

Hak Cipta dilindungi oleh Undang-undang.

Katalog Dalam Terbitan

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN

Manajemen Kebijakan, Teknologi dan Kelembagaan Mendukung Pertanian Modern

Editor: Effendi Pasandaran, dkk. -Jakarta. IAARD PRESS bekerjasama dengan AIM PRESS
viii – 562 hlm; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-602-344-284-3

631-152

1. Manajemen Kebijakan. 2. Teknologi. 3. Kelembagaan.
 4. Pertanian Modern. 5. Effendi Pasandaran , dkk
-

Editor: Effendi Pasandaran | Fadjry Djufry | Sri Asih Rohmani
Djoko Said Damardjati | Mahyuddin Syam | Subandriyo | Rachmat Hendayana

Proof Reader: Farida Istiana

Tata Letak Isi: Alfyandi

Desain Sampul: Tim AIM

Penerbit:

IAARD PRESS

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
jl. Ragunan No. 29. Pasar Minggu. Jakarta, 12540
Email: iaardpress@litbang.pertanian.go.id
Anggota IKAPI No 445/DKI/2012

Bekerjasama dengan :

Penerbit Agro Indo Mandiri

Jl. Pajajaran Kav E-59 Bogor, 16151

Email: agroindomandiripress1@gmail.com

Website: pttagroindomandiri.com

Anggota IKAPI No: 323/JBA/2018

Daftar Isi

Daftar Isi	v
Pengantar Editor	1
Menyongsong Pertanian 4.0 yang Menyejahterakan <i>Sri Asih Rohmani, dan Effendi Pasandaran</i>	3
MANAJEMEN KEBIJAKAN	9
Perspektif Kebijakan Menuju Pertanian Masa Depan <i>Effendi Pasandaran</i>	11
<i>Learning Process Menuju Pertanian 4.0 yang Menyejahterakan Petani Sri Asih Rohmani.</i>	37
Pertanian Indonesia Menghadapi Masa Depan di Era Industri 4.0 <i>Budi Tangendjaja</i>	71
<i>Good Agricultural Practice Sebagai Perangkat Lunak Pertanian Maju Sumarno</i>	99
Memperkuat Dukungan Asuransi Pertanian dalam Persaingan Global <i>Sahat M. Pasaribu, Rizatus Shofiyati, dan Iwan Setiajie A.</i>	121
MANAJEMEN TEKNOLOGI DIGITAL DAN REKAYASA GENETIK	151
Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Pertanian di Era Industri 4.0 <i>Rizatus Shofiyati, Haryono, dan Sahat M. Pasaribu</i>	153
Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Pendugaan Kelembaban Tanah <i>Muhammad Hikmat, dan Sukarman</i>	173

Aplikasi Drone dan Prospek Pemanfaatannya dalam Pertanian Presisi <i>Sri Asih Rohmani, dan Budi Kartiwa</i>	195
Sistem Informasi Katam Terpadu untuk Mendukung Pertanian Modern <i>Aris Pramudia, Yayan Apriyana, dan Haryono</i>	229
Revolusi Genetik Padi Mendukung Era Pertanian Industri 4.0 <i>Yudhistira Nugraha, Trias Sitaresmi, dan Priatna Sasmita</i>	253
Pemanfaatan Rekayasa Genetika untuk Memperkuat Ketahanan Pangan <i>Atmitri Sisharmini, Aniversari Apriana, dan Tri Joko Santoso</i>	273
Varietas Padi Ramah Lingkungan Adaptif Perubahan Iklim Global dalam Era Teknologi Pertanian 4.0 <i>Untung Susanto, Wage Ratna Rahaeni, dan Priatna Sasmita</i>	301
MANAJEMEN SDM DAN KELEMBAGAAN	343
Kesiapan Menghadapi Pertanian Masa Depan di Indonesia: Suatu Pemikiran Sosio-Teknis <i>Kedi Suradisastra</i>	345
Mempersiapkan Generasi Milenial Mendukung Pertanian Presisi <i>Mewa Ariani</i>	377
Penyuluhan Pertanian Masa Depan: Tantangan dan Prospek Pengembangan <i>Andin H. Taryoto</i>	401
Membangun Kelembagaan Pemasaran Petani Hortikultura dalam Era Revolusi Industri 4.0 <i>Juni Hestina, Eddy Yusuf, dan Helena J. Purba</i>	433

MANAJEMEN PENGOLAHAN HASIL DAN PEMASARAN.....	457
Pendekatan Sistem Presisi untuk Optimasi Model Agroindustri Ubikayu <i>Heny Herawati, Elmi Kamsiati, dan Agus S. Somantri</i>	459
Memperkuat Pemasaran Produk Hortikultura Menuju Persaingan Global di Era Industri 4.0 <i>Bambang Sayaka, dan Saktyanu K Dermoredjo</i>	477
Memperkuat Daya Saing Industri Minyak Sawit Indonesia di Era Revolusi Industri 4.0 <i>Helena Juliani Purba</i>	497
Strategi Bisnis Kopi Spesial di Indonesia Menuju Industri 4.0 <i>Eddy S. Yusuf, dan Saktyanu K.D</i>	525
Mendukung Kemampuan Lingkungan Kebijakan Menuju Pertanian Masa Depan <i>Sri Asih Rohmani.....</i>	545
Indeks.....	551
Tentang Penulis	557

Pengantar Editor

Dinamika isu pangan dan pertanian global dengan kompleksitas tantangan dan permasalahan yang dihadapi di tengah kemajuan ICT (*Information and Communication Technology*) industri 4.0, menempatkan perspektif membangun pertanian modern yang menyejahterakan petani menjadi urgent untuk diwujudkan.

Dalam kerangka implementasinya, diwujudkan melalui upaya percepatan penerapan pertanian presisi (*precision agriculture*) dan “*learning process*” bertransformasi membangun pertanian digital (*digital farming*) di masa depan. Membangun keberlanjutan pertanian dan pangan baik global maupun nasional memerlukan langkah-langkah strategik yang terintegrasi dengan implementasi pembangunan pertanian modern di masa depan sekaligus menjadi upaya peningkatan ketangguhan petani dan pencapaian kesejahteraan masyarakat.

Pencapaian keberhasilan pembangunan pertanian masa depan memerlukan kondisi kondusif, antara lain faktor pengikat untuk bergerak bersama. Hal ini ditunjukkan oleh keseriusan dukungan berbagai pihak, ketepatan strategi disertai kejelasan arah dan pemahaman perspektif pembangunan pertanian modern. Lebih jauh lagi diperlukan pula langkah-langkah kebijakan transformatif pada era masa transisi menuju pertanian masa depan tersebut.

Pemerintah berkewajiban menciptakan *enabling environment*, baik infrastruktur, insentif yang diperlukan, maupun regulasi yang memadai dalam mendorong perwujudan proses transformasi yang diperlukan. Langkah penting yang diperlukan adalah memfasilitasi dukungan dan mekanisme yang lebih baik bagi berbagai pemikiran dan tindakan kolektif yang memperkuat arah penelitian, pengembangan sumber daya manusia secara utuh, perubahan kelembagaan serta membangun sinergitas dan keterpaduan perencanaan pembangunan.

Buku Manajemen Kebijakan, Teknologi dan Kelembagaan Mendukung Pertanian Modern, membahas berbagai hasil kajian sebagai kristalisasi pemikiran dan pengalaman para pakar, ilmuwan dan peneliti berbagai bidang disiplin serta praktisi pembangunan di sektor pertanian. Pemikiran-pemikiran tersebut dikemas sebagai terobosan gagasan dalam manajemen kebijakan, teknologi inovatif dan kelembagaan menuju pertanian modern di masa depan.

Bahasan diawali terobosan pemikiran dalam memberikan pemahaman perspektif dan arah kebijakan pembangunan pertanian masa depan. Transformasi yang diperlukan adalah penciptaan dan pemanfaatan teknologi inovatif dalam membangun pertanian presisi.

Keseluruhan bahasan dalam buku sekaligus menjadi tekad dan komitmen untuk meningkatkan peran dan kinerja Badan Litbang Pertanian di masa depan dalam merumuskan tindakan antisipatif, merespon dan memanfaatkan kekuatan ICT industri 4.0 bagi kemajuan pertanian Indonesia dan perbaikan kesejahteraan petani.

Melalui buah pemikiran dan teknologi inovatif yang ditawarkan, menjadi bagian dari proses belajar dan reorientasi Balitbangtan sebagai “*learning enabler*” dalam penelitian dan pengembangan sehingga menjadi rujukan yang terpercaya dalam menciptakan terobosan invensi, teknologi inovatif dan beragam produk hasil penelitian yang bermanfaat bagi pembangunan.

Penerbitan buku ini diharapkan bermanfaat bagi para perumus kebijakan sebagai salah satu acuan dan pendorong munculnya ide-ide pemikiran kreatif dan inovatif dalam penciptaan teknologi dan pengembangan inovasi pertanian modern sehingga berkontribusi bagi keberlanjutan pertanian dan pangan yang bermuara pada pencapaian kesejahteraan petani.

Jakarta, November 2019

Menyongsong Pertanian 4.0 yang Menyejahterakan

Sri Asih Rohmani, dan Effendi Pasandaran

Pembangunan pangan dan pertanian berkelanjutan telah menjadi bagian dari agenda, komitmen, dan kerangka kebijakan *Sustainable Development Goals-SDGs* 2016-2030. Mendukung pencapaiannya, sektor pertanian tidak saja berperan bagi pemenuhan kebutuhan pangan, namun juga menjadi tumpuan untuk berkontribusi mengurangi kemiskinan, kekurangan gizi, serta menjaga keseimbangan ekologis dan lingkungan.

Terjadinya peningkatan jumlah penduduk yang semakin cepat, peningkatan kompetisi pemanfaatan sumber daya lahan dan air, perubahan iklim dan percepatan transisi pola konsumsi pangan, mewujudkan keberlanjutan sistem pangan global memerlukan serangkaian proses tindakan antisipatif dan upaya bertransformasi disertai dengan dukungan lompatan “teknologi inovatif” dan dinamis dari hasil penelitian dan pengembangan.

Dalam kerangka implementasinya, dengan kompleksitas tantangan dan permasalahan yang dihadapi ke depan, keberhasilan pencapaiannya memerlukan keseriusan dukungan berbagai pihak, ketepatan strategi yang menyeluruh disertai kejelasan arah (skenario) dan pemahaman perspektif pembangunan pertanian modern yang diharapkan serta langkah-langkah kebijakan transformatif pada era masa transisi menuju pertanian masa depan. Berbagai aspek tersebut akan menjadi pijakan terbangunnya faktor pengikat “bonding force” untuk bergerak bersama mewujudkan pertanian modern di masa depan yang menyejahterakan.

Seiring dengan dinamika isu pangan dan pertanian global, kemajuan *Information and Communication Technology* (ICT) era industri 4.0 menempatkan perspektif membangun pertanian modern di era industri 4.0 menjadi *urgent* dan relevan dengan spirit dari arah ideal pembangunan

pertanian di masa depan yang berorientasi pada kesejahteraan petani sebagai pelaku utama pembangunan pertanian. Dalam hal ini, membangun keberlanjutan sistem pangan dan pertanian global menjadi langkah strategik yang terintegrasi dengan implementasi pembangunan pertanian modern dan berkelanjutan di masa depan sekaligus menjadi strategi peningkatan ketangguhan petani dan pencapaian kesejahteraan masyarakat.

Untuk mewujudkan pembangunan pertanian tersebut, diperlukan pemahaman dan upaya adaptasi sebagai proses belajar bagi petani dan *stakeholders* serta ketepatan menentukan strategi bertransformasi sehingga berdampak pada pencapaian kesejahteraan masyarakat. Proses transformasi dan arah pertanian modern di masa depan adalah implementasi *digital farming* (pertanian digital), suatu evolusi inovasi berbasis *precision farming* (PF) sebagai sebuah pendekatan peningkatan produksi dengan menggunakan masukan (input) secara tepat dan terkontrol. Tantangan yang dihadapi adalah bagaimana pertanian digital mendorong terwujudnya ketangguhan ekonomi, ekologi dan sosial sebagai refleksi kesejahteraan masyarakat petani. Generasi milenial diharapkan mengambil inisiatif dalam pelaksanaan *digital farming* dan melakukan penetrasi untuk memulai transformasi penyesuaian kearifan lokal menuju *digital farming* yang dimulai dengan *precision farming*, serta bagaimana generasi milenial di perkotaan tertarik masuk ke pedesaan dan menjadi penggerak dalam proses transformasi.

Kualitas konsumsi pangan dan gizi sangat menentukan kelahiran generasi milenial di perdesaan dan sekaligus sangat strategis dalam memperkuat ketahanan pangan secara berkelanjutan. Transformasi sumberdaya manusia pertanian secara menyeluruh dilakukan melalui pendidikan dan penyuluhan pertanian, kerjasama antara perguruan tinggi dan pemerintah/swasta serta mempersiapkan generasi muda yang berbakat dan mempunyai kemampuan wirausaha (*entrepreneurship*) di bidang pertanian.

Mendukung hal tersebut, Pemerintah berkewajiban menciptakan *enabling environment* baik infrastruktur, insentif yang diperlukan, dan regulasi yang memadai dalam mendorong terwujudnya proses transformasi.

Langkah awal untuk dilakukan adalah dukungan dan mekanisme yang lebih baik bagi berbagai pemikiran dan “tindakan kolektif” berorientasi jangka panjang antara lain memperkuat arah penelitian dan pengembangan, pengembangan sumber daya manusia secara utuh, perubahan kelembagaan serta membangun sinergitas dan keterpaduan perencanaan pembangunan.

Dalam hal ini, makna belajar adalah merujuk pada investasi dalam pengembangan kapasitas yang memberikan nilai tambah dalam hal peningkatan produksi berkelanjutan, profitabilitas bisnis, perbaikan mata pencarian dan pekerjaan serta peri-kehidupan komunitas pedesaan yang berkelanjutan.

Proses belajar terkait dengan penciptaan teknologi, pengembangan inovasi dan kemampuan untuk mengelola perubahan sebagai bentuk pembelajaran orang dewasa “andragogi” dengan tujuan mendapatkan pengetahuan dan mengembangkan keterampilan teknis baru, membawa sikap baru dan nilai-nilai ke arah perubahan yang lebih baik secara berkelanjutan. Proses tersebut sejatinya merupakan “*learning process*” antara petani dan pelaku pembangunan secara luas serta berbagai pemangku kepentingan (termasuk akademisi dan swasta) yang berkolaborasi dan bersinergi dalam menciptakan teknologi inovatif modern dalam keseluruhan proses produksi pangan dari hulu hingga hilir secara efisien, produktif dan berdaya saing.

Dalam persepsi tersebut, lembaga riset harus menempatkan diri dan berperan sebagai “*learning enabler*” yang mampu mendorong dan memacu kreativitas berbagai *stakeholders* dan pelaku usaha (termasuk petani) sebagai mitra yang setara dalam penciptaan invensi dan pengembangan sistem inovasi pertanian yang diperlukan.

Badan Litbang Pertanian memiliki peran penting dalam menghubungkan (*bridging and linking*) produk teknologi hasil Balitbangtan selaras dengan program dan kegiatan penyuluhan pertanian, sekaligus menyinergikan program pembangunan pertanian di daerah dalam konteks pengembangan *research-extension-farmer linkages*.

Dengan disrupsi teknologi industri 4.0, pertanian sekarang dan ke depan membutuhkan akses untuk informasi yang lebih baik dan tidak hanya menuntut keterampilan manajemen usaha dan bisnis tetapi tingkat keterampilan dan kemampuan yang lebih tinggi untuk berkolaborasi dengan petani lain. Karenanya, aktivitas penyuluhan masa datang harus benar-benar berorientasi kepada upaya menyelesaikan masalah riil yang dihadapi secara *real time* di lapangan, serta penyuluhan berwawasan menuju perubahan dan berdampak pada hasil yang nyata dan dapat segera dirasakan manfaatnya bagi masyarakat secara luas.

Agar learning process menuju pertanian 4.0 dapat meningkatkan kapasitas dan kemampuan petani menghadapi tantangan disrupsi teknologi industri 4.0 diperlukan “pendekatan penyuluhan” yang memberikan proses pembelajaran partisipatif dan mendorong para pelaku dan peran utama dalam pembangunan terlibat aktif dengan petani sebagai mitra dalam proses belajar.

Melalui proses pembelajaran partisipatif, akan menjadi pendorong dan pelumas terbangunnya sistem inovasi pertanian yang handal dicirikan antara lain dengan dihasilkannya produk yang kompetitif dan memberikan nilai tambah (pendapatan) yang besar bagi seluruh pelaku usaha di dalamnya, melalui ketepatan keseluruhan proses dan transformasi produksi pangan dari hulu-hilir yang presisi sehingga menjamin kepastian memberikan nilai ekonomi secara efisien dan berdaya saing.

Peningkatan efisiensi, nilai tambah dan daya saing dari hulu-hilir, juga akan membawa pergerakan “shifting” peran dan partisipasi petani yang semula banyak berorientasi di tahapan on farm akan berproses menuju peningkatan di tingkat off farm, pasca panen, pengolahan dan pemasaran dan mendorong lebih banyak lagi penelitian, inisiatif sektor publik dan usaha bisnis di sektor pertanian.

Seluruh proses pembelajaran, tindakan adaptasi dan bertransformasi menuju pembangunan pertanian modern di masa depan dilandasi dengan spirit dan keterpaduan upaya untuk menggerakkan masyarakat (petani) sebagai pelaku utama dalam menjalankan usaha bisnis pertanian.

Berbagai karakteristik yang mencirikan adalah kemampuannya menangkap peluang usaha dalam menghasilkan produk yang kompetitif dan dibutuhkan pasar dengan proses produksi dilaksanakan secara efisien, efektif, dan berkelanjutan, didukung oleh kelembagaan yang mengatur perilaku individu dan masyarakat ke arah keterbukaan terhadap perubahan yang lebih baik sehingga menyejahterakan secara individu dan bersama dengan penggerak utama perubahan adalah inovasi.

Keseluruhan pemikiran menegaskan bahwa untuk mewujudkan pembangunan pertanian modern di masa depan, tetap menempatkan petani sebagai pelaku utama “*driver*” dan penentu keberhasilannya sehingga keseluruhan tindakan adaptasi dan transformasi yang dilakukan menjadi bagian *inherent* bagi peningkatan kesejahteraan petani. Salah satu strategi penting untuk dilakukan adalah mempersiapkan generasi milenial yang menggeluti dan memajukan sektor pertanian dengan karakteristik keterbukaan perilaku, cepat beradaptasi, pantang menyerah, dan memiliki ketangguhan secara spiritual, sosial, budaya dan ekonomi.

Disamping memberikan inisiasi terobosan pemikiran dalam memberikan pemahaman berbagai upaya antisipatif dan transformatif, penguatan peran Balitbangtan ke depan dalam menyongsong pertanian modern di era revolusi industri 4.0 dapat dilakukan melalui upaya penciptaan dan pemanfaatan berbagai teknologi inovatif pada penguasaan antara lain *bioengineering* (*interdisiplin ilmu bioscience dan teknik (engineering), automation, dan social engineering*) sekaligus merespon dinamika perubahan lingkungan strategis, baik pada tataran global maupun nasional. Badan Litbang Pertanian terus berupaya dan bertekat menjadi rujukan dalam menghasilkan beragam teknologi inovatif tepat guna, unggul dan futuristik guna membangun *precision agriculture* dengan mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang sains yang diperlukan dan sedang berkembang di dunia antara lain:

1. Revolusi bioteknologi dan rekayasa genetik;
2. Pemanfaatan teknologi informasi dalam memperkuat kapasitas sistem pengetahuan dan kemampuan analisis big data;
3. Penerapan dan optimasi pendekatan presisi model bioindustri; dan
4. Kecerdasan bisnis yang memperkuat sistem pemasaran dan daya saing komoditas bernilai ekonomi.

Keseluruhan buku membahas terobosan dalam manajemen kebijakan, teknologi inovatif dan kelembagaan menuju pertanian 4.0 di masa depan. Secara terstruktur dan runtut bahasan, menggambarkan satu kerangka pemikiran yang menjadi bagian tidak terpisah dari proses pembelajaran untuk memahami, beradaptasi dan bertransformasi membangun pertanian modern masa depan yang menyejahterakan.

Perspektif pembangunan pertanian modern diwujudkan dalam beragam ide, terobosan gagasan dan pemikiran terkait permasalahan dan isu aktual dalam membangun pertanian digital di masa depan. Pembahasan produk teknologi dan inovasi dalam merespon dinamika global memberikan penekanan pada aspek *knowledge management* mulai dari arah kebijakan, pemanfaatan teknologi inovatif, sumber daya manusia (SDM) dan kelembagaan serta pengolahan hasil dan pemasaran.

Dengan penyusunan buku ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi para pemegang kebijakan dalam membangun perubahan *mindset*, spirit berkolaborasi dan komitmen untuk bergerak bersama membangun pertanian modern di masa depan.



MANAJEMEN KEBIJAKAN



Perspektif Kebijakan Menuju Pertanian Masa Depan

Effendi Pasandaran

Pertanian masa depan Indonesia diharapkan tetap merefleksikan perbaikan kesejahteraan masyarakat pertanian rakyat. Mengingat perkembangan ekonomi masa depan secara global antara lain bercirikan dukungan teknologi yang semakin canggih yang sering disebut sebagai era industri 4.0 sedangkan pertanian rakyat Indonesia dewasa ini masih berada pada tahap yang lebih awal maka diperlukan upaya transformasi kebijakan yang mempersiapkan langkah-langkah efektif yang bersifat transisional menuju pertanian masa depan.

Dewasa ini sebagian wilayah pertanian Indonesia masih berada pada introduksi alat dan mesin pertanian yang merupakan ciri dari industri 2.0. Sedangkan dalam perkembangan selanjutnya sudah ada yang menerapkan teknologi ICT (*Information and Communication Technology*) yang merupakan ciri dari Industri Pertanian 3.0 suatu perkembangan yang prospektif bagi pertanian Indonesia yang sebagian besar penduduknya berada di wilayah pedesaan yang memperoleh penghasilan dari lahan pertanian yang kecil atau sebagai buruh tani. Sudah ada pemikiran-pemikiran terobosan untuk keluar dari jerat kemiskinan seperti yang dikemukakan oleh Simatupang (2018) dan juga Ariani dan Suryana (2018) yang selanjutnya memerlukan langkah-langkah transformasi kebijakan.

Dengan bertambahnya populasi penduduk dunia dan juga Indonesia diperlukan semakin banyak produksi pangan. Menurut perkiraan De Clercq et al. (2018) ada dua masalah yang dihadapi secara global yaitu peningkatan jumlah penduduk dari 2017 sampai 2050 memerlukan tambahan produksi pangan sebesar 70 persen oleh petani. Adanya urbanisasi memerlukan tambahan makanan olahan dan daging dari 36,4 kg per kapita pada tahun 2000 menjadi 45,3 kg per kapita pada tahun 2030.

Di Indonesia sendiri golongan berpendapatan menengah akan bertambah dan akan mengubah pola konsumsi pangan. Dengan demikian diperlukan langkah-langkah transformasi secara menyeluruh dengan memperhatikan berbagai persoalan yang dihadapi yang merupakan kendala bagi peningkatan produksi pertanian dan pangan seperti degradasi sumberdaya alam dan perubahan iklim.

Kelas menengah menjadi salah satu lokomotif penggerak ekonomi di Indonesia, karena kekuatan daya belinya (Ali dan Purwandi 2016). Selanjutnya dikemukakan menurut *Asian Development Bank* (ADB 2010) kelas menengah sendiri adalah kelompok penduduk yang memiliki pengeluaran \$2 hingga \$20 per kapita per hari. Kelas menengah sendiri berdasarkan rentang pengeluaran mereka dibedakan menjadi 3 kategori yaitu *lower middleclass* (dengan rentang pengeluaran perkapita per hari \$2 hingga \$4), kemudian *middle middleclass* (dengan pengeluaran per kapita per hari \$4 hingga \$10) dan *upper middleclass* (dengan pengeluaran perkapita per hari \$10 hingga \$20).

Bagi pertanian rakyat Indonesia proses transformasi bertujuan mendorong masyarakat petani berorientasi ke arah tiga dimensi upaya yang merefleksikan ketangguhan ekonomi, ekologi dan sosial (Pasandaran 2018) dalam menghadapi berbagai guncangan baik internal maupun eksternal. Kesejahteraan petani baik masa sekarang maupun masa depan pada hakekatnya tercapai apabila ketangguhan ketiga dimensi tersebut terwujud dalam suatu proses interaktif dan harmonis. Tantangan yang dihadapi adalah bagaimana menciptakan suatu masyarakat belajar atau *learning society* yang digerakkan oleh generasi muda atau generasi milenial yang mungkin kontradiktif dengan kearifan lokal yang umumnya diwarisi melalui generasi senior di perdesaan.

Konsep yang diusulkan dalam proses transformasi adalah *digital farming* yaitu suatu evolusi inovasi berbasis *precision farming* (PF) yang pada hakekatnya telah lama menjadi pokok pemikiran namun belum terwujud di Indonesia. Konsep ini sering disebut sebagai pertanian 4.0 atau *Farming 4.0* (Braun et al. 2018). PF adalah pendekatan yang menggunakan masukan (input) dalam jumlah yang tepat untuk meningkatkan produksi (Hakim et al. 2016).

Dengan demikian pertanian masa depan yang diharapkan adalah suatu pertanian digital. Tantangan yang dihadapi adalah bagaimana pertanian digital mendorong terwujudnya ketangguhan ekonomi, ekologi dan sosial sebagai refleksi kesejahteraan masyarakat petani.

Digital farming memanfaatkan semua pengetahuan yang tersedia didukung oleh perangkat teknologi yang semakin canggih sebagai ciri industri pertanian 4.0. Generasi milenial diharapkan mengambil inisiatif dalam pelaksanaan *digital farming* dan melakukan penetrasi untuk memulai transformasi kearifan lokal menuju *digital farming* yang dimulai dengan *precision farming*. Tantangan selanjutnya adalah bagaimana mendorong generasi milenial yang mungkin berada di perkotaan untuk tertarik masuk ke pedesaan dan menjadi penggerak dalam proses transformasi. Apa peran pemerintah dalam mendorong terwujudnya proses tersebut?

Tulisan ini pertama berupaya memberikan gambaran tentang pertanian rakyat dewasa ini dengan berbagai permasalahan dan tantangan yang dihadapi dan langkah-langkah kebijakan yang diperlukan untuk melakukan proses transformasi sebagai persiapan untuk melaksanakan kebijakan yang bersifat transisional. Kedua memberikan gambaran tentang pertanian rakyat pada masa transisi dengan ciri ciri inovasi yang diperlukan baik teknologi maupun kelembagaan yang dipraktekan oleh masyarakat belajar atau *learning society*. Kebijakan apa yang diperlukan untuk mewujudkan *learning society*?

Ketiga memberikan gambaran tentang pertanian masa depan dalam era industri 4.0 baik global maupun nasional dan selanjutnya mengusulkan langkah-langkah kebijakan transformatif pada era masa transisi menuju pertanian masa depan.

Pertanian Rakyat Dewasa Ini

Untuk memperoleh gambaran tentang pertanian pada umumnya dan pertanian rakyat dewasa ini paling tidak ada tiga kategori usaha pertanian yang perlu diperhatikan (Pasandaran dan Haryono 2013). *Pertama*, adalah pertanian industrial yang pada umumnya diusahakan dalam skala luas,

dengan komoditi yang dihasilkan terkait dengan persaingan agribisnis global, termasuk keterkaitan yang erat antara produser dan pengolah hasil, cenderung bersifat *export driven*, dan memanfaatkan teknologi maju termasuk didalamnya teknologi revolusi hijau dan bioteknologi. Termasuk dalam kategori ini adalah *food estate* baik yang diusahakan oleh perusahaan swasta yang ada dalam suatu negara ataupun yang melalui proses *land grabbing* pada negara lain.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya ada kelemahan pertanian industrial seperti itu, yang paling fundamental adalah terabaikannya hak-hak masyarakat lokal dalam mengusahakan lahan tersebut yang pada hakekatnya merampas hak konstitusional mereka disamping kecenderungan pengusahaan lahan yang bersifat eksploratif yang dapat merusak jasa ekosistem. *Digital farming* tetap diperlukan untuk memberi peran kepada masyarakat lokal berpartisipasi dalam pertanian industrial.

Suatu transformasi kelembagaan diperlukan untuk memperkuat kemampuan sumberdaya manusia lokal termasuk generasi milenial untuk melakukan terobosan-terobosan inovasi dan teknologi sehingga masyarakat lokal juga mempunyai kecerdasan yang memadai untuk berpartisipasi dalam pertanian industrial. Misalnya petani kelapa sawit dan petani karet mempunyai potensi untuk mempraktekan *digital farming* pada usahatani mereka.

Kedua, pertanian keluarga (*family farming*) adalah pertanian dengan usahatani berskala kecil, berorientasi lokal untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga (subsisten) atau pasar lokal, menggunakan teknologi revolusi hijau dan tergantung fase perkembangan yang terjadi diusahakan secara monokultur atau mengalami proses diversifikasi. Masalah yang dihadapi pada tipe ini adalah berkurangnya luas garapan usahatani seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya jumlah tenaga kerja di sektor pertanian.

Sebagai akibatnya gejala yang disebut dengan involusi pertanian mungkin semakin meluas dan dengan intensitas yang semakin memperlemah produktivitas tenaga kerja di pedesaan (Geertz 1966). Sebagian besar

pertanian keluarga diusahakan pada luas usahatani yang kurang dari 0,5 ha dan oleh karena kurangnya luas usaha tani di pedesaan sebagian masyarakat petani menjadi buruh petani.

Walaupun menurut hasil sensus pertanian 2013 jumlah rumah tangga usaha pertanian menurun dari 31,17 juta rumah tangga pada tahun 2003 menjadi 26,13 juta rumah tangga pada tahun 2013 atau menurun sebesar 1,75% per tahun, namun ketersediaan lahan di pedesaan juga menurun terutama di pulau Jawa. Demikian pula sekitar 80% penurunan rumah tangga tersebut terjadi di pulau Jawa sehingga eksistensi involusi pertanian masih tetap ada. Terlepas dari persoalan tersebut pertanian keluarga baik di Jawa maupun luar Jawa tetap menjadi soko guru dalam menopang ketahanan pangan nasional (BPS 2013).

Oleh karena itu pertanian keluarga hendaknya menjadi arus utama dalam mengembangkan *precision farming* melalui dukungan *digital farming* dan dengan dukungan program pemerintah yang berorientasi pada peningkatan kemampuan masyarakat petani untuk keluar dari jerat kemiskinan dan program-program yang memperkuat ketangguhan ekonomi, sosial, dan ekologi yang pada akhirnya bermuara pada penguatan ketahanan pangan dan perbaikan kesejahteraan masyarakat petani menuju pertanian masa depan yang bercirikan industri pertanian 4.0.

Ketiga, pertanian marginal yang juga berbasis pertanian keluarga adalah pertanian dengan usahatani skala kecil yang dianggap kurang produktif, karena pada umumnya di usahakan pada lahan lahan marginal dengan akses terhadap sumber daya produktif baik prasarana maupun sarana produksi yang relatif terbatas. Walaupun penggunaan lahan mungkin lebih luas dari petani tipe kedua, kehidupan petani pada kategori ini tidak dengan sendirinya lebih baik dari kehidupan petani dengan tipe *kedua*.

Semakin meluasnya pemanfaatan lahan marginal pada hakekatnya mengindikasikan sudah semakin terbatas ketersediaan lahan produktif. Lahan marginal sebagian besar terdapat di Kalimantan, dan juga di Sumatra, lahan lahan tersebut karena pengelolaan yang tidak didukung

oleh praktik berlanjut banyak yang menjadi lahan terlantar. Tabel 1 menunjukkan perkiraan luas lahan terlantar di Indonesia. Walaupun keakuratan data tersebut diragukan tetapi perkiraan pada tahun 2017 sekitar 12 juta ha lahan terlantar cukup besar mengingat lahan pertanian Indonesia yang semakin menyusut yaitu terutama lahan untuk produksi pangan.

Lahan terlantar merupakan potensi yang segera perlu dipulihkan mengingat kalau dibiarkan biaya pemulihan akan menjadi semakin besar. Oleh karena itu diperlukan pemetaan menyeluruh tentang sebaran lahan terlantar dan sebab-sebab terjadinya.

Pendekatan yang segera dapat dilakukan untuk mencegah perluasan lahan tersebut adalah pengembangan pertanian polikultur di sekeliling lahan terlantar yang memerlukan partisipasi masyarakat lokal dengan dukungan program pemerintah mengingat pertanian polikultur tidak segera menghasilkan. Investasi diperlukan tidak saja untuk pertanian polikultur yang membendung perluasan lahan terlantar tetapi juga penetrasi polikultur ke wilayah lahan terlantar. Investasi tersebut apabila berhasil akan menyiapkan lahan yang cukup luas untuk pertanian masa depan.

Tabel 1. Luas lahan yang tidak diusahakan (terlantar), lahan ladang/huma, dan lahan tegalan/kebun

Jenis Lahan	Tahun (x 1000 ha)				
	2005	2006	2007	2008	2009
Lahan Terlantar	15.627	15.747	15.551	14.896	14.902
Lahan Ladang/Huma	5.215	5.103	5.202	5.323	5.453
Lahan Tegal/Kebun/hutan Rakyat	11.498	11.513	12.005	11.854	12.281
Jumlah	32.340	32.353	32.758	32.073	32.636

Sumber: Badan Pusat Statistik. 2011 (diolah)

Oleh karena itu, dalam mendukung upaya menuju pertanian Indonesia masa depan tantangan yang dihadapi adalah bagaimana memperkokoh peran pertanian keluarga dengan menyiapkan lahan yang cukup memadai

baik melalui permulihan lahan terlantar maupun dengan konsolidasi lahan yang sudah ada, membendung terjadinya konversi lahan terutama lahan irigasi, penguatan kemampuan pertanian lahan kering yang sudah ada dengan memperbaiki produktifitasnya dan menghentikan terjadinya degradasi sumberdaya lahan.

Dengan demikian pertanian keluarga masa depan berskala kecil tetapi pertanian yang semakin lama dapat menjadi pertanian berskala besar dan dapat menjadi suatu *building block* bagi suatu usaha pertanian yang mampu membangun jaringan keterkaitan yang kuat baik horizontal yaitu antar wilayah dalam suatu kawasan ekosistem (*eco-region*) maupun vertikal mulai dari proses produksi, pengolahan hasil, dan pemasaran. Dalam hubungan ini pertanian keluarga yang dipraktekkan di lahan marginal perlu pula diperbaiki produktifitasnya.

Tantangan yang dihadapi adalah bagaimana memperbaiki produktifitas lahan marginal dan membangun inovasi yang memungkinkan lahan tersebut dapat diusahakan dengan produktifitas yang semakin meningkat dengan tetap memperhatikan integritas ekologi dan ketangguhan sosial masyarakat setempat. Perbaikan kesehatan lahan dengan menambah pupuk organik pada lahan yang ada diharapkan menjadi salah satu solusi disamping praktik-praktik pengelolaan lahan dan air yang memperhatikan asas keberlanjutan.

Penelitian ekologi juga telah memperkaya pemahaman terhadap fungsi agroekosistem yang dapat memperbaiki produktifitas tanaman melalui perbaikan siklus hara, pemanfaatan air, pengelolaan hama terpadu, fiksasi nitrogen, dan interaksi yang bersifat sinergistik. Ada tersedia sejumlah kemungkinan dalam memadukan produksi pangan dan sumberdaya alam yang menawarkan produktifitas yang cukup tinggi namun tetap menjaga keseimbangan ekologis dengan alam.

Sistem produksi tersebut mencakup perbaikan konfigurasi spasial dan pengelolaan bentangan lahan (*landscape*) yang terpadu dengan menempatkan berbagai pohon yang dipilih untuk mendukung perbaikan produktifitas melalui siklus hara namun yang juga mengandung nilai-nilai komersial. Sistem produksi seperti ini akan mengurangi ketergantungan

pada sarana produksi dan sumberdaya yang tak terbarukan dan untuk menterpadukan proses biologi dengan intensifikasi yang berkelanjutan dan yang juga mendukung konservasi sumberdaya alam seperti lahan dan air.

Dalam lingkup pemahaman tersebut adalah sistem konservasi pertanian secara menyeluruh termasuk agroforestri multi strata, pemupukan dosis mikro, panen air pada skala usahatani dan skala desa dan produksi biji-bijian perenial. Pendekatan agroekologis yang menerapkan praktek praktek lokal dikombinasikan dengan temuan baru ilmu pengetahuan diharapkan dapat memperbaiki efisiensi penggunaan sarana produksi dan mewujudkan sinergi melalui pendekatan multi fungsi antar berbagai spesies dan sistem produksi. Perbaikan jasa ekosistem melalui pengelolaan pemanfaatan hujan dan pemeliharaan kesehatan tanah merupakan sumber pertumbuhan dan stabilitas produksi.

Dari perspektif masyarakat lokal kebijakan nasional sering tidak terasakan dan cenderung mengabaikan kompleksitas kehidupan lokal masyarakat pedesaan khususnya masyarakat petani. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan lokal yang bersifat operasional yang mampu menerjemahkan kebijaksanaan nasional ke dalam konteks lokal.

Sebagai contoh kebijakan lokal pengelolaan pertanian dalam suatu kawasan ekosistem tidak hanya diperlukan untuk mendukung ketahanan pangan dalam jangka panjang tetapi juga untuk mendukung diversifikasi pertanian dalam arti luas termasuk tanaman pangan, ternak, akuakultur, dan pohon (pekarangan, perkebunan, dan buah buahan) dalam suatu bentangan wilayah. Selanjutnya diperlukan langkah-langkah operasional dalam manajemen air hujan dan aliran permukaan untuk mendukung multifungsi pertanian pada skala DAS untuk mendukung jasa ekosistem.

Dengan meningkatnya produktifitas air maka fungsi jasa ekosistem baik yang bersifat pengaturan maupun pendukung menjadi lebih efisien. Pendekatan keterpaduan untuk mendukung integritas ekosistem termasuk pengelolaan air secara menyeluruh tidak saja untuk pertanian tetapi juga untuk keperluan lingkungan dan non pertanian.

Dalam hubungan tersebut dukungan kelembagaan yang terkait diperlukan mulai dari tingkat lokal sampai tingkat nasional. Demikian pula pengelolaan pertanian lahan kering yang menggunakan kultivar lokal memerlukan pendekatan keterpaduan termasuk keterkaitan tanaman baik tanaman setahun maupun tahunan dengan ternak dan akuakultur dalam suatu konfigurasi yang memungkinkan terpeliharanya dukungan jasa ekosistem dalam jangka panjang.

Berdasarkan uraian tersebut diatas ada banyak permasalahan dan tantangan yang dihadapi pertanian rakyat dewasa ini yaitu penguasaan lahan garapan petani yang semakin sempit, yang mengakibatkan sebagian masyarakat petani pedesaan menjadi buruh tani, dan sebagai akibat lebih lanjut adalah meningkatnya jumlah penduduk miskin di pedesaan.

Sistem pertanian lahan kering khususnya untuk produksi pangan mengalami proses degradasi yang apabila tidak ditangani secara memadai akan mengurangi produktivitasnya dan apabila dibiarkan lebih lama bukan tidak mungkin menjadi lahan terlantar. Dewasa ini menurut tabel 1 ada sekitar 14 juta ha yang tidak dimanfaatkan untuk produksi pertanian rakyat.

Tulisan ini telah mengemukakan usul tentang langkah langkah kebijakan transformatif yang diperlukan untuk keluar dari jerat kemiskinan di pedesaan termasuk peningkatan kemampuan sumberdaya manusia di pedesaan dan penyediaan lapangan pekerjaan di perkotaan untuk mendorong proses migrasi dan selanjutnya konsolidasi lahan termasuk pemanfaatan lahan terlantar dengan pendekatan polikultur yang kesemuanya memerlukan investasi jangka panjang yang semakin meningkat apabila tidak ditangani mulai dari sekarang.

Apabila ketersediaan lahan untuk garapan petani menjadi semakin besar tingkat kesejahteraan ekonomi mereka diharapkan semakin meningkat dan pemulihan degradasi sumberdaya lahan dan air akan memperkuat ketangguhan ekologi. Dari perspektif kelembagaan masyarakat petani dipedesaan melalui proses pembelajaran yang berulang-ulang dan antisipatif akan semakin mampu menghadapi gangguan eksternal

berupa dampak perubahan iklim dan perubahan jasa ekosistem seperti kekeringan yang semakin panjang atau hujan ekstrim yang menyebabkan banjir yang semakin meluas.

Melalui proses pembelajaran oleh masyarakat kemampuan adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim diharapkan menjadi semakin tangguh dan mampu menghasilkan ketangguhan sosial karena dilaksanakan secara kolektif. Pada akhirnya perbaikan langkah langkah kebijakan pertanian rakyat dewasa ini diharapkan secara berangsur angsur akan memperkuat tidak saja ketangguhan ekonomi tetapi juga ketangguhan ekologi dan sosial. Ketiga ketangguhan tersebut diharapkan menjadi penciri terwujudnya pertanian rakyat menuju masa depan. Diperlukan suatu masa transisi untuk mewujudkan visi tersebut. Pertanian masa depan adalah pertanian visioner yang perlu dimuluskan pelaksanaannya melalui suatu masa transisi.

Pertanian Rakyat Masa Transisi

Pertanian rakyat masa transisi dimaksudkan sebagai suatu proses yang secara berangsur angsur mengatasi kendala dan tantangan yang dihadapi pertanian rakyat dewasa ini dan yang menyiapkan lingkungan yang memungkinkan (*enabling environment*) bagi terwujudnya faktor-faktor pendorong atau *driving forces* munculnya generasi muda atau generasi milenial yang tertarik melaksanakan *precision farming* yang didukung oleh teknologi digital.

Dewasa ini pertanian rakyat Indonesia masih didominasi oleh para petani yang berusia lanjut dan yang melaksanakan sistem usahatannya berdasarkan kearifan lokal yang diwariskan oleh para petani pendahulu. Walaupun sudah ada introduksi teknologi oleh pemerintah seperti mekanisasi pertanian dan ICT namun teknologi tersebut belum tersebar meluas, karena masih dianggap mahal kalau diusahakan sendiri baik individu maupun kolektif.

Terobosan inovasi diperlukan untuk menarik minat generasi muda atau generasi milenial dalam mempraktekan *precision farming*. Menurut Pyoria et al. (2017) generasi muda lebih siap untuk mengubah pekerjaan

dibandingkan dengan generasi senior. Oleh karena itu diperlukan berbagai upaya untuk menarik minat generasi milenial terjun di bidang pertanian.

Salah satu langkah yang diperlukan adalah memberikan gambaran tentang *precision farming* atau *precision agriculture*. GRDC (undated) mendefinisikan sebagai *farming system* yang berbasis informasi yang terintegrasi yang dirancang dalam jangka panjang untuk memperbaiki efisiensi, produktifitas dan keuntungan dengan meminimumkan efek terhadap lingkungan.

Precision farming bersifat spesifik lokal, temporal, dan merupakan strategi menyeluruh pengelolaan sistem usahatani termasuk tanah dan tanaman (Balafoutis, et al. 2018). Definisi dengan lingkup yang hampir sama dikemukakan oleh Bramley (2001) dan Pedersen (2003).

Dipihak lain Kumar Singh (undated) mendefinisikan *precision farming* sebagai manajemen sistem usahatani yang berbasis informasi dan teknologi untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengelola keragaman yang ada di lapangan agar menghasilkan keuntungan dengan cara berlanjut dan yang melindungi sumber daya lahan. Teknologi informasi yang baru diharapkan dapat menghasilkan keputusan yang lebih baik dalam berbagai aspek produksi.

Precision farming diharapkan menghasilkan efisiensi produksi yang lebih baik dengan mempertimbangkan keragaman yang ada di lapangan. Jadi tujuannya bukan menghasilkan keseragaman hasil di berbagai usahatani. Berbeda dengan pertanian tradisional yang biasanya menganggap keseluruhan usahatani dalam satu desa sebagai satu kesatuan tetapi *precision farming (PF)* memperhatikan setiap petak usahatani sebagai satu kesatuan dengan demikian PF dianggap sebagai suatu *system approach* pengelolaan usahatani.

Teknologi yang digunakan dalam PF meliputi penerima GPS yang memungkinkan hasil yang diterima bersifat *real time* yang memungkinkan pemetaan tanah dan tanaman setiap saat. Selanjutnya monitoring dan pemetaan hasil. Pada sistem yang menggunakan teknologi mekanik yang tinggi dan dengan dukungan GPS dapat dilakukan monitor hasil dan selanjutnya pemetaan produksi.

Hasil yang diperolah bermanfaat untuk pengambilan keputusan dengan mempertimbangkan keragaman tanah dan lingkungan. Hasil yang diperoleh juga harus mempertimbangkan keragaman iklim oleh karena itu pengukuran hasil sebaiknya dilakukan pada selang waktu beberapa tahun termasuk data pada keadaan cuaca ekstrim.

Teknologi pemupukan yang memperhatikan keragaman tanah yang didukung pemanfaatan GPS akan menghasilkan penggunaan pupuk yang lebih efisien sesuai dengan peta yang dihasilkan. Penggunaan *remote sensing* akan membantu mengevaluasi kesehatan tanaman. Terjadinya stress baik karena kelembaban tanah ataupun kandungan hara yang kurang, juga tekanan karena hama penyakit dapat dimonitor melalui *remote sensing*.

Selanjutnya *remote sensing* dapat menjelaskan keragaman yang terjadi yang mempengaruhi produksi dan oleh karena itu dapat membantu dalam membuat keputusan tentang manajemen usahatani yang dapat memperbaiki produktifitas dan penghasilan yang diperoleh.

Pemanfaatan GIS mendukung pemetaan wilayah pertanian meliputi berbagai hal yang telah dijelaskan sebelumnya dan dipergunakan dalam proses evaluasi mendukung berbagai alternatif manajemen sistem usahatani. Selanjutnya dapat dibuat suatu *database* informasi yang tersedia dalam suatu wilayah yang akan memerlukan keterampilan wirausaha dalam menafsirkan informasi yang tersedia melalui suatu proses latihan dan ujicoba.

Pada akhirnya dapat disimpulkan bahwa PF dapat memberikan kemampuan petani untuk mengelola sarana produksi termasuk air irigasi secara efisien dan efektif. Perlu pula diperhatikan pengaruh dari PF terhadap lingkungan dengan meminimumkan penggunaan energi dan limbah (*waste*).

Pertanian 4.0 yang merupakan visi ke depan tetap harus memperhatikan lingkungan dan kemampuan sosial dalam memulihkan degradasi. Secara global sekitar 25 persen lahan pertanian telah mengalami degradasi berat dan sekitar 44 persen mengalami degradasi ringan (De Clercq 2018).

Indonesia sendiri diperkirakan mengalami degradasi berat yang lebih luas mengingat luasnya lahan terlantar yang ada dan juga lahan kering yang cenderung produktifitasnya menurun.

Di perlukan kompetensi yang tinggi dalam memulihkan degradasi baik degradasi berat maupun ringan dan tantangan tersebut diharapkan menarik perhatian generasi milenial mengingat tersedianya teknologi maju seperti ICT yang dapat digunakan untuk memetakan lahan dalam wilayah luas seperti teknologi *remote sensing*.

Selanjutnya perlu diberi gambaran tentang situasi generasi milenial dewasa ini. Generasi Y yang umumnya lahir pada tahun 1980-an dan memasuki lapangan kerja pada tahun 2000-an mempunyai pendidikan yang lebih tinggi dari generasi sebelumnya dan lebih kompeten dalam menggunakan ICT dan memanfaatkan media sosial (Deal et al. 2010, Hershatter and Epstein 2010).

Di tahun 2020 generasi milenial berada pada rentang usia 20 tahun hingga 40 tahun. Usia tersebut adalah usia produktif yang akan menjadi tulang punggung perekonomian Indonesia (Ali dan Purwandi 2016). Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS 2013), jumlah penduduk Indonesia usia 20 tahun hingga 40 tahun di tahun 2020 diduga berjumlah 83 juta jiwa atau 34% dari total penduduk Indonesia yang mencapai 271 juta jiwa. Proporsi tersebut lebih besar dari proporsi generasi X yang sebesar 53 juta jiwa (20%) maupun generasi *baby boomer* yang hanya tinggal 35 juta jiwa (13%) saja.

Generasi milenial memerlukan waktu untuk mempelajari hal-hal yang dapat dilakukan secara pribadi, menyukai bekerja dalam suatu tim yang anggotanya kreatif dan lingkungan kerja yang interaktif. Ciri-ciri lain adalah berupaya menghasilkan sesuatu pencapaian (*achievement*) dan partisipatif, menyukai bekerja dalam suatu jaringan komunikasi dengan menggunakan multimedia (Mc Aulay and Weiner 2015). Generasi milenial telah mulai dianggap sebagai aset utama dalam perusahaan (Ballenstedt and Rosenberg 2008; Blain 2008; BSG Concours 2007).

Menurut Zur and Zur (2011) ada dua kategori generasi milenial yaitu *native milenial* seperti yang telah dibahas sebelumnya tetapi juga ada *immigrants millennial* yaitu generasi yang lebih tua tetapi berpartisipasi dalam proses digitalisasi. Generasi *immigrant milenial* juga ada yang bersifat *enthusiastic adopters* sedangkan *native millennials* sebagai *enthusiastic participants*. Dengan demikian baik generasi *immigrant* maupun *native milenial* yang *enthusiastic* yang diperlukan dalam pembangunan *digital farming*. Pendapat yang sama telah dikemukakan oleh Prensky (2001) jauh sebelumnya.

Hal yang merupakan potensi yang perlu dipelajari adalah keinginan untuk melakukan kegiatan voluntir (Erickson 2008). Generasi milenial dengan sendirinya yang *native* dianggap lebih menyukai kegiatan voluntir dibandingkan dengan generasi sebelumnya. Di Indonesia sendiri belum ada pengkajian tentang hal tersebut tetapi apabila pandangan Erickson tersebut dapat diterima maka bukan tidak mungkin generasi milenial Indonesia diberdayakan untuk memasuki wilayah pedesaan.

Apalagi ada pandangan bahwa generasi milenial lebih menyukai bekerja diluar kantor (Lloyd 2007). Hal lain yang juga perlu diperhatikan adalah generasi tersebut ingin berkomunikasi secara efektif dengan generasi sebelumnya (Ballenstedt and Rosenberg 2008).

Masalahnya apabila diterapkan di Indonesia adalah bagaimana generasi milenial dapat berkomunikasi secara efektif dengan generasi sebelumnya. Dalam jangka panjang infrastruktur modern diperlukan untuk mendukung terjadinya komunikasi effektif antar berbagai pihak (Braun et al. 2018). Pandangan tersebut sangat penting karena apabila generasi milenial dituntun masuk ke wilayah pedesaan maka diperlukan suatu fasilitator untuk menjalin komunikasi yang efektif antar kedua generasi tersebut. Dapatlah disimpulkan bahwa pada masa transisi diperlukan kebijakan pemerintah untuk menyiapkan fasilitator yang secara kreatif mendorong munculnya komunikasi efektif dan yang didukung oleh infrastruktur komunikasi yang memadai. Salah satu instrumen kebijakan yang perlu dikaji adalah menyiapkan penyuluh pertanian yang sudah ada menjadi fasilitator komunikasi.

Selanjutnya diperlukan pemetaan menyeluruh tentang status wilayah ekoregion berdasarkan kesiapan untuk melaksanakan proses industrialisasi. Ada wilayah yang mungkin harus dimulai dengan industri potensial 2.0 seperti Papua dan wilayah Indonesia Timur lainnya yang belum memulai pembangunannya.

Ada yang sudah mulai dengan mekanisasi pertanian atau industri 2.0 seperti sebagian wilayah di Jawa dan Sulawesi Selatan. Mungkin di wilayah tertentu di pulau Jawa sudah ada yang menggunakan internet atau industri 3.0. Pemetaan tersebut bermanfaat untuk membangun *roadmap* dan rancangan strategis pembangunan menuju pertanian masa depan.

Industri Pertanian 4.0

Secara Ekonomi, *World Economic Forum* tahun 2015 memprediksi Indonesia di tahun 2020 akan menempati peringkat 8 ekonomi dunia. *Standard Chartered Bank* juga memprediksi bahwa Indonesia akan menjadi kekuatan baru ekonomi dunia pada tahun 2020, sementara itu *Goldman Sachs* memprediksi Indonesia akan menjadi kekuatan ekonomi nomor tujuh bersama dengan China, Amerika Serikat, India, Brazil, Meksiko dan Rusia (Ali dan Purwandi 2016). Untuk mendukung pandangan tersebut industri pertanian 4.0 yang didukung oleh generasi milenial merupakan salah satu kebijakan yang diperlukan.

Dalam mempersiapkan industri pertanian 4.0 Indonesia perlu memperhatikan *mega trend* yang terjadi secara global seperti yang dikemukakan oleh Mohieldin (2017) *Senior Vice President* World Bank seperti transisi demografis, urbanisasi, perubahan iklim dan sumber daya, siklus komoditi, ledakan teknologi, kepekaan terhadap gangguan eksternal (*fragility*) dan pengrusakan yang muncul karena terjadinya konflik (*conflict violence*), pergeseran ekonomi global, dan isu tentang globalisasi. Ledakan teknologi yang terjadi di masa yang akan datang merupakan penciri utama industri 4.0.

Dari segi ledakan teknologi Schwab (2016) mengemukakan ada tiga mega trend yaitu (i) *Autonomous vehicle* seperti *3 D printing*, dan *advanced robotics*, (ii) *digital technology* seperti yang dibahas sebelumnya, dan (iii) *biological technology* seperti *gene sequencing*, dan *synthetic biology*. Dapatlah dikemukakan bahwa munculnya generasi milenial (*native*) merupakan ciri utama transisi demografis dan tantangannya adalah penciptaan lapangan pekerjaan bagi generasi tersebut.

Ada dua hal yang disoroti dalam membangun industri pertanian 4.0 yaitu deskripsi tentang era industri 4.0 yang mungkin dicapai dalam menuju pertanian masa depan dan peran pemerintah dalam menopang proses terwujudnya pertanian masa depan.

Era pertanian 4.0 sebagai ciri utama pertanian masa depan

Pertanian 4.0 berasal dari industri 4.0 yang didefinisikan sebagai suatu proses yang menuju pada otomatisasi penuh dengan keterkaitan antar berbagai komponen produksi (Corallo et al. 2018). Dewasa ini revolusi yang terjadi terkait dengan revolusi sektor manufaktur. Salah satu ciri revolusi tersebut adalah penggunaan *Internet of Things (IoT)* dengan berbagai sistem analisis yang memungkinkan seluruh rantai *agri-food* dapat ditelusuri dengan aplikasi IoT, dengan analisis dan teknologi yang berbasis interaksi sosial.

Sistem inovasi yang dihasilkan memiliki nilai yang berlipat ganda melalui keterkaitan elemen-elemen matriks teknologi sehingga diciptakan multimodel komunikasi yang bertujuan memperbaiki efisiensi produksi sampai dengan konsumen akhir di perkotaan. Dewasa ini konsumen akan memperhatikan kualitas pangan yang dihasilkan untuk menunjang kesehatan konsumen yang dengan sedirinya perlu diperhatikan dalam mempersiapkan matriks teknologi.

FAO dalam buku tentang pertanian 4.0 yang ditulis oleh De Clercq et al. (2018) mengemukakan bahwa ada tiga pemetaan teknologi yang dianggap mantap untuk dikembangkan dalam era pertanian 4.0.

Pertama, memproduksi dengan cara berbeda menggunakan teknologi berbeda. Contoh pemanfaatan *hidrophonics* untuk produksi tanaman, *algae feed stock* untuk makanan ternak, dan penggunaan bio plastics untuk mengurangi sampah. Lebih jauh lagi di negara-negara yang wilayahnya ada gurun pasir telah dilakukan upaya-upaya pengembangan teknologi seperti *genome engineering technology* yang dewasa ini dipelopori Universitas KAUST di Saudi Arabia.

Kedua, penggunaan teknologi baru untuk produksi pangan ke konsumen untuk memperbaiki efisiensi dalam rantai makanan. Contoh, *vertical/urban farming*. Pada tahun 2016 Uni Arab Emirat (UAE) mengimpor empat juta ton buah dan sayur segar untuk konsumen lokal. *Vertikal farming* adalah suatu proses produksi secara vertikal berlapis-lapis pada wilayah yang tidak mempunyai tanah yang cukup subur untuk berproduksi secara luas. *Urban farming* memanfaatkan baik teknologi *hidroponic* maupun *aeroponic*. Proses yang terjadi menghemat 95 persen air, sedikit pupuk dan suplemen nutrisi, tanpa pestisida, sementara produksi meningkat.

Di Amerika Serikat sejak 2004 *vertical farming* dihasilkan dalam ruangan (*indoor*) dan dapat menghasilkan sepanjang tahun dengan produksi sebanyak 390 kali lebih banyak dari pertanian tradisional. Produksinya tidak tergantung dari adanya cuaca ekstrim atau perubahan musim. Karena diproduksi produk lokal yang dihasilkan tetap segar dibandingkan dengan produk impor. Teknologi tersebut telah mendorong munculnya teknologi *greenhouse* yang menghasilkan 35 persen kebutuhan sayur-sayuran negeri Belanda dengan penggunaan tanah yang kurang dari satu persen.

Wageningen University menjadi salah satu pelopor dalam pengembangan teknologi tersebut. Kondisi yang diperlukan adalah tersedianya tenaga listrik dalam proses produksi. Pada umumnya Pemerintah berperan dalam memberi insentif berupa subsidi atau insentif pajak lainnya. Masih ada teknologi maju lainnya yang sedang dalam taraf pengkajian seperti penggunaan *genetic engineering* untuk budidaya daging.

Ketiga, melibatkan teknologi industri silang atau *cross industry* dan berbagai aplikasinya. Dengan meluasnya penggunaan PF efisiensi dan produktifitas akan semakin meningkat. Diperkirakan pada tahun 2020, sekitar 20 juta IoT akan digunakan. Hal ini menyebabkan banyak data yang dihasilkan yang selanjutnya menyebabkan kompleksitas dalam upaya memperbaiki efisiensi. Akan terjadi transformasi digital termasuk pemanfaatan drone dalam bidang pertanian yang mendorong pemanfaatan secara *real time*. Pemanfaatan keterampilan secara otomatis untuk mengurangi beban kerja petani mengingat sebagian besar penduduk akan tinggal di perkotaan.

Menurut proyeksi PBB pada tahun 2050 dua pertiga penduduk akan tinggal di kota. Selanjutnya akan muncul usahatani berbasis data yang dipergunakan untuk menganalisis data seperti bibit, cuaca, kwalitas tanah, peluang pasar, sehingga keputusan yang dibuat petani semakin informatif. Teknologi *drone* telah dipakai sejak lama dan pertanian adalah salah satu sektor yang menjanjikan untuk menghadapi berbagai tantangan yang muncul. Ada banyak bidang teknologi drone yang dapat berkontribusi misalnya dalam analisis tanah, sehingga dapat direncanakan penggunaan bibit yang tepat waktu, demikian pula dalam penggunaan air dan nitrogen. Teknologi tersebut juga berperan dalam hal monitoring kesehatan tanaman dan identifikasi lahan yang kekurangan irigasi.

Salah satu prospek yang perlu diperhatikan adalah penggunaan *nanotechnology* dalam pertanian presisi ataupun PF. Teknologi tersebut dalam bentuk kapsul dapat dipakai untuk proses *slow release* dari hara dalam pupuk yang dibutuhkan tanaman. Salah satu keuntungannya adalah mengurangi polusi akibat penggunaan pupuk yang berlebihan. Teknologi lain yang perlu diperhatikan adalah *Crowd Farming* untuk mencegah terjadinya limbah makanan (*foodwaste*) yang dewasa ini banyak terjadi terutama di kota-kota besar.

Peran pemerintah dalam menopang terwujudnya pertanian masa depan

Masalah-masalah seperti kelaparan, terbatasnya persediaan sumberdaya lahan dan air, perubahan iklim, tekanan penduduk yang semakin meningkat adalah isu kebijakan yang menjadi perhatian pemerintah baik dalam memasuki era industri 4.0 maupun dalam proses pengembangan pertanian 4.0.

Ada beberapa tujuan kebijakan pemerintah yang biasanya merupakan warisan rezim pemerintah sebelumnya seperti:

1. Menjamin ketahanan pangan dan mengurangi impor
2. Menjadi *net exporter* berbagai produk
3. Mendukung perkembangan ekonomi skala luas yang berbasis inovasi dan pengetahuan

Dalam melaksanakan kebijakan tersebut pemerintah biasanya berperan sebagai promotor atau fasilitator atau yang lebih progresif yaitu pendekatan yang berorientasi pada target. Dalam mendukung tujuan tersebut diatas pemerintah melakukan antara lain pendekatan kemitraan dengan mendukung proses komersialisasi, memberikan insentif finansial, melaksanakan aturan-aturan yang lebih fleksibel termasuk aturan yang menyangkut *big data* yang mungkin perlu dikaji payung hukum yang sesuai dan selanjutnya mengembangkan prasarana yang diperlukan dengan harga yang terjangkau. Kadangkala krisis pangan yang terjadi secara global dapat dijadikan sebagai peluang bagi negara tertentu untuk menggenjot produksi dalam negeri dan melakukan penetrasi ekspor.

Pemerintah menciptakan *enabling environment* seperti yang dikemukakan sebelumnya baik infrastruktur, insentif yang diperlukan, dan aturan-aturan yang memadai, mendorong pemerintah menjadi garda terdepan dalam menghadapi masalah ketahanan pangan. Pemerintah antara lain membangun lembaga penelitian dan pendidikan sebagai *center of excellence* dalam mengembangkan kegiatan-kegiatan inovatif.

Peran pemerintah tersebut sebenarnya telah dilaksanakan tanpa adanya era industri 4.0. Teknologi yang dihasilkan pada era industri 4.0 berperan sebagai akselerator dalam melaksanakan berbagai tujuan kebijakan misalnya teknologi drone dipakai dalam pemetaan wilayah untuk mendukung keputusan yang diperlukan dalam memperkuat ketahanan pangan, demikian pula IoT memperkaya data yang dipakai dalam proses pengambilan keputusan tidak saja dalam ketahanan pangan tetapi juga dalam pembangunan pertanian secara menyeluruh.

Disamping peran sebagai akselerator dari teknologi yang sudah ada pemerintah dalam jangka pendek sekitar lima tahun seperti yang dikemukakan oleh Balafoutis et al. (2018) perlu mempersiapkan perluasan teknologi yang sekarang masih dalam tahap pengembangan atau prototipe dan selanjutnya dalam jangka panjang atau lebih dari sepuluh tahun ke depan yang sekarang masih dalam tahap percobaan (*experiment*) di laboratorium atau lembaga penelitian.

Makna peran pemerintah sebagai garda terdepan antara lain membangun visi pembangunan pertanian berbasis teknologi maju pada era pertanian 4.0 dengan mempromosikan dan menfasilitasi proses pelaksanaan termasuk target-target yang ditetapkan. Visi tersebut diharapkan sejalan dengan visi SDGs (*Sustainable Development Goals*) 2030, yaitu tersedianya pangan yang bergizi bagi penduduk dunia yang dapat diakses setiap orang dengan pengelolaan sumberdaya alam yang memelihara fungsi ekosistem bagi generasi sekarang dan yang akan datang (FAO 2018).

Untuk mewujudkan visi tersebut dalam jangka panjang perlu dibangun *roadmap* pertanian masa depan dan rencana strategis dalam berbagai tahap pembangunan dengan mempertimbangkan potensi dan ketersediaan teknologi.

Penutup

Tulisan ini telah menyoroti perspektif kebijakan pembangunan pertanian Indonesia dalam mewujudkan visi pertanian masa depan. Mula-mula dikemukakan berbagai masalah dan tantangan yang perlu dipertimbangkan yang terkait dengan pembangunan pertanian dewasa ini dan langkah-langkah transformasi kebijakan yang diperlukan untuk mempersiapkan Indonesia menuju pertanian masa transisi.

Selanjutnya gambaran visi pertanian masa depan dengan ciri utama industri pertanian 4.0. Pada masa transisi diperlukan kebijakan dan peran pemerintah yang efektif untuk mewujudkan terjadinya proses secara berkesinambungan. Pada masa tersebut pemerintah berperan menghasilkan kebijakan inovatif antara lain dengan membangun proses komunikasi yang efektif antara generasi milenial dan generasi senior di pedesaan.

Langkah kebijakan yang diusulkan adalah transformasi peran penyuluh pertanian dari pendekatan tradisional yang selama ini dilakukan menjadi fasilitator proses komunikasi antara generasi milenial dan generasi senior di pedesaan. Selanjutnya diperlukan pemetaan menyeluruh tentang status wilayah ekoregion berdasarkan tahap perkembangan industri.

Pada akhirnya diperlukan suatu *roadmap* dan rencana strategis untuk mewujudkan visi pertanian masa depan dengan langkah kebijakan yang menetapkan pemerintah sebagai akselerator dari proses pada berbagai tahap pembangunan. Sebagai salah satu konsekuensinya pemerintah diharapkan membangun lembaga penelitian dan edukasi yang berfungsi sebagai *center of excellence* dalam menghasilkan inovasi teknologi dan kelembagaan pada era pertanian 4.0 sebagai perwujudan pertanian masa depan.

Pustaka

- Abdul Hakkim, V.M., E. Abhilash Joseph, A. J. Ajay Gokul, and K. Mufeedha. 2016. Precision Farming: The Future of Indian Agriculture Journal of Applied Biology & Biotechnology. 4 (06): 068-072.
- Ali, H., and L. Purwandi. 2016. Indonesia 2010: The Urban Middle Class Millennials. Alvara Research Center.
- Ariani, M., dan A. Suryana. 2018. Inovasi Kebijakan Memberdayakan Rumah Tangga Petani Untuk Meningkatkan Kualitas Konsumsi Pangan Dan Gizi. Dalam: Effendi Pasandaran, Muhammad Syakir Dan Muhammad Prama Yufdy (eds.) Sinergi Inovasi Kebijakan Dan Teknologi Menuju Kesejahteraan Petani. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian.
- Asian Development Bank. 2010. Key Indicators for Asia and the Pacific-the Rise of Asia's Middle Class.
- Badan Pusat Statistik. 2013. Laporan Hasil Sensus Pertanian 2013. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. 2013. Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- Balafoutis, A. T. et al. 2017 Smart Farming Technologies – Description, Taxonomy and Economic Impact. In: Pedersen S., Lind K. (eds) Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives. Progress in Precision Agriculture. Cham: Springer.
- Ballenstedt, Brittany, and Alyssa Rosenberg. 2008. De-Generation. Government Executive. 40 (8): 18-23.
- Blain, Alicia. 2008. The Millennial Tidal Wave: Five Elements That Will Change The Workplace of Tomorrow. Journal of the Quality Assurance Institute. 2 (22): 11-13.

- Bramley, R.G.V. 2001 Progress in the development of precision viticulture- variation in yield, qualityand soil properties in contrasting Australian vineyards. In: Currie LD, Loganathan P (eds) Precision tools for improving land management, Occasional report No. 14. Palmerston North: Fertilizer and Lime Research Centre/Massey University, pp 25–43.
- Braun, A.T., E. Colangelo, and T. Steckel. 2018. Farming in the Era of Industrie 4.0. 51st CIRP Conference on Manufacturing System. ScienceDirect Procedia CIRP 72 (2018) 979-984. 2212-827 @2018 Elsevier B.V.
- Concours, B.S.G. 2007. Engaging Today's Young Employees. Results Research Project YE.
- Corallo A., M.E. Latino, and M. Menegoli. 2018. From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: a framework to manage product data in agri-food supply chain for voluntary traceability. International scholarly and scientific research & innovation 12(5)2018. Scholar.waset.org/1307-6892/10008961.
- De Clercq, M., Anshu Vats, and Alvaro Biel. 2018. Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology. In Collaboration with Oliver Wyman.
- Deal, J. J., D.G. Altman, and S.G. Rogelberg. 2010. Millennials at work: What we know and what we need to do (if anything). Journal of Business and Psychology. 25: 191-199.
- Erickson, Tamara J. 2008. Plugged In: The Generation Y Guide to Thriving at Work. Boston, MA: Harvard Business Press.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2018. Transforming Food and Agriculture to achieve The SDGs. 20 interconnected action to guide decision-makers. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nation.
- Geertz, C. 1966. Agricultural Involution. Los Angeles, CA: University of California Press.

- GRDC-Grain Research & Development Corporation (undated). A General Introduction to Precession Agriculture. Australia Center for Precision Agriculture. www.usyd.edu.au/su/agric/acpa.
- Hershatter, A., and M. Epstein. 2010. Millennials and the world of work: An organization and management perspective. *Journal of Business and Psychology*. 25: 211-223.
- Kumar Singh, A (undated). Precision Farming. Water Technology Center, I.A.R.I., New Delhi.-110012. Aks_wtc@yahoo.com
- Lloyd, Jeromy. 2007. The Truth About Gen Y. *Marketing Magazine*. 112 (19): 12-22.
- McAuley D., CFA, and Steve Weinter. 2015. The millennial generation and the future of finance: a different kind of trust. *Wharton Fin Tech*.
- Mohielding, M. 2017. Progress in a Changing World. Sustainable Development Goals, 4 th Industrial Revolution, Leave no one Behind. World Bank Group.
- Pasandaran, E. 2018. Kebijakan dan Komitmen Politik Memperkuat Kemampuan Pertanian Rakyat Menuju Kesejahteraan Petani. Dalam: Effendi Pasandaran, Muhammad Syakir Dan Muhammad Prama Yufdy (eds.) Sinergi Inovasi Kebijakan Dan Teknologi Menuju Kesejahteraan Petani. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian.
- Pasandaran, E. dan Haryono. 2013. Pengelolaan Ekosistem Mendukung Ketahanan Pangan dan menuju Ekonomi Biru. Dalam: Mewa, A., K. Suradisatra, N. Sutrisno, R. Hendayana, Haryono dan E. Pasandaran (Eds.) Diversifikasi Pangan dan Transformasi Pembangunan Pertanian. Jakarta (ID): IAARD Press.
- Pedersen, S.M. 2003. Precision farming, technology assessment of site-specific input application incereals. PhD dissertation, Technical University of Denmark, p 343.
- Prensky, Marc. 2001. Digital Natives, Digital Immigrants. From On the Horizon (MCB University Press, Vol. 9 No. 5, October 2001). © 2001 Marc Prensky

- Pyoria P., Satu O., Tiina S. and Ktri-M J. 2017. The Millennial Generation: A New Breed of Labor. Sage.
- Schwab, Klaus. 2016. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum® © 2016 – All rights reserved.
- Simatupang, P. 2018. Arah Kebijakan Mendorong Peningkatan Kesejahteraan Petani. Dalam: Effendi Pasandaran, Muhammad Syakir Dan Muhammad Prama Yufdy (eds.) Sinergi Inovasi Kebijakan Dan Teknologi Menuju Kesejahteraan Petani. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian.
- Wu Yin. 2017. The implementation of the IOT in agriculture industry in china. Wissea Electronic Technology. <http://www.caict.ac.cn>
- Zur, O., and A. Zur. 2011. On Digital Immigrants and Digital Natives: How the Digital Divide Affects Families, Educational Institutions, and the Workplace. Zur Institute-Online Publication. Retrieved on month/day/year. from http://www.zurinstitute.com/digital_divide.html.

Learning Process Menuju Pertanian 4.0 yang Menyejahterakan Petani

Sri Asih Rohmani

Sepanjang perkembangan kehidupan manusia, eksistensi sektor pertanian tetap memiliki posisi strategis dan berperan penting bagi pemenuhan permintaan pangan, berkontribusi mengurangi kemiskinan dan kekurangan gizi, serta lebih memperhatikan aspek keseimbangan ekologis dan lingkungan sehingga sistem pangan akan dapat diproduksi secara berkelanjutan.

Hadirnya teknologi modern dan kemajuan "*information and communication technology-ICT*" telah mendorong pelaksanaan pembangunan pertanian di berbagai negara lebih efisien dan memberikan nilai tambah. Untuk mampu memenuhi peningkatan kebutuhan pangan penduduk dunia di masa depan, praktek dan usaha pertanian semakin dihadapkan pada tuntutan diperolehnya lompatan produksi yang semakin besar sehingga sering mengabaikan keberlanjutannya dan banyak menimbulkan biaya lingkungan.

Dengan 9,73 miliar populasi dunia pada tahun 2050, permintaan produk pertanian global diproyeksikan akan meningkat lebih dari 63% pada periode 2005 sampai 2050 (FAO 2017). Mencapai hal tersebut dihadapkan berbagai tantangan yang semakin berat, antara lain kompetisi terhadap sumber daya lahan dan air yang semakin tinggi menyebabkan pertumbuhan hasil pertanian melambat bahkan menuju tingkat yang sangat rendah (FAO 2014). Hal ini ditunjukkan oleh 25% lahan pertanian telah terdegradasi secara kuat akibat dari hampir 80% penebangan hutan dilakukan untuk pertanian (Wyman 2018).

Tantangan diperberat oleh kompleksitas interaksi yang signifikan antara makanan, energi dan air karena tekanan pertumbuhan penduduk dan mobilitas, pembangunan ekonomi, perdagangan internasional, urbanisasi, diversifikasi pangan, perubahan budaya dan teknologi, serta perubahan iklim. Selain itu, pertumbuhan pendapatan negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah akan mempercepat transisi pola konsumsi pangan terhadap daging, buah dan sayuran lebih tinggi dibandingkan dengan sereal. Secara keseluruhan, degradasi lahan dan air, perubahan iklim, dan pengembangan sosiokultural akan semakin menambah ketidakpastian terhadap keamanan pangan (Gebbers dan Adamchuk 2010).

Dengan berbagai faktor yang berpengaruh tersebut, mewujudkan keberlanjutan sistem pangan global memerlukan ketepatan strategi secara menyeluruh dan dukungan “teknologi inovatif” yang mampu memberikan kepastian bahwa seluruh proses produksi dan transformasi pangan dari hulu hingga hilir dapat berlangsung secara efisien, berdaya saing dan mampu memberikan nilai tambah bagi kesejahteraan petani.

Membangun keberlanjutan sistem pangan dan pertanian global melalui implementasi pembangunan pertanian modern dan berkelanjutan menjadi langkah strategis yang terintegrasi dengan upaya peningkatan ketangguhan petani dan pencapaian kesejahteraan masyarakat. Langkah awal yang penting untuk dilakukan adalah dukungan dan mekanisme yang lebih baik bagi berbagai pemikiran dan tindakan yang berorientasi jangka panjang antara lain memperkuat arah penelitian dan pengembangan, pengembangan sumber daya manusia secara utuh, dan perubahan kelembagaan.

Berpijak pada perspektif upaya untuk mewujudkan pembangunan pangan dan pertanian berkelanjutan, menjadi sebuah tantangan bagi bangsa Indonesia untuk memperkuat kapasitas pelaku pembangunan sehingga mampu beradaptasi dan bertransformasi mewujudkan pertanian modern di Indonesia. Urgensi pembangunan pertanian ke depan mengisyaratkan pentingnya bergerak bersama menuju pertanian modern dengan memanfaatkan secara optimal kemajuan ICT yang mampu mewujudkan keberlanjutan sistem pangan dan pertanian sekaligus menjamin kelestarian sumber daya alam dan lingkungan.

Orientasi pembangunan pertanian modern adalah meningkatkan kesejahteraan masyarakat petani sebagai pelaku utama pembangunan pertanian. Konsep pembangunan pertanian modern yang diusulkan untuk dibangun adalah *digital farming* yaitu suatu evolusi inovasi berbasis *precision farming* dengan memanfaatkan elemen dan teknologi kunci industri 4.0 untuk seluruh praktik pertanian dan proses produksi dari hulu-hilir secara tepat (presisi), efisien dan berdaya saing. Konsep tersebut sering disebut sebagai pertanian 4.0 atau *Farming 4.0* (CEMA 2017).

Pengalaman proses implementasi pertanian 4.0 melalui pertanian presisi dengan baik di berbagai negara maju menunjukkan bahwa pentingnya pemahaman ekosistem pertanian yang kompleks dengan lebih baik, disertai tindakan analisis dari berbagai variable multivariate sehingga dapat dilakukan tindakan yang tepat dalam menyelesaikan permasalahan serta mampu meningkatkan produktivitas dan beragam nilai tambah. Hal tersebut dapat terjadi dengan penggunaan teknologi digital modern yang dapat memantau lingkungan fisik secara terus-menerus, menghasilkan sejumlah besar data berkecepatan tinggi dan pemanfaatan “big data” dalam pengambilan keputusan.

Belajar dari pengalaman tersebut, pembangunan pertanian modern di Indonesia ke depan juga menuntut adanya perubahan dan penyesuaian antara lain pentingnya menerapkan pertanian presisi dari hulu hingga hilir. Implementasi tersebut disertai dengan proses otomatisasi yang terkontrol, ketersediaan dan pemanfaatan perangkat keras dan perangkat lunak, teknik dan metode analisis big data, serta meningkatnya keterbukaan sumber big data.

Untuk tercapainya peningkatan efisiensi, nilai tambah dan daya saing juga akan membawa pergerakan “*shifting*” peran dan partisipasi petani yang semula banyak berorientasi di tahapan *on farm* akan berproses menuju peningkatan di tingkat *off farm*, pasca panen, pengolahan dan pemasaran dan mendorong lebih banyak lagi penelitian, inisiatif sektor publik dan usaha bisnis di sektor pertanian.

Mewujudkan pembangunan pangan dan pertanian masa depan dilakukan dengan tetap berorientasi dan memperhatikan status pembangunan pertanian saat ini sekaligus memperhatikan dinamika lingkungan strategis baik global maupun nasional. Pembangunan pertanian saat ini masih ditandai dengan profil kemiskinan di pedesaan. Sebagian besar Rumah Tangga Usaha Pertanian (RTUP) sebagai petani gurem dengan pengusahaan lahan <0,5 hektar (Simatupang 2018), bahkan lahan pertanian secara rata-rata di Indonesia hanya 0,23 ha per kapita, sepertiga dari rata-rata dunia (OECD 2012). Kondisi ini membutuhkan beberapa tahapan penyesuaian transformasi dan penetapan alternatif solusi secara tepat sesuai dengan kondisi sosial ekonomi petani.

Untuk mewujudkan pembangunan pertanian yang diharapkan tersebut, diperlukan proses pemahaman dan beradaptasi sebagai proses belajar bagi petani dan stakeholders serta ketepatan menentukan strategi bertransformasi sehingga berdampak pada pencapaian kesejahteraan masyarakat. Dalam hal ini makna belajar adalah merujuk pada investasi dalam pengembangan kapasitas yang memberikan nilai tambah dalam hal peningkatan produksi berkelanjutan, profitabilitas bisnis, mata pencarihan dan pekerjaan serta komunitas pedesaan yang berkelanjutan.

Proses belajar terkait dengan penciptaan teknologi, pengembangan inovasi dan kemampuan untuk mengelola perubahan (OECD, 2001b), sebagai bentuk pembelajaran orang dewasa “andragogi” dengan tujuan mendapatkan pengetahuan dan mengembangkan keterampilan teknis baru, membawa sikap baru dan nilai-nilai ke arah perubahan yang lebih baik secara berkelanjutan.

Proses transformasi menuju pertanian 4.0 berupaya untuk memahami, beradaptasi disertai dengan perubahan *mindset* (pola pikir) serta perilaku berbagai pihak dan pelaku pembangunan. Dengan hadirnya disrupti teknologi industri 4.0, pertanian sekarang membutuhkan akses untuk informasi yang baik dan tidak hanya menuntut keterampilan manajemen usaha dan bisnis tetapi tingkat keterampilan dan kemampuan yang lebih tinggi untuk bekerja dengan petani lain.

Proses tersebut sejatinya merupakan “*learning process*” antara petani dan pelaku pembangunan secara luas serta berbagai pemangku kepentingan (termasuk akademisi dan swasta) sekaligus bergerak bersama menciptakan “teknologi inovatif modern” dalam keseluruhan proses produksi pangan dari hulu hingga hilir secara efisien, produktif dan berdaya saing.

Salah satu strategi pencapaiannya adalah mengembangkan inovasi pertanian presisi “*precision farming*” dengan karakteristik antara lain memiliki daya saing tinggi, inklusif bagi perbaikan kesejahteraan petani, serta mampu mewujudkan keberlanjutan sistem pangan dan pertanian, sekaligus memperkuat ketahanan pangan, air dan energi (FAO 2017; FAO 2014). Melalui pertanian presisi dapat dipastikan terpenuhinya ketelitian dan ketepatan pada setiap proses transformasi produksi sehingga dihasilkan nilai tambah (*added value*) produk pertanian yang optimal dari hulu hingga hilir untuk menghasilkan beragam produk pangan berkualitas, mudah dilacak (*traceable*) dan memenuhi standar mutu yang dipersyaratkan (Seminar 2016).

Melalui review berbagai kajian dan referensi (*desk study*), dalam makalah ini dibahas bagaimana sebuah *learning process* (proses pembelajaran) berlangsung dan pentingnya pendekatan model pembelajaran reflektif berkelanjutan dalam implementasi dan mewujudkan pertanian 4.0 di masa depan sebagai kunci kesejahteraan. Pembahasan dimulai dari gambaran tantangan dan permasalahan pembangunan pangan dan pertanian ke depan, hadirnya distrupsi teknologi era industri 4.0, dan pentingnya *learning process* yang berkelanjutan dalam membangun ketangguhan petani (ekonomi, sosial dan ekologi) melalui pembangunan pertanian 4.0 yang menyejahterakan.

Sebuah model proses pembelajaran berupa “model agrifileksi” dipaparkan untuk memberikan pelajaran baik yang dapat digunakan untuk menguji kemanjuran kebijakan dan praktek penyuluhan sebagai bagian dari proses pembelajaran di Indonesia. Model tersebut dapat dijadikan role model untuk mengajak aktif petani agar mau berubah sehingga adaptif dan tangguh dalam menyikapi perubahan dan kemajuan teknologi yang berkembang dalam sebuah kerangka pembangunan pertanian 4.0.

Transformasi dan Skenario Pertanian 4.0

Industri 4.0 merupakan transformasi komprehensif dari keseluruhan aspek produksi di industri melalui penggabungan teknologi digital dan internet dengan industri konvensional yaitu sebuah lingkungan industri di mana seluruh entitasnya selalu terhubung dan mampu berbagi informasi satu dengan yang lain dengan penekanan pada unsur kecepatan dari ketersediaan informasi (Schlechtendahl et al. 2015). Pengertian yang lebih teknis diberikan oleh Kagermann et.al (2013) dan Crnjac et.al (2017), bahwa industri 4.0 merupakan integrasi dari *Cyber Physical System-CPS* dan *Internet of Things and Services* (IoT dan IoS) ke dalam proses industri manufaktur dan logistik serta proses lainnya. Adapun teknologi kunci dalam industri 4.0 adalah *Artificial Intelligence (AI)*, *Internet of Thinks (IoT)*, *wearable (AR/VR)*, *Advance Robotic*, dan *3D Printing* (AT Kearney 2018).

Disrupsi di era industri 4.0, didorong antara lain sepuluh mega trend global yang mempengaruhi pertanian dan mengintensifkan transformasi. Mega tren perubahan terjadi karena adanya pertumbuhan populasi bumi yang terus bertambah, aspek demografi dan sosial ekonomi, peningkatan urbanisasi, perubahan iklim global, kemajuan teknologi pertanian presisi, revolusi bioteknologi, peningkatan integrasi rantai nilai, tuntutan perdagangan global serta perubahan berbagai regulasi internasional (Mohieldin, 2017).

Hadirnya kemajuan *Information and Communication Technology (ICT)* tersebut telah memainkan peran yang semakin meningkat di berbagai bidang kehidupan dan memberikan kemampuan penetrasi dalam mengatasi permasalahan yang dihadapi sektor pertanian, khususnya pangan. Dengan memanfaatkan lompatan pesat dan potensi transformatif dari teknologi industri 4.0, mampu menyediakan platform inovasi tidak hanya mengatasi beberapa tantangan pembangunan pertanian, tetapi juga mempercepat upaya pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan “Sustainable Development Goals-SDGs” pada tahun 2030. Hal ini berarti akan menjadi alternatif solusi dalam membangun pertanian modern dan berkelanjutan di masa depan.

Membangun pertanian modern di era industri 4.0, sektor pertanian harus mencari teknologi inovatif berkelanjutan untuk solusi mengatasi beberapa tantangan yang dihadapi. Terlepas dari beberapa keterbatasan yang ada, menggunakan kemajuan ICT berbasiskan IoT dan IoS dapat memberikan data berharga yang kemudian dapat digunakan untuk mempengaruhi kebijakan dan keputusan. Mempertegas hal tersebut FAO menyatakan bila “Pada lingkungan saat ini, penggunaan teknologi informasi dan komunikasi yang berkelanjutan di bidang pertanian bukanlah sebuah pilihan, melainkan suatu keharusan”.

Salah satu perkembangan terbaru dan sedang berproses untuk implementasinya (termasuk di Indonesia) adalah upaya peningkatan penerapan pertanian presisi berbasiskan ICT antara lain ditandai dengan semakin banyak penggunaan kendaraan udara tanpa awak (Unmanned Aerial Vehicles-UAV) atau lebih dikenal sebagai drone di bidang pertanian. Tindakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengelola variabilitas berbagai variabel dapat dilakukan dengan “proximal sensing” menggunakan drone sehingga mendapatkan manfaat optimal bagi keberlanjutan dan perlindungan sumber daya lahan. Penggunaan drone dan analisis yang terhubung memiliki potensi besar untuk mendukung dan mengatasi beberapa masalah yang dihadapi oleh pertanian dalam hal akses terhadap data berkualitas secara real-time dan dapat ditindaklanjuti.

Beberapa hambatan dan tantangan untuk dapat beradaptasi dan bertransformasi menuju pertanian era industri 4.0 dapat diidentifikasi sebagai berikut: (i) Mayoritas peralatan pertanian saat ini masih belum memenuhi peralatan yang dibutuhkan dalam teknologi digital dan belum saling terkoneksi; (ii) Petani untuk dapat menggunakan teknologi baru memerlukan perluasan kompetensi teknologi; (iii) Infrastruktur telekomunikasi yang tidak memadai di wilayah perdesaan; (iv) Jaminan terhadap proteksi dan keamanan data; (iv) Setelah data dikumpulkan harus dapat diorganisasi dan dianalisis dalam sebuah “big data”; dan (v) Solusi mandiri yang harus dihindari.

Kondisi petani secara umum (termasuk di Indonesia) terdiri dari rumah tangga petani yang miskin sumber daya, sering dihadapkan pada kondisi terjebak oleh keadaan, ketidakberuntungan dan sejumlah masalah akses tanpa banyak pilihan alternatif (IFAD 2001; NDA, 2001). Untuk dapat membawa petani kepada perubahan ke arah peningkatan pendapatan, salah satu pendekatan dalam penyuluhan selama ini menawarkan terjadinya sebuah adopsi teknologi.

Meski teknologi diciptakan untuk memberikan alternatif mengurangi kemiskinan dan penciptaan tambahan pendapatan, namun perkembangannya kemiskinan masih ditemui diantara petani kecil. Hal ini menunjukkan bahwa jawaban untuk memperbaiki kesejahteraan di antara petani kecil terletak di luar pengembangan dan adopsi teknologi. Untuk menjawab hal ini dari penelusuran dan review referensi serta hasil kajian mendorong pada sebuah keyakinan, bahwa untuk dapat membangun kesejahteraan yang inklusif dalam pembangunan terletak pada pendekatan yang diambil untuk melibatkan petani dalam sebuah proses pembelajaran ke arah peningkatkan pertanian dan mata pencaharian mereka.

Secara mikro, tantangan utama yang dihadapi misalnya bagaimana petani dan buruh tani yang umumnya miskin akan sumber daya dan masih dominan di perdesaan mendapat prioritas pembinaan dalam interaksi proses belajar sehingga mereka tidak ada yang tertinggal. Untuk memberikan kesempatan petani kecil terus menekuni pertanian sebagai mata pencaharian mereka, perlu fasilitasi dan pemberian layanan sehingga mereka dapat memperluas usaha dan memiliki alternatif untuk meningkatkan nilai tambah dari usahatannya misalnya dengan pembangunan program khusus pendidikan dan pelatihan di bidang pelayanan jasa dan industri pertanian. Hal ini dapat dianggap sebagai transformasi fase pertama untuk memungkinkan terjadinya transformasi fase kedua menuju *digital farming*. Selanjutnya, dengan transformasi pembangunan pertanian modern 4.0 sekaligus memberikan insentif untuk melakukan transformasi pertanian yang dapat menarik minat muda milenial bergelut dan menekuni sektor pertanian dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat petani sebagai arus utama pelaku pembangunan.

Relevan dengan hal tersebut, menurut Simatupang (2018), dalam perspektif pengelolaan transformasi struktural, transformasi yang menyejahterakan (*welfare enhancing*) adalah bila petani dapat diberikan kesempatan dan peluang untuk memperluas usahanya tidak saja dari pertaniannya dan dapat melakukan usaha lainnya di luar pertanian, misalnya karena dibukanya berbagai sektor non-pertanian (industri). Dengan demikian, transformasi yang menyejahterakan dapat didorong melalui peningkatan pendidikan keluarga tani (paling rendah sekolah lanjutan atas) dan pemanfaatan pembangunan sektor non-pertanian (khususnya di pedesaan).

Sementara itu, bagi pertanian rakyat Indonesia proses transformasi bertujuan mendorong masyarakat petani berorientasi ke arah tiga dimensi upaya yang merefleksikan ketangguhan ekonomi, ekologi dan sosial, dalam menghadapi berbagai guncangan baik internal maupun eksternal (Pasandaran 2017). Kesejahteraan petani melalui implementasi pertanian modern 4.0 baik masa sekarang maupun masa depan pada hakekatnya tercapai apabila ketangguhan ketiga dimensi petani tersebut dapat dibangun dan terwujud dalam suatu proses interaktif pembelajaran yang harmonis, interaktif dan partisipatif. Menyongsong pertanian 4.0, tantangan yang dihadapi adalah bagaimana menciptakan suatu masyarakat belajar di pedesaan "*learning society*" yang digerakkan oleh generasi muda atau generasi milenial dalam sebuah pendekatan pembelajaran dengan tetap memperhatikan kearifan lokal.

Dalam perkembangan lebih lanjut, transformasi yang diharapkan adalah *precision farming* dapat berkembang dan diterapkan di sepanjang rantai pasok dari hulu hingga hilir. Implementasi berikutnya, berkembang pertanian digital dengan penguasaan teknologi yang semakin canggih, efisiensi semakin meningkat dalam keseluruhan proses sehingga meningkatkan nilai tambah produk dan pada akhirnya memperkuat daya saing komoditi pertanian.

Dalam kerangka implementasinya, *precision farming* didukung oleh pemanfaatan dan kemajuan otomatisasi penggunaan robot dan *Artificial Intelligence-AI* yang dalam perkembangannya disertai dengan pemanfaatan big data beragam aspek, dianalisis dan digunakan untuk

pengambilan keputusan. Pemanfaatan *big data* digunakan untuk memberikan wawasan dan pijakan dalam prediksi tindakan yang diperlukan, mendorong keputusan operasional secara *real-time*, dan mendesain ulang pengembangan proses bisnis. Beberapa kajian dalam referensi menegaskan bahwa kehadiran big data akan menyebabkan perubahan besar dan konsekuensi dalam peran dan hubungan kekuasaan antara pelaku yang berbeda dalam jaringan rantai pasok makanan saat ini. Terkait hal ini, dalam perkembangan implementasinya, *precision farming* di masa depan akan berada dalam sebuah kontinum dua skenario ekstrem:

1) sistem kepemilikan tertutup dimana petani merupakan bagian yang sangat terintegrasi dalam rantai pasok makanan; atau 2) sistem kolaboratif terbuka dimana petani dan setiap pemangku kepentingan lainnya dalam jaringan rantai pasok makanan fleksibel dalam memilih mitra bisnis dan teknologi yang digunakan dalam produksi pangan. Pengembangan lebih lanjut dari data, infrastruktur aplikasinya dan kelembagaan yang melekat akan memainkan peran penting dalam berkembangnya sistem di antara kedua skenario tersebut. Kesesuaian skenario yang dibangun akan berkaitan dengan aspek sosio-ekonomi, kesiapan organisasi dan kelembagaan serta pihak-pihak pelaku terkait dengan prioritas program pemerintah serta kesesuaian model bisnis untuk berbagi data dalam rantai pasok.

Untuk mempercepat proses transformasi, keberhasilan pelaksanaan pertanian digital akan ditentukan oleh kehadiran generasi milenial yang berminat mengembangkan *precision farming* atau *digital farming* sekaligus mampu menggerakkan petani-petani kecil untuk terlibat dan berpartisipasi aktif dalam sebuah proses pembelajaran dalam mewujudkannya.

Tantangan yang dihadapi selanjutnya adalah bagaimana mempersiapkan sumberdaya manusia generasi muda yang akan dilatih menjadi generasi milenial yang berminat di bidang pertanian. Generasi tersebut akan menjadi aktor utama dalam pertanian 4.0 dan memberikan penetrasi berlangsungnya proses belajar bersama generasi senior. Kualitas

konsumsi pangan dan gizi sangat menentukan kelahiran generasi milenial di perdesaan dan sekaligus sangat strategis dalam memperkuat ketahanan pangan secara berkelanjutan.

Selanjutnya diperlukan transformasi sumber daya manusia pertanian secara menyeluruh melalui pendidikan dan penyuluhan pertanian selain untuk mempersiapkan generasi muda di perdesaan dan apabila mungkin di perkotaan untuk menjadi generasi muda milenial yang bergerak di bidang pertanian, sekaligus memfasilitasi berlangsungnya proses pembelajaran dengan sebuah pendekatan yang mampu mendorong petani untuk bersama-sama berubah. Generasi muda yang dipersiapkan secara spesifik terutama yang berbakat dan mempunyai kemampuan wirausaha (*entrepreneurship*) di bidang pertanian.

Dari uraian tersebut, setidaknya terdapat tiga jenjang transformasi yang diperlukan sebelum transformasi menuju *digital farming* yaitu: *pertama* transformasi petani kecil (termasuk buruh tani) sehingga memiliki kemampuan dan kapasitas untuk berubah dan meningkatkan nilai tambah usahatannya serta memperluas usaha di bidang non pertanian di perdesaan; *kedua* transformasi ketahanan pangan di perdesaan untuk memperbaiki kualitas konsumsi pangan dan gizi Rumah Tangga Petani, dan yang *ketiga* adalah transformasi pendidikan dan penyuluhan pertanian untuk mempersiapkan petani-petani maju, inovatif dan kreatif serta kader-kader generasi muda yang berminat terhadap *digital farming* dan yang berbakat wirausaha. Transformasi tersebut apabila berhasil akan memperkuat kemampuan pertanian rakyat sebagai pilar utama dalam mendukung ketiga dimensi ketangguhan yaitu ekonomi, ekologi, dan sosial sebagai prasyarat menuju pertanian modern atau pertanian 4.0 di masa depan.

Pada akhirnya transformasi menuju pertanian masa depan adalah suatu proses yang kompleks yang memerlukan pemahaman menyeluruh dan dalam pelaksanaannya memerlukan koordinasi dan komitmen politik yang kuat oleh pemerintah. Untuk menjawab tantangan yang dihadapi diperlukan inisiatif dari Kementerian Pertanian (Kementan) untuk mulai

menyusun rancangan komprehensif dan strategis yang perlu disepakati oleh berbagai pemangku kepentingan yang terkait dan untuk membangun kesamaan dan keterpaduan pola pikir dalam mempersiapkan pelaksanaan pertanian digital. Dalam konteks implementasi kegiatan strategis yang dibangun oleh Kementerian Pertanian saat ini, pengembangan kawasan menjadi kebijakan yang dapat didorong terintegrasi dengan transformasi menuju pertanian modern masa depan. Dengan telah diterbitkannya Peraturan Menteri Pertanian (PERMENTAN) Nomor: 18 Tahun 2018 tentang Pengembangan Kawasan Berbasis Korporasi dapat sebagai pijakan dan memberikan makna sebagai *entry point* untuk membangun dan mewujudkan pembangunan pertanian 4.0 yang berkarakter di Indonesia di masa depan. Salah satu kegiatan unggulan dan menjadi penciri program utama Badan Litbang Pertanian yaitu penciptaan dan pengembangan teknologi inovatif pertanian bio-industri berkelanjutan juga memiliki peluang dan potensi untuk ditingkatkan kinerjanya, di-upgrade kesiapan teknologi dan kelembagaannya sehingga berkembang menjadi pertanian bioindustri spesifik lokasi berbasiskan digital yang berkelanjutan di masa depan. Agar konvergen dalam membangun pertanian 4.0, implementasi pertanian bioindustri didorong untuk terintegrasi dengan pengembangan kawasan pertanian berbasis korporasi.

Mendukung proses transformasi tersebut, langkah pertama diperlukan pemetaan kondisi infrastruktur fisik dan koneksi jaringan pertanian baik dalam pembangunan bioindustri maupun pembangunan kawasan pertanian di Indonesia dan kapasitas pelakunya. Bila dipetakan kinerja pembangunan pertanian bioindustri di masing-masing kawasan, saat ini masih banyak yang masuk kategori teknologi industri 2.0, dan terdapat beberapa kawasan pertanian telah lebih maju dan mencapai kategori teknologi industri 3.0 dengan basis ICT/digitalisasi dan *precision farming*.

Inventarisasi tersebut sangat penting untuk menentukan arah pengembangannya ke depan yang antara lain akan ditujukan pada: 1) membangun dan meningkatkan infrastruktur teknologi bagi perbaikan dan peningkatan volume data, kekuatan komputasi dan koneksi; 2) mendorong sistem pengetahuan yang mendukung kemampuan analisis dan kecerdasan bisnis; 3) Mempercepat terjadinya berbagai

bentuk interaksi baru antara manusia dengan manusia (*man to man*), antar manusia dengan mesin (*man to machine*), dan antar mesin (*machine to machine*) pada berbagai model pertanian bioindustri dalam sebuah kawasan pertanian; serta 4) Menciptakan berbagai model perbaikan instruksi transfer digital ke dunia fisik. Berbagai peningkatan ini akan menjadi pengungkit bekerjanya proses pembelajaran seluruh pelaku dan pihak dalam bertransformasi mewujudkan pertanian 4.0 di Indonesia.

Learning process menuju pertanian 4.0 Yang menyejahterakan

Lahirnya teknologi informasi dan proses produksi yang dikendalikan secara otomatis sebagai penanda revolusi industri 3.0 pada awal abad 20, menjadi titik tolak berkembangnya tahapan keseragaman produksi massal yang bertumpu pada integrasi komputerisasi. Pada tahapan ini, mesin industri tidak lagi dikendalikan oleh tenaga manusia tetapi menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) atau sistem otomatisasi berbasis komputer sehingga berdampak pada semakin murahnya biaya produksi. Seiring dengan lompatan revolusi industri 4.0 telah mendorong sistem otomatisasi dalam semua proses aktivitas secara digital sebagai sebuah bentuk otomatisasi perpaduan internet dengan manufaktur. Berkembangnya teknologi *autonomous vehicle*, drone, aplikasi media sosial, bioteknologi dan nanoteknologi semakin menegaskan bahwa dunia dan kehidupan manusia telah berubah secara fundamental. Perubahan ini mendasari dibangunnya komitmen nasional untuk bertransformasi melakukan skenario pembangunan pertanian modern yaitu *precision agriculture* yang diyakini akan mampu menjawab pemenuhan ketahanan pangan, pengurangan kemiskinan serta keberlanjutan sistem pangan dan pertanian.

Dalam aplikasinya, ditandai antara lain penggunaan drone di bidang pertanian terus berkembang dengan cepat untuk beragam tujuan baik bagi produksi tanaman, sistem peringatan dini, pengurangan risiko bencana dan berbagai kepentingan lain. Terkait dengan produksi tanaman misalnya, pertanian presisi menggabungkan data sensor dan pencitraan dengan analisis data real-time untuk meningkatkan produktivitas

pertanian melalui pemetaan keragaman spasial di lapangan termasuk faktor sosial ekonomi. Agar dapat diimplementasikan dengan baik diperlukan keselarasan aspek sosial budaya (*humanity*) pertanian dan perdesaan secara harmonis dan berkeadilan. Komunitas pertanian dan pelaku serta seluruh pihak yang terlibat dalam pertanian harus memiliki kemampuan dan terus belajar untuk beradaptasi dan menjadi tangguh menghadapi tantangan pembangunan pertanian dalam sebuah disrupsi teknologi yang sangat pesat.

Peningkatan kemampuan dan ketangguhan petani melalui penerapan pertanian presisi era industri 4.0

Merujuk pada filosofi yang mendasarinya, pembangunan pada hakekatnya sebagai proses perubahan dan bertransformasi yang terus menerus berlangsung, mengarah pada kemajuan dan perbaikan menuju ke arah tujuan yang ingin dicapai dalam meningkatkan kualitas hidup manusia, termasuk perubahan dalam diri manusia itu sendiri, masyarakat, dan lingkungan hidupnya. Keberhasilan dalam pembangunan sangat ditentukan oleh keberhasilan di dalam membangun sumberdaya manusia yang sangat erat hubungannya dengan proses pendidikan dan pembelajaran selama manusia hidup dan berkembang. Untuk itu sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia, pembangunan masyarakat merupakan usaha pembangunan sumberdaya manusia yang dilaksanakan secara menyeluruh, terarah dan terpadu sehingga kualitas sumberdaya manusia dapat diselaraskan dengan segala sesuatu yang dibutuhkan oleh sektor pembangunan.

Mempertimbangkan perspektif tersebut, salah satu spirit yang terus dibangun dalam membangun tindakan kolektif antar berbagai pihak dan pelaku pembangunan untuk mewujudkan pembangunan pertanian 4.0 saat ini dan di masa depan adalah berfokus dan bermuara pada peningkatan kesejahteraan petani. Dengan kata lain, esensi utama pembangunan di berbagai sektor (termasuk pertanian) adalah pembangunan sumber daya manusia. Pembangunan manusia adalah usaha untuk memberdayakan manusia agar mampu berfikir, kreatif,

mandiri dan yang dapat membangun diri dan masyarakatnya menuju masyarakat madani. Sebuah proses yang sangat relevan dan selaras dengan konsep pengembangan masyarakat “*community development*” sebagai sebuah model pembangunan berskala manusia. Dalam konsep ini, manusia seharusnya merupakan aspek utama dalam pembangunan sebagai titik pangkal, pusat, dan sasaran akhir dari pembangunan (Cernea, 1988:xi). Untuk itu, pembangunan pertanian 4.0 dibangun dan harus dilakukan dengan tetap berorientasi pada kesejahteraan dan kemandirian pelaku utamanya yaitu kesejahteraan petani.

Esensi pengembangan sumber daya manusia pertanian untuk mampu memberikan alternatif solusi dalam menjawab isu pangan dan pertanian di masa depan, menjadi pijakan untuk bertransformasi melakukan skenario pembangunan pertanian 4.0 yaitu *precision agriculture* yang dalam implementasi lebih lanjut juga disebut *digital farming* diyakini akan mampu menjawab pemenuhan ketahanan pangan, pengurangan kemiskinan serta keberlanjutan sistem pangan dan pertanian. Pertanian presisi pada hakekatnya menunjukkan sebuah praktek dan usaha pertanian secara tepat, akurat dan terkontrol sehingga seluruh proses akan efisien dan tidak terjadi pemborosan dalam pemanfaatan sumber daya.

Beragam teknologi inovatif termasuk kemajuan ICT sangat diperlukan guna membangun pertanian presisi di sepanjang rantai pasok dari hulu hingga hilir. Dalam orientasi dan kerangka dinamika global, perspektif pembangunan modern dan berkelanjutan melalui pertanian 4.0 dapat menjadi spirit arah ideal pembangunan pertanian ke depan dengan berorientasi pada penerapan pertanian presisi menuju pada kesejahteraan petani sebagai pelaku utama pembangunan pertanian. Empat pertimbangan utama yang memberikan penekanan pentingnya pertanian presisi untuk memenuhi tuntutan masa depan adalah terkait dengan demografi, kelangkaan sumber daya alam, perubahan iklim, dan limbah makanan (Wyman 2018). Untuk itu, menjadi sebuah tantangan bagi bangsa Indonesia untuk memperkuat kapasitas petani (dan pelaku usaha di bidang pertanian) dalam bertrasformasi mewujudkan pertanian 4.0 dengan mempercepat implementasi pertanian presisi.

Implementasi pertanian 4.0 sebagai *learning process* mewujudkan kesejahteraan inklusif

Sebagaimana telah disebutkan pada bahasan sebelumnya bahwa esensi keberhasilan pembangunan sangat berfokus dan berpusat pada pengembangan sumberdaya manusianya. Artinya tolok ukur utama keberhasilan dalam pembangunan adalah keberhasilan didalam membangun sumberdaya manusia, yang sangat erat hubungannya dengan proses pendidikan dan pembelajaran selama manusia berkembang sebagai bagian terintegrasi dari pengembangan masyarakat. Tujuan utama pengembangan masyarakat adalah mengembangkan kompetensi masyarakat dalam mengenali masalah, merumuskan berbagai alternatif pemecahan, dan melalui proses pembelajaran yang sistematis mereka dibantu untuk mempelajari cara memecahkan permasalahan mereka secara tepat.

Membangun pertanian 4.0 berupa pertanian digital, esensinya adalah mempercepat implementasi pertanian presisi ke sistem produksi pertanian dengan berbasiskan informasi dan pengetahuan. *Digital farming* selain memanfaatkan teknologi pertanian, sekaligus terkait dengan jaringan cerdas dan alat manajemen data sehingga dapat menggunakan semua informasi dan keahlian yang tersedia untuk memungkinkan otomatisasi keseluruhan proses di bidang pertanian secara berkelanjutan. Dalam perspektif dan implementasi pertanian digital, kegiatan pertanian dilakukan dengan praktek dan perlakuan yang semakin efisien, kreatif dan berdaya saing.

Dalam pertanian digital yang relatif baru adalah ketersediaan beragam inovasi yang dapat dimanfaatkan oleh petani dalam berbagai cara dan strategi. Tindakan analisis, peralatan digital dan keputusan-keputusan agronomis berlangsung dalam pola interaktif, mengarahkan petani dalam mengambil keputusan apa yang harus dimanfaatkan di lahan mereka, dan bagaimana menerapkannya. Pertanian presisi dapat membantu petani sekaligus berurusan dengan sejumlah tantangan yang dihadapi seperti kelangkaan air, keterbatasan lahan, perhitungan pемbiayaan dan permintaan kuantitatif pasar.

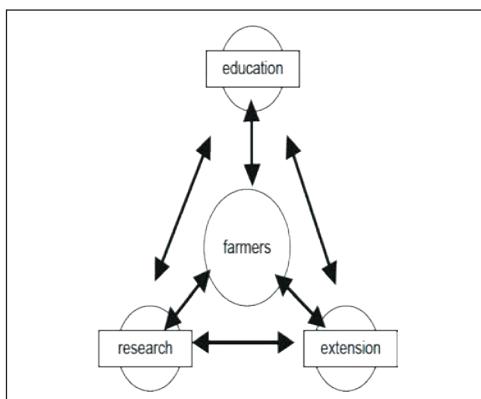
Suatu infrastruktur produksi yang ditransformasikan dalam pertanian digital untuk meningkatkan produktivitas, kualitas dan perlindungan lingkungan berkembang dalam bentuk teknologi inovatif, pengenalan otomatisasi alat-alat produksi, panen, pasca panen hingga pemasaran. Dalam hal ini petani tidak lagi mempersiapkan media tanam atau masa tanam, perawatan lahan (pencegahan hama), pembajakan, pemilihan bibit, persemaian dengan pola lama yang konvensional, tetapi sudah beradaptasi dan digantikan dengan alat pertanian modern. Penggunaan traktor dan teknologi GPS akan mengoptimalkan pertanian karena ketepatan perlakuan dapat dihasilkan. Melalui monitor dan kontrol semua hal dapat diukur dengan sangat tepat dan cepat.

Dalam era pertanian digital, proses pendidikan dan pembelajaran petani mengarah pada pencapaian pola pokir dan perubahan perilaku petani yang konstruktif dan adaptif sehingga memiliki ketangguhan ekonomi, sosial dan ekologi. Dalam hal ini akan dihasilkan petani-petani maju dengan kemampuan: 1) Melakukan perbaikan sistem pengelolaan lahan dan usahatani (hulu-hilir); 2) Menganalisis data, adaptif dan mengadopsi teknologi modern; 3) Antisipasi terhadap degradasi lahan yang terjadi; 4) Menggunakan peralatan teknologi tinggi untuk pengelolaan nutrisi tanaman spesifik lokasi; dan 5) Membangun berbagai pola relasi, komunikasi dan jejaring kerjasama untuk menghasilkan tindakan kolektif sehingga memperoleh manfaat dan nilai tambah yang optimal dari kemajuan dan keunggulan pertanian digital. Dengan demikian, keseluruhan proses pembelajaran menjadi upaya dan strategi dalam mewujudkan kesejahteraan inklusif, yaitu *dimulai dari kemampuannya mengatasi tantangan yang semakin kompleks disertai dengan tindakan transformatif berlandaskan pada prinsip-prinsip keberlanjutan dan penanggulangan akar penyebab kemiskinan dengan tidak meninggalkan siapa pun di belakang*.

Pendekatan Pembelajaran agar Petani Berubah

Salah satu alternatif proses belajar petani yang selama ini dikenal adalah melalui penyuluhan “*extension*” yang dalam perjalannya mengalami banyak perkembangan dan pendekatan yang dikenal, termasuk di Indonesia pernah dikenal sistem tatap muka, LAKU (lapangan dan kunjungan), difusi inovasi melalui Spekturm Diseminasi Multi Channel-SDMC hingga ke model *pervasive extension* yang akhir-akhir ini sedang dibangun. “Penyuluhan pertanian” dapat memfasilitasi dalam merealisasikan tujuan petani bertransformasi dan berubah memperbaiki kehidupannya agar lebih baik, jika pendekatan dilakukan tepat. Salah satu *best practice* pendekatan yang menunjukkan keberhasilan dari negara lain dan dapat dijadikan *lesson learned* diantaranya adalah model agrofleksi yang dikembangkan di Afrika Selatan.

Model sistem pembelajaran yang dirancang sejatinya adalah dibangun dari model dasar AKIS (*Agricultural Knowledge and Information Systems*) yang dikembangkan oleh FAO sehingga memungkinkan untuk memperkuat kapasitas petani dan masyarakat yang terlibat dalam pertanian dengan memanfaatkan potensi komunitas dan pertanian di pedesaan. Model AKIS dalam penyuluhan sebagaimana telah dikembangkan oleh FAO disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Model Dasar AKIS (FAO dan Bank Dunia, 2000)

Terkait dengan model tersebut, petugas penyuluhan membutuhkan kerangka kerja pengambilan keputusan yang jelas untuk memastikan bahwa layanan yang diberikan relevan dengan kondisi dan kebutuhan petani dan masyarakat, relevan dengan program dan kegiatan yang diprioritaskan pemerintah, bersifat fleksibel serta mampu menjawab dinamika pertanian, masyarakat dan pembangunan termasuk kemajuan dan disruptif teknologi. Konsep penyuluhan dalam AKIS disajikan dalam Gambar 1, yang menunjukkan hubungan antara peran dan pelaku dalam proses penyuluhan dan menyoroti pentingnya memperkuat hubungan di antara para kontributor untuk memperluas proses pembelajaran.

Model AKIS juga menyediakan fondasi yang berguna untuk membuat pemahaman baru tentang '*extension*' dan dapat digunakan sebagai kerangka kerja untuk mengeksplorasi proses pembelajaran dan hubungannya dalam penyuluhan. Hasil kajian oleh Worth (2006) di Afrika Selatan, setidaknya terdapat beberapa alternatif pilihan peran dan posisi yang dapat dibangun sesuai dengan kondisi yang berkembang meliputi: (i) Persepsi petani (pengguna akhir atau mitra yang setara/seimbang); (ii) Persepsi tentang peran penelitian (*fountainhead atau learning enabler*); (iii) Persepsi penyuluhan (transfer teknologi atau pembelajaran bersama); (iv) Kebijakan tindakan penyuluhan; dan (v) Lokus inovasi (ilmuwan, petani atau kemitraan).

Belajar dari pendekatan yang dikaji Worth tersebut, diketahui bahwa untuk membina kesejahteraan masyarakat terletak pada pendekatan yang diambil dengan melibatkan petani dalam meningkatkan mata pencaharian dan pertanian mereka. Lebih jauh ditegaskan bahwa hal terpenting bagaimana agar petani mau berubah terletak pada bagaimana memahami cara memfasilitasi untuk mendukung, memperkuat dan membangun sumber daya yang ada dan mata pencaharian petani saat ini sebagai sebuah strategi petani untuk mendapatkan keuntungan dan keberlanjutan usahanya.

Model pembelajaran dalam penyuluhan yang dikembangkan dalam agrifleksi mampu menggabungkan elemen kritis pembangunan berkelanjutan (yang berpusat pada orang) dan mencerminkan semakin banyaknya tindakan mengadvokasi proses pengembangan yang iteratif,

inkremental, reflektif berdasarkan kepemilikan aset, kemitraan, dan komitmen untuk berlangsungnya proses belajar dan pendidikan. Melalui model tersebut penting untuk mengidentifikasi kemitraan, menentukan jalur pengembangan dan menggambarkan agenda pembelajaran yang akan difasilitasi dengan beragam pola hubungan dan relasi khususnya antara petani dan praktisi penyuluhan. Model ini mampu menggeser sejumlah tradisi lama dalam penyuluhan, khususnya di bidang pengembangan masyarakat dan adopsi informasi dan teknologi.

Untuk efektifnya tujuan pembelajaran, model agrifileksi mengusulkan agar para petani terlibat dalam berbagai kegiatan dengan berbagai pihak dan mitra (seperti dengan peneliti, penyuluhan, penyandang dana dan pembuat kebijakan). Langkah pembelajaran pertama misalnya, memahami tentang apa yang dilakukan petani, mengapa mereka melakukannya, dan bagaimana mereka dapat membuat sistem pertanian mereka saat iri lebih menguntungkan dan berkelanjutan, dikaitkan dengan kemajuan teknologi dan dinamika isu pembangunan pangan dan pertanian yang berkembang.

Dengan petani terlibat dalam pembelajaran dan mengikuti pendekatan tersebut, petani ditempatkan sebagai mitra penuh dalam penelitian dan inovasi untuk dapat bersama mengembangkan pengetahuan dan menghasilkan invensi dan teknologi inovatif (termasuk kelembagaan, metode, dan proses) yang berdampak langsung pada profitabilitas dan keberlanjutan usaha dan kehidupan petani. Pendekatan inilah menjadi *entry point* dan membungkai jalan menuju kesejahteraan dan kehidupan yang lebih baik di masa depan. Semakin banyak keluarga petani, peneliti, konsumen, LSM, pemerintah daerah dan lembaga nasional menyerukan dukungan yang lebih besar untuk pendekatan sistemik yang ditawarkan dan berbasiskan pada agroekologi termasuk pertanian presisi semakin menjadikan keberhasilan pencapaian SDGs.

Pendekatan AKIS dapat dikembangkan dan diperluas dengan menggunakan metode dan sistem untuk melibatkan petani secara lebih aktif dan mendukung penyelidikan dan pembelajaran berkelanjutan bagi petani kecil dalam ilmu pertanian teknis (misalnya pengembangan

teknologi, inovasi, praktik pertanian, penelitian) yang berdampak pada mata pencaharian mereka. Hasil dari perluasan pendekatan diharapkan dapat membina kader petani inovatif yang memiliki kapasitas dan keterampilan untuk terus berinovasi, yang sistem usahatannya lebih banyak menguntungkan serta berkelanjutan. Pendekatan ini menempatkan petani bukan hanya menjadi obyek dan target pembangunan, melainkan ditempatkan sebagai seorang petani maju dan kreatif yang menjadi bagian integral dari penyuluhan. Metode penyuluhan pertanian yang dikembangkan di Afrika Selatan (sejak tahun 1800-an), awalnya berfokus pada transfer teknologi dan dalam beberapa tahun terakhir, konsep dan praktik penyuluhan pertanian telah diperluas untuk lebih mencakup pendekatan partisipatif yang lebih inklusif terhadap petani sebagai pelaku dan berperan aktif dalam pertanian sebagai bagian dari strategi menggabungkan metode penyuluhan, masalah pengentasan kemiskinan dan keamanan pangan.

Penting untuk kerangka kerja relasional yang dikembangkan adalah asumsi tentang inovasi, terkait dengan perbedaan antara penelitian dan ekstensi, dan antara inovasi dan transfer/adopsi teknologi. Lokus inovasi adalah faktor penting baik dalam AKIS maupun metode penyuluhan yang didukungnya. Inovasi dipandang sebagai buah keberhasilan proses pembelajaran dengan menempatkan petani adalah peneliti, inovator, dan peserta aktif dalam perubahan. Prinsip inilah menjadi tantangan dalam penyuluhan ke depan, yang harus selalu mengakomodasi dan mendorong keterlibatan aktif petani pada berbagai eksperimen, inovasi, dan perubahan.

Pola belajar untuk perubahan

Dari penelusuran beberapa praktik proses pembelajaran dalam mewujudkan pembangunan pertanian modern di beberapa negara, dapat dikemukakan dan dicermati bagaimana para petani belajar untuk melakukan perubahan dalam mengelola usaha dan bisnis mereka dan bagaimana mereka belajar membuat suatu keputusan strategis dan taktis. Sebagai *benchmarking* disajikan salah satu kasus proses pembelajaran

perbaikan manajemen pertanian yang berkembang di Australia. Dengan tantangan pembangunan pertanian modern di masa depan antara lain dengan meningkatnya kompleksitas dan risiko, menuntut kecanggihan pemanfaatan teknologi dan profesionalisme yang lebih besar dalam manajemen pertanian, sehingga diperlukan sebuah proses belajar untuk peningkatan kapasitas agar sukses mengelola perubahan. Dalam rangka perbaikan manajemen pertanian hingga ke aspek pemasaran, hasil kajian Wolfert et al. (2017) menggambarkan bahwa telah berkembang empat pola (bentuk) pembelajaran berbeda yang telah dilakukan oleh petani dan dikenal dengan pola pembelajaran yang memfokuskan pada aspek lokal, berorientasi pada orang, “*outward looking*” dan membangun jaringan.

Pola-pola tersebut sangat berkaitan erat dengan praktik pembelajaran berkelanjutan serta belajar untuk perubahan. Pola pembelajaran untuk perbaikan manajemen pertanian yang memfokuskan aspek lokal melakukan proses belajar untuk perubahan hanya dengan bertumpukan dan mengakses sumber informasi lokal (termasuk layanan penyuluhan oleh pemerintah). Proses pembelajaran yang berfokuskan pada orang untuk perubahan lebih menyukai dengan mencari informasi dan saran dari sumber informasi dari seseorang termasuk yang paling sering kepada para pakar atau kepada petani lain. Selanjutnya proses pembelajaran bisnis pertanian yang lainnya dilakukan dengan mengakses berbagai sumber informasi, dan digolongkan sebagai penggiat jejaring secara luas untuk dapat mengakses sejumlah besar dan beragam sumber informasi dalam belajar untuk perubahan. Kelompok petani lainnya dengan rentang yang kurang luas menggunakan pendekatan “*outward looking*”.

Dengan bentuk-bentuk tersebut, dapat diidentifikasi berbagai macam sumber yang digunakan petani dalam belajar untuk perubahan dan dikelompokkan menjadi enam kategori. Yang pertama dapat disamakan sebagai pembelajaran terstruktur (formal dan non formal), dan yang lainnya adalah sumber pembelajaran informal sebagai mayoritas sumber belajar yang ditemukan. Kategori sumber belajar dikenal: (i) kegiatan pelatihan termasuk kursus, seminar, lokakarya, kelompok yang diarahkan petani dan kunjungan lapangan); (ii) petani lain, bukan sebagai bagian dari kelompok pertanian yang diarahkan; (iii) ahli (konsultan dan

ahli lain termasuk pemasok dan pembeli); (iii) organisasi pertanian dan asosiasi industri; (iv) media (cetak dan elektronik); dan (v) observasi dan pengalaman. Dalam hal ini, pakar, observasi dan pengalaman, serta petani lainnya adalah sumber pembelajaran yang paling sering digunakan untuk menuju perubahan.

Dalam konteks belajar untuk perubahan memahami, beradaptasi dan bertransformasi dalam pertanian 4.0 pola-pola belajar tersebut juga diarahkan pada penggunaan teknologi canggih seperti penggunaan big data, sistem informasi digital, IoT dalam pengembangan sistem pertanian presisi yang kesemuanya sangat berperan dalam pertanian presisi dari hulu-hilir sebagai bentuk implementasi dari pertanian digital. Untuk memenuhi tuntutan kecanggihan teknologi yang meningkat, proses pembelajaran juga dikaitkan dengan pemanfaatan ICT untuk manajemen pertanian di tingkat lapangan sehingga selain dapat memperluas konsep pertanian presisi juga diarahkan untuk pemanfaatan big data bagi pengambilan keputusan dan meningkatkan tugas manajemen dalam pertanian (Wolfert et al. 2017).

Pertanian berkelanjutan sangat relevan dan terkait dengan pertanian presisi karena meningkatkan kualitas lingkungan dan sumber daya mengingat pertanian menjadi tumpuan dan penting bagi penyediaan kebutuhan pangan bagi manusia (Pretty 2007). Konsep-konsep tersebut dapat dipahami sebagai pendekatan berbasis ekosistem untuk pertanian, yang mengintegrasikan ilmu biologi, kimia, fisik, ekologi, ekonomi dan sosial secara komprehensif, untuk mengembangkan praktik pertanian presisi yang aman yang tidak merusak lingkungan. Artinya, menurut pemahaman penulis bahwa dalam perspektif *learning process* menuju pertanian modern 4.0 dipandang perlu belajar untuk perubahan diarahkan pada selain memahami konsep, juga terbentuknya peningkatan kemampuan baik secara teknis, ekonomi, sosial dan ekologis untuk mampu mengatasi tantangan pertanian presisi yang berkelanjutan.

Proses pembelajaran untuk perubahan dimaksud menempatkan pertanian 4.0 sebagai ekosistem pertanian yang kompleks, multivariat dan tidak dapat diprediksi sehingga perlu dianalisis dan dipahami

dengan lebih baik. Beragam teknologi digital untuk mendapatkan data secara luas sangat berkontribusi pada pemahaman ini dengan memantau dan mengukur berbagai aspek lingkungan fisik secara terus-menerus (Sonka 2015). Dengan kemajuan teknologi sensor akan dapat dihasilkan sejumlah besar data dalam kecepatan tinggi, dan melibatkan kebutuhan pengumpulan data dalam skala besar, penyimpanan, pemrosesan, pemodelan dan analisis big data dari berbagai sumber yang heterogen.

Yang akan menjadi tantangan besar dan konsekuensi bagi negara terkait dengan big data pertanian adalah kemampuan untuk menciptakan kebutuhan investasi besar dalam infrastruktur untuk penyimpanan dan pemrosesan data, dapat beroperasi secara *real-time* untuk beberapa aplikasi (misalnya prakiraan cuaca, pemantauan hama dan penyakit tanaman). Oleh karenanya, “analisis big data” adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan praktik pertanian generasi baru (Sonka 2014). Meskipun analisis big data telah berhasil dan populer di banyak domain dan sektor, namun mulai diterapkan pada pertanian masih relatif baru, ketika para pemangku kepentingan mulai merasakan potensi manfaatnya. Menurut Wolfert et al. (2017), beberapa perusahaan pertanian besar di negara maju, berdasarkan analisis big data dapat meningkatkan keuntungan tahunan dari pertanian global sekitar US \$ 20 miliar. Potensi ini juga penting untuk dikomunikasikan kepada petani sehingga menumbuhkan motivasi bahwa dengan melakukan analisis big data di bidang pertanian dengan menggunakan teknik modern (seperti penginderaan jauh, analisis geospasial) sangat memungkinkan untuk diperolehnya alternatif solusi penyelesaian masalah sekaligus mengimbangi kemajuan pemanfaatan big data di sektor lainnya.

Terkait penjelasan tersebut, sejauhmana proses belajar dengan petani menuju pertanian 4.0 diantaranya dapat didorong melalui pemberian pemahaman bahwa kontribusi utama pemanfaatan big data dalam pertanian adalah kemampuan untuk menyajikan gambaran yang lebih terfokus tentang masalah-masalah khusus yang dihadapi dalam pertanian dimana analisis big data merupakan aspek kunci dan ditemukannya alternative solusi yang tepat dalam menyelesaikan pemasalahan dan tantangan yang dihadapi. Berkaitan peluang pemanfaaan tersebut, mengisyaratkan bagaimana proses belajar yang

dilakukan dapat memberikan pemahaman terkait cakupan big data yang digunakan, metode dan teknik pengumpulan yang digunakan, memberikan wawasan khusus dari perspektif teknis tentang potensi dan peluang analisis big data, hadirnya masalah pertanian yang semakin kompleks, aturan kepemilikan big data hingga hambatan dan cara untuk mengatasinya.

Pendekatan *Sustainable Livelihoods-SL* dan Penyuluhan Pertanian

Pendekatan mata pencaharian berkelanjutan (*sustainable livelihoods-SL*) memberikan kerangka belajar yang bermanfaat, dan memiliki implikasi positif untuk penyuluhan. Pendekatan mata pencaharian berkelanjutan adalah cara berpikir tentang tujuan, ruang lingkup dan prioritas pembangunan dalam rangka mengatasi kemiskinan (Ashley dan Carney, 1999). Hal ini berkaitan dengan pemahaman bahwa praktik dan kehidupan seseorang berlangsung di dalam sebuah sistem: sistem rumah tangga, sistem komunitas, sistem sosial dan khususnya sistem mata pencaharian.

Pendekatan SL berprinsip bahwa menumbuhkan mata pencaharian yang berkelanjutan adalah kunci pengentasan kemiskinan, penciptaan kekayaan, dan pembangunan berkelanjutan. Mata pencaharian terdiri orang dan kemampuan mereka, aset material (termasuk makanan dan pendapatan), aset sosial dan kegiatan yang diperlukan untuk sarana hidup (Ashley dan Carney, 1999; Chambers and Conway, 1992). Chambers and Conway (1992: 6) mencatat bahwa mata pencaharian akan berkelanjutan ketika dapat mengatasi dan pulih dari tekanan dan guncangan, mempertahankan atau meningkatkan kemampuan dan asetnya untuk masa sekarang maupun di masa depan dengan tidak merusak basis sumber daya alam.

De Satge et al. (2002), menegaskan beberapa prinsip pendekatan SL yang relevan dengan penyuluhan pertanian dan agar petani mau berubah adalah: 1) Berpusat pada orang: mata pencaharian mencerminkan pilihan seseorang dengan keunikannya; 2) Partisipatif: bekerja dan

melibatkan orang dalam menganalisis mata pencaharian; 3) Holistik: kehidupan seseorang adalah kompleks dan merupakan bagian terpadu dalam sistem sosial ekonomi; 4) Diferensiasi: variasi rumah tangga memerlukan penyesuaian intervensi; 5) Dinamis: menorong fleksibilitas dan kemampuan beradaptasi menjadi pendekatan terpenting dalam pembelajaran berkelanjutan; 6) Membangun berdasarkan kekuatan: pendekatan SL dimulai dengan kekuatan orang bukan kebutuhan, menyiratkan adanya pengakuan semua orang adalah potensial (Ashley dan Carney (1999: 45); 7) Keterkaitan makro-mikro: mendekatkan perbedaan antara pengembangan kegiatan mikro dan makro (De Gruchy, 2004), penting dipertimbangkan bagi kebijakan dan tindakan pembangunan (Carney, 1998); serta 8) Keberlanjutan: pembangunan seharusnya tidak berjangka pendek, membutuhkan penanganan keberlanjutan sosial, ekonomi, lingkungan dan kelembagaan (Carney, 1998).

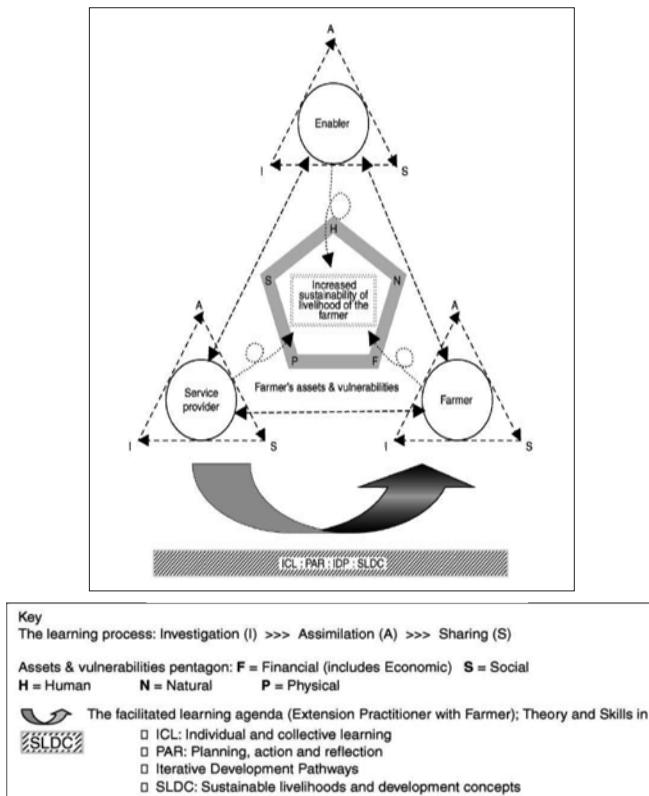
Dengan beberapa pemahaman tersebut, pendekatan SL menawarkan kerangka kerja yang bermanfaat untuk mengembangkan model penyuluhan dan untuk mengidentifikasi persyaratan pembelajaran dan pelatihan untuk mempromosikan mata pencaharian yang lebih berkelanjutan. Pendekatan SL untuk mewujudkan peningkatan aset, mengurangi kerentanan dan meningkatkan kesejahteraan, mensyaratkan bahwa semua peran dan pelaku adalah relevan dan terlibat sepenuhnya dalam proses.

Para pelaku memiliki peran sebagai ‘enabler’, ‘penyedia layanan’ dan ‘klien’. ‘Enabler’ adalah istilah yang diberikan untuk institusi publik dan swasta (termasuk kementerian dan lembaga) yang membentuk lingkungan di mana penyuluhan berlangsung. Dalam konteks penyuluhan, ‘penyedia layanan’ merujuk ke fasilitasi penyuluhan. Di dalam sebuah pola koneksi, penyuluhan membutuhkan arahan bagi petani dan penyuluh, dan kerangka kerja yang jelas di mana pilihan

dan keputusan dapat dibuat. Kebutuhan penyuluhan dirancang sehingga layanan yang diberikan relevan untuk petani dan masyarakat, sesuai dengan prioritas pemerintah, fleksibel dan mampu menanggapi dinamika pertanian, masyarakat dan pengembangannya. Klien', dalam hal ini petani, juga merupakan mitra yang setara. Petani bertanggung jawab untuk berkontribusi dan bertindak atas apa yang dipelajari melalui keterlibatan dengan enabler dan khususnya dengan penyedia layanan. Dengan demikian masing-masing pelaku memiliki tanggung jawab atau peran sebagai mitra dan menjadi prinsip yang dibangun dalam model penyuluhan berbasis penghidupan.

Best Practice Model Agrifleksi (Agriflection Model)

Melalui pengintegrasian konsep dan prinsip SL dengan adaptasi kerangka kerja AKIS yang menempatkan masing-masing elemen pendidikan, penelitian dan penyuluhan lebih terintegrasi sepenuhnya dalam model penyuluhan baru telah berkembang di Afrika Selatan. Tujuan dari model penyuluhan yang dikembangkan dari mata pencakarian adalah strategi untuk mengakui dan bekerjanya sistem pertanian yang kompleks dan sistem produksi pangan dari petani dan bahkan sistem yang lebih kompleks. Dengan model baru tersebut telah menunjukkan hasil dan memegang potensi signifikan mewujudkan tujuan pembangunan pertanian dan sumber daya manusianya dan menjadi kebijakan pertanian Afrika Selatan saat ini. Model agrifleksi pada Gambar 2 sekaligus dapat sebagai benchmark bagi pelaksanaan penyuluhan pertanian di Indonesia.



Gambar 2. Model Agrifelksi (Sumber: Worth, 2002)

Konsep model agrifleksi menunjukkan bahwa model penyuluhan yang dibangun mengadopsi pendekatan pembelajaran reflektif untuk pembangunan, yang memberikan sejumlah prinsip: (1) Pengembangan bersifat inkremental dan iterative, menggambarkan suatu pendekatan iteratif yang mengakar untuk kemajuan; (2) Kemitraan yang setara, digambarkan dalam model segitiga besar memposisikan para pelaku dan peran utama: enabler, penyedia layanan dan petani dengan panah berkepala dua menunjukkan kesetaraan mitra; (3) Proses pembelajaran segitiga 'IAS' dalam model menggambarkan proses pembelajaran yang diambil dari struktur dasar AKIS.

Mengganti penelitian, pendidikan dan penyuluhan, agrifleksi menyarankan proses pembelajaran melalui penyelidikan, asimilasi atau aplikasi dan berbagi atau layanan. Penting untuk model agrifleksi adalah kepemilikan oleh ketiga mitra akan paradigma pembelajaran dan layanan/berbagi. Sebagai model pendidikan dan pengalaman belajar dalam agrifleksi, pengetahuan diperoleh melalui investigasi. Pemahaman dan ketrampilan diperoleh melalui aplikasi layanan dan asimilasi; (4) Pembelajaran individu dan kolektif: Setiap mitra harus berkomitmen untuk paradigma pembelajaran dan layanan/berbagi. Dalam paradigma ini, sekedar transfer teknologi tidak akan punya tempat; (5) Membangun asset, menunjukkan bahwa kemajuan paling baik dicapai melalui pengidentifikasi aset petani, menilai kerentanan dan kemudian mengambil langkah untuk meningkatkan dan memperkuat aset tersebut atau untuk mengurangi kerentanan; serta (6) Agenda pembelajaran yang difasilitasi: digambarkan panah melengkung yang menghubungkan praktisi penyuluhan dengan petani, menyiratkan praktisi penyuluhan memiliki misi dan tujuan untuk mencapai dan memfasilitasi belajar dari petani.

Langkah Kebijakan dan Strategi Ke Depan

Agar pertanian 4.0 dapat diimplementasikan dan sebagai bagian learning process yang terintegrasi dalam pengembangan sumberdaya manusia dalam mewujudkan kesejahteraan inklusif diperlukan acuan bersama dalam bertransformasi mewujudkan pembangunan masa depan yang diharapkan. Arah kebijakan secara nasional perlu dirumuskan ke dalam RPJMN dan Rencana Strategis (Renstra) Kementerian serta penyusunan roadmap menuju pertanian era industri 4.0, yaitu roadmap transformasi menuju pertanian digital. Design pertanian digital (era industri 4.0) diupayakan dilakukan dengan pendekatan proses pembelajaran yang memperkuat pertanian rakyat dan inklusif bagi petani kecil dengan disertai penyesuaian dan adaptasi teknologi digital sehingga kompatible dengan kondisi sistem usaha tani, logistik dan keseluruhan rantai produksi pertanian Indonesia.

Dalam kerangka implementasinya, diperlukan faktor pengikat secara nasional “bonding programme” agar terbangun tindakan kolektif, sinergitas dan konvergensi untuk berproses dan menjadi pegangan untuk mewujudkan bersama dengan berbagai pelaku, pihak terkait, swasta dan masyarakat. Program pengikat tersebut harus ditegaskan dalam prioritas program nasional (PRN) dan tertuang dalam RPJMN. Selanjutnya, untuk menjadi pijakan keterkaitan dan sinergitas dari berbagai lembaga dan kementerian, diturunkan secara eksplisit sebagai “linking dan brdgng programme” dan dituangkan dalam Rencana Strategis Kementerian/Lembaga berupa program lintas di tingkat Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian, Pengembangan SDM dan Kesejahteraan Masyarakat, serta dalam program lintas di masing-masing Kementerian/Lembaga.

Agar learning process menuju pertanian 4.0 dapat meningkatkan kapasitas dan kemampuan petani menghadapi tantangan disrupsi teknologi industri 4.0 diperlukan “pendekatan penyuluhan” yang memberikan proses pembelajaran partisipatif dan mendorong para pelaku dan peran utama dalam penyuluhan terlibat aktif dengan petani sebagai ‘peserta didik’ sekaligus mitra dalam proses belajar. Salah satu pendekatan yang dapat dijadikan lesson learned dan memberikan peluang keberhasilan proses pembelajaran terintegrasi dengan pengembangan masyarakat, adalah model agrifleksi yang dikembangkan di Afrika Selatan. Pendekatan tersebut mempromosikan budaya pembelajaran reflektif dan berkelanjutan dan menyarankan pergeseran lokus pembelajaran secara terintegrasi dan berbasiskan dengan mata pencaharian berkelanjutan (pendekatan sustainable livelihoods-SL). Dengan pendekatan tersebut diharapkan dapat menjadi strategi efektif untuk mewujudkan ketangguhan petani dan memberikan kesejahteraan inklusif dalam pembangunan pertanian.

Model agrifleksi dapat menjadi pelajaran baik dan salah satu acuan autokritik sejauhmana sistem penyuluhan pertanian di Indonesia telah dilaksanakan dalam kerangka ideal. Hal ini dikarenakan model agrifleksi dibangun telah sesuai dengan tren kebijakan dan pengembangan

pertanian global. Agrifleksi telah menggabungkan elemen-elemen kunci dan esensial dari pengembangan masyarakat yang berkelanjutan, dan menganjurkan proses pembelajaran iteratif, proses pengembangan tambahan dan reflektif berdasarkan aset, kemitraan, dan komitmen untuk belajar. Model agrifleksi mampu menghadirkan kerangka teoretis dan praktis yang dapat digunakan untuk menguji kemanjuran kebijakan dan praktek penyuluhan dan sistem pendidikan (pengajaran).

Berbagai pihak (utamanya layanan penyuluhan publik dan swasta) dapat menggunakan model agrifleksi sebagai acuan untuk mentransformasi mengajak partisipasi aktif petani mau berubah sehingga adaptif dan tangguh dalam menyikapi disrupsi teknologi industri 4.0. Bagi Kementerian melalui Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian dapat melakukan evaluasi untuk selanjutnya menyusun strategi dalam memperbaiki dan menyempurnakan penyuluhan selama ini. Kerangka kerja penyuluhan yang dilaksanakan sejauhmana mampu memberikan layanan penyuluhan yang terintegrasi dengan pengembangan masyarakat dan penyuluhan berlangsung efektif dalam memperkuat kapasitas petani dan masyarakat yang terlibat dalam pertanian sehingga menyejahterakan.

Selanjutnya, komitmen dan kesanggupan pemerintah dan berbagai pihak sangat diperlukan untuk: 1) membangun investasi infrastruktur teknologi yang mendukung perbaikan dan peningkatan volume data, kekuatan komputasi, dan konektivitas; (2) meningkatkan kapasitas sistem pengetahuan analisis, kemampuan, dan kecerdasan bisnis; (3) mempercepat terjadinya bentuk interaksi baru antara manusia dengan mesin pada berbagai model pertanian; dan (5) mengembangkan pendekatan pembangunan sebagai pola belajar untuk berubah dan terintegrasi dalam sebuah model pembelajaran yang bermuara pada pencapaian kesejahteraan inklusif.

Daftar Pustaka

- Ashley, C., and D. Carney. 1999. Sustainable Livelihoods: Lessons from Early Experience. London (GB): Department for International Development.
- Cerneia, Michael M. 1988. Mengutamakan Manusia di Dalam Pembangunan: Variabel-Variabel Sosiologi di Dalam Pembangunan Pedesaan. Jakarta (ID): Pub. Bank Dunia, Penerbit UI.
- Chambers, R., G. Conway. 1992. Sustainable Rural Livelihoods: Practical Concepts for the 21st Century. IDS Discussion Paper 296, IDS, Brighton.
- Carney, D. (Ed.). 1998. Sustainable Rural Livelihoods: What Contribution Can We Make? Papers presented at the Department for International Development's Natural Resources Advisers' Conference, July.
- CEMA. 2017. Digital Farming: what does it really mean, and what is the vision of Europe's farm machinery industry for Digital Farming. European Agricultural Machinery.
- Crnjac, M., I. Veža, , and N. Banduka. 2017. From Concept to the Introduction of Industry 4.0. International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM), Vol. 8 No 1, 2017, pp. 21-30 Available online at www.iim.ftn.uns.ac.rs/ijiem_journal.php ISSN 2217-2661
- De Satge', R., A. Holloway, D. Mullins, L. Nchabaleng, and P. Ward. 2002. Learning about Livelihoods: Insights from Southern Africa. Cape Town (ZA): Periperi Publications.
- De Gruchy, S. 2004. The Contribution of Universities to Sustainable Livelihoods. In: Fincham, R., Georg, S. and Nielsen, E.S. (Eds), Sustainable Development and the University: New Strategies for Research, Teaching and Practice. Howick: Brevitas, pp. 53_74.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2002. A Livelihoods Approach to Communication and Information to Eliminate Poverty. Rome: FAO, available online at: [B/http://www.fao.org/waicent/portal/outreach/livelihoods/en/live-en.html_/, accessed 25 June 2004.](http://www.fao.org/waicent/portal/outreach/livelihoods/en/live-en.html_/)

- [FAO and World Bank. 2000. Agricultural Knowledge and Information Systems for Rural Development (AKIS/RD). Strategic Vision and Guiding Principles. Rome (IT): FAO and World Bank.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2014. The Water-Energy-Food Nexus. A new approach in support of food security and sustainable agriculture. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2017. The Future of Food and Agriculture Trend and Challenges. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2018. E-Agriculture in Action: Drone for Agriculture. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Kilpatrick, Sue, and Susan Johns. 2003. How Farmer Learn: Different Approaches to Change. *The Journal of Agricultural Education and Extension* 9(4), Desember 2003.
- Mohieldin Mahmud, 2017. Cara untuk Mencapai SDGs. World Bank Group Senior Vice President for the 2030 Development Agenda, United Nations Relations and Partnerships, and is a former minister of investment of Egypt.
- [OECD] Organization for Economic Cooperation and Development. 2012. OECD Review of Agriculture Policies. Jakarta (ID): OECD Publishing.
- Pasandaran, E., dan M. Syakir. 2017. Memperkuat Kemampuan Sistem Inovasi Pertanian, dalam Menuju Pertanian Modern Berkelanjutan. Jakarta (ID): IAARD Press.
- Pretty, Jules. 2007. Agricultural Sustainability: Concepts, Principles and Evidence. Colchester CO4 3SQ, UK: Department of Biological Sciences, University of Essex.
- Rohmani, S.A., dan H. Soeparno. 2018. Pertanian Digital dalam Membangun Pertanian Modern di Era Industri 4.0. Badan Litbang Pertanian. Jakarta (ID): IAARD Press.

- Schlechtendahl, J., M. Keinert, F. Kretschmer, A. Lechler, and A. Verl. 2015. Making existing production systems Industry 4.0-ready. *Production Engineering* 9 (1): 143-148.
- Seminar, K.B. 2016. Sistem Pertanian Presisi dan Sistem Pelacakan Rantai Produksi untuk Mewujudkan Agroindustri Berkelanjutan. Makalah Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Simatupang, Pantjar 2018. Arah Kebijakan Mendorong Kebijakan Kesejateraan Petani. Jakarta (ID): IAARD Press.
- Sonka, S. 2014. Big Data and The Agricultural Sector: more than lots of numbers. *International Food and Agribusiness Management Review*. 17(, 1.
- Sonka, S., 2015. Big Data: From Hype to Agricultural Tool. *Farm Policy Journal* 12, 1-9.
- Worth, SH., 2006. Agriflection: A Learning Model for Agricultural Extension in South Africa. *Journal of Agricultural Education and Extension*. Vol. 12, No. 3, 179_193, September 2006.
- Wolfert Sjaak, Ge L., Verdouw C., dan Bogaardt, M.J., 2017. Big Data in Smart Farming – A Review. *Agricultral System*. Elsevier
- Wyman Oliver, 2018. Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology. World Government Summit. Februari 2018.

Peternakan Indonesia Menghadapi Masa Depan di Era Industri 4.0

Budi Tangendjaja

Aakhir-akhir ini Industri 4.0 merupakan topik yang populer di Indonesia, banyak lembaga pemerintah di kementerian dan juga universitas membicarakan Industri 4.0. Industri 4.0 pada mulanya berkembang dari industri manufaktur dan transportasi, terutama dengan sistem robot yang mampu meningkatkan produktivitas pabrik dan juga *autonomous driving* atau kendaraan tanpa sopir.

Akan tetapi di Indonesia, semua sektor mencoba mengadopsi industri 4.0 ini baik di sektor industri yang memang pada mulanya berkembang sampai pada sektor pertanian. Banyak yang menganggap bahwa ketika suatu sektor memanfaatkan teknologi internet dengan sistem androidnya maka sektor tersebut telah menerapkan industri 4.0. Malahan beberapa orang ketika sudah bisa memasarkan suatu produk *online*, maka mereka telah menerapkan industri 4.0.

Kalau bisa dikatakan bahwa ini merupakan “euphoria” industri 4.0 dan banyak sekali kementerian mencoba memulainya dan menerapkannya. Padahal kalau dilihat sejarahnya dalam mencapai industri 4.0, tahapan industri dari mulai Industri 1.0 sampai mencapai Industri 4.0 harus dilalui.

Bukan hanya itu, istilah industri juga harus dipahami lebih dahulu karena karakteristik suatu industri adalah suatu usaha atau kegiatan pengolahan bahan mentah atau barang setengah jadi menjadi barang jadi yang memiliki nilai tambah untuk mendapatkan keuntungan.

Usaha perakitan atau *assembling* dan juga reparasi adalah bagian dari industri. Menurut UU No. 3 Tahun 2014, pengertian industri adalah seluruh bentuk dari kegiatan ekonomi yang mengelola bahan baku dan

atau memanfaatkan sumber daya industri, sehingga dapat menghasilkan barang yang memiliki nilai tambah atau manfaat yang lebih tinggi, termasuk juga jasa industri.

Hal ini juga berlaku dalam sektor pertanian, manakala usaha tani bersifat subsisten, dimana suatu proses produksi dikerjakan sebagai sambilan atau tidak memperhitungkan *input* dan hasilnya, bahkan alasan melakukan usaha tani hanyalah bersifat sambilan dan khususnya dalam usaha ternak merupakan tabungan maka kegiatan tersebut bukan merupakan industri.

Revolusi Industri 4.0

Menurut Supriadi (2019), Sekjen Industri Agro, Kementerian Perindustrian dalam suatu seminar dengan Industri Pengolahan Daging (NAMPA) mendefinisikan revolusi industri adalah suatu perubahan yang berlangsung cepat dalam pelaksanaan proses produksi dimana yang semula pekerjaan proses produksi itu dikerjakan oleh manusia digantikan oleh mesin, sedangkan barang yang diproduksi mempunyai nilai tambah (*value added*) yang komersial.

Revolusi industri merupakan transformasi secara cepat suatu industri yang dapat terjadi ketika suatu industri menerapkan suatu teknologi dalam pekerjaannya. Untuk dapat mengerti bagaimana industri 4.0 terjadi di dunia saat ini dan banyak dibicarakan di Indonesia, ada baiknya jika kita mengerti lebih dahulu perkembangan industri mulai dari 1.0 sampai 4.0 yang sudah barang tentu mengalami berbagai tahap.

1. Perubahan dari revolusi industri 1.0: Penggunaan mesin (uap) untuk menggantikan tenaga manusia dan hewan. Revolusi Industri 1.0 terjadi pada abad ke XVIII, manakala mesin uap ditemukan dan mesin mulai menggantikan perkerjaan tangan manusia yang berbahaya. Mekanisasi sudah mulai dikerjakan pada industri untuk meningkatkan produktivitas. Hal ini juga terjadi dalam sektor pertanian dengan ditemukan mesin perontok/pemipil (*tresher*) dan akhir abad 18 mesin panen mulai dibuat dan diterapkan.

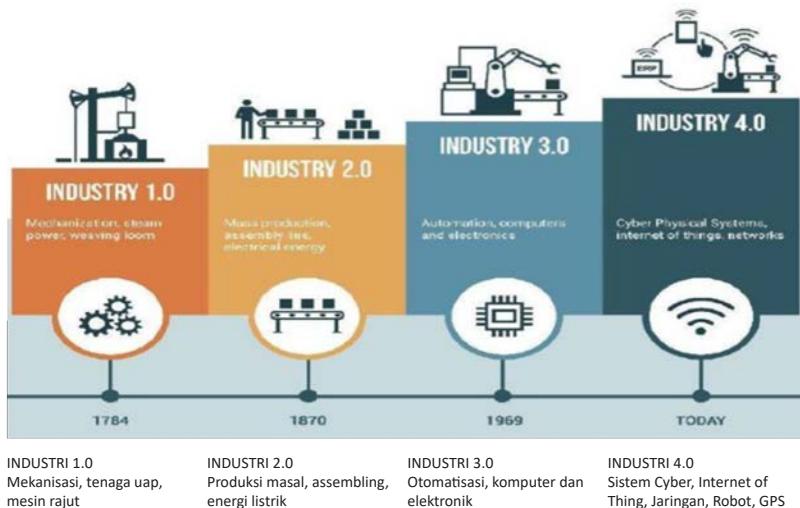
2. Sedangkan dalam revolusi industri 2.0: Mulai diterapkan penggunaan teknologi untuk produksi massal, terutama dengan dimanfaatkannya tenaga listrik. Hal ini terjadi di awal abad ke XIX dan dalam bidang pertanian maka pengolahan lahan, penanaman dan pemanenan produk pertanian dilakukan dengan skala besar dan luas. Pemanenan produk hortikultura yang tadinya harus dikerjakan dengan tangan, diganti dengan mesin sehingga mampu dipanen secara massal dengan skala besar.
3. Untuk revolusi industri 3.0: Pada tahap revolusi industri 3.0 maka penerapan teknologi sudah lebih maju lagi dengan otomasinya yang dimasukkan ke dalam permesinan, sehingga penggunaan tenaga manusia menjadi makin kecil dan produktivitas menjadi sangat tinggi karena tidak dibatasi oleh waktu kerja disamping hasil kerja makin presisi (tepat).

Revolusi Industri 3.0 diawali pada tahun 1960an ketika *Programmable Logic Controller* (PLC) dibuat sehingga memungkinkan produksi dijalankan secara otomatis dengan perangkat elektronik dan teknologi informasi (IT). Hal ini terjadi di abad ke XX dimana mesin otomasi muncul di berbagai bidang produksi.

Dalam sektor pertanian maka pemakaian mesin-mesin pertanian baik itu “reaper”, “binder” dan “combine harvester” makin banyak diterapkan oleh petani negara maju. Tidak hanya itu penggunaan sumber daya pertanian seperti pemakaian pupuk, penggunaan air dan lahan menjadi semakin efisien. Penggunaan bibit tanaman yang sudah direkayasa secara genetik juga mulai diterapkan dalam kurun waktu 30 tahun terakhir ini.

Penanaman tanaman hasil rekayasa genetika seperti jagung, kedele, kanola dsb termasuk tanaman hortikultura mulai dijalankan secara komersial di awal tahun 1990an dan saat ini sudah ratusan juta hektar lahan yang ditanamani oleh PRG (Produk Rekayasa Genetika). Penggunaan teknologi otomasi dalam kegiatan industri (peralatan permesinan berubah ke otomasi).

- Industri 4.0: Dengan berkembangnya internet dan kemampuan berkomunikasi dengan mesin dan kemampuan computer beserta satelit yang makin canggih maka saat ini di dunia mulai populer dengan revolusi industri 4.0. Konsep industri 4.0 merupakan istilah kolektif yang menggabungkan berbagai teknologi dalam suatu rantai pasok (value chain) untuk meningkatkan kemampuan produksi, efisiensi dan juga traceability. Industri 4.0 akan menghubungkan mesin dengan kerja dan sistem melalui jaringan kecerdasan (sebagai Internet of Things).



Gambar 1. Tahapan dalam Revolusi Industri
(kata dalam gambar diterjemahkan dalam kotak)

Oleh karena itu perlu dikemukakan disini bahwa ciri dari industri 4.0 adalah penerapan teknologi artificial intelligence (AI), robot, drone, internet of things, dan big data analisis, yang kesemuanya menghubungkan mesin-mesin otomasi tersebut dengan internet (Zambon dkk., 2019).

Oleh karena itu umumnya industri 4.0 berkembang dalam manufacturing dan dalam transportasi, terutama berkendaraan tanpa sopir (autonomous driving).

Pertanian di Era Industri 4.0

Dengan berkembangnya revolusi industri 4.0, yang pada mulanya terjadi di sektor manufatur dan transportasi, maka banyak orang mulai berfikir bagaimana dengan pertanian 4.0. Apakah industri 4.0 dapat diterapkan dalam pertanian di Indonesia?.

Beberapa orang mengatakan bahwa industri 4.0 merupakan keniscayaan bagi sektor pertanian, akan tetapi apakah sektor pertanian sudah memulainya. Sudah barang tentu industri 4.0 baru dimulai di Indonesia dan apakah dapat terjadi dalam waktu dekat ini? Industri pertanian agak berbeda dengan industri manufaktur atau transportasi yang sarat menggunakan teknologi.

Pertanian masih tergantung pada alam baik ketersedian lahan dan air, juga sangat dipengaruhi oleh iklim yang seringkali sulit untuk dimanipulasi. Meskipun demikian, ada baiknya jika Indonesia belajar dari negara maju yang sedikit banyak mulai menerapkan teknologi industri 4.0 ini dalam sektor pertanian. Tulisan dari Bonneau dkk. 2017 untuk *Europen Commision* mungkin dapat dipelajari untuk menceriterakan industri 4.0 dalam pertanian.

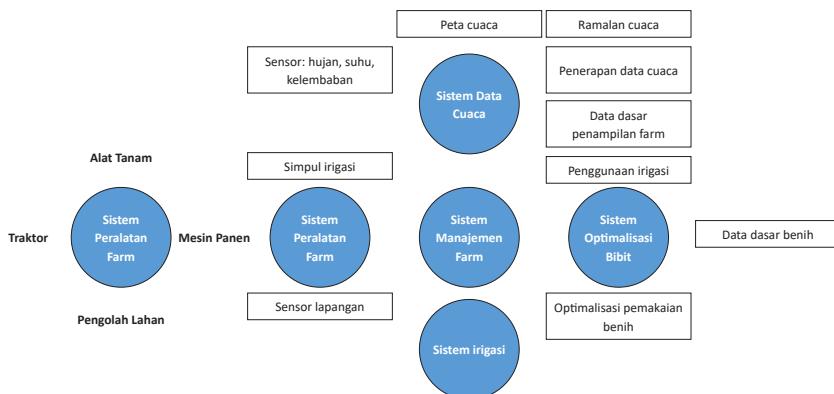
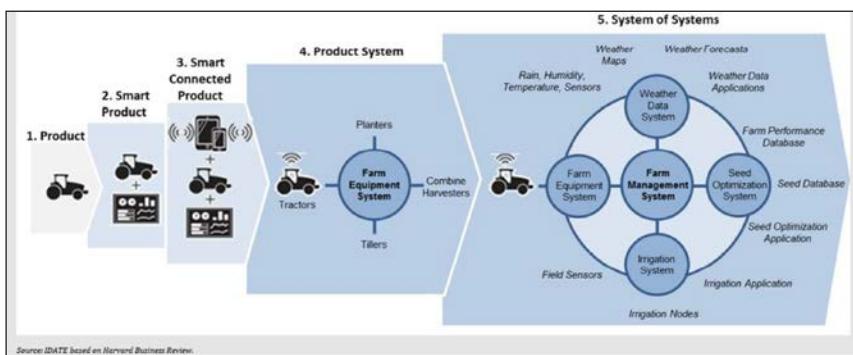
Dalam tulisannya Bonneau menjelaskan bahwa industri pertanian 4.0 harus dilihat dari proses produksi dalam suatu sistem yang terintegrasi untuk memecahkan permasalahan. Gambar 2 menunjukkan berkembangnya suatu produksi ketika menggunakan traktor sampai menerapkan suatu sistem dalam sistim yang lebih besar.

Dalam hal ini praktek produksi dikembangkan dengan menghubungkan berbagai perangkat yang membantu proses produksi secara teliti dan akurat (*precision farming*) dan meningkatkan keterbukaan (*transparancy*) dalam pertukaran data mulai dari awal produksi sampai konsumen.

Jadi salah satu ciri dari penerapan teknologi dalam revolusi industri 4.0 adalah kemampuan membuatkan sistim dalam keseluruhan rantai pasok pangan dari mulai bahan baku, proses produksi termasuk pengolahan

dan pemasaran sampai konsumen. Penelusuran keamanan pangan hanya dapat diperoleh melalui data yang dikumpulkan dan data yang ada menjadi sangat besar untuk diolah lebih lanjut.

Semua informasi yang terkumpul akan diolah dan ditampilkan dengan penggunaan teknologi informasi dan aplikasi peralatan yang dapat dibawa (*mobile application*) memungkinkan perusahaan untuk menelusuri dan mengevaluasi sistem yang digunakan dan konsumen akan memperoleh informasi kualitas produk secara transparan (Corralo *et al.* 2018).



Gambar 2. Hasil pertanian mendorong sistem terintegrasi dari sistem pemecahan masalah (kata dalam gambar diterjemahkan ke bahasa Indonesia, pada halaman akhir)

Pada mulanya produksi pertanian di negara maju menggunakan traktor untuk mengolah tanah maupun menanam, dengan berkembangnya teknologi *Global Positioning System* (GPS), banyak traktor menggunakan GPS untuk memandu bagaimana traktor dikendalikan untuk mengolah tanah dan menanam, kemudian dengan berkembangnya sistem android, traktor menggunakan alat sensor untuk menghasilkan data dan data yang diperoleh dapat ditransfer ke komputer atau digunakan oleh pemerintah untuk menghasilkan data produksi maupun kemajuan panen suatu daerah. Hal ini terjadi di negara maju seperti Eropa dan juga di AS, sehingga Departemen Pertanian Amerika Serikat mampu mengeluarkan data mingguan dari produksi pertaniannya selama musim panen.

Perkembangan lebih lanjut, semua peralatan pertanian baik traktor, *tillers*, *planter* maupun *combine harvesters* terhubung ke dalam suatu sistem sehingga proses penanaman hingga panen menjadi terintegrasi. Dengan berkembangnya informasi mengenai cuaca, database produksi, sensor dan analisa kesuburan lahan, sistem irigasi, termasuk data bibit tanaman, maka pertanian 4.0 mulai dijalankan menggunakan data yang besar (*big data*), sensor, “*precision farming*”, termasuk bioteknologi yang menghasilkan bibit tanaman yang cocok digunakan dalam suatu lahan (Hammes 2019)

Dengan berkembangnya IoT (*Internet of Things*) maka revolusi industri 4.0 juga akan merambah ke sektor pertanian terutama yang sudah menjalankan pertanian bersifat industri dan modern. Menurut De Clercq dkk. (2017), dengan berkembangnya *Precision Farming*, maka produksi dan efisiensi akan meningkat dan pertanian akan terkoneksi satu dengan yang lainnya. Diperkirakan pada tahun 2020, ada 75 juta alat (*device*) yang digunakan dalam pertanian modern, dan pada tahun 2050 setiap lahan pertanian akan menghasilkan 4,1 juta data setiap harinya, meningkat jauh dari 190.000 data pada tahun 2014.

Beberapa teknologi yang mulai diterapkan di lapangan dalam sektor pertanian adalah sebagai berikut:

1. IoT (*Internet of Things*): akan terjadi transformasi digital sehingga data yang diperoleh dari berbagai sensor akan dianalisis dengan kecerdasan buatan (AI) sehingga membantu manusia untuk menghasilkan produk pertanian yang lebih tinggi dan efisien. Perusahaan IBM Watson sudah mengerjakan hal ini dan akan terus berkembang di masa mendatang.
2. Otomatisasi untuk meningkatkan kemampuan pekerja. Menurunnya jumlah petani di pedesaan akibat urbanisasi mendorong berkembangnya otomatisasi untuk mengurangi beban kerja petani. Operasi pertanian dapat dikerjakan dengan “remote”, proses dapat dikerjakan secara otomatis, resiko dapat dikurangi karena sudah diperkirakan sebelumnya dan petani harus mengetahui teknologi dan mampu menerapkannya.
3. Pertanian dikerjakan berdasarkan data: ketika informasi mengenai cuaca tersedia, jenis bibit yang akan ditanam tersedia, kondisi tanah diketahui, data produksi sebelumnya diketahui, bahkan situasi pasar dan harga hasil pertanian tersedia maka petani dapat menentukan pilihan dan pertanian apa yang akan dilakukan.
4. “Chatbots”: tempat bertanya, seperti dalam perdagangan online petani juga dapat menggunakan fasilitas yang tersedia di internet untuk bertanya dan mendapatkan saran dalam memecahkan masalahnya di lapangan. Beberapa perusahaan menyediakan layanan ketika menggunakan suatu teknologi atau input produksi. Malahan ada laporan yang mengatakan bahwa perusahaan traktor dapat memonitor penampilan traktornya yang digunakan di lapangan karena masing-masing traktor sudah mempunyai sensor yang akan mengirimkan data ke perusahaan traktor tersebut.
5. Penggunaan “drone”: teknologi ini sudah lama dikenal tidak hanya untuk memotret dari atas, tetapi juga diperlengkapi dengan berbagai kemampuan yang memudahkan perkerjaan petani seperti

- a. Analisa kesuburan lahan di lapangan untuk penentuan jenis bibit yang akan ditanam dan mendapatkan data untuk irigasi dan pemupukan,
- b. Mengurangi biaya penanaman dengan menentukan biji dan kebutuhan pupuk untuk tanaman,
- c. Drone juga mengoptimalkan penyemprotan agar lebih merata dan cepat,
- d. memonitor perkembangan tanaman sehingga dapat dikelola lebih efisien,
- e. Mengatur pengairan karena dapat menetukan daerah mana yang kekeringan,
- f. Menilai kesehatan tanaman apakah terserang hama atau penyakit.

Jadi pada dasarnya penggunaan teknologi industri 4.0 ditujukan untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan efisiensi dan memudahkan petani dalam pengelolaan tanaman. Diperkirakan bahwa industri 4.0 akan diadopsi dengan cepat oleh petani di negara maju karena dukungan pemerintah, tersedianya infrastruktur yang memadai baik dari internet, pengolahan data atau permesinan termasuk sensor yang dipakai di dalamnya. Tenaga kerja muda juga akan menggantikan tenaga yang sudah berumur yang lambat mengadopsi teknologi.

Dalam revolusi industri 4.0, penerapan teknologi juga akan memberikan kesempatan dalam manajemen rantai pasok untuk meningkatkan efisiensi dan kontrol selama proses produksi. Teknologi maju dan sederhana sudah mulai diterapkan seperti *Bluetooth*, *GPS (Global Positioning System)*, atau *RFID (Radio Frequency Identification)*, dikombinasikan dengan sistem komunikasi antara petani (*operator*) dengan mesin-mesin pertanian yang diperlengkapi dengan peralatan canggih sehingga dapat mengoptimalkan seluruh rantai pasok dalam produksi pertanian (Zambon *et. al* 2019).

Beberapa ulasan yang menarik mengenai industri 4.0 dan penerapannya pada sektor pertanian dikemukakan dalam tulisan dari FAO dan yang bekerjasama dengan *International Telecommunication Union (ITU)*, seperti

FAO-ITU (2016) mengenai Strategi e-Pertanian untuk Asia Pacific, FAO-ITU (2017) bagaimana e-Pertanian yang diterapkan termasuk contohnya di China. FAO-ITU (2018) mengenai pemakaian drone dalam sektor pertanian dan ITU (2018) mengenai penilaian ekonomi penggunaan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dan berbagai tulisan mengenai pertanian di Era Industri 4.0 diperkirakan akan bermunculan di masa mendatang.

Bagaimana dengan Peternakan

Tidak hanya di sub-sektor tanaman pangan seperti jagung, kedele, gandum, padi dsb, penerapan industri 4.0 juga sudah merambah ke subsektor peternakan di luar negeri. Beberapa kasus telah dilaporkan baik yang di berbagai seminar maupun investasi yang sudah berjalan.

Peternakan sapi perah

Salah satu kendala dalam peternakan sapi perah adalah kebutuhan tenaga untuk memerah sapi setiap hari, padahal jumlah tenaga kerja makin sedikit dan biaya tenaga kerja menjadi mahal. Oleh karena itu berbagai upaya dikerjakan untuk memecahkan masalah ini dan penggunaan robot merupakan teknologi yang dikembangkan. Robot dengan sensornya mampu memerah sapi sehingga pemerasan tidak memerlukan tenaga lagi. Pemerasan dengan mesin masih memerlukan tenaga untuk memasukkan mesin pemeras ke dalam puting susu, tetapi penggunaan sensor dengan robotnya memungkinkan pemerasan susu sapi tanpa orang. Penggunaan sensor juga memungkinkan peternakan sapi perah dengan populasi 200 ekor dapat dikerjakan oleh 1 orang.

Teknologi yang berkembang juga terjadi untuk memonitor kondisi sapi. Penggunaan sensor yang ditempelkan di telinga sapi dapat memonitor kondisi ruminansi sapi, konsumsi sapi, keadaan tingkah laku sapi sehingga mendeteksi dini akan adanya sapi sakit dan juga menentukan apakah sapi birahi sehingga memudahkan melakukan inseminasi. Petugas inseminasi tidak perlu menunggu dan memeriksa di kandang terus menerus untuk memonitor birahi sapi, tetapi hasil dari sensor

yang dipasang dapat memberi sinyal yang ditangkap oleh internet dan memberikan informasi pada manager farm yang bertugas. Petugas dapat memonitor semua individu sapi yang dipelihara.

Penggunaan sensor juga dapat menentukan jumlah pakan yang diberikan pada sapi yang disesuaikan dengan jumlah produksi susu, sehingga pakan yang diberikan sesuai dengan kebutuhan sapi, tidak kelebihan atau kekurangan. Sapi yang baru keluar dari mesin pemerasan harus diberi pakan dalam jumlah gizi yang disesuaikan dengan produksi dan kualitas susunya. Karena produksi setiap individu sapi berbeda maka jumlah dan kualitas pakan juga harus disesuaikan dalam rangka efisiensi. Apabila dalam suatu farm terdapat ribuan ekor sapi maka dapat diperkirakan jumlah data yang harus dikumpulkan setiap harinya.

Belum ada data lingkungan baik kelembaban maupun suhu dan kecepatan angin yang dapat berpengaruh terhadap produksi susu. Kesemua data ini memerlukan analisis dan *big data* analisis memegang peranan peting dalam peternakan ini.

Peternakan ayam petelur

Baru-baru ini, penulis mendapatkan informasi dari rekan di China (Dr. R. Han, komunikasi pribadi) yang melaporkan tentang sebuah investasi baru pada peternakan petelur di China dengan total populasi 3 juta ekor yang dipelihara dalam 17 kandang tertutup dengan kontrol lingkungan. Lingkungan dalam kandang dapat dikontrol baik suhu, kelembaban, kecepatan angin dan juga dapat memonitor kandungan CO₂ atau O₂, sehingga ketersediaan udara segar akan selalu tersedia untuk ayam. Peternakan ini juga diperlengkapi dengan pabrik pakan yang dapat membuat berbagai formula pakan untuk setiap kandang.

Di dalam kandang pemeliharaan, robot digunakan untuk memonitor kondisi ayam, sehingga robot dapat menunjukkan ayam mana yang tidak makan atau sakit atau ada kendala. Penggunaan buruh untuk memonitor kondisi ayam dalam kandang yang berisi 175.000 ekor ayam akan sulit dilakukan, tetapi penggunaan robot akan memecahkan kesulitan ini karena robot dapat bekerja tanpa henti dalam 24 jam setiap harinya.

Disamping dalam kandang, robot juga digunakan untuk melakukan pengepakan telur untuk dimasukkan dalam karton sehingga hasil produksi telur dapat langsung dikirimkan ke pelanggan. Telur yang dihasilkanpun dapat di klasifikasikan dalam beberapa grade dan “traceability” juga dapat dikerjakan untuk menentukan telur diproduksi dari kandang mana, makanannya apa, bahan bakunya apa dan bahan-bahan lainnya.

Sistim peternakan broiler dengan konsep “Precision Livestock Farming”

Baru-baru ini dalam suatu Expo di Bangkok, suatu perusahaan menceritakan perkembangan bisnisnya yang awalnya berurusan dengan bahan pakan dan sekarang berkembang kepada sistim pemeliharaan ayam secara terpadu dan mengenalkan “*Precision Livestock Farming*”. Sistim ini menerapkan berbagai sensor untuk memonitor iklim mikro dalam kandang, kesehatan dan pertumbuhan ternak juga terus-menerus dimonitor.

Dengan teknologi simulasi untuk kesehatan saluran pencernaan yang mengukur kecernaan pakan, kekebalan yang dibentuk dalam usus dan mikroflora yang ada di dalamnya maka teknologi ini dapat memberikan rekomendasi mengenai penambahan imbuhan pakan dan juga kandungan gizi yang diperlukan untuk mencapai pertumbuhan ternak yang optimal.

Teknologi pengukuran kualitas bahan baku pakan secara digital juga membantu agar zat gizi yang ada dalam ransum dapat disesuaikan dengan kondisi ternak. Data yang begitu banyak dikumpulkan secara terintegrasi dan dianalisis setiap hari misalnya dengan IBM Watson. Penggunaan teknologi ini sudah barang tentu akan meningkatkan ketelitian pemeliharaan ternak (*Precision Livestock Farming*) dalam meningkatkan efisiensi dan keterbukaan data.

Menurut Theo (2019), *Precision livestock farming* menggunakan berbagai komponen teknologi seperti “*microfluidics*”, “*sound analysers*”, “*image-detection techniques*”, “*sweat and saliva sensing*”, “*serodiagnosis*” dan

sebagainya dengan tujuan untuk mengoptimalkan produksi ternak. Bebagai “Biosensor” digunakan juga untuk menentukan kesehatan ternak secara “in time”. Berbagai jenis teknologi baru seperti “tracking collars” dan “electronic saddles” digunakan tidak hanya pada ternak, tetapi juga pada hewan kesayangan atau hewan pada umumnya agar dapat memonitor kesehatan hewan.

Dengan bantuan sensor dan mikrofon bergerak berbasis IoT, maka peternak dapat memonitor kesehatan ternak melalui telepon pintar (HP). Sistem produksi ternak secara pintar (*smart*), pemberian pakan yang optimal dan termasuk kesejahteraan hewan (*welfare*) akan membantu mengurangi dampak dari peternakan terhadap pemakaian sumber daya dan juga untuk kesejahteraan hewan (Theo 2019).

“Digital Farming of Chicken”

Perusahaan lain dari Eropa mengenalkan “*Digital Farming of Chicken*” dimana pemeliharaan ayam menggunakan berbagai sensor untuk mendapatkan berbagai data dalam pemeliharaan seperti berat ayam, pertumbuhan harian ayam, konsumsi pakan dan konversi pakan, konsumsi air minum, kematian, iklim dalam kandang, penyinaran kandang dan penggunaan tenaga listrik di dalamnya.

Dengan pengolahan data yang dikumpulkan maka sistem dapat memberi rekomendasi mengenai kondisi lingkungan yang akan mempengaruhi ternak, tanda-tanda kejadian penyakit, membandingkan pemeliharaan diantara kandang yang pada akhirnya mampu meningkatkan penampilan produksi ayam dan efisiensinya seperti pertumbuhan ayam, efisiensi penggunaan pakan, kehilangan dan mengurangi pekerjaan dalam kandang.

Meskipun teknologi ini belum menggunakan teknologi *drone*, tetapi sistem yang ada mampu menghasilkan data secara *online* and *in time* sehingga keputusan dapat diambil secepatnya ketika terjadi masalah atau bahkan mencegah sebelum masalah terjadi.

Industri Peternakan saat ini

Untuk menganalisis kesiapan peternakan Indonesia menghadapi Era Industri 4.0 maka ada baiknya jika mengulas kondisi peternakan Indonesia saat ini.

Komoditi

Ditinjau dari jenis ternak yang banyak dipelihara di Indonesia, dapat dikelompokkan ke peternakan Ruminansia dan Non Ruminansia. Peternakan ruminansia juga dibagi 2 kelompok lagi yaitu ruminansia besar dan ruminansia kecil. Ruminansia besar mencakup sapi perah, sapi pedaging, kerbau dan kuda, sedangkan ruminansia kecil mencakup kambing dan domba. Untuk kelompok non ruminansia maka dapat dibagi ke dalam babi, unggas dan aneka ternak (kelinci); dalam kelompok unggas bisa ditemukan ayam ras (pedaging dan petelur), ayam bukan ras (lokal), itik dan puyuh.

Apabila peternakan Indonesia dikelompokkan ke dalam penggunaan teknologinya sampai saat ini maka peternakan dapat dibagi menjadi peternakan tradisional yang bersifat subsisten, peternakan maju yang menerapkan beberapa teknologi dan peternakan modern.

Peternakan subsisten

Peternakan tradisional atau bersifat subsisten masih banyak dijumpai di Indonesia. Peternakan tradisional masih mengandalkan sumber daya alam dan ternak dipelihara dalam jumlah kecil (beberapa ekor) dengan tujuan utama bukan mencari produktivitas yang tinggi tetapi pemeliharaan ternak karena alasan sosial atau sumber tenaga kerja/pupuk.

Peternakan yang masuk dalam kelompok ini adalah yang memelihara sapi atau kerbau 1-3 ekor atau kambing/domba beberapa ekor, babi lokal beberapa ekor juga ayam lokal atau entog. Peternakan yang demikian

banyak dijumpai di desa dan alasan utama memelihara ternak adalah sebagai tabungan dan ternak akan dijual ketika membutuhkan uang tunai.

Pemeliharaan ternak masih dilakukan di pekarangan atau tegalan umum dan jenis ternak bukan yang hasil seleksi tetapi ternak lokal yang dipelihara turun temurun. Pemeliharaan ternak seperti ini tidak termasuk dalam kelas industri bahkan industri 1.0 pun tidak, karena industri 1.0 masih menerapkan mekanisasi dan tidak mengandalkan pada tenaga manusia.

Peternakan maju

Peternakan maju biasanya sudah diusahakan secara komersil dan dengan skala ekonomi yang cukup besar. Di Indonesia peternakan maju umumnya dikerjakan untuk peternak unggas modern terutama ayam ras pedaging (*broiler*) dan petelur (*layer*). Skala pemeliharaan ayam pedaging bervariasi dari 3000 sampai ratusan ribu ekor dalam satu lokasi sedangkan ayam petelur dikerjakan juga secara intensif dengan populasi yang cukup tinggi.

Beberapa peternak ayam petelur memelihara beberapa puluh ribu ekor sampai di atas satu juta ekor. Semua teknologi peternakan baik dari segi bibit sudah menggunakan bibit yang ada di dunia (tidak diusahakan sendiri), pemberian pakan yang sudah diformulasikan dengan harga terendah dengan menggunakan bahan baku pakan yang terkontrol dari segi mutunya, pemeliharaan ayam sudah menerapkan cara-cara yang maju dengan memperhatikan kondisi kandang, lokasi, juga pemeliharaan yang sesuai dengan rekomendasi yang disarankan oleh perusahaan pembibitan maupun perusahaan obat hewan atau pakan.

Pengendalian penyakit sudah dijalankan dengan vaksinasi dan juga obat-obatan sehingga ternak dipelihara dalam kondisi prima untuk menghasilkan baik daging maupun telur. Peternakan maju juga dijumpai pada peternakan babi modern dan peternakan sapi besar baik sapi penggemukan maupun sapi perah.

Peternakan modern

Untuk menerapkan teknologi digital maka peternakan harus beralih tidak hanya menjadi peternakan maju tetapi sudah menjadi peternakan modern. Peternakan modern sudah menerapkan teknologi pengendalian iklim mikro dalam kandang. Oleh karena itu, pemeliharaan ternak dalam kandang tertutup dan pengaturan ventilasi dalam kandang merupakan suatu keniscayaan. Sistem pemberian pakan dan minum juga sudah dilakukan secara otomatis.

Penggunaan IoT dilaporkan juga mulai diterapkan oleh perusahaan unggas di Indonesia (PT Sierad Produce) dan bekerjasama dengan perusahaan telepon dengan internet providernya (XL Axiata melalui XL Business Solution) dengan nama "*Smart Poultry*". Seperti halnya dilaporkan di luar negeri, perusahaan penyedia internet juga menyediakan berbagai teknologi untuk memonitor secara *real time* mengenai kondisi ayam yang dipelihara baik dari ketersediaan pakan, air minum, pertumbuhan ayam, kematian.

Disamping itu IoT juga mampu memonitor kondisi lingkungan seperti suhu kandang, kelembaban, NH₃, kecepatan angin dan intensitas cahaya. Pengendalian otomatis terhadap berbagai peralatan dari jarak jauh secara terintegrasi. Fitur lainnya adalah kemampuan memberikan isarat atau notifikasi bilamana terjadi penyimpangan dari standar lingkungan kandang. Data yang terkumpulkan dapat dianalisis dan memberi petunjuk atas produktivitas ternak.

Diharapkan dengan penerapan IoT dalam pemeliharaan ayam, maka penampilan produksi dan efisiensi produksi ayam dapat ditingkatkan dan mengurangi tenaga manusia. Pengurangan tenaga manusia seringkali kurang dikehendaki di Indonesia yang masih membutuhkan banyak lapangan kerja. Tetapi di sisi lain, pengurangan tenaga manusia dan diganti dengan alat (robot) juga akan mengurangi kemungkinan kontaminasi penyakit dan kesalahan manusia dan alat dapat bekerja dengan kecil kesalahan dan dalam waktu yang tidak terbatas (24 jam terus menerus).

Tahapan menuju Era Industri 4.0

Pada dasarnya untuk mencapai industri 4.0 maka pertanian termasuk peternakan di dalamnya harus mengalami perubahan lebih dahulu mengikuti tahapan revolusi industri dari mulai 1.0 sampai ke tahap 4.0. Manakala peternakan masih dilakukan secara subsisten dengan tenaga manusia dengan alasan pemeliharaan ternak untuk tabungan atau tidak dikerjakan secara intensif maka peternakan demikian harus berubah dahulu menjadi peternakan yang bersifat industri.

Dalam usaha yang bersifat industri maka usaha peternakan merupakan agregat dimana efisiensi merupakan pertimbangan utama. Apabila peternakan sudah dilakukan dengan pola/sistim industri maka peternakan mulai memikirkan untuk mengganti tenaga manusia dengan tenaga mesin. Jadi untuk mencapai industri 1.0 saja, usaha peternakan yang subsisten harus terlebih dahulu berubah menjadi peternakan berpoli industri. Setelah menjalankan industri 1.0 maka tahap berikutnya akan dapat melakukan industri 2.0 dan seterusnya sampai industri 4.0 yang lagi popular saat ini.

Pertanyaannya apakah usaha peternakan dapat loncat ke industri 4.0 tanpa melalui tahapan 1.0; 2.0; 3.0 tersebut?. Hal ini, tentu saja dapat dilakukan langsung dengan usaha baru. Misalnya membuat industri peternakan yang baru secara total dan semua komponen atau karakteristik industri 4.0 diterapkan. Hal ini sulit diterapkan atau dikerjakan di Indonesia karena umumnya peternakan di Indonesia berkembang dari peternakan yang tradisional.

Untuk mencapai industri 4.0 diperlukan pembelajaran dan perubahan secara bertahap. Tetapi bukan berarti industri 4.0 tidak mungkin diterapkan di Indonesia, revolusi industri peternakan dapat berjalan dengan cepat karena teknologinya dapat dibeli atau diperoleh dari luar negeri. Indonesia dapat mengadopsinya atau membeli teknologi tersebut tanpa harus melakukan penelitian dan pengembangan sendiri karena apabila ingin menciptakan teknologi sendiri mungkin perlu waktu yang lebih lama untuk mencapainya. Penelitian sendiri dapat dilakukan setelah adopsi teknologi dan mengembangkannya sesuai dengan kebutuhan lokal.

Diantara peternakan maju yang ada di Indonesia, kelihatannya yang pertama kali menggunakan sistem industri 4.0 adalah peternakan unggas modern seperti yang dikemukakan di atas. Diharapkan teknologi dalam industri 4.0 akan banyak diterapkan pada perusahaan unggas modern lainnya. Diperkirakan peternakan sapi perah mungkin dapat memulai menerapkan sistem industri 4.0 mengikuti peternakan ayam.

Pandangan ke Depan

Industri 4.0 akan terjadi di berbagai sektor di Indonesia termasuk juga dalam subsektor peternakan. Industri 4.0 akan diadopsi terlebih dahulu pada bidang-bidang yang bersifat manufaktur atau sifatnya sudah industri. Di dalam sektor pertanian, mungkin perusahaan yang sudah skala industri dan besar seperti perusahaan perkebunan (sawit, gula, kopi dsb) akan mampu menerapkan teknologi yang bersifat industri 4.0. Akan tetapi untuk pertanian yang skala kecil seperti tanaman pangan atau hortikultura yang dikelola oleh petani, akan sulit untuk menerapkan industri 4.0 dalam waktu dekat.

Perkebunan besar dengan kemampuan finansial dan sumber daya manusia dapat membeli teknologi yang berkembang di dunia dan menerapkan dalam usahanya. Penggunaan *drone* untuk memetakan perkebunan, penggunaan traktor dengan sistem GPS dan *big data*, dapat diterapkan di lapangan. Pengalaman penanaman jagung dan kedele oleh petani Amerika Serikat dapat dengan mudah diterapkan oleh perusahaan perkebunan besar. Meskipun demikian, Indonesia masih menghadapi kendala untuk menerapkan industri 4.0 manakala infrastruktur belum memadai. Misalnya apakah analisis kesuburan lahan sudah dipetakan dengan ketelitian yang mencapai 10 meter bahkan di bawah 1 meter area.

Bagaimana dengan kemampuan *Global Positioning System* (GPS) di areal perkebunan, apakah traktor untuk mengolah lahan juga tersedia dengan GPS-nya?, bagaimana dengan pengelolaan data yang dikumpulkan, apakah Kementerian Pertanian mempunyai kemampuan dan prasarana yang memadai?. Ketika hasil perkebunan diolah dalam pabrik apakah otomatisasi dapat dikerjakan, apakah *traceability* dapat dimonitor,

apakah robot sudah bisa digunakan dengan sensornya, apakah sumber daya manusia sudah siap melaksanakan. Jangan-jangan kendala sosial akan terjadi karena jumlah buruh yang kerja akan dipengaruhi.

Kalau melihat permasalahan diatas yang masih harus diselesaikan oleh industri perkebunan, maka akan sulit menerapkan industri 4.0 di pertanian di subsektor tanaman pangan dan juga di hortikultura, yang dikelola petani individu dengan kepemilikan lahan yang kecil. Untuk mencapai industri 4.0, diperlukan suatu tahapan melalui industri 1.0 dulu terus 2.0 dan 3.0.

Untuk industri 1.0 yang merubah tenaga manusia ke mesin saja membutuhkan suatu proses yang lama. Penggunaan traktor tangan dari sistem cangkul manual membutuhkan suatu proses puluhan tahun dan inipun berubah karena keterbatasan buruh tani yang mau bekerja di sektor pertanian. Menurut pendapat saya, penerapan industri 4.0 pada sektor pertanian dengan kepemilikan lahan yang kecil akan sulit dilakukan. Perlu ada suatu transformasi dari pertanian tradisionil ke pertanian modern dengan kepemilikan lahan yang luas. Sebagai contoh penggunaan drone di Amerika Serikat saja baru dikerjakan pada lahan pertanian yang luas (>1000 ha) dan tidak dikerjakan pada lahan pertanian yang relatif lebih kecil seperti 175 ha (sebagai rataan kepemilikan lahan pertanian di AS). Akan tetapi pengolahan lahan dengan traktor yang diperlengkapi dengan GPS hampir seluruhnya dikerjakan di AS, meskipun bagi petani kecil dilakukan dengan menyewa traktor dari orang lain. Untuk menerapkan pertanian modern dibutuhkan investasi yang besar, apalagi untuk menerapkan sistem industri 4.0.

Konsekuensi yang perlu dilakukan oleh petani kecil di Indonesia adalah konsolidasi lahan pertanian dan mulai menerapkan industri 1.0 dulu sebelum mencapai industri 4.0. Hal ini membutuhkan "*political will*" yang kuat dari pemerintah dan tidak mudah untuk dilakukan.

Berlainan dengan subsektor pertanian tanaman pangan, subsektor peternakan mungkin dapat bertansformasi menuju industri 4.0. Meskipun demikian bagi peternak kecil, apalagi yang bersifat subsisten, akan sulit bertansformasi ke industri 4.0. Hanya industri peternakan yang berskala besar dan maju akan mampu bertansformasi ke industri 4.0.

Untuk Indonsesia, peternakan demikian hanya terlihat pada peternakan unggas besar dan terintegrasi terutama ayam modern baik broiler maupun layer. Industri peternakan demikian akan mampu mengontrol seluruh lini bisnisnya mulai dari hulu sampai ke hilir. Penerapan teknologi untuk industri 4.0 pun tidak serta merta terjadi, tetapi beberapa teknologi dapat diterapkan dalam rantai pasok yang ada.

Sebagai contoh *Precision Farming* dapat diterapkan dalam pemeliharaan ayam dengan memonitor semua parameter pertumbuhan dan lingkungan dimana ayam tumbuh. Sistem robotik telah diterapkan dalam pengepakan telur sehingga telur siap dikirim ke pelanggan. Big data dapat dikerjakan untuk memonitor biaya produksi dari awal *input* produksi sampai ke konsumen dan dengan *traceability* untuk membuktikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standard yang diterapkan.

Industri peternakan sapi perah juga dapat mengadopsi teknologi untuk mencapai industri 4.0 dari luar negeri. Telah banyak dilaporkan pemeliharaan sapi perah dengan menggunakan sensor yang dipasang di kaki atau di telinga ternak dan data yang dikeluarkan secara online dapat dikirimkan lewat internet dan manager peternakan dapat memonitor kondisi individu sapi.

Sebagai contoh program *Cow Manager* mampu mendeteksi kemampuan ruminasi individu sapi, atau sapi mengalami kelainan atau mendeteksi birahi sehingga secara tepat melakukan inseminasi sperma. Data individu sapi yang dikumpulkan dapat dikirim dengan internet dan manager peternakan akan dapat memonitornya dalam gadgetnya. Pemerahan sapi perah juga sudah dilakukan dengan robot dan sensornya sehingga sapi yang akan diperah akan datang sendiri ke tempat pemerahan, dan diperah dengan mesin robot dan setelah pemerahan, sapi akan kembali ke tempat pakan dengan sendirinya dan menerima pakan sesuai dengan kebutuhannya.

Karena pemerahan dilakukan oleh mesin dan hasil susu juga diolah dalam pabrik yang terkontrol maka seluruh data dalam rantai pasok akan diperoleh dengan mudah dan dapat digunakan untuk mengambil

keputusan bisnis. Di Indonesia, mungkin saat ini baru ada 2 perusahaan yang siap menerapkan beberapa teknologi yang mengarah ke industri 4.0.

Beberapa perusahaan susu baru mungkin juga akan berkembang ke arah industri 4.0. Teknologi seperti ini tidak mungkin diterapkan pada peternakan sapi rakyat dengan kepemilikan sapi hanya 3-10 ekor dan dikelola secara manual oleh peternaknya. Seperti dikemukakan sebelumnya, untuk peternak skala kecil perlu bertransformasi menjadi peternak bersifat industri dengan skala usaha yang lebih besar.

Transformasi menjadi peternakan sapi dalam koperasi yang dikelola secara modern akan mampu menerapkan teknologi maju. Indonesia dapat belajar dari koperasi susu yang berkembang di negara lain seperti Belanda, Perancis, Inggris dsb. Konsekuensinya akan terjadi konsolidasi usaha menjadi peternakan skala besar dan modern tetapi dimiliki dalam koperasi.

Peternakan lain yang mampu bertransformasi menjadi industri 4.0 adalah peternakan sapi penggemukan dan terintegrasi dalam menghasilkan produk ternak yang memenuhi kebutuhan konsumen. Demikian pula peternakan babi (misalnya yang berada di pulau Bulan) akan mampu menerapkan beberapa teknologi yang mengarah ke industri 4.0.

Kalau diperhatikan secara seksama, maka industri 4.0 dapat diterapkan kepada peternakan besar dan terintegrasi secara vertikal. Peternakan demikian akan mampu melakukan efisiensi di segala lini produksinya dan harus berskala besar (*economic of scale*).

Keseluruhan usaha adalah dalam memenuhi kebutuhan konsumen yang menuntut sehat, aman, utuh dan terbuktikan dengan sertifikasi sistem yang ada. Untuk mencapai industri 4.0 maka industri 3.0 yang mensyaratkan otomatisasi harus dilalui dan untuk mencapai ini diperlukan mesin, listrik dan "*mass production*".

Oleh karena itu, saat ini belum ada industri peternakan di Indonesia yang sudah mampu menerapkan revolusi industri 4.0 dengan berbagai karakteristiknya. Beberapa industri peternakan ayam skala besar juga

belum mampu menerapkan industri 4.0. mereka mungkin mampu menerapkan beberapa teknologi yang bersifat 4.0 dalam sistem produksinya tetapi inipun hanya sebagian kecil dari sistem rantai pasok yang ada misalnya penggunaan robot dalam menyusun karung pakan dalam suatu pallet. Beberapa peternakan sapi perah modern mungkin sudah menggunakan sensor untuk mendeteksi kesehatan atau saat birahinya sapi dan datanya diperoleh dapat dikirimkan dengan internet. Teknologi demikian juga hanya bagian kecil dalam sistem produksi susu sapi perah.

Menurut laporan Kementerian Perindustrian, maka industri di Indonesia yang kemungkinan dapat secara cepat menerapkan sistem industri 4.0 adalah industri otomotif dan industri makanan minuman. Penyedia solusi industrial *Internet of things* (IoT) asal Amerika Serikat yang ada di Indonesia, Rockwell Automation, menyatakan bahwa saat ini implementasi industri 4.0 paling maju dilakukan oleh sektor industri pertambangan dan otomotif, khususnya industri ban, sedangkan Kementerian Perindustrian mendorong penerapan pada 5 industri unggulan yaitu kimia, otomotif, makanan minuman, tekstil produk tekstil (PTP) dan elektronika. Diharapkan penerapan industri 4.0 akan mempercepat perkembangan industri tersebut (Arief 2019).

Didasarkan atas perkembangan industri 4.0 maka sektor pertanian Indonesia akan masih jauh untuk dapat menerapkan industri 4.0. Pertanian Indonesia masih akan terus berputar dengan tradisionilnya dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat dan mencari substitusi pengganti sumber pangan impor.

Pertanian Indonesia masih didominasi petani skala kecil, bahkan gurem maka jangankan mencapai industri 4.0, industri 1.0 pun masih harus dilalui terlebih dahulu. Kementerian Pertanian masih mencoba apa yang dikatakan industri 4.0, tetapi hal ini masih dalam hal "kulitnya" belum menyentuh inti dari industri 4.0. Misalnya penerapan teknologi finansial (Tekfin) dalam meembantu pemasaran produk pertanian dengan internet, hal ini masih belum menyentuh inti dari industri 4.0.

Menurut Eryatno dkk. 2019, untuk dapat melangkah ke arah industri 4.0, maka diperlukan suatu pemikiran yang bersifat sistim, dimana orang berfikir secara menyeluruh (*holistic*) dan mampu mengaitkan antar suatu elemen dengan elemen lain dalam rangka mencapai tujuan. Ilmu berbagai bidang harus dipadukan dalam suatu sistim sebelum melangkah ke industri 4.0.

Baru-baru ini Haryono (2019) dalam suatu Rapat Kerja di Malang dengan Badan Litbang Pertanian mengemukakan pemetaaan kondisi pembangunan pertanian di seluruh propinsi di Indonesia ditinjau dari revolusi industri. Umumnya propinsi di Indonesia sebagian besar masih dalam kawasan tertinggal (40%) yang masih berkutat di revolusi industri 1.0 dan kawasan potensial pendukung sebanyak 50% masih dalam Industri 2.0. Hanya 10% yang berada di kawasan dengan industri 3.0 dan hanya Kawasan ini yang memungkinkan berkembang menjadi industri 4.0, apabila tahan revolusi indutri harus dilalui.

Rekomendasi Kebijakan

1. Industri 4.0 menjadi pembicaraan hangat di masyarakat terutama di kalangan pemerintah dan pengamat. Kadang-kadang pejabat pemerintah langsung ingin menerapkan revolusi industri 4.0 ini tanpa menganalisisnya terlebih dahulu, bahkan beberapa pejabat berbicara mengenai industri 4.0 tanpa mempelajari terlebih dahulu bagaimana revolusi industri berkembang dari 1.0 sampai mencapai 4.0.

Ada baiknya jika sektor pertanian dan beberapa sub-sektor dibawahnya mempelajari dulu kenyataan yang ada di lapangan. Dalam pelaksanaannya, hanya subsektor yang sudah bersifat industri yang akan mampu menerapkan revolusi industri dan tahapannya pun akan melalui 1.0 sebelum akhirnya 4.0, meskipun bisa saja melompat tanpa mengalami proses tahapan.

2. Untuk subsektor peternakan, maka hanya usaha peternakan yang berskala industri yang didorong untuk mulai mengadopsi teknologi yang berkembang dan sudah diadopsi dalam peternakan di negara

lain. Penerapan teknologi maju pun harus dilakukan secara betahap sesuai dengan kebutuhan industrinya dan tujuan akhirnya adalah untuk meningkatkan efisiensi sehingga mempunyai daya saing dengan perusahaan lain baik di Indonesia maupun di luar negeri. Industri peternakan harus melihat industri secara integral dari hulu ke hilir dan melihat rantai pasok yang ada dalam rangka memenuhi permintaan konsumen. Industri peternakan tidak dianjurkan menjadikan usaha “terfragmentasi” sehingga setiap rantai pasok menjadi perusahaan tersendiri untuk mencari keuntungan.

Dengan pendekatan secara terintegrasi, maka perusahaan harus meningkatkan efisiensi dalam mengurangi biaya untuk menghasilkan produk. Peternak kecil atau mandiri harus mengalami transformasi menjadi peternakan bersifat industri dan kemudian mengalami proses revolusi dari industri 1.0 sampai mencapai industri 4.0.

Untuk peternak kecil yang sudah maju sehingga mempertimbangkan usaha peternakan sebagai skala industri maka agar dapat menerapkan teknologi industri 4.0 diperlukan bekerja sama dengan peternak serupa lainnya sehingga mampu menerapkan teknologi maju.

Kerja sama dapat dilakukan dalam bentuk kelompok atau dalam bentuk koperasi sehingga tercipta usaha peternakan yang terintegrasi. Perlu dikemukakan disini bahwa industri 4.0 banyak berkembang ketika industri menerapkan usaha mulai dari produksi sampai produk akhir diterima konsumen. Pengendalian rantai pasok (supply chain) kelihatannya merupakan prasyarat untuk menerapkan industri 4.0.

3. Untuk mengadopsi suatu teknologi yang diterapkan dalam industri 4.0, maka pelaku industri dapat membeli teknologi yang sudah berkembang tanpa menciptakan teknologi itu sendiri. Lembaga penelitian tidak perlu melakukan penelitian sendiri untuk mendapatkan teknologi karena teknologi yang digunakan untuk industri 4.0 sudah berkembang pesat di luar negeri.

Haryono (komunikasi pribadi) mengatakan dengan istilah “Open Innovation” dimana lembaga penelitian bisa bekerjasama dengan penghasil teknologi di luar negeri dan mencoba menerapkannya di Indonesia. Sebagai contoh traktor yang dikembangkan di China adalah adaptasi atau adopsi teknologi traktor yang sudah berkembang di Eropa tanpa melakukan penelitian dari awal tetapi memodifikasinya sesuai dengan kondisi yang ada di China.

Belajar dari China, Indonesia harus dengan cepat mengadopsi teknologi yang ada dan mencoba untuk menerapkannya. Penelitian dapat dilakukan sesudahnya ketika penerapan teknologi menghadapi masalah. Lembaga penelitian pemerintah terutama Badan Litbang Pertanian tidak serta merta mereformasi arah penelitiannya ketika industri 4.0 didengungkan.

Lembaga penelitian sebaiknya bekerja sama dengan industri yang akan menerapkan teknologi untuk mencapai industri 4.0 tanpa meninggalkan penelitian untuk memecahkan masalah yang terjadi di petani/peternak kecil. Bench marking dengan lembaga penelitian terkemuka di dunia mungkin dapat dilakukan sehingga dapat mengadopsi sistem bagaimana lembaga penelitian dikelola.

4. Pertumbuhan industri salah satunya ditentukan oleh sumber daya manusia atau SDM. Saat ini, di Indonesia sedang memasuki era industri baru yang ditandai dengan digitalisasi di berbagai sektor, khususnya industri pangan, yaitu era industri 4.0. Penerapan industri 4.0 rupanya tidak hanya tentang teknologi saja, tetapi juga berkaitan dengan SDM dan budaya kerja. Indonesia harus mendidik tenaga yang mempunyai kompetensi untuk mengejar ketinggalan dalam menuju industri 4.0.

Menurut Supriadi (2019), Sekretaris Jenderal Industri Agro Kementerian Perindustrian dalam pembukaan Rapat Anggota Tahunan Asosiasi Industri Pengolahan Daging Indonesia (NAMPA) di Jakarta, pada 24 Januari 2019, ada 5 kompetensi yang harus dimiliki oleh tenaga untuk mencapai industri 4.0 yaitu dalam bidang 1. Coding dan Programming 2. Mekatronika/Otomasi 3. Data Analysis and Statistic 4. Artificial Intelligence/Sensor dan 5. Softskill Flexibility

5. Infrastruktur yang mendorong terjadinya industri 4.0 harus disiapkan termasuk didalamnya ketersediaan prasarana seperti internet, listrik, produksi/perakitan mesin, penggunaan sensor dsb. Untuk mendapatkan prasarana seperti itu, Indonesia harus menyiapkannya. Belajar dari negeri Cina, maka mereka sudah memulainya lebih dari 2 dekade yang lalu.

Cina sudah mulai mengembangkan teknologi 5G padahal ketersediaan internet saja di Indonesia masih belum menjangkau berbagai pelosok di Indonesia. Berbagai sensor untuk pengukuran maupun memonitor termasuk kamera di dalamnya masih belum dapat diproduksi di Indonesia. Negara Cina saat ini mampu memasok berbagai peralatan dan sensor dalam revolusi industri 4.0 bahkan dengan berbagai manusia yang dididik jauh sebelumnya.

Daftar Pustaka

- Arief, A.M., 2019. Industri 4.0. Mamin bakal naik. Koran Binsis Indonesia 2 Mei 2019.
- Bonneau, V., B. Copigneaux, L. Probst and B. Pedersen., 2017. Industri 4.0 in Agriculture: Focus on IoT aspect. Digital Transformation Monitor, European Comission. <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/>
- Corallo, A., M. E. Latino and Ma. Menegoli, 2018. From Industri 4.0 to Agriculture 4.0: A Framework to Manage Product Data in Agri-Food Supply Chain for Voluntary Traceability. International Journal of Nutrition and Food Engineering 12(5): 126-130
- Dawkin, M.S., R. Cain and S.J. Robert, 2012. Optical flow, flock behaviour and chicken welfare. Animal Behaviour. 84 (1): 219-223.
- De Clercq, M., A. Vats, and A. Biel. 2018. Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology. World Government Summit. Report of February 2018.
- Eryatno, N. Nurhayati dan H. Pramudya, 2019. Sistem 4.0. Menjawab kejutan teknologi. Bogor (ID): Penerbit Agro Indo Mandiri.

- FAO-ITU. 2016. e-Agriculture Stategy Guide piloted in Asia-Pacific Countries. Published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union https://www.itu.int/pub/D-STR-E_AGRICULT.01-2016.
- FAO-ITU. 2017. E-AGRICULTURE IN ACTION. Published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union <http://www.fao.org/3/a-i6972e.pdf>.
- Hammes, A. 2019. U.S. Producer's commitment to Sustainable Soy Production. Proc. Layer Nutrition and Feed Technology Conference, USSEC, Malang Indonesia 24-26 June 2019.
- Haryono, M., 2019. Inovasi penelitian di era industri 4.0. Rapat kerja puslitbang komoditas Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Malang 3-5 april 2019. <http://www.litbang.pertanian.go.id>.
- <https://m.tabloidpulsa.co.id/news/38267> Canggih, Ternak Ayam Kini Bisa Pakai IoT!
- ITU. 2018. Assessing the Economic Impact of Artificial Intelligence. International telecommunication Union (ITU). ITU Trends. Issue Paper no 1. https://www.itu.int/pub/D-STR-E_AGRICULT.01-2016.
- Menteri Perindustrian. 2018. Kementerian Perindustrian Revolusi Industri 4.0. Loka Karya: Making Indonesia 4.0., Jakarta.
- Sylvester, G. (editor), FAO-ITU. 2018. E-Agriculture In Action: Drones For Agriculture. Published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union <http://www.fao.org/e-agriculture/news/new-publication-fao-itu-e-agriculture-action-drones-agriculture>.
- Theo, S. 2019. Agriculture 4.0: Agriculture and Environment Monitoring. <https://electronicsforu.com/technology-trends/tech-focus/agriculture-4-environment-monitoring>.
- Zambon, I., M. Cecchini, G. Egidi, M. G. Saporito, and A. Colantoni. 2019. Revolution 4.0: Industri vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. Review. Processes. 7(36):1-16.

Good Agricultural Practice

Sebagai Perangkat Lunak

Pertanian Maju

Sumarno

Pada tataran nasional, usaha pertanian modern yang bersifat komersial berhadapan dengan isu penting yang harus diperhatikan, yaitu: (1) kecukupan produksi untuk memenuhi kebutuhan nasional dan ekspor; (2) mutu produk yang tinggi dari aspek kesegaran, penampilan fisik, rasa, aroma, dan kandungan gizi; (3) keamanan konsumsi (*food safety*); (4) kelestarian mutu lingkungan; (5) terpeliharanya keanekaragaman hayati; (6) keberlanjutan sistem produksi; (7) keuntungan ekonomi usaha pertanian; (8) kesejahteraan dan keselamatan pekerja di lapangan; (9) pemerataan dan keadilan ekonomi masyarakat sekitar; dan (10) perlindungan hukum bagi pelaku pemasaran produk (EUREPGAP 2003).

Kesepuluh isu tersebut tidak dapat dipenuhi dari usaha pertanian tradisional yang dilaksanakan sesuai tradisi dan kebiasaan petani masing-masing, terutama apabila persyaratan tersebut diperlukan dalam bentuk dokumen resmi secara tertulis.

Diajukannya sepuluh isu tersebut terutama bertolak dari terdapatnya dampak negatif yang telah ditimbulkan oleh teknologi revolusi hijau yang menekankan pada maksimalisasi produktivitas dengan penggunaan masukan agrokimia secara liberal, yang berdampak negatif terhadap lingkungan, termasuk residu kimia pada hasil panen, dan paparan pestisida pada pekerja lapang (IRRI 2004; Grace and Harrington 2003; Retno et al. 2018).

Anjuran yang bersifat sukarela untuk mempraktekkan usaha pertanian ekologis dan produk panen yang aman konsumsi sudah sejak lama diketengahkan, namun kepatuhan pelaku produksi sangat rendah, oleh tidak adanya pinalti terhadap petani non-adaptor dan insentif terhadap pengadopsi anjuran. Segolongan masyarakat merespon isu kurang amannya kualitas pangan dengan cara memilih bahan pangan yang diproduksi secara "organik" yaitu menggunakan masukan sarana produksi yang bersifat organik (Amani Organik 2004).

Dalam kondisi sistem produksi pertanian yang sangat intensif, pertanian dengan input organik mengandung risiko kerusakan tanaman yang besar oleh gangguan hama dan penyakit, atau produktivitas yang rendah oleh terjadinya kahat hara.

Dampak positif dan negatif pertanian modern menggunakan sarana agrokimia perlu diperhatikan dan dicarikan solusi untuk kemaslahatan kehidupan manusia. Defisit produksi pangan nasional adalah hal yang nyata yang perlu dipecahkan; pada sisi lain terjadinya penurunan mutu lingkungan dan cemaran residu pestisida juga perlu dicegah. Tanpa tindakan jalan tengah secara rasional, maka akan terjadi dampak negatif yang tidak menguntungkan bagi kehidupan kemanusiaan.

Kesadaran masyarakat terhadap pentingnya produk pertanian yang aman konsumsi, diproduksi secara ramah lingkungan dan terjaminnya pekerja dalam proses produksi, mulai tumbuh sejak awal abad XXI, yang dinyatakan oleh perlunya sertifikat jaminan mutu produk yang dipasarkan (EUREPGAP 2003).

Diperlukannya persyaratan sertifikat jaminan mutu, mengharuskan petani produsen mematuhi ketentuan yang telah ditentukan dan disepakati sebagai sarana untuk diadopsinya ketentuan untuk memperoleh sertifikat jaminan mutu. Oleh karenanya proses produksi dalam pertanian modern perlu didukung oleh perangkat keras yang berupa teknologi dan faktor-faktor produksi berupa lahan, sumber pengairan, alat mesin pertanian dan sarana masukan produksi, serta didukung oleh perangkat lunak yang terdiri dari ketentuan-ketentuan baku yang harus diikuti dalam proses produksi.

Perangkat lunak dalam proses produksi tidak bertentangan dengan perangkat keras teknologi, karena perangkat lunak mengatur tata cara dan bagaimana teknologi dan faktor produksi dilaksanakan secara benar, sehingga dapat memperoleh produk panen yang aman konsumsi dan proses produksi bersifat ramah lingkungan. Dengan demikian antara anjuran teknologi dan penetapan ketentuan perangkat lunak dapat berjalan bersamaan, tidak terdapat kontradiksi antara keduanya.

Pemerintah dalam upaya mengurangi residu pestisida pada produk panen, telah membatasi banyaknya jenis pestisida yang mendapat ijin untuk digunakan melalui Instruksi Presiden No. 3 tahun 1986. Akan tetapi dari pestisida yang telah diijinkan tersebut, penggunaannya masih tetap tinggi sehingga residu pada hasil panen tetap tinggi, terutama pada komoditas sayuran dan buah semusim. Pada tanaman pangan, terutama padi, Pemerintah pada tahun 1990an telah mengenalkan teknik Pengendalian Hama Terpadu (PHT) kepada petani secara besar-besaran, namun tingkat adopsinya masih rendah dan penggunaan pestisida belum banyak berkurang.

Upaya untuk memperoleh lingkungan produksi pertanian yang ekologis dan berkelanjutan dalam proses produksi padi sawah telah dianjurkan penerapan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) sejak pertengahan taun 1990an, akan tetapi tindakan di lapangan terhadap pemeliharaan mutu lingkungan masih sangat minimal.

IRRI (2004) mengakui bahwa sebagai akibat penanaman padi secara intensif menerapkan teknologi revolusi hijau, telah berdampak negatif terhadap mutu lingkungan lahan sawah dan keanekaragaman hayati, disebabkan oleh penggunaan pupuk anorganik dosis tinggi dan aplikasi pestisida secara liberal non-diskriminatif terhadap target hama. Budidaya padi secara intensif telah mengakibatkan terjadinya degradasi lingkungan sumberdaya lahan, tanah dan air.

Penggunaan air untuk pengairan padi secara berlebihan yang berasal dari air permukaan dan air tanah, mengakibatkan salinitas tanah, yang berpengaruh buruk terhadap usaha budidaya tanaman. Penanaman padi sawah secara intensif juga berkontribusi meningkatkan emisi gas rumah

kaca, seperti metana, nitrogen dioksida (N_2O), dan karbon dioksida (CO_2), yang berdampak terhadap peningkatan suhu dan perubahan iklim global. IRRI (2004), mengidentifikasi issue keterkaitan budidaya padi sawah dengan mutu lingkungan, yang secara umum, isu tersebut juga terjadi di Indonesia, yaitu :

Kemiskinan, Kekurangan Produksi Pangan Nasional dan Lingkungan

Kemiskinan petani padi sebagai akibat sempitnya pemilikan lahan petani (di Indonesia antara 0,2-0,3 ha per keluarga petani) telah memaksa petani menanam lahan sawahnya secara terus-menerus, tanpa ada waktu istirahat (bera), sehingga terjadi deplisi hara tanah dan akumulasi serangga hama dan pathogen penyakit padi. Hal tersebut, berpengaruh negatif terhadap mutu sumberdaya lahan dan lingkungan, serta keberlanjutan produksi.

Produksi pangan nasional selama ini tidak mencukupi kebutuhan konsumsi pangan nasional, memaksa pemerintah mendorong petani melakukan “super intensifikasi”, melalui peningkatan intensitas tanam per tahun, penggunaan pupuk anorganik dosis tinggi, serta pengendalian OPT secara protektif menggunakan pestisida. Hal-hal tersebut berdampak negatif terhadap mutu lingkungan, keanekaragaman hayati lahan sawah, kesehatan pekerja usahatani padi, dan cemaran produk panen oleh residu kimia atau pestisida. Kedua kondisi tersebut, telah mengakibatkan penggunaan lahan secara “*over-exploitative*” untuk pencukupan pangan jangka pendek, sehingga mengakibatkan cekaman pada lahan, kelelahan tanah (*soil fatique*) dan penambangan hara dari dalam tanah.

Penggunaan Sarana Agrokimiawi untuk Pertanian dan Residu Kimia

Pertanian modern dalam usahatani padi sawah menggunakan sarana produksi agrokimiawi berupa pupuk dan pestisida, fungisida dan herbisida, dalam jumlah tinggi, terkait dengan target hasil panen yang tinggi, dan oleh semakin endemiknya serangan hama-penyakit.

Penggunaan agrochemical yang berlebihan, selain berdampak terhadap kekebalan dan keperiduan serangga dan pathogen, akan berdampak negatif terhadap keanekaragaman hayati (biota) lahan sawah, juga mencemari budi air, air sungai dan sumur, mempar pekerja usahatani dan ternak, serta meninggalkan residu pada produk panen. Dalam kondisi tidak terdapat pengendalian, kecenderungan dampak tersebut akan semakin besar oleh penggunaan agrokimiawi yang semakin meningkat.

Penggunaan Lahan Secara Super Intensif dan Degradasi Lahan Sawah

Penggunaan lahan secara super intensif, baik oleh petani yang relatif kaya maupun petani miskin, berakibat pada penurunan mutu dan kesuburan tanah, kerusakan fisik tanah, penyadapan air tanah secara berlebihan menggunakan pompa, peningkatan populasi hama dan penyakit, serta pemiskinan keanekaragaman hayati lahan sawah.

Walaupun kegiatan pertanian secara super intensif mampu memenuhi kebutuhan pangan bagi penduduk untuk jangka pendek, namun kegiatan tersebut berisiko terhadap ketidak-berlanjutan (non sustainabilitas) produksi padi nasional dalam jangka panjang

Kebutuhan Air Pengairan dan Kualitas Air

Di wilayah persawahan yang berdekatan dengan kota yang padat penduduk, seperti halnya lahan sawah di pulau Jawa dan Bali, dan kota-kota besar lainnya di luar pulau Jawa dan Bali, persaingan penggunaan

air untuk pengairan padi sawah, industri, perikanan pantai dan air untuk kebutuhan rumah tangga, semakin ketat. Oleh sebab terjadinya saling pengaruh dari berbagai penggunaan tersebut, maka mutu air menjadi rendah oleh berbagai cemaran zat kimia terlarut maupun benda-benda fisik yang terbawa oleh air, seperti sampah dan plastik.

Penggunaan lahan di wilayah hulu dan perbukitan yang semakin intensif, mengakibatkan rendahnya daya serap air, yang berdampak pada penurunan kapasitas sumber air dari mata air. Erosi permukaan tanah terdepositkan pada bendungan, dam air, dan waduk, sehingga terjadi pendangkalan dan pengurangan debit air. Penggunaan air tanah secara berlebihan juga mengakibatkan penurunan muka air tanah (*ground water table*). Hal-hal tersebut mengakibatkan mutu air untuk irigasi tidak sesuai dengan baku mutu air, air tidak mencukupi kebutuhan pengairan, dan bahaya banjir pada musim hujan meningkat frekuensinya.

Keanekaragaman Hayati dan Ekologi Sawah

Anjuran dan praktek penanaman varietas unggul nasional, berarti hanya satu-dua varietas mengokupasi luas areal tanam secara dominan, seperti varietas IR64 dan Ciherang pada tahun 1990-2013. Oleh penanaman varietas unggul secara luas tersebut, telah mendesak varietas lokal dan varietas unggul lain, yang berdampak pada sempitnya keanekaragaman hayati pada lahan sawah. Penanaman padi secara terus-menerus juga menghilangkan tanaman palawija dan hortikultura pada agroekologi terkait. Kondisi tersebut meningkatkan risiko ketidak-berlanjutan sistem produksi padi sawah.

Pengertian GAP

Good Agriculture Practices (GAP), belum banyak dipahami oleh insan pertanian, sering disalah-artikan sebagai Praktek Budidaya Agronomis Terbaik, yang merupakan terjemahan dari *Best Agronomic Practices*. GAP mengintegrasikan unsur *Best Practices*, akan tetapi GAP tidak sama dengan *Best Agronomic Practices*.

FAO (2003) memberikan definisi GAP sebagai berikut:

Ketentuan norma dalam budidaya tanaman, yang mempertimbangkan secara bersamaan aspek produktivitas, keuntungan ekonomi, keberlanjutan produksi lingkungan, kesejahteraan pekerja dan sosial, yang bermuara pada jaminan keamanan konsumsi pangan dan kualitas bahan pangan serta lingkungan yang lestari.

Chuampis (2011) dari Katsesar University Bangkok, memberikan definisi GAP sebagai berikut:

GAP adalah pelaksanaan produksi tanaman yang secara sistematis mencegah dan atau mengurangi risiko dari kontaminasi benda berbahaya pada bahan pangan, diperoleh dari sistem produksi yang baik, penggunaan sarana produksi secara rasional, dengan mengedepankan pemeliharaan mutu lingkungan dan keselamatan pekerja pertanian

Secara operasional GAP-Padi dapat diberi definisi sebagai berikut: (Sumarno 2014)

GAP-Padi adalah penerapan sistem sertifikasi produksi padi yang menekankan pada adopsi teknologi maju ramah lingkungan, menuju kepada produk panen aman konsumsi, sistem produksi berkelanjutan, mutu lingkungan terpelihara, keanekaragaman hayati terjaga, kesejahteraan pekerja diperhatikan, dan usahatani memberikan keuntungan ekonomi bagi petani”.

Substansi GAP-Padi terbangun dari 10 (sepuluh) komponen pendukung, yang terdiri dari: (1) Ketentuan Norma Budidaya yang Benar, berupa dokumen tertulis yang diakui dan disyahkan, dan diadopsi oleh petani, (2) Proses sertifikasi sistem produksi padi, disertai pencatatan semua proses produksi, (3) Adopsi teknologi maju ramah lingkungan, (4) Pemeliharaan mutu lingkungan, (5) Penjaminan produk panen aman konsumsi, (6) Pengupayaan sistem produksi berkelanjutan, (7) Pemeliharaan keanekaragaman hayati pada agroekologi lahan sawah, (8) Kesejahteraan pekerja lapang, (9) Diperolehnya keuntungan ekonomis bagi petani produsen, dan (10) Produk hasil panen diberi label sertifikat GAP.

Oleh karena sifat GAP yang memberikan jaminan melalui sertifikat pada produk, maka penerapan dan kinerja 10 komponen tersebut perlu ditegakkan (*enforced*) terhadap semua pemangku kepentingan, yaitu: petani produsen, pedagang gabah, pengolah hasil panen, distributor, dan konsumen.

Petani sebagai pelaku aktif utama dalam mengadopsi 10 komponen GAP tersebut, harus memperoleh insentif dan kompensasi ekonomi. Pedagang, pengolah, distributor dan konsumen, berpartisipasi aktif melalui kesadaran untuk bersedia membayar harga produk bersertifikat GAP lebih tinggi dibandingkan dengan harga produk tanpa sertifikat. *Best Agronomic Practices*, yang maknanya berbeda dari GAP, dapat didifinisikan sebagai berikut: BAP adalah “*Pilihan dan adopsi komponen teknologi terbaik disertai pengelolaan tanaman sesuai agroekologi spesifik untuk mendapatkan hasil panen optimal*”

Perbedaan lebih rinci antara GAP dengan BAP seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan Good Agricultural Practices (GAP) dengan Best Agronomic Practices (BAP)

Komponen		GAP ¹⁾	BAP ²⁾
1.	Status	Sertifikasi sistem produksi	Pedoman produksi yang dianjurkan
2.	Tujuan	Jaminan mutu, ramah lingkungan, dan keberlanjutan	Memperoleh hasil maksimal (optimal)
3.	Ketentuan	Mengikat pelaku produksi	Anjuran sukarela, boleh tidak setuju
4.	Bukti adopsi	Memperoleh Sertifikat GAP	Tidak ada sertifikat
5.	Administrasi	Semua proses harus dicatat	Tidak diperlukan pencatatan
6.	Status ketentuan	Dilakukan harmonisasi dengan negara-negara lain	Tidak diperlukan harmonisasi
7.	Manfaat	Memenuhi persyaratan perdagangan internasional, digunakan sebagai NTB ³⁾	Untuk memperoleh produksi maksimal

Tabel 1. Perbedaan Good Agricultural Practices (GAP) dengan Best Agronomic Practices (BAP) (lanjutan)

Komponen	GAP¹⁾	BAP²⁾
8. Harga jual produk	Premium, lebih tinggi	Tidak ada premium, harga pasar
9. Status produk	Aman konsumsi, ramah lingkungan	Tidak ada jaminan aman konsumsi dan ramah lingkungan
10. Pihak terlibat	Petani, pedagang, konsumen	Petani

Keterangan: (1). GAP = Good Agricultural Practices; (2). (BAP = Best Agronomic Practices; (3) NTB = Non Tariff Barrier

Tujuan Sertifikasi Gap

GAP sebagai sistem sertifikasi yang berlaku secara internasional, memiliki tujuan yang sama untuk semua pengadopsi GAP. Negara Uni Eropa yang menginisiasi sertifikasi GAP pada awal tahun 2004, merumuskan tujuan utama Eurep-GAP untuk buah dan sayuran versi 2,0-Januari 2004, sebagai berikut :

1. Menjamin keamanan konsumsi bahan pangan yang diperdagangkan, dan memungkinkan dapat dirunutnya tempat asal produk.
2. Melindungi dan melestarikan lingkungan, meminimalisasi dampak negatif sistem produksi pertanian terhadap lingkungan.
3. Memberikan jaminan keselamatan, kesehatan dan kesejahteraan pekerja lapangan di kebun produksi.
4. Melestarikan keanekaragaman hayati dan kesejahteraan hewan dalam lingkungan usahatani.
5. Memberikan keuntungan ekonomi secara layak bagi petani.

ASEAN-GAP, dimana Indonesia telah ikut meratifikasi dan menetapkan INDOGAP untuk sayuran dan buah-buahan, terdiri dari empat modul yang terkait dengan empat tujuan utama GAP, yaitu: Keamanan konsumsi pangan (food safety); Pengelolaan lingkungan (*environmental management*); Keamanan, kesejahteraan dan kesehatan pekerja lapang;

Kualitas produk dan catatan asal-usul produk. Manfaat mengadopsi GAP menurut FAO (2004) yaitu, disamping melestarikan lingkungan dan sumberdaya lahan pertanian dan menjamin mutu serta keamanan konsumsi bahan pangan, juga akan memperoleh produktivitas yang tinggi, memperoleh peningkatan pendapatan petani dari harga jual premium, serta memperoleh kemudahan dalam kesempatan pemasaran di pasar internasional

Ketentuan GAP pada budidaya padi, selain mempunyai tujuan sama, seperti pada ASEANGAP, juga merupakan perangkat lunak (*soft ware*) dalam sistem produksi, guna melengkapi perangkat keras (*hard ware*) yang sudah sangat maju, berupa varietas unggul, *agro-input modern*, alsintan dan pengelolaan tanaman. Oleh karena itu GAP (*Good Agriculture Practices*) bersama BAP (*Best Agronomic Practices*, atau Norma Budidaya Yang Baik dengan Teknik Agronomi Terbaik, adalah dua hal yang komplementer satu sama lain, untuk dilakukan bersamaan dalam proses budidaya padi. Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT), statusnya sama dengan BAP.

Sertifikasi GAP sifatnya adalah sukarela (*voluntary*) berdasarkan kesepakatan antara produsen (petani) dengan pedagang, yang akan membeli produk petani dengan memberikan harga premium. Sistem sertifikasi GAP merupakan solusi terhadap masalah-masalah lingkungan, keberlanjutan, keamanan konsumsi pangan dan pelestarian keanekaragaman hayati ekologi sawah, yang bersifat partisipatif dan solusi saling menang (*win-win solution*). Sertifikasi GAP juga memfasilitasi lancarnya perdagangan internasional, atas dasar pemenuhan persyaratan sertifikat proses produksi yang sering diposisikan sebagai *Non Tariff Barrier* (NTB).

Timbulnya Sistem Sertifikasi Proses Produksi

Sertifikasi GAP dijadikan persyaratan dagang internasional, terutama pasar negara-negara Uni Eropa. Produk hasil pertanian yang tidak memiliki sertifikat GAP tidak boleh masuk ke pasar formal Uni Eropa (EUREPGAP 2004). FAO mendorong negara-negara anggotanya untuk

mengadopsi dan menerapkan GAP dalam proses sistem produksi komoditas pangan, disesuaikan dengan kondisi lingkungan agro-sosial ekonomi negara masing-masing, namun perlu diharmonisasikan (diselaraskan) dengan GAP di negara-negara lain, misalnya antar negara-negara Asean (Rolle, 2011; Upanisakorn, 2011). Sebagai contoh INDOGAP Buah dan Sayuran (Indonesia), telah diharmonisasikan dengan GAP sejenis di negara-negara Asean melalui *Expert Working Group – ASEANGAP* di bawah agenda ASEM-Asean *Ministry of Agriculture Meeting*, yang diadakan secara reguler.

WTO (*World Trade Organization*) mendorong sistem standarisasi melalui sertifikasi, termasuk GAP, dengan persyaratan: (1) harmonisasi ketentuan standar; (2) pengakuan bersama terhadap metode inspeksi dan sertifikasi; (3) akreditasi sistem sertifikasi secara internasional. Walaupun setiap negara diperkenankan menyusun ketentuan GAP masing-masing, namun harus selaras dengan ketentuan GAP internasional. Sejalan dengan hal tersebut, pada tahun 2007, EUREPGAP diubah namanya menjadi GLOBALGAP. Negara-negara pengadopsi GAP memberikan berbagai nama, seperti CHINAGAP (China); JGAP (Jepang); THAIGAP (Thailand); GAP-VF (Singapore); GAP-FV (Philippines); VIETGAP (Vietnam); INDOGAP (Indonesia); SALM (Malaysia); INDIAGAP (India); Fresh-care Australia; ASEANGAP (Negara-negara Asean).

GAP-Padi dirintis dan diterapkan oleh Vietnam, dengan melatih petani padi di Delta Mekong, sebagai peserta pemula; Buku Harian GAP disusun oleh Departemen Produksi Tanaman, Kementerian Pertanian Vietnam, dan diberikan pelatihan kepada petani padi. Pada tahun 2009 dimulai pencatatan proses produksi padi sesuai dengan ketentuan GAP-Padi oleh 1.300 petani, dan telah mencapai 40.000 petani pada tahun 2011 (M.A and RD, Vietnam 2011). Thailand menerapkan sertifikasi GAP pada tanaman padi mulai tahun 2009 dan pesertanya terus meningkat. IRRI dalam Lokakarya GAP-RICE di Bangkok pada bulan April 2011 mengimbau negara-negara produsen padi Asia untuk menyusun ketentuan GAP-PADI masing-masing, untuk selanjutnya diharmonisasikan.

Sertifikasi GAP – Padi

Sertifikasi GAP-Padi dilakukan atas dasar kesepakatan antara petani pelaku usaha dengan pembeli hasil panen (gabah) dan pembina GAP, dalam hal ini bisa diwakili oleh unit kerja Badan Litbang Pertanian di Daerah, bekerjasama dengan Dinas Pertanian atau Instansi Penyuluhan Pertanian.

Tahapan dalam penerapan sertifikasi GAP-Padi secara Nasional, mencakup :

1. Penyusunan Panduan Norma GAP-Padi Nasional, yang disepakati dan disyahkan oleh Menteri Pertanian (Tahun 1).
2. Sosialisasi dan Pelatihan Pemahaman GAP-Padi bagi Pejabat Dinas Pertanian Propinsi dan Kabupaten (Tahun 2).
3. Pelatihan Petugas Pembina Penerapan GAP-Padi Kabupaten (Tahun 2).
4. Pembentukan Authorizasi Bodi GAP-Padi tingkat Prov. dan Kab. (Tahun 2).
5. Pelatihan Kelompok Tani calon Pengadopsi GAP-Padi (Tahun 3).
6. Pra-Adopsi GAP-Padi oleh Petani calon Pengadopsi GAP-Padi, disertai pembinaan oleh Petugas (Tahun 3).
7. Pilot-Model Adopsi GAP-Padi oleh Kelompok Tani (Tahun 4).
8. Adopsi GAP-Padi oleh Kelompok Tani calon Pengadopsi GAP-Padi (Tahun 5).
9. Penilaian penerapan GAP-Padi oleh Petugas aksesor GAP-Padi (Tahun 5).
10. Pemberian Sertifikat bagi usahatani padi yang memenuhi Norma GAP-Padi oleh Authorizasi Bodi kepada adaptor yang lulus (Tahun 5).
11. Sosialisasi produk bersertifikat GAP kepada konsumen, super market dan masyarakat luas (Tahun 4-5).

Tahapan tersebut dapat disesuaikan dengan kondisi dan keinginan para pihak terkait di lapangan maupun di Instansi Pemerintah, sehingga adopsi GAP-Padi dan Sertifikasi GAP-Padi dapat dilakukan lebih cepat (mulai tahun ke-2 atau tahun ke-3), atau kemungkinan juga dapat lebih lama.

Status Titik Kendali Pada Norma Gap-Padi

Norma GAP-Padi merupakan satu set ketentuan yang perlu diadopsi oleh peserta (*adaptor*) GAP-Padi, yang terbagi dalam tiga status, yaitu :

1. Wajib (*Major must*), adalah ketentuan GAP-Padi yang seluruhnya harus diadopsi oleh peserta GAP-Padi.
2. Anjuran (*Minor must*), adalah ketentuan GAP-Padi yang minimal 80%-nya harus diadopsi oleh peserta GAP-Padi.
3. Disarankan untuk diadopsi (*Recommendations*); adalah ketentuan GAP-Padi yang minimal 50%-nya harus diadopsi oleh Peserta GAP-Padi.

Masing-masing ketentuan (Wajib, Anjuran, Disarankan) tersebut, terdiri dari banyak titik kendali (*control points*) dan masing-masing titik kendali, terdapat kriteria kepatuhannya (*compliance criteria*). Norma GAP-Padi Indonesia terdiri dari 56 titik kendali wajib; 64 titik kendali Anjuran; dan 44 titik kendali Disarankan.

Kelulusan Adopsi atau penerapan GAP-Padi untuk mendapatkan Sertifikat GAP, dipersyaratkan bahwa peserta mengadopsi :100% titik kendali Wajib; 80% atau lebih titik kendali Anjuran dan 50% atau lebih titik kendali disarankan. Titik pengendalian terdiri dari obyek: sumberdaya lahan; air; manusia; sarana produksi; prasarana; proses produksi; lingkungan agro ekologi sawah dan lingkungan secara umum yang terkait dengan budidaya padi termasuk, yang menjadi perhatian sertifikasi GAP-Padi.

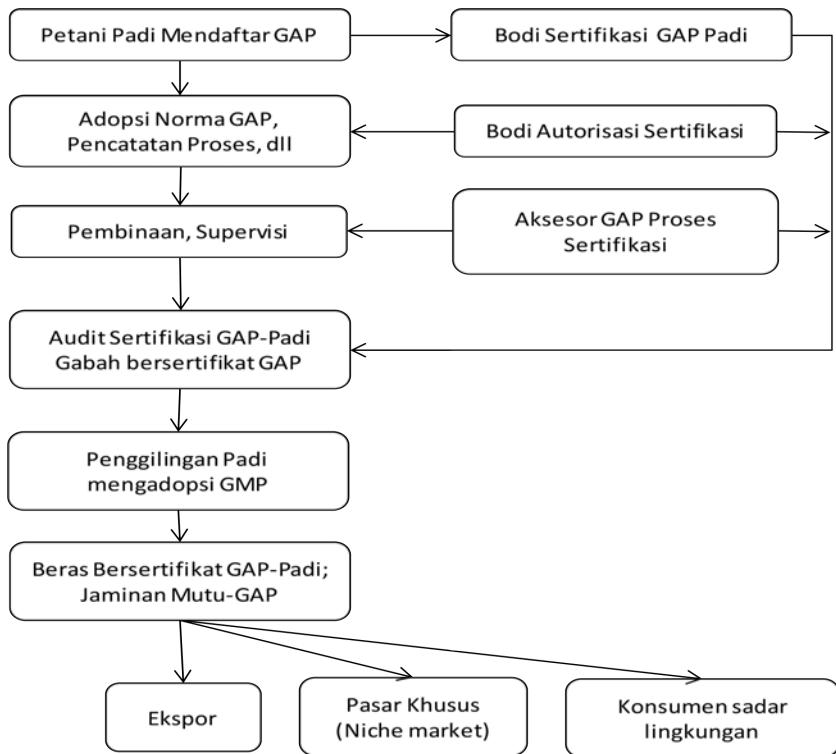
Dalam ketentuan norma GAP-Padi ini, titik pengendalian terdiri dari 18 obyek titik kendali, yaitu: (1) Peruntutan produk; (2) Sejarah kualitas tanah dan lahan; (3) Pelaku usahatani padi; (4) Disiplin pencatatan obyek kendali; (5) Mutu lahan; (6) Mutu air pengairan' (7) Agroekologi dan tipe lahan; (8) Varietas; benih; dan bibit; (9) Persemaian; (10) Penyiapan lahan; (11) Pelestarian mutu sumberdaya lahan; (12) Penanaman bibit; (13) Pengelolaan air; (14) Proteksi tanaman; (15) Alat aplikasi pestisida; (16) Pemeliharaan tanaman; (17) Panen; (18) Kesejahteraan pekerja lapang. Masing-masing obyek kendali, terdiri dari beberapa titik kendali yang merupakan jabaran atau rincian dari obyek kendali yang dimaksud. Masing-masing titik kendali dapat berstatus sebagai Wajib; Dianjurkan; atau Disarankan.

Acuan Gap-Padi Indonesia

GAP-Padi Indonesia mengacu pada GLOBALGAP, EUREPGAP 2004, dan INDOGAP (Ditjen Hortikultura, 2004), yang disesuaikan dengan kondisi komoditas padi, agroekologi dan proses produksi padi Sawah. GAP-Padi pada dasarnya diperuntukkan bagi kepentingan nasional, untuk kemaslahatan bangsa dan negara Indonesia. Manfaat sebagai "Memenuhi Persyaratan Perdagangan Internasional, sebenarnya merupakan tujuan sekunder dan tersier.

Prosedur dan Proses Sertifikasi GAP-Padi Indonesia

Prosedur dan proses sertifikasi GAP-Padi, tertera pada bagan di bawah ini :



Bagan 1. Prosedur dan Proses Sertifikasi GAP-Padi

GMP = Good Manufacturing Practices

Manfaat Sertifikat GAP

Manfaat Sertifikat GAP-Padi pada produk (beras), dapat dirunut kembali kepada tujuan GAP-Padi, yaitu :

1. Memastikan proses produksi padi dilakukan sesuai dengan kaidah pelestarian mutu lingkungan; mutu sumberdaya lahan dan air; ramah lingkungan; dan keberlanjutan produksi.
2. Memastikan bahwa produk bahan pangan aman konsumsi, halal dan sehat, serta produk di pasar dapat dirunut asal-usulnya.
3. Memastikan bahwa pekerja di lapangan dipenuhi hak-hak kesejahteraannya, tidak berisiko terpapar oleh pestisida, dan terjaga keselamatan kerjanya.
4. Memastikan bahwa keanekaragaman hayati di wilayah ekologi persawahan terpelihara dengan baik.
5. Memastikan dengan “pemaksaan” (*enforcement*) berbagai pihak, yakni konsumen, pedagang dan petani, secara partisipatif bertanggung jawab atas empat hal tersebut di atas (butir 1 s/d 4).

Manfaat adopsi GAP-Padi bagi petani dengan diperolehnya produk panen (beras) bersertifikat GAP adalah sebagai berikut :

1. Produk bersertifikat dijual dengan harga premium, misalnya 20% lebih tinggi dibanding harga produk serupa tanpa sertifikat.
2. Diperolehnya keuntungan usahatani yang lebih besar.
3. Terpeliharanya mutu lingkungan dan sumberdaya lahan dan air.
4. Terpenuhinya persyaratan produk untuk masuk ke pasar Internasional sebagai produk ekspor.
5. Petani terdidik disiplin mematuhi aturan dan memiliki tanggung jawab.

Sosialisasi dan Pemasyarakatan GAP-Padi

Prasyarat yang diperlukan agar sertifikasi GAP-Padi dapat berjalan adalah: (1) Pemahaman masyarakat tentang tujuan dan manfaat sertifikasi GAP; (2) Partisipasi seluruh masyarakat dalam mendukung perlunya mengadopsi GAP-Padi, demi keberlanjutan produksi dan keamanan konsumsi beras; (3) Adanya kesadaran tanggungjawab bersama terhadap pelestarian mutu lingkungan dan sumberdaya lahan; (4) Kesadaran masyarakat sebagai konsumen beras untuk bersedia menghargai produk pangan bersertifikat GAP, dengan rela untuk membayar harga premium, sehingga memberikan insentif ekonomi bagi petani pengadopsi GAP-Padi.

Yang perlu menjadi pertimbangan dalam menyusun Norma GAP-Padi adalah tujuan utama GAP-Padi tercapai dan pelaksanaan operasional di lapangan oleh petani memungkinkan, tidak memberatkan petani. Dengan berpandangan optimis-positif mengacu pada praktik penerapan GAP-Padi di negara-negara tetangga, seperti Thailand dan Vietnam. "Kalau petani padi di Thailand dan Vietnam bisa melaksanakan GAP-Padi, petani padi Indonesia dipastikan bisa mengadopsi GAP-Padi". Untuk itu petani padi Indonesia pengadopsi GAP-Padi harus diberi insentif ekonomi, yaitu dengan cara konsumen beras bersertifikat GAP bersedia membayar harga beras lebih mahal, barangkali 20% di atas harga beras tanpa sertifikat GAP.

Kepatuhan GAP Padi Sawah dan Pelaksanaannya

Berikut ini secara ringkas dibahas kendali dan kepatuhan GAP pada sawah. Ada 18 isu yang dibahas dimulai dari Peruntutan produk sampai dengan kesejahteraan pekerja (Tabel 2). Secara rinci panduan tentang sertifikasi GAP padi sawah telah dibahas oleh Sumarno et al. (2014). Ada tiga hal yang perlu diperhatikan pada setiap spesifikasi yaitu yang bersifat wajib (w) artinya harus dipatuhi dalam proses sertifikasi, ada yang bersifat anjuran (A) artinya kalau dilaksanakan akan memperlengkapi proses sertifikasi, sedangkan yang bersifat saran (S) sepenuhnya tergantung kepada pelaksana sertifikasi.

Tabel 2. Kendali dan Kepatuhan Gap-Padi Sawah

No.	ISU	Jumlah Komponen	Wajib (w)	Anjuran (A)	Saran (S)
1.	Peruntutan Produk	4	3	1	-
2.	Sejarah Kualitas Tanah dan Lahan	3	-	3	-
3.	Pelaku Usahatani Padi	2	-	2	-
4.	Disiplin Pencatatan	2	2	-	-
5.	Mutu Lahan	10	7	2	1
6.	Mutu Air Pengairan	5	2	2	1
7.	Agroekologi dan Tipe Lahan	9	3	2	4
8.	Varietas, Benih dan Bibit	12	4	5	3
9.	Persemaian	8	1	6	1
10.	Penyiapan Lahan	9	3	3	3
11.	Pelestarian Mutu Sumberdaya Lahan	7	2	1	4
12.	Penanaman Bibit	10	1	6	3
13.	Pengelolaan Air	6	1	4	1
14.	Proteksi Tanaman	24	14	7	3
15.	Alat Aplikasi Pestisida	4	1	1	2
16.	Pemeliharaan Tanaman	19	2	11	6
17.	Panen	17	5	8	4
18.	Kesejahteraan Pekerja	12	6	1	5

Yang bersifat A dengan sendirinya lebih perlu diperhatikan dibandingkan dengan sekedar saran (S). Belum ada contoh pelaksanaan dilapangan karena itu pokok pokok pikiran yang tertera dalam tabel dua perlu diuji coba dilapangan terutama tentang keberhasilan pelaksanaannya (workability) dan kemudian dievaluasi apakah perlu suatu revisi baik terhadap isu yang dikemukakan dan kepentingannya selanjutnya disusun suatu roadmap tentang pelaksanaannya di lapangan dalam jangka pendek dan jangka panjang. Dalam jangka pendek GAP diuji coba dalam skala kecil kemudian dalam jangka panjang GAP dilaksanakan dalam skala luas dengan memperhatikan keragaman wilayah seperti berbagai ragam diversifikasi tanaman dan usahatani.

Penutup

Kebutuhan jaminan mutu produk dari aspek keamanan konsumsi yang disertai oleh pelestarian lingkungan dan keberlanjutan produksi merupakan persyaratan dalam pertanian modern. Kekawatiran konsumen atas adanya residu pestisida dan logam berat pada produk panen bahan pangan perlu direspon secara positif dengan jalan menerapkan proses produksi secara terkendali sehingga hal tersebut dapat dihindarkan (EUREPGAP, 2003).

Demikian juga kekhawatiran penggiat lingkungan tentang dampak negatif usaha pertanian intensif, yang terlihat pada tidak terjaminnya keberlanjutan produksi, rusaknya mutu sumberdaya lahan dan menurunnya keanekaragaman hayati lingkungan pertanian, perlu disikapi dengan tindakan pencegahan atau preventif (Grace and Harrington (2003); Assadourian et al. (2007), Greenland, 1997. Kritik tentang kurang adilnya usaha pertanian terhadap tenaga kerja di lapangan juga perlu mendapat perhatian (Kementan, 2009).

Permasalahan-permasalahan tersebut ingin dijawab dengan penerapan sistem sertifikasi proses produksi menggunakan protokol GAP/Good Agriculture Practices. Dalam protokol GAP telah ditentukan persyaratan untuk mengatasi masalah-masalah yang menjadi kekawatiran masyarakat konsumen, pedagang dan pemerhati lingkungan dan bahkan petani sendiri. Dengan demikian, protokol GAP berfungsi sebagai perangkat lunak pertanian modern, karena GAP merupakan kendali penerapan teknologi pertanian modern, guna mengatasi dampak negatifnya.

Petani dalam mengadopsi ketentuan GAP mengalami tambahan beban pekerjaan. Namun hal tersebut diimbangi oleh perolehan harga jual produk yang lebih tinggi, oleh adanya ketentuan bahwa harga jual produk bersertifikat GAP adalah harga premium. Konsumen juga harus rela membayar harga premium telah berpartisipasi dalam upaya penyediaan pangan yang aman konsumsi dan mendukung pertanian yang ramah lingkungan. Penerapan GAP merupakan upaya yang bersifat penyelesaian saling menguntungkan, antara petani, konsumen, pemerhati lingkungan hidup dan pedagang pemasok. GAP merupakan

cara pemecahan masalah yang bersifat “win-win solution” antara petani, konsumen, pemerhati lingkungan dan pelaku pemasaran produk pertanian segar (Rolle, 2011; Kingston et al. 2007).

Pada masa depan, pertanian maju yang mengharapkan produk segarnya masuk pasar internasional, penerapan sertifikasi GAP merupakan keharusan. Penerapan sertifikasi GAP di Indonesia dimulai dengan proses ujicoba dalam pelaksanaannya di lapangan dan selanjutnya dari hasil evaluasi ujicoba perlu disusun suatu roadmap pelaksanaannya dalam skala luas.

Daftar Pustaka

- Amani Organik. 2003. Pemasaran produk pertanian organic. Business – Plan 2004-2008. Jakarta (ID): SBU Agricultural Service PT Succofindo (Persero).
- Assadourian, E., M.D. Anderson, L. Starke. 2007. Vital Signs, World Watch Institute . New York (US): W.W. Norton & Co.
- Ditjen Hortikultura, 2004. GAP Panduan Budidaya Buah yang Benar. Jakarta (ID): Departemen Pertanian.
- EUREPGAP. 2003. General Regulations Fruits and Vegetables. Version 2.0. Jan. 04 Food Plus GmbH, Cologne, Germany.
- Grace, P.R., and L. Harrington. 2003. Longtern sustainability of the tropical Rice-Wheat System. An Environmental Perspective. P. 27-43. In J.K. Ladha et al. (eds). Long tern soil fertility in rice wheat cropping systems. Issues and Impact. Wisconsin (US): ASA-CSSA-SSSA.
- Greenland, D.J. 1997. The Sustainability of Rice Farming CAB Interntional and IRRI. Wallingford (GB): CAB Int.
- [IRRI] International Rice Research Institute. 2004. IRRI's Environmental Agenda. An Approach Towards Sustainable Development. Los Banos (PH): International Rice Research Institute.

- Kementan. 2009. Renstra. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian RI.
- Kingston G., G.H. Meyer, A.L. Garside, and G.A. Korudovter. 2007. Better Crop Management Practices in sugarcane industry. Prac. Int. Soc. Of Sugarcane Technology, Vol 26.
- Rolle, R.S. 2011. FAO Officer. FAO-Reg. Office for Asia and The Pacific. Good Agricultural Practices (GAP) Horticultural Chains. Symposium on GAP for Rice in Southeast Asia. IRRI Dept of Agric. Thailand, Bangkok, 2-4 April 2011.
- Retno, S.H.M., Husnain, R.W. Ladiyani, M. Ariani, dan S. Wulandari. 2018. Tantangan Pembangunan Pangan dan Pertanian. p. 9-22. Dalam: R. Heriawan, I. Las, T.D. Soedjana, H. Soeparno (eds). Sinergi Sistem Penelitian dan Inovasi Pertanian Berkelanjutan. Jakarta (ID): IAARD Press., 178 hlm.
- Singleton, G., and L. Viriyangkura. 2011. Background and objective of rice GAP. Symposium on Good Agricultural Practices (GAP) for Rice in Southeast Asia. IRRI-Thailand Dept. of Agric. Bangkok, 2-4 April 2011.
- Sumarno, dkk. 2014. Panduan Sertifikasi GAP Padi Indonesia. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian.
- Sumarno. 2014. GAP Padi Sawah. Prosedur Good Agricultural Practices (Norma Budidaya yang Baik) Padi Sawah. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian (Tidak diterbitkan, 44 hlm).
- Upatisakorn, W. 2011. ASEANGAP and the Drivers for GAP. Thailand Dept. of Agriculture. Symposium on GAP for Rice in Southeast Asia. IRRI Thailand Dept. of Agriculture, Bangkok, 2-4 April 2011.
- Vietnam Ministry of Agric. & Rural Dev. 2011. GAP for Rice in the Mekong Delta. Progress and Plans. Symposium on GAP for Rice in Southeast Asia. IRRI Thailand Dept of Agriculture. Bangkok, 2-4 April 2011.

Memperkuat Dukungan Asuransi Pertanian dalam Persaingan Global

**Sahat M. Pasaribu, Rizatus Shofiyati,
dan Iwan Setiajie A.**

Kebijakan Perlindungan Usaha Pertanian

Perubahan iklim global yang saat ini melanda dunia telah mengakibatkan banyak permasalahan pertanaman di sektor pertanian dan telah berdampak pada berkurangnya pendapatan serta kesejahteraan petani. Diantara komoditas pertanian yang juga mengalami pasang surut produksi dan kualitas akibat kerusakan tanaman adalah tanaman pangan. Permintaan komoditas pangan cenderung terus meningkat sejalan dengan peningkatan penduduk, perbaikan pendapatan masyarakat, dan berkembangnya teknologi, termasuk kecenderungan meningkatnya wisata kuliner. Namun, produksi komoditas pangan selalu diikuti oleh berbagai dinamika risiko berusahatani, bukan hanya karena dampak perubahan iklim, tetapi juga karena kompetisi dalam penggunaan lahan.

Meningkatnya kerusakan usaha pertanian juga ditandai oleh semakin seringnya petani menanggung risiko gagal panen karena serangan OPT, terutama di sentra produksi tanaman pangan dan hortikultura. Pemerintah harus hadir dalam situasi seperti ini untuk membantu dan mengangkat petani dari kerugian besar. Para pemangku kepentingan di semua daerah perlu mempertimbangkan penerapan skim asuransi pertanian untuk mengurangi beban risiko berusahatani.

Hal ini juga akan sekaligus menunjukkan keberpihakan pemerintah membela kepentingan petani (Pasaribu et al. 2009). Dalam kaitan ini, Mahul dan Stutley (2010) melaporkan bahwa Bank Dunia juga telah memberikan dukungan penyelenggaraan asuransi pertanian di lebih 20

negara di dunia. Sejak tahun 2008, Bank Dunia sudah membantu secara teknis pelaksanaan asuransi pertanian, seperti asuransi ternak (*livestock insurance* di Mongolia dan India), asuransi usahatani berbasis iklim (*weather-based crop insurance* di India, Malawi, Thailand, Amerika Tengah, Kazahstan), dan asuransi usahatani berbasis produktivitas (*area yield crop insurance* di India). Contoh-contoh ini harus menjadi bagian pelajaran yang akan semakin mendorong pengembangan asuransi pertanian di Indonesia.

Risiko juga terjadi pada setiap mata rantai nilai pertanian, termasuk pada komponen distribusi dan pemasaran produk pertanian. Lebih jauh, kompleksnya permasalahan risiko distribusi dan pemasaran hasil pertanian yang ditimbulkan menunjukkan bahwa setiap pelaku dalam mata rantai pasok sepanjang mata rantai tersebut, baik pemerintah (dinas, lembaga keuangan), pemasok input, distributor, pedagang, pengolah, bahkan konsumen akhir akan terpengaruh oleh risiko yang terjadi di sektor pertanian (Epetimehin 2010).

Secara keseluruhan, petani dihadapkan pada risiko usaha tani yang mengakibatkan kerusakan tanaman dan sangat merugikan petani. Dalam konteks inilah asuransi mengambil peran, membantu petani dari kemungkinan kerugian besar akibat kerusakan tanaman (atau gagal panen) dengan memberikan ganti rugi menurut ketentuan yang berlaku (mekanisme asuransi).

Program perlindungan tanaman dengan penerapan asuransi pertanian akan terus berkembang secara signifikan pada sejumlah komoditas dengan berbagai model pelaksanaan. Hal ini sejalan dengan kebutuhan petani yang semakin berupaya untuk mengurangi risiko usaha pertanian yang dilakukannya. Terdapat berbagai model asuransi yang dilaksanakan di banyak negara, termasuk negara berkembang. Asuransi indeks tanaman pangan (*crop index insurance*) di sejumlah negara di Afrika diperkenalkan untuk membantu petani dari kerugian akibat dampak perubahan iklim global.

Meskipun petani perlu beradaptasi dengan cara mengusahakan peningkatan produktivitas pada tahun-tahun “baik” (tidak terpengaruh oleh dampak perubahan iklim) untuk menutupi kerugian/

ketidakberhasilan produksi pada tahun-tahun “buruk” (terpengaruh dampak negatif perubahan iklim), namun petani sangat membutuhkannya (Robertson 2013). Hasil kajian yang dilakukan oleh Abdullah et al. (2014) juga menunjukkan bahwa petani di Malaysia cukup antusias untuk mengasuransikan usahatannya ditengah pengaruh dampak negatif perubahan iklim global.

Memerhatikan amanat Undang-Undang Nomor: 19/2013 tentang Perlindungan dan Pemberdayaan Petani, melindungi kepentingan petani menjadi salah satu bentuk pengendalian pasokan produksi pangan dan menghindarkan petani dari risiko kerusakan tanaman atau kehilangan hasil melalui mekanisme asuransi pertanian. Skim asuransi usaha tani berbagai komoditas pertanian dipandang relevan dengan kebutuhan petani untuk membantu petani keluar dari risiko berusahatani. FAO (2011) menyebutkan bahwa jenis produk asuransi pertanian meliputi asuransi tanaman (*crop insurance*), asuransi ternak (*livestock insurance*), asuransi kehutanan/perkebunan (*forestry/plantation*), asuransi rumah kaca (*greenhouse insurance*), asuransi daging unggas (*poultry insurance*) dan asuransi budi daya perikanan (*aquaculture insurance*). Meskipun agak lambat, namun jenis-jenis produk asuransi pertanian kini sedang disiapkan di dalam negeri untuk menunjukkan bahwa amanat undang-undang diatas direspon dengan baik.

Pembangunan pertanian selalu diupayakan selaras dengan arah kebijakan pembangunan ekonomi nasional yang programnya berpihak kepada petani/peternak. Dalam masa pembangunan pertanian nasional (2015-2019), kebijakan pembangunan pertanian difokuskan pada upaya peningkatan produksi padi, jagung, dan kedelai secara nasional sesuai dengan Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 3/Permentan/OT.140/2/2015 (Kementerian Pertanian 2015). Pembangunan ekonomi nasional harus searah dengan politik pembangunan pertanian yang identik dengan keberpihakan kepada kepentingan petani. Kelemahan posisi petani perlu terus dilindungi untuk menguatkan kesinambungan menghasilkan komoditas pertanian dan mempertahankan keunggulan-keunggulan yang dimiliki. Dalam kaitan ini, politik pembangunan pertanian harus dapat diwujudkan dalam kebijakan pembangunan sesuai dengan program dan kegiatan yang relevan menurut prioritasnya (Pasaribu

et al. 2013). Fakta di lapangan menunjukkan bahwa petani semakin sulit menerapkan manajemen usaha tani yang baik karena berbagai alasan, termasuk karena semakin tergradasinya sumberdaya alam yang mengakibatkan buruknya fasilitas dan infrastruktur pertanian dan terbatasnya pembiayaan usaha tani (Biro Perencanaan Pertanian 2012).

Dengan semakin besar tekanan terhadap eksistensi usaha tani, terutama karena dampak perubahan iklim dan semakin tidak terbendungnya alih fungsi lahan, akar permasalahan usaha pertanian berputar pada kondisi semakin berkurangnya kemampuan petani menyediakan modal kerja. Biaya input yang semakin tinggi dengan kesulitan mengakses sumber-sumber keuangan telah menambah beban petani mengoptimalkan usaha pertaniannya. Aspek perubahan iklim ini menjadi bagian yang perlu diperhatikan dalam program ketahanan pangan sebagaimana dicantumkan dalam arah kebijakan dan strategi pembangunan pertanian nasional oleh Kementerian Pertanian (Kementerian Pertanian 2009).

Kementerian Pertanian melihat kesempatan menyediakan perlindungan usaha pertanian kepada petani melalui asuransi dan sekaligus memberikan edukasi yang lebih baik kepada petani dibandingkan dengan program penggantian kerugian petani karena gagal panen dengan uang tunai. Mengganti kerugian petani dengan uang tunai yang dilakukan beberapa waktu yang lalu (melalui program bantuan penanggulangan padi puso yang dilaksanakan beberapa tahun sejak 2011) ternyata menimbulkan banyak masalah dalam pelaksanaannya di lapangan, khususnya dalam menentukan petani penerima bantuan langsung tunai tersebut.

Moral hazard hampir terjadi pada setiap simpul pelaksanaannya, terutama pada tingkat petani di desa/lapangan. Oleh karena itu, mengganti program pemberian uang tunai dengan skim asuransi pertanian untuk melindungi usaha tani dan membantu petani/peternak secara finansial menjadi pilihan yang sesuai dengan kebutuhan petani. Program bantuan perlindungan usaha tani menjadi lebih tertib dan lebih bertanggungjawab.

Asuransi pertanian dilaksanakan mengikuti pola kerjasama berbentuk kemitraan (*partnership*). Kerjasama antara pemerintah dengan sektor swasta (*public-private partnership/PPP*) dilakukan dengan cara berbagi sumberdaya, pengetahuan, dan risiko untuk meningkatkan efisiensi

produksi dan distribusi produk dan jasa hingga menghasilkan berbagai manfaat. Kemitraan membutuhkan komitmen dari seluruh pemangku kepentingan yang terlibat didalamnya (Frank et al. 2007). Untuk menjaga keberhasilan produksi, **penerapan usaha tani anjuran** disarankan sebagai salah satu syarat dalam mengikuti program asuransi pertanian. Asuransi pertanian dapat dilakukan pada usaha tani anjuran model Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) pada padi sawah. Hal ini dimaksudkan agar petani menerapkan komponen-komponen teknologi budidaya secara sinergis yang mampu meningkatkan produktivitas hasil panen komoditas padi dengan rerata produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pola yang biasa dilaksanakan petani (Pramono et al. 2005). Revitalisasi kemitraan agribisnis yang menonjolkan saling percaya dan kejujuran perlu dikembangkan pada berbagai komoditas strategis. Kemitraan tersebut bukan hanya sekadar kerjasama ekonomi dengan pola inti-plasma yang harus mematuhi aturan formal yang sengaja dibentuk, namun lebih pada terciptanya kegiatan yang saling membutuhkan dengan mengedepankan kebersamaan yang erat antar para pelaku (Darwis et al. 2006). Kemitraan seperti ini diadopsi sebagai bagian dari penyelenggaraan skim asuransi pertanian.

Dari sudut pandang ekonomi, asuransi merupakan salah satu cara untuk mengurangi risiko kerugian keuangan yang bersifat tidak tetap (*variable cost*) dengan jalan memindahkannya kepada penanggung dengan membayar sejumlah premi asuransi sebagai biaya tetap (*fixed cost*). Dari sudut pandang hukum, asuransi adalah perjanjian pertanggungan risiko antara tertanggung (petani/peternak) dengan penanggung (perusahaan asuransi), dimana penanggung berjanji akan membayar ganti rugi yang disebabkan risiko yang dijamin dalam polis kepada tertanggung (Direktorat Pembiayaan Pertanian 2012). Dari sudut pandang petani, asuransi menjamin ketersediaan modal kerja, membantu penyediaan biaya tunai yang akan digunakan untuk pertanaman berikutnya atau membeli ternak tanpa menggantungkan kebutuhan dana kepada para pelepas uang atau pihak lainnya.

Persaingan Global di Sektor Pertanian

Secara umum, daya saing produk pertanian, khususnya komoditas pangan dan hortikultura Indonesia masih jauh tertinggal dibandingkan negara produsen/eksportir produk sub sektor pangan dan hortikultura lainnya. Kualitas, potensi, dan kelemahan produk pertanian strategis Indonesia yang telah teridentifikasi pun tidak selalu dapat dipantau dengan baik ditengah upaya peningkatan produksi dan produktivitasnya.

Semua negara anggota ASEAN semakin menginginkan terwujudnya kelompok masyarakat politik-keamanan, ekonomi dan sosio kultural budaya yang terintegrasi dan memengaruhi kehidupan seluruh penduduk di kawasan Asia Tenggara. Hal ini mengemuka pada KTT ASEAN ke-12 (Cebu, Filipina, 13 Januari 2007) dengan keinginan para pemimpin ASEAN untuk membentuk Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA) 2015. Kawasan pasar tunggal dan basis produksi ini memiliki 5 (lima) elemen utama, yaitu pergerakan barang, jasa, investasi, tenaga kerja terampil, dan aliran modal yang bebas dengan 2 (dua) komponen penting, yaitu sektor-sektor untuk prioritas integrasi serta komponen pangan, pertanian dan kehutanan (Dermoredjo *et al.* 2018).

Di kawasan Asia Tenggara, standar mutu menjadi salah satu ukuran yang semakin penting dalam menghadapi persaingan perdagangan yang semakin ketat. Inilah tantangan paling serius yang dihadapi Indonesia sejak MEA 2015 diberlakukan. Penyesuaian dan perubahan dalam berbagai aspek produksi, pengolahan dan pemasaran harus dilakukan untuk meningkatkan kinerja produk pertanian strategis hingga dapat memenangkan persaingan dan memperoleh manfaat maksimal dari pasar tunggal ASEAN.

Bagi Indonesia, memasuki pasar tunggal ASEAN 2015 adalah sebuah tantangan dan sekaligus peluang untuk mengembangkan produk dalam negeri bersaing di pasar ASEAN. Daya saing produk pertanian strategis Indonesia harus terus ditingkatkan agar mampu menghadapi serbuan berbagai produk sejenis. Salah satu target utama pembangunan sektor pertanian 2010-2014 adalah meningkatkan nilai tambah, daya saing, dan ekspor untuk menghadapi pasar global di kawasan Asia Tenggara. Aspek

yang sama terus diperkuat sebagai strategi pembangunan pertanian 2015-2019, sehingga produk pertanian memiliki kualitas yang lebih baik dan semakin kuat menghadapi persaingan global pada waktu yang akan datang.

Komoditas pertanian strategis yang dinilai mampu bersaing di pasar regional/pasar tunggal ASEAN adalah komoditas hortikultura, seperti manggis, salak, mangga, melon, dan jeruk (buah-buahan) serta buncis, kubis, dan kentang (sayuran). Pada **tingkat budidaya** (petani/kelompok tani), usaha pertanian masih menghadapi berbagai ancaman dan kelemahan internal yang tidak menguntungkan. Oleh karena itu, strategi perbaikan usaha masih perlu difokuskan pada berbagai permasalahan yang dihadapi oleh petani, diantaranya terkait dengan (a) ketersediaan benih unggul, (b) pengembangan kelembagaan pertanian, termasuk penyelenggarannya, sarana dan pembiayaan maupun lembaga penyuluhnya, (c) penyediaan dan penyaluran pupuk bersubsidi, (d) fasilitas pengembangan alsintan, (e) gangguan bencana dan adanya organisme pengganggu tumbuhan, dan (f) kurangnya pengembangan pelayanan informasi pasar.

Prioritas perbaikan untuk meminimalkan masalah internal untuk meningkatkan kualitas komoditas unggulan daerah adalah dengan melakukan (a) peningkatan nilai tambah produk dengan cara perbaikan pengelolaan budidaya pertanian serta (b) pengembangan sumberdaya manusia dan teknologi serta pemanfaatan sumberdaya alam secara optimal. Dibutuhkan partisipasi lembaga pemerintah terkait (seperti lembaga penelitian dan pengembangan pertanian, termasuk di perguruan tinggi) sebagai pendamping dan pengawal pengembangan usaha ini.

Hasil penelitian Dermoredjo et al. (2018) selanjutnya menyebutkan perlunya empat prioritas strategi perbaikan kinerja usaha pengolahan untuk komoditas pertanian strategis agar mampu bersaing secara global, yakni: (a) Memelihara *keberlanjutan* produk dan peluang pasar melalui keunggulan kompetitif dan komparatif; (b) Meningkatkan *kerjasama* antar pelaku usaha untuk pengembangan usaha pengolahan produk pertanian; (c) Memberikan kesempatan *investasi* bagi pihak luar negeri untuk bekerjasama dengan pelaku usaha pengolahan di dalam negeri dengan

mematuhi peraturan yang berlaku; dan (d) Memperbaiki *kapasitas* produk agar mampu memanfaatkan *peluang* pasar yang baru. Produk pertanian harus memiliki daya saing yang tinggi di pasar ASEAN dan global yang dapat dilakukan melalui pemberian industri berbasis pertanian lokal secara terencana, konsisten, dan berkesinambungan. Kebijakan yang diambil perlu berorientasi pada daya saing produk-produk pertanian strategis untuk menguasai pasar domestik dan sekaligus memiliki kualitas untuk mampu menembus pasar ASEAN dan global.

Arah kebijakan untuk membantu strategi pengembangan produk berkualitas diantaranya mencakup: (a) Penyediaan inovasi teknologi dan kelembagaan untuk optimalisasi pemanfaatan sumberdaya pertanian; (b) Pengembangan industri hilir pertanian/agro-industri berbasis kelompok tani untuk meningkatkan nilai tambah, daya saing dan ekspor produk pertanian (segar dan olahan); (c) Peningkatan jaringan kemitraan ekonomi (*public-private partnership*) produk pertanian; dan (d) Perbaikan data dan informasi (*real-time, complete, reliable*) atas produk pangan dan pertanian. Dalam kaitan ini, program asuransi pertanian menjadi sangat relevan dalam arena persaingan global di sektor pertanian dan peningkatan kualitas produk menjadi keharusan. Namun dalam prosesnya, petani/peternak selalu berhadapan dengan risiko dan sinilah skim asuransi mengambil peran perlindungan dan perlu terus dikembangkan sehingga petani/peternak merasa aman dan tidak mengalami hambatan atau keraguan menghadapi risiko dalam proses peningkatan kualitas produk yang dihasilkannya.

Penguatan Program Asuransi Pertanian

Kebijakan pemerintah yang bersifat bantuan langsung cenderung tidak dapat memberikan peningkatan ketahanan masyarakat secara signifikan, khususnya dalam situasi bencana. Asuransi pertanian termasuk diantara skim pembiayaan yang dapat memberi manfaat melindungi petani/peternak dari risiko kematian (kehilangan) ternak. Skim asuransi memungkinkan suatu kepastian atas penanggulangan sebuah fenomena yang tidak pasti ke dalam rencana yang pasti (Duncan dan Myers 2000). Program asuransi pertanian perlu diperkuat agar usaha pertanian terlindungi dan petani terbantu dari risiko kerugian (Gambar 1).

Program asuransi pertanian diperkirakan akan menjadi skim yang membantu petani kecil keluar dari keterbatasan modal kerja akibat risiko usaha tani karena bencana alam, seperti banjir atau kekeringan (Hazell 1992). Program asuransi pertanian sudah berkembang dengan pesat selama 25 tahun terakhir, bukan hanya di negara berkembang, tetapi juga di negara-negara maju dengan transaksi yang besar di pasar global. Tidak mengherankan jika asuransi pertanian juga sudah menjadi bagian dari komitmen pada perundingan-perundingan perdagangan dalam organisasi seperti WTO (Glauber 2015). Oleh karena itu, pelaksanaan program asuransi pertanian di Indonesia perlu terus didorong dan pengembangannya mendapat dukungan semua pihak terkait.

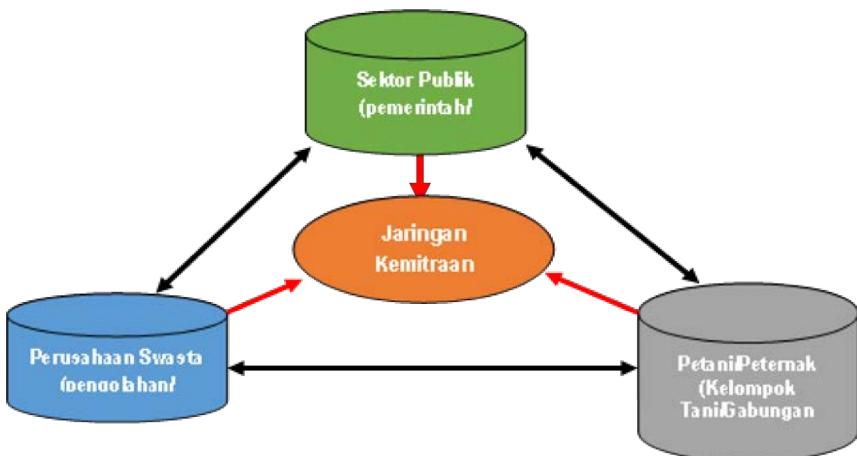


Gambar 1. Dukungan asuransi pertanian terhadap kebijakan pembangunan pertanian

Implementasi Asuransi Pertanian: Mengganti Kerugian Berdasarkan Pengeluaran

Program asuransi pertanian diselenggarakan dengan menganut prinsip interaksi-koordinasi yang disebut sebagai koordinasi tiga-jalur, yakni koordinasi antara sektor publik (pemerintah) dengan pihak swasta (perusahaan asuransi) dan petani/peternak sebagai obyek yang dipertanggungkan. Koordinasi tiga-jalur ini akan menghasilkan kegiatan kemitraan (PPP) yang menekankan kesetaraan dalam berusaha (ekonomi). Interaksi antar ketiga jalur ini diharapkan dapat menghasilkan

kegiatan yang harmonis yang saling menguntungkan pihak-pihak yang berpartisipasi. Kegiatan sosialisasi dan promosi program asuransi pertanian tidak terlepas dari partisipasi ketiga komponen tersebut (Gambar 2).



Gambar 2. Koordinasi tiga-jalur dalam pelaksanaan program asuransi pertanian

Pendekatan kemitraan harus digunakan secara efektif, bukan hanya untuk kegiatan sosialisasi dan promosi, tetapi juga hampir pada setiap simpul kegiatan penyelenggaraan program asuransi pertanian, termasuk kegiatan pendaftaran, proses klaim, sampai pada pemanfaatan hasil klaim untuk keberlanjutan kegiatan usaha tani. Kesadaran para pemangku kepentingan, khususnya di daerah tentang pentingnya perlindungan usaha pertanian dan kerjasama antar instansi terkait (pemerintahan) dan dengan kalangan swasta (penyelenggara skim asuransi) terlihat belum tumbuh secara merata.

Para petugas di lapangan juga harus cukup cerdas mengambil langkah-langkah operasional sesuai dengan petunjuk teknis pelaksanaan. Di lain pihak, para pengambil keputusan di daerah juga dibayangi keraguan mengingat keterbatasan alokasi anggaran yang dimiliki untuk

membantu pelaksanaan program perlindungan usaha tani ini. Namun demikian, skim asuransi pertanian harus terus bergulir dan model asuransi untuk berbagai komoditas strategis harus terus dikembangkan untuk menjangkau dan melindungi banyak petani.

Model asuransi yang diterapkan sejak tahun 2015 didasarkan pada biaya pengeluaran untuk ganti rugi (*indemnity-based insurance*) oleh petani. Asuransi pertanian yang diterapkan meliputi dua skim untuk dua komoditas, yaitu Asuransi Usaha Tani Padi (AUTP) dan Asuransi Usaha Ternak Sapi (AUTS) yang kemudian menambahkan ternak kerbau (AUTS/K). Program ini hanya akan berjalan dengan baik sesuai sasaran jika terjalin komunikasi, kerjasama, dan koordinasi yang baik dan harmonis diantara semua pemangku kepentingan.

Maksud penyelenggaraan skim AUTP dan AUTS/K adalah untuk mengurangi kerugian petani atas nilai ekonomi usahanya, sehingga terbantu secara finansial untuk melaksanakan kegiatan pertanaman padi/pemeliharaan sapi berikutnya. Skim ini memberikan perlindungan kepada petani/peternak jika terjadi risiko berusaha yang mengakibatkan kerusakan tanaman/kematian ternak yang merugikan karena sejumlah alasan yang disepakati. (banjir, kekeringan, serangan OPT, kematian, kehilangan). Skim ini mengalihkan kerugian kepada pihak lain melalui pertanggungan asuransi (Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian 2018a; Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian 2018b; Insyafiah dan Wardhani 2014).

Pelaksanaan AUTP dan AUTS/K

Sumber pendanaan AUTP dapat berasal dari APBN atau APBD. Pembiayaan yang berasal dari APBN meliputi pembiayaan fisik (bantuan premi pemerintah) dan pembiayaan operasional (perjalanan, pertemuan, dan lainnya). Calon peserta AUTP harus memenuhi syarat sebagai pemilik lahan atau penggarap (bukan pemilik lahan) yang masing-masing mengusahakan/ membudidayakan tanaman padi seluas maksimal 2 hektar.

Lokasi AUTP meliputi sawah irigasi teknis, irigasi setengah teknis, irigasi sederhana, lahan rawa pasang surut, dan lahan tada hujan. AUTP diutamakan pada wilayah penghasil padi atau penyelenggara UPSUS padi dan lokasi yang terletak pada satu hamparan. Ganti rugi diberikan kepada peserta AUTP jika terjadi banjir, kekeringan dan/atau serangan OPT. Syarat peserta AUTP mendapat ganti rugi adalah sebagai berikut: (a) umur tanaman padi sudah lebih dari 10 hari setelah tanam (HST) untuk sistem transplantasi, (b) umur tanaman melewati 30 hari untuk tanam benih langsung, dan (c) kerusakan tanaman minimal 75 persen dan luas tanaman yang rusak mencapai minimal 75 persen pada setiap petak alami.

Nilai maksimal pertanggungan AUTP adalah Rp 6.000.000/hektar/musim tanam. Premi AUTP ditetapkan sebesar Rp 180.000/ha/MT. Pemerintah memberi bantuan sebesar Rp 144.000/ha/MT (80%), peserta AUTP membayar Rp 36.000/ha/MT (20%). Nilai premi untuk lahan lebih dari atau kurang dari 1 hektar akan dibayar oleh peserta AUTP secara proporsional. Jangka waktu pertanggungan adalah selama satu musim tanam.

Peternak yang boleh mengikuti skim AUTC/K adalah peternak sapi yang melakukan usaha pembibitan dan/atau pembiakan. Sapi betina yang diasuransikan dalam kondisi sehat, minimal berumur satu tahun dan masih produktif. Peternak sapi yang ikut skim AUTC/K adalah peternak berskala kecil. Sapi yang diasuransikan harus diberi penanda/identitas yang jelas seperti *eartag*, *necktag*, *microchip*, dll.

Disamping itu, peternak harus bersedia membayar premi secara swadaya sebesar 20 persen dari nilai total premi. Risiko sapi yang dijamin meliputi sapi mati karena penyakit, mati karena kecelakaan, karena beranak, dan sapi hilang. Harga pertanggungan sapi adalah Rp 10.000.000 per ekor per tahun. Nilai premi asuransi adalah sebesar 2 persen dari nilai pertanggungan atau Rp 200.000 per ekor per tahun. Pemerintah memberi subsidi sebesar 80 persen atau Rp 160.000. Dengan demikian peternak harus membayar premi swadaya sebesar Rp 40.000 per ekor per tahun. Jangka waktu pertanggungan berlaku selama satu tahun.

Dalam pelaksanaannya, data terakhir menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan partisipasi petani (2015-2017) dengan luas areal (padi) dan kenaikan jumlah ternak (sapi) yang diasuransikan (lihat Tabel 1). Klaim karena kerusakan tanaman/gagal panen dan kematian ternak juga ditunjukkan dalam tabel tersebut sebagai konsekuensi logis dari keikutsertaan petani/peternak dalam berasuransi.

Pembayaran klaim pada dasarnya dimaksudkan untuk membantu petani menyediakan modal kerja untuk memulai kegiatan usahatani. Besarnya pembayaran klaim tidak hanya dilihat sebagai upaya membantu petani, tetapi juga perlu dicermati sebagai bagian dari pengurangan produksi padi atau pengurangan jumlah ternak yang tidak sejalan dengan program pembangunan pertanian (peningkatan produksi).

Perlu dicatat bahwa sebenarnya untuk tujuan pencapaian pembangunan pertanian nasional, tidak diinginkan adanya peningkatan pembayaran klaim. Namun dilihat dari kebutuhan petani/peternak, jaminan yang diberikan asuransi akan sangat bermanfaat membantu penyediaan modal kerja petani/peternak dalam pertanaman berikutnya atau membeli ternak sapi yang akan dipeliharanya.

Tabel 1. Partisipasi petani/peternak dengan luas areal dan jumlah ternak sapi yang diasuransikan serta besaran klaim, 2015-2017

Tahun	AUTP			Klaim (Rp.000)	AUTS/K			Klaim (Rp.000)
	Target (ha)	Realisasi (ha)	%		Target (ekor)	Realisasi (ekor)	%	
2015	1.000.000	233.499,55	23,3	23.148.389	-	-	-	-
2016	1.000.000	499.962,25	49,9	78.393.661	120.000	20.000	16,6	9.942.587
2017	1.000.000	997.960,54	99,8	96.115.945	120.000	92.176	76,8	7.571.035
2018	1.000.000	588.506,26	58,8	NA	120.000	88.673	73,9	NA

Sumber: Direktorat Pembiayaan Pertanian, Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian, 2017.

Peningkatan Pelayanan dalam Aplikasi Program Asuransi Pertanian

Setelah beberapa tahun skim AUTP dan AUTS/K dilaksanakan, tampaknya secara umum pemahaman terhadap kebijakan perlindungan usaha pertanian masih belum memadai, baik di pihak petani maupun petugas di lapangan. Hal ini terlihat dari banyaknya pertanyaan mendasar yang seharusnya telah diketahui, dimengerti, dan dipahami semua kalangan dalam penyelenggaraan skim asuransi ini.

Keadaan seperti ini diduga karena diseminasi tentang program asuransi pertanian atau penjelasan tentang skim asuransi pada komoditas strategis tidak lengkap dan tidak tuntas. Dalam kaitan ini, peningkatan pelayanan terhadap aplikasi skim asuransi usaha pertanian perlu dilakukan. Selain sosialisasi dan promosi mengenai asuransi pertanian yang masih perlu ditingkatkan, pelayanan yang lebih efektif yang memudahkan penyelenggaraan skim asuransi juga harus terus dilaksanakan dengan improvisasi penyederhanaan yang semakin memudahkan pelaksanaannya.

Kegiatan sosialisasi dan promosi asuransi pertanian menjadi sangat penting karena program ini merupakan instrumen kebijakan untuk melindungi kepentingan petani jika mereka menghadapi risiko, kejadian yang tidak terduga. Pengalihan beban kepada pihak lain melalui kepesertaan dalam skim asuransi pertanian merupakan kegiatan sosial ekonomi yang menguntungkan semua pihak.

Kegiatan sosialisasi dan promosi program asuransi pertanian dimaksudkan untuk menjelaskan secara komprehensif program ini kepada banyak pihak dan sekaligus meningkatkan aplikasinya dengan mencakup lebih banyak peserta (petani) pada wilayah yang lebih luas. Kegiatan sosialisasi dan promosi program ini perlu diperkuat karena alasan terkait dengan pengalaman penyelenggaraan program asuransi pertanian, seperti berikut:

1. Intensitas dan kapasitas kegiatan sosialisasi program perlindungan usahatani melalui asuransi pertanian tidak memadai dan oleh karena itu perlu ditingkatkan untuk memperdalam pengetahuan kelompok sasaran (petani/peternak) tentang asuransi pertanian dan memperluas cakupan penyelenggaranya.
2. Kurangnya frekuensi pelaksanaan sosialisasi dan promosi tentang asuransi pertanian telah mengakibatkan rendahnya tingkat kepesertaan petani dalam program asuransi pertanian. Tingkat kepesertaan dapat diperbesar jika petani memahami program asuransi pertanian, mengetahui hak dan kewajiban, dan mengerti tugas dan tanggungjawabnya. Hal ini diperoleh jika petani mengikuti kegiatan sosialisasi dengan baik.
3. Bagi petani yang sudah mengikuti atau menjadi peserta asuransi pertanian, mekanisme pelaksanaannya dinilai belum efektif. Hal ini terjadi terutama karena petani tidak mempunyai informasi tentang kapan melaksanakan program asuransi (sejak pendaftaran hingga selesaiya kegiatan). Inisiatif petugas (dinas dan perusahaan asuransi) diharapkan dapat mengatasi kendala kesenjangan informasi seperti ini.
4. Interaksi diantara pemangku kepentingan dinilai sangat kurang dan telah mengakibatkan rendahnya intensitas dan kapasitas penyelenggaraan kegiatan sosialisasi dan promosi asuransi pertanian. Membangun komunikasi antar sesama pemangku kepentingan mutlak dilakukan untuk mencapai tingkat kerjasama yang lebih baik dan yang selanjutnya dapat digunakan untuk meraih tingkat koordinasi yang lebih harmonis. Para pemangku kepentingan dianjurkan mengambil inisiatif berkomunikasi untuk memperoleh suatu tingkat kemanfaatan yang diharapkan.

Pengembangan Skim Asuransi pada Komoditas Strategis

Produk asuransi terus berkembang sejalan dengan kebutuhan perlindungan terhadap kerugian, termasuk perlindungan di sektor pertanian. Asuransi pertanian bertujuan untuk melindungi petani dari

kerugian yang menyebabkan penurunan hasil panen yang disebabkan oleh bencana alam, atau serangan hama dan penyakit. Media penyaluran asuransi pertanian di beberapa negara, antara lain dilaksanakan untuk mengganti kerugian (*indemnity-based*) karena mengalami bencana yang mengakibatkan kerusakan tanaman/gagal panen atau kematian ternak. Dalam prakteknya banyak negara yang melakukan perlindungan terhadap petani/peternak setelah mengalami bencana/gagal panen atau kematian/kehilangan ternak. Perlindungan petani melalui skim asuransi pertanian dilakukan dengan melibatkan pemerintah yang memberikan bantuan premi asuransi kepada petani/peternak peserta asuransi.

Perlindungan petani/peternak pada dasarnya dilakukan melalui dua cara, yaitu: (a) melindungi secara tradisional, dan (b) melindungi melalui program asuransi pertanian. Melindungi petani secara tradisional dilakukan dengan cara pemerintah mengalokasikan anggaran khusus (*ad hoc*) untuk bencana alam di sektor pertanian. Anggaran khusus tersebut dapat dicairkan ketika terdapat laporan kerusakan di wilayah pertanian yang menyebabkan berkurangnya hasil produksi pertanian (di wilayah tersebut) atau menanggulangi kerugian karena kematian ternak. Perlindungan petani secara tradisional banyak diterapkan di negara-negara Eropa, Amerika Utara, Amerika Latin, Cina, dan Korea Selatan. Perlindungan melalui program asuransi lebih diorientasikan pada edukasi dan mendorong tanggungjawab sebagai petani/peternak.

Undang-Undang Nomor: 19/2013 tentang Perlindungan dan Pemberdayaan Petani mengamanatkan bahwa petani/peternak harus mendapat perlindungan dan pemberdayaan. Amanat tersebut dinyatakan dalam Bab I Pasal 1 bahwa "Perlindungan Petani adalah segala upaya untuk membantu Petani dalam menghadapi permasalahan kesulitan memperoleh prasarana dan sarana produksi, kepastian usaha, risiko harga, kegagalan panen, praktik ekonomi biaya tinggi, dan perubahan iklim". Terkait dengan sektor peternakan sebagai obyek program perlindungan, Pasal 3 menegaskan bahwa "Petani adalah warga negara Indonesia perseorangan dan/atau beserta keluarganya yang melakukan Usaha Tani di bidang tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan/atau peternakan". Kemudian Pasal 4 menyebutkan bahwa "Pertanian adalah kegiatan mengelola sumber daya alam hayati dengan bantuan

teknologi, modal, tenaga kerja, dan manajemen untuk menghasilkan komoditas pertanian yang mencakup tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan/atau peternakan dalam suatu agroekosistem”.

Dengan telah diaplikasikannya AUTP sejak 2015 dan AUTS mulai 2016 yang juga mencakup kerbau, maka sudah saatnya pengembangan program asuransi pertanian dilanjutkan pada usaha pertanian dan peternakan lainnya, seperti jagung, kedelai, cabai, bawang merah, tebu dan kakao, serta ternak kambing dan domba. Komoditas strategis yang banyak diusahakan petani/peternak di Indonesia dalam skala kecil perlu mendapat perlindungan jika mereka menghadapi risiko. Kajian awal tentang beberapa komoditas sudah dilaksanakan oleh Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian: (a) cabai (AUTC) dan bawang merah (AUTB) tahun 2017/18; (b) jagung (AUTJ) dan kedelai (AUTK) tahun 2018; (c) tebu (AUTT) dan kakao (AUTKa) tahun 2019; dan (d) kambing dan domba (AUTKaDo) tahun 2019. Seluruh hasil kajian ini disiapkan sebagai informasi dan pengetahuan dasar untuk menyiapkan produk asuransi pertanian hingga selanjutnya diujicobakan, ditingkatkan, dan dikembangkan menjadi skim asuransi yang aplikatif mengikuti pedoman pelaksanaannya.

Aplikasi Teknologi dalam Program Asuransi Pertanian

Pemanfaatan teknologi akan menunjang pelaksanaan program asuransi pertanian di waktu mendatang. Anggarendra *et al.* (2016) menyoroti pentingnya teknologi sebagai alat untuk memberikan informasi yang dibutuhkan petani. Pemanfaatan teknologi sejak kegiatan pendaftaran calon peserta asuransi hingga klaim karena risiko kini dimungkinkan dengan memanfaatkan peralatan dan teknologi yang relevan. Penyelenggaran program asuransi pertanian juga perlu dibantu oleh database yang dibangun untuk menunjang kegiatan skim asuransi ini.

Penggunaan teknologi dalam skim asuransi pertanian kini sudah menjadi kebutuhan. Akurasi luas lahan yang diasuransikan akan memengaruhi keseluruhan pelaksanaan skim asuransi. Pada komoditas jagung, luas

tanam pada lahan yang mengikuti batas penguasaan perlu diketahui secara pasti, termasuk juga pada lahan dengan kemiringan tertentu (lereng) atau pada lahan berbukit. *Drone* dan *Total Station* (TS) merupakan alat yang dapat mengukur luas lahan secara akurat. Penggunaan kedua jenis teknologi ini akan meningkatkan kinerja penyelenggaraan skim asuransi pertanian.

Pemanfaatan teknologi untuk memudahkan kegiatan pelaksanaan dan meningkatkan kualitas penyelenggaraan skim asuransi usaha tani juga diperlukan, seperti penggunaan *drone* dan TS diatas. Citra hasil pemotretan menggunakan *drone*, misalnya, ternyata mampu membedakan lahan jagung dan kedelai melalui tekstur dan pola gambar. Hasil pengukuran lahan menggunakan *drone* dapat memberikan luas yang lebih sempit dibanding TS pada lahan yang mempunyai kemiringan. Dengan demikian, pemanfaatan teknologi pada berbagai skim asuransi pertanian akan memberikan keadilan dalam penyelenggarannya (*fairness*) dengan tingkat keakuratan yang tinggi.

Integrasi Program Asuransi Pertanian Mendukung Persaingan Global

Tantangan Pengembangan Program Asuransi Pertanian

Diantara tujuan menyelenggarakan program asuransi pertanian adalah (a) melindungi petani dari risiko kerusakan tanaman dan kegagalan panen, (b) meningkatkan kinerja manajemen usahatani, (c) menyadari keberadaan risiko dan kemampuan mengendalikan kerusakan tanaman, (d) meningkatkan produksi dan produktivitas, (e) memperbaiki kegiatan ekonomi regional, dan (f) membuka lapangan kerja baru (Pasaribu dan Sudiyanto 2014). Sejalan dengan tujuan ini, peningkatan produksi komoditas strategis pangan dan hortikultura serta peternakan yang dilindungi oleh asuransi akan memberikan jaminan finansial (ketersediaan modal kerja) kepada petani apabila usahatannya

mengalami kerusakan tanaman/gagal panen atau kematian/ kehilangan ternak. Ditengah pengaruh negatif perubahan iklim global, pemerintah (dalam hal ini Kementerian Pertanian) berada dalam posisi yang jelas untuk mengambil inisiatif penyelenggaraan skim asuransi bagi banyak komoditas pertanian strategis. Larson et al. (2004) menyebutkan bahwa kebijakan pemerintah harus memahami dampak perubahan iklim terhadap tanaman dan menyesuaikannya dengan risiko produksi dan risiko harga yang diakibatkannya.

Tantangan dalam penyelenggaraan program asuransi pertanian cukup kompleks, mulai dari perubahan iklim global yang mengakibatkan risiko usaha tani yang sulit dikendalikan hingga ketersediaan dana sebagai modal kerja untuk melanjutkan kegiatan usaha tani. Tantangan dalam perlakuan usahatani, pengolahan, hingga pemasaran hasil menambah rumit permasalahan yang dapat mengakibatkan kerusakan tanaman hingga kegagalan panen. Dalam kondisi seperti inilah arah pengembangan asuransi pertanian menjadi sangat penting, mulai dari rencana sosialisasi hingga pelaksanaan di lapangan dengan berbagai alternatif model skim asuransi sebagai opsi pilihan yang paling menguntungkan petani. Selanjutnya, program asuransi juga perlu diorientasikan untuk mencakup komoditas strategis lain, seperti jagung, kedelai, cabai, bawang merah, domba/kambing, tebu, kopi, dan kakao. Komoditas-komoditas ini bersama petaninya perlu mendapat perlindungan risiko usahatani melalui skim asuransi pertanian.

Program asuransi pertanian hanya akan berjalan dengan baik sesuai sasaran jika terjalin komunikasi, kerjasama, dan koordinasi yang baik dan harmonis diantara semua pemangku kepentingan. Komunikasi (dua arah), (pelaksanaan) diseminasi (program), dan koordinasi (kegiatan) adalah kunci keberhasilan program asuransi pertanian. Komunikasi antara petugas dinas di lapangan dengan perusahaan pelaksana/perusahaan asuransi diproyeksikan untuk mencapai efisiensi program. Koordinasi yang efektif mendorong peningkatan kinerja program asuransi pertanian. Koordinasi penyelenggaraan asuransi pertanian masih dibutuhkan antar pelaksana teknis, khususnya di daerah.

Dalam hubungannya dengan koordinasi, kompensasi pelayanan dalam bentuk insentif, petugas pelaksana di lapangan belum teralokasi dalam perencanaan penganggaran. Mekanisme pembiayaan/pengeluaran untuk sosialisasi dan promosi belum mencakup kompensasi dan insentif (petugas lapangan: penyuluhan serta pengamat hama). Sosialisasi dan promosi program asuransi pertanian perlu mengagendakan (a) Pelaksanaan program terjadwal secara efektif di lapangan (pendaftaran/kepesertaan, prosedur pelaporan kejadian, pengajuan dan pembayaran klaim) yang diperkirakan akan mengefektifkan upaya pengalihan risiko usaha pertanian; (b) Penyiapan bahan/materi sosialisasi program asuransi pertanian dengan jadwal dan kapasitas penyelenggara; dan (c) Perencanaan kegiatan promosi mencakup kepesertaan seluruh petani target di wilayah yang bersangkutan.

Integrasi Fasilitasi Pembangunan Pertanian

Sudah sejak tiga tahun yang lalu (2017) Kementerian Pertanian telah memperkenalkan pemanfaatan **kartu tani** untuk mengefisiensikan penebusan dan pembayaran pupuk bersubsidi. Kartu Tani dirancang dan digunakan secara khusus untuk membaca alokasi pupuk bersubsidi dan transaksi pembayaran pupuk bersubsidi pada mesin EDC di tempat pengecer pupuk. Kartu ini sekaligus dapat berfungsi untuk melakukan seluruh transaksi perbankan pada umumnya. Kelak, kartu tani dapat dimanfaatkan untuk memperoleh kredit atau bahkan transaksi skim asuransi pertanian.

Skim **pembiayaan pertanian inklusif** saat ini sedang dikaji agar dapat diimplementasikan membantu petani mengatasi keterbatasan pembiayaan usaha pertanian. Skim ini dimaksudkan untuk membantu petani kecil di perdesaan yang umumnya mengalami kesulitan mengakses permodalan (dari lembaga keuangan). Skim pembiayaan pertanian inklusif dapat mendampingi skim kredit yang tersedia (KUR) untuk mendorong produksi dan produktivitas sektor pertanian. Pembiayaan pertanian inklusif mengandalkan lembaga keuangan yang sudah ada dan beroperasi di perdesaan, memperkuatnya, dan mendorong pengembangannya, seperti Lembaga Keuangan Mikro-Agrabisnis (LKM-A), Lembaga Ekonomi Masyarakat (LEM), atau Kelembagaan

Ekonomi Perdesaan (KEP) lainnya, termasuk lembaga perkreditan atau koperasi simpan-pinjam lainnya. Kemampuan lembaga-lembaga keuangan ini didorong agar dapat mengangkat sektor pertanian ke level yang lebih tinggi yang memberikan kesempatan peningkatan pendapatan bagi petani dan masyarakat perdesaan.

Penyediaan **paket program** pembangunan pertanian secara spesifik (lokasi dan sasaran) diharapkan dapat mendukung upaya peningkatan kinerja usaha pertanian, khususnya dalam peningkatan produksi komoditas pangan, hortikultura, dan peternakan. Termasuk diantara paket program ini adalah paket teknologi (budidaya dan pengolahan), serta pemasaran (agribisnis). Baik pemerintah pusat, maupun pemerintah daerah masing-masing perlu melakukan sinkronisasi dan harmonisasi pembangunan pertanian untuk menciptakan hasil yang terbaik bagi petani dan semua pemangku kepentingan lainnya.

Patut diduga bahwa suatu keadaan yang lebih menguntungkan dapat tercipta dari pengintegrasian berbagai fasilitasi pertanian untuk meningkatkan kinerja usaha pertanian. Skim asuransi pertanian yang didukung oleh skim pembiayaan usaha pertanian yang kuat akan mendorong kinerja usahatani yang efisien dan menguntungkan. Melalui berbagai perbaikan program secara konsisten dan berkesinambungan yang didukung oleh sumberdaya manusia pada berbagai level pembangunan, sektor pertanian diharapkan semakin kuat dan memiliki kemampuan berkompetisi dalam persaingan global.

Kesimpulan dan Rekomendasi Kebijakan

Kesimpulan

Program asuransi pertanian telah menjadi salah satu agenda pembangunan pertanian yang penting dan khusus dimaksudkan untuk membantu petani yang mengalami risiko kerusakan tanaman atau ancaman kegagalan panen karena bencana alam atau sebab lainnya. Kementerian Pertanian terus mengupayakan bantuan untuk melindungi petani dari kerugian risiko berusahatani ini sesuai dengan amanat Undang Undang Nomor: 19/2013 tentang Perlindungan dan Pemberdayaan Petani.

Mengetahui bahwa tujuan penyelenggaraan program asuransi pertanian adalah untuk memberikan perlindungan kepada petani jika terjadi risiko kerusakan tanaman karena banjir, kekeringan, atau serangan OPT serta mengalihkan kerugian akibat risiko tersebut kepada pihak lain, maka pemahaman tentang mekanisme pelaksanaan program asuransi pertanian menjadi sangat penting. Terlindunginya petani karena ganti kerugian yang diperoleh dari pihak lain akan membantu petani yang bersangkutan melanjutkan usahataninya.

Diatas semua upaya perlindungan ini adalah terbantunya petani dan negara melanjutkan pembangunan pertanian, meningkatnya produksi dan produktivitas, dan terdorongnya peningkatan pendapatan petani. Mitigasi risiko berusahatan menjadi cukup relevan untuk dijadikan salah satu agenda penting dalam konteks diseminasi informasi perlindungan usaha pertanian dan pengurangan risiko serta pengendalian kerusakan tanaman.

Skim AUTP dan AUTS/K telah dilaksanakan untuk membantu petani/peternak apabila menghadapi kerugian karena risiko berusahatan/beternak. Manfaat menjadi peserta asuransi pertanian (AUTP dan AUTS/K) telah dinikmati sebagian petani/peternak, meskipun secara statistik terjadi fluktuasi dalam besarnya/luasnya atau cakupan skim asuransi ini sejak 2015. Ke depan, pengembangan skim asuransi untuk mencakup berbagai komoditas strategis perlu terus dilanjutkan.

Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian akan terus melanjutkan upaya pengembangan program asuransi ini dalam berbagai kajian, evaluasi, dan tinjauan secara mendalam sehingga dapat direkomendasikan perbaikan-perbaikan penyelenggaraan untuk meningkatkan kinerja program asuransi tersebut. Kajian-kajian awal untuk (a) cabai (AUTC) dan bawang merah (AUTB) tahun 2017/18; (b) jagung (AUTJ) dan kedelai (AUTK) tahun 2018; (c) tebu (AUTT) dan kakao (AUTKa) tahun 2019; dan (d) kambing dan domba (AUTKaDo) tahun 2019 akan terus dikembangkan hingga dapat menjadi produk asuransi pertanian kedepan.

Pembayaran klaim seharusnya dimaksudkan untuk mengurangi beban finansial petani dengan membantu menyediakan modal kerja dari hasil klaim asuransi untuk memulai kembali kegiatan berusahatani. Besarnya pembayaran klaim tidak hanya dilihat sebagai upaya membantu petani, tetapi juga perlu dicermati sebagai sesuatu yang memiliki konsekuensi pengurangan produksi yang tidak sejalan dengan program pembangunan pertanian, yakni peningkatan produksi dan produktivitas. Tujuan pencapaian pembangunan pertanian nasional tidak menginginkan adanya peningkatan pembayaran klaim, meskipun hal ini sangat bermanfaat membantu penyediaan modal kerja petani.

Program asuransi pertanian juga memanfaatkan teknologi untuk lebih meningkatkan kualitas penyelenggaraan skim asuransi komoditas strategis. Hasil uji coba diberbagai daerah menunjukkan kemungkinan pemanfaatan teknologi ini agar tercipta keadilan (*fairness*) dan tingkat keakuratan dalam penyelenggaraan skim asuransi. Sementara itu, keterpaduan skim asuransi dengan skim pembiayaan pertanian (KUR dan pembiayaan pertanian inklusif) dinilai dapat lebih mendorong upaya peningkatan produksi dan produktivitas pertanian di masa yang akan datang.

Rekomendasi Kebijakan

Mitigasi risiko dan pengendalian kerusakan tanaman perlu dilaksanakan sedini mungkin untuk mencegah kerusakan tanaman yang lebih luas dan mengusahakan keberhasilan petani memperoleh pendapatan yang lebih besar dibandingkan dengan hanya memperoleh ganti rugi (dari skim asuransi) yang hanya bersifat membantu meringankan kerugian petani.

Diantara upaya yang dilakukan dalam mitigasi risiko dan pengendalian kerusakan tanaman/kematian ternak adalah:

1. Sosialisasi (*socialization*) dalam konteks asuransi pertanian di sini lebih pada pengertian dalam “upaya pemberitahuan” atau “*getting to know*”. Kegiatan sosialisasi harus direncanakan dengan baik dengan melibatkan pemangku kepentingan (pemberi informasi) yang relevan dengan kelompok sasaran (penerima informasi),

dengan penyelenggaraan mengikuti cara, waktu, dan tempat (ruang) yang tepat. Tanpa kegiatan sosialisasi, keberhasilan teknologi yang diperkenalkan diduga akan mengalami hambatan dalam pelaksanaan (secara teknis) maupun hambatan dalam mencapai keberhasilan (secara sosial).

2. Promosi (promotion) dalam konteks asuransi pertanian saat ini berarti kegiatan berkaitan dengan peningkatan, perluasan, atau pencapaian yang lebih tinggi atas aplikasi skim asuransi yang sedang dilaksanakan. Promosi diberikan kepada pemanfaatan teknologi pertanian yang sudah diterima (*acceptable*) dan memberikan hasil (*advantage*) yang dinikmati masyarakat tani. Promosi diselenggarakan oleh pemangku kepentingan untuk meningkatkan kinerja usaha pertanian (tanaman pangan atau peternakan) dan memperluas cakupan wilayah aplikasi serta mencapai hasil yang lebih baik dan atau lebih menguntungkan para pihak yang terlibat didalamnya.
3. Memperkenalkan dan mengaplikasikan teknologi baru yang bersifat mengurangi risiko, namun mampu meningkatkan produksi dan produktivitas. Inovasi budidaya merupakan harapan petani dalam meneruskan usaha pertanian sebagai mata pencaharian secara berkesinambungan.
4. Pendekatan yang dilakukan petugas terhadap petani memerlukan komunikasi yang efektif dan melibatkan tokoh yang disegani/petani andalan di wilayah sasaran. Pengurus kelompok tani/gapoktan memegang peranan penting dalam pengenalan dan aplikasi teknologi ini. Mengaitkan teknologi dengan paket anjuran usaha tani yang baik diharapkan dapat memperbaiki kinerja usaha tani dan sekaligus menjadi media mitigasi risiko dan pengendalian kerusakan tanaman.
5. Pengendalian tanaman sedini mungkin adalah prosedur dasar yang dilakukan petani atau petugas lapang untuk mencegah serangan yang mengakibatkan meluasnya kerusakan tanaman. Dinas pertanian setempat yang dibekali dengan sumberdaya dan langkah-langkah upaya pencegahan kerusakan tanaman sejak dini diharapkan dapat dilakukan melalui penanganan bencana atau serangan OPT.

6. Dalam konteks ini, komunikasi antara petani dengan petugas lapang menjadi sangat penting untuk mengatur tindakan operasional pencegahan. Selanjutnya, petugas lapangan dan dinas pertanian setempat dengan mengikuti prosedur administrasi/operasional dapat melakukan tindakan segera untuk menghindari kerugian petani yang lebih besar. Peran aktif kepala dinas pertanian sebagai pemangku kepentingan/pihak yang bertanggungjawab terhadap keberhasilan pembangunan pertanian di wilayah kerjanya sangat diharapkan memberikan teladan sesuai dengan kewenangan yang dimilikinya.

Memerhatikan keempat bagian kegiatan dalam kaitan dengan mitigasi risiko dan pengendalian kerusakan tanaman/kematian ternak, beberapa saran operasional pelaksanaannya diuraikan sebagai berikut:

1. Kegiatan sosialisasi dan promosi program asuransi pertanian perlu dijadikan sebagai salah satu prioritas dalam kegiatan fungsional dinas pertanian/peternakan setempat. Kegiatan sosialisasi dan promosi harus mendapat prioritas kegiatan dan tidak boleh dilakukan hanya “menumpang” pada kegiatan lain yang sedang dilaksanakan oleh petugas dinas setempat, meskipun keadaan seperti ini dapat diterima. Komunikasi antara petugas dinas setempat (provinsi/kabupaten) dengan petugas pelaksana asuransi (perusahaan asuransi) harus terbina dengan baik dengan masing-masing berlomba mengambil inisiatif.
2. Publikasi dan diseminasi informasi dalam berbagai bentuk (tercetak, e-media, pameran, dll) perlu diperluas dalam berbagai kesempatan, khususnya diseminasi secara lokal. Promosi secara internal pada kalangan petani/peternak disarankan untuk dilakukan secara intensif untuk mengurangi keraguan atau sifat *reluctant* petani/peternak untuk ikut serta dalam program asuransi. Para petani yang belum pernah menghadapi bencana alam atau risiko berat (gagal panen) mungkin merasa tidak memerlukan program asuransi pertanian, sehingga mereka ini perlu dijadikan sasaran utama promosi program asuransi pertanian (dengan menekankan materi mitigasi risiko).

3. Intensitas dan kapasitas kegiatan sosialisasi dan promosi program perlindungan usahatani melalui asuransi pertanian harus ditingkatkan untuk memperdalam pengetahuan kelompok sasaran (petani) dan memperluas cakupan penyelenggaranya. Dalam kaitan ini, sosialisasi dan promosi program asuransi pertanian perlu mengagendakan: (i) Pelaksanaan program terjadwal secara efektif di lapangan (pendaftaran/kepesertaan, prosedur pelaporan kejadian, pengajuan dan pembayaran klaim) yang diperkirakan akan mengefektifkan upaya pengalihan risiko usaha pertanian; (ii) Penyiapan bahan/materi sosialisasi program asuransi pertanian dengan jadwal dan kapasitas penyelenggara; dan (iii) Perencanaan kegiatan promosi mencakup kepesertaan seluruh petani target di wilayah yang bersangkutan.
4. Inisiatif petugas (dinas dan perusahaan asuransi) diharapkan dapat mengatasi kendala kesenjangan informasi tentang mitigasi risiko dan pengendalian kerusakan tanaman. Interaksi diantara pemangku kepentingan diduga mampu meningkatkan kapasitas penyelenggaraan kegiatan sosialisasi dan promosi asuransi pertanian. Membangun komunikasi antar sesama pemangku kepentingan mutlak dilakukan untuk mencapai tingkat kerjasama yang lebih baik dan yang selanjutnya dapat digunakan untuk meraih tingkat koordinasi yang lebih harmonis.

Daftar Pustaka

- Abdullah, A.M., A.G. Auwal, S. Darham, and A. Radam. 2014. Farmers Willingness to Pay for Crop Insurance in North West Selangor Integrated Agricultural Development Area (IADA), Malaysia. J. ISSAAS. 20 (2): 19-30.
- Anggarendra, R., C.S. Guritno, and M. Singh. 2016. Use of Climate Information for Rice Farming in Indonesia. In Kaneko, S. and M. Kawanishi (Eds.): Climate Change Policies and Challenges in Indonesia. Japan: Springer, pp 295-304.
- Biro Perencanaan Pertanian, Kementerian Pertanian. 2012. Evaluasi Pelaksanaan Kegiatan Gerakan Peningkatan Produksi Pangan Berbasis Korporasi (GP3K). Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.

- Darwis, V, E.L. Hastuti, and S. Friyatno. 2006. Revitalisasi Kelembagaan Kemitraan Usaha Dalam Pembangunan Agribisnis Hortikultura di Provinsi Sumatera Utara. *Forum Agro Ekonomi*. 24 (2): 123-134.
- Dermoredjo, S.K., S.M. Pasaribu, D.H. Azahari, E.S. Yusuf, S. Adhie, and Munawar. 2018. Kajian Dampak dan Kebijakan Sektor Pertanian Dalam Kerjasama MEA dan RCEP. Laporan Akhir TA 2018. Bogor (ID): Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian.
- Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian. 2018. Pedoman Bantuan Premi Asuransi Usaha Tani Padi (AUTP). Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian. 2018. Pedoman Bantuan Premi Asuransi Usaha Ternak Sapi/Kerbau. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Direktorat Pembiayaan Pertanian, Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian. 2017. Evaluasi Pelaksanaan Asuransi Pertanian Tahun 2017 dan Rencana Tahun 2018. Makalah disampaikan dalam pertemuan Evaluasi Pelaksanaan Asuransi Pertanian di Batam, 15-16 Desember 2017. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Direktorat Pembiayaan Pertanian. 2012. Pedoman Umum Program Asuransi Pertanian: Melindungi dan Meningkatkan Kesejahteraan Petani. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Duncan, J., and R. Myers. 2000. Crop Insurance under Catastrophic Risk. *Am. J. of Ag. Econ.* 82 (4): 842-855.
- Epetimehin, F. 2010. Agricultural Insurance in Nigeria and its Economic Impact. Joseph Ayo Babalola University. SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1602926> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1602926> (24 Maret 2018).
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2011. Agricultural Insurance in Asia and the Pacific Region. RAP Publication 2011/12. Bangkok (TH): Food and Agriculture Organization of the United Nation.

- Frank, H., J. Tola, A. Engler, C. Gonzalez, G. Ghezan, J.M.P. Vazquez-Alvarado, J.A. Silva, J. de Jesus Espinoza, and M.V. Gottret. 2007. Building Public-Private Partnerships for Agricultural Innovation. Washington DC (US): IFPRI.
- Glauber, J.W. 2015. Agricultural Insurance and the World Trade Organization. IFPRI Discussion Paper 1473. Washington, DC (US): IFPRI.
- Hazell, P.B.R. 1992. The Appropriate Role of Agricultural Insurance in Developing Countries. *Journal of International Development*. First published: November/December 1992. <https://doi.org/10.1002/jid.3380040602> (16 September 2019).
- Insyafiah, dan I. Wardhani. 2014. Kajian Persiapan Implementasi Asuransi Pertanian Secara Nasional. Jakarta (ID): Kementerian Keuangan Badan Kebijakan Fiskal Pusat Pengelolaan Risiko Fiskal.
- Kementerian Pertanian. 2015. Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 03/Permentan/OT.140/2/2015 tentang Pedoman Upaya Khusus (Upsus) Peningkatan Produksi Padi, Jagung dan Kedelai Melalui Program Perbaikan Jaringan Irigasi dan Sarana Pendukungnya Tahun 2015. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Kementerian Pertanian. 2009. Rancangan Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2010-2014. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Larson, D.F., J.R. Anderson, P. Varangis P. 2004. Policies on Managing Risk in Agricultural Markets. *The World Bank Research Observer* 19 (2)
- Mahul O, Stutley CJ. 2010. Government Support to Agricultural Insurance: Challenges and Options for Developing Countries. Washington, DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/698091468163160913/Government-support-to-agricultural-insurance-challenges-and-options-for-developing-countries> (24 Maret 2018).

- Pasaribu, S.M. and A. Sudiyanto. 2016. Agricultural Risk Management: Lesson Learned from the Application of Rice Crop Insurance in Indonesia. In Kaneko, S. and M. Kawanishi (Eds.): Climate Change Policies and Challenges in Indonesia. Springer. Japan. pp. 305-322.
- Pasaribu SM, Sudiyanto A, Landay MM, Siswoyo, Ali M. 2013. Pelaksanaan Pilot Project Asuransi Pertanian di Indonesia. Laporan Supervisi. Kerjasama antara Kementerian Pertanian, Bappenas dengan JICA. Jakarta.
- Pasaribu SM, Anugrah IS, Ariningsih E, Agustin NK, Askin A. 2009. Pilot Project Sistem Asuransi untuk Usahatani Padi. Laporan Penelitian. Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan. Bogor.
- Pramono J, Basuki S, Widarto. 2005. Upaya Peningkatan Produktivitas Padi Sawah Melalui Pendekatan Pengelolaan Tanaman dan Sumberdaya Terpadu 2005. Agrosains 7(1): 1-6.
- Robertson, A. W. 2013. Developing Climate Services for Climate Risk Management: Role of Science and Technology. Makalah dipresentasikan dalam "Workshop on Sustained Partnerships and Capacity for Climate Risk Management". Bogor, 18 Desember 2013. Kerjasama antara PERHIMPI, USAID, Columbia University, CCROM, dan IPB, Bogor.

MANAJEMEN TEKNOLOGI
DIGITAL DAN REKAYASA
GENETIK

Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Pertanian di Era Industri 4.0

**Rizatus Shofiyati, Haryono,
dan Sahat M. Pasaribu**

Jumlah penduduk Indonesia tahun 2015 sebesar 255,5 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2018). Menurut Pusat Kebijakan Perdagangan Dalam Negeri (2013), dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,19% (2020 - 2025), proyeksi tahun 2020 menjadi 271,1 juta jiwa dan tahun 2025 diperkirakan mencapai 284,8 juta jiwa. Bisa dipastikan akan terjadi peningkatan kebutuhan konsumsi pangan pasti akan terjadi seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Di sisi lain, alih fungsi lahan pertanian di Indonesia cenderung meningkat dari penggunaan pertanian ke non pertanian.

Sektor pertanian memiliki peran strategis dalam pembangunan nasional karena berkontribusi secara nyata dalam penyediaan pangan. Akan tetapi, tidaklah mudah meningkatkan produksi pangan dengan masih adanya beberapa kendala atau permasalahan mendasar. Menurut Sumaryanto (2009), kendala yang dihadapi dalam

peningkatan ketersediaan produksi pangan adalah: laju perluasan lahan pertanian baru sangat rendah dan konversi lahan pertanian ke non pertanian sulit dikendalikan, serta degradasi sumber daya air dan kinerja irigasi serta turunnya tingkat kesuburan fisik dan kimia lahan pertanian, sehingga pertumbuhan luas panen menjadi sangat terbatas dan terjadi gejala kemandegan dalam pertumbuhan produktivitas.

Permasalahan lainnya adalah jumlah tenaga petani yang dari tahun ke tahun semakin berkurang. Data terakhir Badan Pusat Statistik (2019) menunjukkan hanya 4,2 persen pekerja dari jumlah penduduk bekerja

124,01 juta jiwa berada di sektor pertanian. Lebih dari 80% petani di Indonesia berusia lebih dari 50 tahun dan berpendidikan rendah. Kebutuhan regenerasi petani tidak didukung dengan minimnya pemuda yang berada di sektor pertanian.

Menyikapi berbagai kendala tersebut, agar kebutuhan pangan dapat terpenuhi, pengelolaan sumber daya pertanian dan pangan dapat dilakukan secara efisien dan optimal, pemanfaatan teknologi di sektor pertanian sangat diperlukan. Penggunaan teknologi juga harus dibarengi dengan peningkatan sumber daya manusia dan penguasaan teknologi.

Banyak teknologi yang bisa dimanfaatkan untuk mendukung pembangunan pertanian 4.0. Salah satunya teknologi penginderaan jauh. Inderaja menjadi sangat penting dimanfaatkan di Indonesia, mengingat lahan pertanian tersebar di wilayah Nusantara yang luas di banyak pulau yang terpisah oleh lautan. Di wilayah darat, terdiri dari berbagai ekosistem, dari pantai terbuka yang datar sampai pegunungan yang terjal tertutup hutan yang lebat, dimana pemantauannya menjadi sulit ketika aksesibilitas jalan tidak selalu tersedia. Cakupan yang luas dengan resolusi rendah, menengah, dan detail (multi spasial), dapat merekam kondisi lahan pertanian bahkan di area terpencil yang sulit aksesibilitasnya melalui darat. Akuisisi secara berkala (multi waktu), setiap 15 hari bahkan harian, dapat memberikan informasi *historical* maupun *real time*. Selain itu, spesifikasi data yang mempunyai band-bandnya yang dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasi obyek dengan baik (multi spektral dan multi sensor). Dengan kemampuan tersebut, teknologi yang dapat merekam kondisi permukaan lahan secara seri waktu bisa digunakan untuk memantau kondisi lahan pertanian di seluruh Indonesia secara lebih efektif dan efisien.

Pada Era Industri 4.0 ini, teknologi inderaja dan datanya yang diakuisisi dari berbagai wahana telah banyak digunakan untuk memonitor permukaan bumi, termasuk di bidang pertanian. Dalam tulisan ini, dijelaskan bagaimana sebaiknya penggunaan data inderaja dalam mendukung Pertanian di Era Industri 4.0, agar pemanfaatannya lebih optimal, baik untuk pemantauan maupun pengeloaan lahan.

Penginderaan Jauh di Bidang Pertanian

Konsep penginderaan jauh adalah ilmu dan teknologi berdasarkan karakteristik objek yang dapat diidentifikasi tanpa kontak langsung (Lillisand et al. 2015; Drury 1990; Sabins 1987). Penginderaan jauh juga didefinisikan oleh Samarakoon (2000), sebuah teknologi untuk mengamati ukuran, bentuk, dan karakter objek tanpa kontak langsung dengan obyek yang diamati. Pada dasarnya, penginderaan jauh adalah proses mendeteksi dan memantau karakteristik fisik suatu daerah dengan mengukur radiasi yang dipantulkan dan dipancarkan pada jarak dari daerah yang ditargetkan (Lindgern 1985, Curran 1985, Campbell 1987).

Menurut Ngie et al. (2014) penginderaan jauh dapat dianggap sebagai metode cepat dan relatif hemat biaya untuk mempelajari parameter biofisik dan biokimia dari vegetasi pada daerah yang luas. Dengan data yang multi spektral, multi sensor, multi spasial, multi waktu, multi polar, dan multi tahap (stage) (Shofiyati et al. 2011), teknologi ini mampu memberikan berbagai informasi obyek di permukaan bumi secara spasial dan berseri waktu. Pemilihan sensor yang sesuai dengan perhatian khusus pada resolusi spasial dan spektral serta teknik pengolahan dan proses validasi merupakan hal yang penting untuk aplikasi penginderaan jauh untuk identifikasi tanaman dan produksinya.

Satelit inderaja sudah banyak dimiliki dan digunakan oleh berbagai negara untuk memantau sumber daya alam, khususnya lahan pertanian. Satelit memberikan informasi dengan cakupan yang luas dengan akuisisi yang lebih sering dan kontinyu. Data citra selain diakuisisi menggunakan wahana satelit, data juga dapat diakuisisi dari berbagai jenis wahana lain, seperti Airborne, Pesawat nir/tanpa Awak.

Pesawat nir/tanpa awak (UAV - *Unmanned Automated Vehicle*) yang banyak digunakan di bidang pertanian adalah drone. UAV dan airborne biasanya digunakan pada penggunaan pada kegiatan yang lebih spesifik dan diperlukan dalam waktu secepatnya. Bahkan *smartphone* dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan data citra tersebut.

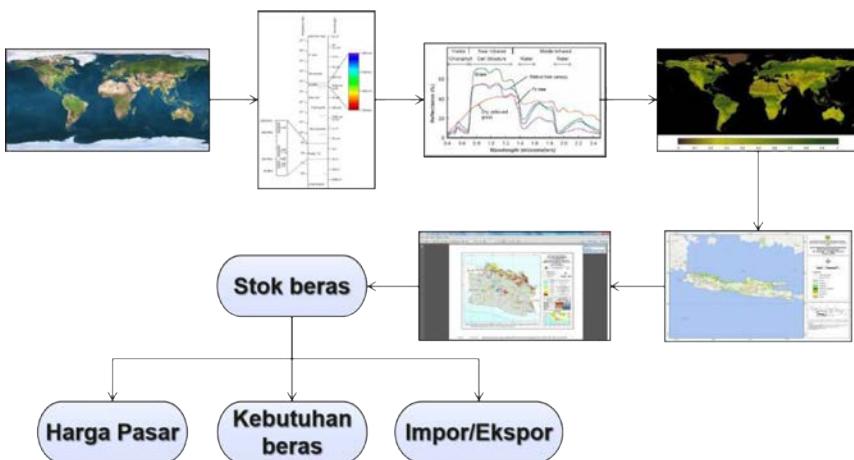
Data inderaja di Era Industri 4.0 sudah sangat beragam dan banyak tersedia bebas. Saat ini data citra telah mempunyai spesifikasi yang bermacam ragam. Data terbaru citra memiliki resolusi spasial sangat detail sampai 0,60 m, akuisisi <24 jam, dengan informasi spektral yang sangat tinggi, bahkan >200 band (wiweka 2008, Suwargana 2013). Keragaman data citra yang berkembang pesat memungkinkan pengguna untuk memanfaatkannya di berbagai bidang. Data inderaja yang banyak digunakan saat ini untuk pemantauan operasional di bidang pertanian adalah data satelit MODIS Terra, Landsat 8, SPOT 6 dan 7, dan Sentinel 1 dan 2.

Menurut Hyrien (2017) empat hal yang menjadi kekuatan data inderaja dalam pemanfaatannya dalam pertanian, yaitu revolusi dan resolusi, spektrum, panjang gelombang menjadi informasi kesehatan tanaman, serta pemrosesan. Pemilihan resolusi spasial dan waktu sangatlah penting disesuaikan dengan kebutuhannya. Biasanya citra yang mempunyai resolusi spasial tinggi mempunyai temporal rendah atau sebaliknya. Saat ini belum ada citra satelit resolusi temporal spasial dan tinggi yang ditawarkan murah atau gratis. Oleh karenanya diperlukan trade-off atau pertimbangan konsekuensi dalam memilih berdasarkan kebutuhan. Spasial tinggi, temporal rendah terbaik untuk alat presisi yang memerlukan analisis *intrafield*. Sedangkan spasial rendah, temporal tinggi baik untuk pemantauan tanaman. Penggunaan data harian dalam skala global memungkinkan manajemen waktu menjadi lebih efisien dan efektif.

Selain pemilihan resolusi spasial dan temporalnya, pemilihan spektral juga sangat menentukan untuk mendapatkan informasi yang diperlukan. Respon spektral diukur dari panjang gelombang radiasi elektromagnetik yang dipantulkan oleh target di Bumi yang dapat memberikan informasi tentang objek berbeda. Setiap alat penginderaan jauh memiliki pita spektral yang berbeda. Oleh karenanya data yang diakuisisi dari berbagai sumber tidak dapat dibandingkan satu sama lain tanpa melakukan

kalibrasi silang data secara hati-hati. Panjang gelombang dan intensitas respons spektral dapat diterjemahkan menjadi informasi tanaman yang diperlukan. Data tersebut dapat dianalisis untuk identifikasi aktivitas biomassa dan klorofil, bahkan suhu permukaan bumi. Pada tanaman, panjang gelombang inframerah-dekat yang lebih banyak memantulkan radiasi daripada pada panjang gelombang yang terlihat menunjukkan tanaman yang lebih sehat. Jika terjadi sebaliknya, maka tanaman dapat diindikasikan tidak sehat atau lahan tanpa tanaman. Kombinasi kedua gelombang tersebut dengan thermal bisa digunakan untuk mengidentifikasi kekeringan di lahan pertanian.

Pemilihan spesifikasi citra dipadu dengan kekuatan dalam pengolahan citra yang baik dapat mengubah dari data yang hanya berupa gambar berwarna-warni menjadi memiliki informasi aktual yang dapat dimanfaatkan oleh pengguna. Oleh karenanya pengetahuan tentang beberapa konsep kunci membantu untuk memahami dengan lebih baik kelayakannya dan dalam memilih metode pengolahan data. Gambar 1 menunjukkan data satelit yang dalam bentuk band-band mengandung informasi yang dapat diperlihatkan dalam bentuk pola spektral dari setiap obyek yang terekam dari permukaan bumi. Berdasarkan pola spektral tersebut dapat diturunkan menjadi informasi kehijauan, kelembaban, dan lain-lain. Pemahaman konsep kunci dipadu dengan kekuatan pemrosesan inilah, pengguna dapat mengidentifikasi obyek-obyek di permukaan bumi, dan secara spesifik dapat diterjemahkan menjadi informasi yang dibutuhkan, antara lain fase pertumbuhan tanaman, luas tanam dan panen, kebutuhan sarana produksi (benih, pupuk, pestisida, air dan sebagainya), sampai pada estimasi stok beras, perkiraan harga pasar, kebutuhan beras, bahkan import dan eksport pangan.



Gambar 1. Kekuatan pemrosesan pada pemilihan data citra yang tepat menjadi informasi yang bermanfaat untuk pertanian

Bagaimana Pemanfaatan Inderaja untuk Pertanian di Indonesia Sampai Saat Ini?

Ada tiga Lembaga yang mempunyai peranan penting dalam penyediaan data yang diperlukan sebelum diolah menjadi informasi pertanian. Lembaga tersebut adalah Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional (LAPAN), Badan Informasi Geospasial (BIG) dan Badan Pusat Statistik (BPS). LAPAN adalah pemegang mandat Undang-undang No. 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan mempunyai kewenangan menyediakan data satelit penginderaan jauh untuk kebutuhan semua sektor.

Pemanfaatan data inderaja, tidak boleh lepas dari program *one map one policy* (satu peta, satu kebijakan) yang merupakan amanat Undang Undang no. 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial. BIG harus melaksanakan standarisasi data geospasial sehingga terwujud koherensi atau harmonisasi analisis keruangan dari tingkat nasional sampai tingkat lokal (unit desa) berjalan selaras, tidak ada perbedaan dalam sistem koordinat kebumian dan sistem proyeksi spasial.

Sedangkan BPS menurut Undang-undang No. 16 tahun 1997 tentang Statistik, merupakan lembaga yang mempunya mandat menyediakan informasi statistik. BPS dalam hal ini merupakan pengguna data LAPAN dan BIG, juga berperan sebagai penyedia informasi statistik untuk publik, termasuk informasi pertanian.

Kondisi data terkait pertanian saat ini, dimana peta baku lahan sawah yang dibuat dari data satelit inderaja SPOT 6, sebagai peta dasar berbagai informasi pangan telah dipublikasi oleh Kementerian KPR/BPN bersama BIG dan LAPAN. Walaupun BPS telah menggunakan peta sawah sebagai peta dasar menentukan lokasi ubinan, akan tetapi, sampai saat ini dalam analisisnya, BPS masih menggunakan metoda pengamatan di lapangan, tidak memanfaatkan data inderaja.

Sebenarnya penggunaan inderaja baik pada tingkat penelitian maupun operasional telah digunakan di bidang pertanian. Penelitian tentang identifikasi tanaman padi telah dilakukan sejak tahun 1997 oleh Badan Litbang Pertanian - Kementerian Pertanian. Akan tetapi baru tahun 2014, Kementerian menggunakan data inderaja (MODIS Terra resolusi 250 m x 250 m) secara operasional untuk pemantauan tanaman padi dalam mendukung upaya khusus swasembada beras. Sebenarnya sejak tahun 1970an foto udara (cetakan) telah digunakan untuk membantu pemetaan tanah di Indonesia.

Beragam sistem informasi monitoring pertanian berbasis inderaja dan sistem informasi geografi juga telah dikembangkan di beberapa institusi di Indonesia. Akan tetapi beberapa sistem informasi ini seolah mati suri, pemanfaatannya belum optimal. Kenapa? Gambar-gambar yang ditampilkan hanya bisa dilihat, tidak bisa diunduh, atau bisa diunduh sebagai gambar tanpa info geografi. Informasi berharga yang ada tidak dapat diolah dan dimanfaatkan lebih lanjut. Di lain pihak, jika data terbuka dan bebas unduh, dikhawatirkan akan disalahgunakan dan informasi yang sama akan tersedia dalam bermacam-macam versi. Oleh karenanya kebijakan satu peta satu kebijakan atau dikenal *One Map One Policy* harus berjalan dengan baik.

Sejauh mana *One Map One Policy* sudah berjalan di Indonesia? Menurut Yudono (2014), kunci sukses pelaksanaan program *one map one policy* tergantung kesediaan institusi untuk melakukan sharing data dan pertukaran data. Suatu organisasi atau institusi bersedia melakukan sharing dan pertukaran data tergantung pada tingkat kematangan organisasi tersebut. Kok and Loenen (2005) memperkenalkan tingkat kematangan organisasi untuk melakukan sharing data dan pertukaran data dalam 4 kategori, yaitu 1) *stand alone* (berdiri sendiri); 2) *exchange standarisation* (adanya standarisasi dalam sharing dan pertukaran data); 3) *intermediary* (perantara) dan 4) *network* (jaringan).

Indonesia berada pada tingkat yang mana? Pada tingkat antara *exchange* dan *intermediary*. Institusi berinisiasi untuk melakukan kolaborasi sepanjang memiliki kepentingan yang sama namun sifatnya masih teraplikasi dalam jangka pendek. Beberapa institusi mulai peduli untuk melakukan kolaborasi dalam sharing dan pertukaran data, walaupun masih terbatas dalam kelompok kecil.

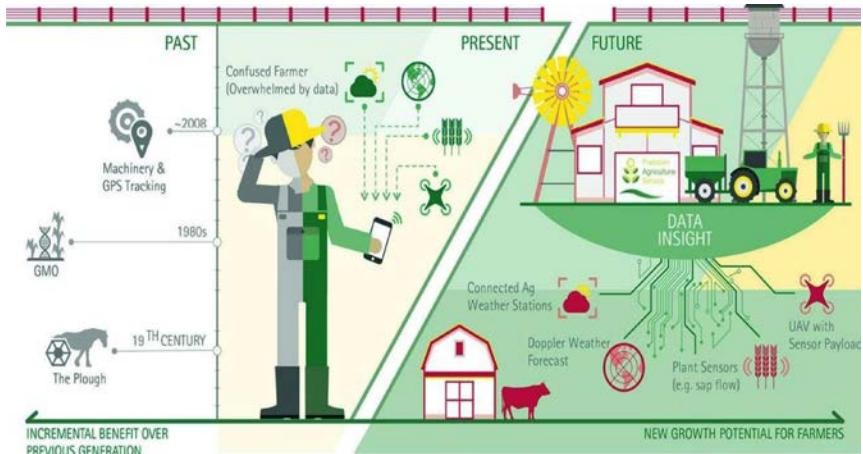
Prospek Penginderaan Jauh untuk Pertanian di Indonesia di Era Industri 4.0

Di Era industri 4.0, LAPAN harus mempunyai program di kawasan Asia Pacific dan untuk mendukungnya, Kementerian harus mendisain keperluannya. Apa kebutuhan untuk membangun Pemanfaatan inderaja untuk pertanian Era Industri 4.0. Untuk menjawab pertanyaan tersebut, kita harus melihat bagaimana prospek pemanfaatan teknologi inderaja untuk pertanian? Di Indonesia, sebagian petani telah mengenal dan menggunakan peralatan, seperti traktor kecil, mesin pemanen, dan lain-lain, untuk mengelola lahan mereka. Akan tetapi penggunaannya masih sangat tergantung pada tenaga kerja manual. Peralatan *self-driving* yang sudah menjadi kenyataan dan tidak terbatas pada mesin pertanian kecil tetapi juga mesin besar, belum banyak digunakan. Padahal banyak operasional lapangan dapat dilakukan secara otomatis yang dapat menghemat waktu dan tenaga manusia.

Menurut Bonneau et al. (2017), pertanian di era 4.0 harus mampu menggabungkan produktivitas dan kecepatan untuk merespons pasar, membuat sistem yang lebih produktif dan kompetitif. Banyak teknologi yang memungkinkan untuk menciptakan pertanian modern. Akan tetapi, umumnya petani di Indonesia masih mengelola lahan secara tradisional. Oleh karenanya dalam memilih teknologi harus mempertimbangkan beberapa faktor, seperti kemudahan penggunaan teknologi tersebut dan biaya yang murah dalam aplikasinya.

Teknologi inderaja memungkinkan menghadirkan sistem otomatis di lingkungan pedesaan. Saat ini, teknologi ini sudah banyak digunakan untuk pemantauan tanaman pertanian, melalui kemampuan deteksi objek melalui sistem multi-kamera, teknologi radar dan lidar. Pengembangan teknologi ini lebih lanjut, dapat digunakan untuk automatisasi pengoperasian peralatan pertanian, seperti traktor, drone penyemprotan hama dan aplikasi pupuk dan air (Chen et al. 2016; Pusztai et al. 2018; Halachmi et al. 2003).

Pengelolaan pertanian mengalami evolusi menjadi pertanian berbasis digital. Penggunaan data digital tersebut mempermudah perusahaan dalam mengelola lahan secara otomatis. Pengembangan sistem terintegrasi atau kolaborasi antara beberapa rover darat dan drone udara kecil dengan teknologi inderaja dapat meningkatkan fungsinya secara otomatis, sehingga pengelolaan lahan dapat dilakukan secara lebih efisien dan efektif (Gambar 2).



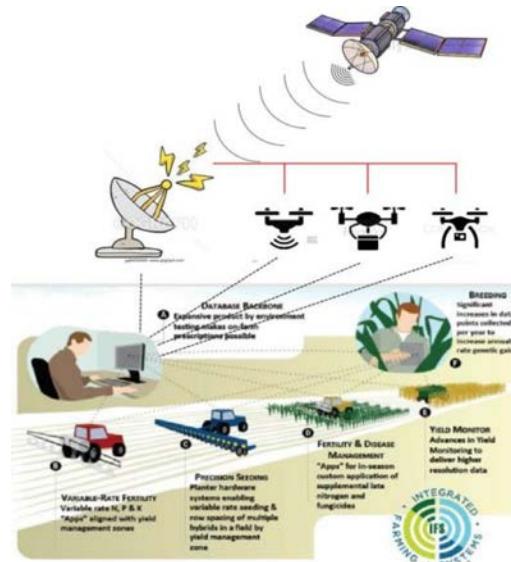
Gambar 2. Evolusi pertanian 4.0 berbasis digital di masa depan
sumber: Accenture, 2017

Menurut Maddox (2018), dua kunci atau alasan petani memanfaatkan teknologi adalah peningkatan hasil panen dan pengurangan biaya. Teknologi harus bisa menurunkan biaya input, meningkatkan output, mengurangi tenaga kerja, atau meningkatkan nilai produk. Dengan kemampuannya, pemanfaatan inderaja dapat mengurangi biaya dan mempercepat pemberian informasi, yang secara tidak langsung dapat membantu petani untuk mengolah lahannya dengan lebih baik sehingga bisa meningkatkan produksi pertaniannya. Oleh karenanya, teknologi inderaja dapat dimanfaatkan untuk mendukung pertanian modern.

Agar pemanfaatannya optimal, teknologi inderaja harus diintegrasikan dengan tiga hal yang tidak kalah penting, yaitu *Internet of Thing* (IoT) dan Artificial Intelligent (AI), dimana konsep yang dibawa adalah cyber-physical system. Teknologi IoT memungkinkan untuk menggunakan pendekatan cerdas dan jarak jauh, karena pada dasarnya IoT dapat memperluas kontrol jarak jauh dari bermacam-macam peralatan atau gadget yang saling berhubungan menjadi aplikasi real time.

Bagian mendasar dari IoT adalah sensor, aktuator, kerangka kerja tertanam, dan koneksi internet. Oleh karenanya aplikasi IoT sangat memungkinkan untuk diintegrasikan dengan inderaja untuk membangun pertanian cerdas. Menurut David (2010), AI juga sangat memungkinkan dilakukan pada inderaja, dimana dapat dilakukan pengkelasan dengan mempelajari karakteristik data dalam citra inderaja, seperti pengkelasan tipe penggunaan lahan, fase padi, dan lain-lain.

Industri 4.0 tidak hanya bercerita tentang internet of things dan big data. Konsep yang ingin dibawa adalah cyber-physical system. Untuk mengintegrasikan semuanya diperlukan *Cyber-physical system*, mengintegrasikan semua perangkat untuk membuat komunikasi antara satu perangkat keras dengan perangkat keras yang lain (*Machine to Machine Communication*) (Kaplan dan Haenlein 2018). Inderaja yang terintegrasi dengan IoT, AI dan CPS (*Integrated Remote Sensing - IRS*) memungkinkan pengelolaan yang lebih efisien (Gambar 3).



Gambar 3. IRS untuk pengelolaan lahan pertanian
sumber: Chatsko, 2014

Contoh pemanfaatan penginderaan jauh terintegrasi adalah teknologi irigasi dengan sensor digital, dimana informasi kelembaban tanah di lahan yang dapat dideteksi dari data inderaja diteruskan secara nirkabel menggunakan hp android, yang selanjutnya secara otomatis dapat menyalakan dan mematikan pompa untuk irigasi secara online dengan memanfaatkan *solar cell* sebagai sumber energi (pompa). Pemanfaatan sensor digital untuk sistem irigasi tanaman otomatis menggunakan sensor nirkabel telah banyak dikembangkan (Zulkifli et al. 2016, Putranto et al. 2018,). Selain itu juga penggunaan teknologi drone biopestida untuk pengendalian hama tanaman dan teknologi pertanian ramah lingkungan, dan teknologi *remote control* untuk mengendalikan traktor dan mesin pertanian lainnya juga sudah banyak diimplementasikan dalam pengelolaan lahan pertanian di tingkat petani. Jika teknologi dengan menggunakan sensor sudah bisa dilakukan, maka pengembangannya dengan penggunaan inderaja akan sangat mudah.

Inderaja terintegrasi atau IRS dapat diterapkan apabila data/peta yang tersedia sudah satu referensi yang sama, sehingga dapat diintegrasikan satu sama lain. Selain itu ada beberapa hal yang perlu dilakukan agar data dan teknologi inderaja dapat dimanfaatkan secara operasional di Indonesia, yaitu:

1. Optimalisasi infrastruktur fasilitas dan data

Pemanfaatan infrastruktur yang ada perlu dioptimalkan melalui kerjasama antar Kementerian/Lembaga. Demikian pula pengolahan data inderaja yang tersedia perlu dilakukan sesuai tugas dan fungsi masing-masing K/L. Dengan melakukan optimalisasi infrastruktur yang telah tersedia pada K/L sesuai dengan tugas dan fungsinya dapat mengefisiensikan biaya, sumber daya manusia, dan waktu. Selain infrastuktur peralatan maupun kemampuan sumber daya manusia yang dimiliki oleh setiap K/L tersebut sudah dirancang sesuai dengan fungsinya. Terbukti dengan pengadaan citra melalui satu pintu sesuai Undang-undang nomor 21 tahun 2013 tentang Keantarksaan dan Instruksi Presiden nomor 6 tahun 2012 yang isinya menyinergikan penyediaan citra satelit (Lingga, 2019).

Penyediaan data satelit oleh Pemerintah melalui kerjasama LAPAN dan BIG yang disediakan untuk semua K/L dapat menghemat anggaran negara hingga Rp 13 Triliun (Uly, 2019).

LAPAN tidak menutup kemungkinan institusi lain baik pemerintah maupun swasta untuk menyelenggarakan data citra dengan melalui standard mekanisme yang telah ditentukan. Untuk itu perlu menurut Yudono (2014) ada 3 hal penting yang perlu dilakukan, adalah 1) regulasi untuk mengatur keterlibatan instansi pemerintah, lembaga atau swasta dan perseorangan dalam penyelenggaraan data geospasial; 2) standard metode dan tata cara penyelenggaraan data geospasial; serta 3) mekanisme peran serta organisasi atau perseorangan.

2. Integrasi dan sinergi sistem informasi

Saat ini setiap K/L mengembangkan sistem informasi sesuai dengan tugas dan fungsinya. Akan tetapi informasi yang diberikan seringkali sama, sehingga menimbulkan bermacam-macam data yang diolah dari sumber yang berbeda. Perbedaan tersebut timbul karena penggunaan data awal, metode, dan definisi yang berbeda. IRS dapat dilakukan dengan baik di Indonesia apabila program *one map one policy* bisa dilaksanakan dengan baik. Selain itu, kematangan institusi harus pada tingkat network, dimana institusi-institusi yang memiliki kewenangan untuk penyelenggara data demi kepentingan publik akan langsung memberikan respon positif dan mendukung sepenuhnya dilakukan sharing dan pertukaran data. Sehingga problem *big data* dapat diatasi dengan mengoptimalkan infrastruktur peralatan, fasilitas, dan data.

Pada pelaksanaan Perpres nomor 39 tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia, selain *one map / data one policy* yang bermakna satu peta, satu kebijakan, ada 2 aspek yang diperlukan komitmen dari institusi penyelenggara data, yaitu *one gate* dan *one window*. *One Policy* akan tercapai jika tiga aspek yang terdiri dari *one map / data*, *one gate* dan *one window* dapat dilaksanakan oleh semua institusi, baik pemerintahan, swasta, maupun akademi, dimana :

- a. *One map / data*: Setiap peta yang dibuat harus menggunakan referensi tunggal informasi geospasial, baik sistem koordinat kebumian maupun sistem proyeksi spasialnya. Lebih kurang 90% kegiatan pemerintah memiliki Elemen Geospasial dan 65% kegiatan pemerintah memakai Elemen Geospasial sebagai pengenal utama (Badan Informasi Geospasial 2013). Oleh karenanya standard data geospasial perlu digunakan juga dalam data non spasial, seperti indeks pengenal geospasial, dimana gasetir ini berfungsi sebagai inter-operabilitas, sehingga pengolahan data lebih mudah dan informasi spasial dari hasil analisisnya, seperti luas, nama lokasi dan lain-lain memberikan hasil yang sesuai standard.
- b. *One gate*: Surat Keputusan Kepala BIG No. 54 tahun 2015 tentang Wali Data Informasi Geospasial Tematik telah jelas mengatur institusi yang menjadi wali data dari setiap peta tematik. Pengaturan pembuat data tematik tersebut dibuat agar hanya ada satu informasi yang dihasilkan yang dibuat oleh institusi yang kompeten di bidangnya masing-masing.
- c. *One window*: Publikasi data juga harus dilakukan oleh satu institusi sesuai dengan tugas dan fungsinya. Publikasi melalui satu institusi untuk menghindari simpang siur perbedaan informasi yang diberikan ke pengguna.

Di dalam pelaksanaannya, ada 3 hal yang perlu dilakukan, yaitu 1) Standarisasi data, metode, dan definisi, 2) Optimalisasi Fasilitas dan sumber daya manusia sesuai tugas dan fungsinya, seperti pengadaan data (via download / membeli), pemanfaatan peralatan dan SDM, serta 3) Distribusi data dan Publikasi yang menjadi informasi yang terintegrasi, mudah diakses dan dimengerti pengguna, akan tetapi aman dari penyalahgunaan.

3. Pemanfaatan berjenjang

Pemanfaatan data inderaja yang berbeda resolusi, akan memunculkan informasi luasan yang berbeda. Oleh karenanya penggunaan data secara berjenjang disesuaikan dengan keperluannya. Terdapat 14 data citra satelit yang disediakan oleh LAPAN di antaranya

WorldView 2, WorldView1, Quickbird, GeoEye, Ikonos, Pleiades, SPOT 5, SPOT 6, Alos, Kompsat 2, Kompsat 3, Rapideye, TerraSAR X (Sensor Radar), dan Radarsat 2 (Sensor Radar). Data tersebut mempunyai spesifikasi resolusi spasial, temporal dan sensor yang berbeda. Pengguna perlu memilih secara tepat berbagai jenis data citra tersebut.

Pemilihan data citra harus mempertimbang beberapa aspek yang terkait dengan 3 hal, yaitu resolusi, metode, dan validasi, sebagai berikut:

- a. *Where*: Dimana data tersebut akan diimplementasikan? level skala global, nasional, lokal, atau *small farming*
 - b. *Who*: Siapa penggunanya? pengambil kebijakan (global, nasional, lokal, perusahaan), masyarakat umum (petani, peneliti, media).
 - c. *When*: Kapan data tersebut digunakan, berapa frekuensi yang diperlukan? wet season, dry season, harian, bulanan, tahunan
 - d. *What*: Data apa yang akan digunakan (resolusi spasial, waktu, sensor) dan untuk mendapatkan informasi apa? citra resolusi rendah, tinggi, sangat tinggi, radar atau optic
 - e. *How*: Bagaimana memproses dan menganalisisnya? menggunakan metode apa dan bagaimana validasinya?
4. **Edukasi pengguna**

Terdapat 3 tingkatan pengguna data inderaja, yaitu pengolah data, pengambil keputusan, dan pengguna akhir (*end user*). Pengolah data merupakan pemberi nilai tambah data inderaja. Pada tingkat ini termasuk operator dan pengolah data inderaja dari raw data hingga data citra yang siap diolah menjadi data tematik, peneliti dan perekayasa baik di lembaga peneliti, perguruan tinggi, maupun perusahaan.

Pengambil keputusan berada di antaranya, dengan memberikan sentuhan akhir dari data yang telah diberikan nilai tambah sebelum dipublikasikan dan dimanfaatkan oleh publik sebagai pengguna akhir. Pengguna akhir merupakan pengguna hasil analisis data

inderaja menjadi informasi yang dapat digunakan langsung, seperti rekomendasi pupuk, pestisida, dan benih, waktu dan jumlah panen, dan lain-lain. Petugas di lapangan, masyarakat umum, petani, perusahaan, dan pengguna lainnya merupakan pengguna akhir dari data inderaja.

Edukasi yang perlu diberikan kepada pengguna pada semua tingkatan bahwa data inderaja mempunyai tingkat resolusi yang berbeda. Setiap perbedaan resolusi akan memberikan informasi untuk tingkat penggunaan yang berbeda. Sama seperti peta yang mempunyai tingkat skala yang berbeda, maka kedetailan informasi yang diberikan akan berbeda. Demikian juga dalam cara memperlakukan dan memproses data, kegunaan dan penggunaan data dan alat, dan yang tidak kalah pentingnya adalah cara membaca data.

Penutup

Ilmu pengetahuan dan teknologi terus berkembang dalam berbagai bidang mengikuti kebutuhan masyarakat. Teknologi inderaja juga semakin menunjukkan tingkat kepentingannya, termasuk dalam pembangunan sektor pertanian. Memanfaatkan teknologi inderaja, data dan informasi yang dikumpulkan tampak semakin terfokus mengikuti kebutuhan para pengguna yang berciri cepat, akurat, dan cerdas. Teknologi inderaja mendukung program pembangunan sektor pertanian nasional akan dapat dilaksanakan dan memberikan manfaat signifikan jika terlebih dahulu berhasil melakukan 4 (empat) prasyarat berikut: (a) optimalisasi infrastruktur fasilitas dan data, (b) integrasi dan sinergi sistem informasi, (c) pemanfaatan data dan informasi secara berjenjang, dan (d) edukasi terhadap para pengguna.

Pemanfaatan teknologi inderaja diperkirakan akan terus berkembang dan semakin berperan untuk mendukung pembangunan sektor pertanian pada era industri 4.0. Dalam konteks inilah para pengambil keputusan bersama-sama dengan semua lembaga penyedia data dan informasi (LAPAN, BIG, dan BPS) mampu membangun harmonisasi

kebutuhan yang efisien dalam suatu sistem informasi yang terintegrasi. Membangun sektor pertanian berbasis *one map one policy* diharapkan dapat menghadirkan *cyber-physical system* yang mengintegrasikan *Internet of Things, Artificial Intelligence, dan Integrated Remote Sensing* untuk meningkatkan kinerja pembangunan sektor pertanian dimasa mendatang.

Daftar Pustaka

- Accenture, 2017. Digital Agriculture: Improving profitability. Accenture-Digital- Agriculture-Point-of-View. Accenture Digital Agriculture Service.
- Badan Informasi Geospasial. 2013. Integrasi Data dan Informasi Geospasial Sebagai Implementasi Teknis One Map Policy. Deputi Bidang Infrastruktur Informasi Geospasial. Badan Informasi Geospasial.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2013. Proyeksi Penduduk Indonesia 2010 - 2035. Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Statistik Indonesia dalam Infografis 2019. Badan Pusat Statistik.
- Campbell, J.B. and R. Wynne. 2011. Introduction to Remote Sensing. 5th Edition. Guilford.
- David, J.L. 2010. Artificial Intelligence in Geoscience and Remote Sensing, dalam Imperatore, P. (ed): Geoscience and Remote Sensing New Achievements. <https://www.intechopen.com/books/geoscience-and-remote-sensing-new-achievements/artificial-intelligence-in-geoscience-and-remote-sensing>. Diunduh 14 September 2019.
- Drury, S.A. 1990. A Guide to Remote Sensing. Oxford. 199 pp.
- Dzulkifli, M.S., M. Rivai, dan Suwito. 2016. Rancang Bangun Sistem Irigasi Tanaman Otomatis Menggunakan Wireless Sensor Network. Jurnal Teknik ITS 5(2): 261 - 266. ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).

- Gilang, A. 2018. Jumlah Petani Berkurang, Tingkat Pengangguran di Desa Naik. CNN Indonesia. <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20181105141729-532-344096/jumlah-petani-berkurang-tingkat-pengangguran-di-desa-naik>. Diunduh 02 April 2019.
- Hyrien, M. 2017. 4 Things You Should Know about Remote Sensing in Agriculture. Agrofunder News. <https://agfundernews.com/4-things-know-remote-sensing-agriculture.html>. Diunduh 10 Mei 2019.
- Ilcev, S.D. 2019. Global Satellite Meteorological Observation (GSMO) Applications, Vol. 2. Springer. 131 Pp.
- Kaplan, A. dan M. Haenlein, 2018. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. Elsevier Inc. Business Horizon, 62: 15 - 25.
- Kok, B., and B. van Loenen. 2005. How to assess the success of National Spatial Data Infrastructures? Computers, Environment and Urban Systems 29: 699-717.
- Kuleshov, Y. 2017. Use of Remote Sensing Data for Climate Monitoring in WMO Regions II and V (Asia and the South-West Pacific). Australian Bureau of Meteorology.
- Lillesand, T., R.W. Kiefer, and J. Chipman. 2015. Remote Sensing and Image Interpretation, 7th Edition. New York City, NY (US): John Wiley and Sons, Inc.
- Lingga, M.A. 2019. Pemanfaatan Data Lapan Mampu Hemat Anggaran Pemerintah sampai Rp 18 Triliun. Kompas.co. <https://money.kompas.com/read/2019/03/19/150353326/pemanfaatan-data-lapan-mampu-hemat-anggaran-pemerintah-sampai-rp-18-triliun>. Diunduh 10 Juni 2019.
- Maddox, T. 2018. Agriculture 4.0: How digital farming is revolutionizing the future of food. TechRepublic. <https://www.techrepublic.com/article/agriculture-4-0-how-digital-farming-is-revolutionizing-the-future-of-food/>. Diunduh 13 Mei 2019.

- Monsanto, 2014, dalam Nelson, K. (2016). Monsanto's key contribution to precision farming.
- Ngie, A., F. Ahmed, and K. Abutaleb. 2014. Remote Sensing Potential for Investigation of Maize Production: Review of Literature. *South African Journal of Geomatics*. 3 (2): 163 - 166.
- Pusat Kebijakan Perdagangan Dalam Negeri. 2014. Analisis Outlook Pangan 2015-2019. Jakarta (ID): Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. Badan Pengkajian dan Pengembangan Kebijakan Perdagangan, Kementerian Perdagangan.
- Putranto, D.W., F.B. Antono, R. Handoko, dan Istiadi. 2018. Perancangan Sistem Irigasi Otomatis Dengan Wireless Sensor Network (WSN) Berbasis Energi Surya. *Jurnal Simetris*, November 2018, 9(2): 825 - 832. P-ISSN: 2252-4983, E-ISSN: 2549-3108
- Rachmawan, D. 2018. Indonesia Krisis Padi atau Krisis Petani? Pusat Penelitian Kemasyarakatan dan Kebudayaan. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. <http://pmb.lipi.go.id/indonesia-krisis-padi-atau-krisis-petani/>. Diunduh 02 April 2019.
- Sabins, F.F., 1987. *Remote Sensing: principles and interpretation*. 2nd edition. New York City, NY (US): Freeman and Company.
- Shofiyati, R., I.H. Ismullah, and D.M. Hakim. 2011. Identification of Paddy Planted Area Using ALOS PALSAR Data. *Journal of Geographic Information System*. 3 (4): 351 - 356.
- Summaryanto. 2009. Diversifikasi Sebagai Salah Satu Pilar Ketahanan Pangan. Makalah yang disajikan dalam Seminar memperingati Hari Pangan Sedunia. Jakarta, 1 Oktober 2009.
- Suwargana, N. 2013. Resolusi Spasial, Temporal dan Spektral pada Citra Satelit Landsat, Spot dan Ikonos. *Jurnal Ilmiah WIDYA Volume 1 Nomor 2 Juli-Agustus: 167 - 174.*
- Uly, Y.A. 2019. Pemanfaatan Data Lapan Menghemat Anggaran K/L hingga Rp 13 Triliun. *Ekozone.com*. <https://economy.okezone.com/read/2019/03/19/320/2032016/pemanfaatan-data-lapan-menghemat-anggaran-k-l-hingga-rp13-triliun>. Diunduh 10 Juni 2019.

Wiweka. 2008. Kapabilitas Citra Hiperspektral. Berita Dirgantara Vol. 9 No. 3 September 2008:55-60

Yudono, A., 2014. Antara Big, Lapan, Bank Data Penginderaan Jauh Nasional, IDSN dan Level Kematangan Organisasi/Institusi dalam Berkolaborasi untuk Melakukan Sharing Data. <https://www.kompasiana.com/adipandang/54f9790ba33311f1068b513b/> antara-big-lapan-bank-data-penginderaan-jauh-nasional-idsn-dan-level-kematangan-organisasiinstitusi-dalam-berkolaborasi-untuk-melakukan-sharing-data.

Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Pendugaan Kelembaban Tanah

Muhammad Hikmat, dan Sukarman

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang penting untuk keberlanjutan kehidupan umat manusia. Kelangsungan hidup dan kehidupan manusia di berbagai sektor kehidupan sangat tergantung kepada keberadaan sumber air. Peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi menyebabkan permintaan terhadap air menjadi semakin meningkat. Di samping itu, adanya konflik kepentingan antar para pengguna dari berbagai sektor terhadap penggunaannya menjadikan air semakin berharga. Hal ini menuntut adanya manajemen sumber daya air secara tepat dan bijaksana yang berlandaskan prinsip efisiensi.

Di sektor pertanian, ketersediaan air sangat menentukan keberhasilan produksi pertanian. Air dibutuhkan oleh setiap jenis tanaman dalam jumlah yang berbeda-beda. Kebutuhan air dari tiap-tiap tanaman juga dipengaruhi fase tumbuh dan umur tanaman. Air merupakan komponen utama dalam sel-sel untuk menyusun jaringan tanaman (70% – 90%) dan berfungsi sebagai pelarut dan medium reaksi biokimia, medium transport senyawa, memberikan turgor bagi sel, bahan baku pembentukan klorofil dan menjaga suhu tanaman supaya konstan. Ketersediaan air bagi tanaman merupakan salah satu kualitas lahan yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman, dan menjadi salah satu faktor yang menentukan kelas kesesuaian lahan. Di lapangan ketersediaan air bagi tanaman dapat dipengaruhi oleh satu atau beberapa sifat lahan lainnya, seperti curah hujan, keberadaan saluran irigasi, dan lain sebagainya.

Kelembaban tanah adalah sifat tanah yang indikator penting dalam menggambarkan ketersediaan air bagi tanaman di saat tertentu. Tiap tanaman memiliki daya tahan yang berbeda-beda terhadap kondisi air dalam tanah. Sebagai contoh, tanaman padi sawah merupakan jenis tanaman yang memerlukan banyak air dalam masa pertumbuhannya dan dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi tanah tergenang. Sedangkan beberapa jenis tanaman lainnya seperti umbi-umbian dapat tumbuh bertahan dengan baik pada kondisi lahan yang lebih kering.

Kelembaban tanah bersifat sangat dinamis dan dipengaruhi pada faktor-faktor lain seperti keberadaan hujan, suhu udara, sinar matahari, kecepatan angin dan beberapa sifat fisik tanah lain. Permasalahan kelembaban tanah erat kaitannya dengan kekeringan. Kekeringan pada dasarnya adalah keadaan kekurangan pasokan air pada suatu daerah untuk berbagai kegiatan, kelompok-kelompok dan sektor lingkungan dalam masa berkepanjangan, dapat mencapai beberapa bulan hingga tahunan (Wilhite, 2000).

Kejadian ini muncul bila suatu wilayah secara terus-menerus mengalami curah hujan di bawah rata-rata. Musim kemarau yang panjang menyebabkan terjadinya kekeringan karena cadangan air tanah akan habis akibat penguapan, transpirasi, ataupun penggunaan lain oleh manusia. Kekeringan berpengaruh terhadap kualitas lahan untuk kegiatan pertanian, khususnya ketersediaan air bagi tanaman. Karena itu kondisi kelembaban tanah harus dijaga agar tetap berada pada kondisi yang sesuai bagi tanaman.

Kondisi kelembaban tanah juga terkait erat dengan masalah lingkungan. Pembakaran lahan pada lahan gambut, baik disengaja maupun tidak, menyebabkan hilangnya cadangan karbon sehingga lapisan gambut semakin tipis bahkan habis. Bila lapisan substratum merupakan lapisan mineral berpirit atau pasir kuarsa maka akan terjadi kemerosotan kesuburan tanah.

Membakar gambut terkadang sengaja dilakukan petani untuk memperoleh abu yang untuk sementara bisa memperbaiki kesuburan tanah, karena abu sisanya pembakaran memberikan efek ameliorasi dengan

meningkatnya pH dan kandungan basa-basa tanah, sehingga tanaman tumbuh lebih baik. Proses ini harus dihindari dengan mempertahankan kelembaban gambut agar tidak mudah terbakar (Subiksa et al. 2011).

Informasi kelembaban tanah dan sebarannya menjadi salah satu informasi sangat penting di dalam perencanaan pengelolaan air, khususnya untuk menduga ketersediaan air dan kebutuhannya bagi tanaman agar dapat tumbuh dan berproduksi dengan optimal. Informasi kelembaban tanah suatu wilayah diperoleh melalui kegiatan pengumpulan data. Secara konvensional pengumpulan data kelembaban tanah dilakukan melalui pengukuran kadar air tanah secara langsung di lapangan atau analisis di laboratorium.

Metode pengumpulan data seperti ini memerlukan kegiatan survey dan penjelajahan lapangan, sehingga memerlukan waktu, tenaga, dan biaya yang cukup besar. Pada area yang cukup luas, metode penelitian kelembaban tanah seperti ini memerlukan pengamatan di banyak lokasi agar informasi yang diperoleh dapat menggambarkan kondisi kelembaban di wilayah tersebut. Di samping itu secara spasial kelembaban tanah di tiap-tiap lokasi berbeda-beda, dan secara temporal kondisi kelembaban tanah bersifat dinamis karena dapat berubah dari waktu ke waktu. Oleh karena itu perlu dicari metode pengumpulan data dan pemetaan kelembaban tanah yang mudah, murah, cepat dan akurat.

Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (inderaja) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh tentang suatu obyek, daerah, atau fenomena, melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1979). Pada zaman Perang Dunia 1 dan 2 data inderaja banyak digunakan oleh negara-negara yang berperang sebagai panduan rencana misi pertempuran.

Dengan berakhirnya perang dunia, fungsi inderaja bergeser dari asalnya sebagai kepentingan ekspansi militer menjadi lebih mengarah untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat. Teknologi penginderaan

jauh banyak digunakan dalam berbagai bidang, antara lain geologi, pertambangan, kehutanan, kelautan, pertanian, meteorologi, dan lain sebagainya.

Pada zaman dahulu pemotretan hanya menghasilkan suatu citra hitam putih dan belum berwarna seperti sekarang ini. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, teknologi penginderaan jauh juga berkembang semakin canggih dengan penggunaan semakin beragam. Perkembangan inderaja semakin pesat sekitar tahun 1960-an saat roket pembawa satelit pertama TIRROS (Television and Infrared Observation Satellite) diluncurkan.

Dalam disiplin ilmu geografi, inderaja menjadi sebuah alat bantu yang dapat menyajikan gambaran permukaan bumi dalam bentuk nyata. Teknologi ini terus berkembang, baik dengan menggunakan platform berbasis pesawat udara sampai dengan menggunakan teknologi satelit dalam merekam kenampakan di permukaan bumi.

Dibandingkan dengan cara-cara survey konvensional, penggunaan teknologi penginderaan jauh mempunyai beberapa kelebihan, antara lain mampu memberikan data unik yang tidak diperoleh dengan menggunakan sarana lain, mempermudah pekerjaan lapangan, dan mampu memberikan data lengkap dalam waktu yang relatif singkat dengan biaya yang relatif murah.

Berdasarkan perkembangan teknologi platformnya, penginderaan jauh dapat dikelompokkan menjadi teknologi inderaja berbasis pesawat dan berbasis satelit. Pemotretan udara merupakan teknik penginderaan jauh berbasis pesawat yang konvensional dan menghasilkan foto udara sebagai objek analisis. Foto udara menyajikan gambar yang jelas, mudah ditafsirkan dan bermanfaat untuk kajian yang berkaitan dengan muka bumi. Berdasarkan jenis film yang digunakan, foto udara dibedakan menjadi foto udara pankromatik, infra merah, ultra violet dan orthokromatik. Penginderaan jauh dengan metode ini bersifat manual, baik dalam sistemnya, data maupun interpretasinya.

Dalam liputan areal yang lebih luas, penginderaan jauh saat ini banyak memanfaatkan teknologi berbasis satelit. Dalam teknologi ini, sensor penerima sinyal dipasang pada satelit yang berputar mengelilingi bumi secara teratur. Sensor tersebut mampu menerima gelombang pantulan balik dari permukaan bumi sehingga dapat memonitor objek-objek di permukaan bumi secara berkala.

Dalam penginderaaan jauh berbasis satelit, citra optik dan citra RADAR (Radio and detecting ranging) adalah kelompok citra yang popular dan banyak digunakan baik dalam monitoring dan identifikasi obyek-obyek di permukaan bumi. Kedua jenis citra ini dihasilkan dari sistem inderaja yang berbeda, masing-masing menggunakan rentang panjang gelombang tertentu dalam mendeteksi objek.

Citra optik diperoleh melalui sistem inderaja pasif dengan memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energi dan menggunakan gelombang-gelombang optik sebagai media pengirim sinyal. Sistem inderaja optik bekerja dengan gelombang yang dipancarkan oleh matahari ke permukaan bumi dan kemudian dipantulkan ke arah sensor yang terpasang di satelit. Karena itu sistem ini hanya dapat berfungsi di siang hari dan tidak dapat memonitor objek permukaan yang tertutup awan. Sistem inderaja optik menggunakan band-band tampak (biru, hijau, merah) dan infra merah dengan kisaran panjang gelombang antara 0,4 dan 12 μm . Rentang panjang gelombang yang digunakan pada penginderaan jauh disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rentang panjang gelombang yang digunakan pada penginderaan jauh

Spektrum	Panjang gelombang
Penginderaan jauh optik: Band reflektif	
Biru	400 – 500 nm
Hijau	500 – 600 nm
Merah	600 – 700 nm
NIR	700 – 1.000 nm
MIR	1.000 – 3.000 nm

Tabel 1. Rentang panjang gelombang yang digunakan pada penginderaan jauh (lanjutan)

Spektrum	Panjang gelombang
Penginderaan jauh optik: band radiatif	
TIR	3.000 – 15.000 nm
Penginderaan jauh gelombang mikro (radar)	
K	0,83 – 2,75 cm
X	2,75 – 4,84 cm
C	4,84 – 7,69 cm
S	7,69 – 19,3 cm
L	19,3 – 76,9 cm
P	77 – 133 cm

Sumber: Jaya (2010)

Berbeda dengan sistem inderaja optik, sistem inderaja RADAR merupakan sistem inderaja aktif yang menggunakan gelombang mikro (*microwave*) yang dipancarkan sensor yang berfungsi mengirim dan menerima sinyal hamburan baliknya (*backscatter*). Kelebihan dari sistem RADAR adalah sifat dari gelombang microwave yang dapat menembus awan dan penggunaannya tidak tergantung pada keberadaan matahari. Karena itu citra ini sangat potensial digunakan untuk memonitor lahan-lahan pertanian, baik pertumbuhan tanamannya maupun sifat-sifat biofisik lahannya.

Koefisien hamburan balik banyak digunakan sebagai unit analisis dalam interpretasi obyek di permukaan. Selain dipengaruhi sifat gelombang yang dipancarkan, nilai hamburan balik ini sensitif terhadap sifat kekasaran permukaan (*roughness*) dan nilai konstanta dielektrik dari objek-objek di permukaan bumi.

Tulisan ini mencoba membahas dan memaparkan pemanfaatan dan prospek inderaja dalam mendukung pembangunan pertanian yang modern melalui review berbagai kajian dan referensi (*desk study*), khususnya dalam menduga nilai kelembaban tanah.

Pemanfaatan Citra Radar untuk Estimasi Kelembaban Tanah

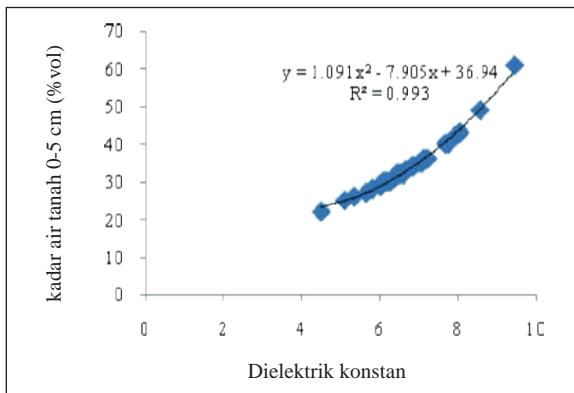
Sistem inderaja RADAR menggunakan gelombang mikro yang mempunyai panjang gelombang antara 30 dan 300 mm, atau sering disebut dengan gelombang mikro (*microwave*). Dalam rentang spektral yang lebih pendek *microwave* ini dapat dipilah lagi menjadi beberapa jenis berdasarkan panjang gelombangnya.

Tiap-tiap gelombang tersebut mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam mendeteksi objek. Band-band yang banyak digunakan adalah *band C* dengan kisaran panjang gelombang 3,8 – 7,5 cm, *band S* dengan panjang gelombang 7,5-15 cm, *band L* dengan panjang gelombang 15 sampai 30 cm, dan *band P* dengan panjang gelombang 10 sampai 100 cm. Semakin besar panjang gelombang, maka kemampuan melakukan penetrasikan terhadap kanopi tanaman semakin besar.

Salah satu sifat dari gelombang *microwave* dalam sistem RADAR adalah dapat terpolarisasi. Sifat polarisasi dari gelombang pada sistem RADAR adalah proses yang membatasi getaran magnet, listrik, vektor cahaya, atau radiasi terhadap suatu bidang datar. Polarisasikan gelombang *microwave* yang dikirimkan maupun dipantulkan dapat bersifat vertikal (V) atau horizontal (H). Berdasarkan sifat polarisasinya, gelombang-gelombang pada sistem inderaja RADAR dapat dibedakan ke dalam 4 jenis, yaitu polarisasi VV (gelombang datang V, gelombang pantul V), VH, HV, dan HH. Tiap-tiap polarisasi memberikan nilai hamburan balik yang berbeda-beda terhadap suatu objek di permukaan.

Beberapa peneliti telah mencoba mengembangkan metode estimasi kelembaban tanah dengan menggunakan citra RADAR. Top et al. (1980) mengembangkan model estimasi kelembaban tanah dengan pendekatan konstanta dielektrik sebagai peubah bebasnya. Prasasti et al. (2012) telah melakukan uji coba metode ini dengan menggunakan citra ALOS PALSAR dan hasil penggunaan model ini tergolong baik untuk memetakan kelembaban tanah pada kedalaman 0 – 5 cm. Hasil penelitian

tersebut menunjukkan bahwa korelasi antara kelembaban tanah (volumetrik) dengan konstanta dielektriknya menghasilkan persamaan regresi dengan koefisien determinan 0,99 (Gambar 1).



Gambar 1. Hubungan Konstanta Dielektrik dan Kelembaban Tanah (% Volume kadar air tanah)

Ulaby et al. (1986) menggunakan hubungan linear antara kelembaban permukaan tanah dengan sinyal radar. Menurutnya, terdapat hubungan antara nilai hamburan balik total dengan hamburan balik tanaman dan hamburan balik tanah yang disertai dengan pelemahan dua arah.

Beberapa peneliti lain juga mengembangkan metode pendugaan kelembaban tanah dengan menggunakan citra RADAR. Dubois et al. (1995) mengembangkan model semi empirik untuk menduga nilai kelembaban dan kekasaran permukaan tanah dengan menggunakan citra RADAR. Model Dubois ini dikembangkan hanya dengan menggunakan satu polarisasi (HH) dari dua polarisasi yang ada pada citra yang digunakan. Penelitian sejenis kemudian banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti lainnya (Zribi & Dechambre 2002; Rao et al. 2013).

Model lainnya adalah Model Persamaan Integral atau *Integral Equation Model* (IEM) yang pertama kali dikembangkan oleh Fung dan kawan-kawan untuk menduga kelembaban tanah dan kekasaran permukaan tanah (Fung, 1994). Model ini juga kemudian banyak diadopsi dan

dimodifikasi oleh peneliti lainnya untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat antara lain oleh Song et al. (2010) dengan menggunakan nilai hamburan balik dari beberapa lapisan tanah untuk menggantikan permukaan. Baik model Dubois maupun model IEM diterapkan pada tanah yang kosong (bera) atau lahan dengan penutupan yang jarang. Sedangkan pendekatan lain untuk menduga sifat permukaan lahan yang ditutupi tanaman pertama kali diperkenalkan oleh Ulaby (1979).

Sensivitas tiap-tiap sinyal *hamburan balik* dari sistem radar terhadap objek-objek di permukaan bumi berbeda-beda. Untuk pengambilan kelembaban tanah, sensitivitas sinyal hamburan balik radar secara signifikan lebih tinggi pada frekuensi yang lebih rendah (Fung 1994; Ulaby et al. 1986), sedangkan pada frekuensi yang lebih tinggi, sinyal lebih sensitif terhadap vegetasi (Prevot et al. 1993, Ulaby et al. 1986). Kombinasi data SAR frekuensi tinggi dan rendah telah digunakan oleh Prevot et al. (1993) untuk meningkatkan perkiraan kelembaban tanah. Hasil-hasil studi mereka menunjukkan bahwa hamburan balik untuk data SAR dengan frekuensi rendah penting pada daerah kepadatan vegetasi tinggi.

Pemanfaatan Inderaja Optik untuk Estimasi Kelembaban Tanah

Meskipun kemampuan penetrasi sinyal-sinyal gelombang pada sistem inderaja optik lebih rendah dibandingkan sistem inderaja RADAR (*microwave*), namun reflektansi band-band ini adalah lebih operasional karena mudah tersedia dan mempunyai rentang resolusi yang luas. Dengan menggunakan parjang gelombang yang lebih pendek citra optik yang dihasilkan tampak lebih halus dibandingkan dengan citra RADAR sehingga pemanfaatannya secara manual lebih mudah dilakukan.

Pemanfaatan teknologi inderaja untuk mendeteksi kondisi kelembaban tanah dengan menggunakan citra optik sudah banyak dilakukan baik melalui analisis spektral tunggal maupun dengan menggunakan indeks vegetasi. Dalam penelitiannya, Liu et al. (2002) menggunakan analisis regresi *stepwise* sederhana untuk mengurangi jumlah band yang dianalisis.

Hasil analisis menunjukkan bahwa dalam kondisi kadar air tanah rendah secara umum reflektansi pada tanah menurun dengan meningkatnya kelembaban tanah.

Namun, setelah melewati titik kritis reflektansi tanah meningkat seiring dengan meningkatnya kelembaban tanah. Dalam penelitian lain, Lobell dan Asner (2002) menemukan bahwa terdapat hubungan non linier (eksponensial) antara kadar air dengan reflektansinya. Reflektansi pada tanah yang jenuh air jauh lebih rendah di wilayah spektrum gelombang infra merah dekat tampak (VNIR) dibandingkan di wilayah spektrum gelombang infra merah gelombang pendek (SWIR). Mereka berkesimpulan bahwa gelombang yang lebih panjang lebih cocok untuk mengukur kadar air volumetrik di atas 20%.

Berdasarkan hasil pengukuran laboratorium terhadap informasi spektral tanah, Zhang and Zhou (2016) menyimpulkan bahwa pendekatan analisis spektral tunggal dalam menentukan hubungan antara kelembaban tanah dan reflektansi dapat memperoleh hasil wajar untuk kondisi kelembaban tanah tertentu. Namun, dalam praktiknya reflektansi tanah dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti vegetasi, atmosfer, dan lain-lain.

Metode dengan menggunakan indeks vegetasi untuk menduga kelembaban dan kondisi kekeringan pada lahan yang bervegetasi sudah banyak dilakukan. Indeks vegetasi adalah transformasi spektral dari dua band atau lebih yang dirancang untuk meningkatkan kontribusi dari sifat vegetasi dan memungkinkan perbandingan secara spasial dan temporal yang dapat diandalkan dari kegiatan fotosintesis dan variasi struktur kanopi (Huete et al. 2000).

Indeks vegetasi adalah teknik yang paling banyak digunakan untuk mengidentifikasi parameter tanaman dengan berbagai macam tujuan, misalnya untuk mengetahui kondisi kesehatan vegetasi, potensi bahan baku atau monitoring kondisi tanaman yang siap dipanen. Indeks vegetasi umumnya berupa nilai koefisien yang diolah dari nilai koefisien reflektan pada gelombang-gelombang tertentu dengan menggunakan algoritma tertentu. Indeks vegetasi juga sering digunakan secara tidak langsung untuk mengidentifikasi sifat-sifat tanah yang permukaannya tertutup vegetasi melalui kenampakan tanaman.

Pemantauan kelembaban tanah lebih sering dilakukan secara tidak langsung melalui pemanfaatan kekeringan. Pemantauan kekeringan dengan menggunakan data satelit (citra optik) pada prinsipnya menggunakan informasi tingkat kehijauan vegetasi. Dari tingkat kehijauan vegetasi ini kemudian dikembangkan berbagai indeks kekeringan, antara lain *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Enhanced Vegetation Index* (EVI), *Vegetation Condition Index* (VCI), *Temperature Condition Index* (TCI), *Modified Soil Adjusted Vegetation Index* (MSAVI), *Perpendicular Vegetation Index* (PVI), *Adjusted Normalized Difference Vegetation Index* (ANDVI), *Temperature Vegetation Dryness Index*-*(TVDI)*, *Vegetation Health Index* (VHI), dan *Vegetation Drought Response Index* (VegDRI). Penggunaan indeks vegetasi sebagai indikator kekeringan dapat diterapkan dengan ketelitian cukup baik pada keadaan lahan tertutup oleh vegetasi (Surmaini, 2016).

Indeks vegetasi tidak secara langsung memberikan informasi vegetasi terkini sebagai efek dari kekeringan, karena dampak kekeringan terhadap vegetasi memerlukan waktu yang cukup panjang. Vegetasi dapat menjadi indikator yang mencerminkan kondisi kelembaban tanah berdasarkan perubahan nilai indeks vegetasinya. Dengan demikian, metode ini membutuhkan waktu tertentu untuk dapat menunjukkan kondisi kelembaban tanah yang *real time*. Metode ini juga membutuhkan dukungan peta tutupan lahan terbaru yang andal karena hasil pemantauan kekeringan dapat dipengaruhi oleh perubahan tutupan lahan.

Normalized difference vegetation index (NDVI) and *enhanced vegetation index* (EVI) adalah jenis indeks vegetasi yang banyak digunakan untuk mendeteksi kekeringan karena sifatnya yang sensitif terhadap cekaman air. Kondisi kekeringan dapat tercermin dari pertumbuhan vegetasi, yang secara langsung diwakili oleh nilai-nilai indeks vegetasinya. Dengan membandingkan indeks-indeks vegetasi pada waktu yang berbeda, dampak kekeringan dengan mudah dapat ditentukan.

Namun, akurasi menggunakan NDVI untuk indeks kekeringan sering tergantung pada jenis vegetasi dan ekosistemnya. Beberapa indeks vegetasi banyak digunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Kogan (1995) mengembangkan *Vegetation Condition Index* (VCI) dengan memodifikasi dan menggunakan data seri dari nilai indeks NDVI untuk menghilangkan pengaruh cuaca dan perbedaan lokasi geografi.

Cristobal et al. (2010) dalam penelitiannya menggunakan beberapa indeks vegetasi NDVI, EVI, Greenish dan *Normalized Water Difference Index* (NDWI) untuk menduga kelembaban tanah dan hasilnya cukup bagus. Sebelumnya Gao (1996) menyajikan hasil penelitiannya dengan menggunakan NDWI dan menggunakan reflektansi pada panjang gelombang 1,24 μm , dan hasilnya menunjukkan NDWI lebih sensitif terhadap kelembaban tanah. Lebih dari itu, NDWI bersifat tidak peka terhadap kondisi atmosfir sehingga bagus untuk digunakan.

Teknologi Sensor

Pemanfaatan suatu teknologi citra tergantung kepada tujuan analisisnya. Semakin detil kedalaman informasi yang ingin diperoleh, semakin tinggi resolusi citra yang harus digunakan untuk mendukung keperluan tersebut. Analisis untuk mendukung perencanaan nasional dapat menggunakan citra dengan resolusi rendah, sedangkan untuk mendukung perencanaan wilayah yang lebih kecil (regional) dapat menggunakan citra dengan resolusi yang lebih tinggi (resolusi sedang). Pada skala operasional, resolusi citra yang dibutuhkan semakin tinggi lagi (resolusi tinggi).

Tantangan utama dalam teknologi penginderaan jauh berada di sekitar resolusi, baik resolusi spasial, temporal, maupun spektral. Resolusi spasial dari citra menunjukkan seberapa luas area permukaan bumi yang diwakili oleh piksel-piksel dalam citra tersebut. Semakin tinggi resolusi spasial suatu citra, semakin kecil luas area yang diwakili oleh piksel-pikselnya. Resolusi temporal menunjukkan intensitas merekam lokasi yang sama. Semakin tinggi resolusi temporal suatu citra, semakin pendek waktu yang dilalui (*revisiting time*) untuk merekam lokasi yang sama.

Resolusi spektral menunjukkan jumlah band/kanal yang terdapat dalam suatu citra satelit. Semakin tinggi resolusi spektral dari citra satelit, semakin banyak band/kanal yang dimiliki untuk dieksplorasi dalam analisis. Hal-hal di atas sangat erat kaitannya dengan perkembangan teknologi sensor serta platform yang menjadi basis penginderaan jauh.

Keperluan melakukan monitoring objek-objek di permukaan bumi secara detil dan berpresisi tinggi membutuhkan platform yang memungkinkan sensor dapat beroperasi dengan sangat intensif.

Sejak tahun 1970-an perkembangan teknologi sensor berkembang dengan cepat. Beberapa jenis teknologi inderaja dilahirkan dengan resolusi (spasial, spektral, temporal) yang berbeda-beda. Di awal tahun 1970-an NASA mengeluarkan teknologi inderaja Landsat 1 yang berbasis satelit yang mempunyai 5 band spektral dan menghasilkan citra dengan resolusi spasial 56×79 m.

Teknologi ini terus dikembangkan dengan melahirkan generasi-generasi berikutnya. Generasi terbaru dari Landsat ini dikeluarkan di bulan Desember 2013, yaitu Landsat 8 dengan 11 band spektral dan mempunyai resolusi spasial 30 m (resolusi sedang). Produk teknologi inderaja satelit yang mempunyai resolusi spasial tinggi (< 10 m) antara lain adalah *Ikonos*, *Quickbird*, *Rapideye* dan *Geoeye-1*. Sedangkan *AVHRR* dan *EOS MODIS* menghasilkan citra dengan resolusi rendah (>100 m), namun memiliki resolusi temporal tinggi dengan waktu merekam (revisiting time) 1-2 hari sekali. Beberapa teknik inderaja berbasis platform dan spesifikasinya yang lahir antara tahun 1972 sampai 2008 disajikan dalam Tabel 2.

Di bidang pertanian, pemanfaatan penginderaan jauh juga sering terkendala dengan masalah resolusi, baik temporal, spasial, spektral, maupun masalah biaya. Setiap teknologi inderaja mempunyai kekurangan dan kelebihan masing-masing. Walaupun ada beberapa teknologi penginderaan jauh yang mempunyai resolusi spasial yang tinggi, namun intensitas perekaman datanya sering tidak memenuhi kebutuhan untuk analisis atau harganya yang terlalu mahal.

Sebaliknya teknologi inderaja lain yang mempunyai resolusi spektral dan temporal yang baik, namun resolusi spasialnya belum memenuhi kebutuhan yang diharapkan. Selain itu ada keterbatasan tertentu dari suatu jenis teknologi inderaja terkait dengan ruang spektral yang digunakan. Sebagai contoh, pada penggunaan inderaja satelit optik

keterbatasan utama adalah sangat tergantung pada kondisi cuaca. Sifat gelombang-gelombang optik dan NIR yang tidak mampu menembus awan menyebabkan citra ini tidak dapat digunakan untuk memonitor areal yang tertutup awan. Hal ini berbeda dengan citra Radar yang menggunakan *microwave* yang dapat menembus awan.

Integrasi penggunaan jenis-jenis citra yang berbeda menjadi salah satu cara untuk mengatasi kekurangan-kekurangan dari masing-masing teknologi tersebut. Metode yang mengintegrasikan citra radar dan optik telah banyak dilakukan para peneliti untuk menduga kelembaban tanah (Sun et al. 2018).

Dalam studi tersebut, digunakan citra optik dan *microwave* pada resolusi yang sama dengan memasukkan data tambahan seperti tekstur tanah, topografi, jenis permukaan, akumulasi curah hujan, selain Indeks NDVI dan suhu permukaan tanah. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian antara model kelembaban yang digunakan dengan pola spasial dari Monitor Kekeringan Amerika Serikat (USDM)

Tabel 2. Platform penginderaan jauh berbasis satelit untuk *precision farming*

Satelit	Tahun Peluncuran	Pemilik	Resolusi Spektral	Resolusi Spasial	Resolusi Temporal	Quantization	Lebar Sapuan
LANDSAT 1	23 Juli 1972	NASA	Empat band (Hijau, Merah, 2 Infra Merah)	56 x 79 m	18 hari	6 bit	185 km
		Department of the Interior (DOI) U.S. Geological Survey (USGS)					
		Manufacturer: General Electric's (GE's) Space Division in Valley Forge, Pennsylvania					
AVHRR	19 Oktober 1972	NOAA's Polar Orbiting Environmental Satellites	Empat band (Merah, NIR, 2 inframerah termal))	1090 m	1 hari	10 bit	2900 km

Tabel 2. Platform penginderaan jauh berbasis satelit untuk *precision farming* (lanjutan)

Satelit	Tahun Peluncuran	Pemilik	Resolusi Spektral	Resolusi Spasial	Resolusi Temporal	Quantization	Lebar Sapuan
LANDSAT 5 Thematic Mapper	1, 9184 Maret	NASA	7 band (Biru, Hijau, Merah, NIR, 2 SWIR, Termal)	30 meter	16 hari	8 bit	185 km
		National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)					
		Earth Observation Satellite Company (EOSAT)					
		Department of the Interior (DOI) U.S. Geological Survey (USGS)					
SPOT 1	22 Februari	Centre National d'études spatiales	3 Band (Hijau, Merah, NIR)	20 meter	26 hari	6 bits	60 km
		Belgian scientific, technical and cultural services(SSTC)					
		Swedish National Space Board (SNSB).					
IRS 1 A	17 Maret 1988	4 Bands (Blue, Green,	72 meter	22 days	7 bit	148 km	
ERS 1	17 Juni 1991	NASDA (National Space Development Agency)	Radar band L	18 meter	44 hari	3 bits	75 km
		Ministry of International Trade and Industry Science and Technology Agency					
LiDAR	1995	-	VIS (RMSE Vertikal)	10 cm	T / A		
RADARSAT	4-Nov-96	Canadian Synthetic Aperture Radar Earth Observation satellites	Radar C band	30 cm	3-6 hari	4 bit	500 km
IKONOS	24-Sep-99	Digital Globe	Panchromatik, B, G, R, NIR	1-4m	3 hari	11 bits	11.3 km
SRTM		The National Aeronautics and Space Administration (NASA)	X band Radar	30m	T / A	-	225 km
		National Geospatial-Intelligence Agency (NGA)					
Terr EOS Asterr	18 Desember 1999	NASA	G, R, Near Infrared dan 6 Infrared Mid, 5 pita inframerah termal	15-19 m	16 hari	8 bits	60 km
		Japan's Ministry of Economy					
		Trade and Industry (METI)					
		Japan Space System					

Tabel 2. Platform penginderaan jauh berbasis satelit untuk *precision farming* (lanjutan)

Satelit	Tahun Peluncuran	Pemilik	Resolusi Spektral	Resolusi Spasial	Resolusi Temporal	Quantization	Lebar Sapuan
EO-1 Hyperion	21, November 2000	NASA	400-2500 nanometer, dengan band 10 nanometer	30 m	16 hari	12 bit	7.5 km
Quick Bird	18 Oktober 2001	Digital Globe	Panchromatic, B, G, R	0.61-2.4 km	1-4 hari	11 bits	16.8 km
EOS MODIS	4 November 2002	NASA	36 band	250-1000 m	1-2 days	12 bits	2330 km
CBERS-2	21 Oktober 2003	Brazil	5 Band (Biru, Hijau, Merah, NIR, Panchromatik)	20 meter	26 hari	8 bits	120 km
		China					
Rapideye	29 Aguatus 2008	MacDonald Dettwiler, Ltd. (MDA)	6 band (Biru, Hijau, Merah, NIR1, NIR2, Pankromatik)	6.5 meter	5.5 hari	12 bit	77 km
Geoeye-1	6 September 2008	Digital Globe	6 band (Biru, Hijau, Merah, NIR1, NIR2, Pankromatik)	1.6 meter	2-8 hari	11 bits	15.2 km

Sumber: Mulla et al. (2017)

Penginderaan Jauh Berbasis Drone

Drone atau *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* adalah pesawat tanpa awak. Drone dapat dikendalikan oleh seorang operator atau sepenuhnya berfungsi secara otomatis dengan bantuan komputer. Drone pada awalnya digunakan untuk daerah yang sulit diakses atau daerah-daerah yang berbahaya dan banyak digunakan terutama untuk kepentingan militer. Namun, pemanfaatan drone saat ini diperluas di berbagai bidang seperti pertanian, penelitian, wisata dan kegiatan lainnya seperti monitoring dan fotografi. Di bidang pertanian penggunaan drone untuk meliputi lahan-lahan pertanian menjadi pendekatan modern untuk meningkatkan efisiensi. Dengan memanfaatkan teknologi komputer, pemanfaatan inderaja berbasis drone memberikan kemampuan yang besar dalam menangani dan mengelola data.

Konsep penggunaan drone dalam penginderaan jauh adalah bagaimana mendapatkan data secara cepat dan sederhana untuk berbagai keperluan dalam *precision farming*. Sistem drone yang digabungkan dengan karakter dari sensor mampu menangkap gambar resolusi tinggi dari *multispectral* dan berpotensi besar untuk mendukung penerapan *precision farming*. Penggunaan drone memberikan kita kesempatan untuk menampilkan berbagai data kuantitatif dan mengambil gambar dengan resolusi spasial dan temporal yang tinggi dengan pembiayaan yang lebih efektif dibandingkan platform inderaja yang lain (Primicerio et al. 2012).

Drone dapat digunakan dalam survei lahan dengan area yang cukup luas tanpa risiko kecelakaan dan biaya yang tinggi sebagaimana dengan penggunaan pesawat berawak. Penggunaan sistem drone ini dapat memberikan citra secara *real time* dari area lahan pertanian yang tidak dapat diakses secara cepat dengan menggunakan perangkat lain.

Sistem pertanian cermat (*precision farming*) adalah suatu cara untuk mengelola sumber daya lahan pertanian seperti air, pupuk, tanah, benih dalam rangka meningkatkan produksi, kualitas, keuntungan serta mengurangi pemborosan sehingga dihasilkan sistem yang ramah lingkungan. *Global Positioning System* (GPS), Sistem Informasi Geografis (SIG), teknologi penginderaan jauh dengan berbagai sensor yang digunakan dalam pertanian presisi untuk mengidentifikasi keragaman objek di lapangan. Penginderaan jauh berbasis satelit juga digunakan untuk mempelajari keragaman pada lahan, tapi memiliki beberapa kelemahan seperti adanya hak penggunaan tertentu, harganya mahal, waktu perekaman terbatas, serta masalah resolusi spasial yang beragam.

Untuk mengatasi kendala-kendala di atas, *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dapat menjadi alternatif dalam mendukung penerapan *precision farming*. Kemampuan drone untuk terbang di atas lahan pertanian dengan cepat menjadi solusi untuk menjawab kebutuhan-kebutuhan dalam mendukung Sistem *precision farming*, antara lain memperoleh data *real time* secara cepat. Keuntungan lain yang diperoleh dengan penggunaan drone ini adalah mendapatkan resolusi spasial sesuai dengan resolusi tinggi, penggunaanya sangat fleksibel, dan biayanya relative murah. Perbandingan penggunaan drone dengan berbagai platform inderaja lainnya disajikan pada Tabel 3.

Suatu percobaan dilakukan untuk mengevaluasi respon tanaman kapas di lapangan terhadap stress air dan pengelolaan sisa tanaman dengan memasang sensor inframerah termal pada pesawat drone (Sullivan et al. 2007). Hasilnya membuktikan penggunaan sensor TIR dengan menggunakan drone jauh lebih akurat dalam membedakan antara respon kanopi terhadap stres air dan terhadap pengelolaan tanaman dibandingkan dengan pengukuran secara langsung di lapangan yang juga memakan banyak waktu dan tenaga.

Tabel 3. Perbandingan drone (UAV) dengan berbagai platform inderaja lain

Platform	Resolusi spasial	Bidang pandang	Penggunaan	Muatan	Biaya Akuisisi Data
UAV	0,5 – 10 cm	50 – 500 m	Sangat baik	Terbatas	Sangat rendah
Helikopter	5 – 50 cm	0,2 – 2 km	Memerlukan pilot	Terbatas	Sedang
Airborned	0,1 – 2 m	0,5 – 5 km	Memerlukan pilot	Tidak terbatas	Tinggi
Satelit	1 – 25	10 – 50 km	-	-	Sangat tinggi

Sumber: Candiago et al. (2015)

Kesimpulan

Sistem inderaja optik dan RADAR merupakan teknologi inderaja yang banyak dimanfaatkan untuk memonitor objek-objek di permukaan bumi termasuk di bidang pertanian. Kedua sistem ini menggunakan sumber energi dan jenis gelombang yang berbeda, sehingga masing-masing mempunyai karakter yang berbeda dalam mendeteksi objek di permukaan bumi. Inderaja optik menggunakan matahari sebagai sumber energi dengan memanfaatkan gelombang tampak dan infra merah, sehingga tidak mampu menembus awan. Sistem RADAR menggunakan sensor yang secara aktif mengirim sinyal gelombang mikro (*microwave*) sehingga bersifat menembus awan dan dapat bekerja di malam hari. Pemanfaatan teknologi inderaja ini dalam mengidentifikasi lahan relatif lebih efisien dibandingkan dengan survey konvensional.

Beberapa penelitian terkait dengan estimasi kelembaban tanah telah dilakukan baik dengan menggunakan teknik inderaja RADAR maupun optik. Penggunaan metode inderaja optik umumnya dilakukan secara tidak langsung dengan menggunakan indeks vegetasi untuk analisis kekeringan. Sedangkan sistem inderaja RADAR banyak digunakan dengan membangun beberapa model estimasi kelembaban tanah dan hasilnya menunjukkan cukup baik.

Permasalahan utama dari penggunaan teknologi inderaja di bidang pertanian berada di sekitar masalah teknologi sensor dan platform yang menjadi basis inderaja. Tantangan penggunaan inderaja saat ini adalah mendukung sistem *precision farming*, sehingga dibutuhkan perolehan data secara cepat dan akurat. Integrasi dan fusi dari produksi teknologi inderaja yang mempunyai sifat berbeda menjadi salah satu solusi untuk mengatasi tantangan tersebut. Berkembangnya teknologi drone sangat potensial dalam mendukung *precision farming* karena sistem ini mampu memonitor lahan secara cepat, menghasilkan data aktual yang disesuaikan dengan kebutuhan, dan biayanya yang relatif murah.

Daftar Pustaka

- Candiago, S., F. Remondino, M.D. Giglio, M. Dubbini, and M. Gattelli. 2015. Evaluating Multispectral Images and Vegetation Indices for Precision Farming Applications from UAV Images”, *Remote Sens.* 7 (4), 4026-4047
- Cristobal, J. P. Llorens, and J. Latron. 2010. Soil moisture modeling by means of Landsat-5 TM data over a Mediterranean mountain catchment. *Geophysical Research Abstracts.* 12.
- Dubois, P., J.J. Van Zyl, and T. Engman. 1995. Measuring soil moisture with imaging radars, *IEEE T. Geosci. Remote Sen.* 33: 915–92
- Fung, A. K. 1994. *Microwave Scattering and Emission Models and their Applications*. Boston, London: Artech House, Inc., 573 pp.
- Gao, B.C. 1996. NDWI—A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. *Remote Sens. Environ.* 58: 257–266.

- Huete, A.K., T. Didan, E.P. Miura, X. Rodriquez, L. Gao, and G. Ferreira. 2000. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*. 83: 195–213.
- Jaya, I.N.S. 2010. Analisis Citra Digital. Perspektif Penginderaan jauh untuk Pengelolaan Sumber daya Alam. Bogor: Fakultas Kehutanan, IPB.
- Kogan, F.N. 1995. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Adv. Space Res.* 15: 91–100.
- Lillesand, T.M, and M.W. Kiefer. 1979. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York City, NY (US): John Wiley & Son Inc.
- Liu, W., F. Baret, X. Gu, Q.Tong, L. Zheng, and B. Zhang. 2002. Relating soil surface moisture to reflectance. *Remote Sens. Environ.* 81: 238–246.
- Lobell, D.B., and G.P. Asner. 2002. Moisture Effects on Soil Reflectance. *Soil Science Society*. Published in *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:722–727.
- Mulla, D. J. 2013. Twenty Five Years of Remote Sensing In Precision Agriculture: Key Advances and Remaining Knowledge Gaps. *Biosystems Engineering*. 114: 358-371.
- Prasasti, I., I. Carolita, A.E. Ramdani, dan I. Risdianto, 2012. Kajian pemanfaatan Data ALOS PALSAR dalam Pemetaan kelembaban tanah. *Jurnal Penginderaan Jauh*. 9(2):102-113.
- Prévôt, L., I. Champion, and G. Guyot. 1993. Estimating surface soil moisture and leaf area index of a wheat canopy using a dual-frequency (C and X bands) scatterometer. *Remote Sens. Environ.* 46:331-339
- Primicerio J., S. Di Gennaro, E. Fiorillo, L. Genesio, E. Lugato, A. Matese, F.P. Vaccari, 2012. A flexible unmanned aerial vehicle for precisionagriculture. *Precis. Agric.* 13:517–523.
- Rao, S.S., S. D. Kumar, S. N. Das, M. S. S. Nagaraju, M. V. Venugopal, P. Rajankar, P. Laghate, M. S. Reddy, A. K. Joshi, and J. R. Sharma, 2013. Modified Dubois Model for Estimating Soil Moisture with Dual Polarized SAR Data. *J. Indian Soc remote Sens.* 41(4): 865 – 872.

- Song, K. J., X .B. Zhou, and Y. Fan. 2010. Retrieval of soil moisture content from microwave backscattering using a modified IEM model. *Progress In Electromagnetic Research*. 26: 383-399.
- Subiksa, I.G.M, W. Hartatik, dan F. Agus. 2011. Pengelolaan Lahan Gambut secara Berkelanjutan. Bogor (ID): Balai Penelitian Tanah, 16hlm.
- Sullivan, D. G., J. P. Fulton, J. N. Shaw, and G. Bland, 2007. Evaluating the Sensitivity of an Unmanned Thermal Infrared Aerial System to Detect Water Stress in a Cotton Canopy. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 50(6): 1955-1962.
- Sun, D., Y. L, X. Zhan, C. Yang, and R. Yang. 2018. Integrating Optical and Microwave Satellite Observations for High Resolution Soil Moisture Estimate and Applications in CONUS Drought Analyses. *Remote Sensing*. 7 (1):1-12.
- Surmaini, E. 2016. Pemantauan dan Peringatan Dini Kekeringan Pertanian di Indonesia Jurnal Sumber daya Lahan. 10 (1): 37-50.
- Top, G.C., J.L. Davis, and A.P. Annan. 1980. Electromagenetic Determination of Soil Water Content: Measurement in Classical Transmission Lines. *Water Resources Res*. 517:574-582.
- Ulaby, F.T., G.A. Bradley, M.C. Dobson. 1979. Microwave dependence on surface roughnesss, soil moisture and soil texture, Part-II: vegetation-covered soil. *Geoscience. Electronic, IEEE Transaction*. 17(2): 33-40.
- Ulaby, F. T., M.K. Moore, and A.K. Fung. 1986. Microwave remote sensing active and passive, vol. 3. Norwood, MA: Artech House.
- Zhang, D., and G. Zhou. 2016. Estimation of Soil Moisture from Optical and Thermal Remote Sensing: A Review. *Sendor*. 16 (1308) 1-29
- Zribi, M., and M. Dechambre. 2002. A new empirical model to retrieve soil moisture and roughness from radar data. *Remote Sensing of Environment*. 84(1): 42– 52.

Aplikasi Drone dan Prospek Pemanfaatannya dalam Pertanian Presisi

Sri Asih Rohmani, dan Budi Kartiwa

Upaya memenuhi kebutuhan pangan bagi penduduk dunia yang mencapai 9,73 miliar orang pada 2050 diprediksi perlu peningkatan produksi pangan lebih dari 63% pada periode 2005-2050. Pencapaiannya akan menghadapi tantangan dan permasalahan yang semakin berat seperti sumber daya (lahan dan air) yang semakin langka dan terjadinya perubahan iklim. Perubahan iklim global telah berdampak nyata dan berpengaruh pada pola produksi pangan global terutama pada produktivitas tanaman maupun terhadap luas areal panen. Perubahan iklim juga mempengaruhi sifat nutrisi, konsentrasi mineral dan kandungan protein di beberapa tanaman serta peningkatan kadar CO₂ sehingga lebih dari 815 juta orang mengalami kelaparan kronis dan 64% diantaranya berada di Asia. (FAO 2015; FAO 2017).

Menjawab tantangan kompleks yang dihadapi dalam pembangunan pangan dan pertanian ke depan (FAO 2014) baik dari aspek sumber daya, perubahan iklim maupun tantangan ekonomi dalam hal produktivitas, efektivitas biaya, dan kekurangan tenaga kerja menuntut diterapkannya pertanian yang lebih maju dan modern. Pertanian harus menggunakan kemajuan teknologi inovatif yang muncul sebagai solusi mengatasi tantangan yang dihadapi disertai dengan ketangguhan komunitas pertanian dan pelaku usaha untuk mampu mengantisipasi dan menyesuaikan aktivitas pertaniannya. Penerapannya ditandai dengan adopsi proses produksi, teknologi dan alat yang berasal dari kemajuan ilmiah, penelitian dan kegiatan pengembangan untuk berbagai tindakan antara lain deteksi yang andal, akurasi identifikasi, kuantifikasi patogen dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi produktivitas pertanian secara tepat.

Salah satu strategi meningkatkan kemampuan dan ketangguhan menghadapi tantangan dan permasalahan keberlanjutan pembangunan pangan dan pertanian ke depan adalah dengan memanfaatkan pertumbuhan dan potensi transformatif Information and Communication Technology-ICT di era industri 4.0. Berbagai keunggulan teknologi kunci dari ICT industri 4.0 mampu menyediakan platform inovasi luar biasa tidak hanya mengatasi beberapa tantangan, namun juga untuk mempercepat upaya pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) pada tahun 2030.

Hal esensial dan strategis dalam membangun pertanian modern adalah mempercepat pertanian presisi. Urgensi yang mendorong dan memberikan penekanan pentingnya penerapan pertanian presisi di masa depan adalah terkait dengan demografi, kelangkaan sumber daya alam, perubahan iklim, dan limbah makanan (Wyman 2018). Dalam konteks ini, alat dan teknologi yang digerakkan oleh kekuatan ICT 4.0 bermanfaat dan memiliki peran penting untuk diaplikasikan bagi peningkatan pengambilan keputusan melalui informasi yang akurat, dapat diandalkan dan tepat waktu (FAO 2018). Lebih tegas dikemukakan oleh Gerard Sylvester dari FAO bahwa pada lingkungan kemajuan ICT 4.0 saat ini, penggunaan teknologi ICT yang berkelanjutan di bidang pertanian bukanlah pilihan melainkan suatu keharusan.

Perkembangan pemanfaatan ICT industri 4.0 dalam membangun sistem pangan dan pertanian global telah melahirkan konsep agriculture 4.0 feeding next generation atau pertanian 4.0 yang merupakan kesepakatan tingkat tinggi negara-negara Eropa dalam bidang pertanian tentang arah industri pertanian ke depan. Kesepakatan tersebut dihasilkan pada pertemuan tingkat tinggi negara-negara Eropa yang diselenggarakan oleh Agrolink Flanders dan KATANA. Agrolink Flanders adalah platform kolaborasi dari 18 lembaga penelitian dan pengembangan yang ada di Eropa. Sedangkan KATANA adalah program pendanaan startup dan UKM yang bergerak di bidang pangan, teknologi informasi, serta sektor berkembang lainnya dari Uni Eropa. Pertanian 4.0 dilatarbelakangi adanya tantangan besar sektor pertanian dalam hal ketahanan dan ketersediaan pangan yang dipengaruhi oleh faktor perubahan iklim, kelangkaan air, kebutuhan energi dan ketersediaan lahan.

Agenda utama pertanian 4.0 adalah transformasi digital di sektor pertanian, pengembangan dan pemanfaatan teknologi digital di bidang pertanian yang mengerucut pada pertanian pintar (*smart farming*) dan pertanian presisi (*precision farming*). Salah satu perkembangan dan sedang berproses untuk implementasinya (termasuk di Indonesia) adalah upaya peningkatan penerapan pertanian presisi berbasiskan ICT antara lain ditandai dengan semakin banyak penggunaan Unmanned Aerial Vehicles (UAV) atau lebih dikenal sebagai drone di bidang pertanian. Tindakan mengidentifikasi, menganalisis, dan mengelola variabilitas berbagai variabel dapat dilakukan dengan "*proximal sensing*" menggunakan drone sehingga mendapatkan manfaat optimal bagi keberlanjutan dan perlindungan sumber daya lahan (Rohmani dan Haryono 2018).

Dalam konteks perkembangan pertanian di Indonesia, menunjukkan terus berproses dan beradaptasi untuk bertransformasi menuju ke arah pertanian modern. Dalam kerangka implementasinya, saat ini Kementerian Pertanian (Kementan) mengembangkan program pengembangan kawasan melalui Peraturan Menteri Pertanian (PERMENTAN) Nomor: 18 Tahun 2018 tentang Pengembangan Kawasan Berbasis Korporasi Petani. Pengembangan kawasan berbasis korporasi petani dapat dipandang sebagai *entry point* kebijakan yang dapat didorong terintegrasi dengan transformasi menuju pertanian modern masa depan.

Kinerja pembangunan kawasan menunjukkan beberapa variasi kondisi infrastruktur fisik dan koneksi jaringan pertanian serta kapasitas pelakunya. Saat ini masih banyak dalam kategori teknologi industri 2.0 dan beberapa kawasan pertanian telah lebih maju mencapai kategori teknologi industri 3.0 dengan basis ICT/digitalisasi dan *precision farming*.

Meskipun berkembang untuk bertransformasi, pertanian di Indonesia masih dibatasi oleh sejumlah faktor yaitu cuaca yang sulit diprediksi, tersebar di berbagai wilayah dengan kondisi agroekosistem berbeda serta kepemilikan lahan petani relatif kecil hanya 0,23 ha per kapita hanya sepertiga dari rata-rata dunia (OECD 2012), cara pertanian masih dominan tradisional disertai dengan adopsi teknologi yang rendah.

Kondisi ini mengisyaratkan perlunya intervensi teknologi dalam sebuah sistem sehingga memungkinkan para petani membuat keputusan yang lebih tepat.

Penggunaan intelijen udara berbasis drone menjadi kekuatan baru dan telah menunjukkan berbagai manfaat yang menguntungkan untuk pertanian presisi utamanya di wilayah pertanian dengan penggunaan mesin berbasis darat mengalami kesulitan dalam melaksanakan operasi pertanian. Penggunaan drone dan analisis yang terhubung berpotensi besar untuk mendukung dan mengatasi beberapa masalah yang dihadapi oleh pertanian utamanya dalam hal akses terhadap data berkualitas secara real-time dan dapat ditindaklanjuti. Keuntungan yang diberikan drone ketika dikombinasikan dengan alat analitik yang dapat menginterpretasikan data dan gambar menjadi informasi yang dapat ditindaklanjuti telah mengantarkan revolusi baru penggunaan drone bagi pertanian. Kegunaan drone dapat dipromosikan untuk memfasilitasi pengumpulan data secara cepat dan tingkat akurasi yang lebih besar dengan menyediakan sistem pemantauan yang lebih aman, sukses, dapat terukur dan berkelanjutan.

Sektor pertanian diprediksi akan menjadi pengguna drone terbesar kedua di dunia dalam lima tahun ke depan (FAO 2018). Terlepas dari beberapa keterbatasan alat dan teknologi yang ada, aplikasi drone dapat memberikan data berharga untuk digunakan sebagai pertimbangan kebijakan dan pengambilan keputusan. Drone memiliki potensi besar dalam pertanian utamanya mendukung perencanaan berbasis bukti dan dalam pengumpulan data spasial. Jaringan sensor berdasarkan IoT semakin banyak digunakan di sektor pertanian untuk memenuhi tantangan “memanen” informasi yang bermakna dan dapat ditindaklanjuti dari beragam data yang dihasilkan. Prioritas dalam menangani masalah yang berkaitan dengan privasi, keselamatan, dan keamanan adalah kunci untuk penerapan teknologi drone secara berkelanjutan (FAO 2018).

Melalui review berbagai kajian dan referensi (*desk study*), dalam makalah ini dibahas dan dipaparkan gambaran kemajuan teknologi drone, pengembangan dan pemanfaatannya dalam pertanian presisi sampai

saat ini, dan prospek adopsinya dalam membangun pertanian presisi. Pembahasan dimulai dari kekuatan ICT era industri 4.0 memberikan peran penting diterapkan dalam pertanian presisi sebagai bagian tidak terpisah dari tantangan yang harus dihadapi dalam mewujudkan pertanian modern di masa depan. Pertanian presisi dilakukan diantaranya sejauhmana kemampuan mendapatkan data-data pertanian “multivariate” secara detail, cepat dan *real time* serta biaya terjangkau, diantaranya dengan penerapan teknologi drone untuk berbagai tujuan.

Prospek tersebut dikaji dari beberapa pengalaman baik “*best practice*” aplikasi teknologi drone dalam pertanian presisi dan modern di berbagai negara, dan dengan kondisi spesifik pertanian di Indonesia sejauhmana prospek tersebut didorong untuk kemajuan dan skenario pertanian di Indonesia. Selanjutnya pada bagian akhir dibahas langkah ke depan dan strategi dalam upaya mendorong adopsi teknologi drone dalam pertanian presisi di Indonesia dengan tetap berkomitmen bahwa membangun pertanian modern dan berkelanjutan harus dalam konteks menyejahterakan masyarakat sehingga pentingnya memperkuat kapasitas petani untuk dapat berpartisipasi, beradaptasi dan berproses bersama melakukan transformasi menuju pertanian 4.0 di masa depan.

Teknologi Drone dan Aplikasinya dalam Pertanian Presisi

Implementasi pertanian presisi di negara-negara yang lebih maju, *internet of things* (IoT) telah digunakan untuk berbagai aktivitas dan praktek pertanian yang dapat meningkatkan produksi dan mengurangi biaya operasional serta meningkatkan efisiensi tenaga kerja sehingga memberikan keuntungan lebih besar bagi petani. Dalam beberapa tahun terakhir, IoT telah membuat kemajuan luar biasa dan dianggap sebagai teknologi yang paling menjanjikan untuk mendorong pertanian presisi di masa depan.

Kemajuan tersebut masih di luar jangkauan untuk sebagian besar negara berkembang dikarenakan masih terbatasnya infrastruktur internet dan stasiun Wireless Fidelity (Wi-Fi) di sebagian besar wilayah

pertanian, sehingga membuat masih terkendala penerapan IoT di bidang pertanian. Mengatasi permasalahan ini, FAO dan Google telah menginisiasi dan bermitra dengan berbagai negara berkembang untuk membuat penginderaan yang lebih efisien dan data yang mudah diakses (FAO 2016), diantaranya dengan memanfaatkan kemajuan teknologi drone dan aplikasinya mengembangkan kerja sama dan membangun layanan dalam menangani tantangan yang dihadapi di bidang pertanian melalui penggunaan ICT yang berkelanjutan (FAO 2017).

Drone adalah pesawat tanpa awak yang dikemudikan untuk menganalisis sesuai dengan tujuan tertentu. Drone sendiri merupakan teknologi yang cukup inovatif karena mengandalkan IoT dan Artificial Intelligent (AI) atau yang dikenal sebagai kecerdasan buatan. Kemampuan drone untuk menganalisis dinilai cukup akurat dan sangat cepat. Dalam perkembangannya, drone dikembangkan sesuai dengan semakin luasnya nilai manfaat yang dirasakan, yang secara umum drone membantu mengatasi berbagai keterbatasan yang menghambat produksi pertanian disamping dikembangkan untuk berbagai tujuan spesifik.

Proximal Sensing Drone Game Changer dalam Pertanian Presisi

Penginderaan proksimal dengan drone merupakan *game changer* di pertanian presisi. Teknologi drone telah memberikan kemampuan penyediaan data spasial yang belum pernah terjadi sebelumnya dengan resolusi spektral dan temporal, sekaligus juga dapat memberikan data secara rinci dan pengamatan multiangular (Maes dan Steppe 2018). Berbagai penggunaan telah teruji mampu memberikan manfaat antara lain dalam mendeteksi stres kekeringan, deteksi gulma dan patogen, status gizi dan penilaian pertumbuhan, serta prediksi hasil.

Untuk mendapatkan kemajuan yang lebih luas bagi praktik pertanian presisi, penelitian di masa depan harus memfokuskan pada pemanfaatan “komplementer” antara data hiperspektral (multispektral) dengan data termal, pengintegrasian pengamatan kedalam transfer model

pertumbuhan yang lebih kuat dan menggabungkan beragam produk drone dengan informasi eksplisit spasial lainnya. Untuk mengekstrak nilai komersial sebenarnya dari drone, harus terus memajukan teknologi yang mencakup robotika canggih, pengumpulan data yang kuat, perangkat lunak analitik, dan teknologi sensor mutakhir (PrecisionHawk 2019).

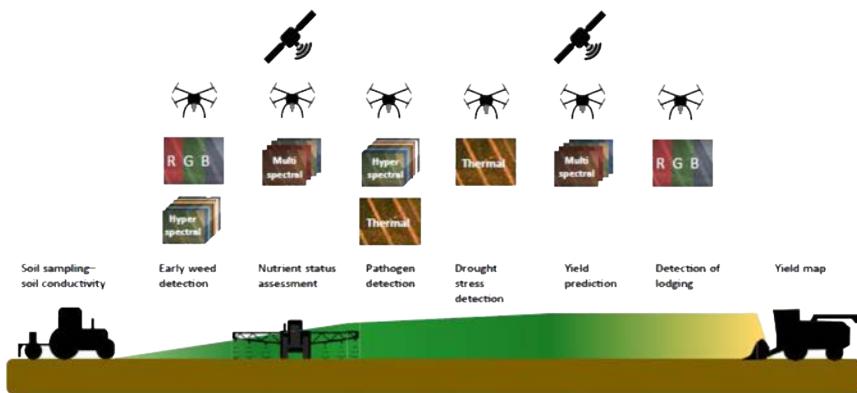
Perkembangan pemanfaatan drone yang sangat pesat dewasa ini telah menandai era baru pemanenan data dan berperan penting secara ekonomi dalam pertanian presisi. Pertanian presisi menuntut praktik manajemen dilakukan secara tepat, dengan input sesuai variasi spasial berbagai faktor yang berpengaruh telah menjadi terobosan dalam peningkatan pendapatan petani dan mengurangi dampak lingkungan. Memenuhi kesiapan variasi data yang diperlukan, teknologi drone mampu menawarkan kemampuan ‘memanen’ data melalui *proximal sensing* berkualitas tinggi pada skala dan waktu yang diperlukan.

Hampir semua penelitian aplikasi drone dalam pertanian presisi menggunakan empat jenis sensor (Daponte et al. 2019) yaitu: 1) Kamera komersial RGB yang memiliki resolusi spasial tinggi namun resolusi spektral yang kurang baik, dapat digunakan untuk menghitung kisaran indeks vegetasi (VI), serta untuk menghasilkan resolusi tinggi model elevasi digital (DEM) dan peta ketinggian vegetasi; 2) Kamera RGB modifikasi membuat peka terhadap spektrum inframerah-dekat (NIR); 3) Kamera multispektral dengan resolusi spektral yang lebih baik diperkirakan kualitas sistemnya akan semakin meningkat di tahun-tahun mendatang; dan 4) Kamera termal, kamera resolusi rendah (resolusi maksimal 640 x 512 piksel, atau 0,33 MP) yang peka terhadap gelombang panjang inframerah (7-12 mm) dapat digunakan untuk mengekstraksi suhu kanopi.

Mentransfer pengetahuan ilmiah yang diperoleh drone ke praktik sehari-hari membutuhkan perubahan dalam pendekatan ilmiah. Persyaratan praktis dan teknis diperlukan antara lain pentingnya keahlian operasi penerbangan dan pemrosesan data, yang dalam berbagai keterbatasan dapat menghambat aplikasi drone dalam pertanian presisi khususnya

untuk data termal dan hiperspektral. Metode yang digunakan disesuaikan dengan variasi bidang yang didalamnya disertai dengan kemampuan membangun model yang kuat untuk berbagai estimasi.

Meskipun beberapa fitur unik dari data drone seperti data multiangular atau tinggi vegetasi, dapat sepenuhnya dieksplorasi dalam model transfer radiatif yang tersedia atau model pertumbuhan tanaman, penyesuaian dapat dibuat pada kedua jenis model untuk menggabungkan keunggulan lain yang ditawarkan drone. Salah satu aset unik drone adalah kapasitas untuk mengukur dengan beberapa sensor pada saat bersamaan (misalnya penilaian tingkat gizi, deteksi penyakit dan stres kekeringan) menggunakan komplementer informasi termal dengan multispektral atau informasi hyperspectra.



Gambar 1. Skematis berbagai cara mengekstrak informasi spasial, menggambarkan banyak platform dan peran penting drone sepanjang musim tanam gandum (Maes dan Steppe 2018).

Penerapan pertanian presisi tergantung pada dua faktor: (i) ketersediaan informasi eksplisit secara spasial, dan (ii) infrastruktur untuk melakukan manajemen eksplisit spasial. Saat ini, masih ditemukan ketidaksesuaian dalam skala keduanya. Namun, pengembangan teknologi drone akan terus berlanjut, dan dapat semakin berkembang penerapannya dalam pertanian presisi. Diharapkan tren peningkatan kualitas data saat ini dan keramahan penggunaan sensor drone akan terus berlanjut, hingga

akhirnya memungkinkan penerapan hiperspektral dan sensor termal untuk operasi rutin oleh pengguna non expert berkaitan dengan berbagai aspek: persiapan penerbangan (ketinggian optimal dan pola penerbangan, pengaturan sensor dll.), eksekusi penerbangan (kalibrasi sensor, pengukuran kontrol tanah, dan eksekusi penerbangan itu sendiri), serta pemrosesan dan interpretasi data.

Aplikasi Drone dalam Pertanian Presisi

Adopsi teknologi modern di bidang pertanian dengan menggunakan drone dapat secara signifikan meningkatkan penilaian risiko dan kerusakan yang timbul dengan merevolusi cara tepat untuk mengantisipasi dan menanggapi bencana dalam pertanian. Akses pada data yang berkualitas adalah kunci membuat efektifnya sebuah kebijakan pembangunan pertanian presisi dan menjadi strategi intervensi terhadap pencapaian tujuan.

Penggunaan drone di bidang pertanian berkembang dengan cepat dalam produksi tanaman, sistem peringatan dini, pengurangan risiko bencana, irigasi, pengendalian hama penyakit, pemupukan dan berbagai kegunaan lainnya. Dalam mendukung sistem produksi tanaman, kemajuan teknologi dan aplikasi drone mendukung pertanian presisi mampu menggabungkan data sensor dan pencitraan dengan analisis data real-time untuk meningkatkan produktivitas pertanian melalui pemetaan keragaman spasial di lapangan.

Kesiapan data mentah berbagai variabel dengan keberagaman spasialnya yang dikumpulkan melalui penangkapan sensor dan kamera drone sangat dibutuhkan untuk model analisis pertanian. Dalam mendukung pertanian presisi, drone dapat melakukan pemindaian kesuburan tanah, memantau kesehatan tanaman, membantu merencanakan jadwal irigasi, pemberian pupuk, menentukan wilayah serangan hama penyakit, serta menghasilkan dan memberikan data berharga untuk analisis cuaca. Data dikumpulkan melalui drone dan dikombinasikan dengan sumber data lain disertai dengan model analisis solusi sehingga memberikan informasi yang dapat ditindaklanjuti.

Peran pemantauan di bidang pertanian seperti pencegahan bencana biologis dalam perlindungan tanaman memberikan kontribusi besar dalam pertanian presisi. Oleh karena itu, implementasi sistem pengawasan secara *real time* dengan biaya rendah dalam skala besar yang stabil, akuisisi data yang akurat disertai dengan pengolahan dan transmisi data sangat penting dan menentukan produksi pertanian secara berkelanjutan. Dengan kondisi di sebagian besar wilayah pedesaan yang belum ada stasiun Wi-Fi (jaringan nirkabel) yang dapat menghubungkan dan mengakses perangkat untuk berkomunikasi dalam satu titik akses, menjadi kendala utama dalam mengimplementasikan sistem pengawasan. Untuk mentransmisikan data yang diperoleh melalui *Wireless Sensor Network (WSN)* dan mengkomunikasikannya, salah satu alternatif solusinya adalah dengan menggunakan drone di area yang luas dalam mendapatkan data *real time*, pemrosesan dan analisis lebih lanjut (Wang et al. 2019).

Berkembangnya penerapan pertanian presisi telah membentuk paradigma untuk terus mengembangkan teknologi inovatif peningkatan produktivitas dan kualitas pertanian, serta meningkatkan kondisi kerja melalui pengurangan kerja manual (Daponte et al. 2018). Semua faktor yang berpengaruh dikelola sebagai variabel yang memainkan peran penting dalam membuat pertanian berkelanjutan. Banyak petani modern sudah menggunakan solusi berteknologi tinggi, misalnya tanaman pertanian dikontrol secara digital dan penggunaan drone untuk pemantauan dan peramalan. Beragam aplikasi drone tersedia dengan harga terjangkau dan mampu melakukan pencitraan data lahan dengan lokasi geografis yang sesuai sehingga membantu diperoleh data gambar tanah secara lengkap dan lebih jelas.

Penggunaan pestisida dalam pertanian selain berdampak pada lingkungan, memiliki aspek risiko kesehatan yang perlu dipertimbangkan secara tepat. Penggunaan bahan kimia dapat mengancam kesehatan akibat dari residu yang tertinggal dari produk pertanian yang akan menimbulkan dampak negatif pada kesehatan masyarakat. Melalui pertanian presisi, efek negatif dari bahan kimia (seperti pupuk dan pestisida) dapat dikurangi karena pemberian bahan kimia dapat dilakukan secara tepat (Morey et al. 2017).

Penggunaan drone dalam pertanian presisi telah diperkenalkan secara luas untuk pemberian air irigasi serta pemupukan. Sebuah drone berkamera infra merah, dapat mendeteksi area di mana irigasi sangat dibutuhkan atau di mana penyakit menyebar, dapat membantu ahli agronomi untuk menghemat waktu, sumber daya air dan mengurangi produk agrokimia. Pada saat yang sama, teknik pertanian tersebut dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas panen. Secara khusus, defisiensi air, stres nutrisi atau penyakit dapat dilokalisasi dan diukur dengan tepat sehingga keputusan dapat dibuat untuk mengatasi masalah tersebut.

Banyak indeks vegetasi yang telah dikembangkan melibatkan berbagai fitur data. Salah satu indeks yang sering digunakan adalah Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) mampu memberikan informasi tingkat biomassa yang berbeda dalam suatu bidang tanah. Citra NDVI dapat memberikan banyak informasi tentang tekanan atau kelebihan air, kekurangan nutrisi, serangan hama penyakit tanaman, atau kondisi lain yang mempengaruhi perkembangan tanaman. Indikator citra, seperti NDVI dapat memberikan informasi awal yang dapat dianalisis lebih lanjut dengan algoritme khusus untuk diterjemahkan ke dalam indikator tindakan agronomi seperti pemberian input pupuk. Data-data tersebut juga dapat digunakan untuk mempercepat proses yang teliti dalam melakukan inventarisasi tanaman dan perkiraan hasil.

Penggunaan sistem kamera khusus dapat memperoleh data bagian yang tidak terlihat dari spektrum elektromagnetik yang disebut Near-Infrared (NIR) dan ekstrak informasi berkualitas. Semua aplikasi drone untuk pertanian membutuhkan pemrosesan gambar yang diperoleh dari kamera dan sensor yang tertanam di drone. Berdasarkan sensor yang digunakan, dikenal tiga jenis aplikasi untuk pertanian presisi yaitu aplikasi berbasis kamera multispektral dan termal, serta aplikasi berdasarkan kamera red, green, blue (RGB).

Secara spesifik, gambaran penggunaan teknologi drone dan aplikasinya dalam pertanian presisi (Ahirwar et al. 2019) dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. **Analisis tanah dan lapangan:** Menghasilkan peta 3-D tanah yang tepat untuk awal analisis, berguna dalam perencanaan pola penanaman benih, kebutuhan irigasi dan manajemen tingkat nitrogen.
2. **Penanaman:** Tingkat penggunaan drone untuk sistem penanaman mencapai 75% dan mengurangi 85% dari biaya penanaman.
3. **Penyemprotan tanaman:** Dapat menyemprotkan jumlah cairan secara tepat, memodulasi jarak dari tanah dan penyemprotan secara *real time* merata sehingga peningkatan efisiensi dan mengurangi jumlah bahan kimia yang menembus ke air tanah. Penyemprotan udara dengan drone dapat diselesaikan lima kali lebih cepat dibandingkan mesin tradisional.
4. **Pemantauan tanaman:** Pemantauan tanaman dan peningkatan efisiensinya dalam bidang lahan yang luas dapat diatasi dengan drone, apalagi dalam kondisi cuaca yang tidak dapat diprediksi, mendorong peningkatan risiko dan biaya pemeliharaan di lapangan.

Drone mampu mengamati tanaman dengan indeks yang berbeda dan mencakup luasan hektar bidang dalam sekali penerbangan. Pengamatan pemantauan tanaman, kamera termal dan multi spektral melakukan perekaman kanopi vegetasi, yang dipasang di sisi bawah quad copter dan menghasilkan gambar-gambar dalam lima bentuk dengan panjang gelombang berbeda: Data yang berasal dari kamera multispektral melalui telemetri dianalisis oleh indikator Geografis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dengan persamaan dan akan menghasilkan nilai. Perhitungan memberikan nilai -1 hingga +1. Bila mendekati 0 (NOL) menunjukkan tidak ada vegetasi pada tanaman dan mendekati +1 (0,8 hingga 0,9) berarti kepadatan daun hijau tanaman tertinggi. Berdasarkan hasil ini, petani dengan mudah mengidentifikasi dimana dapat menyemprot pestisida (Maes dan Steppe 2018).

Deteksi Stres Kekeringan: Penggunaan sumber daya air yang efisien melalui teknik irigasi presisi adalah salah satu tantangan utama sektor pertanian. Irigasi presisi tidak hanya penting untuk mengatasi kelangkaan air, tetapi juga menghindari kehilangan salinitas dan nutrisi, serta untuk menghindari kekurangan air di daerah yang lebih rendah dan yang lebih

tinggi karena kurangnya pasokan air. Transpirasi adalah proses yang secara linear mengurangi suhu permukaan daun dan vegetasi, sehingga pencitraan termal sangat cocok untuk deteksi dini stres kekeringan.

Irigasi: Drone dengan sensor hiper-spektral, multispektral, atau termal dapat mengidentifikasi bagian mana yang kering dan perlu penyiraman. Setelah panen dan tumbuh pertanaman, drone memungkinkan perhitungan indeks vegetasi yang menggambarkan kepadatan dan kesehatan tanaman (ditunjukkan oleh jumlah energi atau panas yang dipancarkan tanaman).

Sistem penyiraman: Sistem penyiraman melekat pada bagian bawah drone sebagai nosel di bawah tangki pestisida untuk memercikkan pestisida. Sistem percikan dua modul berupa sistem percikan dan *controller*. Sistem percikan berisi konten penyemprotan (pestisida atau pupuk) dan nozzle untuk penyemprotan. Pengontrol digunakan untuk mengaktifkan *nozzle sprayer*.

Deteksi Gulma: Drone menawarkan cara yang baik untuk memetakan gulma dan manajemen gulma spesifik lokasi.

Penilaian Status Gizi: Dengan peningkatan efisiensi nitrogen (N) menjadi fokus utama pertanian modern, penggunaan sensor proksimal tanaman untuk menentukan tingkat aplikasi pupuk menjadi salah satu aplikasi klasik pertanian presisi. Beberapa sistem multispektral komersial dapat memberikan variabel tingkat pemupukan secara *real time* (Maes dan Steppe 2018).

Drone Pertanian di Indonesia

Drone pertanian adalah drone yang diaplikasikan penggunaannya untuk pertanian dalam rangka membantu meningkatkan produksi tanaman dan memantau pertumbuhan tanaman. Drone pertanian digunakan terutama untuk pertanian dengan lahan berskala luas. Seperti lahan padi, jagung dan perkebunan anggur. Keterbatasan mata manusia untuk mengawasi hamparan luas, dapat diatasi dengan menggunakan drone pertanian

yang dapat menangkap citra dari atas dan memberikan informasi penting mengenai kondisi tanaman dan lingkungan di sekitarnya bahkan secara *live*.

Drone pertanian dapat memantau areal pertanian dalam skala luas dengan lebih akurat dan jelas dibandingkan foto citra satelit. Keakuratan citra bisa disesuaikan berdasarkan kebutuhan dan tingkat kecanggihan alat. Semakin canggih kamera memungkinkan citra atau gambar yang didapat lebih akurat dan jernih.

Drone bisa dibagi menjadi dua jenis berdasarkan bentuknya, yaitu *Fixed Wing Drone* (Drone sayap tetap) dan *Rotary Wings Drone* (sayap berputar/baling-baling). Drone jenis *fixed wing* menggunakan sayap untuk terbang, drone jenis ini memiliki beberapa bentuk dan ukuran, bergantung pada kegunaannya masing-masing. Drone jenis *fixed wing* bias ditenagai baterai dan bisa juga menggunakan bahan bakar. Drone tipe *fixed wing* memiliki jangkaun yang jauh dengan durasi terbang yang lama dibandingkan tipe *rotary wings* karena adanya sayap yang berfungsi untuk membantu daya angkat pesawat sehingga lebih efisien dalam pemakaian baterai. Drone tipe ini sangat cocok untuk tujuan pemetaan pada kawasan lahan perkebunan yang luas.

Rotary Wing Drone adalah drone yang menggunakan baling-baling (*propellers*) untuk terbang. Drone jenis ini biasa dikenal dengan nama Multicopter atau Multirotor. Penamaan drone disesuaikan dengan banyaknya motor atau baling-baling. Drone jenis ini biasanya ditenagai baterai. Drone dengan 1 baling – balng disebut *Single Copter*. Model ini mengadopsi model helicopter, copter yang hanya memiliki 1 balng-baling. Drone ini paling sulit dikendalikan karena tidak memiliki kestabilan, namun untuk melakukan manuver sangat mudah.

Double copter memiliki 2 balng-baling, biasanya balng-balingnya di pasang di kedua sisi pesawat. masih tergolong sulit untuk dikendalikan. *Tricopter* adalah drone dengan 3 balng – balng. Model tri-copter ini lebih mudah dikendalikan, dan lebih stabil dibandingkan dengan Double Copter dan Single-Copter. *Quadcopter* adalah drone yang memiliki 4 balng-baling. Drone jenis ini adalah jenis yang paling banyak dipasarkan, dan paling banyak digunakan saat ini.



Gambar 2. Beberapa Bentuk dan Ukuran Jenis *Fixed Wing* Drone

Hexacopter adalah drone yang memiliki 6 baling-baling sedangkan Octocopter memiliki 8 baling-baling. Dengan semakin banyak baling-baling, drone akan semakin stabil dan lebih mudah pengendaliannya. Namun dengan demikian semakin banyak baling-baling, penggunaan baterai makin boros.



Gambar 3. Jenis Drone a. Fixed Wing, b. Rotor tunggal, c. Quad copter, d. Hexa copter, e. Octo copter (Mogili dan Deepak 2018)

Penggunaan drone pertanian secara komersial di Indonesia banyak bermula dari munculnya kebutuhan akan data aktual dan faktual dari industri perkebunan kelapa sawit. Sebelumnya, data tersebut didapatkan dari citra satelit. Sayangnya, masih banyak keterbatasan yang dimiliki citra satelit, antara lain:

1. Keterbatasan resolusi spasial yang disajikan yaitu di kisaran 30 cm/pixel untuk citra berbayar dan 60-150 cm/pixel untuk citra gratis (Google Earth), padahal yang dibutuhkan adalah resolusi spasial

di bawah 15 cm/pixel agar dapat mengekstrak informasi lebih mendalam seperti jumlah pokok, kondisi kesehatan pokok dilihat dari warna, hingga mencari daerah sisipan.

2. Aktualitas data, biasanya data citra satelit terbagi dua jenis: terkini dan arsip. Harga citra terkini umumnya lebih mahal, sedangkan harga citra arsip lebih murah namun bukanlah data aktual
3. Lead time yang panjang apabila memesan data citra satelit terkini, karena satelit tidak dapat serta merta menuju titik lokasi yang citranya akan diambil, namun harus menunggu saat yang tepat yaitu pada saat mengorbit tepat di atas titik lokasi, serta harus dipastikan titik lokasi sedang memiliki cuaca bagus dan tidak berawan.
4. Cloud percentage yang biasanya memiliki nilai 5%, karena sampai saat ini belum ditemukan teknologi kamera tembus awan. Selain itu, apabila membutuhkan citra *cloud free*, umumnya ada biaya tambahan yang harus dikeluarkan, serta waktu tambahan untuk memastikan seluruh citra bebas awan.
5. Adanya minimum order, yaitu pada luasan 100 km^2 atau 10,000 hektar. Hal ini menjadi kurang ekonomis bagi pemilik lahan kecil.

Dari permasalahan-permasalahan di atas, muncullah teknologi drone sebagai solusi, di mana drone ini memiliki keunggulan sebagai berikut:

1. Resolusi spasial yang sangat tinggi yaitu hingga 5 cm/pixel, dibandingkan satelit yang hanya 30 cm/pixel.
2. Data aktual, karena citra diambil pada saat dibutuhkan.
3. Lead time yang pendek. Dengan kapasitas pengambilan dan pengolahan data hingga 70,000 hektar per minggu, *lead time* yang dibutuhkan akan sangat singkat dibandingkan dengan citra satelit.
4. Cloud free karena drone terbang di bawah awan.
5. Mobilisasi yang mudah dan dapat dioperasikan di kondisi geografis apapun.

Beberapa fungsi penting aplikasi drone dalam sektor pertanian di Indonesia dapat diuraikan sebagai berikut:

Pemetaan lahan

Fungsi drone dalam pemetaan lahan diantaranya adalah untuk mengukur batas dan luas lahan secara cepat dan akurat, mengukur elevasi lahan, membuat peta kontur, membuat peta situasi lahan ataupun untuk fungsi pemetaan tematik lainnya.



Gambar 4. Gugusan Sawah Jaring Laba-laba (*Web Spider Rice Field*) di Kecamatan Ruteng, Kabupaten Manggarai, NTT, hasil pemetaan menggunakan *fixed wing drone*.

Untuk pemetaan lahan yang luas, drone yang cocok digunakan adalah tipe *fixed wing drone* yang dilengkapi kamera beresolusi tinggi terintegrasi GPS sehingga memungkinkan untuk mendapatkan citra foto dari atas permukaan tanah yang memiliki informasi georeferensi. Drone yang diterbangkan pada ketinggian 250 m akan mengambil ribuan seri foto permukaan tanah dan merekam posisi geografis titik pengambilan foto. Hasil analisis menggunakan software khusus akan didapatkan citra utuh penampakan permukaan tanah lokasi survei yang dilewati jalur terbang drone.

Penggunaan *fixed wing drone* dalam pemetaan lahan salah satunya adalah dalam survei foto udara untuk mendapatkan informasi spasial sebaran dan luas sawah jaring laba-laba (*spider web rice field*) yang berlokasi di Kecamatan Ruteng, Kabupaten Manggarai. Peta sebaran jaring laba-laba ini diperlukan sebagai dokumen penunjang dalam usulan sawah jaring laba-laba sebagai warisan dunia yang difasilitasi oleh FAO melalui Program *Globally Important Agricultural Heritage Systems* (GIAHS).

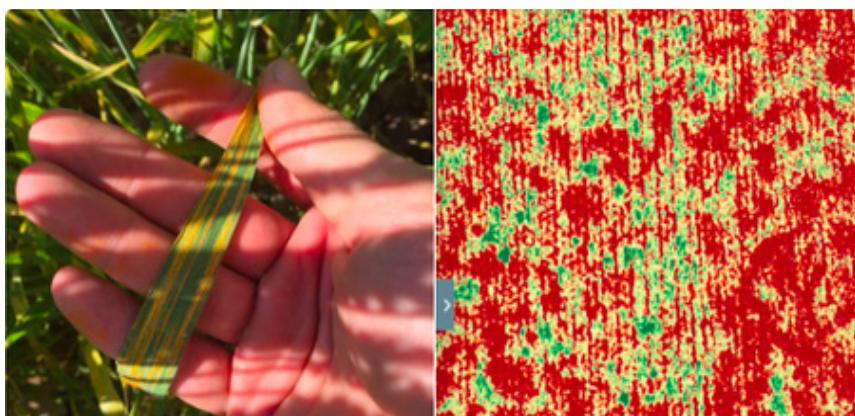
Pemetaan Tanaman

Fungsi drone untuk pemetaan tanaman adalah diantaranya untuk mengidentifikasi jumlah tanaman (*plant counting*), umur tanaman ataupun kesehatan tanaman. Pengamatan jumlah populasi tanaman sawit pada perkebunan dengan luas ribuan hektar, akan menjadi mudah, murah dan praktis apabila dilakukan dengan drone tipe *fixed wing* yang dilengkapi dengan kamera resolusi tinggi.



Gambar 5. Plant counting tanaman sawit pada perkebunan sawit menggunakan citra hasil pemetaan menggunakan *fixed wing drone*

Dengan menggunakan kamera NDVI (*Normalized Difference vegetatif Index*), hasil pencitraan dari drone dapat menilai apakah target yang diamati mengandung vegetasi hijau hidup atau tidak, ada tidaknya jamur atau bakteri pada tanaman, mengidentifikasi hama yang melekat pada tanaman, tingkat kandungan air pada tanaman serta tingkat kesehatan tanaman yang dilihat dari tingkat kehijauan daun. Tanaman yang sakit akan terlihat menunjukkan suatu warna yang berbeda dibandingkan tanaman normal. Dengan cara ini, permasalahan dapat diketahui dengan lebih cepat, titik penyebaran penyakit bisa terdeteksi dan segera dapat ditentukan cara mengatasinya.



Gambar 6. Citra foto kesehatan tanaman hasil pemotretan drone menggunakan kamera yang dilengkapi sensor infra merah. Warna merah menujukkan tanaman tidak sehat.

Penanaman Benih

Drone dapat berfungsi untuk melakukan penanaman benih. Cara penanaman benih menggunakan drone memungkinkan proses penanaman berlangsung dengan lebih cepat. Drone tidak hanya punya kemampuan untuk menembakkan bibit ke permukaan tanah, tetapi juga pemupukan. Di waktu yang sama, keberadaannya juga berguna mengurangi biaya untuk ongkos penanaman mencapai 85 persen.

Penyemprotan

Berbeda dengan fungsi untuk pengambilan citra foto, fungsi aplikasi penyemprotan bisa digunakan untuk mengganti tenaga penyemprotan secara manual. Dengan drone penyemprotan bisa lebih cepat, hemat air dan merata. Drone dapat melakukan penyemprotan secara lebih merata dan tertakar dibanding penyemprotan dengan menggunakan traktor dan sekaligus juga mengurangi biaya. Yamaha RMAX menjadi drone pertama yang mengantongi ijin standar penggunaan dalam penyeprotan dengan membawa beban angkut 24.94 kg pupuk atau obat. Drone untuk pertanian dapat juga dilengkapi dengan sensor ultrasonik ataupun laser yang berguna dalam mengenali struktur kondisi lahan.

Fitur ini memungkinkan *drone* dapat melakukan penyemprotan secara lancar tanpa terjadi tabrakan. Selain itu, fitur tersebut juga dapat dimanfaatkan dalam melakukan pemindaian permukaan tanah. Selanjutnya, hasil pemindaian bisa menjadi data awal untuk menentukan jumlah cairan yang perlu disemprotkan. Semua itu bisa dilakukan secara real-time dengan jangkauan yang luas.

Deteksi Kelengasan Tanah

Drone yang disertai dengan sensor thermal, hyperspectral, atau multispectral, bisa dimanfaatkan untuk melihat kelengasan tanah. Sensor tersebut mampu menunjukkan area yang terlihat kering dan membutuhkan pengairan.

Deteksi Kebakaran Hutan dan Lahan

Kebakaran lahan dan hutan (karhutla) saat ini telah menjadi masalah bagi Indonesia dan beberapa negara lainnya yang memiliki hutan luas seperti Rusia, Brazil, Bolivia, Kanada, Amerika Serikat serta Australia. Ada 3 faktor utama penyebab kebakaran hutan dan lahan yaitu cuaca, manusia dan kerusakan ekosistem. Karhutla berkembang menjadi persoalan yang kompleks dengan berbagai motif meliputi: (i) motif ekonomi yaitu pembukaan lahan untuk pertanian maupun perkebunan,

kemudian untuk diperjualbelikan; (ii) motif penguasaan lahan yaitu para perambah membakar hutan untuk mempertahankan dan memperluas penguasaan lahan.

Beberapa cara pencegahan dan pengendalian karhutla adalah pemantauan titik api (*hot spot*), pemasangan kamera infra merah, thermal dan menara pemantau, serta melaksanakan patroli darat, air dan udara. Deteksi cepat dan efektif merupakan faktor kunci dalam mencegah kebakaran hutan dan lahan. Drone saat ini dapat digunakan dalam upaya pencegahan kebakaran hutan dan lahan dan dapat menyediakan informasi *real time* untuk gerak cepat dalam menanggapi situsi yang berkembang.

Sistem pemantauan taktis kebakaran lahan berbasis drone sebaiknya ditujukan untuk fungsi berikut: (i) Deteksi dini kebakaran, deteksi potensi kebakaran, serta pemantauan kejadian pemicu kebakaran; (ii) Menentukan titik dan lokasi meluasnya kebakaran, observasi dan pemantauan perkembangannya; (iii) Diagnosis kebakaran, mendapatkan informasi detil tentang kebakaran, evaluasi parameter penentu; dan (iv) Prediksi *real time* kebakaran dan perkembangannya.



Gambar 7. Pemantauan kebakaran lahan menggunakan drone

Drone dapat mendeteksi kebakaran lebih cepat dan lebih aman. Drone dapat menjadi mata elang bagi tim pemadam kebakaran pada area dan membantu dalam memprediksi kemana arah api akan menyebar sehingga pengambilan keputusan dapat dilakukan secara cepat terkait keputusan kemana seharusnya brigade kebakaran menuju dan segera mengevakuasi penduduk. Drone yang dilengkapi dengan kamera thermal dan multi sensor, dapat mendetekti kebakaran di bawah tanah yang dapat berkembang cepat dalam skala luas. Pada tahap awal kebakaran, ketika suhu permukaan meningkat, brigade kebakaran dapat menerima informasi operasional untuk segera melakukan tindakan pencegahan. Selain itu, drone dilengkapi dengan kamera infra merah yang dapat melihat citra yang tertutup asap, atau juga dapat dilengkapi sensor arah angin dan parameter cuaca lainnya yang berpengaruh terhadap penyebaran kebakaran.

Investasi Drone dan Tantangan Pengembangannya Mendukung Pertanian Presisi

Teknologi drone saat ini telah berkembang sangat pesat. Dengan kemajuan ICT industri 4.0, drone sudah menjadi produk teknologi yang bisa dimanfaatkan oleh siapa saja, tidak terkecuali para petani. Kehadiran teknologi drone dalam sektor pertanian bisa mendatangkan banyak manfaat. Teknologi ini bisa memberikan solusi revolusioner menjawab tantangan pembangunan pertanian dalam meningkatkan kualitas serta kuantitas hasil panen. Keberadaan dan beragam manfaatnya telah membuktikan bahwa keberadaan teknologi bukan untuk ditakuti, tetapi berpotensi besar untuk dimanfaatkan.

Salah satu perusahaan yang telah merasakan manfaat teknologi drone di sektor pertanian adalah perusahaan asal Prancis bernama Ocealia. Perusahaan ini telah memanfaatkan drone untuk pengelolaan lahan perkebunan sejak tahun 2015. Hasilnya cukup positif, terdapat peningkatan hasil panen rata-rata sebesar 10 persen. Kekuatan drone sesungguhnya berasal dari kemampuan pengolahan dan analisis

data yang terjadi setelah data dikumpulkan. Solusi bagi pertanian presisi (Precisionhawk 2017) menawarkan platform terintegrasi untuk menggunakan data dari drone, sensor, dan perangkat lain untuk mengotomatisasi dan mengoptimalkan pengelolaan pertanian.

Ada berbagai klasifikasi drone berdasarkan ukuran mulai dari yang sangat kecil, kecil, sedang hingga besar. Kategori seperti model multirotor dan model fixed wing memiliki karakteristik unik. Pesawat fixed wing, seperti eBee milik SenseFly memiliki keuntungan daya tahan lebih lama, karenanya dapat mencakup area yang lebih besar dan memiliki kecepatan penerbangan yang cepat. Kerugiannya adalah mereka membutuhkan area untuk mendarat dan tinggal landas dan lebih sulit bermanuver. Mereka bisa terbang dengan kecepatan lebih dari 80 km/jam. Dengan kelebihan tersebut, membuat drone fixed wing ideal untuk survei udara, foto udara beresolusi tinggi, pemetaan dan survei tanah, dengan persyaratan tersedianya landasan untuk memfasilitasi lepas landas dan mendarat. Sebaliknya, drone multirotor memiliki kecepatan lebih rendah, durasi penerbangan yang lebih pendek dan kapasitas muatan terbatas akan memiliki keunggulan manuver gesit, kemampuan melayang di sekitar area tertentu, dan kemampuan mereka untuk beroperasi di area terbatas membuat drone multirotor ideal untuk pengawasan dan mendeteksi hama tanaman, penyakit dan gulma.

Dalam perkembangannya, drone juga semakin banyak digunakan di sektor asuransi dan penilaian pertanian, termasuk dalam klaim asuransi forensik (Wadke 2017). Citra drone sangat berguna dalam memberi perkiraan kerugian secara akurat. Di India, perusahaan Skymet menggunakan drone untuk menyediakan jasa survei pertanian kepada perusahaan asuransi dan pemerintah negara bagian Maharashtra, Gujarat, Rajasthan dan Madhya Pradesh. Kajian pemanfaatan drone dalam berbagai bidang dilakukan oleh FAO bermitra dengan berbagai negara untuk pengumpulan data yang membantu upaya pengurangan risiko bencana. Data berharga yang dihasilkan drone kemudian dimasukkan ke dalam sistem pemodelan, dengan kemampuan analitik dapat memberikan wawasan berharga, saran pentingnya komunitas pedesaan berkualitas dan dapat membantu pemerintah memberikan

layanan responsif dalam perencanaan penanggulangan bencana secara lebih baik, serta memberikan *lesson learned* untuk pengembangan lebih lanjut (Ahirwar et al. 2019)

Filipina sebuah negara yang rentan terhadap angin topan, drone berperan untuk memetakan area lahan pertanian berisiko bencana untuk mengurangi risiko kerusakan. Praktek inovatif ini juga dapat dengan cepat menilai kerusakan ketika bencana melanda. Drone yang digunakan FAO di Filipina dilengkapi dengan peralatan fotogrametri dan navigasi dengan resolusi ground hingga tiga sentimeter. Ini dapat diprogram untuk mendeteksi secara detail seperti NDVI, tekanan air atau kekurangan nutrisi spesifik pada tanaman. Pemetaan drone mendukung penanggulangan risiko bencana di Filipina sekarang menjadi mainstream bagi manajemen risiko bencana dan manajemen pengurangan risiko bencana serta strategi adaptasi perubahan iklim.

Myanmar sebagai negara beragam etnis (sekitar 52 juta orang dalam 135 kelompok etnis yang diakui secara resmi di 14 negara bagian dan wilayah). Lebih dari 70% penduduk tinggal di daerah pedesaan dengan 60% bekerja di sektor pertanian, peternakan, perikanan, akuakultur, dan sektor sumber daya alam lainnya, yang memberikan sekitar 36% dari produk domestik bruto, dan sekitar 30% nilai ekspor. Pertanian adalah tulang punggung perekonomian Myanmar, namun kendala besar dihadapi karena menjadi salah satu negara yang paling berisiko terhadap bencana alam di Asia Tenggara dan terpengaruh oleh empat bahaya alam berupa gempa bumi, banjir, siklon, dan kekeringan. Menyikapi hal ini, FAO bekerja dengan Kementerian Pertanian, Peternakan dan Irigasi serta Universitas Teknik Aerospace Myanmar untuk memanfaatkan teknologi geospasial modern dalam meningkatkan kesiapsiagaan bencana dan kegiatan pelayanan responsif. Inisiatif ini juga menghasilkan informasi berguna terkait risiko pertanian dataran tinggi seperti tanah longsor dan erosi yang dapat digunakan untuk menginformasikan kepada masyarakat pertanian dan membantu mereka memahami risiko dan mengurangi dampak bencana.

Dalam rangka mengatasi berbagai keterbatasan yang menghambat produksi pertanian, revolusi pertanian berikutnya akan sangat memerlukan dukungan data, yang akan membantu meningkatkan produktivitas pertanian dengan kerusakan minimum terhadap lingkungan dan peningkatan penghidupan bagi masyarakat pertanian (petani). Peraturan yang menguntungkan tentang penggunaan drone kecil untuk pertanian serta akses ke platform yang dapat mengumpulkan data dari berbagai sumber untuk memberikan wawasan yang berharga sangat bermanfaat bagi masyarakat petani. Kesenjangan informasi di antara masyarakat pedesaan akan ditangani oleh pertumbuhan generasi milenial profesional yang akan memainkan peran kunci dalam memberikan informasi tindakan hiperlokal kepada masyarakat pedesaan dengan menggabungkan berbagai sumber data dan analitik.

Pengalaman penerapan teknik-teknik berbasis drone di China, menunjukkan peningkatan efisiensi produksi pertanian secara signifikan, dengan lebih banyak peningkatan aplikasi yang luar biasa dalam akuisisi big data pertanian dibandingkan dengan pengawasan pertanian konvensional. Namun, surveilans berbasis drone masih harus menghadapi tantangan seperti stabilitas lingkungan dan kondisi cuaca yang buruk. Oleh karena itu, WSN berbasis drone adalah teknologi yang menjanjikan dan menjadi alternatif mencapai komunikasi berbiaya rendah, secara luas, real time, serta akuisisi data handal ketika stasiun pangkalan Wi-Fi tidak tersedia (Wang et al. 2019).

Berpjidak dari keunggulan dan potensi nilai manfaat serta berbagai tujuan sepsifik dalam pertanian presisi, investasi dalam drone pertanian meningkat 344% antara 2013 dan 2015 dari US \$ 94,1 juta hingga US \$ 323,9 juta, dan bisnis teknologi drone memberikan potensi menguntungkan dalam hal efisiensi dan nilai tambah. Beberapa studi menyimpulkan drone pertanian dapat menghemat >90% penggunaan air untuk irigasi, 30%-50% bahan kimia untuk penyemprotan tanaman, dan 40-60 kali lebih efisien dari pada kerja manual (FAO 2018; Taylor 2017). Jumlah drone sekarang mencengangkan dan meningkat secara eksponensial. Menurut Vogt (2017) penjualan tahunan drone kecil telah mencapai 400.000 unit di Republik Federal Jerman pada tahun 2016 dan kemungkinan akan mencapai 1 juta pada tahun 2020.

Di Amerika Serikat, penjualan drone lebih dari dua kali lipat dalam 12 bulan yang berakhir pada Februari 2017, dengan peningkatan 117% setiap tahun (The NPD Group 2017). Teknologi drone dianggap setara dengan revolusi ponsel, dan sebagai sebuah distrupsi. Lebih tegas Komisi Eropa (2016) menyatakan bahwa teknologi drone adalah peluang unik bagi ekonomi Uni Eropa untuk menghasilkan tambahan pertumbuhan dan kemakmuran, dan berpotensi besar membuka pemasaran baru untuk berbagai layanan inovatif.

Beberapa publikasi memperkirakan pemasaran drone pertanian akan mencapai US \$ 3,7 miliar dan memberikan dampak ekonomi hingga US \$ 30 miliar pada tahun 2025, dan saat ini dampak ekonomi dari pemasaran drone telah mencapai US \$ 32,4 miliar. Analisis oleh Asosiasi Sistem Kendaraan Tanpa Awak Internasional meramalkan segmen drone pertanian diperhitungkan naik hingga 80% dari total pasar drone komersial pada tahun 2025. Hal ini menunjukkan fakta menakjubkan tingkat investasi dan penerapan drone yang sangat pesat (FAO 2018).

Pemanfaatan drone dalam pertanian presisi masih tahap awal dan memungkinkan ruang untuk pengembangan lebih lanjut baik dalam teknologi maupun aplikasinya. Drone yang dikenal luas sejak tahun 1995 dan mulai tahun 2010 telah dapat diaplikasikan melalui smartphone penerapannya dalam pertanian presisi secara spesifik masih diperlukan pengembangan teknologinya antara lain peningkatan teknik pemrosesan gambar, biaya yang lebih rendah, waktu terbang, daya tahan baterai, desain kamera baru, penyemprot bervolume rendah, dan jenis nozzle yang digunakan.

Konvergensi drone sebagai platform untuk berbagai sensor dengan mesin perangkat lunak pemrosesan dan analisis cerdas berbasis pembelajaran akan mengembangkan berbagai alternatif perlakuan pertanian presisi yang sangat luas sehingga akan mampu memaksimalkan produksi secara berkelanjutan dengan biaya input yang sangat efisien. Penggunaan analisis dan pemrosesan data gambar yang canggih menimbulkan tantangan dalam strategi manajemen data. Salah satu tantangan utamanya adalah pentingnya akurasi dan ketepatan informasi yang dihasilkan dari pertumbuhan set big data hingga 140 GB data untuk 1 km²

dengan jarak sampling tanah 1 sentimeter. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan strategi pengelolaan data yang sesuai dengan persyaratan khusus. Tantangan utama lainnya adalah menggabungkan pencitraaan hasil drone dan pemrosesan data gambar canggih dan analisisnya ke dalamnya proses pertanian yang ada untuk memastikan sektor pertanian dapat sepenuhnya memanfaatkan informasi baru tersebut. Kepemilikan pengetahuan dan alat analisis tambahan diperlukan untuk implementasi dan pengintegrasian informasi baru ke dalam proses bisnis pertanian sehingga benar-benar dapat memanfaatkan potensi solusi drone dan analisis data gambar tingkat lanjut dalam industri.

Teknologi drone dan alat analisis data gambar canggih sangat potensial untuk industri pertanian. Solusi drone dapat diimplementasikan dalam berbagai aplikasi seluruh proses dari pemetaan yang tepat untuk tujuan perencanaan, menilai kondisi tanaman, hingga penyemprotan tanaman yang tepat. Strategi dan pengaturan yang tepat sangat diperlukan untuk dapat memanfaatkan sepenuhnya teknologi yang tersedia. Untuk memaksimalkan manfaat dari kemajuan teknologi drone dan sensor, ketersediaan data gambar, alat pemrosesan dan analisis menjadi bauran teknologi untuk solusi yang dibutuhkan harus direncanakan dengan hati-hati bersamaan pertimbangan optimalisasi biaya.

Seiring dengan operasi drone yang mampu menghasilkan volume besar data, perencanaan matang juga diperlukan untuk proses akuisisi data itu sendiri. Persyaratan mengenai presisi, resolusi dan lapisan data yang digunakan harus sepenuhnya mencerminkan persyaratan bagi penggunaan tertentu sehingga harus direncanakan berdasarkan tujuan kegiatan. Setelah solusi optimal dikembangkan dan data yang diperoleh tidak melebihi kemampuan pemrosesan, informasi yang diekstrak perlu diimplementasikan dan diintegrasikan sepenuhnya ke dalam proses bisnis. Dengan kesiapan bauran teknologi yang diperlukan, kemampuan analisis alternatif solusi dioptimalkan dan sepenuhnya terintegrasi ke dalam proses bisnis, akan sangat potensial untuk diimplementasikan sehingga produktivitas meningkat secara substansial, dan akhirnya akan berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi.

Implementasi Kebijakan dan Langkah Ke Depan

Dengan sejumlah keuntungan dari aplikasi intelijen udara berbasis drone dalam pertanian presisi akan menjadi langkah strategis penerapannya bagi kemajuan pertanian di Indonesia. Dalam kerangka implementasinya dapat dilakukan terintegrasi dengan pengembangan kawasan pertanian berbasis korporasi sebagai entry point membangun dalam skala lebih luas serta dapat dilakukan oleh berbagai kelembagaan petani. Untuk mendapatkan manfaat yang lebih luas dan dalam aplikasi skala besar masih diperlukan lebih banyak penelitian dan pengembangan drone termasuk pengembangan aplikasi untuk penggunaan dalam skala yang lebih luas. Mencapai hal tersebut, sangat penting bagi Kementerian Pertanian untuk merumuskan visi holistik dan roadmap pengembangannya sebagai acuan dalam berbagai tindakan.

Dalam kerangka menempatkan petani sebagai mitra dalam menghasilkan invensi dan teknologi inovatif, pengenalan teknologi baru harus dirancang sebagai “proses pembelajaran bersama petani” yang akan merangsang kreativitas dalam penggunaan dan penerapan pengetahuan dan teknologi drone untuk memecahkan kebutuhan teknis yang dihadapi serta memberikan manfaat luas bagi petani. Komponen penting dalam hal ini adalah penekanan pada pengembangan kapasitas. Dalam sebuah masyarakat belajar, petani tidak saja dilatih dalam penggunaan drone dan teknologi lainnya untuk mendapatkan beragam data yang menyangkut usahatannya, mereka juga didorong memiliki kemampuan menghasilkan data yang tepat untuk membantu mereka membuat keputusan dan memajukan pertaniannya.

Pengembangan teknologi drone juga memerlukan dukungan berbagai pihak (lembaga riset, perguruan tinggi, fasilitasi pemerintah, dan komunitas termasuk generasi milenial) sehingga diperoleh keterpaduan tindakan dan beragam umpan balik yang akan menentukan keberhasilannya. Generasi milenial diharapkan mengambil inisiatif dan melakukan penetrasi dalam membangun pertanian presisi

serta terus didorong agar generasi milenial di perkotaan tertarik menggeluti pertanian serta menjadi penggerak untuk beradaptasi dan bertransformasi.

Dua kendala utama dalam pengembangan teknologi drone dan aplikasinya bagi pertanian presisi, adalah: 1) adanya penerapan regulasi yang ketat di beberapa negara antara lain drone seharusnya terdaftar, diasuransikan dan operatornya memiliki lisensi kecuali penerbangan yang tidak berbahaya; dan 2) adanya tuntutan kecepatan pemrosesan data untuk dapat segera digunakan sebagai input manajemen. Kedua kendala tersebut harus menjadi agenda prioritas untuk dipenuhi sebagai rencana aksi jangka menengah. Agenda jangka panjang, diperlukan lebih banyak pengembangan instrumen canggih dalam menghasilkan beragam data real time, akurat dan disertai analisis yang kuat sehingga menjadi informasi berharga dalam membangun pertanian presisi sekaligus melindungi sumber daya, merehabilitasi daerah yang terdegradasi dan untuk mengelola sumber daya secara berkelanjutan.

Ke depan diperlukan hadirnya dukungan smart policy yang kondusif (misalnya legislasi manajemen data pribadi, masalah privasi, dan pemanfaatanya) serta kecanggihan kemampuan analisis data untuk berbagai tujuan. Kedua evolusi tersebut diintegrasikan dalam bentuk pengembangan teknologi pintar dengan memanfaatkan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence-AI, diterapkan menggunakan analisis data real time, pengaturan dan penentuan jalur penerbangan yang menjangkau area luas, disertai kemampuan mendiagnosis masalah tertentu secara spesifik.

Penerapan dan pemanfaatan drone harus memenuhi tingkat keamanan yang diharapkan, pengaturannya dilakukan secara terintegrasi, disertai dengan upaya terus mengadvokasi standarisasi peraturan menuju sebuah pendekatan berbasis resiko yang dipersyaratkan. Lebih lanjut, pemerintah perlu mendorong penyediaan layanan drone, pengembangan teknologi dan penggunaannya dalam mewujudkan pertanian modern di masa depan sehingga praktik pertanian dapat dikelola secara lebih cerdas, lebih aman, dan ekonomis, disertai dengan kesiapan pakar pertanian yang dapat membantu petani dan pelaku usaha lainnya menggabungkan intelijen udara berbasis drone ke dalam operasi pertanian yang tepat.

Lebih lanjut, pemerintah perlu mendorong penyediaan layanan drone, pengembangan teknologi dan penggunaannya dalam mewujudkan pertanian modern di masa depan. Bantuan layanan drone dilakukan untuk mengelola praktik pertanian yang lebih cerdas, lebih aman, dan ekonomis, disertai dengan kesiapan pakar pertanian yang dapat membantu petani dan pelaku usaha lainnya menggabungkan intelijen udara berbasis drone ke dalam operasi pertanian yang tepat. Agar pertanian modern dapat menjadi magnet bagi generasi muda dan milenial, perlu pendidikan vokasi bagi mereka, mengembangkan perusahaan layanan berbasis drone yang beroperasi di daerah pedesaan, sehingga menghasilkan peluang kerja, meningkatkan produksi pertanian dan nilai tambah dari hasil investasi tersebut.

Daftar Pustaka

- Ahirwar, S., R. Swarnkar, S. Bhukya, and G. Namwade. 2019. Application of Drone in Agriculture. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. ISSN: 2319-7706 Volume 8 Number 01 (2019). 8(01): 2500-2505. doi:<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.264>
- CEMA. 2017 - Digital Farming: what does it really mean, and what is the vision of Europe's farm machinery industry for Digital Farming. European Agricultural Machinery.
- Daponte, P., Luca De Vito, Luigi Glielmo, Luigi Iannelli, Davide Liuzza, Francesco Picariello, and Giuseppe Silano. 2019. A review on the use of drones for precision agriculture. To cite this article: IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 275 012022. Department of Engineering, University of Sannio, Piazza Roma, 21, 82100 Benevento, Italy
- Darmawan, Soni. 2007. Precision Farming sebagai Sistem Pendukung Keputusan. By ppiibaraki 2007/11/29 Uncategorized. <https://ibaraki.ppijepang.org/51/>. Diunduh tanggal 15 Oktober 2018.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2014. The Water-Energy-Food Nexus. A new approach in support of food security and sustainable agriculture. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2015. Climate change and food systems: Global assessments and implications for food security and trade. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2016. Google and FAO partner to make remote sensing data more efficient and effective. News Article, 1 December [online]. [Cited 23 September 2017]. <http://www.fao.org/news/story/en/item/350761icode/>
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2017. The Future of Food and Agriculture Trend and Challenges. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2018. E-Agriculture in Action: Drone for Agriculture . Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations. International Conference on Robotics and Smart Manufacturing (RoSMa2018). Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture UM Rao Mogili1* and B B V L Deepak2, a,bNational Institute of Technology, Rourkela,Orissa-769008, India.
- Maes Wouter, H., and Kathy Steppe. 2018. Review Perspectives for Remote Sensing with Unmanned Aerial Vehicles in Precision Agriculture. Article in Press. Pages 13. Trends in Plant Science, Month Year, Vol. xx, No. yy <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.007> 1 © 2018 Elsevier Ltd. All rights reserved.
- Mogili, U.M. Rao, and BB. V.L. Deepak. 2018. International Conference on Robotics and Smart Manufacturing (RoSMa2018). Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. ScienceDirect. Procedia Computer Science 133 (2018) 502–509. Amsterdam (NL): Elsevier.
- Morey, N. S., Mehere, P. N., and K. Hedao. 2017. Agriculture Drone for Fertilizers and Pesticides Spraying. International Journal for engineering applications and Technology. Issue 5 volume 3, ISSN: 2321-8134.

- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 2012. OECD Review of Agriculture Policies Indonesia. Indonesia (ID): OECD Publishing.
- Pasandaran, E., dan M. Syakir. 2017. Memperkuat Kemampuan Sistem Inovasi Pertanian, dalam Menuju Pertanian Modern Berkelanjutan. Jakarta (ID): IAARD Press.
- Precisionhawk. 2017. Smarter agriculture [online]. [Cited 23 August 2017]. <http://www.precisionhawk.com/agriculture>.
- Precisionhawk. 2019. Drone-based Aerial Intelligence in Precision Agriculture. [<https://www.forbes.com/sites/lorinfries/2019/01/23/smart-farming-through-the-internet-of-things/#7d426d2be893>].
- Rohmani, S.A., dan H. Soeparno. 2018. Pertanian Digital dalam Membangun Pertanian Modern di Era Industri 4.0. Jakarta (ID): IAARD Press.
- Schmaltz, Remi. 2018. What is Precision Agriculture? <https://agfundernews.com/what-is-precision-agriculture.html/>. Diunduh tanggal 14 Oktober 2018.
- Sense Fly. 2017. eBee the professional mapping drone [online]. [Cited 23 August 2017]. <https://www.sensefly.com/drones/ebee.html>.
- Sentera. 2017. Agvault unlocks your data [online]. [Cited 22 August 2017]. <https://sentera.com/agvaultsoftware/>
- Simatupang Pantjar 2018. Arah Kebijakan Mendorong Kebijakan Kesejateraan Petani. Badan Litbang Pertanian. Jakarta (ID): IAARD Press.
- Taylor, L. 2017. The next generation of drone technologies for agriculture. *Agfunder News*, 16 March [online]. [Cited 22 July 2017]. <https://agfundernews.com/the-next-generation-of-dronetechnologies-for-agriculture.html>

- Wadke, R. 2017. Insurers now employing drones to check claims by farmers. The Hindu-Business Line, 14 March [online] [Cited 22 September 2017]. <http://www.thehindubusinessline.com/economy/agribusiness/insurers-now-using-deploy-drones-to-check-claims-by-farmers/article9583909.ece>
- Wang Lin Lin, Yubin Lan, Yali Zhang, Huihui Zhang, Muhammad Naveed Tahir, Shichao Ou, Xiaotao Liu, and Pengchao Chen. 2019. Review Applications and Prospects of Agricultural Unmanned Aerial Vehicle Obstacle Avoidance Technology in China. Sensors 2019, 19, 642; doi:10.3390/s19030642
- Wyman, Oliver. 2018. Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology. World Government Summit. Februari 2018.

Sistem Informasi Katam Terpadu untuk Mendukung Pertanian Modern

Aris Pramudia, Yayan Apriyana, dan Haryono

Pertanian modern merupakan kegiatan budidaya pertanian yang banyak memanfaatkan teknologi atau inovasi bidang pertanian yang lebih maju, baik dari segi mesin, perawatan tanaman, pengendalian hama penyakit sampai panen dan pasca panen. Hal yang membedakan pertanian modern dengan pertanian tradisional atau konvensional adalah perlakuan atau cara perawatan dan budidayanya. Konsep yang mendasar dari pertanian modern adalah adanya ketahanan hasil produksi jangka panjang dan menyebabkan keberlanjutan serta kemandirian, lebih sehat dan ekonomis (Zainudin, 2016; Pioneer, 2018; Sridianti, 2019, Sugiarto, 2019).

Karakter pertanian modern terutama terlihat pada *input* yang digunakan, antara lain pemanfaatan mesin canggih pada saat penanaman, perawatan, dan panen serta pengolahan pasca panennya. Beberapa perilaku yang mencirikan pertanian modern, antara lain (1) adanya perencanaan tanam yang tepat sehingga mengurangi risiko kegagalan pertanian, (2) pemanfaatan mesin-mesin canggih saat menanam, merawat, panen dan pasca panen, (3) penggunaan input organik dan berkelanjutan, (4) harga jual produk pertanian lebih tinggi, dan (5) adanya kemudahan dan kecepatan jalur distribusi hasil pertanian dari produsen hingga ke konsumen.

Dalam hal perencanaan tanam yang tepat sekaligus mengurangi risiko kegagalan pertanian, salah satu teknik yang tepat adalah merencanakan tanam pada periode dimana ketersediaan air melalui curah hujan cukup untuk memenuhi kebutuhan air tanaman selama masa pertumbuhannya. Dengan demikian, pertanaman diperkirakan mendapat jaminan

ketersediaan air pada saat tanam, selama pertumbuhan hingga panen. Pendekatan yang baik adalah dengan memanfaatkan informasi prediksi periode curah hujan dalam analisis prediksi waktu tanam.

Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu berbasis web yang dikembangkan sejak 2011 ternyata sudah memiliki konsep dan beberapa ciri-ciri pertanian modern, antara lain: (1) adanya perencanaan tanam yang mengurangi risiko kegagalan pertanian dengan memilih periode-periode tanam berdasarkan kondisi iklim yang tepat dan memiliki cukup ketersediaan air, (2) adanya penyajian informasi tentang potensi bencana banjir, kekeringan, dan organisme pengganggu tanaman, serta solusi rekomendasi varietas untuk mengurangi risiko kegagalan, (3) adanya rekomendasi alternatif pemupukan berimbang bahkan dengan rekomendasi pemanfaatan pupuk organik, (4) menyajikan informasi neraca alsintan yang diharapkan dapat memberi solusi pemenuhan kebutuhan alsin di lapangan, (5) beberapa informasi, misalnya informasi *standing crop* dan informasi prediksi curah hujan 6-harian, diperbarui secara *near real time*.

Kemanfaatan Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu menjadi terlihat lebih nyata, jika informasi yang dihasilkan dapat diakses oleh pengguna dengan cepat. Pada era industri 4.0 saat ini, teknologi informasi berpotensi untuk mempercepat aliran informasi dari sumber informasi kepada pengguna. Saat ini Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu sudah menggunakan web, aplikasi android dan teknologi GSM untuk mempercepat dan memperluas *deliveri* informasi kepada pengguna. Dengan pesatnya perkembangan teknologi informasi pada masa yang akan datang, serta didukung sosialisasi yang lebih luas, diperkirakan SI Katam Terpadu akan dapat diakses lebih banyak pengguna secara *near real time*.

Sistem Informasi Katam Terpadu

Pengertian Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu

Sistem Informasi kalender Tanam Terpadu atau SI Katam Terpadu adalah suatu pedoman atau alat bantu yang memberikan informasi tentang prediksi iklim, waktu tanam, bencana, rekomendasi sarana produksi pertanian, serta sistem pemantauanya, berdasarkan kondisi prediksi iklim dan tipologi lahan, hingga ke level kecamatan. SI Katam Terpadu disusun dan dikembangkan sejak 2007.

Pada awalnya informasi kalender tanam disajikan dalam bentuk Atlas Kalender Tanam dan Buku Data Katam yang bersifat statis dan tidak mudah dalam mensikapi dinamika perubahan dan keragaman iklim. Pada 2011 SI Katam Terpadu mulai dikembangkan menjadi sistem informasi berbasis web yang lebih dinamik dan mampu menyesuaikan terhadap dinamika perubahan dan keragaman iklim.

Lembaga inventor SI Katam Terpadu adalah Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, disusun melalui tiga penelitiya yaitu Prof. Dr. Irsal Las, Dr. Haris Syahbuddin, dan Dr. Eleonora Runtunuwu (alm). Saat ini SI Katam Terpadu dikelola oleh Tim yang terdiri dari Tim Katam Pusat dan Tim Gugus Tugas BPTP Provinsi.

Tim Katam Pusat bertanggungjawab dalam mengumpulkan data input, mengolah data input menjadi berbagai informasi yang ada di dalam SI Katam Terpadu saat ini, serta memasukkan informasi tersebut ke dalam sistem berbasis web sedemikian sehingga dapat diakses oleh pengguna. Tim Katam Pusat juga diharapkan mampu melakukan sosialisasi SI Katam Terpadu di lingkungan internal Kementerian Pertanian maupun Kementerian/Lembaga lainnya di tingkat pusat, bahkan hingga ke lembaga internasional.

Tim Gugus Tugas yang berada di setiap BPTP bertanggungjawab melakukan diseminasi dan sosialisasi kepada pemerintah daerah di provinsi dan kabupaten, hingga kepada penyuluh dan petani sebagai pengguna akhir informasi Katam terpadu.

Data input utama untuk analisis Kalender Tanam adalah informasi prediksi curah hujan hingga lebih dari satu musim ke depan. Informasi ini diperoleh dari Pusat Informasi Perubahan Iklim Deputi Bidang Klimatologi Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Disamping informasi prediksi curah hujan, data input dilengkapi juga dengan informasi bencana banjir dan kekeringan (data DPI) serta organisme pengganggu tanaman (OPT) dari Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan (Ditlin TP) Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Kementerian Pertanian.

Informasi administrasi kecamatan dan kabupaten/kota dari Badan Pusat Statistik (BPS), serta data datelit MODIS yang diperoleh setiap 8 hari melalui Lembaga Penerbagan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Sedemikian pentingnya informasi prediksi curah hujan, data DPI, informasi administrasi, dan data satelit MODIS, sehingga lembaga penyedia informasi atau data tersebut disebut sebagai lembaga mitra Katam Terpadu.



Gambar 1. Halaman muka pada SI Katam Terpadu berbasis web.

Sistem Informasi Katam Terpadu diperbaharui minimal 2 kali dalam setahun, masing-masing menjelang awal Musim Hujan dan awal Musim Kemarau, hal ini selaras dengan penerbitan informasi prakiraan musim dari BMKG. Namun tidak menutup kemungkinan dilakukan pembaharuan analisis Katam di pertengahan musim jika terdapat informasi prediksi curah hujan yang sangat berbeda dengan prediksi yang dilakukan pada menjelang awal musim. Informasi Katam Terpadu terdapat pada alamat situs SI Katam Terpadu www.katam.litbang.pertanian.go.id, dan informasinya dapat diakses melalui internet, serta melalui aplikasi android “Kalender Tanam Terpadu”.

Perkembangan Penyusunan SI Katam Terpadu

Dilihat dari perkembangannya, SI Katam Terpadu sudah mengalami perkembangan tiga generasi. **Generasi I**; periode 2007-2010. Materi Katam berupa informasi jadwal tanam menurut 4 skenario kondisi iklim, yaitu kondisi rata-rata tahun basah, rata-rata tahun kering, rata-rata tahun normal dan kondisi rata-rata eksisting. Data input pada generasi ini adalah informasi yang terdapat pada Peta Agroklimat Indonesia (Balitklimat, 2003), serta Peta Prediksi Curah Hujan dan Awal Musim BMKG (BMKG, 2010).

Informasi Katam disajikan dalam bentuk Atlas Katam dan Buku Data Katam (Balitklimat, 2007; 2008, 2009a; 2009b; 2010). Informasi yang berupa bahan cetakan ini bersifat statis karena sulit dirubah penyajiannya jika ada perubahan kondisi curah hujan yang ekstrim. Untuk memudahkan mobilitas, informasi kemudian digandakan dalam bentuk data digital yang disimpan pada *compact disk* (CD) sehingga mudah untuk diperbanyak dan dibagikan kepada pengguna. Delivery informasi bersifat *offline* dalam bentuk diseminasi di dalam ruangan atau di lapangan (Pramudia, 2015).



Gambar 2. Bahan-bahan cetakan berisi informasi Katam Generasi I.

Generasi II; periode 2011-2019. Pada generasi ini dilakukan pemanfaatan informasi prakiraan awal musim dan *update* informasi prediksi curah hujan berbasis zona prakiraan musim (ZOM) dan non zona prakiraan musim, kemudian mengkonversinya menjadi berbasis kecamatan. Pada awal mulanya pembaharuan informasi Katam dilakukan 3 kali dalam setahun untuk mengisi informasi jadwal tanam pada Musim Tanam I (Musim Hujan), Musim Tanam II (Musim Kemarau Pertama), dan Musim Tanam III (Musim Kemarau II). Namun kemudian penerbitan dirubah menjadi 2 kali dalam setahun mengikuti penerbitan informasi prakiraan musim dari BMKG.

Pada generasi ini, web digunakan sebagai media utama penyajian informasi. Analisis Katam mengikuti perkembangan prakiraan awal musim dan prediksi curah hujan yang di-*update* setiap bulan, dengan demikian informasi Katam menjadi lebih dinamik. Pemanfaatan web sebagai media untuk menyajikan informasi Katam menjadikan SI Katam lebih luwes dan mudah mengikuti perkembangan dinamika perubahan dan keragaman iklim tersebut. Delivery informasi dilakukan secara *online* menggunakan teknologi nirkabel (internet, android & GSM). Peneliti dan pengkaji BPTP dibentuk sebagai Tim Gugus Tugas, yang bertugas untuk melakukan diseminasi dan sosialisasi dan diseminasi informasi Katam kepada pengguna secara *offline*. Selain itu Tim Gugus Tugas juga diharapkan dapat memberikan umpan balik untuk mengkoreksi dan memperbaiki ketidakcocokan informasi Katam disesuaikan dengan kondisi eksisting di lapangan.



Gambar 3. Bentuk penyajian informasi Katam berbasis web Generasi II.

Pemantauan kondisi eksisting di lapangan digunakan CCTV (digital image) yang diinstal pada 55 titik yang menyebar pada sentra produksi padi di 7 provinsi, yaitu Lampung, Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Jawa Timur dan Bali. CCTV setiap jam secara otomatis mengirimkan foto situasi lahan sawah dan komputer memasukkannya ke dalam web secara otomatis (Balitklimat, 2015). Disamping itu, pemantauan kondisi tegakan padi di lahan sawah juga dilakukan menggunakan data satelit MODIS. Data satelit modis diolah menjadi informasi luasan tegakan padi (*standing crop*) dalam beberapa fase pengelolaan lahan dan fase pertumbuhan padi (Parsa et al. 2017).

Generasi III; dimulai 2019. Pada generasi ini sistem informasi berbasis web semakin berkembang dan mengalami pengkayaan informasi, termasuk informasi prediksi kekeringan di lahan pertanian. Dalam proses analisisnya, mulai melibatkan pemodelan neraca air dan pemodelan tanaman untuk menentukan pola tanam dan jadwal tanam. Pemodelan neraca air diterapkan untuk menentukan awal jadwal tanam berdasarkan perimbangan kondisi ketersediaan air dari curah hujan dan

irigasi dengan kondisi kebutuhan air untuk penguapan. Periode tanam optimal adalah periode dimana kebutuhan air tanaman padi terpenuhi melalui curah hujan dan irrigasi.

Ke depan ditargetkan SI Katam terpadu juga dapat memberikan informasi tentang prediksi produksi. Pemanfaatan pemodelan tanaman diharapkan dapat mewujudkan target capaian informasi ini. Ke depan ditargetkan juga adanya otomatisasi alur informasi dari sumber data, dalam hal ini BMKG, dengan ‘dapur’ ruang operasional Katam. Sedemikian, sehingga proses analisis Katam berlangsung secara otomatis pada saat BMKG sudah secara resmi mengeluarkan informasi prakiraan awal musim atau update prediksi curah hujan.

Algoritma Pengolahan Data menjadi Informasi Katam Terpadu

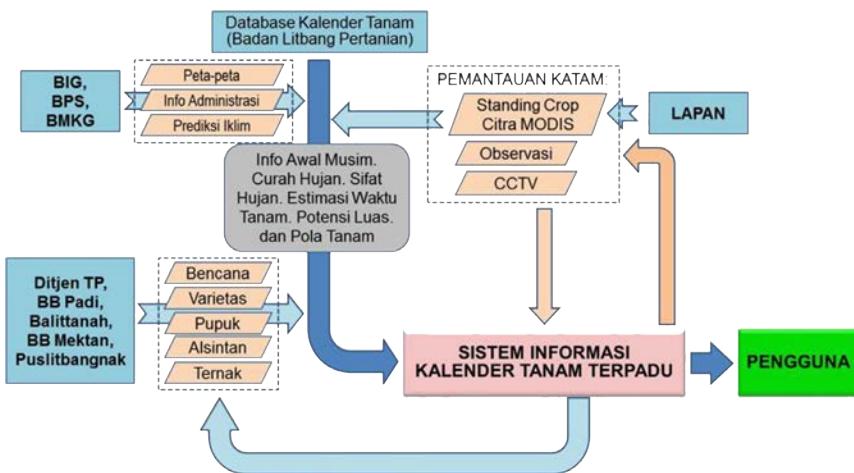
Sebagai suatu sistem informasi, SI Katam Terpadu tidak hanya mengelola aliran informasi dari sumber data, kemudian mengolah data, dan menyebarluaskannya ke pengguna. Lebih dari itu, SI Katam Terpadu juga merupakan pengelolaan kelembagaan beberapa sumber data, mensinkronkan interaksi dengan lembaga mitra sumber data, serta melibatkan lembaga lain yang diharapkan turut berperan dalam mensosialisasikan SI Katam Terpadu serta mendiseminasi informasi yang terkandung di dalamnya.

Aliran informasi SI Katam Terpadu dimulai dari penggunaan data masukan, antara lain peta-peta administrasi dari BIG, info administrasi dari BPS, informasi prediksi iklim dan curah hujan dari BMKG, kemudian digabungkan dengan Database Kalender Tanam yang dimiliki Balitbangtan. Informasi prediksi iklim BMKG berbasis ZOM dan Non-ZOM dikonversi menjadi informasi berbasis kecamatan. Melalui serangkaian analisis datamasukan diolah menjadi informasi awal musim hujan atau awal musim kemarau yang akan dihadapi, informasi waktu tanam padi, jagung dan kedelai di lahan sawah, informasi kondisi rata-rata curah hujan dan sifat hujan pada saat tanam, serta potensi luas tanam dan pola tanam optimum yang dapat diterapkan di masing-masing kecamatan.

Hasil olahan awal ini kemudian dilengkapi dengan informasi Dampak Perubahan Iklim, berupa banjir dan kekeringan, informasi bencana OPT, informasi varietas, informasi tingkat status hara dan pemupukan di lahan sawah, neraca alsintan tongkat kecamatan, serta potensi konversi limbah padi, jagung, kedelai menjadi pakan ternak. Pada tahap ini menghasilkan informasi antara lain wilayah endemik banjir, kekeringan dan OPT di lahan sawah, wilayah rawan banjir, kekeringan dan OPT di lahan sawah, rekomendasi varietas terkait kondisi prediksi iklim dan potensi bencana pertanian, rekomendasi pemupukan disesuaikan dengan potensi bencana dan musim, informasi alsintan, serta informasi volume pakan ternak yang dapat diperoleh melalui pemanfaatan limbah padi, jagung dan kedelai di lahan sawah.

Gabungan antara hasil olahan awal dan informasi tambahan ini disatukan dalam sebuah sistem informasi yang disebut Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu. Informasi dalam SI Katam Terpadu kemudian dideliveri atau dapat diakses oleh Pengguna. Informasi yang terdapat pada SI Katam Terpadu, diharapkan juga dapat mengoreksi data-data tambahan yang mungkin tidak relevan atau sangat berbeda dengan kondisi di lapang.

Untuk mendapatkan umpan balik dan koreksi terhadap informasi Katam terpadu, maka dilakukan pemantauan Katam dengan 3 cara, yaitu (1) menggunakan hasil olahan data standing crop, (2) melalui pengamatan di lapang, baik oleh Tim Katam Pusat maupun oleh Tim Gugus Tugas, dan (3) melalui pemantauan situasi menggunakan CCTV online. Hasil pemantauan ini berpotensi untuk memperbaiki data masukan jika diperlukan, dan juga mengoreksi dan memperbaiki informasi yang terdapat di dalam SI Katam Terpadu.



Gambar 4. Bagan alir informasi, analisis dan pemantauan SI Katam Terpadu

Di samping aliran informasi berasal dari lembaga mitra di atas yang kemudian diolah menjadi komponen informasi Katam Terpadu, dilakukan juga akses langsung terhadap informasi terbuka dari beberapa lembaga internasional, yaitu informasi prediksi curah hujan harian selama 6-hari ke depan dari IRI Colombia University. Informasi ini mencakup prediksi intensitas curah hujan harian (mm/hari), nilai anomaly curah hujan terhadap rata-rata periode 1985-2012 (mm/hari), prosentasi curah hujan harian terhadap rata-rata bulanan periode 1985-2012 (%), dan kategori hujan lebat (lebat, sangat lebat, ekstrim) terhadap total persentil curah hujan tanggal yang sama selama periode 1985-2012. Informasi ini adalah informasi spasial regional yang kemudian dirubah menjadi informasi spasial kecamatan atau kabupaten/kota (IRI Columbia, 2019).

Kandungan SI Katam Terpadu

SI Katam Terpadu merupakan sistem informasi yang mengandung data yang besar dan informasi beraneka ragam, yang mencakup untuk 34 provinsi, 514 kabupaten/kota serta 7042 kecamatan di seluruh Indonesia,

baik dalam bentuk penyajian berupa spasial, tabular maupun grafik. Beragam informasi yang dapat dilihat dalam SI Katam Terpadu, antara lain:

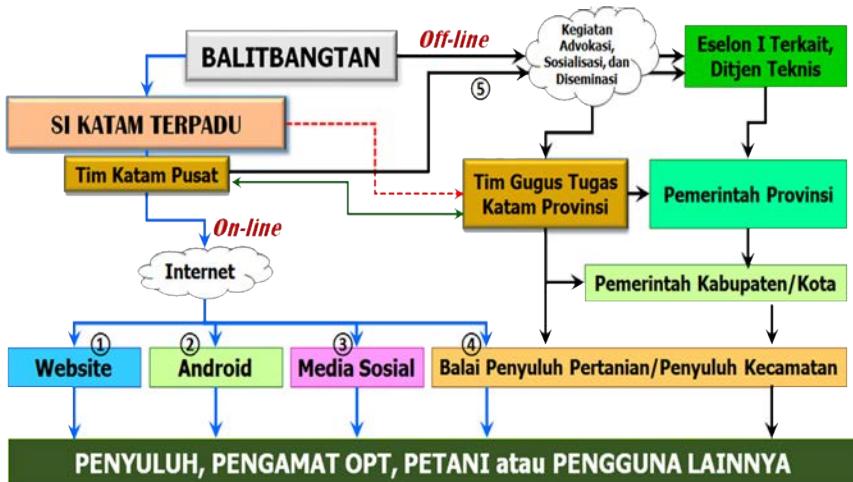
1. Prediksi awal musim pada musim yang dihadapi dan musim yang akan datang (saat ini menginformasikan MH 2019/2020 dan MK 2020),
2. Prediksi intensitas curah hujan rata-rata pada musim yg dihadapi (mm/bln); Prediksi sifat hujan selama periode tanam (normal, atas normal, bawah normal),
3. Prediksi curah hujan harian dalam 6-hari ke depan, update setiap 6 hari,
4. Prediksi awal musim tanam (MT-1, MT-2 MH 2019/2020, serta MT-1, MT-2 atau MT-3 MK 2020),
5. Pola tanam padi, jagung, kedelai selama setahun ke depan,
6. Potensi luas tanam pada setiap waktu tanam yang direkomendasikan,
7. Potensi luas bencana banjir, kekeringan, Luas kerusakan akibat OPT,
8. Rekomendasi varietas, pemupukan, Neraca alsintan,
9. Potensi pakan ternak dalam memanfaatkan limbah pertanian menurut luasan potensi tanam yang ada dalam SI Katam Terpadu,
10. Dinamika populasi ternak, Kalender tanam Rawa, Info BPP,
11. Pemantauan tanaman dan kondisi lahan sawah melalui CCTV online,
12. Prediksi curah hujan dan potensi kekeringan sub-musim,
13. Pemantauan fase pertumbuhan tanaman melalui data satelit MODIS real time (standing crop). (Pramudia, 2019)

Diseminasi SI Katam Terpadu

Sistem pengiriman informasi Katam Terpadu disebut dengan Teknik Pengiriman Multikanal, dilakukan baik secara *online* maupun secara *offline*. Secara *online* dapat menggunakan fasilitas internet, aplikasi android, media sosial, sedangkan secara *offline* umumnya dilakukan

melalui temu muka antara Tim Katam dengan pengguna. Beberapa media multi kanal yang digunakan dalam menyampaikan informasi Katam, adalah:

1. Web interaktif dengan alamat www.katam.litbang.pertanian.go.id, penyajian dalam bentuk spasial, tabular dan grafik.
2. Smartphone berbasis Android melalui aplikasi “Kalender Tanam Terpadu” (Ramadhani, Syahbuddin dan Runtunuwu, 2015).
3. Info BPP, merupakan bahan cetakan yang menyajikan informasi katam mulai dari prediksi iklim, luas baku sawah, potensi tanam, dan rekomendasi lainnya. Info BPP dibuat untuk level balai penyuluhan pertanian di setiap kecamatan, sehingga di dalam SI Katam Terpadu tersedia 7.042 info BPP seluruh kecamatan di Indonesia (Balitklimat, 2017).
4. Jaringan sosial media (facebook, twitter, dsb).
5. Kegiatan sosialisasi dan diseminasi lainnya, misalnya seminar, workshop, acara televisi dan radio, temu lapang, penyuluhan lapang, sekolah lapang, dan sebagainya.



Gambar 5. Teknik deliveri informasi Katam menggunakan teknik Deliveri Multikanal

Pemantauan SI Katam Terpadu

Pemantauan dimaksudkan untuk mencari gambaran sejauh mana informasi dan rekomendasi yang terdapat dalam SI Katam Terpadu sesuai dengan kondisi di lapang. Terdapat 3 teknik pemantauan yang diterapkan pada SI Katam terpadu, yaitu:

1. Komunikasi dengan Tim Gugus Tugas Katam di seluruh provinsi di Indonesia. Komunikasi berupa penyampaian informasi dari Tim Gugus Tugas kepada Tim Katam Pusat tentang hasil pengamatan tegakan tanaman yang ada di lahan sawah beserta luasannya.
2. Penggunaan CCTV online, dimana sudah terpasang di 55 titik yang tersebar di 7 provinsi, yaitu Lampung, Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Jawa Timur, dan Bali. CCTV secara otomatis mengirimkan hasil pemotretan berupa data image setiap jam ke komputer Katam yang terdapat di Ruang Operasional Katam Terpadu. Foto-foto ini pun kemudian secara otomatis terpasang di dalam web Katam Terpadu. Foto-foto lahan sawah tersebut memberikan gambaran apakah kondisi di lapang mirip atau tidak berbeda dengan hasil prediksi jadwal tanam Katam yang terbaca di internet (Balitklimat, 2015).
3. Melalui analisa citra satelit MODIS (Standing Crop). Analisis citra satelit MODIS, yaitu suatu proses menterjemahkan data citra menjadi informasi luasan tanaman padi yang diklasifikasikan menurut fase pertumbuhannya, yaitu (1) fase penggenangan lahan untuk persiapan tanam, (2) fase vegetatif-1 saat tanaman padi berusia 1-20 hari, (3) fase vegetatif-2 saat tanaman padi berusia 21-40 hari, (4) fase generatif-1 saat tanaman padi berusia 41-70 hari, (5) fase generatif-2 saat tanaman padi berusia 71-110 hari atau hingga panen, dan (6) fase bera saat tanaman padi sudah dipanen. Informasi standing crop diperbaharui setiap 8 hari (Ramadhani, Syahbuddin dan Runtunuwu, 2015).

Fungsi dan Manfaat Lain dari SI Katam Terpadu

Setelah sekitar delapan tahun berinteraksi dengan SI Katam Terpadu, bersosialisasi dalam diseminasi bersama penyuluh dan petani pengguna informasi Katam Terpadu, serta dengan pemangku kepentingan lainnya, maka dirasakan bahwa SI Katam terpadu tidak sekedar suatu wadah penyedia informasi, namun SI Katam Terpadu juga memiliki fungsi dan manfaat sebagai berikut:

1. Merupakan sarana diskusi antara pemangku kepentingan, umumnya penyuluh dan petani, dengan penyedia informasi untuk melakukan budidaya tanaman yang lebih baik di lahan sawah.
2. Merupakan sarana untuk memantau kondisi pertanaman dan kondisi bencana alam di lapang.
3. Dapat dimanfaatkan untuk melakukan prediksi panen dan kebijakan terkait dengan pengelolaan produksi.

Tantangan dalam Implementasi Katam Terpadu

Sejauh ini, dalam pengembangan dan penerapan SI Katam Terpadu dihadapi beberapa hal yang bisa mengurangi laju perkembangan SI Katam Terpadu sebagai alat bantu berbasis teknologi informasi, antara lain:

1. Keterkaitan antar Lembaga

SI Katam Terpadu memadukan berbagai data yang dikelola oleh beberapa lembaga yang memiliki otoritas masing-masing. Namun belum semua lembaga terkait tersebut, bekerjasama dengan Lembaga Inventor Katam Terpadu dibawah payung kerjasama yang terpadu. Ke depan diharapkan kerjasama terpadu atau kesepakatan antara lembaga sumber data dapat dilakukan.

2. Aliran Data/Informasi dan Otomatisasi Pengolahan Data

SI Katam Terpadu memadukan berbagai data yang dikelola oleh beberapa lembaga yang memiliki otoritas masing-masing. Saat ini perolehan beberapa data diperoleh berdasarkan pengajuan permohonan data kepada sumber data/informasi tersebut. Ada kalanya birokrasi dalam prosedur aliran data mengakibatkan SI Katam Terpadu menjadi tidak secepat dinamika keragaman curah hujan. Ke depan diharapkan pengolahan dan akses data yang dilakukan secara robotik dan otomatis menggunakan mesin, sehingga proses pengaliran dan pengolahan data bisa berjalan dengan lebih cepat.

3. Kecepatan Analisis Data

Analisis Katam terbagi dalam beberapa sub-komponen yang pengolahan datanya dilakukan secara terpisah pada masing-masing sub-komponen. Ke depan perlu dirancang suatu script atau pemrograman yang dapat menyatukan proses analisis antara sub-komponen Katam Terpadu.

4. Akurasi Informasi Katam

Dengan semakin banyaknya input yang dijadikan data masukan, berpotensi adanya peningkatan bias dalam analisis yang dapat mengurangi akurasi informasi Katam. Namun demikian, perlu diupayakan pengembangan teknik analisis yang dapat meningkatkan akurasi informasi Katam Terpadu.

5. Penyajian Informasi

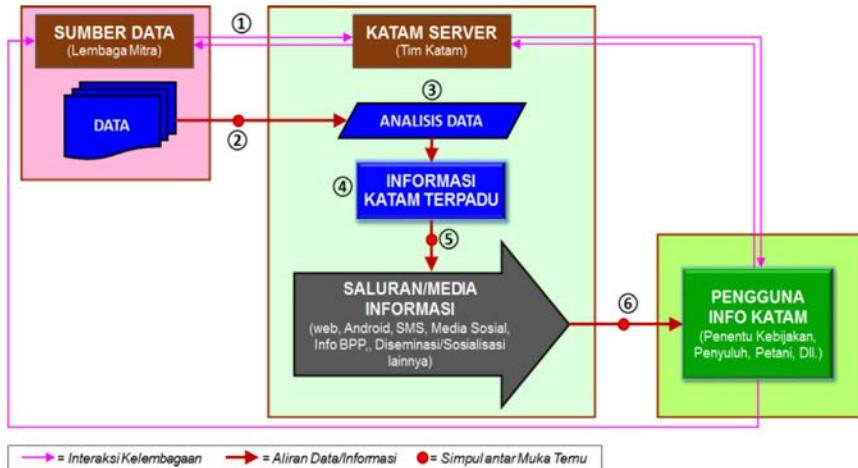
Karena SI Katam Terpadu merupakan informasi berbasis pengetahuan yang merupakan hasil-hasil penelitian, terdapat informasi Katam yang belum seluruhnya dimengerti oleh pengguna. Dengan demikian ke depan diharapkan informasi Katam Tarpadu dapat disajikan dengan bahasa sederhana dan dimengerti oleh penyuluh dan petani, serta dengan tampilan yang mudah dipahami oleh pengguna di tingkat penyuluh dan petani.

6. Kebuntuan antara Saluran Informasi dengan Pengguna

Walaupun SI Katam Terpadu diupayakan dirancang sebagus-bagusnya, namun masih terdapat pengguna, terutama dari kalangan penyuluh dan petani, yang belum bisa mengakses informasi Katam, karena beberapa hal, yaitu:

- a. Belum semua pengguna bisa mengakses/menggunakan internet
- b. Belum semua pengguna bisa menggunakan cara akses sms
- c. Belum semua pengguna dapat menggunakan telepon pintar
- d. Belum semua penyuluh bisa mencetak info BPP
- e. Belum semua BPP memasang info BPP
- f. Belum semua BPP memiliki fasilitas internet
- g. Hanya sebagian penyuluh dan petani yang dapat mengikuti diseminasi
- h. Belum semua petani menerima informasi Katam dari penyuluh
- i. (Pramudia, 2014).

Dengan demikian, perlu adanya peningkatan sarana dan prasarana yang mendukung aksesibilitas pengguna dalam memperoleh informasi Katam Terpadu.



Gambar 6. Interaksi kelembagaan dan aliran data/informasi SI Katam Terpadu

Peta Jalan Sistem Informasi Katam Terpadu Sepuluh Tahun Ke Depan

Tahun ke-1 (2019)

1. SI Katam Terpadu Lahan Sawah melibatkan pemodelan neraca air dan pemodelan tanaman dalam prediksi waktu tanam dan potensi luas tanam.
2. Penyusunan Prototipe Katam Rawa menggunakan pemodelan Hecras dan Katam Lahan Kering menggunakan pemodelan neraca air.
3. Pengembangan analisis *Standing Crop* menggunakan citra Satelit Sentinel-2, prototipe Pulau Jawa.
4. Memperluas deliveri informasi Katam melalui link Aplikasi Android dari lembaga swasta pengembang IoT dan AI (RiTx dan PETANI)

Tahun ke-2 (2020)

1. Penyempurnaan SI Katam Rawa, SI Katam Lahan Kering dan SI Katam Perkebunan,
2. Otomatisasi analisis data berbasis pemrograman.
3. Pemantapan pemodelan neraca air dan pemodelan tanaman
4. Pemanfaatan data luas baku yg sudah terverifikasi

Tahun ke-3 (2021)

1. Pengembangan Katam Hortikultura.
2. Otomatisasi aliran data dari lembaga terkait, sedemikian sehingga update Katam berjalan secara robotik mengikuti update data masukan dari lembaga sumber data.
3. Perluasan deliveri informasi Katam melalui link aplikasi android lainnya
4. Advokasi SI Katam kepada lembaga terkait, khususnya lingkup Kementerian Pertanian, untuk menjadi rujukan adaptasi perubahan iklim

Tahun ke-4 (2022)

1. Pengembangan analisis Standing Crop seluruh Indonesia menggunakan Citra Sentinel-2, dan Pengembangan Katam Hortikultura

Tahun ke-5 (2023)

1. Pengembangan dan pemutakhiran pemodelan Katam Rawa, model pengelolaan air untuk Katam Lahan Kering, dan Validasi Katam Lahan Kering

Tahun ke-6 (2024)

1. Update/Verifikasi Luas Baku Sawah, Luas Rawa, Luas Lahan Kering Tingkat Desa

Tahun ke-7 (2025)

1. Pengembangan Katam Hortikultura, Perkebunan, dan Pengembangan model tata air di Lahan Rawa

Tahun ke-8 (2026)

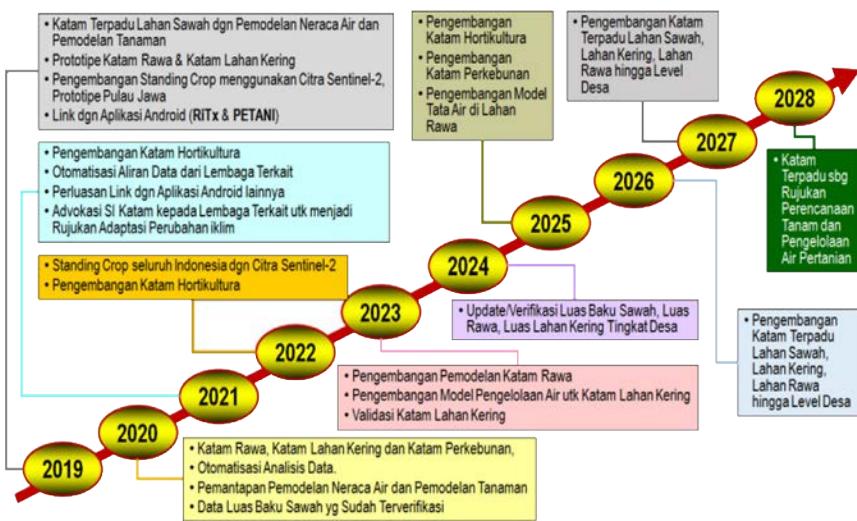
1. Pengembangan Katam Terpadu Lahan Sawah, Lahan Kering, Lahan Rawa hingga Level Desa

Tahun ke-9 (2027)

1. Pengembangan Katam Terpadu Lahan Sawah, Lahan Kering, Lahan Rawa hingga Level Desa

Tahun ke-10 (2028)

1. Katam Terpadu sbg Rujukan Perencanaan Tanam dan Pengelolaan Air Pertanian



Gambar 7. Peta Jalan Sistem Informasi Katam Terpadu Sepuluh Tahun ke Depan

Penutup

Salah satu prinsip rancangan dalam Industri 4.0 adalah terjalannya kemampuan mesin, perangkat, sensor, dan manusia untuk berhubungan dan berkomunikasi dengan satu sama lain lewat “internet untuk segala” (*internet of things, IoT*), “industri internet untuk segala” (*industrial internet of things, IIoT*), komputasi awan (*cloud computing*), komputasi kognitif (*cognitive computing*) serta kecerdasan buatan (*artificial intelligence AI*).

Rancangan Industri 4.0 juga diarahkan untuk membangun sistem siber-fisik (*cyber-physical systems, CPS*) yang dapat memberikan bantuan teknis bagi manusia dalam membuat keputusan bijak dan menyelesaikan masalah genting yang mendadak dengan cara mengumpulkan dan membuat visualisasi informasi menyeluruh dan dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan, atau bahkan membantu manusia secara fisik dengan melakukan serangkaian tugas yang tidak menyenangkan, terlalu berat, atau tidak aman bagi manusia (Wikipedia, 2019).

SI Katam Terpadu sebagai suatu sistem informasi, sudah mengalami dan memiliki proses yang sesuai dengan ciri-ciri industri 4.0. Dengan demikian, bisa dikatakan bahwa SI Katam Terpadu sejak dari awal sudah memulai proses industri 4.0. SI Katam Terpadu dalam Generasi III sudah memulai pemutakhiran analisis melalui automatisasi pemodelan neraca air dan pemodelan tanaman untuk menentukan jadwal dan pola tanam. Disamping itu, di dalam SI Katam Terpadu Generasi III dilakukan pemutakhiran dan peningkatan akurasi analisis *standing crop* sampai tingkat desa.

Pada fase Generasi III ini juga dimulai integrasi diseminasi dengan lembaga non pemerintah dalam membangun informasi sampai level Kelompok tani/petani melalui lembaga yang bergerak dalam bidang IoT dan AI, yaitu RiTx (MSMB) dan PETANI (8 villages).

Aspek analisis dan ilmiah yang melatarbelakangi masih berkembang terus, dan masih akan terus memperbaiki kualitas dan akurasi, serta memperkaya informasi yang dapat diakses pada SI Katam Terpadu. Berbagai tantangan terkait aksesibilitas dan kapasitas pengguna dalam secara bertahap perlu diatasi seiring pemanfaatan kemajuan teknologi informasi dan pengimplementasian teknologi informasi pada tingkat petani.

Daftar Pustaka

- Balitklimat. 2003. Atlas Sumber Daya Iklim Pertanian Indonesia Skala 1:1.000.000. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.
- Balitklimat. 2007. Atlas Kalender Tanam skala 1:1.000.000 dan 1:250.000 Vol I. Pulau Jawa. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor (ID): Balai Besar Penelitian dan Perngembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Balitklimat. 2008. Atlas Kalender Tanam skala 1:1.000.000 dan 1:250.000 Vol II. Pulau Sumatera. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor (ID): Balai Besar Penelitian dan Perngembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

- Balitklimat. 2009a. Atlas Kalender Tanam skala 1:1.000.000 dan 1:250.000 Vol III. Pulau Kalimantan. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Penelitian dan Perngembangan Sumber Daya Lahan Pertanian. Bogor (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Balitklimat. 2009b. Atlas Kalender Tanam skala 1:1.000.000 dan 1:250.000 Vol I. Pulau Sulawesi. Bogor (ID): Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Balai Besar Penelitian dan Perngembangan Sumber Daya Lahan pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Balitklimat. 2010. Atlas Kalender Tanam skala 1:1.000.000 dan 1:250.000 Vol I. Bali-Nusa Tenggara, Maluku dan Papua. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor (ID): Balai Besar Penelitian dan Perngembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Balitklimat. 2015. Pengembangan dan Advokasi Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu Dalam Upaya Adaptasi Perubahan Iklim. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. http://balitklimat.litbang.pertanian.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=1280&Itemid=68 (download 29 Juni 2019)
- Balitklimat. 2017. Informasi untuk Balai Penyuluhan Pertanian pada Sistem Informasi Kalam Terpadu. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. http://balitklimat.litbang.pertanian.go.id/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=11&Itemid=59 (download 30 Juni 2019)
- [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2010. Prakiraan awal Musim Hujan 2010/2011. Jakarta (ID): Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- FDS. 2019. Pertanian modern di Indonesia dan perkembangan teknologi penunjang. Fulldronesolutions All Rights Reserved. <https://www.fulldrone solutions.com/pertanian-modern-di-indonesia-dan-perkembangan-teknologi-penunjang/> (download 30 Juni 2019).

- IRI Columbia. 2019. Six-Day forecasts and Single-Day (24-Hour) Total Precipitation Forecast Maps. <http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/> Agriculture/IFAD/ FIC/cummrain.html (download 30 Juni 2019).
- Parsa, M., D. Dirgahayu, J. Manalu, I. Carolita, dan W. Harsanugraha. 2017. Uji model fase pertumbuhan padi berbasis citra MODIS multiwaktu di Pulau Lombok. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital*. 14(1): 51-64.
- Pioneer, 2018. Dinamika Pertanian Konvensional dan Pertanian Modern. PT DuPont Indonesia. <https://www.pioneer.com/web-site/indonesia/Dinamika-Pertanian-Konvensional-dan-Pertanian-Modern> (download 30 Juni 2019).
- Pramudia, A. 2014. Informasi Pertanian Berbasis Web: Menjawab Tantangan Perubahan Iklim Dunia. Bahan Dialog Nasional Pembangunan Pertanian Indonesia Masa Depan, Malang, 9 Juni 2014.
- Pramudia, A. 2015. Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu versi 2.0. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 37(3): 13-16.
- Ramadhani, F., H. Syahbuddin, dan E. Runtunuwu. 2015. Aplikasi Android pada Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu. *Jurnal Informatika LIPI. INKOM* 9(1): 39-44.
- Sridianti. 2019. Pengertian dan ciri Pertanian modern. <https://www.sridianti.com/pengertian-dan-ciri-pertanian-modern.html> (download 30 Juni 2019).
- Sugiarto, C. 2019. Pertanian Modern Indonesia Saat Ini dan Di Masa Depan. Generate Press. <https://erakini.com/pertanian-modern/> (download 29 Juni 2019).
- Tim Katam Terpadu. 2019. Informasi Kalender Tanam Terpadu menghadapi Musim Kemarau 2019. Makalah National Climate Outlook Forum untuk Pembahasan Prakiraan MK 2019. BMKG Jakarta, 04 Maret 2019.

- Wikipedia. 2019. Industri 4.0. https://id.wikipedia.org/wiki/Industri_4.0 (download 29 Juni 2019).
- Zainudin, Z. 2016. Pertanian modern yang baik dan benar. Agrotani.com. <https://www.agrotani.com/pertanian-modern/> (download 29 Juni 2019).

Revolusi Genetik Padi Mendukung Era Pertanian Industri 4.0

**Yudhistira Nugraha, Trias Sitaresmi,
dan Priatna Sasmita**

Indonesia sebagai negara besar harus dapat memenuhi kebutuhan pangannya sendiri, di samping sebagai negara tropis juga memungkinkan untuk berkontribusi mensuplai sebagian kebutuhan dari pangan dunia. Dalam peta jalan Kementerian 2016-2045, Indonesia memiliki cita-cita sebagai lumbung pangan dunia, untuk itu di tahun 2045 diperlukan produksi padi sebagai bahan makanan pokok sebesar 100 juta ton GKG atau setara dengan 61,06 juta ton beras dengan asumsi luas tanam 17,83 juta ha dan produktivitas 58,97 ku/ha (Kementerian 2016). Pencapaian sasaran tersebut tentunya diperlukan upaya yang terintegrasi termasuk di dalamnya peran teknologi maju dalam peningkatan produksi padi.

Produksi padi di Indonesia pada kurun waktu satu dekade terakhir mengalami peningkatan, namun demikian secara spasial terjadi fluktuasi produksi disebabkan adanya perubahan iklim terkait dengan kekeringan (Khanal et al. 2016), banjir (Nugraha et al. 2013) dan dinamika serangan hama penyakit (Muslim 2013). Tantangan lain dalam peningkatan produksi padi adalah kecenderungan penurunan luas lahan sawah produktif, dimana dalam kurun waktu 20 tahun terjadi penyusutan luasan sekitar 96.512 hektar per tahun pada tahun 2015 (Purbiyanti et al. 2017).

Di samping itu adanya degradasi lahan akibat eksloitasi penanaman melampaui batas daya dukung lahan (Simarmata et al. 2011), serta perubahan iklim menyebabkan peningkatan suhu malam yang memicu percepatan laju respirasi yang mengakibatkan banyak terbuang asimilat untuk dikonversi menjadi hasil panen tanaman pangan (Zhao et al. 2017).

Masalah-masalah tersebut perlu diatasi dengan mitigasi, yaitu salah satunya dengan peningkatan produktivitas melalui rekaya genetik dan lingkungan serta antisipasi mengurangi dampak buruk dari perubahan lingkungan terhadap produksi padi.

Peningkatan total produksi padi dapat dilakukan dengan usaha ekstensifikasi dan intensifikasi. Usaha ekstensifikasi masih terkendala dengan isu lingkungan dan tata ruang lahan, dimana umumnya lahan tersedia berada di kawasan yang bukan untuk pertanian (Purbiyanti et al. 2017), dan diperlukan biaya serta proses yang lama untuk sawah bisa berproduksi dengan baik (Murtilaksono and Syaiful 2014).

Program intensifikasi dengan cara meningkatkan produktivitas per satuan luas merupakan jalan yang paling murah untuk mendongkrak produksi padi nasional. Komponen untuk mendapatkan produktivitas tinggi adalah potensi genetik suatu tanaman dalam berproduksi (G), daya dukung lingkungan untuk mendukung ekspresi potensi genetik (E) dan intervensi manusia melalui manajemen lingkungan (M), sehingga produktivitas digambarkan menjadi suatu fungsi, $P = G \times E \times M$. Kombinasi ketiga peubah dalam fungsi tersebut mencerminkan dari perubahan dari sistem pertanian subsisten menjadi pertanian budidaya melibatkan campur tangan manusia.

Pada tingkat penelitian potensi genetik tanaman padi dan manipulasi lingkungan melalui teknologi budidaya telah mencapai pada level *leveling off* yang sulit untuk dapat ditingkatkan kecuali ada revolusi teknologi inovatif yang dapat meningkatkan hasil. Peluang untuk dapat meningkatkan hasil berdasarkan teori masih memungkinkan untuk dilakukan. Berdasarkan model yang disimulasi dari data kondisi tanah, iklim dan pertumbuhan tanaman padi menggunakan ORYZA.V3 tercatat potensi hasil yang mungkin dicapai pada kondisi tropis adalah 14,5 ton/ha (Espe et al. 2016).

Di dalam buku deskripsi pelepasan varietas padi, potensi hasil gabah yang tertinggi ada pada padi varietas Hibrida H-19 dengan angka 12,1 ton/ha (Suprihatno et al. 2012). Hasil gabah tersebut tentunya akan lebih rendah lagi pada kondisi di lapang yang dikelola petani. Adanya kesenjangan antarmodel tanaman dengan kondisi level penelitian

dan kondisi sebenarnya di lapang menunjukkan masih ada peluang untuk meningkatkan produktivitas tanaman padi (Laborte et al. 2012; Stuart et al. 2016; Agus et al. 2019). Perakitan varietas padi yang dapat mengekspresikan potensi genetiknya pada lingkungan yang optimal maupun sub-optimal sangat diperlukan di metode pemuliaan padi untuk mencari tipe tanaman yang mendekati simulasi model.

Metode pemuliaan yang lebih terarah dimana seleksi untuk tanaman terpilih berada pada level genom diiringi dengan bantuan identifikasi fenotipik yang akurat menggunakan digitalisasi dan otomatisasi, sehingga diharapkan dapat meningkatkan peluang mendapatkan rekomendasi yang diinginkan oleh pemulia. Tulisan ini membahas revolusi genetik yang merubah paradigma metode pemuliaan konvensional menjadi lebih modern, efisien, dan efektif. Perubahan genetik tanaman padi menjadi lebih unggul secara revolutioner dilakukan dengan menerapkan kaidah-kaidah yang ada pada revolusi industri 4.0.

Peran Pemuliaan dari Revolusi Hijau ke Revolusi Hijau Lestari

Pemuliaan dapat dikatakan sebagai percepatan tanaman berevolusi yang diarahkan oleh manusia sehingga dapat diambil manfaatnya bagi kepentingan manusia. Peradaban manusia tidak dapat dipisahkan dari pertanian dan pertanian tidak terlepas dari proses pemuliaan untuk merakit varietas unggul. Oleh karena itu pemuliaan tanaman merupakan pondasi dari lahirnya peradaban manusia.

Inti dari pemuliaan adalah perbaikan populasi tanaman atau pembentukan populasi baru dari hasil perubahan struktur genetik, introduksi, hibridisasi, dan rekombinasi. Populasi hasil rekombinasi selanjutnya diseleksi secara terarah oleh pemulia untuk membentuk populasi/individu baru yang lebih baik dari populasi sebelumnya. Dalam hal pemilihan tanaman yang diinginkan, pemulia menggunakan skill, pengalaman, intuisi, dan keahliannya sehingga di dalam pemuliaan disebut juga seni (*art*).

Perkembangan ilmu pengetahuan terutama ilmu genetika, mempengaruhi terhadap modernisasi pemuliaan tanaman, dimana peran seni dalam proses seleksi menjadi berkurang. Dalam perkembangannya pemuliaan tanaman dibagi menjadi beberapa tahap yaitu:

1. Periode *prehistoric*, dimasa manusia mengambil hasil tanaman dari alam secara langsung tidak ada campur tangan dalam membudidayakan tanaman tersebut.
2. Periode Historic (Breeding 1.0), dimulai saat tanaman budidayaan (jaman Mesoamerican) dimana jagung sudah mulai didomestikasi pada tahun 8000 sebelum masehi. Pada periode tersebut mulai ada campur tangan manusia untuk menyeleksi tanaman hanya berdasarkan feeling dan intuisi (100% art), memilih tanam berdasarkan kebutuhan manusia, seperti hasil, tinggi tanaman (sampai sekarang).
3. Periode Sains (Breeding 2.0) dimulai dengan peran Loius Vilmorin (1727) dan Mandel (1866) yang menjelaskan adanya substansi kasat mata, yang kemudian disebut dengan gen yang mempengaruhi pewarisan sifat dari induk ke keturunannya. Pada masa ini dimulai temukannya dasar ilmu genetik yang kemudian digunakan untuk memilih tanaman. Peran felling dan intuisi masih dominan dalam penentuan individu atau populasi yang diinginkan (75%art:25 science)
4. Periode Bioteknologi (Breeding 3.0) diawali dengan ditemukan DNA oleh Watson dan Crick (1953), kemudian ditemukannya mesin pengganda DNA, Polymerase Chain Reaction oleh Kary B. Mullis (1944). Pada awal tahun 1980an seleksi dengan bantuan marka yang berasosiasi dengan sifat tertentu sudah dilakukan, seleksi tanaman mulai terarah dan konfirmasi gen dengan bantuan marker DNA (50%art :50%science)
5. Periode Genom Based Marker, automated selection, dan automated phenotypical selection (Breeding 4.0) (25%art: 75%science).

Revolusi genetik pada tanaman padi terjadi pada tahun 1960an dimana ditemukannya IR8 oleh pemulia International Rice Research Institute (IRRI). IR8 merupakan padi modern pertama yang berasal dari

persilangan varietas dari Taiwan yang memiliki gen pendek (semi-dwarf gene =sd1), Dee-geo-woo-gen, dengan varietas dengan postur tinggi asal Indonesia, Peta (Peng et al. 2010; Khush 2005).

Varietas IR8 kemudian menjadi stereo-type varietas padi lainnya yang dirakit di berbagai belahan dunia dan menjadi mega-varietas, yaitu varietas yang lebih dari 10 juta hektar di sejumlah negara, seperti IR64 di beberapa negara Asia Tenggara dan Asia Selatan (Mackill and Khush 2018), Ciherang di Indonesia (Septiningsih et al. 2014), BR11 di Bangladesh (Iftekharuddaula et al. 2011), Swarna di India (Sharma and Sharma 2015).

Perkembangan metode pemuliaan padi setelah itu berkembang cepat penggabungan antara metode pemuliaan konvensional dan bioteknologi. Khush (2005) memberikan beberapa strategi dalam upaya peningkatan potensi hasil tanaman padi diantaranya: (1) Persilangan dan seleksi secara konvensional, (2) Pemuliaan tipe ideal (idiotype breeding), (3) vigoritas padi hibrida, (4) persilangan jarak jauh (wide hybridization), (5) rekayasa genetik melalui introduksi gen dari spesies lain. Bioteknologi membantu proses pemuliaan dalam pembentukan populasi dan seleksi. Rekayasa genetik memungkinkan terbentuknya keragaman baru yang tidak dimiliki oleh populasi alami padi melalui introgresi gen asing di luar spesies *Oryza*, sebagai contoh gen BT dari bakteri *Bacillus thuringiensis* yang menghasilkan protein racun endotoxin yang bisa membunuh pengerek batang padi (Hideya et al. 1993).

Dalam proses seleksi, peran bioteknologi membantu pemulia mengidentifikasi genotipe tanaman yang diinginkan secara fenotipe melalui keterkaitan antara ekspresi fenotipe dengan marka molekular atau disebut marker assisted selection (MAS). Keunggulan seleksi menggunakan marka adalah tidak dipengaruhi oleh lingkungan, tempat, dan waktu serta dapat mengidentifikasi karakter-karakter yang bersifat poligenik yang tidak dapat dilakukan jika menggunakan pendekatan pemuliaan konvensional (Jena and Mackill 2008; Collard and Mackill 2008). Seiring berjalannya waktu, metode pemuliaan terus menyesuaikan dengan perkembangan teknologi. Dengan ditemukannya genome sequencer yang menghasilkan output tinggi dan efisien (*high throughput*).

Perkembangan Pemuliaan Padi di Indonesia dari Breeding 1.0 Menuju Breeding 4.0

Peran pemuliaan dalam mendongkrak produksi padi nasional sangat besar dirasakan. Berdasarkan data FAO (<http://www.fao.org/faostat/en/>), pergerakan produktivitas padi dalam kurun waktu 1970-2016 dari 2,37 ton/ha menjadi 5,41 ton/ha atau secara akumulatif mengalami pertumbuhan 1,8% per tahun (Gambar 1).

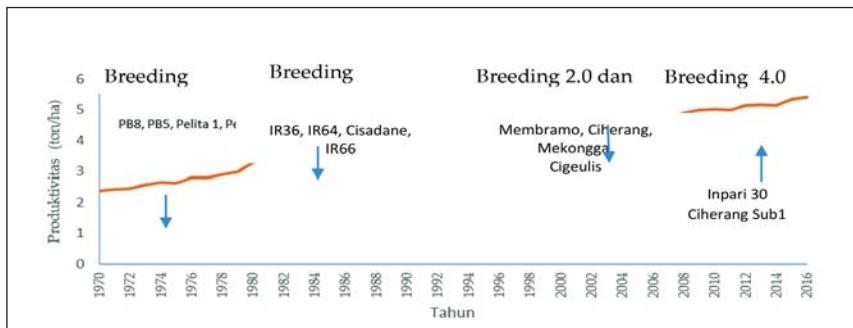
Peningkatan produktivitas terbesar terjadi di sekitar tahun 1970an diawali revolusi hijau padi, dengan diintroduksi/dikembangkannya varietas unggul baru yang lebih genjah dan responsif terhadap pemupukan diantaranya IR 36, Cisadane, IR64, IR66 dan yang paling fenomena adalah varietas Ciherang yang hingga saat ini mendominasi pertanaman padi di Indonesia.

Penggunaan pemuliaan bioteknologi (Breeding 3.0) sudah mulai dilakukan di tahun 2000an dengan dilepasnya varietas padi yang diseleksi berdasarkan marka DNA yaitu Code dan Angke untuk ketahanan terhadap hawar daun bakteri pada tahun 2005 (Lestari et al. 2016) dan tahun 2012 berhasil dilepas Inpari 30 Ciherang Sub 1 untuk toleransi terhadap cekaman rendaman (Nugraha et al. 2017). Kenaikan produktivitas khususnya dari aspek genetik ke depan masih perlu ditingkatkan kembali diiringi dengan berkembangnya pemuliaan ke arah digitalisasi dan seleksi genomik.

Perkembangan bioteknologi berjalan dengan cepat, diantaranya yaitu penggabungan teknik seleksi pedigree biomolekuler melalui pemanfaatan QTLs (quantitative traits loci) dan GWAS (Genome Wide Association) dengan teknik rekayasa Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, CRISPR/cas9 (Huang et al. 2018).

Penggabungan ketiga teknologi tersebut memungkinkan perakitan varietas padi menjadi lebih cepat dan terarah. Pada Tahun 2016 teknik genome editing CRISP 9 telah dilakukan di Indonesia di Balai Besar Penelitian Sumber Daya Genetik dan Bioteknologi Pertanian, BBiogen (Sabran 2018). Pada era inilah maka Indonesia sudah mulai memasuki

sebagian dari teknologi Breeding 4.0. Selanjutnya, penelitian digitalisasi seleksi untuk membantu pemulia dalam menentukan fenotipe tanaman yang diinginkan telah dilakukan oleh peneliti Indonesia seperti seleksi untuk toleransi salinitas (Hairmansis et al. 2014), toleransi keracunan besi (Nugraha et al. 2016), seleksi untuk karakter mutu beras dan gabah (Adnan 2015; Widiastuti et al. 2018).



Sumber: <http://www.fao.org/faostat/en/> (data diolah)

Gambar 1. Perkembangan produktivitas padi periode tahun 1970-2016

Revolusi Genetik di Era Pertanian Industri 4.0 (*Breeding 4.0*)

Tantangan pemuliaan tanaman ke depan akan semakin berat, dikarenakan semakin kompleksnya permasalahan yang ada seperti peningkatan produksi, ketahanan terhadap hama penyakit, toleransi terhadap cekaman abiotik dan mutu hasil panen yang baik. Semua permasalahan tersebut pada dasarnya dikendalikan oleh gen yang berbeda, sehingga untuk menggabungkan semua sifat unggul tersebut ke dalam suatu varietas memerlukan upaya yang lebih besar dengan dukungan sumber daya penelitian yang besar pula.

Pemuliaan pada hakekatnya bekerja dengan teori peluang, yaitu ukuran populasi dari bahan pemuliaan yang diseleksi oleh pemulia menjadi justifikasi keberhasilan ditemukannya rekombinan yang diinginkan

untuk selanjutnya menjadi varietas unggul. Semakin kompleks sifat-sifat unggul yang digabungkan maka akan semakin diperlukan jumlah populasi rekombinan yang dibutuhkan untuk memecah *pleotropic effect* dan keterpautan (*linkage*) gen (Tanksley and Nelson 1996).

Breeding 3.0 ditandai dengan penggunaan marker DNA untuk mempermudah identifikasi sifat-sifat penting tanaman terkait dengan marka molekuler tertentu. Untuk sifat-sifat dengan heritabilitas besar dan keterpautan marka molekuler yang tinggi, individu yang membawa sifat target dapat diidentifikasi pada fase awal pertumbuhan (fase bibit) dan secara bersamaan dapat menyeleksi homozigositas pasangan alel, sehingga mempercepat siklus dari pemuliaaan (Xu and Crouch 2008; Frisch and Melchinger 2005).

Seleksi dapat dilakukan dengan cepat tanpa harus menunggu sifat tersebut terekspresi pada fase tertentu yang biasanya terjadi pada siklus tanaman yang sudah lanjut atau terekspresi saat diinduksi cekaman tertentu. Namun demikian struktur populasi yang dibangun tetap harus dibentuk sesuai dengan peluang terjadinya rekombinan yang diinginkan. Contoh keberhasilan percepatan perakitan varietas Inpari 30 Ciherang Sub1, membutuhkan satu kali *backcross* untuk membentuk varietas seperti Ciherang, tanpa melakukan seleksi pada kondisi rendaman telah berhasil ditemukan galur identik dengan Ciherang dan memiliki toleransi terhadap rendaman (Septiningsih, et al. 2014; Nugraha et al. 2017b).

Padi merupakan tanaman diploid dengan ukuran genom yang relatif kecil jika dibandingkan dengan tanaman serealia lainnya, yaitu sebesar ~400 Mb (Chen et al. 2013). Dengan ukuran genom yang relatif kecil tersebut, genom tanaman padi telah selesai disekuen genomnya melalui *Consortium Rice Genome Project* varietas padi tipe *indica* (Yu et al. 2002) dan tipe *Japonica* (Goff et al. 2002).

Kemudian pada tahun 2015 telah dipublikasikan informasi genom yang telah di *sequencing* dari 3,000 varietas padi (Zheng et al. 2018). Informasi genom ini menjadi sangat penting bagi peneliti untuk mengetahui

keragaman genetik, proses evolusi tanaman, genetika populasi dan penyebaran varietas padi yang ada di dunia (Hu et al. 2018). Manfaat lain dari tersedianya *database* genom padi adalah merancang marker DNA terkait dengan sifat-sifat penting yang ada pada tanaman padi untuk perakitan varietas (Li et al. 2018).

Pada breeding 4.0 struktur populasi tersebut dapat dimanipulasi sehingga kebutuhan populasi pemuliaan yang besar dan biaya tinggi dapat dikurangi. . Berbeda dengan breeding 3.0 di mana seleksi berdasarkan marka genetik jumlah populasi ditentukan berdasarkan *population estimated breeding value* (PEBV), namun pada breeding 4.0 pembentukan rekombinan sudah diarahkan sedemikian berdasarkan *genomic estimated breeding value* (GBVS) (Bhat et al. 2016).

Populasi ditentukan sedemikian rupa untuk menghasilkan populasi yang terkendali sehingga pemulia dapat memilih secara tepat rekombinan yang diinginkan. Terlebih dengan adanya digitalisasi ekspresi fenotipik membantu mempercepat akselerasi seleksi dan meminimalisir bias subjektivitas penilaian genotipe yang terpilih yang sebelumnya dilakukan berdasarkan intuisi dan perasaan pemulia.

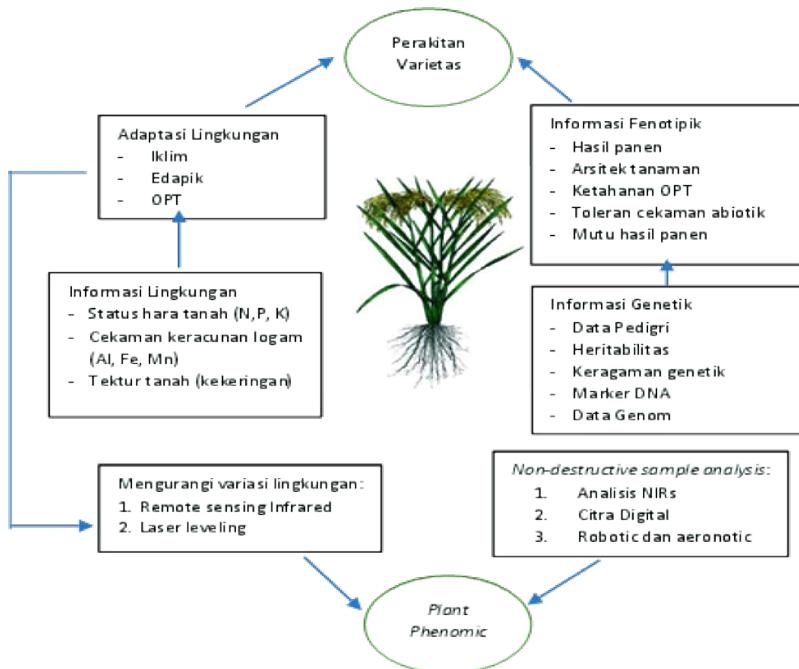
Digitalisasi Fenotipik Membantu Pemulia Melakukan Seleksi

Marka molekul tidak akan berarti bagi pemulia jika tidak ada keterkaitan dengan ekspresi gen yang menghasilkan fenotipe tanaman. Pengamatan fenotipe tanaman merupakan salah satu kendala dalam menghasilkan data yang berkualitas karena pengaruh lingkungan yang sangat biaasanya sangat beragam akan membiaskan ekspresi fenotipe tanaman, terlebih lagi sifat-sifat kompleks yang heritabilitasnya rendah dan diwariskan secara kuantitatif, seperti toleransi terhadap cekaman lingkungan dan hasil biji atau buah tanaman.

Oleh karena itu untuk menghasilkan asosiasi yang baik antara identifikasi marka molekuler dan ekspresi fenotipik sebagai hasil kerja banyak gen memerlukan pengukuran fenotipik yang memiliki presisi tinggi. Penggunaan ruang tumbuh (*growth chamber* atau *phytotron*) dapat menghasilkan data yang baik, namun memiliki keterbatasan kapasitas jumlah populasi tanaman yang diperlukan dalam siklus seleksi, sehingga para peneliti mencari jalan keluar supaya dapat dilakukan pengamatan fenotipik yang menghasilkan data yang baik pada level pengujian lapangan.

Untuk menghasilkan ekspresi fenotipik yang tidak bias akibat ragam lingkungan maka perlu diidentifikasi menggunakan *remote sensing* terkait dengan kondisi edafik (kelembaban, nutrisi, cekaman logam berat dan lain-lain). Penggunaan laser leveling juga membantu dalam meminimalkan ragam lingkungan akibat gradien kondisi tanah (Gambar 2).

Pada tahun 2012 telah dirancang metode untuk mempelajari ekspresifenotipik secara presisi tinggi *high-throughput phenotyping platform* (HTPP). HTPP melibatkan sensor kamera yang menghasilkan citra digital, *robotics*, *aeronotics* dan komputer untuk mengumpulkan data pertumbuhan tanaman yang dioleh menjadi data digital dan presisi tinggi (Fahlgren et al. 2015). Selain meminimalisir subjektivitas dalam memilih materi pemuliaan, HTPP juga dapat memberikan keuntungan lain dibandingkan dengan sistem konvensional dimana karakter tanaman tidak diperlukannya pengamatan destruktif misalkan pengamatan biomassa, misalnya luas areal daun (*leaf area index*), dan lainnya.



Gambar 2. Alur pemuliaan tanaman padi dalam konsep breeding 4.0

Hal tersebut tentunya akan menguntungkan peneliti dalam meningkatkan kualitas percobaan dengan memperbanyak ulangan percobaan dan mengurangi jumlah sampel untuk percobaan destruktif (Furbank and Tester 2011). Dikatakan *high throughput* karena pengamatan yang dilakukan oleh sistem ini secara relatif dapat menghasilkan jumlah yang banyak dan dalam jangka waktu yang singkat, karena menggunakan citra digital dan diolah oleh *processor* berkecepatan tinggi.

Menuju *Breeding 4.0*, Siapkah Indonesia?

Konsep industri 4.0 adalah penggunaan teknologi informasi dan otomatisasi untuk memudahkan pekerjaan dan efisiensi penggunaan sumber daya untuk menghasilkan *output* yang diinginkan. Demikian halnya dengan proses pemuliaan untuk menghasilkan varietas unggul

yang dibutuhkan oleh masyarakat. Pemerintah Indonesia berupaya untuk mendorong pemajuan iptek dan meningkatkan kontribusi riset bagi peningkatan ekonomi, termasuk peningkatan produksi pangan dengan mengeluarkan regulasi dan kebijakan, di antaranya yang terbaru adalah Perpres No 38 Tahun 2018.

Perpres tersebut mengatur tentang Rencana Induk Riset Nasional 2017-2045, dimana salah satu adalah *roadmap* pengelompokan makro riset yang pada setiap tahapannya berkembang menuju pada riset berbasis teknologi maju. Bagi negara yang sedang berkembang seperti Indonesia untuk mengarah pada riset dengan berbasis teknologi maju tentunya tidak mudah, termasuk didalamnya teknologi maju yang dibutuhkan untuk pendukung perakitan varietas unggul. Masalah dan solusi kebijakan yang diperlukan dalam mengimplementasikan metode *breeding 4.0* di Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Distribusi sumber daya yang tidak merata, fasilitas riset seperti laboratorium bioteknologi untuk pemuliaan tanaman yang sudah tergolong maju dan sumber daya manusia pengelolanya masih terbatas pada Institusi Riset Besar, seperti IPB dan BBBiogen (Kementerian). Mengingat begitu beragamnya permasalahan yang dihadapi di Indonesia, maka dibutuhkan pula fasilitas yang lebih dapat mewakili semua keragaman permasalahan tersebut. Adanya BPTP dan kebun percobaan yang dimiliki lembaga litbang sedikit membantu dalam pelaksanaan seleksi bahan pemuliaan untuk spesifik agro-eksositem dan kebutuhan. Oleh karena itu perlu dukungan fasilitas teknologi pendukung proses pemuliaan dan sumber daya yang lebih maju.
2. Kurang terintegrasinya kegiatan antara lembaga pemuliaan, diperlukan fokus riset bersama berdasarkan sumber daya yang dimiliki oleh masing-masing lembaga pemuliaan. Hal tersebut dapat mengurangi tumpang tindihnya program pemuliaan di tengah adanya keterbatasan dana riset, sekaligus memberdayakan sumber daya yang ada. Oleh karena itu perlu dibentuk konsorsium antara lembaga pemuliaan untuk menggarap riset pemuliaan teknologi

maju berbasis teknologi industri 4.0. Di samping integrasi antar lembaga pemuliaan, keterlibatan swasta dalam hilirisasi dalam bentuk komersialisasi serta dukungan pendanaan riset yang tidak merugikan kepentingan umum juga sangat diperlukan.

3. Dukungan kebijakan pemerintah melalui pembiayaan riset pemuliaan, peningkatan kapasitas pemulia lembaga pemerintah melalui training jangka pendek dan panjang, serta kebijakan regulasi terkait dengan perlindungan varietas dan perbenihan hasil pemuliaan yang melindungi pemulia dan masyarakat petani. Pemberian royalti dari hasil perlindungan varietas hanya berlaku pada produk hasil pemuliaan yang komersial. Sampai saat ini produk pemuliaan yang bersifat publik domain, seperti padi belum ada. Dari hasil kajian return of investment varietas Ciherang mencapai Rp. 67,5 trilyun/tahun (<http://www.sainsindonesia.co.id/index.php/en/rubrik/59-pertanian/1086-roi-ciherang>), sehingga sudah saatnya pemerintah juga memberikan penghargaan royalti kepada para pemulia padi inbrida untuk memotivasi menghasilkan produk yang lebih baik.

Seiring dengan era keterbukaan saat ini, petani kecil merasa dibatasi oleh tata aturan yang ada di dalam UU No 12 tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman terutama dalam mendapatkan kemudahan dalam perizinan, pencarian, pengumpulan (pengelolaan), peredaran dan pemanfaatan Sumber Daya Genetik (SDG) lokal. Rancangan Undang-Undang Sistem Budidaya Pertanian Berkelanjutan tahun 2019, mengakomodir aspirasi dan melindungi masyarakat dalam hal ini petani kecil, sekaligus sebagai bukti keberpihakan pemerintah terhadap pengelolaan budidaya pertanian lokal termasuk pemanfaatan SDG lokal untuk pengembangan dan keberlanjutan yang pelaksanaannya juga melibatkan peran serta masyarakat.

Respon cepat beberapa kelompok masyarakat terhadap penetapan Rancangan Undang-Undang Sistem Budidaya Pertanian Berkelanjutan (UU-SBPB) merupakan bagian dinamika positif sebagai upaya mendapatkan kepastian hukum dan perlindungan dalam pengelolaan

budidaya pertanian berkelanjutan. Undang-Undang (UU) ini mencerminkan upaya pemerintah untuk meningkatkan peran masyarakat khususnya petani kecil dalam pembangunan pertanian dengan tidak mengesampingkan perlindungan kepada masyarakat. Petani kecil yang dimaksud dalam UU ini adalah petani yang sehari-hari bekerja di sektor pertanian dan penghasilannya hanya cukup untuk memenuhi keperluan hidup sehari-hari.

Terkait dengan perlindungan terhadap petani kecil, terdapat dua substansi baru dalam UU-SBPB; *pertama*, pengecualian dalam hal perizinan, peredaran varietas hasil pemuliaan, penerapan standar mutu, serta label sarana budidaya, dan *kedua*; adanya upaya budidaya, penelitian dan pengembangan serta Sumber Daya Manusia. Substansi baru dalam UU SBPB telah memberikan pengecualian perizinan kepada petani kecil dalam melakukan pencarian dan pengumpulan SDG sesuai dengan pasal 27 UU ini sehingga dapat mengoptimalkan pemanfaatan SDG secara in situ. Selanjutnya petani kecil sebagai pengguna tetap harus melaporkan kepada pemerintah pusat atau daerah untuk mendapatkan pengakuan atas kepemilikan materi genetik yang dikelolanya, sehingga mendapatkan perlindungan secara hukum atas klaim pihak lain atas hasil pemuliaan petani kecil tersebut.

Ditetapkannya UU SBPB merupakan tonggak baru bagi petani kecil yang dapat berperan aktif baik sebagai pengguna maupun pelaku pengelolaan SDG secara in situ, dan diharapkan dapat mendorong optimalisasi peran kearifan lokal yang memiliki nilai tambah dan daya saing. Substansi dari UU SBPB 2019 ini jelas tidak hanya memberikan kemudahan dan keleluasaan dalam pengelolaan dan pemanfaatan SDG lokal untuk pengembangan, namun juga memberikan jaminan perlindungan untuk keberlanjutannya. Tugas selanjutnya adalah bagaimana memberikan penjelasan substansi baik dalam bagian penjelasan UU maupun dalam peraturan palaksananya kepada masyarakat termasuk petani agar UU ini bisa ditetapkan dan menjadi rujukan dalam penerapan sistem budidaya pertanian berkelanjutan khususnya dalam pembangunan pertanian.

Penutup

Kemajuan teknologi untuk peningkatan produksi dan kualitas produk pertanian sangat dibutuhkan. Revolusi genetik padi yang sudah berkembang sejak revolusi hijau masih dirasa belum cukup untuk dapat memenuhi kebutuhan pangan terutama padi dimasa mendatang, terbukti dengan adanya stagnasi produktivitas dalam beberapa dekade terakhir ini. Oleh karena itu melalui percepatan revolusi genetik padi dengan menggunakan teknologi maju berbasis genom dan prosedur seleksi fenotipik menggunakan digitalisasi dan otomatisasi akan mempermudah pemulia dalam merakit genotipe yang diinginkan untuk padi masa depan.

Daftar Pustaka

- Adnan, M.L. Widiaستuti, dan S. Wahyuni. 2015. Identification of Rice Variety using Image Processing and Discriminant Analyses. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 34(2): 90-96
- Agus, F., J. F. Andrade, J. I. Rattalino, N. Deng, D. K. G. Purwantomo, N. Agustiani, V. E. Aristya, S. F. Batubara, E. Y. Hosang, L. Y. Krisnadi, A. Makka, N. Cenacchi, K. Wiebe, and P. Grassini. 2019. Field Crops Research Yield gaps in intensive rice-maize cropping sequences in the humid tropics of Indonesia. *F. Crop. Res.* 237: 12–22.
- Bhat, J. A., S. Ali, R. K. Salgotra, Z. A. Mir, S. Dutta, V. Jadon, A. Tyagi, M. Mushtaq, N. Jain, P. K. Singh, G. P. Singh, and K. V. Prabhu. 2016. Genomic selection in the era of next generation sequencing for complex traits in plant breeding. *Front. Genet.* 7: 1–11.
- Chen, H., H. He, F. Zhou, H. Yu, and X. W. Deng. 2013. Development of genomics-based genotyping platforms and their applications in rice breeding. *Curr. Opin. Plant Biol.* 16: 247–254.
- Collard, B. C., and D. J. Mackill. 2008. Marker-assisted selection: an approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 363: 557–572.

- Espe, M. B., K. G. Cassman, H. Yang, N. Guilpart, P. Grassini, J. Van Wart, M. Anders, D. Beighley, D. Harrell, S. Linscombe, K. Mckenzie, R. Mutters, L. T. Wilson, and B. A. Linquist. 2016. Yield gap analysis of US rice production systems shows opportunities for improvement. *F. Crop. Res.* 196: 276–283.
- Fahlgren, N., M. A. Gehan, and I. Baxter. 2015. ScienceDirect Lights , camera , action : high-throughput plant phenotyping is ready for a close-up. *Curr. Opin. Plant Biol.* 24: 93–99.
- Frisch, M., and A. E. Melchinger. 2005. Selection theory for marker-assisted backcrossing. *Genetics*. 170: 909–917.
- Furbank, R. T., and M. Tester. 2011. Phenomics - technologies to relieve the phenotyping bottleneck. *Trends Plant Sci.* 16: 635–644.
- Goff, S. A., D. Ricke, L. Tien-Hung, P. Gernot, W. Ronglin, D. Molly, J. Glazebrook, A. Sessions, P. Oeller, Hemant Varma, D. Hadley, D. Hutchison, C. Martin, F. Katagiri, B. M. Lange, T. Moughamer, Y. Xia, P. Budworth, J. Zhong et al. 2002. A Draft Sequence of the Rice Genome (*Oryza sativa* L. ssp. *japonica*). *Science* (80- .). 296: 79–92.
- Hairmansis, A., B. Berger, M. Tester, and S. J. Roy. 2014. Image-based phenotyping for non-destructive screening of different salinity tolerance traits in rice. *Rice*. 7: 1–10.
- Hideya, F., I. Kimiko, Y. Mikihiro, K. Junko, and S. Ko. 1993. Insect resistant rice generated by introduction of a Modified δ-endotoxin gene of *Bacillus thuringiensis*. *Nat. Biotechnol.* 11: 1151–1156.
- Hu, Z., W. Wang, Z. Wu, C. Sun, M. Li, and J. Lu. 2018. Data Descriptor : Novel sequences, structural variations and gene presence variations of Asian cultivated rice. 1–7.
- Huang, J., J. Li, J. Zhou, L. Wang, S. Yang, L. D. Hurst, W.-H. Li, and D. Tian. 2018. Identifying a large number of high-yield genes in rice by pedigree analysis, whole-genome sequencing, and CRISPR-Cas9 gene knockout. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 115: E7559–E7567.

- Iftekharuddaula, K. M., M. A. Newaz, M. A. Salam, H. U. Ahmed, M. A. A. Mahbub, E. M. Septiningsih, B. C. Y. Collard, D. L. Sanchez, A. M. Pamplona, and D. J. Mackill. 2011. Rapid and high-precision marker assisted backcrossing to introgress the SUB1 QTL into BR11, the rainfed lowland rice mega variety of Bangladesh. 83–97.
- Jena, K. K., and D. J. Mackill. 2008. Molecular Markers and Their Use in Marker-Assisted Selection in Rice. *Crop Sci.* 48: 1266.
- Khanal, A. R., K. Koirala, and M. Regmi. 2016. Do Financial Constraints Affect Production Efficiency in Drought Prone Areas ? A Case from Indonesian Rice Growers, pp. 1–23 in *Selected Paper prepared for presentation at the Southern Agricultural Economics Association's 2016 Annual Meeting*, San Antonio Texas.
- Khush, G. S. 2005. What it will take to feed 5.0 billion rice consumers in 2030. *Plant Mol. Biol.* 59: 1–6.
- Laborte, A. G., K. C. A. J. M. De Bie, E. M. A. Smaling, P. F. Moya, A. A. Boling, and M. K. Van Ittersum. 2012. Rice yields and yield gaps in Southeast Asia : Past trends and future outlook. *Eur. J. Agron.* 36: 9–20.
- Lestari, P., A. Risliawati, and H. J. Koh. 2016. Identifikasi dan Aplikasi Marka Berbasis PCR untuk Identifikasi Varietas Padi dengan Palatabilitas Tinggi. *J. AgroBiogen* 8: 69.
- Li, X., L. Wu, J. Wang, J. Sun, X. Xia, X. Geng, X. Wang, and Z. Xu. 2018. Genome sequencing of rice subspecies and genetic analysis of recombinant lines reveals regional yield- and quality- associated loci. 1–12.
- Mackill, D. J., and G. S. Khush. 2018. IR64 : a high-quality and high-yielding mega variety.
- Murtilaksono, K., and A. Syaiful. 2014. Potensi , Kendala , dan Strategi Pemanfaatan Lahan Kering dan Kering Masam untuk Pertanian (Padi , Jagung , Kedele), Peternakan , dan Perkebunan dengan Menggunakan Teknologi Tepat Guna dan Spesifik Lokasi, pp. 1–15 in *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014, Palembang 26–27 September 2014,*.

- Muslim, C. 2013. Mitigasi Perubahan Iklim dalam Mempertahankan Produktivitas Tanah Padi Sawah (Studi kasus di Kabupaten Indramayu) Climate Change Mitigation In Maintaining Land Productivity Rice Rice Fields (Cases ; Regency of Indramayu). *J. Penelit. Pertan. Terap.* 13: 211–222.
- Nugraha, Y., S. W. Ardie, M. Ghulamahdi, Suwarno, and H. Aswidinnoor. 2016. Generation mean analysis of leaf bronzing associated with iron toxicity in rice seedlings using digital imaging methods. *Sabroa J. Breed. Genet.* 48:.
- Nugraha, Y., N. Hidayatun, and D. Yuliani. 2017. Phenotypic performance of Ciherang Sub1 Near Isogenic Line as adaptive variety for flooding conditions. *18:* 7–16.
- Nugraha, Y., G. V Vergara, D. J. Mackill, and A. B. Ismail. 2013. Response of Sub1 introgression lines of rice to various flooding conditions. *Indones. J. Agric. Sci.* 14: 15–22.
- Peng, S., J. Huang, K. G. Cassman, R. C. Laza, R. M. Visperas, and G. S. Khush. 2010. Field Crops Research The importance of maintenance breeding : A case study of the first miracle rice variety-IR8. *119:* 342–347.
- Purbiyanti, E., M. Yazid, and I. Januarti. 2017. Konversi Lahan Sawah di Indonesia dan Pengaruhnya Terhadap Kebijakan Harga Pembelian Pemerintah (HPP) Gabah/Beras. *J. Manaj. Agribisnis* 14: 209.
- Sabran, M. 2018. Sistem Akses SDG Tanaman dan Pembagian Keuntungan Hasil Pemanfaatannya. *Bul. Plasma Nutfah* 24: 135.
- Septiningssih, E. M., N. Hidayatun, D. L. Sanchez, Y. Nugraha, J. Carandang, A. M. Pamplona, B. C. Y. Collard, A. M. Ismail, and D. J. Mackill. 2014. Accelerating the development of new submergence tolerant rice varieties: the case of Ciherang-Sub1 and PSB Rc18-Sub1. *Euphytica* 202: 259–268.

- Septiningsih, E. M., D. L. Sanchez, Y. Nugraha, J. Carandang, and A. M. Pamplona. 2014. Accelerating the development of new submergence tolerant rice varieties: the case of Ciherang-Sub1 and PSB Rc18-Sub1. *Euphytica* 202: 259–268.
- Sharma, S. P. C., and S. L. K. S. K. Sharma. 2015. From QTL to variety-harnessing the benefits of QTLs for drought, flood and salt tolerance in mega rice varieties of India through a multi-institutional network. Elsevier Ireland Ltd.
- Simarmata, T., B. Joy, and T. Muktini. 2011. Management of water saving and organic based fertilizers technology for remediation and maintaining the health of paddy soils and to increase the sustainability of rice, pp. 27–28 in *International Conference of Sustainable Agriculture and Food security: Challenge and Opportunities*.
- Stuart, A. M., A. R. P. Pame, J. V. Silva, R. C. Dikitanan, P. Rutsaert, A. J. B. Malabayabas, R. M. Lampayan, A. M. Radanielson, and G. R. Singleton. 2016. Yield gaps in rice-based farming systems: Insights from local studies and prospects for future analysis. *F. Crop. Res.* 194: 43–56.
- Suprihatno, B., A. A. Daradjat, B. S.E, A. Setyono, S. D. Indrasari, P. Wardana, and H. Sembiring. 2012. Deskripsi Varietas Padi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi.
- Tanksley, S. D., and J. C. Nelson. 1996. Advanced backcross QTL analysis : a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines. 191–192.
- Widiastuti, M. L., A. Hairmansis, S. Ilyas, and E. R. Palupi. 2018. Digital Image Analysis Using Flatbed Scanning System for Purity Testing of Rice Seed and Confirmation By Grow Out Test. *Indones. J. Agric. Sci.* 19: 49.

- Xu, Y., and J. H. Crouch. 2008. Marker-Assisted Selection in Plant Breeding: From Publications to Practice. *Crop Sci.* 48: 391.
- Yu, J., S. Hu, J. Wang, G. K. S. Wong, S. Li, B. Liu, Y. Deng, L. Dai, Y. Zhou, X. Zhang, M. Cao, J. Liu, J. Sun, J. Tang, Y. Chen, X. Huang, W. Lin, C. Ye, W. Tong et al. 2002. A draft sequence of the rice genome (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*). *Sci. Access* 296: 79–92.
- Zhao, C., B. Liu, S. Piao, X. Wang, D. B. Lobell, Y. Huang, and M. Huang. 2017. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *PNAS* 114: 9326–9331.
- Zheng, T., R. R. Fuentes, F. Zhang, L. Mansueto, D. Copetti, M. Sanciangco, K. C. Palis, J. Xu, C. Sun, B. Fu, H. Zhang, Y. Gao, X. Zhao, F. Shen, X. Cui, H. Yu, Z. Li, M. Chen, J. Detras et al. 2018. Genomic variation in 3,010 diverse accessions of Asian cultivated rice. *Nature*.

Pemanfaatan Rekayasa Genetika untuk Memperkuat Ketahanan Pangan

**Atmitri Sisharmini, Aniversari Apriana,
dan Tri Joko Santoso**

Pangan merupakan salah satu kebutuhan pokok dan mendasar bagi manusia. Ketersediaan pangan menjadi salah satu indikator utama dalam keberhasilan pembangunan pertanian. Dengan ketersediaan pangan yang cukup dan terjangkau dapat menjamin ketahanan pangan suatu bangsa. Ketahanan pangan menjadi isu penting pada era ini. Isu ini muncul untuk menjawab kekawatiran akan tidak tercukupinya pangan bagi masyarakat. Dalam UU No. 18 Tahun 2012, ketahanan pangan adalah kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai dengan perseorangan yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan.

Populasi penduduk dunia terus meningkat dari tahun ke tahun. Pada tahun 2020 penduduk Indonesia sekitar 273 juta dan diprediksi akan meningkat menjadi sekitar 300 juta jiwa pada tahun 2035, dengan laju pertumbuhan penduduk sekitar 0,6–1,9 % per tahun (BPS, 2018). Untuk mengantisipasi krisis pangan akibat peningkatan penduduk, maka ketersediaan pangan harus terus ditingkatkan dengan peningkatan produksi pertanian. Ketahanan pangan akan menjadi tantangan besar, karena untuk saat ini Indonesia telah mengandalkan impor untuk memenuhi kebutuhan beras, gandum dan kedelai. Dengan peningkatan jumlah penduduk tersebut lahan pertanian juga mulai terdesak karena digunakan untuk tempat tinggal.

Berbagai upaya dilakukan pemerintah dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan. Upaya perwujudan tersebut sebenarnya mengacu pada tiga aspek, yaitu produksi pangan, distribusi pangan dan konsumsi pangan. Di antara 3 aspek tersebut, aspek produksi pangan akan menentukan ketersediaan pangan yang dapat mencukupi kebutuhan seluruh masyarakat Indonesia, baik secara kualitas maupun kuantitas sebelum nantinya akan didistribusikan dan dikonsumsi masyarakat. Aplikasi dan inovasi teknologi yang tepat seiring dengan kemajuan teknologi itu sendiri akan mendukung proses produksi pangan.

Tantangan yang besar masih harus dihadapi Indonesia dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan. Tantangan tersebut diantaranya adalah a) pertambahan penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya, b) permintaan produk pangan baik dari aspek kuantitas dan kualitas, c) perubahan iklim global yang tidak menentu sehingga berdampak negatif terhadap pertanian, d) sumber daya alam (SDA) yang semakin terbatas, seperti lahan, dan e) semakin berkurangnya tenaga kerja yang berminat untuk bekerja di bidang pertanian. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi dan produktivitas produk pangan sangat diperlukan. Faktor lain yang tidak kalah penting untuk mendukung perwujudan ketahanan pangan adalah ketersediaan benih yang berkualitas.

Selama revolusi hijau pada pertengahan abad 20, penggunaan agrokemikal dan varietas tanaman produktivitas tinggi yang dikembangkan melalui pemuliaan konvensional telah menghasilkan peningkatan produktivitas tanaman yang nyata. Akan tetapi, pemuliaan tanaman konvensional tidak akan bertahan lama untuk memenuhi permintaan pangan yang terus meningkat. Sudah saatnya untuk meningkatkan praktek pertanian berkelanjutan untuk mendorong peningkatan produktivitas dengan konservasi sepenuhnya sumber daya alam yang tersedia. Bioteknologi pertanian terbukti menjadi pelengkap yang kuat untuk pemuliaan konvensional dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat (Datta, 2013).

Rekayasa genetika dapat menjadi salah satu solusi untuk menjawab tantangan permasalahan untuk mewujudkan ketahanan pangan. Penyediaan pangan dan benih yang berkualitas dapat dibantu dengan

teknologi rekayasa genetik. Rekayasa genetik merupakan bentuk kontribusi teknologi pangan dalam menunjang tercapainya ketahanan pangan nasional, baik dengan menyediakan pangan yang cukup maupun berkualitas. Tentunya dengan cara meningkatkan produksi pangan, meningkatkan gizi pangan, menyediakan pangan yang sehat, serta mengurangi penggunaan pestisida.

Dengan pendekatan rekayasa genetik, dapat dihasilkan benih-benih yang unggul seperti tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik, produktivitas tinggi, kualitas produk yang lebih baik, dan lain-lain. Tanaman PRG yang tahan hama dan penyakit dapat menekan biaya produksi karena berkurangnya aplikasi obat-obatan dan pestisida. Penggunaan tanaman PRG yang toleran kekeringan dapat meningkatkan produktivitas lahan kering, yang mungkin sebelumnya hanya dapat ditanami pada saat musim hujan. Lebih dari 181 juta hektar tanaman yang dihasilkan dari teknologi rekayasa genetik ditanam global (James et al. 2015). Tingkat adopsi tanaman PRG dengan sifat unggul terus meningkat, terutama di negara-negara berkembang (USDA, ERS).

Tingkat adopsi lima besar PRG yang ditanam petani mendekati 100% pada tahun 2018. Laporan tersebut disampaikan oleh *the International Service of Acquisition on Agri-biotech Applications* (ISAAA) pada tanggal 22 Agustus 2019 dalam acara seminar di Tokyo, Jepang. Negara Amerika Serikat, Brasil, Argentina, Canada dan India yang telah memperoleh keuntungan dari penanaman tanaman PRG selama beberapa tahun, melanjutkan untuk mengadopsi tanaman PRG untuk menjawab tantangan yang dihadapi dari peningkatan populasi dan perubahan iklim (<http://www.isaaa.org/mailchimp/#17712>). Tingkat adopsi yang tinggi mengindikasikan bahwa tanaman produk rekayasa genetik menguntungkan bagi petani.

Lebih dari 18 juta petani (90% adalah petani kecil/miskin) di lebih dari 30 negara telah mendapatkan banyak keuntungan selama 21 tahun menanam tanaman biotek (PRG), diantaranya adalah:

1. Peningkatan produktivitas yang berkontribusi pada keamanan pangan, pakan dan serat secara global, Swasembada pangan,
2. Pelestarian keanekaragaman hayati akibat penebangan hutan dan melindungi suaka keanekaragaman hayati,
3. Penanggulangan permasalahan akibat perubahan iklim global, dan
4. Peningkatan keuntungan secara ekonomi, kesehatan dan sosial. Indonesia sampai saat ini belum mengadopsi tanaman-tanaman hasil rekayasa genetik meskipun sudah ada sekitar 28 negara di dunia yang sudah mengadopsi. Pemerintah indonesia masih memiliki kekhawatiran terhadap keamanan tanaman bioteknologi dan menganggap tanaman prg akan mengganggu lingkungan.

Tanaman PRG merupakan produk teknologi yang sensitif dan masih perlu upaya untuk membangun kepercayaan publik untuk mengadopsi tanaman PRG tersebut. Beberapa pihak melihat bahwa sebenarnya tidak ada alasan Indonesia untuk tidak mengadopsi produk rekayasa genetika (PRG). Pada kenyataannya, kedelai, jagung dan gula yang diimpor merupakan produk-produk PRG. Tulisan ini bertujuan untuk menelaah potensi dan tantangan pengembangan teknologi rekayasa genetika dalam pertanian untuk memperkuat ketahanan pangan.

Aplikasi Teknologi Rekayasa Genetik

Pengertian

Istilah rekayasa genetik digunakan untuk mendeskripsikan proses dimana susunan genetik dari suatu organisme dapat diubah menggunakan teknologi DNA rekombinan. Proses ini melibatkan penggunaan perangkat laboratorium untuk menyisipkan, merubah, atau memotong potongan DNA yang mengandung satu atau lebih gen interes (ISAAA, 2018). Dalam definisi lain, rekayasa genetik merupakan teknik yang digunakan untuk memanipulasi komposisi genetik dari suatu organisme dengan menambahkan gen spesifik yang menguntungkan.

Sebuah gen adalah sekuen DNA yang mengandung informasi yang menentukan sifat/karakteristik tertentu. Semua organisme mempunyai DNA (gen) dan gen ini akan diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya dan mengatur perkembangan dan fungsi organisme. Jadi, dalam teknologi rekayasa genetika memungkinkan untuk memasukkan gen asing yang diinginkan dari luar ke dalam genom tanaman inang. Modifikasi gen juga dapat dilakukan untuk meningkatkan atau meniadakan ekspresi gen. Teknologi ini dapat mengatasi ketidakcocokan (*inkompatibilitas*) seksual antara spesies (Southgate et al. 1995).

Produk yang dihasilkan dari teknologi rekayasa genetik biasa dikenal dengan produk rekayasa genetik (PRG) atau transgenik. Menurut Peraturan Pemerintah (PP) No. 21 Tahun 2005, Bab I tentang Ketentuan Umum, Pasal 1 menyebutkan bahwa produk rekayasa genetik atau organisme hasil modifikasi yang selanjutnya disingkat PRG adalah organisme hidup, bagian-bagiannya dan/atau hasil olahannya yang mempunyai susunan genetik baru dari hasil penerapan bioteknologi modern. Sedangkan bioteknologi modern adalah aplikasi dari teknik perekayasaan genetik yang meliputi teknik asam nukleat in-vitro dan fusi sel dari dua jenis atau lebih organisme di luar kekerabatan taksonomis.

Pengembangan varietas tanaman yang mengeskpresikan sifat agronomis unggul merupakan tujuan utama dari pemulia tanaman. Munculnya teknologi rekayasa pada awalnya untuk mengatasi keterbatasan yang dihadapi pada teknik pemuliaan konvensional. Dengan teknik pemuliaan konvensional, akan sulit untuk diperoleh kombinasi gen tertentu dari jutaan persilangan yang dihasilkan. Selain itu, gen-gen yang tidak diinginkan dapat terbawa karena gen-gen dari kedua tetua dicampur bersama saat persilangan. Namun, dengan rekayasa genetik memungkinkan pemindahan secara langsung satu atau beberapa gen interes, antara organisme yang berkerabat dekat atau jauh untuk memperoleh sifat agronomi yang diinginkan.

Tanaman dari pemuliaan klasik dan teknologi rekayasa genetik merupakan hasil modifikasi genetik yang dirakit melalui cara teknologi transfer gen yang berbeda. Kedua cara tersebut melibatkan perubahan

susunan genetik dari sebuah organisme pada tingkat sekuen DNA dan gen. Akan tetapi, jumlah perubahan genetik pada teknologi rekayasa genetika hanya kecil dan spesifik dibandingkan dengan pemuliaan klasik dimana ribuan gen yang tidak diinginkan dari suatu organisme ikut terbawa pada susunan genetik yang baru (Datta, 2013).

Tanaman rekayasa genetik adalah *outcome* dari modifikasi sangat spesifik dan terarah pada genom dimana produk akhirnya seperti protein, metabolit atau fenotipe dapat dikarakterisasi dengan baik. Pada pemuliaan tradisional, genom dari kedua tetua dicampur bersama dan secara acak digabungkan kembali pada genom keturunannya. Jadi, gen-gen yang tidak diinginkan dapat dipindahkan bersamaan dengan gen yang diinginkan dan pada saat yang sama beberapa gen hilang pada keturunannya. Untuk mengatasi ini, pemulia tanaman melalukan silangan-balik berulang pada tetua yang diinginkan.

Ini akan memakan waktu lama dan tidak selalu berhasil untuk menghilangkan gen yang tidak diinginkan karena terpaut dekat dengan gen yang diinginkan. Sebagai contoh, varietas kentang yang dikembangkan secara pemuliaan tradisional menghasilkan kentang dengan jumlah glikoalkaloid yang berlebihan (Hellenas et al. 1995). Glikoalkaloid ini menyebabkan alkaloid beracun dan menimbulkan masalah kesehatan. Contoh lain adalah tanaman seledri tahan hama yang dikembangkan secara pemuliaan konvensional menghasilkan ruam pada kulit pada pekerja yang memanen tanaman ini (Berkley et al. 1986).

Jadi, metode pemuliaan klasik (non-PRG) dapat menyebabkan efek yang tidak diinginkan dan berpotensi menghasilkan produk baru yang berbahaya. Sementara itu, teknologi rekayasa genetik dapat mengontrol dengan presisi waktu dan lokasi ekspresi dari produk gen pada jaringan dan tahap perkembangan spesifik. Selain itu, teknik rekayasa genetik memungkinkan untuk memindahkan sifat baru pada satu waktu tanpa melibatkan banyak tahapan seperti pada pemuliaan klasik. Oleh karena itu, dari sudut pandang saintifik, pangan yang dikembangkan dari pemuliaan klasik dan teknologi rekayasa genetik dapat memberikan efek yang sama pada kesehatan manusia dan lingkungan (Datta, 2013).

Tahapan Rekayasa Genetik

Pada penelitian rekayasa genetik, ada tiga kunci penting yang harus dipenuhi. Pertama adalah ketersediaan sumber gen sebagai donor sifat yang akan diperbaiki. Kedua ialah teknik transformasi yang akan digunakan dalam mengintroduksikan gen target. Ketiga ialah adanya ekspresi dari gen target sehingga menghasilkan perubahan fenotipe sesuai karakter yang akan diperbaiki. Penelitian rekayasa genetika melibatkan beberapa tahapan dalam teknik biologi molekuler dan seluler. Sifat yang diinginkan harus dipilih dan gen yang mengatur sifat tersebut harus diidentifikasi.

Apabila gen yang diinginkan belum tersedia maka harus diisolasi dari organisme donor. Supaya gen tersebut dapat berfungsi maka harus dimodifikasi secara molekuler, yaitu digabungkan dengan promoter yang dikehendaki dan dirangkai dengan terminator sehingga dapat diekspresikan di tanaman dengan tepat dan benar (Bennet, 1993). Gen yang sudah diisolasi tersebut harus dikonstruksi dalam suatu vektor ekspresi yang tepat untuk dapat ditransfer ke tanaman dan terekspresi pada tanaman target. Penguasaan teknik-teknik tersebut sangat penting agar dapat dihasilkan produk-produk pertanian yang berkualitas dan dapat memenuhi kebutuhan konsumen.

Secara umum, tahapan di dalam teknologi rekayasa genetik untuk pengembangan tanaman PRG adalah (<http://nepad-abne.net/biotechnology/process-of-developing-genetically-modified-gm-crops/>):

1. Isolasi gen interes

Pengetahuan yang ada tentang struktur, fungsi atau lokasi pada kromosom digunakan untuk mengidentifikasi gen-gen yang bertanggungjawab terhadap sifat-sifat penting pada organisme, sebagai contoh toleran kekeringan atau tahan hama. Perakitan memberikan informasi detail tentang karakteristik gen dan sekuen fungsional lain seperti promoter dan terminator. Informasi ini juga mencakup fungsi gen dan produknya pada organisme donor dan

fungsi yang diharapkan pada organisme resipien untuk membantu regulator menentukan potensi efek merugikan sebelum perakitan PRG dilakukan.

2. Penyisipan gen ke vektor transfer dan transformasi tanaman

Teknik transfer gen yang paling umum digunakan pada tanaman adalah plasmid sirkuler dari bakteri tanah yang terjadi secara alami yaitu Agrobacterium tumefaciens. Gen interes disisipkan ke plasmid menggunakan teknik DNA rekombinan. Bakteri A. tumefaciens yang mengandung plasmid dengan gen interes dicampur dengan sel tanaman atau potongan jaringan tanaman seperti daun atau batang, yang biasa disebut eksplan. Beberapa sel memasukkan potongan plasmid tersebut yang disebut T-DNA (transferred-DNA). Bakteri A. tumefaciens akan menyisipkan gen yang diinginkan ke kromosom tanaman untuk membentuk sel-sel transgenik. Teknik lain yang juga umum digunakan untuk transfer gen adalah penembakan partikel (particle bombardment atau gene gun) dimana partikel berukuran kecil dilapisi dengan molekul DNA ditembakkan ke sel tanaman.

3. Seleksi dan regenerasi sel-sel transgenik menjadi tanaman utuh

Setelah proses transformasi, hanya sebagian kecil dari sel-sel tanaman membawa gen interes. Biasanya, gen marka seleksi digunakan untuk memilih sel-sel transgenik dari sel non-transgenik. Gen marka seleksi untuk ketahanan antibiotik disisipkan ke vektor bersamaan dengan gen interes ke sel-sel tanaman. Apabila sel-sel tanaman diekspos dengan antibiotik, hanya sel-sel tertransformasi yang mengandung dan mengekspresikan gen marka seleksi akan bertahan hidup. Sel-sel tertransformasi (sel-sel transgenik) kemudian diregenerasikan menjadi tanaman utuh menggunakan metode kultur jaringan.

4. Verifikasi transformasi dan karakterisasi gen yang telah disisipkan

Verifikasi transformasi tanaman dilakukan untuk memastikan bahwa gen telah tersisip dengan benar dan diwariskan secara normal. Pengujian dilakukan untuk menentukan jumlah kopi gen, apakah gen tersisip secara utuh, dan apakah sisipan tidak mempengaruhi gen-gen lain yang menyebabkan efek yang tidak diinginkan. Uji

ekspresi gen (misalnya produksi mRNA dan/atau protein, evaluasi sifat-sifat yang diinginkan) dilakukan untuk memastikan bahwa gen berfungsi dengan benar. Metode dan hasil yang digunakan untuk menentukan bahwa gen telah tersisip, jumlah kopi gen diketahui, gen tersisip utuh, gen sisipan tidak mempengaruhi fungsi normal tanaman dan ekspresi gen harus dijelaskan dengan baik ke regulator oleh perakitan tanaman transgenik.

5. Pengujian penampilan tanaman transgenik yang dihasilkan

Tanaman transgenik yang dihasilkan dari proses transformasi dan telah diverifikasi secara molekuler perlu dilakukan pengujian di tingkat rumah kaca atau lapang. Hal ini dimaksudkan untuk menyakinkan bahwa tanaman transgenik yang dihasilkan benar-benar telah menunjukkan penampilan terbaik untuk mengekspresikan sifat yang diinginkan seperti ketahanan terhadap hama atau toleran kekeringan.

6. Pengkajian keamanan hayati

Pengkajian keamanan pangan dan lingkungan dilakukan bersamaan dengan pengujian penampilan tanaman transgenik.

Potensi Pemanfaatan Rekayasa Genetik

Aplikasi teknologi rekayasa genetik sebenarnya sangat luas. Di bidang pertanian, rekayasa genetik diaplikasikan dalam penyediaan bahan baku pangan melalui perakitan tanaman transgenik atau tanaman produk rekayasa genetik (PRG). Tanaman transgenik ialah tanaman yang dimanipulasi melalui rekayasa genetik, sehingga memiliki sifat unggul. Aplikasi rekayasa genetik ini menghasilkan tanaman transgenik yang tahan terhadap serangan hama, penyakit, dan stres lingkungan serta perbaikan kualitas produk. Tanaman PRG yang tahan terhadap hama dapat menekan angka kehilangan hasil akibat hama. Serangan hama sendiri dapat menyebabkan kehilangan yang tidak sedikit pada hasil panen. Perwujudan ketahanan pangan tentunya semakin nyata ketika hasil panen yang hilang ini dapat diselamatkan dengan pengaplikasian

rekayasa genetik. Dengan adanya tanaman PRG yang tahan terhadap hama, penggunaan pestisida juga dapat ditekan, sehingga produk pangan yang dihasilkan pun lebih sehat.

Teknologi rekayasa genetik turut pula berperan dalam mewujudkan ketahanan pangan melalui pemuliaan tanaman yang tahan terhadap stres lingkungan. Kondisi lingkungan yang berubah akibat pencemaran lingkungan dan populasi penduduk yang meningkat pesat berakibat pada menurunnya produktivitas tanaman pangan, bahkan menimbulkan risiko gagal panen. Meningkatnya suhu lingkungan, terjadinya kekeringan, serta keadaan tanah yang salin atau berkadar garam tinggi adalah beberapa efek peningkatan populasi dan pencemaran yang berpengaruh negatif terhadap produktivitas tanaman pangan. Dengan inovasi dalam bioteknologi, maka muncullah tanaman pangan transgenik yang tahan terhadap stres lingkungan dan tetap produktif di bawah kondisi lingkungan yang tidak mendukung, sehingga ketersediaan pangan di masa mendatang pun semakin terjamin.

Dengan bioteknologi melalui rekayasa genetik, sifat negatif pada tanaman dapat ditekan dan sifat positif dapat dimunculkan menjadi lebih dominan. Dengan demikian, senyawa toksik pada tanaman pangan dapat ditekan, sementara zat-zat gizi dimunculkan. Beras dengan kandungan vitamin A yang tinggi, kedelai dengan kandungan vitamin E yang tinggi, maupun jagung dengan zat besi yang mudah terserap tubuh merupakan produk-produk pangan yang hadir atas kontribusi bioteknologi modern. Dalam hal ini, rekayasa genetik turut berperan serta dalam menciptakan pangan yang sehat, yang mampu memerangi malnutrisi, dengan cara meningkatkan kualitas gizi pada tanaman pangan. Hal ini sejalan dengan prinsip ketahanan pangan, yaitu menghasilkan pangan yang sehat dan bergizi.

Teknologi rekayasa genetik dapat pula meningkatkan kualitas dan hasil tanaman secara akurat dibandingkan dengan teknologi konvensional. Semua karakter seperti hasil, ketahanan terhadap stres (termasuk ketahanan penyakit, ketahanan terhadap hama, toleran dingin dan toleran herbisida) dan kualitas gizi dari PRG akan secara nyata dapat ditingkatkan. Komersialisasi tanaman hasil teknologi transgenik dapat

secara nyata menurunkan biaya produksi dan secara terus menerus memberikan keuntungan secara ekonomi, lingkungan dan sosial (Fang et al. 2016).

Keuntungan dan manfaat dari aplikasi teknologi rekayasa genetik dapat diringkas menjadi beberapa hal berikut:

1. Pengendalian hama dan penyakit tanaman

Teknologi transgenik atau rekayasa genetik digunakan secara luas dalam pertanian untuk mengendalikan penyakit dan hama, mengurangi biaya produksi, meningkatkan atau memperbaiki efek pengendalian hama dan penyakit, mengurangi polusi pestisida dan meningkatkan produksi tanaman telah membawa pandangan baru dan harapan dalam pencegahan dan pengendalian hama dan penyakit tanaman. Pada saat ini, tanaman PRG jagung, kapas, kentang dan kedelai yang tahan hama, penyakit dan herbisida telah dikomersialisasi dan dikembangkan pada area yang luas. Tanaman transgenik tahan hama merupakan jenis tanaman transgenik yang paling penting pada 10 tahun terakhir karena tanaman transgenik kapas, jagung dan kedelai telah memberikan hasil yang memuaskan (Bates et al. 2005; Ferry et al. 2006)

2. Perbaikan kualitas produk tanaman

Rekayasa genetik dapat diaplikasikan untuk memperbaiki kualitas tanaman, termasuk diantaranya kandungan protein, komposisi asam amino, komposisi pati, senyawa polisakarida dan lemak di dalam biji dan organ penyimpan yang lain (umbi, umbi akar, umbi apis dan sebagainya), serta perbaikan kualitas pangan, peningkatan nutrisi dan memperbaiki fungsi kesehatan dan penampilan proses (Tester et al. 2010; Shewry 2007; Stupak et al. 2006)

3. Peningkatan ketahanan tanaman

Teknologi rekayasa genetik juga diaplikasikan secara luas pada pemuliaan varietas baru dengan sifat ketahanan atau toleransi terhadap cekaman kekeringan, salinitas tinggi dan dingin. Sebagai contoh, padi yang diintroduksi dengan C-repeat binding factor

(CBF) memiliki ketahanan yang signifikan terhadap cekaman abiotik kekeringan (Oh et al. 2005). Saat ini, padi emas (golden rice) dan jagung toleran kekeringan yang dirakit dengan teknologi transgenik dapat dibudidayakan secara aktual di lapang (Fang et al. 2016).

Oleh karena itu di masa mendatang, pengembangan tanaman transgenik tidak ragu lagi akan difokuskan pada bidang-bidang seperti ketahanan terhadap cekaman, peningkatan kualitas, peningkatan hasil, komponen fungsional, dan ini semua akan memberi peluang dan tantangan untuk pengembangan pertanian secara global.

Namun demikian, beberapa konsumen dan pecinta lingkungan masih meragukan keamanan dari produk dari teknologi transgenik. Kekawatiran akan risiko dalam jangka panjang masih menjadi pertimbangan untuk memanfaatkan produk tersebut. Kekawatiran tersebut mungkin lebih disebabkan oleh kurangnya informasi yang cukup dan benar terkait produk teknologi transgenik.

Dinamika Perkembangan Teknologi Rekayasa Genetika

Sejarah penemuan tanaman transgenik dimulai pada tahun 1977 saat diketahui bakteri *Agrobacterium tumefaciens* secara alami dapat mentransfer DNA ke dalam genom tanaman. Pada tahun 1980-an tanaman transgenik buncis dan bunga matahari yang mengandung gen b-faseolin dari kacang-kacangan untuk pertamakali telah berhasil dirakit (Faisal, 2005). Semenjak itu perakitan tanaman transgenik terus berkembang, diantaranya adalah tanaman tomat yang tahan terhadap masa penyimpanan yang dikenal dengan tomat Flavr Savr. Tomat tersebut merupakan produk rekayasa genetik pertama yang dikomersialkan di AS sekitar tahun 1994.

Generasi pertama dari tanaman transgenik utamanya memiliki karakter yaitu toleran terhadap herbisida dan resisten terhadap serangga hama. Tanaman transgenik tersebut adalah kedelai, jagung, kapas, dan kanola

lebih banyak dimanfaatkan untuk pakan dan serat. Generasi kedua dari tanaman transgenik bertujuan untuk meningkatkan kandungan nutrisi dan kualitas lainnya pada tanaman pangan, contohnya adalah 'Golden rice' (beras emas) yang kaya akan kandungan provitamin A (Qaim 2009; Groote 2012). Komoditas tanaman transgenik yang telah dikembangkan dan dikomersialkan di dunia pada saat ini diantaranya adalah kedelai, jagung, kapas, padi, kentang, tomat dan kanola. Dengan perkembangan teknologi rekayasa genetik yang sangat cepat, saat ini telah banyak dihasilkan tanaman PRG yang telah dilepas maupun yang masih dalam tahap penelitian (pipeline). Disamping tanaman PRG generasi pertama dan kedua, tanaman PRG generasi setelahnya bermunculan, seperti PRG toleran kekeringan, PRG tahan virus, PRG yang adaptif terhadap perubahan iklim dan sebagainya. Amerika Serikat merupakan negara yang mendominasi dalam penanaman tanaman transgenik.

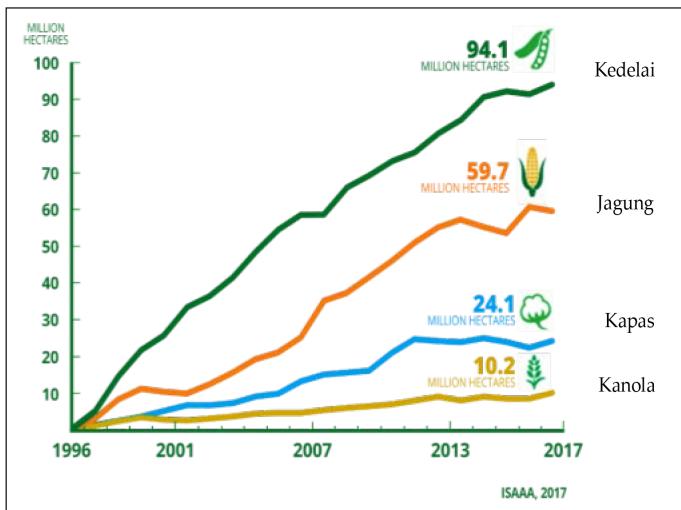
Tingkat adopsi tanaman PRG dengan sifat unggul terus meningkat, terutama di negara-negara berkembang (USDA, ERS). ISAAA melaporkan bahwa Amerika Serikat merupakan negara penghasil tanaman PRG dengan total luas penanaman PRG 75 juta ha pada tahun 2018 (<http://www.isaaa.org/mailchimp/#17712>). Rata-rata tingkat adopsi untuk tanaman PRG utama (kedelai, jagung, dan canola) di AS sekitar 93,3%. Brasil menanam 51,3 juta ha tanaman PRG, utamanya kedelai, jagung dan kapas.

Argentina menanam sekitar 23,6 juta ha kedelai PR, jagung dan kapas, dengan rata-rata tingkat adopsi 100%. Petani Canada menanam 12,75 juta ha tanaman biotek, dimana tanaman PRG utama mempunyai rata-rata tingkat adopsi sekitar 92,5%. India, menanam kapas biotek seluas 11,6 juta ha, dan ini merupakan 95% dari total penanaman kapas di India. Sampai saat ini, sebagian besar kemajuan dalam tanaman rekayasa genetika telah difokuskan pada beberapa tanaman utama (seperti kapas, jagung, dan kedelai) yang mengekspresikan protein untuk ketahanan serangga dari *Bacillus thuringiensis* dan toleran terhadap glifosat dan glufosinat (toleran herbisida).

Kemajuan teknologi di bidang ini juga meningkat tidak hanya variasi tanaman yang dimodifikasi seperti, tanaman sayuran, gandum, beras, kacang tunggak, dan pisang, tetapi modifikasi genetik lanjut juga dilakukan seperti peningkatan nutrisi, modifikasi komposisi bahan pangan, toleransi stres abiotik, virus, bakteri, dan resistensi jamur.

Selama 21 tahun komersialisasi tanaman biotek atau PRG (1996 – 2016) telah membuktikan bahwa tanaman PRG telah memberikan keuntungan yang nyata secara agronomi, lingkungan, ekonomi, kesehatan, dan sosial ke petani dan konsumen (ISAAA, 2016). Adopsi tanaman PRG yang cepat menjelaskan adanya keuntungan yang berlipat dari petani kecil dan besar dari negara maju dan berkembang yang telah menanam tanaman PRG.

Pada kurun waktu 21 tahun tersebut, sebanyak 2,15 miliar ha tanaman PRG telah ditanam secara komersial, yang terdiri dari 1,04 miliar ha kedelai PRG, 0,64 miliar ha jagung PRG, 0,34 miliar ha kapas PRG dan 0,13 miliar ha kanola PRG. Produk biotek yang berasal dari 2,15 miliar ha tersebut secara nyata berkontribusi terhadap pangan, pakan, serat dan bahan bakar untuk 7,6 miliar manusia. Pada tahun 2017, luas penanaman tanaman PRG secara global meningkat dari 185,1 juta ha menjadi 189,8 juta ha. Peningkatan yang terjadi adalah sekitar 3% atau setara dengan 4,7 juta ha. Pada tahun yang sama, empat tanaman PRG utama (kedelai, jagung, kapas dan canola) menempati sekitar 99% area penanaman tanaman PRG secara global. Peningkatan adopsi menunjukkan peningkatan yang tinggi pada kedelai, kapas, dan canola dan sedikit mengalami penurunan pada jagung PRG (Gambar 1).



Gambar 1. Luas area penanaman PRG secara global berdasarkan tanaman dari tahun 1999 sampai 2017 (juta ha)

Tanaman transgenik lebih banyak ditanam di negara berkembang daripada di negara maju (Groote, 2012). Dimulai pada tahun 2012, luas penanaman tanaman PRG di negara berkembang secara konsisten terus meningkat. Pada tahun 2017, perbedaan luas penanaman tanaman PRG antara negara berkembang dan negara maju mencapai 11,4 juta ha. Negara berkembang menanam 53% dari luasan global tanaman PRG dibandingkan negara maju yang hanya 47%.

Namun demikian, luas area penanaman negara maju meningkat 4,3% pada tahun 2017 dibandingkan dengan tahun 2016, sementara negara berkembang hanya meningkat 1,0% (Tabel 1). Tanaman PRG yang dihasilkan dari teknologi rekayasa genetik dinyatakan dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi di 26 negara yang memanfaatkannya.

Di negara berkembang, teknologi ini juga dapat membantu mengurangi angka kemiskinan petani kecil, karena dengan menanam tanaman transgenik memungkinkan petani untuk meningkatkan hasil panen

tanpa menambah luas lahan pertanian (Yonida, 2019). Namun demikian, pemanfaatan produk rekayasa genetik untuk bahan pangan masih menjadi kontroversi di dunia. Kemungkinan yang menjadi perhatian utama adalah mengenai dampak produk rekayasa genetik tersebut bagi kesehatan manusia, perusakan lingkungan, dan karena teknologi rekayasa genetik dianggap tidak alami (Groote, 2012).

Tabel 1. Luas penanaman tanaman PRG secara global pada 2016 dan 2017 (juta ha)

	2016	%	2017	%	+/-	%
Industrialized countries	85.5	46	89.2	47	+3.7	+4.3
Developing countries	99.6	54	100.6	53	+1.0	+1.0
Total	185.1	100	189.8	100	4.7	+3%

Source: ISAAA, 2017

Di Indonesia, beberapa institusi telah memanfaatkan teknologi rekayasa genetika untuk merakit tanaman PRG. Beberapa institusi tersebut antara lain BB Biogen Badan Litbang Pertanian, Puslit Bioteknologi LIPI, PT RPN, beberapa Perguruan Tinggi (seperti IPB, UNEJ) dan PTPN XI. Penelitian rekayasa genetik tanaman yang dilakukan di Indonesia untuk menghasilkan tanaman PRG, diantaranya adalah:

1. BB Biogen: kentang PRG tahan hawar daun, tomat PRG tahan multi-virus, CMV dan TYLCV, padi PRG efisien pemupukan N, artemisia PRG dengan kandungan artemisinin tinggi
2. Puslit Bioteknologi LIPI: padi PRG tahan hama penggerek batang kuning
3. Universitas Jember: tebu PRG rendemen tinggi
4. PTPN XI: tebu PRG toleran kekeringan

Tanaman tebu PRG toleran kekeringan hasil kerjasama PTPN XI dan Universitas Jember dengan perusahaan Jepang Ajimoto. Tebu PRG toleran kekeringan ini sudah mendapatkan sertifikat aman pangan dan lingkungan dan sudah mendapatkan rekomendasi aman pakan dari Komisi Keamanan Hayati (KKH) PRG. Kentang PRG tahan penyakit hawar daun sudah mendapatkan sertifikat aman pangan dan lingkungan.

Tomat PRG tahan CMV dan TYLCV sedang dalam proses pengumpulan data di LUT untuk pengajuan mendapatkan sertifikasi aman lingkungan dan pangan (Anonim, 2019). Penelitian-penelitian yang mengaplikasikan teknologi rekayasa genetik sudah dilakukan oleh banyak peneliti di Indonesia, diantaranya adalah padi PRG toleran salinitas (Santoso et al. 2012), padi PRG toleran kekeringan (Santoso et al. 2018), dan padi PRG efisien pemupukan N (Sisharmini et al. 2018).

Prospek Teknologi Rekayasa Genetik di Era Pertanian 4.0

Era industri 4.0 telah dimulai di berbagai bidang termasuk pertanian. Adopsi teknologi industri 4.0 oleh sektor pertanian ditujukan untuk efisiensi proses produksi yang memfokuskan pada kebutuhan konsumen. Pembangunan pertanian modern ujungnya adalah mensejahterakan pelakunya, dalam hal ini petani. Secara gamblang pembangunan pertanian didefinisikan sebagai upaya menggerakkan seluruh komponen yang ada dalam suatu masyarakat, sehingga memungkinkan pelaku utama pembangunan pertanian atau petani dapat menjalankan bisnis pertanian, yang dicirikan oleh kemampuan dalam menangkap peluang usaha atau momentum dalam menghasilkan suatu komoditi yang dibutuhkan pasar atau menciptakan pasar (Mardiani dan Jamal, 2017). Produksi benih pertanian misalnya, dilaksanakan secara efisien, efektif dan keberlanjutan terhadap sumber daya yang ada, dibingkai oleh kelembagaan yang mengatur perilaku individu dan masyarakat ke arah keterbukaan terhadap perubahan yang lebih baik dan mensejahterakan secara individu dan bersama, dengan motor utama perubahan inovasi.

Kementerian pertanian memastikan bahwa pemerintah Indonesia telah mempersiapkan diri dalam menghadapi era pertanian 4.0. Pada era ini tentunya membutuhkan inovasi-inovasi di bidang pertanian yang diharapkan akan mempengaruhi pertanian kecil dan menengah, yang harus berinvestasi dalam teknologi canggih untuk mengikuti evolusi. Saat ini, pemerintah sedang menggalakkan program kemandirian pangan nasional yang diharapkan dapat membantu untuk meningkatkan

kesejahteraan petani. Upaya ini harus didukung oleh beberapa faktor, diantaranya adalah ketersediaan benih yang berkualitas. Benih berkualitas dapat dihasilkan salah satunya dengan pendekatan bioteknologi atau rekayasa genetik untuk mendapatkan benih-benih yang unggul seperti tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik, produktivitas tinggi, kualitas produk yang lebih baik, dan lain-lain.

Faktor Pendorong Teknologi Rekayasa Genetika

Prospek suatu teknologi, dalam hal ini termasuk teknologi rekayasa genetika, untuk dapat dimanfaatkan sangat dipengaruhi oleh banyak faktor dan minat serta kebutuhan pengguna maupun berbagai pemangku kepentingan lainnya. Potensi nilai ekonomis bagi petani antara lain peningkatan pendapatan, lebih banyak pilihan teknologi, dan pengurangan biaya input dan tenaga kerja. Sementara itu, tersedianya produk yang berkualitas lebih baik serta memenuhi standar keamanan pangan merupakan daya tarik bagi konsumen untuk memanfaatkan suatu teknologi.

Aplikasi bioteknologi melalui teknologi rekayasa genetik menjanjikan kemajuan dan memberikan prospek yang menakjubkan di sektor pertanian menghadapi era pertanian 4.0. Bagi pendukung teknologi rekayasa genetik, argumen yang dapat diajukan adalah bahwa teknologi tersebut mempunyai potensi untuk mendukung peningkatan ketahanan pangan, mengurangi tekanan pada tata guna lahan, meningkatkan produktivitas lahan dan lingkungan marginal, mengurangi penggunaan air dan bahan kimia serta peningkatan kualitas hidup manusia. Namun demikian, bagi pihak yang lain, yang tidak setuju dengan teknologi rekayasa genetik, berargumentasi bahwa teknologi tersebut merupakan teknologi yang masih sangat baru dan banyak hal yang terkait dengan interaksi bioteknologi terhadap lingkungan belum sepenuhnya di mengerti (Lokolo, 2013). ISAAA menilai bahwa selain untuk mendukung ketahanan pangan, pertanian berkelanjutan dan mitigasi perubahan iklim, tanaman biotek atau PRG dapat memberi sumbangan berarti dalam penghematan lahan dan pelestarian keragaman hayati.

Areal penanaman, tingkat adopsi serta pasar untuk tanaman PRG diperkirakan akan terus meningkat pada masa mendatang. Pada beberapa tahun ke depan, diperkirakan sudah tersedia produk-produk biotek potensial untuk dilepas setelah memperoleh persetujuan pihak berwenang. Semuanya dipersiapkan dengan lebih mementingkan kebutuhan pangan, pakan dan serat di negara-negara berkembang. Dari produk tersebut adalah tanaman yang diarahkan untuk membangun ketahanan pangan kaum miskin, di antaranya apel, pisang, ubikayu, kacang tanah, kentang, padi, tebu, dan gandum. Sifat yang ditanamkan pada produk-produk tersebut beragam, tunggal atau gabungan (*stacked*), meliputi toleran kekeringan, toleran salinitas, peningkatan hasil, penggunaan efisien nitrogen, peningkatan mutu nutrisi, resistensi terhadap hama dan penyakit ataupun virus.

Prospek pemanfaatan teknologi rekayasa genetik di Indonesia juga sangat menjanjikan. Hal ini mengingat banyak permasalahan pertanian yang terkadang belum dapat diatasi dengan pendekatan tradisional. Bagi Indonesia, yang penting adalah bagaimana memanfaatkan teknologi rekayasa genetik tersebut karena Indonesia merupakan negara pihak pada konvensi internasional seperti Konvensi Keanekaragaman Hayati (Convention on Biological Diversity-CBD) dan telah meratifikasi *protocol Cartagena* tentang Keamanan Hayati atas Konvensi tentang Keanekaragaman Hayati (Lokolo, 2013).

Faktor Penghambat Teknologi Rekayasa Genetika

Inovasi bioteknologi modern melalui teknologi rekayasa genetika membutuhkan waktu yang relatif panjang yang di mulai dari tahap pengembangan tanaman hasil rekayasa genetik sampai tahap komersialisasi. Di negara-negara maju tahapan tersebut memerlukan waktu 8 sampai 10 tahun. Kondisi riset di Indonesia tentunya berbeda dengan kondisi di negara maju tersebut. Setidaknya terdapat beberapa faktor yang dapat menghambat inovasi teknologi di bidang rekayasa genetika di Indonesia. Beberapa faktor tersebut diantaranya adalah :

1. Terbatasnya SDM handal dan mumpuni dalam bidang rekayasa genetika di Indonesia. Penguasaan teknologi ini merupakan kunci penting dalam keberhasilan perakitan tanaman PRG. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan training jangka panjang atau magang di lembaga-lembaga internasional yang bergerak pada bidang rekayasa genetika.
2. Kurang terkontrolnya kondisi dan fasilitas laboratorium merupakan faktor penghambat keberhasilan riset rekayasa genetika. Pengontrolan dan kalibrasi alat-alat laboratorium kloning dan kultur jaringan harus kontinyu dilakukan.
3. Sistem pengadaan bahan kimia dan pendukung riset rekayasa genetika yang kurang mendukung penelitian.
4. Kurangnya jaminan pendanaan jangka panjang pada riset rekayasa genetika.
5. Sering berubahnya tema penelitian yang menjadi prioritas riset, dan pola putus sambung topik penelitian menyebabkan kurang fokusnya penelitian pada satu topik tertentu.
6. Mahalnya biaya untuk permohonan izin penelitian di Lapang Uji terbatas dan pengkajian keamanan hayati produk-produk tanaman PRG yang akan dikomersialisasikan.
7. Kurangnya dukungan pemerintah dalam regulasi yang mengatur tentang produk PRG.

Posisi Teknologi Rekayasa Genetika di Era Pertanian 4.0

Era industri 4.0 dicirikan dengan adanya *smart farming*. Era industri pertanian 4.0 akan mengkombinasikan *artificial intelligence* dan *big data* menjadi industri yang bersifat high tech. Teknologi ini sangat berguna untuk menghasilkan teknologi pertanian presisi, seperti untuk monitoring hasil, mendiagnostik serangga hama, mengukur kelembaban tanah, mengukur suhu, menentukan waktu panen dan monitoring status kesehatan tanaman (Sung, 2018).

Dengan kemajuan teknologi memungkinkan untuk memonitor tanaman melalui sistem digitalisasi menggunakan remote control. Hal tersebut menjadikan sistem pertanian lebih efisien dalam hal waktu dan tenaga serta bersifat lebih presisi. Bagaimana posisi teknologi rekayasa genetika di era industri 4.0 ?. Saat ini di dunia maupun Indonesia telah dimulai mempunyai *big data* yang berisi informasi genomik dari tanaman. Di Indonesia, sudah mulai dirintis koleksi data genom yang berada di pusat genom pertanian Indonesia.

Pusat Genom Pertanian Indonesia atau PGPI merupakan basis data genom pertama di Indonesia. PGPI merupakan kelanjutan prototipe pangkalan data sebelumnya yang dibuat BB Biogen tahun 2014 untuk padi dan kedelai (IAARDGC, IAARD Genome Center). Informasi yang dimuat dalam PGPI bersumber dari analisis genom mutakhir dan terkini yaitu hasil re-sekuensing genom, analisis de novo, analisis transkriptom, dan genome-wide genotyping.

Pangkalan data ini dibuat dalam tujuh kategori variasi genom komoditas pertanian, yaitu tanaman palma (kelapa, kelapa sawit, aren), tanaman industri (jarak pagar dan kakao), tanaman hortikultura (cabai, kentang, pisang), tanaman pangan (padi, jagung, kedelai), hewan/ternak (sapi), marine species dan mikroba. Sumber daya genetik (SDG) yang digunakan sebagai materi yang disequen genomnya dan genotyping merupakan aksesori asal Indonesia, introduksi dan VUB. (<http://biogen.litbang.pertanian.go.id/pusat-genom-pertanian-indonesia-pgpi/>).

Ada dua komponen utama dalam PGPI yaitu pangkalan data dan Penjelajah Genom (Genome Browser). PGPI ini diharapkan akan memberikan kontribusi terhadap penelitian genom komoditas pertanian penting di Indonesia dan mendukung percepatan program pemuliaan. Keunggulan PGPI adalah tidak memerlukan instalasi dan dapat diakses di mana saja, pemakaian tidak rumit dan intuitif, dan data yang disajikan unik dan hanya tersedia di web ini.

Pangkalan data berbasis genom akan sangat berguna dalam mendukung penelitian rekayasa genetika di Indonesia. Informasi genomik yang diperlukan untuk mendapatkan sekuen lengkap dari gen target, mendesain primer untuk isolasi gen maupun keperluan deteksi untuk

seleksi dan informasi ekspresi gen target dapat diperoleh pada pangkalan data tersebut dan dapat digunakan untuk mendesain suatu riset rekayasa genetika. Dengan informasi genomik yang tersedia, maka kita dapat mengedit genom, meniadakan ekspresi gen yang tidak diinginkan atau menambah ekspresi suatu gen yang dapat menimbulkan perubahan fenotipik sesuai karakter target dalam proses pemuliaan tanaman. Hasil riset tersebut merupakan suatu inovasi di bidang bioteknologi yang tentunya bermuara pada upaya perwujudan ketahanan pangan.

Ketika produk hasil rekayasa genetika telah berhasil dirakit maka proses hilirisasi dan masalisisasi produk tersebut dapat dikombinasikan dengan smart farming. Kombinasi teknologi tersebut akan dapat memperkuat ketahanan pangan tingkat nasional. Teknologi rekayasa genetika dipadu dengan teknologi budidaya yang cerdas dapat meningkatkan produksi pangan, distribusi pangan maupun konsumsi pangan.

Fasilitas pertanian dapat di upgrade untuk memeriksa status pertumbuhan pertanian melalui perangkat seluler. Jadi sistem pertanian dapat berjalan lebih efisien, hemat waktu dan tenaga kerja. Peningkatan produksi dapat dicapai dengan penggunaan varietas unggul tanaman hasil produk rekayasa genetika dikombinasi dengan teknologi cerdas. Pertumbuhan pertanian dapat dikontrol dengan ketat dengan sistem otomatisasi, meliputi pengontrolan suhu, kelembaban, waktu dan volume penyiraman, waktu dan dosis pemupukan yang tepat, prediksi waktu panen, penggunaan pestisida, fungisida dan herbisida yang tepat.

Teknologi rekayasa genetika pada era pertanian 4.0 diyakini dapat meningkatkan produktivitas pertanian. Tanaman cerdas hasil teknologi rekayasa genetika yang dikombinasi dan atau di dukung dengan teknologi cerdas merupakan kekuatan pendorong pertanian modern sehingga dapat mewujudkan ketahanan pangan nasional.

Tantangan dan Implikasi Kebijakan

Teknologi rekayasa genetik dapat memberikan manfaat yang besar terutama di bidang pertanian. Namun demikian, dalam hal pemanfaatannya memerlukan kehati-hatian dan kecermatan agar

tidak menimbulkan sesuatu yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan bagi keanekaragaman hayati, lingkungan, dan kesehatan manusia.

Pengembangan tanaman hasil teknologi rekayasa genetik saat ini masih mengalami pro dan kontra meskipun sebenarnya tanaman transgenik ini telah ditanam di berbagai negara di dunia sejak tahun 1996. Kelompok yang kontra produk teknologi transgenik selalu menyampaikan informasi atau isu risiko dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, untuk menghindari dampak negatif tersebut pelepasan tanaman hasil teknologi rekayasa genetik diatur dengan beberapa regulasi yang mengharuskan adanya pengkajian keamanan hayati sebelum dimanfaatkan.

Sebelum dapat dimanfaatkan menjadi varietas baru setelah melalui proses pelepasan, tanaman hasil teknologi transgenik harus disertai petunjuk tentang informasi bahwa tanaman tersebut telah memenuhi persyaratan keamanan hayati, yaitu keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/atau keamanan pakan. Di Indonesia, sudah ada regulasi yang mengatur dan menjamin keamanan hayati tanaman transgenik (PRG) yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2005 tentang Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik. Namun, setelah proses pelepasan varietas PRG masih perlu dilakukan tindakan pengawasan dan pemantauan tanaman PRG untuk meminimalisir risiko terhadap kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan. Oleh karena itu, peran pemerintah diperlukan untuk membuat peraturan perundangan terkait pengawasan dan pemantauan tanaman PRG setelah dilepas dan beredar di wilayah Republik Indonesia.

Saat ini, dunia sedang menghadapi krisis pertambahan penduduk dan kekurangan pangan, sehingga hasil pertanian menjadi isu yang sangat penting pada pembangunan ekonomi. Tuntutan produk tanaman harus menghasilkan produk dengan kualitas yang prima, sementara konservasi lahan, air dan sumber daya manusia harus tetap dipertahankan. Pada saat yang sama, konsumen mengharapkan produk tanaman dapat memperbaiki tingkat kesehatan mereka dan memberikan asupan gizi yang cukup. Oleh karenanya, tindakan yang feasible untuk dilakukan

adalah dengan mengadopsi teknologi rekayasa genetik untuk perbaikan varietas tanaman dengan sifat-sifat yang diinginkan. Kombinasi pengembangan teknologi rekayasa genetika dengan pemuliaan konvensional merupakan satu langkah awal yang dapat ditempuh baik oleh pemerintah, swasta, peneliti dan masyarakat. Semua pihak tersebut harus berpadu dan bersinergi untuk menjawab tantangan dan mewujudkan ketahanan pangan Indonesia.

Hal lain yang perlu diperhatikan bahwa tidak semua hasil teknologi rekayasa genetik (PRG) dapat diadopsi dan diaplikasikan di Indonesia. Harus ada prioritas yang ketat sehingga pemanfaatan tanaman PRG dapat mengenai sasaran dan sesuai yang dibutuhkan untuk Indonesia. Kesejahteraan petani harus menjadi tujuan utama di dalam pengaplikasian teknologi rekayasa genetika. Oleh karena itu, aplikasi teknologi rekayasa genetik harus mempertimbangkan aspek-aspek diantaranya adalah rekayasa genetik hanya pada komoditas tanaman yang merupakan bahan pokok bagi masyarakat Indonesia, bahan baku industri, substitusi impor, dan komoditas ekspor. Jenis komoditas prioritas juga harus diperhatikan yang dapat meliputi jagung, padi, kedelai, tebu dan kentang.

Penutup

Teknologi rekayasa genetik dapat memberikan manfaat yang besar terutama di bidang pertanian. Prinsip kehati-hatian dalam pemanfaatannya diperlukan agar tidak menimbulkan sesuatu yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan bagi keanekaragaman hayati, lingkungan, dan kesehatan manusia. Fakta-fakta tentang tanaman hasil teknologi rekayasa genetika perlu diungkapkan untuk menyangkal isu negatif mengenai teknologi ini melalui sosialisasi baik di tingkat pemangku kebijakan maupun masyarakat. Peran pemerintah dalam hal regulasi penelitian dan pengembangan teknologi maupun produk hasil rekayasa genetika diperlukan untuk memperkuat posisi teknologi rekayasa genetika dalam bidang pertanian.

Big data yang berupa informasi genomik tanaman pertanian di kombinasi dengan *smart farming* merupakan kekuatan pendorong dalam memperkuat pertanian Indonesia dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan nasional yang bermuara untuk kesejahteraan petani.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2019. Peta Jalan Pengembangan Benih Produk Rekayasa Genetik. Deputi Bidang Koordinasi Pangan dan Pertanian Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. 96 hlm.
- Bates, S.L., J.Z. Zhao, R.T. Roush, and Shelton. 2005. Insect resistance management in GM crops: past, present and future. Nat Biotechnol. 23 (1):57-62.
- Bennet, J. 1993. Genes for crop improvements. Genetic Engineering. 16: 93-113.
- Berkley, S.F., A.W. Hightower, R.C. Beier, D.W. Fleming, C.D. Brokopp, G.W. Ivie, and C.V. Broome. 1986. Dermatitis in grocery workers associated with high natural concentrations of furanocoumarins in celery. Ann Intern Med. 105:351–355.
- BPS. 2018. Statistik Indonesia 2018. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik Indonesia-BPS Statistics Indonesia.
- Datta, A. 2013. Genetic engineering for improving quality and productivity of crops. Agriculture & Food Security. 2:15.
- De Groote, H. 2012. Crop biotechnology in developing countries. Plant Biotechnology and Agriculture, pp 563-576. Dermatitis in grocery workers associated with high natural concentrations of furanocoumarins in celery. Ann Intern Med. 105:351–355.
- Faisal. 2005. Tanaman transgenik dan kebijakan pengembangannya di Indonesia. Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia. 3(1): 29-36.
- Fang, J., X. Zhu, C. Wang, and Shangguan. 2016. Application of DNA technologies in Agriculture. Curr Genomics 17(4): 379-386. doi: 10.2174/ 1389202917 666160331203224.

- Ferry, N., M.G. Edwards, J. Gatehouse, T. Capell, P. Christou, and A.M.R. Gatehouse. 2006. Transgenic plants for insect pest control: a forward looking scientific perspective. *Transgenic research*. 15(1):13-19.
- Hellenas, K.A., C. Branzell, H. Johnson, and P. Slanina. 1995. High level of glycoalkoloids in the established Swedish potato variety Magnum Bonum. *Journal of science of food and agriculture*. 68(2): 249-255.
- Hellenas, K.E., C. Branzell, H. Johnsson, and P. Slanina. 1995. High levels of glycoalkaloids in the established swedish potato variety magnum bonum. *J Sci Food Agric*. 68:249–255
- <http://nepad-abne.net/biotechnology/process-of-developing-genetically-modified-gm-crops/>. 2019. Process of developing genetically modified (GM) crops. African Biosafety Network of Expertise. <http://www.isaaa.org/mailchimp/#17712>. 2019.
- ISAAA, 2016. ISAAA Annual Report. Ithaca, NY: ISAAA.
- James C. 2018. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2015. ISAAA Brief No.54. Ithaca, NY: ISAAA.
- James, C. 2015. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2015. ISAAA Brief No.51. Ithaca, NY: ISAAA.
- Lokolo, E.M. 2013. Policy Brief-Rangkaian pertemuan convention on biological diversity (CBD) dan protokol Cartagena serta protokol Nagoya, Pyeongchang-Korea Selatan.
- Mardiani, M., and E. Jamal. 2017. Menuju pembangunan pertanian modern. Dalam: Pasandaran, E., M. Syakir, Heriawan , P. Yufdy(Eds). *Menuju Pembangunan Pertanian Modern*. Jakarta: IAARD Press.
- Oh, S.J., S.I. Song, Y.S. Kim, H.J. Jang, S.Y. Kim, M. Kim, Y.K. Kim, B.H. Nahm, and J.K. Kim. 2005. Arabidopsis CBF3/DREB1A and ABF3 in transgenic rice increased tolerance to abiotic stress without stunting growth. *Plant Physiol*. 138: 341-351.
- Qaim, M. 2009. The economics of genetically modified crops. *Annual review of resource economics*. 665-694. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.Resource.050708.144203>.

- Santoso, T.J., Aniversari Apriana, Atmitri Sisharmini, dan Kurniawan Rudi Trijatmiko. 2012. Respon padi transgenik cv. Nipponbare generasi T1 yang mengandung gen Oryza sativa dehydration-response element binding 1A (OsDREB1A) terhadap cekaman salinitas. Berita Biologi. 11 (2).
- Santoso, T.J., Aniversari Apriana, Atmitri Sisharmini, dan Kurniawan Rudi Trijatmiko. 2018. Konstruksi dan Transformasi Gen OsERA1 ke Plasmid vektor dan Respon Padi Transgenik Nipponbare-OsERA1 Terhadap Cekaman Kekeringan. Jurnal Agrobiogen. 14(1):23-36.
- Shewry, P.R., H.D. Jones, N.G. Halford. 2007. Plant Biotechnology: Transgenic crops. Food Biotechnology. Adv Biochem Engin 111: 149-186. Doi: 10.1007/10 2008 095.
- Sisharmini, A. 2018. Kloning dan transformasi gen Alanin aminotransferase untuk perbaikan efisiensi penggunaan nitrogen pada padi. Disertasi IPB.
- Southgate, E.M., M.R. Davey, J.B. Power, and R. Marchant. 1995. Factor affecting the genetic engineering of plants by microprojectile bombardment. Biotechnol Adv. 13(4): 631-51.
- Stupak, M., H. Vanderschuren, W. Gruisse, and P. Zhang. 2006. Biotechnological approaches to cassava protein improvement. Trends in food science and technology 17(12): 634-641. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.06.004>
- Tester, M., and P. Langridge. 2010. Breeding technologies crop production in changing world. Science 327: 818-821.
- Yonida, A.D. 2019. Mengetahui dampak dan perkembangan tanaman transgenik. <http://farming.id/mengetahui-dampak-dan-perkembangan-tanaman-transgenik/>. Diakses tanggal 26 Agustus 2019.

Varietas Padi Ramah Lingkungan Adaptif Perubahan Iklim Global dalam Era Teknologi Pertanian 4.0

**Untung Susanto, Wage Ratna Rohaeni,
dan Priatna Sasmita**

Sensus penduduk tahun 2010 menunjukkan bahwa penduduk Indonesia pada waktu itu telah mencapai 237,56 juta jiwa (BPS, 2010). Pada tahun 2018 penduduk Indonesia telah mencapai 265 juta jiwa dengan laju pertumbuhan sebesar 1,19% dari tahun sebelumnya (BPS, 2019). Tingkat konsumsi beras per kapita penduduk Indonesia pada tahun 2016 sebesar 100,57 kg/kapita/tahun (Kementan, 2017). Berdasarkan kondisi tersebut, diperkirakan kebutuhan beras per tahun adalah sekitar 26,65 juta ton. Kebutuhan beras nasional tersebut meningkat sebesar 0,35 %/tahun (BAPPENAS, 2014), seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk.

Sementara itu, luas panen padi tahun 2018 mencapai 10,90 juta ha yang memberikan produksi sebesar 56,54 juta ton gabah kering giling setara 32,42 juta ton beras (BPS, 2019). Hal ini mengindikasikan produksi padi nasional telah cukup untuk memenuhi kebutuhan nasional. Namun demikian, berbagai kendala masih dihadapi dalam upaya untuk menjaga kontinyuitas produksi padi nasional dan dalam mencapai harapan agar Indonesia menjadi lumbung padi dunia pada tahun 2045.

Tantangan dan Upaya Peningkatan dan Pelestarian Produksi Padi di Indonesia

Beberapa kendala yang dihadapi dalam menjaga kontinyuitas produksi padi nasional diantaranya adalah skala kepemilikan lahan yang sempit, alih fungsi lahan irigasi yang terus berlanjut, *levelling off* produktivitas

padi secara nasional, kerusakan sarana irigasi, peran swasta dalam memproduksi padi masih sangat terbatas, inovasi teknologi pasca panen masih lambat, adanya perubahan iklim global, dan pola produksi pertanian yang belum ramah lingkungan (BAPPENAS, 2014). Sejalan dengan hal tersebut, Zhang (2007) melaporkan bahwa secara teknis ada tiga kendala utama dalam meningkatkan hasil padi secara global adalah serangan hama dan penyakit, pupuk anorganik, dan berkurangnya pasokan air sebagai dampak dari adanya perubahan iklim global.

Beberapa unsur iklim yang mengalami perubahan antara lain pola curah hujan, muka air laut, suhu udara, dan peningkatan kejadian iklim ekstrim yang menyebabkan banjir dan kekeringan. Pertanian adalah sektor yang paling serius terkena dampak perubahan iklim. Perubahan iklim global mengakibatkan semakin meningkatnya risiko cekaman biotik dan abiotik terhadap tanaman. Perubahan iklim global tersebut ditandai antara lain dengan fenomena bergesernya musim dan sulitnya memprediksi pola sebaran curah hujan, sehingga risiko banjir ketika hujan melimpah dan kekeringan ketika hujan berkurang menjadi sangat besar (Badan Litbang Pertanian, 2011).

Perubahan cuaca yang cepat, kelembaban tinggi dengan suhu tinggi memicu berkembangnya patogen penyebab penyakit pada tanaman, sehingga ledakan penyakit lebih sering terjadi (Kamrekar et al. 2015; War et al. 2016; Ruminta et al. 2016). Perubahan iklim global tersebut semakin meningkatkan tingkat kesulitan dalam peningkatan produksi padi di Indonesia.

Varietas merupakan salah satu komponen utama teknologi peningkatan produksi padi. Varietas unggul bersama pupuk dan air memberikan kontribusi terhadap peningkatan produktivitas padi mencapai 75% (Las, 2002). Hal ini menunjukkan bahwa varietas unggul terutama padi sawah merupakan salah satu kunci keberhasilan peningkatan produksi padi di Indonesia. Perkembangan varietas juga selalu mengikuti dan terus dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan kualitas dan kuantitas yang terus berkembang.

Varietas unggul yang dihasilkan harus sesuai dengan preferensi pasar sebagai penyedia kebutuhan. Sesuai dengan gambaran global di atas, maka varietas padi yang dibutuhkan untuk saat ini dan yang akan datang adalah yang memiliki produktivitas tinggi dan stabil relatif tinggi pada kondisi sub optimal, memiliki toleransi ganda terhadap cekaman biotik dan abiotik, toleran terhadap kondisi rendah input.

Varietas tersebut sejalan dengan upaya untuk melaksanakan pertanian yang ramah lingkungan, yaitu yang memerlukan input seperti pupuk dan pestisida anorganik serta air yang rendah. Varietas tersebut hendaknya pula memiliki karakteristik yang disukai oleh konsumen, antara lain rasa yang disukai. Contoh varietas yang ditanam luas dan bertahan lama karena rasa nasinya yang disukai oleh sebagian besar penduduk Indonesia adalah IR 64 dan Ciherang. Varietas baru dengan rasa seperti kedua varietas tersebut cenderung lebih mudah diterima oleh konsumen. Teknologi perakitan varietas terus berkembang seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, mulai dari pemuliaan secara tradisional, hingga aplikasi fungsional genomik dalam era pertanian dan pemuliaan 4.0 (Wallace et al. 2018).

Sejarah Perkembangan Varietas Padi di Indonesia

Pemanfaatan varietas unggul dengan daya hasil tinggi diyakini dapat menjadi pengungkit utama produksi padi nasional. Penelitian padi dengan daya hasil tinggi memicu munculnya revolusi hijau tanaman padi pada tahun 1980-an dengan ditemukan dan dimanfaatkannya varietas IR 5 dan IR 8 yang memiliki hasil sebesar masing-masing 4,8 ton/ha dan 4,56 ton/ha (Khush and Virk, 2005). Potensi hasil khususnya IR8 memiliki potensi hasil 9 – 10 ton/ha (Peng et al., 1999).

Sementara itu, varietas lokal yang memiliki daya hasil kurang dari 3 t/ha dengan umur yang jauh lebih genjah (130-134 hari setelah semai/HSS) sementara varietas lokal sekitar 6 bulan. Varietas unggul dengan daya hasil tinggi tersebut terus mengalami perbaikan, antara lain dengan

dirakit dan dilepasnya IR 36 dan IR 42 yang memiliki ketahanan terhadap berturut-turut wereng batang coklat biotipe 1 dan biotipe 2. Selanjutnya dilepas IR 64 dengan umur yang lebih genjah (117 HSS) dan rasa lebih diterima konsumen (kandungan amilosa 23,2%). IR64 ini selanjutnya diadopsi luas dan bertahan selama beberapa dekade.

Teknologi varietas diperlukan dalam peningkatan produksi padi nasional baik melalui pendekatan intensifikasi maupun ekstensifikasi. Pendekatan intensifikasi menghendaki varietas dengan daya hasil tinggi, penambahan indeks pertanaman menghendaki varietas dengan umur sangat genjah, dan pembukaan lahan pertanian baru menghendaki varietas dengan daya hasil relatif tinggi, toleran cekaman biotik dan abiotik, serta adaptif pada kondisi input yang rendah. Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam perakitan varietas adalah hendaknya varietas yang dihasilkan mampu berproduksi tinggi pada kondisi input seperti pupuk dan pestisida yang relatif rendah, sehingga dapat meminimalisir risiko residu bahan kimia di lahan pertanian.

Varietas padi merupakan komponen teknologi utama produksi padi, bahkan sejak awal adanya budidaya padi itu sendiri. Langkah pertama adalah domestikasi dan seleksi varietas-varietas yang dapat dibudidayakan. Harahap, dkk. (1972) melaporkan bahwa persilangan padi mulai dilakukan di Indonesia pada tahun 1920-an. Pada masa itu tujuan pemuliaan difokuskan pada perbaikan varietas lokal terutama pemendekan umur agar dapat ditanam lebih dari satu kali dalam satu tahun.

Beberapa varietas yang dihasilkan pada masa itu adalah Bengawan (1943), Jelita (1955), Dara (1960), Sinta (1963), Bathara (1965), dan Dewi Ratih (1969) (Harahap, dkk., 1972; Djunainah, dkk., 1993; Musaddad, dkk., 1993; dan Sunihardi, dkk., 1999). Varietas pada masa ini memiliki sifat antara lain umur 140–155 hari setelah sebar (HSS), tinggi tanaman 145–165 cm, tidak responsif terhadap pemupukan, rasa nasi pada umumnya enak (Daradjat, dkk., 2001b), dan daya hasil sekitar 3,50–4 t/ha (Musaddad, dkk., 1993).

Selanjutnya menjelang tahun 1970-an dikembangkan padi dengan daya hasil tinggi (Suwarno, 2000). Introduksi dilakukan terhadap varietas IR5 dan IR 8 asal IRRI (*International Rice Reserach Institute*) yang memiliki potensi hasil tinggi (sekitar 10 ton/ha) (Peng, dkk., 1999). Pada tahun 1966 kedua varietas tersebut dilepas dengan nama PB 5 dan PB 8 dan berkembang di Indonesia, namun memiliki rasa yang pera. Sementara itu, hampir seluruh penduduk pengkonsumsi nasi di Indonesia memiliki kesukaan lebih tinggi terhadap nasi dengan rasa pulen.

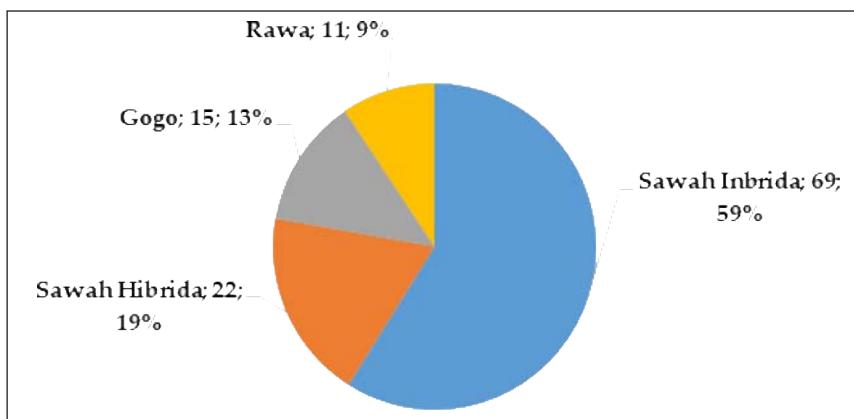
Selanjutnya dilepas PB20 (1974), PB 26, PB 28, dan PB 30 (1975), PB 34 (1976), PB PB 32 (1977). Serangan hama wereng batang coklat (WBC) khususnya biotipe 1 terjadi pada masa tersebut. Selanjutnya dilepas varietas dengan perbaikan ketahanan terhadap wereng, seperti PB 36 dan PB 38 (1978), PB 42 (1980). Pada tahun 1986 juga dilepas varietas IR64 yang lebih tahan wereng daripada varietas sebelumnya, dengan rasa yang lebih pulen. Selanjutnya varietas ini berkembang dan mendominasi pertanaman padi di Indonesia hingga tahun 2002-an (Las dkk., 2004).

Perbaikan varietas terus dilakukan sesuai dengan tantangan yang terus berkembang. IR64 selanjutnya dimuliakan kembali dan dihasilkan beberapa varietas antara lain Maros (1996), Way Apo Buru(1998), Towuti (1999), Widas (1999), Ciherang (2000), Tukad Petanu (2000), Tukad Unda (2000), Singkil (2001), Konawe (2001), Mekongga (2004), Inpari 1 (2008), Inpari 10 (2009), Inpari 14 Pakuan (2011), Inpari 15 Parahyangan (2011), Inpari 17 (2011), Inpara 6 (2010), Inpari 20 (2011), dan Inpari 30 Ciherang Sub 1 (2012). Mulai tahun 2004, varietas Ciherang mulai mendominasi pertanaman padi di Jawa Barat (Nurhati, dkk., 2008) dan di daerah-daerah lain di Indonesia.

Hal tersebut masih bertahan hingga saat ini. Ciherang memiliki keunggulan antara lain daya hasil yang tinggi, serta karakter mutu yang disukai konsumen, antara lain bentuk gabah ramping, ukuran gabah sedang (sekitar 25 gram/1000 butir), warna beras putih, serta rasa nasi yang pulen. Namun demikian, varietas tersebut termasuk varietas yang terserang hama/dan penyakit jika terjadi ledakan hama/penyakit.

Perbaikan varietas terus dilakukan dengan melakukan perbaikan pada karakter rasa dan ketahanan terhadap hama dan penyakit. Salah satu hasil perbaikan IR64 adalah varietas Ciherang (BB Padi, 2018) yang selanjutnya mulai diadopsi luas sekitar tahun 2005 dan mendominasi pertanaman padi di lapang hingga sekarang. Varietas Ciherang mendominasi sebesar 35,22 % dari luas areal lahan padi (Ditjen TP, 2018). Selain itu dilepas pula Mekongga (2004), Situ Bagendit (2003), dan berbagai varietas lain yang juga diadopsi luas oleh petani padi di Indonesia.

Perbaikan varietas terus dilakukan antara lain pada karakter ketahanan terhadap organisme pengganggu tanaman dan toleransi terhadap cekaman abiotik. Sebagai hasil perbaikan tersebut telah dilepas antara lain Inpari 30 Ciherang Sub1, Inpari 32 HDB (2008), Inpari 33 WBC, Inpari 34 Salin Agritan, Inpari 35 Salin Agritan, Inpari 42 Agritan GSR (2015), dan Inpari 43 Agritan GSR (2015). Varietas-varietas tersebut mulai tersebar dan diterima petani secara luas, dan diperkirakan akan mendominasi pertanaman padi di masa yang akan datang. Dilaporkan bahwa Inpari 30 Sub 1 memiliki luas sebaran sebesar 4,7 % dan VUB lainnya (varietas dengan nama Inpari, Inpago, Inpara, Hipa) mendominasi seluas 28,19 % (Ditjen TP, 2018).

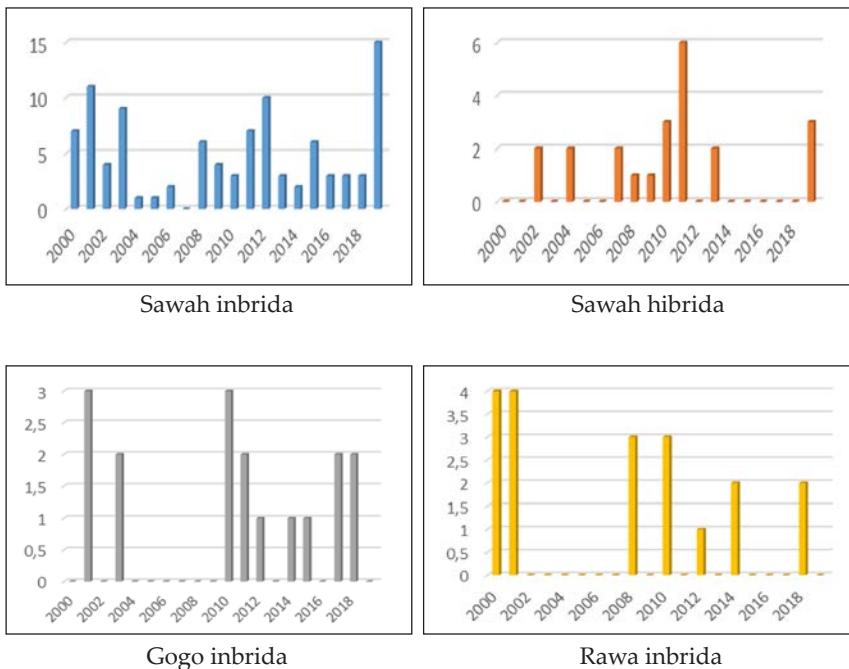


Gambar 1. Jumlah varietas dihasilkan Badan Litbang Pertanian tahun 2000 – 2019 untuk tiap agroekosistem

Varietas Ciherang telah dimuliakan kembali atau dijadikan tetua untuk perbaikan sifat varietas yang lain dan dihasilkan beberapa varietas baru, diantaranya adalah Inpari 16 Pasundan (2011, perbaikan daya hasil), Inpari 22 (2012, perbaikan ketahanan terhadap WBC dan daya hasil), Inpari 30 Ciherang Sub 1 (2012, perbaikan toleransi terhadap cekaman rendaman), Inpari 32 (2013, perbaikan ketahanan terhadap penyakit hawar daun bakteri), Inpari 41 Tadah Hujan Agritan (2015, perbaikan untuk agro ekosistem padi sawah tадах hujan), dan Inpari 45 Dirgahayu (2019, perbaikan ketahanan terhadap WBC).

Selain itu, Ciherang juga digunakan untuk perbaikan Inpago 4 (2010, adaptif untuk lahan gogo). Berbagai varietas yang dilepas BB Padi sejak tahun 2000 disajikan pada Tabel 1.

Pada periode tersebut, pelepasan padi sawah inbrida masih mendominasi (59%), disusul padi hibrida (19%), padi gogo (13%), dan rawa (9%) (Gambar 1). Jumlah varietas yang dilepas bervariasi setiap tahun, dan cenderung mengalami pelonjakan setelah tahun 2010 (Gambar 2).



Gambar 2. Perkembangan jumlah varietas oleh Badan Litbang Pertanian tahun 2000 – 2019

Tabel 1. Daftar Varietas Unggul Padi Badan Litbang Pertanian Berdasarkan Tahun Pelepasan (BB Padi, 2018; BB Padi, 2019)

No	Nama	Tahun dilepas	Potensi hasil (t/ha)	Umur (HSS)	Keterangan
1	Hipa 3	2004	11,0	116 - 120	Sawah, hibrida
2	Hipa 4	2004	10,0	114 - 116	Sawah, hibrida
3	Hipa 5 Ceva	2007	8,4	114 - 129	Sawah, hibrida
4	Hipa 6 Jete	2007	10,6	101 - 128	Sawah, hibrida
5	Hipa 7	2008	11,4	112	Sawah, hibrida
6	Hipa 8	2009	10,4	115	Sawah, hibrida
7	Hipa 9	2010	10,4	115	Sawah, hibrida
8	Hipa 10	2010	9,4	114	Sawah, hibrida

Tabel 1. Daftar Varietas Unggul Padi Badan Litbang Pertanian Berdasarkan Tahun Pelepasan (BB Padi, 2018; BB Padi, 2019) (lanjutan)

No	Nama	Tahun dilepas	Potensi hasil (t/ha)	Umur (HSS)	Keterangan
9	Hipa 11	2010	10,6	114	Sawah, hibrida
10	Hipa 12 SBU	2011	7,7	105	Sawah, hibrida
11	Hipa 13	2011	9,4 - 10,5*	105	Sawah, hibrida
12	Hipa 14 SBU	2011	11,8 - 12,1*	112	Sawah, hibrida
13	Hipa Jatim 1	2011	9,7 - 10,0*	119	Sawah, hibrida
14	Hipa Jatim 2	2011	10,7 - 10,9*	119	Sawah, hibrida
15	Hipa Jatim 3	2011	10,0 - 10,7*	117	Sawah, hibrida
16	Hipa 18	2013	10,3	113	Sawah, hibrida
17	Hipa 19	2013	10,1	111	Sawah, hibrida
18	Hipa 20	2019	12,08	115	Sawah, hibrida
19	Hipa 21	2019	11,11	113	Sawah, hibrida
20	Hipa Arize 86	2019	9,99	113	Sawah, hibrida
21	Ciherang	2000	5,0 - 7,0*	116 - 125	Sawah, inbrida, rasa disukai
22	Tukad Unda	2000	4,0 - 7,0*	110	Sawah, inbrida, tahan tungro
23	Cimelati	2001	7,0	120	Sawah, inbrida, PTB
24	Ketan Hitam	2002	4,73	120	Sawah, inbrida, ketan
25	Setail	2002	4,7 - 6,0*	116 - 125	Sawah, inbrida, ketan
26	Gilirang	2002	6,0 - 7,5*	116 - 125	Sawah, inbrida, PTB
27	Fatmawati	2003	6,0 - 9,0*	105 - 115	Sawah, inbrida, PTB
28	Ciapus	2003	6,5 - 8,2*	115 - 122	Sawah, inbrida, semi PTB
29	Mekongga	2004	6,0 - 8,4*	116 - 125	Sawah, inbrida
30	Ciasem	2005	5,7 - 8,3*	110 - 120	Sawah, inbrida, ketan
31	Sarinah	2006	7,0 - 8,0*	110 - 125	Sawah, inbrida
32	Aek Sibundong	2006	6,0 - 8,0*	108 - 125	Sawah, inbrida, beras merah
33	Inpari 1	2008	7,32	108	Sawah, inbrida
34	Inpari 2	2008	7,3	115	Sawah, inbrida

Tabel 1. Daftar Varietas Unggul Padi Badan Litbang Pertanian Berdasarkan Tahun Pelepasan (BB Padi, 2018; BB Padi, 2019) (lanjutan)

No	Nama	Tahun dilepas	Potensi hasil (t/ha)	Umur (HSS)	Keterangan
35	Inpari 3	2008	6,0 - 7,5*	110	Sawah, inbrida
36	Inpari 4	2008	6,0 - 8,8*	115	Sawah, inbrida
37	Inpari 5 Merawu	2008	5,7 - 7,2*	115	Sawah, inbrida
38	Inpari 6 Jete	2008	6,8 - 8,6*	118	Sawah, inbrida
39	Inpari 7 Lanrang	2009	8,7	110 - 115	Sawah, inbrida, tahan tungro
40	Inpari 9 Elo	2009	9,3	125	Sawah, inbrida, tahan tungro
41	Inpari 8	2009	9,9	125	Sawah, inbrida, tahan tungto
42	Inpari 10 Laeya	2009	7,0	108 - 116	Sawah, inbrida, toleran kering
43	Inpari 11	2010	8,8	105	Sawah, inbrida, sangat genjah
44	Inpari 12	2010	8,0	99	Sawah, inbrida, sangat genjah
45	Inpari 13	2010	8,0	99	Sawah, inbrida, sangat genjah
46	Inpari 14 Pakuan	2011	8,2	113	Sawah, inbrida
47	Inpari 15 Parahyangan	2011	7,5	117	Sawah, inbrida
48	Inpari 16 Pasundan	2011	7,6	118	Sawah, inbrida
49	Inpari 17	2011	7,9	111	Sawah, inbrida
50	Inpari 18	2011	9,5	102	Sawah, inbrida, sangat genjah
51	Inpari 19	2011	9,5	104	Sawah, inbrida, sangat genjah
52	Inpari 20	2011	8,8	104	Sawah, inbrida, sangat genjah
53	Inpari 23 Bantul	2012	9,2	113	Sawah, inbrida, aromatik

Tabel 1. Daftar Varietas Unggul Padi Badan Litbang Pertanian Berdasarkan Tahun Pelepasan (BB Padi, 2018; BB Padi, 2019) (lanjutan)

No	Nama	Tahun dilepas	Potensi hasil (t/ha)	Umur (HSS)	Keterangan
54	Inpari 24 Gabusau	2012	7,7	111	Sawah, inbrida, beras merah
55	Inpari 25 Opak Jaya	2012	9,4	115	Sawah, inbrida, ketan hitam
56	Inpari 21 Batipuah	2012	8,2	120	Sawah, inbrida, pera
57	Inpari 22	2012	7,9	118	Sawah, inbrida, tahan blas
58	Inpari 29 Rendaman	2012	9,5	110	Sawah, inbrida, tol. rendaman
59	Inpari 30 Ciher. Sub-1	2012	9,6	111	Sawah, inbrida, tol. rendaman
60	Inpari 26	2012	7,9	124	Sawah, inbrida, tol. sh rendah
61	Inpari 27	2012	7,6	125	Sawah, inbrida, tol. sh rendah
62	Inpari 28 Kerinci	2012	9,5	120	Sawah, inbrida, toleran suhu rendah
63	Inpari 32 HDB	2013	8,42	120	Sawah, inbrida, tahan HDB
64	Inpari 31	2013	8,5	119	Sawah, inbrida, tahan WBC
65	Inpari 33	2013	9,8	107	Sawah, inbrida, tahan WBC
66	Inpari 34 Salin Agritan	2014	8,1	102	Sawah, inbrida, toleran salin
67	Inpari 35 Salin Agritan	2014	8,3	106	Sawah, inbrida, toleran salin
68	Inpari 38 Tadah Hujan Agritan	2015	8,16	115	Sawah, inbrida, adaptif lahan tada hujan
69	Inpari 39 TH Agritan	2015	8,45	115	Sawah, inbrida, adaptif LTH

Tabel 1. Daftar Varietas Unggul Padi Badan Litbang Pertanian Berdasarkan Tahun Pelepasan (BB Padi, 2018; BB Padi, 2019) (lanjutan)

No	Nama	Tahun dilepas	Potensi hasil (t/ha)	Umur (HSS)	Keterangan
70	Inpari 40 Tadah Hujan Agritan	2015	9,6	116	Sawah, inbrida, adaptif lahan tадах hujan
71	Inpari 41 Tadah Hujan Agritan	2015	7,83	114	Sawah, inbrida, adaptif lahan tадах hujan
72	Inpari 36 Lanrang	2015	10,0	114	Sawah, inbrida, tahan tungro
73	Inpari 37 Lanrang	2015	9,1	114	Sawah, inbrida, tahan tungro
74	Inpari 42 Agritan GSR	2016	10,58	112	Sawah, inbrida, GSR
75	Inpari 43 Agritan GSR	2016	9,02	111	Sawah, inbrida, GSR
76	Inpari 44 Agirtan	2016	9,25	114	Sawah, inbrida, pemuliaan petani
77	Munawacita Agritan	2017	9,74	123	Sawah, inbrida, hasil mutan
78	Mustaban Agritan	2017	10,86	118	Sawah, inbrida, hasil mutan
79	Tarabas	2017	9,25	131	Sawah, inbrida, japonica
80	Cakrabuana Agritan	2018	10,2	104	Sawah, inbrida, genjah
81	Padjadjaran Agritan	2018	11,0	105	Sawah, inbrida, genjah
82	Siliwangi Agritan	2018	10,7	111	Sawah, inbrida, genjah
83	Inpari 45 Dirgahayu	2019	9,5	116	Sawah, inbrida
84	Inpari Digdaya	2019	9,5	119	Sawah, inbrida
85	Inpari Gemah	2019	10,46	118	Sawah, inbrida
86	Mantap	2019	9,1	116	Sawah, inbrida

Tabel 1. Daftar Varietas Unggul Padi Badan Litbang Pertanian Berdasarkan Tahun Pelepasan (BB Padi, 2018; BB Padi, 2019) (lanjutan)

No	Nama	Tahun dilepas	Potensi hasil (t/ha)	Umur (HSS)	Keterangan
87	Cisaat	2019	9,33	112	Sawah, inbrida, adaptif LTH
88	Inpari 46 GSR TDH	2019	9,08	111	Sawah, inbrida, adaptif LTH
89	Arumba	2019	10,55	113	Swah, inb..aromatik, beras merah, Zn medium
90	Jeliteng	2019	9,87	113	Sawah, inbrida, beras hitam
91	Pamelen	2019	11,91	112	Sawah, inbrida, beras merah
92	Pameria	2019	11,33	113	Sawah, inb., beras merah, pera
93	Inpari IR Nutrizink	2019	9,98	115	Sawah, inbrida, kand. zinc tg
94	Paketih	2019	9,46	112	Sawah, inbrida, ketan
95	Inpari 48 Blas	2019	9,13	121	Sawah, inbrida, tahan blas
96	Inpari 47 WBC	2019	9,52	121	Sawah, inbrida, tahan WBC
97	Baroma	2019	9,18	113	Sawah, inbrida, tipe Basmati
98	Inpago 4	2010	6,1	124	Gogo, inbrida
99	Inpago 5	2010	6,2	118	Gogo, inbrida
100	Inpago 6	2010	5,8	113	Gogo, inbrida
101	Inpago 8	2011	8,1	119	Gogo, inbrida
102	Inpago 7	2011	7,4	111	Gogo, inbrida, beras merah
103	Inpago 9	2012	8,4	109	Gogo, inbrida
104	Inpago 10	2014	7,3	115	Gogo, inbrida
105	Inpago 11 Agritan	2015	6,0	111	Gogo, inbrida

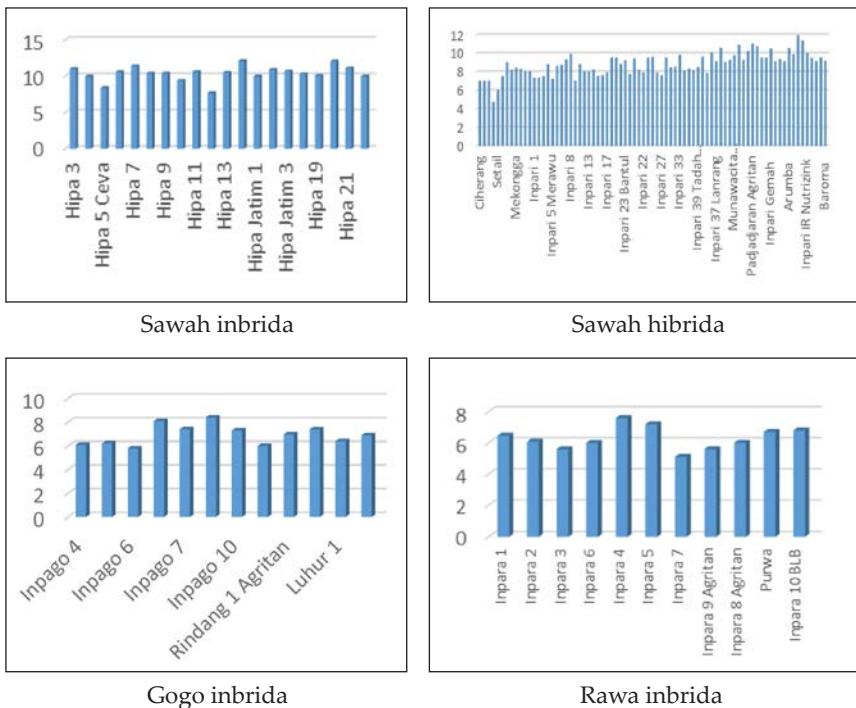
Tabel 1. Daftar Varietas Unggul Padi Badan Litbang Pertanian Berdasarkan Tahun Pelepasan (BB Padi, 2018; BB Padi, 2019) (lanjutan)

No	Nama	Tahun dilepas	Potensi hasil (t/ha)	Umur (HSS)	Keterangan
106	Rindang 1 Agritan	2017	6,97	113	Gogo, inbrida, toleran naungan
107	Rindang 2 Agritan	2017	7,39	113	Gogo, inbrida, toleran naungan
108	Luhur 1	2018	6,4	124	Gogo, inbrida, tol. suhu rendah
109	Luhur 2	2018	6,9	123	Gogo, inbrida, tol. suhu rendah
110	Inpara 1	2008	4,47 - 6,47*	131	Rawa, inbrida
111	Inpara 2	2008	4,82 - 6,08*	128	Rawa, inbrida
112	Inpara 3	2008	4,6 - 5,6*	127	Rawa, inbrida
113	Inpara 6	2010	4,7 - 6,0*	117	Rawa, inbrida
114	Inpara 4	2010	4,7 - 76*	135	Rawa, inbrida, tol. rendaman
115	Inpara 5	2010	4,5 - 7,2*	115	Rawa, inbrida, tol. rendaman
116	Inpara 7	2012	4,5 - 5,1*	114	Rawa, inbrida, beras merah
117	Inpara 9 Agritan	2014	4,2 - 5,6*	114	Rawa, inbrida
118	Inpara 8 Agritan	2014	4,7 - 6,0*	115	Rawa, inbrida, toleran cek. Fe
119	Purwa	2018	6,7	121	Rawa, inbrida, ketan
120	Inpara 10 BLB	2018	6,8	126	Rawa, inbrida, tahan HDB

Keterangan: * kisaran hasil

Sumber: SK pelepasan varietas

Varietas-varietas yang dilepas pada periode tersebut telah memiliki potensi hasil yang relatif tinggi yaitu mencapai sekitar 12 ton/ha untuk padi sawah dan mencapai sekitar 8 ton/ha untuk padi rawa dan gogo (Gambar 3).



Gambar 3. Potensi hasil varietas Padi Badan Litbang Pertanian (2004 – 2019)

Selain padi untuk lahan sawah, varietas padi rawa yang telah dilepas sejak tahun 2000 yang telah diadopsi antara lain adalah Inpara 2, Inpara 3, Inpara 7, dan Inpara 8. Jenis Inpara yang memiliki tingkat adopsi tinggi adalah Inpara 2 dan Inpara 3 (Rina dan Koesrini, 2016a; Rina dan Koesrini, 2016b). Varietas tersebut memiliki keistimewaan antara lain memiliki toleransi terhadap rendaman selama 6 hari dan toleransi cekaman Fe dan berdaya hasil tinggi. Berdasarkan data sebaran benih sumber UPBS BB Padi (2018), Varietas padi gogo yang telah dilepas dan relatif banyak diadopsi dewasa ini antara lain adalah Inpago 8, inpago 9, dan Inpago 10 (UPBS BB Padi, 2018). Varietas-varietas tersebut memiliki keunggulan antara lain toleransi kekeringan dan keracunan AI serta memiliki ketahanan terhadap penyakit blast (penyakit dominan terjadi di gogo) (Hairmansis et al. 2016).

Varietas Padi Ramah Lingkungan

Daya hasil yang tinggi merupakan prioritas utama pada perakitan dan pelepasan varietas hingga saat ini. Hal tersebut untuk memenuhi tuntutan kebutuhan pangan yang selalu meningkat dan tuntutan nilai ekonomi oleh petani. Daya hasil tinggi tersebut dicapai adalah responsif terhadap pemupukan (Sutaryo et al. 2014). Suyamto et al. (2015) menambahkan bahwa pada dosis pupuk yang sama, padi hibrida mampu memproduksi hasil panen lebih tinggi dibandingkan inbrida. Artinya varietas yang memiliki respon yang tinggi terhadap pemupukan akan memiliki daya hasil tinggi pada penambahan pupuk. Hal ini mendorong petani untuk memberikan aplikasi pupuk maksimal bahkan berlebih.

Aplikasi pupuk berlebihan mengakibatkan tanaman menjadi sukulen (Napitupulu dan Winarto, 2010), sehingga lebih mudah terserang hama/penyakit dan memicu aplikasi pertisida yang berlebihan pula. Pestisida spektrum luas membunuh bukan hanya membunuh patogen target, tetapi juga musuh alami dan serangga bermanfaat lainnya. Residu pestisida juga merupakan isu lingkungan yang harus diperhatikan. Residu yang ditinggalkan dapat secara langsung maupun tidak langsung sampai ke manusia (Djojosumarto, 2000). Residu pestisida dalam makanan yang dikonsumsi sehari-hari dalam jangka panjang dapat menimbulkan gangguan kesehatan yang dapat ditunjukkan dengan adanya gejala akut (sakit kepala, mual, muntah, dan lain-lain) dan gejala kronis (kehilangan nafsu makan, tremor, kejang otot, dan lain-lain). Sistem budidaya yang tidak mengindahkan prinsip-prinsip pengelolaan hama/penyakit terpadu semisal penanaman yang tidak serempak dan minimnya tanaman refugia menyebabkan siklus patogen tidak terputus dan hilangnya musuh alami. Hal ini mengakibatkan petani semakin bergantung kepada aplikasi pestisida kimia dan daya tanggung (*buffering capacity*) lingkungan terhadap ledakan hama/penyakit menurun.

Mengingat permasalahan tersebut di atas, perakitan varietas hendaknya memiliki karakteristik daya hasil tinggi dan stabil baik pada kondisi optimum maupun sub optimum, tahan terhadap hama dan penyakit, serta efisien terhadap pemupukan untuk menghindari aplikasi pemupukan yang berlebih. Selain itu, varietas yang dihasilkan hendaknya memiliki

toleransi terhadap cekaman abiotik sesuai dengan kebutuhan spesifik seperti salinitas, kekeringan, rendaman, kemasaman tanah, keracunan Al, Fe, pirit, dan lain-lain. Varietas yang ramah lingkungan dan adaptif terhadap perubahan iklim, dengan tetap berdaya hasil tinggi dan disukai konsumen. Varietas tersebut hendaknya bersifat toleran terhadap cekaman abiotik, namun tetap berdaya hasil tinggi (Wang et al. 2012).

Program riset nasional padi (PRN Padi) pada RPJM 2020-2024 mempunya target VUB dengan produktivitas > 10 ton/ha, tahan hama penyakit, bernalutrisi dan ramah lingkungan. Oleh sebab itu semua penelitian perakitan VUB harus merujuk pada target PRN Padi tersebut, termasuk perakitan VUB menuju ramah lingkungan. VUB ramah lingkungan adalah varietas yang tidak memerlukan input yang banyak, sehingga dalam budidayanya dapat menghemat penggunaan pupuk maupun pestisida. Varietas hemat pupuk artinya varietas ini mampu memproduksi fotosintat secara maksimal dengan sumber nutrisi yang terbatas dari sekitarnya. Varietas hemat pestisida artinya varietas ini memiliki ketahanan terhadap hama penyakit secara lengkap sehingga dapat meminimalisir penggunaan pestisida selama masa pertumbuhan.

Konsep Green Super Rice

Menghadap kendala tersebut, perakitan varietas padi hendaknya memenuhi beberapa kriteria, yaitu tahan hama/penyakit utama, toleran terhadap dosis pemupukan dan suplay air yang rendah, dengan tetap memperhatikan preferensi konsumen (Zhang, 2007). Lebih lanjut, Ali dkk. (2013) melaporkan bahwa untuk menghadap berbagai tantangan tersebut di atas pada tahun 2008 telah dilaunching Green Super Rice (GSR) Project di IRRI Filipina dengan tujuan untuk merakit varietas padi GSR. Varietas GSR tersebut didefinisikan sebagai kultivar padi yang dapat berproduksi tinggi dan memiliki hasil yang stabil pada kondisi rendah input (Zhang, 2007). Varietas tersebut diharapkan memiliki karakteristik daya hasil tinggi dengan toleransi ganda (*multiple tolerance*) meliputi toleransi terhadap kekeringan, rendaman (*sub mergence*), salinitas, serta ketahanan terhadap hama dan penyakit utama, serta efisien dalam penggunaan nitrogen dan air. Diharapkan material tersebut memerlukan input kimia

yang lebih sedikit, sehingga lebih ramah terhadap lingkungan. Fokus pertama perakitan varietas GSR adalah Material tersebut telah dirakit dan siap diujikan di berbagai negara.

Pada kondisi percobaan, VUB GSR dengan toleransi ganda biotik dan abiotik telah terbentuk (Ali et al. 2013). Saat ini varietas GSR dengan keunggulan yang promising telah siap didistribusikan. Karakter keunggulan tersebut antara lain adalah toleran kering , yang cocok untuk lahan tada hujan, baik berupa inbrida maupun hibrida. GSR Project telah melepas pula varietas dengan daya hasil tinggi dengan toleransi terhadap kekeringan, salinitas, dan rendaman yang cocok padi sawah irigasi (Ali and Santiaguel, 2011). Upaya-upaya tersebut memungkinkan untuk dilakukan karena adanya kemajuan teknologi pemuliaan, yaitu integrasi seleksi fenotipik dan genotipik menggunakan alat bantu molekuler untuk karakter-karakter tersebut di atas (Li et al. 2005; Ali et al. 2006; Mackil et al. 2010).

GSR ini memberikan arah baru setelah sebelumnya pemuliaan tanaman terfokus pada perakitan super rice, yaitu varietas yang memiliki daya hasil sangat tinggi namun memerlukan input khususnya bahan kimia dan pestisida anorganik yang maksimal, sehingga dihawatirkan dapat menimbulkan polusi bagi lingkungan. Semenjak awal dimunculkannya konsep GSR ini oleh sejumlah peneliti di China, konsep ini menjadi bagian penting untuk mencapai pertanian padi berkelanjutan khususnya di China. Konsep ini juga berkembang di IRRI dan atas bantuan Bill and melinda Gates Foundation material GSR yang dihasilkan di China dan IRRI dihibahkan dan diujicobakan di berbagai negara di Asia dan Afrika. Tahap awal penerapan konsep GSR terfokus pada karakter toleran cekaman kekeringan/efisiensi penggunaan air dan Nitrogen/pospor (Luo, 2010). Selanjutnya berkembang untuk efisiensi input-input prosuksi padi yang lain agar lebih ramah lingkungan, hemat tenaga kerja, cocok untuk mekanisasi pertanian, dan adaptif terhadap kondisi perubahan iklim (Li dan Ali, 2017).

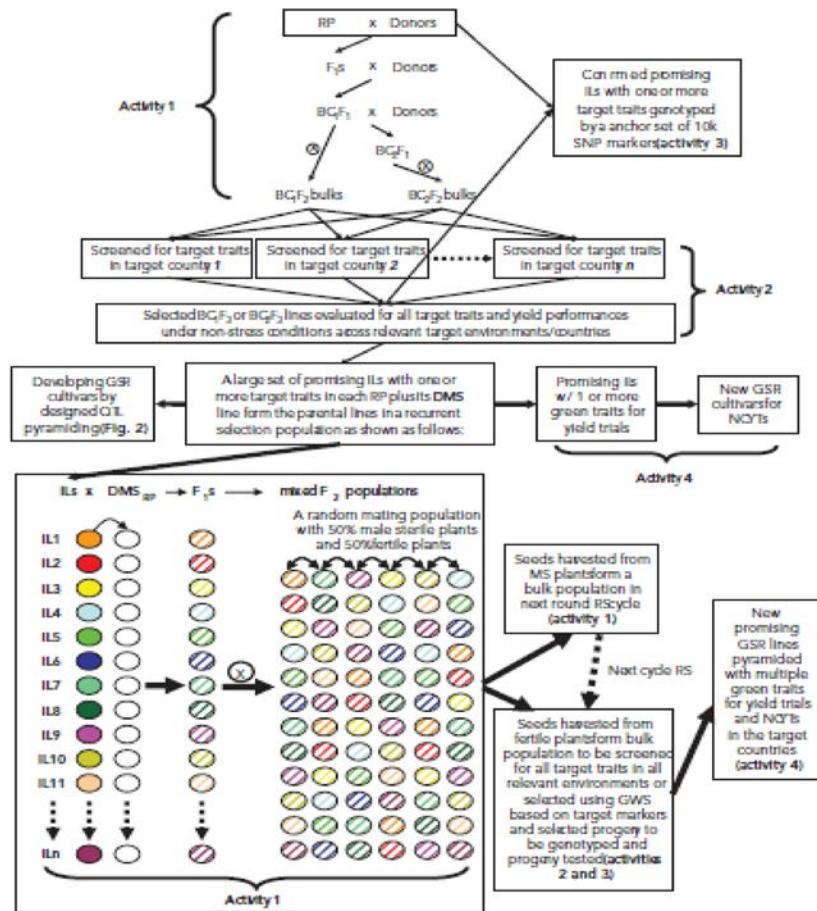
Konsep GSR dalam merakit varietas adalah penggabungan berbagai karakter unggul dalam suatu varietas (*multiple traits*) melalui perbaikan mega varietas dengan berbagai sumber gen dari varietas yang beragam

dengan akses plasma nutfah secara global, serta dengan penerapan science dan teknologi terkini (Li dan Ali, 2017). Tipe persilangan yang digunakan adalah silang balik (*back cross*) dengan modifikasi sistem seleksinya untuk mempercepat waktu pemuliaannya (Ali dkk. 2016).

Proses pemuliaan materi GSR ini terdiri atas empat kegiatan utama, yaitu: (1) pembentukan populasi silang balik antara varietas populer sebagai resipien dengan donor toleransi terhadap berbagai sifat yang dikehendaki dari set latar belakang genetikan yang sangat luas; (2) Seleksi materi silang balik generasi BC1F2 atau BC2F2 pada kondisi agro ekosistem di areal target di berbagai negara, serta skrining toleransi terhadap berbagai cekaman (*multiple traits*) secara simultan; (3) studi dan penemuan jejaring multiple lokus sifat qualitatif dan kuantitatif (QTL/QTL network) terhadap materi terseleksi menggunakan teknologi *genotyping* secara massal (*high throughput genotyping techniques*); dan (4) Seleksi varietas GSR berdasarkan berbagai piramidasi QTL yang telah didesain (*desigend QTL pyramiding, DQP*) atau dengan seleksi berulang menggunakan alat bantu molekuler (*molecular recurrent selection, MRS*). Bagan proses perakitan varietas GSR tersebut disajikan pada Gambar 4.

Sebagaimana teknologi pertanian termasuk pemuliaan tanamannya telah memasuki era teknologi 4.0, pemuliaan padi GSR telah pula memanfaatkan teknologi genomik dalam pemuliaannya. Sebanyak 3024 aksesi padi dari 89 negara telah disequensing dan lebih dari 42 juta marka SNP telah teridentifikasi (Alexandrov et al. 2015, Li, 2001, The 3000 Rice Genome Project, 2014, Zheng et al. 2015). Berbagai studi tengah dilakukan secara global untuk mempelajari fenotipe dari ketiga ribu genotipe yang telah diketahui sekuenya tersebut.

Sebanyak 56 ribu fungsional marka SNP telah terbangun dalam satu chip yang dapat digunakan untuk melakukan seleksi molekuler secara massal untuk berbagai karakter secara simultan. Seleksi materi pemuliaan GSR telah menggunakan informasi dan teknologi genomik terbaru berdasarkan perkembangan terakhir tersebut (Li dan Zhang, 2013). Hal tersebut memungkinkan untuk dilakukan karena seluruh tetua yang digunakan dalam perakitan varietas GSR termasuk dalam 3024 genom yang sudah direskuensing tersebut (Li dan Ali, 2017).



Gambar 4. Bagan strategi pemuliaan GSR melalui shuttle breeding dan seleksi berulang menggunakan alat bantu marka molekuler (Li and Ali, 2017)

Berbagai galur GSR telah dihasilkan dan memberikan hasil yang prospektif di beberapa negara. Sebanyak 13 varietas telah dilepas di Pakistan (2 varietas), Vietnam 2 varietas, dan Pilipina (11 varietas). Sementara itu, Indonesia melalui Badan Litbang Pertanian khususnya

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi) mulai berkolaborasi dengan *Green Super Rice project* pada tahun 2009 dan telah diuji lebih dari 350 galur inbred dan 250 hibrida untuk lahan sawah tada hujan dan irigasi. Dua varietas telah dilepas, yaitu Inpari 42 Agritan GSR dan Inpari 43 Agritan GSR. Keduanya merupakan varietas introduksi dengan nama Huanghuazhan dan Zhongzu 14. Kedua varietas tersebut diuji untuk padi sawah dengan keunggulan pada daya hasil dan ketahanan lapang terhadap hama dan penyakit. Kedua varietas tersebut mampu berproduksi secara optimal walau dilakukan pengurangan input pupuk anorganik sebesar 25% dari rekomendasi PHSL (Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi) (Susanto, dkk. 2012).

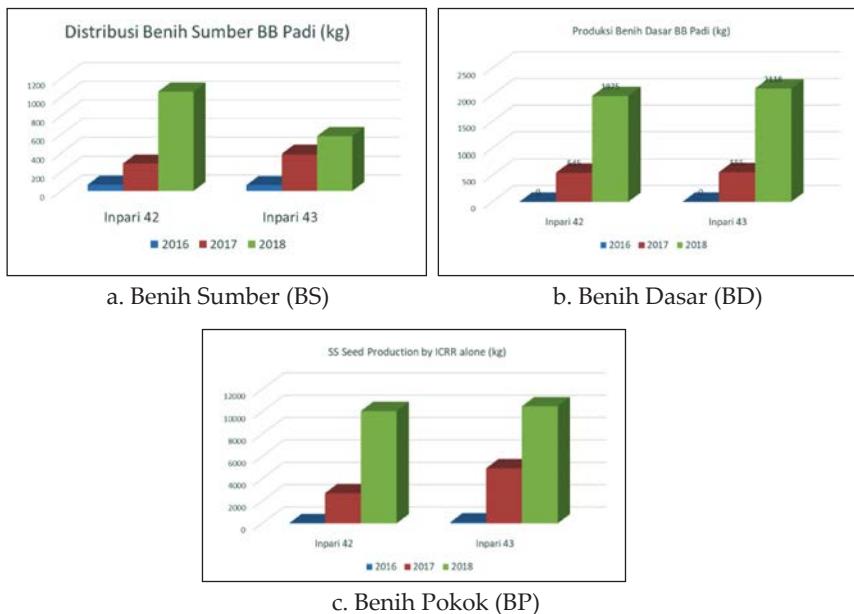
Inpari 42 Agritan GSR dan Inpari 43 Agritan GSR telah pula digunakan sebagai tetua persilangan perakitan VUB di BB Padi (Susanto, dkk. 2015), dan diharapkan dapat diperoleh varietas-varietas unggul baru dengan keunggulan yang lebih mendukung keamanan dan kelestarian lingkungan, serta keberlanjutan usaha pertanian yang semakin berkualitas.

Selain kedua varietas tersebut, telah disetujui pula untuk dilepas galur HHZ5-DT1-DT1 dengan nama Inpari 46 GSR TDH dengan target utama lahan tada hujan. Beberapa galur GSR atau turunan GSR saat ini tengah diuji multi lokasi atau uji daya hasil untuk berbagai sasaran seperti lingkungan dengan cekaman salin, perbaikan varietas Ciherang (Ciherang reborn), toleran suhu rendah, dan adaptasi di lahan rawa.

Study dampak varietas GSR telah dilakukan di Pilipina (Yorobe, dkk. 2016). Hasilnya menunjukkan bahwa varietas GSR memberikan peningkatan hasil dan tambahan keuntungan bagi petani khususnya ketika terjadi cekaman abiotik rendaman. Di Indonesia, varietas Inpari 42 Agritan GSR dan Inpari 43 Agritan GSR didapatkan di lapang memiliki ketahanan yang relatif baik terhadap wereng batang coklat ketika terjadi serangan.

Hal ini menjadi salah satu faktor penarik bagi petani untuk menanamnya, selain hasilnya yang tinggi dan rasa yang pulen. Inpari 43 dalam beberapa pengujian berdaya hasil tinggi pula pada kondisi lahan sawah

tadah hujan. Kedua varietas tersebut cukup cepat diadopsi, terlihat dari distribusi benih sumber yang terus meningkat mulai tahun dilepasnya, yaitu 2016 (Gambar 5).



Gambar 5. Produksi Benih Sumber, Benih Dasar, dan Benih Pokok varietas inpari 42 Agritan GSR dan Inpari Agritan 43 GSR di Unit Produksi Benih Padi BB Padi tahun 2016 - 2018

Berbagai Kegiatan *Breeding* yang Terkait

Perakitan varietas padi dengan karakter-karakter yang mendukung untuk bersifat ramah lingkungan dilakukan oleh berbagai pihak. IRRI merupakan lembaga internasional penelitian padi nir laba yang telah memberikan kontribusi sangat besar dalam penelitian dan pengembangan varietas, teknologi budidaya, dan aspek sosial ekonomi perpadian di dunia termasuk Indonesia. Brennan and Malabayas (2011) melaporkan bahwa pada kurun waktu 1980 hingga 2009 dari 194 varietas yang dilepas di Indonesia, sebanyak 19 varietas (10%) adalah hasil introduksi

dari IRRI, 108 varietas (56%) memiliki galur IRRI sebagai tetua, serta 45 varietas (23%) memiliki galur asal IRRI sebagai tetua tidak langsungnya. Hal ini berarti 172 (89%) varietas yang dilepas di Indonesia pada periode tersebut terkait dengan material genetik dari IRRI.

IRRI memiliki berbagai program penelitian dan pengembangan pertanian yang melibatkan Indonesia, diantaranya adalah INGER (*International Network on Rice Genetic Evaluation*). Melalui program INGER ini, pertukaran galur-galur dilakukan antar negara kolaborator. Material yang dipertukarkan tersebut meliputi berbagai group target, antara lain IRBN (*International Rice Blast Nursery*) untuk materi tahan blas, IRBPHN (*International Brown Plant Hopper Nursery*) untuk materi tahan wereng, IRBBN (*International Rice Bacterial Blight Nursery*) untuk materi tahan hawar daun bakteri (HDB), IRTN (*International Rice Tungro Nursery*) untuk materi tahan penyakit tungro, IRSSTN (*International Rice Soil Stress Tolerant Nursery*) untuk materi toleran abiotik khususnya salinitas, IIRON (*International Irrigated Rice Observational Nursery*) untuk padi sawah irigasi, IRFAON (*International Rice Fine Grain Aromatic Observational Nursery*) untuk padi dengan kualitas khusus termasuk aromatik, IURON (*International Upland Rice Observational Nursery*) untuk materi padi gogo, IRLON (*International Rainfed Lowland Rice Observational Nursery*) untuk materi padi sawah tahan hujan, dan IRHON (*International Hybrid Rice Observational Nursery*) untuk materi padi hibrida, IRCTN (*International Rice Cold Tolerant Nursery*) untuk materi toleran suhu rendah, IRHTN (*International Heat Tolerant Rice Nurseries*) untuk materi toleran suhu tinggi, dan lain-lain. Melalui INGER beberapa varietas telah dilepas di Indonesia, dan sebaliknya galur-galur Indonesia dilepas di luar Indonesia. INGER memberikan peluang untuk tukar menukar materi genetik dengan berbagai keunggulan dan hal ini mendukung perkaitan varietas yang ramah lingkungan.

CURE (*Consortium for Unfavorable Rice Environment*) yang merupakan konsorsium lintas negara yang dikoordinasikan oleh IRRI berfokus untuk meningkatkan hasil padi dan perbaikan kehidupan petani di daerah-daerah yang memiliki produktivitas rendah atau tidak stabil, yaitu di daerah sub optimal. Hal tersebut disebabkan oleh adanya berbagai cekaman, antara lain kekeringan, rendaman, dan salinitas.

Rumanti et al. (2016) melaporkan bahwa varietas toleran rendaman hasil kolaborasi Badan Litbang Pertanian dengan IRRI dalam jaringan CURE telah menghasilkan beberapa varietas untuk lahan rawa, diantaranya adalah Inpari 3 (IR70213-9-CPA-12-UBN-2-1-3-1) yang bersifat toleran terhadap rendaman selama enam hari serta Inpara 4 (Swarna Sub1) dan Inpara 5 (IR 64 Sub 1) yang toleran cekaman rendaman selama 14 hari. Selain itu telah dilepas varietas padi sawah Inpari 30 Ciherang Sub 1 yang toleran terhadap cekaman rendaman selama 14 hari.

CURE melalui IRRI menyediakan bukan hanya material genetik untuk mengatasi kendala-kendala di lahan-lahan sub optimal, tetapi juga teknologi dan konsep, seperti *good management practices* untuk lahan sawah tada hujan (rumanti et al. 2016), *best management practices* untuk padi gogo (Hairmansis et al. 2016), *community seed bank*, dan lain-lain. Berbagai program internasional ditujukan untuk merakit varietas dan teknologi yang siap perubahan iklim antara lain dengan penciptaan keunggulan pada berbagai karakter seperti toleran kekeringan, rendaman, salinitas, dan ketahanan terhadap hama/penyakit tanaman. Karakter-karakter tersebut merupakan karakter yang diperlukan untuk mewujudkan varietas padi yang ramah lingkungan.

Aplikasi Teknologi 4.0 dalam Perakitan Varietas Padi Ramah Lingkungan

Teknologi perakitan varietas berkembang sesuai dengan perkembangan peradaban manusia. Wallace et al. (2018) menguraikan perkembangan teknologi pertanian mulai dari teknologi pemuliaan 1.0 adalah seleksi insidental oleh petani, 2.0 adalah pengembangan statistika dan perancangan percobaan dalam seleksi materi pemuliaan, 3.0 adalah integrasi genetik dan genomik data. Selanjutnya teknologi 4.0 adalah pengkombinasian alel-alel yang telah teridentifikasi sesuai dengan target yang dikehendaki. Pada era ini *functional genomic* berkembang pesat.

Hal ini dipicu oleh perkembangan teknologi genetika dan informasi (IT). Sebagai contoh *genome sequencing* saat ini telah relatif murah dan *genome editing* telah maju dan dapat mengedit beberapa titik DNA sekaligus.

Pengamatan fenotipe dan interpretasi data agronimis secara massal dan presisi memungkinkan untuk dilakukan di era ini. Selanjutnya akan masuk dalam era 5.0 yang memungkinkan dilakukannya desain atas gen, lintasan proses biologi, hingga munculnya karakter secara de novo (melalui pemodelan secara komputerisasi).

Saat ini pemuliaan tanaman memanfaatkan kombinasi teknologi level 2, 3, dan 4. Hal ini dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien. Aplikasi marka molekuler telah diaplikasikan dalam perakitan beberapa varitas, antara lain Conde dan Angke (tahan HDB, sekitar tahun 2001 oleh Balai Besar Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian Badan Litbang Pertanian). Selain itu, Inpari 30 Ciherang Sub1, Inpara 4 Swarna Sub1, dan Inpara 5 IR64 Sub 1 dengan kelebihan toleransi terhadap rendaman selama 14 hari (Wahab dkk. 2018).

Aplikasi teknologi SSR, SNP, dan genom editing (Mishra et al. 2018) telah dimanfaatkan kegiatan pemuliaan tanaman padi. Kolaborasi penelitian nasional dan memungkinkan aplikasi atau hasil aplikasi terknologi tersebut diakses untuk kegiatan pemuliaan padi di Indonesia. Hendaknya kolaborasi tersebut terus ditingkatkan agar sumber daya yang ada dapat disinergikan untuk tujuan bersama yang ditargetkan.

Aspek Non Pemuliaan Mendukung Pertanian Ramah Lingkungan

Aspek Agronomi dan Proteksi Tanaman

Pertanian ramah lingkungan dilakukan melalui penggunaan komponen-komponen teknologi di dalamnya. Selain dirakitnya varietas-varietas dengan karakter yang lebih ramah lingkungan sebagaimana diutarakan di atas, komponen teknologi yang lain hendaknya mendukung pula karakter ramah lingkungan tersebut. Pengembangan teknologi dewasa ini sebenarnya telah memperhatikan keramahan terhadap lingkungan secara komprehensif, namun hal tersebut harus terlaksana di lapangan agar prinsip-prinsip keramahan terhadap lingkungan bisa terlaksana.

Dalam bidang agronomi telah dikembangkan prinsip – prinsip pengelolaan tanaman terpadu, sedangkan pada bidang perlindungan terhadap organisme pengganggu tanaman telah dikembangkan prinsip-prinsip pengelolaan hama penyakit terpadu. Teknik budidaya dan pengelolaan hama/penyakit hendaknya mensinergikan unsur organik dan hayati, serta membatasi penggunaan unsur anorganik secara bijaksana. Namun demikian, hasilnya diharapkan tetap tinggi. Hal tersebut diharapkan dapat dicapai melalui sinergitas antara teknologi varietas, agronomi, dan perlindungan tanaman yang sejalan dengan pertanian ramah lingkungan.

Teknik budidaya terus berkembang, antara lain dengan diterapkannya Bimas dan Inmas pada tahun 1964. Bimas adalah singkatan dari Bimbingan masal, yaitu kegiatan penyuluhan secara massal dengan cara intensifikasi dan ekstensifikasi yang bertujuan untuk meningkatkan produksi pertanian dengan cara menetapkan pancausaha tani. Bimas disempurnakan dan bimbingan kepada petani diperluas bukan hanya petani yang menggunakan kredit usahatani, namun juga bimbingan dilaksanakan kepada petani yang telah mapan yang tidak memerlukan fasilitas kredit, pembinaannya menggunakan istilah Intensifikasi Massal (INMAS) (Daniel, 2014).

Panca Usaha Tani yang dimaksud adalah lima hal utama untuk meningkatkan produksi padi, yaitu: 1) penyediaan air irigasi dalam jumlah yang cukup dan waktu yang tepat, 2) penggunaan benih varietas unggul dengan potensi hasil tinggi, mempunyai ketahanan hidup yang tinggi dan berumur relatif genjah, 3) penyediaan pupuk yang cukup, 4) pengendalian hama terpadu, 5) cara bercocok tanam yang baik (Hafsah dan Sudaryanto, 2015).

Pada tahun 2005 diterapkan Prima Tani, yaitu Program Rintisan Pemasyarakatan Inovasi Teknologi Pertanian untuk memasyarakatkan inovasi hasil penelitian dan pengembangan pertanian kepada masyarakat dalam bentuk laboratorium agribisnis di lokasi yang mudah dilihat dan dikenal masyarakat petani (Simatupang, 2004). Selanjutnya, berkembang PTT (Pengelolaan Tanaman Terpadu) (Sembiring dan Abdulrahman,

2008; Abdulrachman, et al. 2013; Badan Litbang Pertanian, 2016), yaitu Pengelolaan tanaman dan Sumber daya terpadu (PTT) merupakan alternatif pengelolaan padi secara intensif pada lahan sawah beririgasi. Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) merupakan suatu pendekatan yang akan mengembalikan tingkat hasil panen padi seperti semula, karena dengan PTT: Hasil gabah dan kualitas beras meningkat.

PTT tersebut bukan hanya untuk padi sawah, tetapi juga tada hujan (Pirngadi dan Makarim, 2006; Badan Litbang Pertanian, 2008a), gogo (Badan Litbang Pertanian, 2008b) dan rawa (Badan Litbang Pertanian, 2007). Terakhir, dikembangkan inovasi produksi padi Jarwo Super (Jamil., et al. 2016) untuk lahan sawah, Largo Super untuk lahan gogo, Raisa (Rawa Insensifikasi) untuk padi rawa dan Isabela (Intensif Sawah Tadah Hujan Sebar Benih Langsung) untuk lahan sawah tada hujan.

Teknologi pengelolaan hama/penyakit juga berkembang hingga pengendalian hama terpadu yang memadukan berbagai cara dengan serasi untuk menurunkan populasi organisme pengganggu tanaman (OPT) dan menjaganya pada taraf yang dapat ditoleransi. Status OPT ditentukan oleh interaksi OPT dengan tanaman, sehingga pengendaliannya dilakukan melalui modifikasi salah satu atau keduanya (Pedigo, 1999).

Pendekatan PHT mengacu pada sistem alami dengan meminimalisasi masukan senyawa-senyawa kimia, dapat dihasilkan produk organik dan lingkungan hidup sehat (Arifin, 2012). Teknologi-teknologi tersebut mengkombinasikan teknologi modern dan tradisional alami, untuk menciptakan sinergi lingkungan, sehingga teknologi yang diterapkan dapat selaras dengan alam. Keselarasan dengan alam akan memberikan hasil yang maksimal dengan upaya yang efisien tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Teknologi terbaru dalam budidaya dan pengendalian OPT telah tersedia, antara lain adalah pengolahan leveling lahan sawah dengan teknologi laser (Lohan et al. 2014). Automatisasi dan pemanfaatan laser dalam teknologi tersebut memungkinkan diratakan lahan pertanian secara

sempurna, sehingga daya hasil dapat diperoleh secara maksimal. Aplikasi pemupukan dan pestisida dapat dilakukan menggunakan drone, sehingga dapat menjangkau areal yang luas dan secara automatis memiliki dosis sesuai dengan yang diperlukan dengan presisi yang sangat tinggi.

Selain itu, pembuatan pupuk dan pestisida, termasuk pestisida hayati dengan teknologi nano dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi penggunannya (Prasad et al. 2017).

Aspek Sosial dan Kelembagaan yang Diperlukan

Penerapan konsep pertanian ramah lingkungan selain memerlukan teknologi yang secara teknis memungkinkan hal tersebut untuk diwujudkan, juga memerlukan dukungan aspek sosial, yaitu manusia yang akan menerapkan teknologi yang tersedia tersebut. Adopsi teknologi merupakan hasil interaksi antara teknologi dengan manusia selaku pengguna teknologi tersebut.

Oleh karena itu, aspek manusianya turut menentukan adopsi suatu teknologi. Budaya, tingkat intelektualitas, melek teknologi, motivasi untuk mencoba hal yang baru, akan menentukan tingkat adopsi atas diseminasi teknologi yang ada. Oleh karena itu, peningkatan tingkat pendidikan, ekonomi dan sosial suatu masyarakat diharapkan akan meningkatkan tingkat adopsi, dan sebaliknya rendah tingkat pendidikan, ekonomi, dan sosial akan berakibat pada rendahnya adopsi, yang berdampak pada rendahnya produksi dan pada ujungnya akan mempersulit peningkatan tingkat pendidikan, ekonomi, dan sosial masyarakat tersebut. Lingkaran tertutup ini hendaknya diputus, dengan berbagai pendekatan oleh berbagai lembaga, diantaranya adalah diseminasi, subsidi, regulasi hal-hal terkait, dan lain-lain.

Diseminasi teknologi pertanian dewasa ini telah memanfaatkan teknologi 4.0, yaitu jaringan internet secara global. Media sosial online seperti face book, youtube, twitter, dan lain-lain telah dimanfaatkan untuk diseminasi teknologi Badan Litbang Pertanian. Beberapa teknologi memang sudah dirancang untuk diakses secara online, diantaranya adalah Katam

(Kalender Tanam), Sipadi, PHSL (Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi), Rice Knowledge Bank, dan lain-lain. Media-media online tersebut semakin populer dan dapat menjangkau kalangan yang luas, bahkan bukan hanya generasi mudanya saja.

Peran pemerintah sangat penting dalam mewujudkan terlaksananya pertanian hijau lestari melalui penggunaan varietas-varietas dan komponen teknologi utama lainnya yang bersifat ramah lingkungan. Hal tersebut dapat dimulai antara lain dengan regulasi pelepasan varietas yang mensyaratkan adanya karakter ketahanan terhadap hama dan penyakit. Hal ini akan mengurangi aplikasi pertisida, sehingga lebih ramah lingkungan. Hal ini telah dimulai, sebagaimana tertuang dalam ketentuan pelepasan varietas (Dirjen TP, 2018). Peran pemerintah selanjutnya adalah regulasi yang mendorong diterapkannya pemupukan berimbang sesuai dengan rekomendasi spesifik suatu wilayah. Hal ini akan menghindari aplikasi pupuk kimia secara berlebihan.

Regulasi yang mendorong penggunaan pupuk organik pada setiap olah tanah akan sangat bermanfaat. Lahan pertanian yang direkomendasikan wajib mengaplikasikan pupuk organik adalah lahan-lahan sawah yang sudah menerapkan IP 200 dan IP 300. Hal tersebut dikarenakan bahwa semakin tinggi indeks panen maka semakin tinggi penggunaan lahan sehingga lambat laun tanah yang sering ditanami mengalami kahat nutrisi. Regulasi tersebut perlu juga ditunjang dengan adanya kebijakan bantuan pupuk yang dilakukan oleh pemerintah berupa bantuan pupuk organik. Bantuan pupuk organik disyaratkan untuk petani menengah ke bawah. Regulasi yang mengatur penggunaan pupuk organik dan pupuk hayati sudah diatur peraturan menteri pertanian nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik, pupuk hayati dan pembenah tanah. Tujuan peraturan ini untuk melindungi kelestarian fungsi lingkungan, keanekaragaman hayati tanah, konsumen/pengguna dan memberikan kepastian usaha bagi produsen/pelaku usaha pupuk organik, pupuk hayati dan/atau pembenah tanah. Namun isi dari permentan tersebut belum secara explisit merekomendasikan wajib diaplikasikan pada lahan-lahan pertanian.

Dilain pihak, Pemerintah perlu melakukan pembatasan penggunaan pestisida tertentu yang membahayakan mikro-organisme yang ada didalam tanah, membahayakan musuh alami, dan juga berpotensi menjadi cemaran air. Larangan jenis bahan aktif pestisida yang pertama kali dikeluarkan adalah larangan penggunaan bahan aktif DDT untuk pestisida. DDT (dikloro difenil trikloroetana) merupakan senyawa yang digunakan untuk mengendalikan populasi serangga umumnya pada iklim panas. Bagaimanapun beberapa serangga mengembangkan sifat resistensi terhadap DDT dan dapat diwariskan pada keturunannya.

Pemerintah Indonesia mengeluarkan regulasi Peraturan Pemerintah Nomor 7 tahun 1973 Pasal 1, tentang "Pengawasan atas Peredaran dan Penggunaan Pestisida". Pada tahun 2007, pemerintah mengeluarkan kebijakan melalui Keputusan Menteri Pertanian No. 01/Permentan/OT. 140/1/2007 tentang daftar bahan aktif pestisida yang dilarang dan pestisida terbatas dan secara explisit menyampaikan nama-nama bahan aktif pestisida yang dilarang termasuk DDT. Kemudian pada tahun 2015, Pemerintah mengeluarkan peraturan yang sifatnya untuk pencegahan/tindakan preventif yakni melalui Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 39/Permentan/SR.330/7/2015 tentang pendaftaran pestisida.

Pemerintah Indonesia dari waktu ke waktu telah menunjukkan keseriusannya dalam meningkatkan produksi padi secara berkelanjutan. Bantuan berupa sarana produksi seperti benih, traktor, pompa, pengering, dan lain-lain terus diberikan secara terprogram kepada kelompok tani terpilih tersebar merata di seluruh Indonesia. Pembangunan embung-embung dan waduk, perbaikan saluran irigasi, hingga bimbingan teknologi kepada para penyuluh dan petani oleh tenaga yang berkompeten terus dilakukan.

Program Desa Mandiri Benih, Desa Organik, pendampingan Luas Tambah Tanam, SERASI (Selamatkan Rawa Sejahteraan Petani), BEKERJA (Bedah Kemiskinan Rakyat Sejahtera), dan lain-lain. Hal tersebut telah membawa hasil antara lain tercapainya swasembada beras meskipun masih melakukan impor untuk jenis-jenis beras yang tidak tersedia di Indonesia. Hal ini pun terus dikurangi dengan melepas varietas-varietas

yang sebelumnya belum ada, seperti Baroma (tipe basmati), Tarabas (tipe japonika), Jeliteng (beras hitam), dan Inpari IR Nutri Zinc (padi dengan kandungan gizi Zn yang tinggi).

Pemerintah Indonesia selanjutnya bercita-cita untuk menjadi lumbung pangan dunia pada tahun 2045. Tentu saja upaya serius perlu terus ditempuh, dan salah satu hal yang harus diperhatikan adalah keberlanjutan usaha pertanian dalam jangka panjang. Oleh karena itu, kelestarian lingkungan menjadi perhatian yang tidak boleh terlewatkan. Segala daya upaya tersebut hendaknya tetap bersifat ramah lingkungan, agar pertanian yang diterapkan dapat berdaya hasil tinggi, adaptif terhadap kendala biotik dan abiotik yang mungkin terjadi, sesuai dengan kebutuhan konsumen, dan bersifat ramah lingkungan.

Penutup

Kecukupan produksi padi menjadi harga mati bagi bangsa Indonesia. Kondisi perubahan iklim global meningkatkan risiko kegagalan produksi padi, namun berbagai upaya terus dilakukan untuk meningkatkan produksi padi pada kondisi tersebut. Berbagai teknologi seperti varietas unggul, teknik budidaya, dan pengelolaan hama penyakit, serta pendekatan sosial kemasyarakatan disinergikan untuk mencapai hal tersebut.

Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, teknologi yang diterapkan dalam perakitan varietas pun turut berkembang. Teknologi pertanian 4.0 dalam pemuliaan tanaman seperti genome editing telah mulai diaplikasikan dalam kolaborasi nasional/internasional, disamping teknologi 3.0 seperti aplikasi marka molekuler dan teknologi 2.0 seperti seleksi secara konvensional pun tetap diterapkan secara bijaksana.

Teknologi lain seperti budidaya pertanian pun berkembang menuju pertanian presisi, antara lain dalam penerapan laser levelling dan pemanfaatan drone dalam aplikasi pupuk dan pestisida dengan fasilitas remote sensing agar secara presisi memberikan dosis sesuai kebutuhan di tiap bagian lahan pertanian. Beberapa teknologi dapat diakses secara online, antara lain kalender tanam, rekomendasi pemupukan spesifik

lokasi (PHSL), dan Rice Knowledge Bank. Diseminasi teknologi tersebut juga telah memanfaatkan teknologi 4.0, yaitu menggunakan sarana media sosial seperti website, face book, twitter, group whataps, dan lain-lain.

Teknologi varietas sebagai salah satu komponen utama teknologi padi di Indonesia telah memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan produksi padi di Indonesia. Varietas tersebut memiliki karakter utama daya hasil tinggi dan umur yang relatif genjah dengan bervariasi keunggulan lain sesuai dengan target spesifik yang dibutuhkan. Kelestarian lingkungan dan keberlanjutan sistem budidaya pertanian khususnya padi hendaknya menjadi perhatian serius agar produksi padi maksimal dapat terus berkelanjutan.

Varietas-varietas yang dilepas hendaknya memiliki sifat ramah lingkungan, antara lain efisien dalam pemanfaatan nutrisi (pupuk) dan air, serta tahan terhadap hama/penyakit utama, sehingga aplikasi pestisida kimia dapat diminimalisir. Karakter hasil tinggi, kesesuaian dengan selera konsumen, dan kandungan gizi mendukung untuk menciptaan sumbe daya manusia yang unggul tidak boleh dilewatkan.

Daftar Pustaka

- Abdulrachman, S., M.J. Mejaya, P, Sasmita, dan A. Guswara. 2013. Petunjuk Teknis Pengelolaan Tanaman Terpadu Padi Sawah Irigasi. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 46 hlm.
- Alexandrov, N., S. Tai, W. Wang, L. Mansueto, K. Palis, R.R. Fuentes, V.J. Ulat, D. Chebotarov, G. Zhang, and Z. Li. 2015. SNP-Seek database of SNPs derived from 3000 rice genomes. Nucleic Acids Research 43: D1023–D1027
- Ali, J., J. Xu, Y. Gao, X. Ma, L. Meng, Y. Wang, Y. Pang, Y. Guan, M. Xu, J. Revilleza, J. Neil, S. Zhou, and Z. Li. 2016. Harnessing the hidden genetic diversity for improving multiple abiotic stress tolerances in rice (*Oryza sativa* L.) PloS ONE 12(3): e0172515. doi:10.1371/journal.pone.0172515.

- Ali, A.J., J.L. Xu, A.M. Ismail, B.Y. Fu, C.H.M. Vijaykumar, Y.M. Gao, J. Domingo, S.B. Maghirang, G. Gregorio, S. Yanagihara, M. Cohen, B. Carmen, D. Mackill, and Z.K. Li. 2006. Hidden diversity for abiotic and biotic stress tolerances in the primary gene pool of rice revealed by a large backcross breeding program. *Field Crops Res.* 97(1): 66-76
- Ali, J., J.L. Xu, Y. Gao, M. Fontanilla, and Z.K. Li. 2013. Breeding for yield potential and enhanced productivity across different rice ecologies through green super rice (GSR) breeding strategy. In: Muralidharan K and Siddiq EA, eds. *International Dialogue on Perception and Prospects of Designer Rice*. Society for the Advancement of Rice Research, Directorate of Rice Research, Hyderabad 500 030, India, pp 60-68.
- Ali, J., and J.F. Santiaguel. 2011. Greener Rice. *Rice Today*. Jan-Mar 2011. pp 27-29.
- Arifin, M. 2012. Pengendalian Hama Terpadu: Pendekatan dalam Mewujudkan Pertanian Organik Rasional. *Iptek Tanaman Pangan*. 7(2): 98 – 107.
- Ashari. 2003. Tinjauan alih fungsi lahan sawah ke non sawah dan dampaknya di Pulau Jawa. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 21(2): 83-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.21082/fae.v21n2.2003.83-98>.
- Badan Litbang Pertanian. 2007. *Pengelolaan Tanaman Terpadu Padi Rawa Lebak Pedoman Bagi Penyuluh Pertanian*. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian, 32 hlm.
- Badan Litbang Pertanian. 2008a. *Pengelolaan Tanaman Terpadu Padi Sawah Tadah Hujan*. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian, 23 hlm.
- Badan Litbang Pertanian. 2008b. *Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) Padi Gogo*. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian, 28 hlm.
- Badan Litbang Pertanian. 2011. *Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian*. Jakarta (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 67 hlm.
- Badan Litbang Pertanian. 2016. *Pedoman Umum PTT Padi Sawah*. Jakarta: Badan Litbang Pertanian, 20 hlm.

- [BAPPENAS]. 2014. Penyusunan RPJMN 2015 – 2019 Bidang Pangan dan Pertanian. Jakarta (ID): Direktorat Pangan dan Pertanian Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS), 94 hlm.
- BB Padi. 2018. Deskripsi Varietas Unggul Padi. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- [BPS] Badan Pusat Statistik . 2010. Hasil Sensus Penduduk 2010 Data Agregat Per Propinsi. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik, 16 hlm.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2018a. JK sampaikan hasil KSA. <https://www.bps.go.id/news/2018/10/24/245/jk-sampaikan-hasil-ksa.html>. [Diunduh tanggal 21 Juli 2019]
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2019. Statistik Indonesia 2019. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik, 734 hlm.
- Brennan, J.P., and A. Malabayas. 2011. International Rice Research Institute's contribution to rice varietal yield improvement in South-East Asia. ACIAR Impact Assessment Series Report No. 74. Canberra (AU): Australian Centre for International Agricultural Research, 111 pp.
- Daniel, K. 2014. Sejarah Penyuluhan Pertanian dan Hadirnya Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian (BPPSDMP) - Bagian II. [http://bbppketindan.bppsdmp.pertanian.go.id/blog/sejarah-penyuluhan-pertanian-dan-hadirnya-badan-penyuluhan-dan-pengembangan-sdm-pertanian#\[diunduh pada tanggal 11 Mei 2019\]](http://bbppketindan.bppsdmp.pertanian.go.id/blog/sejarah-penyuluhan-pertanian-dan-hadirnya-badan-penyuluhan-dan-pengembangan-sdm-pertanian#[diunduh pada tanggal 11 Mei 2019])
- Daradjat, A.A., B. Suwarno, Tj. Abdullah, B.P. Soewito, Ismail, dan Z.A. Simanullang. 2001b. Status penelitian pemuliaan padi untuk memenuhi kebutuhan pangan masa depan. Sukamandi (ID): Balai Penelitian Tanaman Padi.
- Directorate of Rice Research, Hyderabad 500 030, India, pp 60-68.
- Dirjen TP. 2018. Prosedur Operasional Standar Penilaian Varietas dalam Rangka Pelepasan Varietas Tanaman Pangan. Jakarta (ID): Direktorat Jendral Tanaman Pangan Kementerian Pertanian.

- Djojosumarto, P. 2000. Teknik Aplikasi Pestisida Pertanian. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Djunainah, Tw. Susanto, dan H. Kasim. 1993. Deskripsi Varietas Unggul Padi 1943–1992. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Fagi, A.M., H.M. Toha, dan J.S. Baharsyah. 2004. Potensi padi gogo dalam swasembada beras. Dalam: Kasryno, F., E. Pasandaran, dan A.M. Fagi (Eds.). Ekonomi Padi dan Beras Indonesia. Jakarta (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, hlm. 347-372.
- Hafsah, M.J., dan T. Sudaryanto. Sejarah intensifikasi padi dan prospek pengembangannya. Dalam: Dinamika kebijakan padi dan beras nasional. Hal 17-29. www.litbang.pertanian.go.id/buku/ekonomi-padi.../BAB-II-1.pdf. [diunduh pada tanggal 11 Mei 2019].
- Hairmansis, A., I.A. Rumanti, Y. Nugraha, Y. Kato, and A. Jamil. 2016. In: Manzanilla D, R.K. Singh, Y. Kato, D. Johnson (Eds.). Climate-ready technologies: Combating poverty by raising productivity in rainfed rice environments in Asia. Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute, 204 p.
- Hairmansis, A., Yullianida, Supartopo, dan Suwarno. 2016. Pemuliaan Padi Gogo Adaptif pada Lahan Kering. IPTEK Tanaman Pangan. 11 (2): 95-106.
- Harahap, Z., H. Siregar, and B.H. Siwi. 1972. Breeding rice varieties for Indonesia. In: Rice Breeding.Los Banos (PH): IRRI, pp 141-146.
- Harahap, Z., M. Ismunadji, J. Sujitno, A.M. Fagi dan D.S. Damardjati. 1989. Perkembangan dan Sumbangan Penelitian untuk Pelestarian Swasembada Beras. Dalam: M. Syam (Eds). Buku I. Risalah Simposium II Penelitian Tanaman Pangan. Ciloto, 21-23 Maret 1988. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. hlm. 135-185.
- Haryono, M. Noor, H. Syahbuddin, M. Sarwani. 2013. Lahan Rawa Penelitian dan Pengembangan. Jakarta (ID): IAARD Press, 103 hlm.
- Helmi, H. 2015. Peningkatan produktivitas padi lahan rawa lebak melalui penggunaan varietas unggul padi rawa. Jurnal Pertanian Tropik.2(2): 78- 92.

- Jamil, A., S. Abdulrachman, P. Sasmita, Z. Zaini, Wiratno, R. Rachmat, R. Saraswati, L.R. Widowati, E. Pratiwi, Satoto, Rahmini, D.D. Handoko, L.M. Zarwazi, M. Y. Samaullah, A. M. Yusup, dan A.D. Subagio. 2016. Petunjuk Teknis Budidaya Padi Jajar Legowo Super. Jakarta (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 25 hlm.
- Kamrekar, D. N., S.S. Guledgudda, A.Katti and M. Kumar. 2015. Impact of climate change on insect pests and their natural enemies. Karnataka J. Agric. Sci. Spl. Issue, 28(5): 814-816.
- Kementan. 2017. Statistik Pertanian 2017. Jakarta (ID): Pusdatin, Kementan, 362 hlm.
- Kementan. 2019a. Produksi, Luas Panen, dan Produktivitas Padi Berdasarkan Provinsi, 2014-2018. <http://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61>. [diunduh 29 April 2019].
- Kementan. 2019b. Luas panen padi sawah di Indonesia, 2014-2018. <http://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61>. [diunduh 29 April 2019].
- Kush, G.S., and P.S. Virk. 2005. IR varieties and their impact. Los Baños (PH): International Rice Research Institute, 163 p.
- Las, I., B. Suprihatno, A.A. Dradjat, Suwarno, B. Abdullah, dan Satoto. 2004. Inovasi varietas unggul padi: perkembangan, arah, dan strategi ke depan. Dalam Kasryno, F., E. Pasandaran, A.M. Fagi (Eds). Ekonomi Padi dan Beras Indonesia. Jakarta (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Las, I. 2002. Alternatif inovasi teknologi peningkatan produktivitas dan daya saing padi. Power Point PPN 2002. Sukamandi (ID): Balai Penelitian Tanaman Padi.
- Li, Z. K., B.Y. Fu, Y.M. Gao, J.L. Xu, J. Ali, H.R. Lafitte, Y.Z. Jiang, J. Domingo-Rey, C.H.M. Vijayakumar, D. Dwivedi, R. Maghirang, T.Q. Zheng, and L.H. Zhu. 2005. Genome-wide introgression lines and their use in genetic and molecular dissection of complex phenotypes in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Mol. Biol. 59(1): 33-52.

- Li, Z., and J. Ali. 2017. Breeding green super rice (GSR varieties for sustainable rice cultivation. 10.19103/AS.2016.0003.05.
- Li, Z.K., and F. Zhang. 2013. Rice breeding in the post-genomics era: from concept to practice. *Current Opinion in Plant Biology* 16: 261–9.
- Li, Z.K. 2001. QTL mapping in rice: a few critical considerations. *Rice Genetics* .4: 153–71.
- Lohan, S.K., S.H. Sidhu, and M. Singh. 2014. Laser Guided Land Leveling and Grading for Precision Farming. In. Ram, T., Lohan, S.K., Singh, R., Singh, P. (Eds). *Precision Farming a New Approach*. New Delhi, India: Daya Publishing House, 440 p.
- Mackill, D.J., W.R. Coffman, and D.P. Garrity. 1996. Rainfed lowland rice improvement. Manila(PH), P.O. Box 933: International Rice Research Intitute, 242 p.
- Mackill, D.J., U.S. Singh, M.J. Thomson, E. Septiningsih, and A. Kumar. 2010. Technological opportunities for developing and deploying improved germplasm for key target traits in Rice in the global economy: Strategic research and policy issues for food security. Los Banos, Philippines: International Rice Research Institute, pp 433-448.
- Mishra, R., R.K. Joshi, K. Zhao. 2018. Genome Editing in Rice: Recent Advances, Challenges, and Future Implications. *Front. Plant Sci.*, 19 September 2018 | <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01361>.
- Musaddad, A., H. Kasim, dan Sunihardi. 1993. Varietas Unggul Tanaman Pangan (High Yielding Varieties of Food Crops) 1918 - 1993. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Napitupulu, D., dan L. Winarto. 2010. Pengaruh pemberian pupuk N dan K terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah. *J. Hort.* 20(1): 27-35.
- Pane, H., A. Wihardjaka, dan A. M. Fagi. 2009. Menggali potensi produksi padi sawah tahan hujan. Prosiding ITP 2007, hlm. 201-221.
- Pedigo, L.P. 1999. Entomology and pest management. 3rd ed. Englewood Cliffs, NJ (US): Prentice-Hall, 691p

- Peng, S., K.G. Cassman, S.S. Virmani, J. Sheehy, and G.S. Khush. 1999. Yield potentialtrends of tropical rice since the release of IR8 and the challenge of increasingrice yield potential. *Crop Sci.* 39: 1552–1559
- Pirngadi, K., dan A.K. Makarim. 2006. Peningkatan Produktivitas Padi pada Lahan Sawah Tadah Hujan melalui Pengelolaan Tanaman Terpadu. *Jurnal Penelitian Tanaman Pangan .* 25 (2): 116 – 123.
- Prasad, R., A. Bhattachayya, and Q.D. Nguyen. 2017. Nano technology in sustainable agriculture: Recent Developments, Challenges, and Perspectives. *Front. Microbiol.*, 20 June 2017 | <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01014>
- Putus Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2014. Statistik Lahan Pertanian Tahun 2009 – 2013. Jakarta (ID): Putus Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian, 185 hlm.
- Rina, Y., dan Koesrini. 2016^a. Tingkat Adopsi Varietas Inpara dan Margasari di Lahan Rawa Pasang Surut. *Jurnal Agros.* 18(1): 65-80.
- Rina, Y. dan Koesrini. 2016^b. Tingkat adopsi varietas inpara di lahan rawa lebak. SEPA. 12(2): 193 – 204.
- Rumanti, I.A., A. Hairmansis, and A. Jamil. 2016. Indonesia rises above the floods through submergence-tolerant rice. In. Manzanilla D, Singh RK, Kato Y, Johnson D (Eds.). Climate-ready technologies: Combating poverty by raising productivity in rainfed rice environments in Asia. Los Baños (PH): International Rice Research Institute, 204 p.
- Ruminta, dan Handoko. 2016. Vurnerability assessment of climate change on agriculture sector in the South Sumatra province, Indonesia. *Asian Journal of Crop Science*, 8(2), 31–42. <https://doi.org/10.3923/ajcs.2016.31.42>.
- Santoso, A. Nasution, D.W. Utami, I. Hanarida, A.D. Ambarwati, S. Moeljopawiro, and D. Tharreau. 2007. Variasi genetik dan spektrum virulensi patogen blas pada padi asal Jawa Barat dan Sumatera. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.* 26(8):150-155.

- Sembiring, H., dan S. Abdulrahman. 2008. Filosofi dan dinamika pengelolaan tanaman terpadu padi sawah. Dalam: Samaullah, M.Y., P. Sasmita, M.H. Toha, A. Guswara, dan Suharna (editor). Modul Pelatihan TOT SL-PTT Padi Nasional. Sukamandi (ID): Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Badan Litbang Pertanian, hlm. 11 – 17.
- Simatupang, P. 2004. Prima Tani Sebagai Langkah Awal Pengembangan Sistem dan Usaha Agribisnis Industrial. Analisis Kebijakan Pertanian. 2(3).
- Sudir, A. Nasution, Santoso, dan B. Nuryanto. 2014. Penyakit blas *Pyricularia grisea* pada tanaman padi dan strategi pengendaliannya. IPTEK Tanaman Pangan. 9(2):85-96.
- Sunihardi, Yusanti, dan Sri, K. 1999. Deskripsi Varietas Unggul Padi dan Palawija 1993-1998. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Susanto, U., Irmantoro, U. Barokah, T. Sitaresmi, M.Y. Samaullah, dan M.J. Mejaya. 2013. Keragaan galur-galur *Green Super Rice* (GSR) pada kondisi pemupukan berbeda. Dalam: Hajoeningtjas, O.D., Shofiyani, A., Dumasari & Watemin (Editor). Prosiding Seminar Nasional: Pengembangan Teknopreneur Berbasis Pertanian untuk Meningkatkan Pemberdayaan Masyarakat. Purwokerto (ID): Universitas Muhammadiyah Purwokerto, hlm. 117 - 126.
- Susanto, U., Nafisah, R.H. Wening, Satoto, P. Sasmita, T. Sitaresmi, and A. Jamil. 2015. Green Super Rice Breeding progress and prospect in Indonesia. In: Zaini, Z., I.A. Rumanti, D.W. Soegondo, Y. Kato (Eds.) International Proceedings of Unfavorable Riceland Securing National Rice Production in Indonesia. Bogor (ID): Indonesian Center for Food Crop Research and Development. 252 p.
- Sutaryo, B., Sudarmaji, and Sarjiman. 2014. Penampilan Fenotipik Empat Varietas Unggul Baru Padi Pada Tiga Sistem Tanam Yang Berbeda. Prosiding Seminar Nasional 2013. Inovasi Teknologi Padi Adaptif Perubahan Iklim Global Mendukung Surplus 10 Juta Ton Beras Tahun 2014. Buku 2. Sukamandi (ID): Balai Besar Penelitian Tanaman Padi Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. hlm. 575-584.

- Suwarno. 2000. Orientasi penelitian plasma nutfah dan pemuliaan untuk menyongsong tantangan perpadian masa depan. Apresiasi Seminar Hasil Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi, 10-11 November 2000. Sukamandi (ID): Balai Penelitian Tanaman Padi.
- Suyamto, M. Saeri, D.P. Saraswati, dan Robi'in. 2015. Verifikasi Dosis Rekomendasi Pemupukan Hara Spesifik Lokasi untuk Padi Varietas Hibrida. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 34(3): 165-174.
- The 3,000 Rice Genomes. 2014. The 3,000 rice genomes project. GigaScience. 3: 1–6.
- Toha, H.M. 2012. Pengembangan padi gogo mengatasi rawan pangan wilayah marginal. Dalam: Dariah A., B. Kartiwa, N. Sutrisno, K. Suradisastra, M. Sarwani, H. Soeparno, dan E. Pasandaran (Eds.). Prospek Pertanian Lahan Kering dalam Mendukung Ketahanan Pangan. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian.hlm.143-163.
- Toha, H.M., K. Pirngadi, K. Permadi, dan A.M. Fagi. 2009. Meningkatkan dan memantapkan produktivitas dan produksi padi gogo. Dalam: Daradjat, A.A., A. Setyono, A.K. Makarim, A. Hasanuddin (Eds.). Padi Inovasi Tenologi Produksi Buku 2. Jakarta (ID): LIPI Press.
- UPBS BB Padi. 2018. Data sebaran benih sumber padi BS, FS, SS. Sukamandi (ID): Balai Besar Tanaman Padi (tidak dipublikasikan).
- Wahab, I., Satoto, Rahmini, L.M. Zarwazi, Suprihanto, A. Guswara, dan Suharna. 2018. Deskripsi Varietas Unggul Baru Padi. Sukamandi (ID): Balai Besar Tanaman Padi, Badan Litbang Pertanian, 99 hlm.
- Wallace, J.G., E.R. McInnick, and E.S. Buckler. 2018. On the Road to Breeding 4.0: Unraveling the Good, the Bad, and the Boring of Crop Quantitative Genomics. Annual Review of Genetics. 52.
- War, R.A., G.K. Taggar, M.Y. War, and B. Hussain. 2016. Impact of climate change on insect pests, plant chemical ecology, tritrophic interactions and food production. International Journal of Clinical and Biological Sciences. 1(2): 16-29.

- Yorobe, J.M., J. Ali, V.O. Pede, R.M. Rejesus, O.P. Velarde, and H. Wang. 2016. Yield and income effects of rice varieties with tolerance of multiple abiotic stresses: the case of green super rice (GSR) and flooding in the Philippines. Agricultural Economics. 47: 261–71.
- Zhang, Q. 2007. Strategies for developing green super rice. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 104: 16402–9
- Zheng, T.Q., Y.U. Hong, H.L. Zhang, W.U. Zhichao, W.S. Wang, S.S. Tai, C. Lu, R. Jue, C.C. Wei, J.X. Shi, Y.M. Gao, B.Y. Fu, Y.L. Zhou, X.Q. Zhao, F. Zhang, K. McNally, Z.C. Li., G.Y. Zhang, J.Y. Li, D.B. Zhang, J.L. Xu, and Z.K. Li. 2015. Rice functional genomics and breeding database (RFGB):3K-rice SNP and InD el sub-database. Chinese Science Bulletin. 60: 367–71



MANAJEMEN SDM DAN KELEMBAGAAN

Kesiapan Menghadapi Pertanian Masa Depan di Indonesia: Suatu Pemikiran Sosio-Teknis

Kedi Suradisastra

Kegiatan pertanian selama berabad-abad telah mengalami berbagai evolusi dan transformasi teknis, ekonomi dan sosial-budaya (termasuk budaya kelembagaan dan politik pertanian) yang telah membentuk pertanian jaman *now* yang mengarah pada model *pertanian presisi* sebagai bentuk pertanian masa depan. Dalam pertanian masa depan tersebut, memilih dan memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan produksi, produktivitas dan kualitas, adalah fokus utama. Teknologi telah menjadi bagian tidak terpisahkan dalam kegiatan pertanian, termasuk kegiatan individu petani, *retailer* alat pertanian, para *agriculturalist*, pakar dan ilmuwan pertanian lainnya. Sejalan dengan gelombang pengembangan pertanian masa depan yang sering dikaitkan dengan ketepatan penerapan teknologi, beragam inovasi tepat guna dan futuristik menjadi sangat diperlukan guna membangun dan mengembangkan pertanian di sepanjang rantai pasok dari hulu hingga hilir. Karakteristik pertanian masa depan antara lain adalah memiliki daya saing tinggi, inklusif bagi perbaikan kesejahteraan petani, serta mampu mewujudkan keberlanjutan sistem pangan dan pertanian sekaligus memperkuat ketahanan pangan, air dan energi.

Cara termudah untuk memahami konsep pertanian masa depan terkait dengan konsep pertanian presisi adalah dengan berfikir bahwa “*segala sesuatu yang membuat pertanian lebih akurat dan terkontrol dalam melakukan kegiatan yang berkaitan dengan menumbuhkan tanaman dan memelihara ternak*” (Schmaltz 2017).

Komponen kunci pendekatan pengelolaan pertanian adalah penggunaan teknologi informasi dan sistem pendukung serta operasionalisasinya, serta sederet teknologi terpilih lainnya. Panduan GPS (*global positioning system*), sistem kontrol dan teknologi-teknologi sensor, robotik, *drone*, kendaraan pendukung, contoh tanah berbasis GPS, perangkat keras otomatis, telematika dan perangkat lunak terpilih lainnya turut menegakkan penerapan pertanian presisi tersebut.

Secara ringkas komponen teknologi spasial yang berperan dalam *precision agriculture*, antara lain adalah: *remote sensing*, sistem informasi geografis, *global positioning system* dan komputer yang menyimpan semua data dan informasi secara operasional dalam satu sistem kontrol. Himpunan teknologi presisi tersebut adalah bagian dari *Internet of Things* (IoT) yang berguna bagi sektor pertanian yang senantiasa dihadapkan pada tantangan besar untuk meningkatkan produksi pangan secara cepat (Tomas 2017).

Kata kunci utama dalam pertanian presisi dalam definisi Schmaltz (2018) di atas adalah “akurat” dan “terkontrol”. Akan tetapi dalam kondisi pertanian Indonesia dimana sebagian besar petanya masih memiliki kemampuan memanfaatkan teknologi secara terbatas, baik pertanian modern, maupun usahatani tradisional, mungkin memiliki kata kunci yang berbeda dengan pertanian presisi. Hal ini antara lain terjadi karena pertanian presisi tidak hanya berbasis lahan dan ekosistem sekitar, namun juga dilengkapi dengan sederet teknologi canggih termasuk teknologi informasi, robotik, *drone* dan lain sebagainya seperti dipaparkan di atas. Pertanian presisi mampu mendeteksi, menghitung dan menyalurkan kebutuhan nutrisi tanaman secara akurat, tepat waktu, tepat lokasi, dan tepat jumlah.

Kondisi di atas tidak atau belum dimiliki oleh pertanian konvensional di Indonesia. Pertanian konvensional yang berbasiskan informasi tentang ekosistem berikut informasi tekno-sosial-ekonomi tidak memiliki akurasi seperti yang dimiliki pertanian presisi. Dalam kasus ini dapat, atau bahkan sering, terjadi pemanfaatan input-input produksi yang tidak tepat.

Contoh ketidak tepatan aplikasi input dalam pertanian konvensional antara lain adalah pengairan di lahan sawah, pemupukan, saat panen yang tidak tepat, dan lain-lain. Pengairan di lahan sawah dapat terjadi secara berlebih (*over-application*), atau kurang dari kebutuhan (*under-application*). Hal serupa juga dapat terjadi dalam hal pemupukan, penggunaan pestisida, dan tindakan-tindakan lain yang berkaitan dengan upaya meningkatkan produksi.

Konsekuensi tindakan berlebih akan menimbulkan pemborosan biaya dan waktu yang digunakan dalam melakukan tindakan seterusnya. Dalam beberapa kondisi, tindakan berlebih atau kurang, dapat mengganggu keseimbangan lingkungan sebagai dampak lanjut dari degradasi lahan dan ekosistem sekitar. Panen dalam waktu yang hanya diperkirakan oleh pengalaman dapat mengakibatkan penurunan keuntungan yang diperoleh sebagai dampak kualitas yang tidak diharapkan karena ketidak-tepatan waktu yang seharusnya diterapkan pada saat pemanenan.

Pertanian presisi, sebagai manifestasi pertanian masa depan, memanfaatkan secara tepat teknologi informasi pada sistem pengelolaan pertanian sehingga mampu mengidentifikasi, menganalisa, dan mengelola informasi keragaman spasial dan temporal lahan pertanian secara akurat sesuai dengan tujuan kegiatan. Pertanian presisi mampu membantu upaya memperoleh dan meningkatkan keuntungan usahatani secara optimal, berkelanjutan, dan tidak mencemari lingkungan.

Tujuan pertanian presisi adalah mencocokkan aplikasi sumber daya dan kegiatan budidaya pertanian dengan kondisi tanah dan keperluan tanaman berdasarkan karakteristik spesifik lokasi lahan. Pertanian presisi adalah suatu revolusi dalam pengelolaan sumber daya pertanian berbasis teknologi informasi.

Masalah Adopsi Teknologi Pertanian Presisi

Kegiatan pertanian di Indonesia adalah kegiatan terbesar yang dipegang oleh masyarakat banyak. Namun berbagai batasan yang mencakup penguasaan lahan, kesuburan lahan yang beragam, kondisi iklim dan musim yang tidak terprediksi dengan tepat, dinamika harga produk dan

kondisi pasar dan lain-lain, masih merupakan hal-hal yang menghambat laju pertumbuhan produksi pertanian. Tingkat pemilikan dan penguasaan lahan usahatani yang rendah menyebabkan hasil produksi juga rendah.

Dengan hasil yang sedikit dan kualitas yang tidak terlalu bagus, sulit untuk menembus pasar modern, sehingga harga jual hasil pertanian menjadi rendah. Lebih jauh lagi modal usaha petani pada umumnya masih kecil, sehingga menghambat proses produksi. Walaupun saat ini banyak lembaga pembiayaan yang menawarkan peminjaman modal, akan tetapi petani kecil pada umumnya mengalami kesulitan saat menghadapi masalah birokrasi perbankan. Petani kecil atau petani awam masih belum sepenuhnya mampu memenuhi syarat perbankan, karena pada umumnya tidak memiliki jaminan.

Bila sektor pertanian tetap diandalkan untuk memberi makan cukup kepada dunia, maka pengelolaannya perlu diarahkan untuk berubah ke arah yang menyerupai manajemen manufaktur atau industri. Hal seperti demikian benar adanya, terutama seperti yang telah dilakukan oleh perusahaan-perusahaan pertanian besar di berbagai negara, termasuk di Indonesia, walaupun masih dalam jumlah terbatas dan skala yang belum bersifat *gigantic* atau masif.

Usaha komoditas pertanian yang memiliki nilai pasar tinggi adalah usaha pertanian yang sangat menguntungkan. Akan tetapi dibalik iming-iming keuntungan tersebut, usaha pertanian adalah kegiatan yang haus seperti yang ditunjukkan oleh usahatani padi sawah yang memerlukan air dalam jumlah yang tidak sedikit untuk setiap unit hasil panennya. BB Padi (2018) mengemukakan bahwa untuk menghasilkan setiap kilogram gabah rata-rata dibutuhkan 1.432 liter air, dan untuk setiap kilogram jagung dibutuhkan 1.150 liter air.

Gambaran di atas mengisyaratkan bahwa pertanian jaman millennial sudah memerlukan teknologi presisi untuk menghitung kebutuhan input pertanian secara hemat dan akurat. Kegiatan usahatani mendatang membutuhkan teknologi yang dapat mengukur apa yang terjadi dalam lahan yang digunakan untuk bercocok tanam. Sensor-sensor yang dapat melakukan hal tersebut ditanamkan dalam tanah di mana kegiatan bercocok tanam komoditas tertentu dilakukan.

Sensor-sensor tersebut mengirimkan informasi yang dikumpulkannya ke pusat informasi dalam sistem komputer di pusat analisis informasi di perusahaan atau di pusat kegiatan pertanian tersebut. Informasi tersebut diolah dan dikirim kembali ke sistem irigasi di lokasi pertanaman yang secara otomatis melakukan perintah yang diberikan melalui sistem komputer tersebut, dan airpun dialirkan atau diteteskan kepada individu-individu tanaman di lahan tersebut.

Sesungguhnya kemajuan sektor pertanian selama berabad-abad telah mentransformasi masyarakat dalam berbagai bidang dan aspek. Kemajuan pertanian di masa depan juga tidak akan jauh berbeda, yaitu tetap meningkatkan dan memperluas jumlah pangan yang dihasilkan setiap unit luasan lahan dan per individu petani atau keluarga tani. Perbedaan yang terjadi adalah bahwa di masa lalu, untuk mencapai kecukupan pangan digunakan tenaga hewan seperti kerbau, sapi atau kuda.

Di masa kini dan masa depan peran penting hewan akan, atau dapat, digantikan oleh satelit, drone, dan berbagai teknologi robotik canggih lainnya. Secara lebih rinci Shaw (2017) menyebutkan beberapa teknologi yang akan berperan dalam pertanian masa depan adalah penginderaan jarak jauh, rekayasa genetik, robot pertanian, drone, dan teknologi pertanaman vertikal.

Di sisi lain Sunga (2017) menyebutkan teknologi masa depan untuk pertanian antara lain adalah akses yang lebih baik guna meningkatkan efisiensi dan mengurangi kehilangan hasil, meningkatkan interkoneksi internet untuk mengakses informasi dan pengetahuan untuk meningkatkan produktivitas lahan, teknologi mobile yang dapat menghubungkan petani dengan pasar, teknologi identifikasi data tentang dan untuk petani, dan analisis geospasial untuk membantu petani dalam mengambil keputusan. Namun perlu diperhatikan bahwa kedua hal yang disampaikan oleh Shaw (2017) dan Sunga (2017) tidaklah untuk diperdebatkan, tetapi merupakan sumber informasi bagi para pemangku kepentingan dalam kondisi spesifik masing-masing.

Pertanian presisi atau Precision Agriculture (PA) adalah konsep manajemen pertanian masa depan yang dikembangkan pada pertengahan dekade 1980-an (Pierpaoli et al. , 2013). Dalam “bahasa teknologi”, pertanian presisi mencakup penggunaan teknologi secara utuh, komprehensif, dan berwawasan luas (*wide-range*) seutuh-utuhnya. Pierce dan Nowak (1999) menegaskan bahwa pertanian presisi terpusat pada konsep kesesuaian (*fit, match*) atau “nyekrup” antara berbagai peubah atau faktor yang terlibat di dalamnya. Pertanian presisi membuka peluang untuk melakukan tindakan yang tepat di tempat yang tepat, dalam waktu yang tepat dan dengan cara yang tepat. Dengan demikian, pertanian presisi mendasarkan pemanfaatan teknologi untuk mendeteksi dan memutuskan segala sesuatu yang “benar” (Zhang, Wang, and Wang 2002).

Pertanian masa depan tidak lagi bergantung kepada pemanfaatan air, pupuk dan pestisida secara seragam dalam sepetak lahan. Sebaliknya, petani akan memanfaatkan secara minimum kuantitas input yang diperlukan dan mengarahkannya pada lokasi mikro sesuai dengan kebutuhan spesifik individu tanaman di lokasi tersebut. Pengelolaan kegiatan bertani dan bercocok tanam kini akan dilakukan secara berbeda karena penerapan teknologi disruptif yang disebut teknologi pertanian digital yang mencakup teknologi sensor, mesin komputer dan teknologi informasi. Dalam konsep pertanian presisi, terminologi “spesifik lokasi” yang telah menjadi jargon strategis perhitungan input yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik lokasi, kini menjadi kebutuhan spesifik individu tanaman dalam lokasi dan ekologi mikro mereka.

Dalam kaitannya dengan petani masa depan yang akan berada pada posisi pengguna teknologi digital, Pierpaoli et al. (2013) menelaah bahwa petani akan mengadopsi teknologi pertanian presisi setelah mereka terlebih dahulu memahami manfaatnya. Setelah proses adopsi teknologi digital terjadi, petani kemudian akan mengambil sikap untuk menggunakan teknologi tersebut (*attitude to use*).

Telaahan terhadap proses adopsi teknologi seperti di atas didasarkan pada teori perubahan perilaku (Ajzen 1991) yang berusaha mengidentifikasi dan menguji relevansi (keselarasan) berbagai faktor yang mempengaruhi proses pengambilan keputusan seseorang tentang bagaimana dan kapan

menggunakan teknologi baru. Aspek persepsi dan sikap dalam perilaku seseorang adalah pusat konstruksi metode perubahan perilaku yang dapat diarahkan kepada sikap mengadopsi atau kepada niat untuk menggunakan teknologi.

Persepsi terhadap teknologi baru saja sudah cukup mempengaruhi perilaku seseorang yang berkaitan dengan teknologi baru tersebut. Lebih jauh sikap ini akan membawa konsekuensi berupa niat untuk membelinya (Karahanna dan Straub, 1999). Selain itu Rezaei-Moghaddam dan Salehi (2010) mengemukakan bahwa peningkatan keuntungan pada umumnya merupakan stimulan utama dalam memanfaatkan teknologi baru, termasuk teknologi presisi sebagai alternatif teknologi pertanian masa depan.

Kemudahan dalam mengoperasikan teknologi juga dapat memainkan peran penting dalam proses adopsi dan keputusan menggunakan teknologi tersebut. Dapat diasumsikan bahwa kemudahan menggunakan teknologi pertanian presisi dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain pendidikan, pengalaman terdahulu dalam menggunakan teknologi presisi.

Posisi strategis yang dalam teori adopsi disebut *early adopters* akan lebih cepat memahami teknologi presisi dibandingkan dengan posisi *laggards*. Selain itu dijumpai juga faktor-faktor lain yang mempengaruhi kemudahan menguasai dan mengendalikan teknologi presisi seperti gaya manajemen, ketersediaan fasilitas pendukung, periode uji-coba teknologi presisi yang diberikan, dan lain-lain.

Informasi dan Tantangan Pertanian Masa Depan

Bagi sebagian petani Indonesia, metode, teknologi dan peralatan terkait pertanian presisi yang digunakan di lapangan mungkin terlihat seperti fiksi ilmiah. Para petani masa depan akan melihat berbagai peralatan “aneh” (seperti drone dan peralatan Robotic lainnya) berseliweran di lahan usaha mereka tanpa ada seorangpun terlihat mengendalikannya.

Peralatan-peralatan tersebut bekerja memonitor kondisi pertanaman, mendeteksi gangguan hama dan penyakit, dan kebutuhan lainnya bagi tanaman di lahan tersebut. Semua peralatan tersebut dikendalikan dari ruang kendali oleh operator atau petani yang sudah menguasai teknologi digital pertanian presisi. Pengendali tersebut layaknya sedang memainkan sebuah permainan perang-perangan (*war game*) yang khusus dirakit untuk melindungi tanaman pertanian dari musuh-musuhnya.

Sebagai alternatif pertanian masa depan, sistem pertanian presisi menjanjikan teknik dan pengelolaan pertanian yang lebih baik. Para peneliti pertanian presisi telah menunjukkan bahwa penerapan teknologi pertanian presisi mampu mengurangi penggunaan air, benih dan pupuk dalam persentase yang mengesankan. Pencapaian tersebut sangat bermanfaat bagi kegiatan usaha pertanian (terutama usaha industri pertanian) yang menekankan besar input yang dibutuhkan pada saat dan waktu yang setepat-tepatnya.

Konsekuensi tuntutan tersebut adalah terjadinya pengurangan permintaan akan lahan usaha karena teknologi pertanian presisi dapat diterapkan di lahan terbatas secara efisien. Lebih jauh lagi, peningkatan efisiensi usaha berarti juga peningkatan ketangguhan usaha. Pertanyaannya sekarang adalah: "Bagaimana mencapai kondisi efisiensi dan ketangguhan usahatani yang aksesibel bagi petani, sekaligus membantu mempertahankan keseimbangan lingkungan pada saat bersamaan?" Jawaban atas pertanyaan tersebut sangat sulit untuk ditemukan, terutama dalam kondisi perkembangan sektor pertanian Indonesia yang selalu dihadapkan pada berbagai kendala spesifik.

Masalah yang timbul dalam setiap program pembangunan sektor pertanian yang mengintroduksikan teknologi baru pada umumnya bukan pada kesalahan teknologinya. Satu hal yang patut dicatat: teknologi pertanian selalu bekerja dengan baik, dan hanya di lokasi-lokasi tertentu saja teknologi tidak berhasil diterapkan karena petani yang ingin mengadopsinya terlalu miskin dan tidak mampu membeli atau menyewa teknologi baru, atau petani tidak melakukan apa yang disarankan dalam panduan penggunaan teknologi tersebut.

Hal tersebut disebabkan antara oleh harga teknologi yang tidak murah; semakin canggih suatu teknologi, semakin tinggi harganya, dan semakin tertinggallah petani miskin karena mereka akan terpaksa terikat pada teknologi konvensional atau tradisional yang memiliki tingkat efisiensi jauh di bawah inovasi modern. Contoh seperti ini tersebar di beberapa lokasi terisolasi atau agak terpencil di Indonesia, baik di Pulau Jawa maupun di berbagai wilayah luar Jawa.

Hal di atas nampaknya akan terjadi pada teknologi pertanian presisi yang dicita-citakan akan diterapkan di Indonesia. Teknologi digital yang merupakan inovasi hasil tetesan keringat dan pikiran berbagai ilmuwan dari berbagai kepakaran dan disiplin keilmuan telah menelan biaya besar, mulai dari biaya penelitian, pengembangan, uji-coba dan berbagai tindakan lain yang menyedot biaya tinggi dan dalam kurun waktu lama. Seluruh korbanan tersebut dikompensasi oleh perusahaan dan pihak-pihak yang turut membiayai perekayasaan teknologi pertanian presisi tersebut.

Pada saat teknologi tersebut diluncurkan, harga yang dipasang pada teknologi tersebut menjadi mahal karena perhitungan biaya tersebut ditambah dengan margin keuntungan perusahaan perakit teknologi tersebut. Konsekuensinya, hanya petani kaya dan sangat kaya serta perusahaan besar bisnis pertanian yang dapat dengan mudah memiliki teknologi tersebut, baik sebagai investasi usaha dengan tujuan ekonomi, maupun sebagai tindakan praktis guna meningkatkan kegiatan usaha secara lebih praktis dan ekonomis.

Pertanian presisi yang mengimplementasikan sistem IoT (*Internet of Things*) dalam menghadapi kegiatan pertanian yang memiliki resiko ekonomi relatif tinggi pada dasarnya bertujuan untuk mengurangi kesalahan potensial kegiatan usahatani sekaligus memaksimalkan produksi (Tomas 2017). Pertanian presisi telah menjadi basis pertanian terlanjutkan (*sustainable agriculture*) karena menghargai posisi dan kontribusi tanaman, lahan, dan petani serta kelestarian lingkungan.

Pertanian terlanjutkan berusaha menjamin ketersediaan supply pangan dalam batasan-batasan ekologis, ekonomi dan sosial yang berperan dalam proses produksi pangan dalam jangka panjang. Perubahan dan

kemajuan yang diberikan oleh sistem dan strategi pertanian presisi telah secara perlahan namun pasti mengubah pola pikir dan proses pengambilan keputusan para pemangku kepentingan di sektor pertanian. Dalam upaya memahami dan mengadopsi teknologi pertanian presisi dibutuhkan pendekatan prediktif berdasar analisis terhadap indikator-indikator statik seperti kondisi lahan dan pemahaman sejarah lahan selama beberapa siklus pertanaman, serta pendekatan kontrol yang memanfaatkan informasi indikator statik siklus pertanaman yang secara regular diperbarui (Wikipedia 2018).

Dalam kondisi Indonesia, nampaknya teknologi pertanian presisi belum dapat diterapkan secara langsung oleh petani individual atau konvensional. Pengetahuan dan pemahaman petani Indonesia terhadap teknologi digital belum banyak diketahui. Petani masih memerlukan informasi dan penyuluhan tentang manfaat penggunaan teknologi presisi dalam upaya mencapai tingkat efisiensi yang optimal, produksi tinggi, dan keuntungan menarik dalam suatu kegiatan usaha pertanian berkelanjutan.

Selain memerlukan penyuluhan, petani juga mungkin membutuhkan pihak ketiga dalam upaya penyebaran dan pendidikan inovasi teknologi presisi terkait kegiatan pertanian di Indonesia. Yang dimaksud dengan pihak ketiga dalam konteks ini adalah semacam *provider* atau perusahaan pelayanan jasa seperti para provider yang bertebaran menyediakan jasa terkait penggunaan internet, penyediaan dan pelayanan data dan informasi digital dan berbagai jasa pelayanan lainnya dalam berbagai sektor.

Implikasi penting dalam memanfaatkan provider adalah pentingnya membuka akses terhadap informasi pertanian presisi bagi petani miskin, akses terhadap sumber daya dan input pertanian di lokasi-lokasi di mana petani hidup di batas garis kemiskinan. Pertanyaan penting dalam hal ini berbunyi: "Bagaimana pertanian presisi dapat menyebar secara relatif merata dalam kondisi demikian?" Hal ini tentu layak dipertimbangkan oleh para pemangku kepentingan terkait penggunaan teknologi pertanian presisi dalam rangka meningkatkan kesejahteraan petani dan memperkuat kemampuan bersaing di pasar global.

Secara ringkas, beberapa tantangan mendasar terhadap adopsi dan penguasaan teknologi presisi sebagai teknologi pertanian masa depan petani Indonesia dipaparkan sebagai berikut:

1. *Dari sisi perkembangan teknologi:* Perkembangan teknologi masa depan memiliki laju yang cepat. Hal ini menambah tingkat kesulitan bagi petani Indonesia yang rata-rata belum memahami atau bahkan mendengar jargon pertanian presisi. Teknologi dan perangkat lunaknya berkembang sangat cepat. Kondisi ini merupakan tantangan berat bagi petani pengguna teknologi.

Pada umumnya petani menilai bahwa harga teknologi maju sangat mahal dan tidak semua petani mampu memilikinya. Kondisi ini merupakan hambatan terbesar yang harus diantisipasi dan diatasi secara tepat oleh para pakar dan perancang serta pelaksana pertanian masa depan di Indonesia. Korbanan (*trade-off*) yang harus diberikan untuk menguasai teknik dan penggunaan teknologi presisi juga belum tentu terjangkau oleh petani awam di Indonesia; beberapa jenis teknologi masa depan berupa peralatan aerial tidak berawak (drone, dan lain-lain) masih asing bagi sebagian besar petani dan bagi mereka sangat sulit diperoleh karena hambatan atau isolasi komunikasi informasi yang disebabkan oleh kelangkaan infrastruktur.

2. Dari segi kekinian (sopistikasi) data: Data dan informasi terkait pertanian masa depan berbasis computer pada umumnya masih asing bagi petani awam. Kecanggihan dan kompleksitas data (data sophistication) dan informasi digital masih asing bagi petani dan terlalu rumit bagi petani berpendidikan rendah. Perangkat lunak untuk membantu petani menjabarkan informasi dan analisis usahatani juga tidak dapat dikatakan murah. Besaran atau jumlah data yang harus diolah juga terlalu besar sehingga memerlukan "ruang penyimpan" yang besar. Kondisi ini merupakan tantangan atau hambatan terberat yang harus dihadapi petani rata-rata di Indonesia.

3. Dari sikap petani: Persepsi rendah petani awam terhadap kemanfaatan teknologi presisi juga mempengaruhi sikap dan tindak adopsi secara negatif. Namun secara teoritis sikap demikian dapat diperbaiki dengan peningkatan kesadaran melalui pendidikan pertanian yang memadai dan sesuai dengan kondisi yang dihadapi. Di sisi lain, petani awam pada umumnya belum mampu menaksir atau menghitung *break-even point* usahatani atau melakukan analisis keuntungan yang berkaitan dengan teknologi pertanian presisi. Perilaku petani dari sisi kemampuan finansial juga masih menunjukkan jarak relatif jauh dengan berbagai akses sumber pembiayaan usahatani, keragaman persepsi terhadap keuntungan, dan sikap terhadap kemanfaatan pemahaman perhitungan berbasis ekonomi.
4. Dari sisi pendidikan umum: Adalah fakta yang tidak dapat diingkari bahwa sebagian besar pendidikan petani Indonesia masih rendah. Badan Pusat Statistik (2018) merinci kisaran pendidikan umum petani Indonesia yang berkisar antara pendidikan SD dan SMP. Tingkat pendidikan petani yang belum pernah sekolah 766.954 orang atau sekitar 9,65% tidak sekolah. Belum lulus SD 10.358.754 orang atau 26,54%. Lulusan SD 15.023.269 orang, atau setara 38,49%.
5. Lulusan SLTP 6.330.800 orang setara 16,22%. Lulusan SLTA 332.106 orang atau 8,54% dan lulusan Perguruan Tinggi, diploma dan sarjana 223.809 orang setara 0,57%. Rincian data ini menggambarkan kekuatiran akan kelemahan pengetahuan umum dan kemampuan adopsi inovasi teknologi presisi yang sangat rendah yaitu setara individu lulusan pendidikan pertanian yang hanya memiliki proporsi 0,57%. Bila para intelektual pertanian tersebut seluruhnya dibebani pemahaman akan teknologi presisi, maka dapat dibayangkan berapa lama masyarakat petani secara umum yang yang mampu memahami teknologi tersebut secara baik dan dapat diaplikasikan secara memadai.
6. Sisi demografi: Faktor demografi yang mencakup lingkungan sosial, umur, pengalaman, pendidikan, dan kepercayaan-diri (*confidence, self-assurance*) adalah faktor yang sulit diukur potensi

dan kapabilitasnya dalam percepatan proses adopsi informasi dan teknologi digital. Berkaitan dengan kondisi tersebut, faktor *competitiveness* atau kemampuan bersaing dalam pemasaran yang meliputi kemampuan mengamati (*observability*) dan mencoba (*trialability*) masih menjadi bahan pertanyaan karena kelangkaan informasi dan data terkait kedua faktor tersebut.

Lebih jauh lagi data dan potensi luas lahan dikuasai, fasilitas tersedia, dan pemahaman terhadap kemanfaatan (*perceived usefulness*) juga masih jauh dari memadai. Masalah-masalah demografis tersebut sebagian besar berkaitan dengan tingkat keterdedahan sosial dan teknis yang rendah (*low socio-technical exposure*). Keterdedahan sosial pada dasarnya adalah pondasi penumbuhan sikap dan kemampuan kalibrasi sosial dan kalibrasi sosio-teknis.

Dalam konteks demografis, kelompok petani muda sering diasumsikan sebagai cohort lebih terdedah terhadap dunia luar desanya karena intensitas kontak dan komunikasi yang lebih intens dibandingkan dengan para tetua masyarakat. Kontak dan komunikasi tersebut berperan dalam meningkatkan rasa ingin tahu (*curiousity*) yang berkaitan erat dengan minat eksplorasi, pengamatan, dan pembelajaran.

Secara deduktif, rincian di atas menunjukkan bahwa keragaman pola kegiatan bertani dan berusahatani di Indonesia membutuhkan rancangan pengembangan pertanian masa depan yang dapat diadopsi seoptimal mungkin dalam berbagai kondisi sosial-budaya, etnis, ekosistem dan kondisi demografis, dan berbagai kondisi sosio-teknis dan ekonomi yang memperkaya keragaman budaya bertani dan berusahatani di Indonesia. Namun bagi petani pengusaha atau perusahaan pertanian, kondisi-kondisi di atas mungkin dapat diatasi sehingga sasaran pengembangan pertanian presisi sebaiknya diarahkan pada perusahaan pertanian komersil berskala ekonomi.

Antisipasi Dampak Terhadap Perilaku dan Hubungan Sosial

Guna memahami peluang adopsi dan pengendalian teknologi masa depan di Indonesia, terlebih dahulu layak dipahami dampak pengaruh faktor-faktor tertentu terhadap perubahan perilaku petani dalam menyongsong era pertanian presisi di Indonesia. Hal ini dirasa penting karena pada umumnya dampak teknologi selalu lebih menekankan kepada dampak ekonomi dan teknis/teknologi.

Hal ini dapat dipahami karena parameter peubah-peubah ekonomi dan teknis/teknologi dapat dikuantifikasi secara lebih mudah dibandingkan dengan dampak sosial. Berpegang kepada tantangan dan batasan-batasan terhadap pengembangan pertanian digital dalam bagian terdahulu, dalam bagian ini dicoba dikembangkan beberapa kemungkinan dampak faktor pengendali adopsi pertanian presisi yang diasumsikan dapat berperan sebagai faktor pengendali atau pemandu arah sikap dan perilaku petani sebagai pengguna akhir teknologi presisi sebagai teknologi terkini di ranah pembangunan sektor pertanian nasional. Dasar pemikiran yang diterapkan disini adalah asumsi perubahan perilaku yang disebut sebagai "*theory of behavioral change*" (Wikipedia, 2019; Cherry, 2019).

Perkembangan berbagai teknologi yang mampu mengatasi berbagai masalah terkait waktu dan tempat, seperti teknologi internet, telah menumbuhkan pikiran bahwa teknologi dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman individu atau kelompok sosial budaya yang berbeda. Teknologi dapat digunakan untuk meningkatkan intensitas interaksi sosial dan komunikasi, memperkuat hubungan kekeluargaan, dan menjadikan sarana teknologi untuk "menolong" kelompok sosial lain menjadi lebih mahir melakukan interaksi sosial.

Namun dalam kenyataannya sebagian teknologi membuat individu atau masyarakat bingung dan tidak fokus, stress dan terisolasi. Banyak individu yang terlibat dalam hubungan sosial melalui teknologi, namun

sering terjadi kuantitas hubungan tersebut menimbulkan rasa kekosongan secara kualitatif. Teknologi memiliki dampak yang mendalam terhadap sikap sosial individu dan masyarakat.

Dalam bagian ini disajikan berbagai dampak yang mungkin timbul sebagai resultan interaksi teknologi pertanian presisi sebagai teknologi pertanian masa depan dengan berbagai aspek terkait sikap dan tindak berusahatani secara asumtif.

1. *Dampak Ekonomi*: Tidak dapat dipungkiri bahwa dampak ekonomi teknologi pertanian presisi dapat dan akan bersifat monumental terhadap ekonomi nasional dan global. Pertumbuhan ekonomi akan menjadi issue yang hangat dalam perdebatan para pakar ekonomi. Para tekno-pesimis telah berargumen bahwa kontribusi kritis revolusi digital telah lewat dan dampaknya terhadap produktivitas hampir selesai. Di sisi berseberangan, para tekno-optimis mengaku bahwa teknologi dan inovasi sedang berada dalam titik infleksi (bervariasi) yang segera akan melepaskan energi produktivitas dan pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi (Schwab 2016).
2. *Dampak Sosial*: Inovasi keilmuan dan teknologi, komersialisasi dan difusi inovasi adalah proses sosial yang menjadi terbuka ketika masyarakat berkembang dan bertukar gagasan, nilai, minat dan norma sosial dalam berbagai konteks dan kondisi. Proses yang rumit ini mempersulit deteksi dampak sosial secara lengkap karena proses tersebut melibatkan berbagai komponen yang saling terikat satu sama lain. Tantangan besar yang dihadapi masyarakat dalam kaitannya dengan introduksi teknologi dan inovasi baru adalah bagaimana menyerap dan mengakomodasi kebaruan pada saat mereka atau sebagian dari mereka masih menikmati aspek menyegarkan dari sistem dan nilai tradisional mereka.
3. *Moral dan Etika*: Introduksi teknologi presisi diduga tidak hanya mengubah apa yang dikerjakan individu atau masyarakat, tetapi juga mengubah siapa mereka. Revolusi industri keempat yang didengung-dengungkan sebagai puncak penciptaan teknologi saat ini, memberikan dampak berlapis-lapis, mulai dari mengubah identitas dan aspek-aspek yang terlibat didalamnya seperti

kebutuhan akan “privacy”, pandangan terhadap kepemilikan, pola konsumsi, pembagian waktu untuk bekerja dan bersantai, pengembangan karir dan keterampilan.

Hal-hal demikian akan mempengaruhi cara bagaimana individu menghadapi orang lain dan membuat suatu hubungan, menentukan hierarki sosial, dan sebagainya. Sampai sekarang, teknologi telah memungkinkan manusia untuk mengerjakan sesuatu secara lebih mudah, lebih cepat dan lebih efisien. Teknologi juga memberikan peluang untuk mencapai perkembangan pribadi seseorang. Akan tetapi kini mulai terlihat bahwa begitu banyak peluang yang dapat diraih guna memenuhi keinginan seseorang, sehingga kini mulai terlihat bahwa umat manusia telah berada pada ambang (threshold) perubahan sistemik radikal yang menuntut manusia beradaptasi sepenuhnya. Dampak ini dapat memperbesar tingkat polarisasi sosial antara kelompok yang menerima perubahan dengan kelompok yang menolak atau tidak mampu mengikuti perubahan tersebut.

Posisi Petani Indonesia dan Revolusi Industri Global

Posisi dan peran sektor pertanian Indonesia adalah roda penggerak pertumbuhan dan perkembangan perekonomian nasional. Hal ini antara lain ditunjukkan dalam program pembangunan yang mengutamakan peningkatan produksi dan produktivitas sektor pertanian. Dalam beberapa periode pembangunan terakhir, sektor pertanian berada pada posisi berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi nasional.

Pada triwulan II/2017 sektor pertanian terus memberi kontribusi positif untuk perekonomian Indonesia. Kondisi ini tak lepas dari *roadmap* pertanian yang sudah disusun pemerintah untuk menjadikan Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia tahun 2045 (Pioneer 2019). Namun demikian untuk mencapai tujuan tersebut berbagai masalah masih harus diatasi. Salah satu diantaranya adalah masalah ketersediaan tenaga kerja di sektor pertanian yang terus menurun. Pada tahun 2016 saja Indonesia kehilangan 0,51% tenaga kerja pertanian dan diperkirakan tingkat

penurunan tersebut akan terus meningkat. Dari sisi teknis dan teknologi, kebutuhan akan benih komoditas tanaman pangan yang semakin meningkat seringkali tidak mampu dipenuhi oleh ketersediaan supply yang ada.

Menjawab keraguan diatas, Kementerian (2015) dengan tegas menyatakan secara optimis bahwa salah satu persyaratan memajukan sektor pertanian adalah dengan peningkatan penggunaan mesin-mesin pertanian modern pada proses panen dan pada berbagai kegiatan proses produksi lainnya. Peningkatan mekanisasi alat mesin pertanian tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi dan produktifitas usahatani. Strategi ini didukung pula oleh rencana menerapkan pertanian digital.

Pengelolaan pembangunan pertanian sudah mulai menerapkan dan meningkatkan penggunaan teknologi internet dan pertanian digital guna mendukung dan mempercepat pencapaian target swasembada pangan dan kesejahteraan petani (Yunita 2017). Lebih jauh lagi diberitakan bahwa beberapa terobosan yang telah dilakukan Kementerian meningkatkan pemanfaatan teknologi internet sejak 2016 adalah meningkatkan infrastruktur teknologi internet dengan kapasitas dan kecepatan 3 kali lipat dibandingkan 2015.

Namun demikian upaya pembangunan sektor pertanian Indonesia kearah sistem pertanian presisi masih terbatas dalam beberapa kondisi. Dalam upaya meningkatkan peluang penerapan teknologi pertanian presisi terlebih dahulu harus dipahami status dan perkembangan sektor pertanian Indonesia dalam posisinya dengan dinamika dan periodisasi revolusi industri, mulai dari revolusi industri gelombang kesatu sampai tahap keempat. Dalam hal ini terdapat dua hal yang secara langsung dan tidak langsung bersentuhan atau berinteraksi dengan dinamika revolusi industri, yaitu periodisasi modernisasi pertanian dan dinamika penguasaan lahan pertanian di Indonesia. Dinamika ketiga faktor modernisasi sektor pertanian tersebut dicoba dipaparkan dalam Tabel 1.

Dalam upaya menggali peluang strategi modernisasi pertanian dalam kaitannya dengan perkembangan teknologi industri, terlebih dahulu harus dipahami rumpang (*gap*) antara kekuatan dan daya kembang (*development ability*) setiap tahapan revolusi industri dengan kondisi

riil evolusi dan reformasi sektor pertanian Indonesia. Tabel di atas menggambarkan bahwa dinamika perkembangan teknologi pertanian Indonesia baru terhubung dengan perkembangan teknologi global (modern) setelah Indonesia merdeka tahun 1945.

Namun pertumbuhan pertanian yang didorong oleh teknologi modern baru dilakukan secara intensif pada awal pemerintahan Orde Baru. Di era ini penerapan teknologi Revolusi Hijau diterapkan secara massif dengan pendekatan koersif. Peningkatan pemanfaatan teknologi pertanian modern diterapkan secara lebih bijaksana pada dekade 2000-an dengan meningkatkan penggunaan alsintan secara lebih intensif dan dengan pendekatan kohesif. Dalam hal ini alsintan sebagai teknologi unggul dimanfaatkan untuk meningkatkan kohesi sosial masyarakat petani secara positif.

Salah satu kontradiksi yang kurang menyenangkan dalam penerapan alsintan atau teknologi pertanian modern lainnya adalah penerapan kebijakan yang kadang-kadang berubah menjadi bersifat koersif, hanya untuk menjamin bahwa penerapan teknologi tersebut sesuai dengan target operasional. Kondisi ini terjadi pada umumnya karena perbedaan pemahaman tentang berusahatani antara petani dengan petugas lapangan. Pada umumnya para petani memiliki pandangan yang berbeda dengan petugas lapang, baik penyuluh, maupun peneliti lapang, dalam hal kondisi ekologi mikro keluarga tani, kebutuhan riil akan input usahatani, nilai, etika dan batasan-batasan sosial lainnya.

Tabel 1. Perjalanan Revolusi Industri vs. Evolusi Pertanian Indonesia

No.	Periodisasi Revolusi Industri ¹⁾	Periodisasi Modernisasi Pertanian Indonesia	Dinamika Penguasaan Lahan Usahatani (ha)
1.	Abad-17: Revolusi Industri Gelombang ke-1: ditandai dengan produksi massal (mass production).	Perkembangan pertanian Indonesia sebelum Belanda datang dicirikan oleh keragaman kegiatan usahatani lahan kering. Dilanjutkan oleh sistem pertanian padi dengan pengairan yang merupakan praktik turun menurun petani Jawa. Sistem pertanian padi sawah merupakan upaya untuk membentuk pertanian menetap ²⁾ .	Data tidak tersedia. Indonesia belum terhubung dengan perkembangan teknologi global.

Tabel 1. Perjalanan Revolusi Industri vs. Evolusi Pertanian Indonesia (lanjutan)

No.	Periodisasi Revolusi Industri ⁱ⁾	Periodisasi Modernisasi Pertanian Indonesia	Dinamika Penguasaan Lahan Usahatani (ha)
2.	Abad-18: Revolusi Industri Gelombang ke-2: ditandai dengan pemanfaatan tenaga listrik (electricity) untuk mempermudah serta mempercepat proses produksi, distribusi, dan perdagangan.	Abad 17-18: Zaman VOC. Abad 19: Sistem sewa tanah dan Tanam paksa (1810-1830) dan peralihan ke liberalisme ^{j)}	Data tidak tersedia. Abad ini Indonesia belum memiliki kontrol terhadap kondisi dan pendataan lahan pertanian dan perkembangan sektor pertanian.
3.	Dekade 1970-an: Revolusi Industri Gelombang ke-3: diperkenalkannya sistem teknologi informasi (IT) dan komputerisasi untuk menunjang otomatisasi produksi (production automation).	Dekade 1970-90: Revolusi Hijau di Indonesia: modernisasi pertanian secara massif mulai dari Program Demas, Bimas, Bimas Gotong Royong, sampai program Insus dan Supra Insus. Pendekatan koersif sangat menonjol ^{k)} .	Dekade 1960-2003 ^{o)} : Penguasaan lahan pertanian rata-rata keluarga tani (ha): 1963: 1,05 1973: 0,99 1983: 0,89 1993: 0,81 2003: 0,89 Indonesia sudah terhubung dengan perkembangan teknologi pertanian global.
4.	Era 2000-an: Revolusi Industri Gelombang ke-4: merupakan era penerapan teknologi modern, antara lain teknologi fiber (fiber technology) dan sistem jaringan terintegrasi (integrated network), yang bekerja di setiap aktivitas ekonomi, dari produksi hingga konsumsi.	2010-2018: Mekanisasi massif untuk meningkatkan produksi ^{l)} . ^{o)} Perbaikan metode budidaya, pengolahan pasca panen modern dan aman, dan mampu menyediakan supply cukup ^{m)} . Pertanian organik ⁿ⁾ . 2018: Peluncuran program digitalisasi pertanian ^{p)} .	Dekade 1960-2003 ^{o)} : Proporsi penguasaan lahan pertanian petani gurem (45% dari populasi nasional) dalam persen: 1963: 44; 1973: 46; 1983: 45; 1993: 49; 2003: 51 Indonesia sudah terhubung dengan perkembangan teknologi digital.

Sumber: 1): Unido (2014); 2): Slamethariyono (2012); 3): Kusmiadi (2019); 4): Pretty (1995); 5): Kementan (2015).6): Kementan (2018); 7): Beranda Iptek (2018); 8): Kementan (2018) ; 9): Bachriadi dan Wiradi (2011).

Tabel 1 memperjelas paparan di atas dengan menunjukkan bahwa dalam realitasnya, setiap tahapan teknologi yang diterapkan akan berinterkasi dengan tingkat modernisasi usahatani dan penguasaan lahan petani. Selama lebih dari dua abad, pola kepemilikan lahan petani Indonesia tidak, atau kurang terkuak, dan posisi petani sangat lemah akibat tekanan

penguasa penjajah saat itu. Baru pada dekade 1960-an sampai dekade 2000-an dapat dijumpai data perkiraan penguasaan lahan usahatani masyarakat pedesaan.

Tabel 1 menunjukkan penguasaan lahan kelompok mayoritas petani yang memiliki lahan usahatani kurang dari 0,5 hektare (petani gurem) sejak dekade 1960-an sampai dekade 2010-an terus meningkat dari 44% menjadi 55%. Dari sisi kepemilikan lahan rata-rata keluarga petani juga terjadi penurunan dari 1,05 hektare pada tahun 1963 menjadi 0,89 hektare pada tahun 2003.

Dalam kaitannya dengan pengembangan pertanian presisi, kedua kondisi tersebut akan sangat berpengaruh dan akan menjadi tantangan berat yang harus dipertimbangkan karena dalam setiap kegiatan ekonomi produktif sektor pertanian, ukuran usaha yang antara lain mencakup ketersediaan lahan akan menentukan pola atau model usahatani presisi yang akan diterapkan. Dalam kondisi seperti itu bukan hanya luasan lahan yang akan mempengaruhi model usahatani digital, namun berbagai hal yang bersifat interkoneksi antara elemen-elemen demografi, teknis dan teknologi, ekonomi dan finansi, dan lain-lain.

Secara harfiah, isu utama dalam kegiatan dan pengembangan pertanian presisi bukan teknologi, melainkan model bisnis (usahatani) di belakang pemanfaatan teknologi. Teknologi hanya berperan dalam meningkatkan efisiensi dan produktifitas usaha. Lebih jauh lagi, teknologi tidak pernah salah selama pengoperasiannya sesuai dengan petunjuk-petunjuk teknis dan sesuai dengan kondisi spesifik lahan usaha. Model bisnis meliputi antara lain luas lahan, ukuran usaha, pola usaha, sistem pengelolaan dan manajemen.

Di masa depan, guna menerapkan teknologi presisi secara optimal, diperlukan ketersediaan teknologi yang dapat disesuaikan dengan keterhubungan (konektifitas) infrastruktur pedesaan dengan perkembangan teknologi digital dalam hierarki yang sesuai dengan kondisi ekologi mikro usahatani setempat atau sebaliknya. Selain itu diperlukan pula strategi pengelolaan faktor keamanan dalam hubungan dengan sistem *malware* dan pencurian data.

Pertimbangan Sosio-Teknis

Perkembangan evolutif pertanian senantiasa diharapkan mengarah kepada peningkatan efisiensi dan efektifitas inovasi teknologi. Dalam konteks ini teknologi pertanian presisi diharapkan memainkan peranan yang sangat prinsipil dalam proses transformasi sistem (ber)usahatani.

Pertanian presisi memiliki kekuatan besar untuk memperbaiki kualitas dan produktifitas sistem usahatani guna memenuhi kebutuhan manusia. Dengan demikian dalam proses adopsi dan alih teknologi presisi diperlukan suatu “ruang penyesuaian” atau “ruang kalibrasi” bagi teknologi presisi masa depan untuk memasuki ranah ekologi kultural pelaku usahatani di Indonesia.

Secara sosiologis, mengubah sikap petani adalah hal yang sulit dan memerlukan upaya-upaya serius dan berkesinambungan. Dalam hal ini dibutuhkan upaya-upaya khusus seperti pola dan sistem pendidikan dan pembinaan khusus yang mampu menembus hambatan atau benteng sosial (*social barricade*) guna memungkinkan pelaku usahatani dan pemangku kepentingan lainnya berkesempatan menikmati inovasi teknologi presisi sebagai suatu inovasi teknologi sosial atau *socially sound technology*.

Namun demikian sikap menerima secara sosial dan pemahaman akan inovasi teknologi presisi tidak memiliki gerak dan dinamika yang selalu mampu mengejar kecepatan perkembangan inovasi teknologi baru. Norma, etika sosial, dan persepsi sebagai bagian-bagian barikade sosial dalam suatu lingkungan ekologi kultural sering terperangkap dalam waktu sebagai dampak kemampuan melayani kebutuhan sosial masyarakat secara kolektif dan alami. Kondisi demikian seringkali tumbuh menjadi suatu dogma sosial yang sulit ditembus.

Dengan kata lain, ekologi kultural adalah suatu mekanisme mempertahankan diri (*self defense mechanism*) terhadap penetrasi elemen-elemen sosial dan sosiologis, teknis dan ekonomi eksternal. Namun sebaliknya Suradisastra (1999) mengemukakan bahwa interaksi tekno-sosial dapat terjadi bila suatu inovasi teknologi baru “nyekrup” atau *match* dengan batasan etika tertentu. Pendapat ini menyiratkan mengapa penerimaan atas teknologi dan inovasi baru sulit menembus benteng

sosial suatu masyarakat dikarenakan ke-tidak-cocokan penampilan fisik teknologi dengan norma sosial yang berlaku (hal ini terjadi antara lain dalam introduksi teknologi cangkul untuk menggantikan teknologi tugal di berbagai tempat di Papua).

Di Indonesia yang memiliki sebagian besar pelaku usahatani berpendidikan rendah (*under-educated*) dan kurang terdedah (*under-exposed*), korbanan sosial untuk menerapkan teknologi pertanian presisi akan luar biasa tinggi. Teknologi presisi walaupun ditujukan untuk meningkatkan kinerja sektor pertanian, namun sudah dapat diduga bahwa hanya mereka yang sudah melek teknologi presisi (*precision technology literate*) yang akan mampu mengadopsinya lebih cepat dibandingkan dengan petani berpendidikan seadanya.

Dalam pola klasik penyuluhan, pelaku usahatani yang terlebih dahulu mampu mengadopsi teknologi pertanian presisi akan ditempatkan pada posisi “petani kunci” yang dapat diharapkan untuk terlibat seterusnya dalam proses alih-teknologi. Sebaliknya, kelompok yang secara sosial-ekonomi dan teknis tidak mampu beradaptasi dengan teknologi presisi akan tersisihkan, dan secara sosial akan membentuk komunitas petani kelas rendah dan kurang produktif.

Dari pandangan di atas terlihat bahwa teknologi pertanian presisi, sebagaimana halnya dengan teknologi modern lainnya, memiliki kekuatan diskriminatif yang besar. Hanya kelompok petani berpendidikan dan berstatus sosial-ekonomi tinggi yang mampu mengadopsi dan menerapkan teknologi dan inovasi pertanian digital tersebut. Terlepas dari tuntutan-tuntutan teknis, teknologi juga menuntut pemahaman pengguna dan calon penggunanya.

Dalam hal ini ketangguhan sosial yang kaku dapat diduga sebagai faktor utama yang berperan dalam upaya menembus barikade sosial suatu komunitas karena para calon penerima teknologi baru pada umumnya memerlukan fleksibilitas waktu dan mental dalam proses adopsi inovasi teknologi baru. Untuk membuat kondisi lebih rumit lagi, muncul pula pertanyaan terkait dengan kemasan teknologi bagaimana yang mudah dipahami petani, dan bagaimana cara menyampaikannya secara fisik dan mental kepada calon pengguna teknologi digital tersebut.

Pertanyaan lain adalah seberapa jauh dibutuhkan persyaratan pengetahuan dan keterampilan, dan apa yang harus dilakukan terhadap mereka yang berada dalam posisi kelompok mitra pembangunan namun tidak mampu mengadopsi teknologi tersebut? Dalam kondisi ini dapat diduga bahwa teknologi pertanian masa depan sebagai suatu teknologi revolusioner memiliki potensi untuk ditolak oleh komunitas calon pengguna semata-mata karena dianggap melakukan “pelanggaran” terhadap norma dan etika komunitas setempat, dan bukan karena alasan ekonomi atau finansil.

Salah satu strategi utama dalam proses adopsi teknologi adalah penyebaran “paket-paket teknologi” yang mengandung teknologi baru lengkap dengan petunjuk rinci penggunaan teknologi dalam kemasan tersebut. Paket-paket teknologi yang dihasilkan umumnya dirakit dalam kondisi laboratorium, baik laboratorium bengkel (*workshop*), ataupun dalam kondisi operasional yang terkontrol. Kondisi yang mungkin dijumpai dalam hierarki operasional seringkali terabaikan dalam proses disain dan rancang-bangun inovasi baru, semata-mata karena informasi keragaman demografi dan kondisi lahan beserta interaksinya kurang diperhatikan sebagai faktor penentu.

Dengan demikian seringkali terjadi calon pengguna teknologi jarang mengadopsi teknologi baru secara utuh sebelum mereka memperhitungkan berbagai penyesuaian yang mungkin harus mereka lakukan dalam kaitannya dengan kondisi ekosistem mikro dan finansil yang mereka miliki.

Dibandingkan dengan peneliti dan perekayasa teknologi baru, petani tidak memiliki akses cukup terhadap input-input yang diperlukan untuk mengadopsi inovasi baru tersebut. Sebaliknya, para perancang dan perakit teknologi “dimanjakan” oleh ketersediaan input yang memadai dengan kebutuhan mereka. Pengalaman menunjukkan bahwa pengguna akhir teknologi memahami bahwa mengadopsi teknologi secara parsial tidak akan memberikan hasil yang optimal. Akan tetapi mereka juga tidak mampu memberikan korbanan yang optimum untuk mengadopsi teknologi baru secara utuh.

Menghadapi kondisi tersebut pada akhirnya dengan berbagai pertimbangan, mereka “terpaksa” memilih untuk tidak mengadopsi teknologi baru tersebut. Dalam hal ini, petani (terutama petani berlahan sempit dan petani penggarap tanpa lahan), pada akhirnya dihadapkan pada pilihan *“all or nothing”*.

Bila satu saja elemen paket teknologi tersebut ditiadakan, maka kinerja usahatani mereka tidak akan lebih baik daripada kinerja usahatani tradisional. Pendapat ini mungkin tidak benar secara mutlak, namun dalam berbagai kasus di berbagai wilayah di Indonesia asumsi ini masih sahih dan dapat diterima.

Pada hakekatnya upaya modernisasi pertanian dengan teknologi pertanian presisi memiliki kekuatan besar dalam upaya transformasi komunitas pertanian dan pedesaan di Indonesia. Namun demikian salah satu karakter negatif transformasi sosial adalah pelebaran rumpang (*gap*) antara komunitas berstatus ekonomi tinggi dan kelompok miskin, peningkatan migrasi perkotaan (*urban migration*) yang disebabkan oleh penurunan kebutuhan tenaga kerja di sektor pertanian, pergeseran peluang ekonomi dari gender wanita ke pria, pergeseran konsentrasi lahan pertanian ke tangan kelompok kaya, dan berbagai kondisi menyedihkan lainnya.

Dalam kaitannya dengan perubahan dan dinamika demografis komunitas petani, introduksi teknologi ke dalam kondisi komunitas petani dapat menimbulkan efek diskriminatif secara jelas. Kekuatan diskriminatif tersebut akan berbeda dalam kondisi dengan keragaman sosial, ekonomi dan biofisik yang berbeda.

Sebagai suatu kasus simulatif, penerapan teknologi pertanian presisi sebagai suatu teknologi maju memiliki peluang besar untuk diadopsi dan diimplementasikan dalam kelompok petani yang mampu memenuhi tuntutan sosial, ekonomi dan faktor biofisik sebagai *trade-off* bagi teknologi pertanian presisi tersebut. Tuntutan sosial ditunjukkan antara lain oleh kesediaan berkerjasama, pendidikan, keterampilan dan pengalaman berusahatani.

Tuntutan ekonomi dipenuhi melalui kekayaan, daya beli tinggi, atau status ekonomi lainnya. Kondisi biofisik dicerminkan oleh ketersediaan atau kontrol terhadap fasilitas fisik (lahan usahatani, bangunan dan infrastruktur usaha, dan lain-lain). Simulasi sosio-tekno-ekonomi ini mencakup 3 kelompok status petani sebagai calon penerima teknologi pertanian presisi.

Simulasi dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa bagi petani kaya yang mampu menguasai hampir seluruh input produksi usahatani, peluang untuk mengadopsi teknologi pertanian baru, termasuk teknologi presisi, adalah tinggi. Kondisi ini berkaitan dengan fakta hipotetis bahwa petani kaya akan mampu memberi korbanan yang dibutuhkan guna memenuhi tuntutan adopsi teknologi baru tersebut, terutama kondisi yang berkaitan dengan progres ekonomi dan finansil.

Petani miskin dengan lahan yang terbatas dan daya beli yang lemah mungkin masih memiliki kemampuan untuk memberi korbanan guna memperoleh beberapa komponen yang diperlukan. Dengan kemampuan ekonominya, kelompok ini masih mampu memberikan korbanan bagi beberapa komponen usahatani, namun dalam jumlah terbatas; atau mereka dapat memperoleh komponen tersebut melalui jalan lain seperti kredit atau pinjaman. Secara umum, sebagian petani miskin dengan sumber daya terbatas masih dapat berpartisipasi dalam program pertanian presisi dengan persyaratan atau kondisi khusus.

Tabel 2. Simulasi Adopsi Teknologi Pertanian Presisi di Berbagai Status Sosio-Tekno-Ekonomi

No.	Status Petani	Asumsi Tuntutan Kebutuhan Adopsi Teknologi Digital					Peluang mengadopsi teknologi baru
		Pendidikan	Keterampilan teknis bertani	Kemampuan finansi dan daya beli	Kondisi lahan	Infrastruktur usahatani	
1.	Petani kaya	Relatif tinggi	Tinggi	Tinggi	Subur	Memadai	Tinggi
2.	Petani miskin	Sedang sampai rendah	Sedang sampai rendah	Sedang sampai rendah	Rata-rata	Cukup sampai kurang	Sedang sampai rendah
3.	Petani tak berlatihan	Rendah sampai tidak berpendidikan	Rendah sampai tidak ada	Rendah sampai tidak mampu	Kurang sampai tidak subur	Kurang atau tidak ada	Rendah sampai tidak mampu

Petani tidak berlahan mungkin masih dapat berpartisipasi dalam program pertanian presisi di masa depan, namun dengan input yang diperoleh secara sosial, atau dengan cara yang tidak berkaitan dengan nilai ekonomi (misalnya melalui sumbangan atau pinjaman). Pada dasarnya kelompok ini dapat memperoleh teknologi baru dengan nilai sosial atau melalui pertukaran, namun kondisi ini akan sangat sulit terjadi. Konsekuensinya, kelompok ini memiliki peluang rendah atau bahkan nil untuk ikut serta dalam program pertanian presisi.

Simulasi di atas menunjukkan bahwa petani berstatus sosial-ekonomi rendah cenderung mengabaikan penggunaan teknologi modern hanya karena keterbatasan sumber daya lahan, kekurangan tenaga kerja keluarga dan tidak memiliki orientasi pasar. Kesimpulannya adalah bahwa proses dan tingkat adopsi teknologi pertanian apapun antara petani kaya dan petani miskin tidak akan pernah sama.

Dalam simulasi di atas terlihat bahwa akan terdapat kelompok yang tertinggal atau tersisihkan hanya karena mereka tidak mampu memberikan korbanan untuk memperoleh teknologi baru atau sebagian komponen teknologi baru, atau kedua-duanya. Simulasi tersebut menunjukkan bahwa implementasi teknologi pertanian presisi akan meninggalkan petani tidak berlahan dan sebagian petani miskin dalam program modernisasi pertanian presisi.

Namun ironisnya, kelompok yang tertinggal (atau ditinggalkan) pada umumnya adalah mereka yang sangat membutuhkan teknologi untuk meningkatkan produktivitas usahatani mereka, akan tetapi mereka tidak mampu untuk memberikan korbanan yang layak untuk memenuhi kebutuhannya. Dugaan, atau mungkin fakta tersebut dapat menjerat perancang dan pelaksana kebijakan dalam pertanyaan: "Apa yang harus dikatakan kepada mereka yang tertinggal hanya karena tidak mampu memberikan korbanan untuk memenuhi tuntutan adopsi inovasi baru yang dapat meningkatkan kualitas hidup mereka?"

Melalui pembandingan dengan simulasi diatas, pendekatan populis yang pernah dikemukakan abad lalu oleh Chambers et al. (1989), Roling dan Engel (1989), Warren (1991), dan Reijntjes et al. (1992) yang

menempatkan petani sebagai pengguna teknologi melalui kearifan lokal setempat, nampaknya tidak mempertimbangkan kekuatan diskriminatif teknologi tersebut. Teknologi presisi secara utuh adalah teknologi baru, modern dan revolusioner, yang menuntut kondisi-kondisi tertentu. Sifat populis teknologi presisi mungkin hanya terletak dalam peluangnya untuk memanfaatkan pengetahuan lokal yang berkaitan dengan kondisi usahatani dan ekosistem lokal saja, akan tetapi kekuatan diskriminatifnya tetap berlaku.

Rangkuman

Introduksi dan pengembangan sistem dan teknologi pertanian presisi mampu meningkatkan efisiensi usahatani dan keuntungan sosial sebagaimana halnya dengan kinerja yang diberikan oleh teknologi pertanian modern lainnya. Namun demikian biaya sosial dalam introduksi teknologi pertanian presisi sangat tinggi dibandingkan dengan perkiraan saat ini. Secara ringkas, rangkuman yang dapat ditarik dari bahasan dalam naskah ini adalah:

1. Adopsi dan implementasi teknologi pertanian presisi di masa depan memiliki kekuatan besar dalam upaya meningkatkan produktifitas dan efisiensi usahatani dan industri pertanian di Indonesia. Namun demikian, teknologi presisi juga memiliki kekuatan diskriminatif yang signifikan yang mengotak-kotakkan pengguna teknologi tersebut kedalam kategori petani mampu, kurang mampu, dan petani tidak mampu berkaitan dengan korbanan (*trade-off*) yang harus diberikan.
2. Guna mempercepat proses adopsi dan implementasi teknologi pertanian presisi sebagai pertanian masa depan, hendaknya dilakukan upaya “manipulatif-positif” melalui pendekatan sosial dan sosiologis terhadap ekologi kultural setempat guna menciptakan dan meningkatkan situasi kondusif bagi pemahaman petani yang berkaitan dengan korbanan sosial guna mengadopsi teknologi pertanian masa depan tersebut.

Daftar Pustaka

- Ajzen, I. 1991. The theory of planned behavior. *Organizational Behaviour Human Decision Process.* 50:179–211.
- Alfi, A.N. 2017. Kementan Cetak Petani 'Jaman Now' Melek Digital. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20171130/99/714226/kementan-cetak-petani-jaman-now-melek-digital>.
- Bachriadi, D., dan Gunawan Wiradi. 2011. Enam Dekade Ketimpangan: Masalah Penguasaan Tanah di Indonesia. Bandung 40293 (ID): Agrarian Resource Centre (ARC), Bina Desa, Konsorsium Pembaruan Agraria (KPA. September, 2011).
- BB Padi, Balitbangtan-Kementerian Pertanian. 2018. Kebutuhan Air untuk menghasilkan 1 kg gabah. bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/tahukan-anda/357-kebutuhan-air-untuk-menghasilkan-1kg-gabah.
- Beranda Iptek. 2018. Indonesia Luncurkan Program Digitalisasi Pertanian. <https://www.dw.com/id/indonesia-luncurkan-program-digitalisasi-pertanian/a-44596827>.
- Chambers, R., A. Pacey, and L.A. Thrupp (eds.). 1989. Farmer First: Farmer Innovation and Agricultural Research. London (GB): Intermediate Technology Publications Ltd.
- Cherry, Kendra. 2019. The 6 Stages of Behavior Change: The Transtheoretical or Stages of Change Model. <https://www.verywellmind.com/the-stages-of-change-2794868>. Updated April 06, 2019.
- Karahanna, E., and D.W. Straub. 1999. The psychological origins of perceived usefulness and ease-of-use. *Information Management* 1999;35:237–50. Diunduh tanggal 12 Januari 2019.
- Karpinski, I.H., Johannes Schuler, and Klaus Müller. 2015. A new approach to support site-specific farming and economic decision making for precision agriculture in East Germany: The heterogeneity indicator. Article in *Outlook on agriculture*. December 2015. DOI:10.5367/oa.2015.0224. <https://www.researchgate.net/publication/288686527>. Diunduh tanggal 18 Oktober 2018.

- Karpinski, I.H. 2014. Economic analysis of widespread implementation of precision agriculture in Germany. Humboldt-Universität Berlin, website: <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/karpinski-isabella-helene-2014-06-03/PDF/karpinski.pdf>. Diunduh tanggal 22 Oktober 2018.
- Kementan. 2015. Modernisasi, Kata Kunci Kemajuan Pertanian Indonesia 2015. Dalam Tribunnews, 29 Oktober 2015. <http://www.tribunnews.com/kementan/2015/10/29/modernisasi-kata-kunci-kemajuan-pertanian-indonesia-2015>.
- Kementan. 2018. Capaian Kinerja Pembangunan Pertanian 2014-2017 dan Rencana Kerja Dua Tahun Kedepan. Jakarta (ID): Rapat Kerja Nasional, 15 Januari 2018.
- Kementan. 2018. Modernisasi Pertanian Jadi Andalan Kementerian Menghadapi Globalisasi. <http://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=2267>.
- Kusmiadi, Edi. 2019. Pengertian dan Sejarah Perkembangan Pertanian. <https://www.google.com/search?q=Pengertian+dan+Sejarah+Perkembangan+Pertanian+Edi+kusmiadi&ie=utf-8&oe=utf-8>. Diunduh tanggal 29 April 2019.
- Pierce, F.J., and P. Nowak. 1999. Aspects of Precision Agriculture. Advanced Agronomy 1999; 67:1-86. www.sciencedirect.com. Diunduh tanggal 4 Februari 2019.
- Pierpaoli, E., Giacomo Carli, Erika Pignatti, and Maurizio Canavari. 2013. Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review. 6th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment (HAICTA 2013). Science Direct. Elsevier. www.sciencedirect.com. Diunduh tanggal 8 Februari 2019.
- Pioneer. 2019. Kondisi Pertanian Indonesia, Apakah Bisa Maju? <https://www.pioneer.com/web/site/indonesia/Kondisi-Pertanian-Indonesia-Apakah-Bisa-Maju>.
- Pretty, Jules. 1995. Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance. London (GB): Earthscan Publications Ltd.

- Putri, N.N. 2018. Kementan Beberkan Strategi Hadapi Industri 4.0 di Sektor Pertanian. Detik Finance, 13 Desember 2018. <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-4342616/kementan-beberkan-strategi-hadapi-industri-40-di-sektor-pertanian>.
- Reijntjes, C., B. Haverkort, and A. Waters-Bayer. 1992. Farming for the Future: an Introduction to Low-External-Input and Sustainable Agriculture. The Information Centre for Low-External-Input and Sustainable Agriculture (ILEIA). London (GB): MacMillan Press Ltd.
- Rezaei-Moghaddam K, Salehi S. 2010. Agricultural specialists' intention toward precision agriculture technologies: Integrating innovation characteristics to technology acceptance model. African Journal of Agriculture Research. 5:1191–9.
- Roling, N., and P. Engel. 1989. IKS and Knowledge Management: Utilizing Indigenous Knowledge in Institutional Knowledge Systems. In WARREN et al. (eds.) Indigenous Knowledge Systems: Implications for Agriculture and International Development. Studies in Technology and Social Change 11. Ames, IA (US): Technology and Social Change Program, Iowa State University.
- Schmaltz, Remi. 2017. What Is Precision Agriculture? Media@ Agfundernews.Com. April 24, 2017 Remi Schmaltz. [Https://Agfundernews.Com/What-Is-Precision-Agriculture.Html/](https://Agfundernews.Com/What-Is-Precision-Agriculture.Html/)
- Schwab, Klaus. 2016. The Fourth Industrial Revolution. Cologny/Geneva, Switzerland: World Economic Forum.
- Shaw, Jim. 2017. Technology That Will Change Agriculture In 2017. Guest Authors Agriculture, Science 0. March 22, 2017. Fafdl.Org/Blog/2017/03/22/Technology-That-Will-Change-Agriculture-In-2017/. Diunduh Tanggal 21 Oktober 2018.
- Slamethariyono. 2012. Sistem Pertanian di Indonesia. 25 Januari 2012. <https://selamethariyono.wordpress.com/2012/01/25/sistem-pertanian-di-indonesia/>. diunduh tanggal 18 April 2019.

- Sunga, Ishmael. 2017. These 5 innovations will transform the lives of smallholder farmers. World Economic Annual Meeting. 05 January 2017. www.weforum.org/agenda/2017/01/these-5-innovations-will-transfer-the-life-of-smallholders-farmers/. Diunduh tanggal 21 Oktober 2018.
- Suradisastra, Kedi. 1999. Pengembangan Sumberdaya Manusia dan Penguatan Kelembagaan. Makalah disajikan dalam Pelatihan Alih Teknologi. Subang, 1-10 Februari 1999. Subang (ID): Balai Pengembangan Teknologi.
- Tomas, Juan Pedro. 2017. What is precision agriculture and how does it help farmers? Enterprise IoT Insights, June 2nd 2017. <https://www.agricolus.com/en/what-is-precision-agriculture-and-does-it-help-farmers/>. Diunduh tanggal 22 Oktober 2018.
- [UNIDO]. 2014. Industry 4.0: Opportunities and Challenges of the New Industrial Revolution for Developing Countries and Economies in Transition, Panel Discussion. <https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf>
- Warren, D. 1991. The Role of Indigenous Knowledge in Facilitating a Participatory Approach to Agricultural Extension. Paper presented at the International Workshop on Agricultural Knowledge Systems and the Role of Extension. Bad Boll, Germany. 21-24 May.
- Wikipedia, the free encyclopedia. 2019: Behavioural Change Theories. https://en.wikipedia.org/wiki/Behavioural_change_theories. Diunduh tanggal 22 Oktober 2018.
- Wikipedia, the free encyclopedia. 2018. Precision Agriculture. https://en.wikipedia.org/wiki/Precision_agriculture. Diunduh tanggal 22 Oktober 2018.
- Yunita, N.W. 2017. Kementan Kejar Swasembada Pangan dengan Pertanian Digital. Detik Finance, 31 Oktober 2017. <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-3708204/kementan-kejar-swasembada-pangan-dengan-pertanian-digital>.
- Zhang, N., M. Wang, and N. Wang. 2002. Precision Agriculture – a worldwide overview. Comput Electron Agriculture 2002;36:113-32. www.sciencedirect.com. Diunduh tanggal 4 Februari 2019.

Mempersiapkan Generasi Milenial Mendukung Pertanian Presisi

Mewa Ariani

Sektor pertanian sampai kapanpun akan menjadi sektor penting karena harus menyediakan pangan yang dibutuhkan oleh penduduk. Setiap periode pemerintahan pasti berusaha untuk memenuhi pangan tersebut. Seperti pada Kabinet Kerja saat ini, agenda prioritas Kabinet Kerja mengarahkan pembangunan pertanian untuk mewujudkan Indonesia sebagai bangsa dapat mengatur dan memenuhi kebutuhan pangan rakyatnya secara berdaulat. Bahkan salah satu upaya pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan melalui penguatan pertanian.

Tantangan yang dihadapi pembangunan pangan dan pertanian kedepan adalah jumlah penduduk semakin bertambah, sehingga pangan yang disediakan juga semakin bertambah, perubahan pola makan sebagai akibat dari meningkatnya pendapatan, permintaan pangan dan produk pertanian lainnya. Disisi lain, penyediaan pangan dihadapkan pada tantangan perubahan iklim, penurunan kuantitas dan kualitas sumberdaya lahan. Menurut FAO (2017), perubahan iklim memiliki dampak besar pada ketahanan pangan. Lebih dari 815 juta orang kelaparan kronis dan 64 persen kelaparan kronis di Asia. Apabila tantangan tersebut tidak diantisipasi dengan baik, dikhawatirkan jumlah penduduk yang mengalami kelaparan akan terus bertambah.

Arah pembangunan pertanian saat ini dan kedepan harus dilakukan dengan mewujudkan keberlanjutan sistem pangan dan pertanian global sekaligus mampu menjamin kelestarian sumber daya alam dan lingkungan. Pada saat ini berkembang teknologi yang dikenal dengan Industri 4.0. Untuk mendukung revolusi industri 4.0, sektor pertanian bereksperimen dengan model dan inovasi bisnis baru, seperti pertanian presisi, pertanian vertikal, pertanian pintar (smart farming). Data besar,

sensor dan drone, alat analisis, internet pertanian dan otomatisasi alsintan adalah beberapa teknologi yang mendukung industri 4.0. Berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi (TIK) di era industri 4.0 diharapkan mampu mengatasi permasalahan dan tantangan pembangunan pertanian.

Pertanyaannya adalah bagaimana petani dapat memanfaatkan teknologi modern tersebut? Apakah mungkin sistem pertanian yang telah berkembang di Indonesia diubah menjadi pertanian modern? Di Indonesia, permasalahan utama pelaku pembangunan pertanian adalah penurunan jumlah petani dan umur petani yang relatif tua (*aging farmer*). Menurut data BPS, selama kurun waktu 10 tahun (2003-2013), jumlah rumah tangga petani berkurang sebanyak lima juta. Angka ini cukup besar dan memberikan implikasi bagi keberlanjutan sektor pertanian, karena pertanian di Indonesia digerakkan mengandalkan sumberdaya petani sebagai pelaku utama. Struktur umur petani sudah tua yaitu 60,8% diatas 45 tahun dengan 73,97% sampai hanya tingkat SD, dan kapasitas menerapkan teknologi baru yang rendah (BPS 2014)

Secara umum, sektor pertanian belum mampu memberikan nilai tambah yang tinggi baik bagi pendapatan, kesejahteraan serta bagi pengembangan karir. Hal ini menjadi alasan bahwa minat generasi muda pada sektor pertanian menjadi sangat terbatas dan sulit bagi mereka untuk menekuninya (Kementerian PPN/Bappenas dan OECD 2017). Bekerja di sektor pertanian kurang menjanjikan untuk kehidupan yang layak untuk mendorong minat generasi muda sehingga mereka memilih untuk bekerja di luar sektor pertanian. Mereka lebih memilih untuk mengadu nasib ke luar kota bahkan ke luar negeri, bekerja di pabrik-pabrik, bidang kedokteran, menjadi Pegawai Negeri Sipil (PNS), dan pekerjaan bergengsi lainnya (Kementerian Pertanian 2015).

Oleh karena itu, untuk menghadapi pertanian di era industri 4.0, fokus pemerintah tidak hanya pada pengembangan teknologi yang diterapkan pada proses pertanian tetapi juga harus berfokus pada pengembangan sumberdaya manusia terutama pada generasi muda yang dikenal dengan generasi milenial. Generasi ini dituntut untuk menyiapkan diri terlibat aktif dalam mewujudkan pertanian modern. Makalah ini

bertujuan menganalisis karakteristik generasi milenial dan menyusun strategi kebijakan implementasinya agar mereka tertarik bekerja di bidang pertanian.

Karakteristik Generasi Milenial

Kriteria dan Karakteristik

Banyak versi batasan umur generasi milenial. Menurut Kaczorowska et al. (2017) generasi milenial adalah generasi yang lahir antara tahun 1982 sampai 2004 atau berumur antara 24-36 tahun. Menurut Vanmeter et al. (2013), generasi milenial yang juga disebut generasi Y adalah generasi yang lahir antara tahun 1980-2000, yang berarti pada saat ini berumur antara 18-38 tahun. Sementara menurut Bappenas (2018) milenial adalah generasi muda yang berumur antara 20-34 tahun, sedangkan Kementerian Pertanian menetapkan generasi milenial adalah mereka yang berumur antara 19-39 tahun.

Hasil studi yang dilakukan oleh *Boston Consulting Group* Bersama *University of Berkley* tahun 2011 di Amerika Serikat tentang generasi milenial USA sebagai berikut:

1. Minat membaca secara konvensional sudah menurun karena generasi Y lebih memilih membaca lewat smartphone mereka,
2. Milenial wajib memiliki akun sosial media sebagai alat komunikasi dan pusat informasi,
3. Milenial pasti lebih memilih ponsel daripada televisi. Menonton sebuah acara televisi kini sudah tidak lagi menjadi sebuah hiburan karena apapun dapat ditemukan di telepon genggam dan
4. Milenial menjadikan keluarga sebagai pusat pertimbangan dan pengambilan keputusan mereka (Kementerian pemberdayaan Perempuan dan perlindungan Anak dengan BPS, 2018).
5. Dalam aspek bekerja generasi milenial mempunyai karakteristik bekerja yang berbeda dengan generasi sebelumnya, diantaranya adalah:

6. Milenial bekerja bukan hanya sekedar untuk menerima gaji tetapi untuk mengejar tujuan,
7. Milenial tidak terlalu kepuasan kerja, namun menginginkan kemungkinan mengembangkan diri dalam pekerjaan tersebut (mempelajari hal baru, skill baru, sudut pandang baru, mengenal lebih banyak orang, mengambil kesempatan untuk berkembang dan sebagainya),
8. Milenial tidak menginginkan atasan yang suka memerintah dan mengontrol,
9. Milenial tidak menginginkan review tahunan namun *on going conversation*,
10. Milenial tidak berpikir memperbaiki kekuarangannya namun lebih berpikir untuk mengambangkan kelebihannya dan
11. Bekerja bukan hanya sekedar bekerja namun bekerja merupakan sebagian dari hidup mereka (Gallup 2016).

Secara umum sifat generasi milenial seperti diungkap oleh Lancaster dan Still (2002) adalah realistik, sangat menghargai perbedaan, lebih memilih bekerjasama daripada menerima perintah, sangat pragmatis ketika memecahkan masalah (Tabel 1). Sementara dalam hal pekerjaan, mereka memilih rasa optimis yang tinggi, fokus pada prestasi, percaya diri, percaya pada nilai-nilai moral dan sosial, menghargai adanya keragaman.

Devi dan Aisha (2017) melakukan penelitian terkait mengubah nilai tempat kerja antara kelompok generasi di Bank Umum dan Swasta di India. Hasil penelitian menunjukkan generasi *Baby Boomer* menghargai kebijakan secara formal, memberikan nilai yang tinggi pada pekerjaan, penghargaan, keselamatan dan nilai etika dan sosial di tempat kerja.

Sebaliknya untuk generasi X mendukung pengaturan kerja secara informal dan lebih suka bekerja di lingkungan berbasis teknologi. Sementara generasi Y atau generasi milenial menunjukkan sangat bersemangat dalam bekerja, multitasking, mengerti teknologi, lebih suka di tempat kerja yang nyaman, dan umpan balik diberikan secara langsung.

Hasil penelitian ini memperkuat hasil review yang dilakukannya bahwa karakteristik generasi milenial yang menonjol adalah selalu menggunakan teknologi dalam komunikasi dan bekerja, mereka bekerja dengan kategori serba bisa dengan aturan organisasi secara informal.

Perbedaan mendasar pada kedua generasi tersebut adalah dalam hal penggunaan teknologi, dimana generasi tua jarang menggunakan teknologi komunikasi, sebaliknya generasi milenial sangat tinggi penggunaannya atau mereka hidup di masa perkembangan teknologi informasi dan komunikasi digital. Mereka menggunakan teknologi informasi seperti *handphone* dan internet secara aktif dan masif. Informasi teknologi sangat berguna untuk memudahkan mendapatkan segala informasi. Banyak jenis layanan informasi yang dapat dimanfaatkan seperti dapat komunikasi dengan cepat dan mudah melalui *whatshaap* atau *youtube*, dan lainnya. Generasi milenial memandang teknologi informasi digital seperti internet dapat mengubah segalanya dalam kehidupan. Mereka dapat akses informasi tanpa batas, informasi ilmu pengetahuan diperoleh dengan mudah dan cepat. Komunikasi tidak harus dilakukan secara tatap muka langsung.

Tabel 1. Karakteristik Generasi Milenial

Faktor	Karakteristik
Sikap secara umum	Realistik, sangat menghargai perbedaan, lebih memilih bekerjasama daripada menerima perintah dan sangat pragmatis dalam memecahkan masalah
Kebiasaan dalam bekerja	Memilih rasa optimis yang tinggi, fokus pada prestasi, percaya diri, percaya pada nilai-nilai moral dan sosial, menghargai adanya keragaman

Sumber: Lancaster dan Still (2002)

Tabel 2. Perbedaan Menyikapi Pekerjaan Menurut Generasi

Karakteristik	Baby boomers	Gen X	Gen Y/Milenial
Loyalitas pekerjaan di organisasi	Tinggi	Sedang	Rendah
Keseimbangan kehidupan kerja	Rendah	Tinggi	Tinggi
Penggunaan elektronik komunikasi	Rendah	Tinggi	Tinggi
Respek terhadap prosedur formal	Tinggi	Sedang	Rendah
Reward dan ekspektasi	Rendah	Sedang	Tinggi

Sumber: Devi dan Aisha (2017)

Namun demikian apabila penggunaan teknologi ini tidak proposisional akan berdampak negatif pada penggunanya. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Suryadi (2015) pada 176 responden menunjukkan ada permasalahan serius pada generasi milenial terkait dengan teknologi komunikasi digital seperti adiksi terhadap gadget, tidak fokus belajar, emosi mudah terganggu. Permasalahan lain adalah pornografi, pergaulan bebas dan lainnya seperti masalah dengan keluarga dan keuangan.

Selanjutnya dijelaskan lebih lanjut proses dampak penggunaan teknologi seperti internet dan teknologi komunikasi sebagai berikut:

1. Ketergantungan yang berlebihan terhadap gadget mengakibatkan lupa waktu, mengganggu konsentrasi belajar, penurunan kemampuan sosialisasi (Soetjipto 2005)
2. Tidak fokus belajar sebagai akibat penggunaan teknologi gadget game dan media sosial berlebihan sehingga kecanduan dan sulit untuk fokus belajar. Delirium dementia penurunan intelektual karena kecacauan mental (Mujib 2006).

Jumlah dan Karakteristik Pemuda di Indonesia

Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2010 sebesar 238,5 juta dan diproyeksikan pada tahun 2035 mencapai 305,6 juta orang (Bappenas, BPS, United Nations Population Fund 2013). BPS menyajikan data Statistik Pemuda tahun 2018 yang berisi batasan umur pemuda dan karakteristiknya. Mengacu pada hal tersebut, definisi pemuda adalah mereka yang berumur antara 16-30 tahun. Memperhatikan adanya variasi dalam menentukan batasan umur generasi milenial maka batasan pemuda ini dapat diasumsikan sebagai batasan umur generasi milenial di Indonesia. Jumlah penduduk milenial pada tahun 2018 sebesar 24,15 persen dari total penduduk Indonesia (238,5 juta orang) atau sebesar 63 juta penduduk (BPS 2018). Sebagian besar mereka bertempat tinggal di perkotaan seperti pada Tabel 3.

Seiring dengan hasil proyeksi penduduk, jumlah generasi milenial juga bertambah menjadi sekitar 90 juta orang. Hal inilah yang sering disebutkan Indonesia akan mengalami bonus demografi yang jika tidak dipersiapkan dengan baik akan menjadi beban Negara. Menurut

kepala Bappenas, Indonesia memiliki penduduk usia produktif yang lebih banyak dibandingkan lima negara Asia lainnya yang memiliki produk domestik bruto (PDB) besar seperti China, Jepang, India, dan Korea. Negara-negara tersebut saat ini mulai memasuki fase *aging population* karena penduduk tuanya mulai mendominasi total jumlah penduduk.

Badan Pusat Statistik secara khusus menerbitkan buku tekit generasi milenial dengan judul: Statistik Pemuda Indonesia, yang diterbitkan pada tahun 2018. Dalam buku ini berisi karakteristik pemuda dari berbagai dimensi seperti wilayah, pekerjaan, kesehatan dan lainnya. Jumlah dan kepadatan penduduk Di Pulau Jawa paling besar dibandingkan dengan pulau lainnya

Tabel 3. Jumlah Penduduk Milenial Menurut Wilayah dan Jenis kelamin (%)

Karakteristik demografi	< 16 tahun	16-30 tahun	>30 tahun
Total	28,5	24,2	47,3
Tipe daerah			
- Kota	27,7	25,0	47,3
- Desa	29,6	23,1	47,3
Jenis kelamin			
- Laki-laki	29,1	24,3	46,6
- Perempuan	28,0	24,0	48

Demikian pula jumlah pemuda juga banyak yang berdomisili di Pulau Jawa (Tabel 4). Pada umumnya mereka masih tinggal dengan keluarga dengan pendidikan dominan setara SMA dan sederajat.

Tabel 4. Karakteristik Pemuda Indonesia

Jumlah (%)	Karakteristik	
	Demografi	
55,5	Menetap di Jawa	
58,2	Belum kawin	
67,5	Tinggal Bersama keluarga	
36,9	Pendidikan tertinggi SMA/Sederajat	

Tabel 4. Karakteristik Pemuda Indonesia (lanjutan)

Jumlah (%)	Karakteristik
Teknologi	
87,4	Mempunyai HP
93,0	Menggunakan HP
34,0	Menggunakan komputer
73,3	Menggunakan internet
Kesehatan	
20,2	Mengalami keluhan kesehatan dalam sebulan terakhir
33,76-33,82	Berobat ke praktek dokter/bidan, Puskesmas/ Pustu
26,44	Merokok
Pekerjaan	
52,9	Bekerja
53,0	Bekerja di jasa; 20,3 di pertanian; 26,7 di manufaktur
34,6	Sebagai tenaga produksi operator alat angkutan dan pekerja kasar
56,7	Sebagai buruh/karyawan/pegawai; 3,0 pekerja bebas di pertanian
33,4	Upah/gaji: 1 -2 juta/bulan

Sumber: *Statistik Pemuda* (2018)

Seperti halnya sifat generasi milenial secara umum, sifat pemuda di Indonesia juga melek teknologi. Mereka terbiasa menggunakan perangkat elektronik seperti *handphone*, komputer dan internet. Penggunaan *handphone* sebagai alat komunikasi dan fungsi lainnya sangat masif, sehingga pengeluaran untuk membeli pulsa relatif besar. Hasil survei Susenas (BPS 2016) menunjukkan bahwa rata-rata penduduk mengeluarkan uang untuk pembelian pulsa HP sebesar Rp.22182/bulan dan pembayaran internet sebesar Rp.6409/bulan, sedangkan pengeluaran untuk pembelian telur dan susu (Rp.6539), sayuran (Rp.8051) atau buah-buahan (Rp.4496) lebih rendah dari pembelian pulsa HP.

Para pemuda Indonesia pada umumnya bekerja di sektor jasa (53%), hanya 20 persen yang bekerja di sektor pertanian. Dengan demikian para generasi milenial dominan bekerja di luar pertanian. Seperti telah diungkapkan dalam pendahuluan, para pemuda tidak tertarik bekerja

di pertanian karena sektor ini kurang menjanjikan baik dalam hal pendapatan dan penampilan. Padahal sektor pertanian memungkinkan dapat menghasilkan pendapatan secara harian dan dilakukan dengan *friendly*, nyaman sesuai dengan karakter pekerjaan milenial.

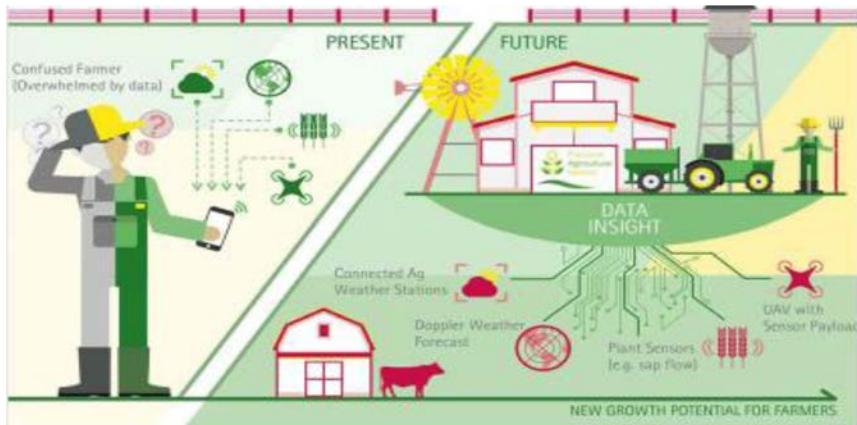
Kebijakan Strategi dan Langkah Operasional Mempersiapkan Generasi Milenial

Perpektif Pertanian Presisi

Telah banyak publikasi yang mengaitkan perubahan yang terjadi pada sektor industri yang dikenal dengan industri 4.0 dan dampaknya pada sektor pertanian. Secara umum pembahasan untuk keterkaitan tersebut adalah sama namun kadang-kadang menekankan pada aspek spesifik sesuai fokus dan penekanannya. Komisi Eropa (*European Commission*) pada tahun 2017 menulis buku dengan judul *Industri 4.0 in agriculture: focus on IoT aspects*.

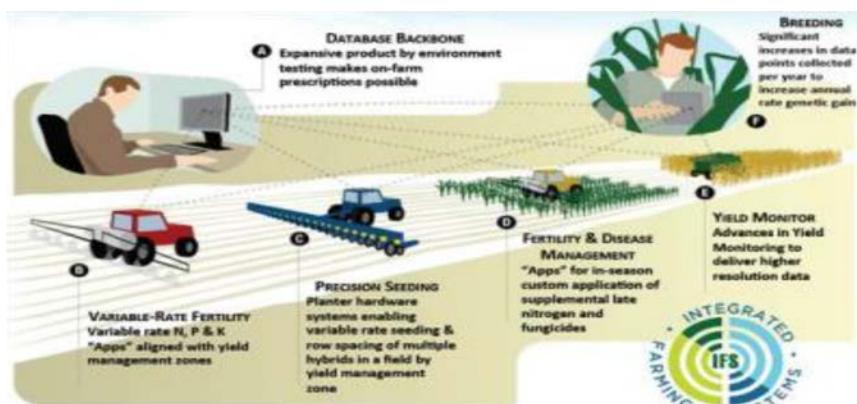
Dalam buku tersebut disebutkan bahwa tren industri 4.0 dipandang sebagai upaya mentransformasikan kekuatan yang akan yang berdampak pada sektor industri. Kecenderungan tersebut adalah membangun berbagai digital teknologi seperti *internet of thing*, besar data, kecerdasan buatan. Selain itu, juga digital secara praktis seperti kerjasama, mobilitas, keterbukaan inovasi. Trend industri 4.0 ini akan mengubah kemampuan produksi semua industri termasuk pada sektor pertanian.

Di sektor pertanian, akan mengubah infrastruktur produksi seperti traktor dan mesin yang keduanya akan meningkatkan produktivitas dan kualitas serta keberlanjutan lingkungan. Selain itu, juga akan menghasilkan modifikasi dalam rantai nilai dan model bisnis dengan lebih banyak penekanan pada aspek pengumpulan pengetahuan, analisis dan pertukaran. Digitalisasi pertanian didasarkan pada pengembangan dan pengenalan alat dan mesin baru dalam produksi. Beberapa perubahan teknologi pertanian kedepan sejalan dengan era industri 4.0 seperti pada Gambar 1, 2, 3 dan 4.



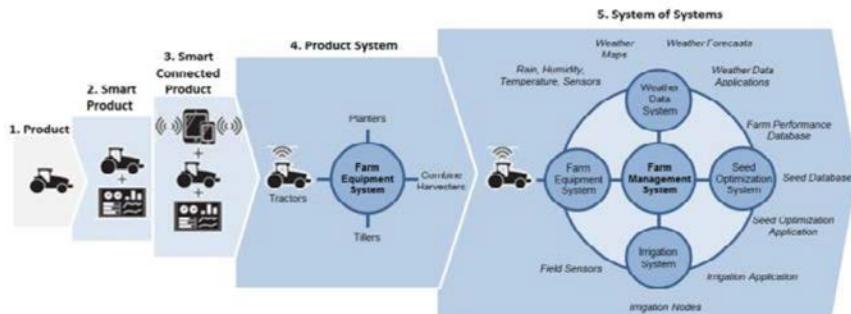
Gambar 1. Keterpaduan informasi data pertanian masa depan

Sumber: Europe Comission (2017)



Gambar 2. Platform data menuju pertanian presisi

Sumber: Europe Comission (2017)

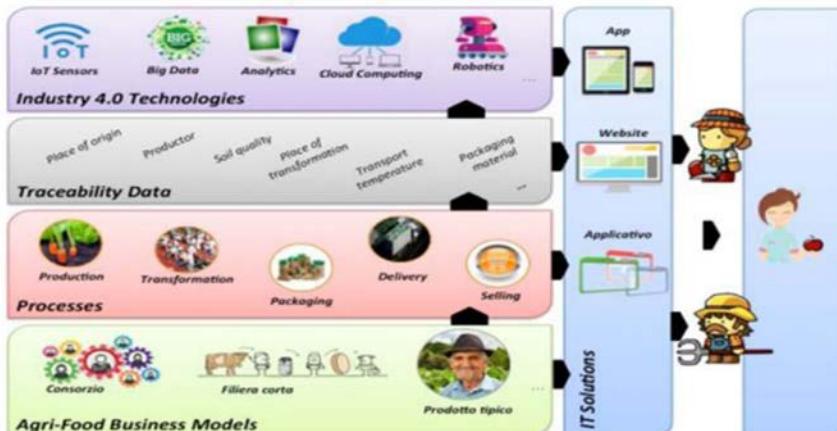


Gambar 3. Penawaran Produk Pertanian Menuju Sistem Sistem Terintegrasi

Sumber: Europe Comission (2017)

Clerca, Vats, Biel (2018) menyakatkan bahwa pertanian 4.0 mampu mendekatkan antara sisi permintaan dan sisi penawaran secara bersamaan seiring dengan masalah kelangkaan makanan. Penggunaan teknologi tidak hanya semata-mata menghasilkan inovasi tetapi juga untuk meningkatkan dan mengatasi kebutuhan konsumen dan merekayasa ulang rantai nilai (pasokan pangan).

Pertanian modern menggunakan kemajuan dalam teknologi, termasuk sensor, perangkat, mesin, dan teknologi informasi. Pertanian di masa depan akan menggunakan teknologi canggih seperti robot, sensor suhu dan kelembaban, gambar udara, dan Teknologi GPS.



Gambar 4. Kerangka Kerja Sistem Keterlacakkan (*traceability*) Informasi
Sumber: Europe Comission (2017)

Kemajuan ini akan memungkinkan bisnis menjadi lebih menguntungkan, efisien, lebih aman, dan ramah lingkungan. Sementara itu hasil penelitian yang dilakukan oleh Corallo, Latino, Menegoli (2018) menunjukkan bahwa seluruh informasi dalam teknologi informasi dan aplikasi mobile dapat diakses oleh perusahaan, seluruh rantai pasokan dan konsumen dengan tujuan untuk menjamin transparansi dan kualitas.

Dari gambar-gambar tersebut memperlihatkan bahwa pertanian masa depan adalah pertanian yang memperhatikan dominansi aspek keberlanjutan seperti kesepakatan global yang tertuang dalam *Sustainability development Goals* (SDGs) dengan memanfaatkan teknologi pertanian presisi yang berkembang di sektor industri. Hal ini sebagai respon bahwa kebutuhan pangan kedepan akan terus meningkat, sementara untuk mencukupi kebutuhan tersebut akan sulit karena kualitas sumberdaya lingkungan yang terus menurun dan perubahan iklim global. Oleh karena, pertanian kedepan adalah pertanian dengan praktek-praktek dari budidaya, produksi dan pemasaran dilakukan secara efisien dan menghasilkan nilai tambah dan produksi dengan kualitas pangan sesuai permintaan konsumen.

Salah satu perubahan mendasar menuju pertanian modern adalah masalah sumberdaya petani yaitu ketrampilan tenaga kerja pertanian sebagai pelaksana kegiatan pertanian. PBB memproyeksikan bahwa dua pertiga dari dunia populasi akan tinggal di daerah perkotaan, mengurangi tenaga kerja pedesaan. Teknologi baru akan dibutuhkan untuk meringankan beban kerja pada petani. Kegiatan pertanian akan dilakukan dari jarak jauh, proses akan otomatis, risiko akan diidentifikasi, dan masalah dipecahkan. Di masa depan keterampilan petani tidak hanya pada aspek teknologi namun juga keterampilan biologi daripada pertanian murni.

Pertanyaannya adalah siapa yang mampu melakukan pekerjaan di sektor pertanian modern sesuai dengan ciri-ciri pertanian yang telah disebutkan diatas? Jumlah generasi milenial di Indonesia cukup besar, namun mereka banyak yang bekerja di sektor jasa atau perdagangan, relatif kecil yang menggeluti bidang pertanian. Menurut Susilowati (2016) rendahnya minat generasi muda terhadap sektor pertanian ini menyebabkan senjang regenerasi di sektor pertanian.

Berbagai faktor penyebab menurunnya minat tenaga kerja muda di sektor pertanian, di antaranya citra sektor pertanian yang kurang bergengsi, berisiko tinggi, kurang memberikan jaminan tingkat, stabilitas, dan kontinyuitas pendapatan; sukses pengelolaan usaha tani rendah; belum ada kebijakan insentif khusus untuk petani muda/pemula; dan berubahnya cara pandang pemuda di era postmodern. Perspektif yang saat ini berkembang dunia pertanian merupakan bidang sangat menjemukan, kurang prospektif.

Perspektif ini timbul melihat perkembangan dunia pertanian yang saat ini lebih banyak dihuni oleh kalangan generasi tua, dan prosesnya yang sangat lama untuk dapat menghasilkan produk. Sejalan dengan tuntutan pertanian modern dan kelangkaan tenaga kerja pertanian, maka perlu adanya fokus pengembangan sumberdaya manusia di bidang pertanian dengan menyiapkan generasi milenial untuk bekerja di sektor pertanian.

Kebijakan Strategi dan Langkah Operasional

Generasi milenial diharapkan melakukan kegiatan pertanian lebih efisien dan menguntungkan dengan menggunakan lebih banyak teknologi, inovasi dan mengembangkan jiwa *entrepreneurship*. Milenial diberi kesempatan untuk terlibat di aspek produksi melalui pemanfaatan perlengkapan otomatis seperti traktor, drone, robot (Silva 2017). Belajar dari perspektif pemanfaatan teknologi baik digital, informasi yang digunakan untuk pengembangan industri 4.0, maka generasi milenial mampu terlibat di semua aspek agribisnis pertanian. Untuk mencapai hal tersebut, beberapa strategi dan langkah operasional yang harus dipersiapkan baik oleh individu milenial maupun pemerintah, lembaga legislatif dan swasta.

FAO (2014) menerbitkan buku dengan judul: *youth and agriculture: key challenges and concrete solutions*. Dalam buku tersebut disebutkan kaum muda dapat berpartisipasi dengan sukses di sektor pertanian melalui beberapa program/kegiatan diantaranya:

Pertama, akses terhadap pengetahuan, informasi dan pendidikan agar mengetahui permasalahan dan tantangan utama dalam membangun pertanian. Terkait dengan hal tersebut, kegiatan yang dilakukan adalah pembangunan *agrienterprise* dan manajemen (kasus di Kamboja, *rebranding* pertanian di sekolah (kasus di Uganda dan Santa Lusia), memberi akses sekolah bagi wanita muda (kasus di Pakistan), pelatihan sambil bekerja (kasus di Madagaskar), penggunaan teknologi tinggi bidang pertanian (kasus di Rwanda).

Kedua, akses terhadap lahan. Kaum muda sering tidak dilibatkan dalam kebijakan dan dokumen hukum terkait hak atas lahan. Kasus di Philipina, organisasi petani yang bekerja untuk reformasi agraria dan pembangunan pedesaan sejak tahun 2001 berusaha untuk meningkatkan akses ke tanah melalui program pemerintah. Organisasi ini membantu petani tidak hanya untuk mendapatkan lahan secara legal, tetapi juga membantu memperbaiki dan mengelola lahan satu kali yang diberikan kepada mereka, dan menghubungkannya dengan pasar. Kaum muda menjadi

target khusus dalam kegiatan peningkatan produktivitas pertanian dan pelatihan teknologi pertanian. *Ketiga*, akses terhadap layanan keuangan melalui berbagai pilihan bantuan seperti hibah, pinjaman khusus tanpa suku bunga serta pajak dan jenis manfaat lainnya (kasus di Perancis).

Sementara itu di Kanada dilakukan dengan menyediakan dana investasi secara privat dan public untuk petani berusia 18-40 tahun baik individu, maupun legal masyarakat, seperti kolektif dan koperasi, dapat mengambil manfaat dari layanan keuangan yang ditawarkan oleh lembaga investasi untuk pertanian ke depan (*Fonds d'investissement pour la relève agricole – FIRA*).

Keempat, akses terhadap pasar. Pendidikan dan pelatihan sangat penting jika kaum muda ingin meraih peluang pemasaran dan menciptakan bisnis mereka sendiri. Kasus di Amerika Serikat dilakukan dengan memberi sertifikasi pada bisnis yang dilakukan anak muda. Kegiatan dibuat oleh para pebisnis muda dan dirancang untuk mempromosikan kewirausahaan di umur 35 tahun dengan menciptakan pasar baru bagi produk mereka dan mendorong konsumen untuk berbelanja produk yang ditawarkan oleh perkumpulan anak muda melalui media sosial.

Mereka membentuk klub pedagang muda untuk mendidik generasi penerus bangsa di bidang pertanian; dan *Kelima*, keterlibatan dalam dialog kebijakan. Keterlibatan kaum muda dilaksanakan dalam berbagai dialog secara formal dan pemerintahan maupun informal melalui organisasi. Untuk hal ini kaum muda diberi ketrampilan terkait substansi pertanian dan cara berkomunikasi dan lainnya. Sebagai contoh di Nepal dibentuk organisasi dengan nama *Youth Peasant Federation* yang beranggotakan lebih dari 25.000 orang dari berbagai wilayah. Mereka diberi pelatihan untuk meningkatkan ketrampilan dan profesionalisme dengan topik seperti perubahan iklim dan praktik pertanian berkelanjutan.

Beberapa upaya yang dilakukan di luar negeri seperti yang dituangkan dalam buku diatas dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk dapat diimplementasikan di Indonesia. Untuk meningkatkan minat generasi milenial di sektor pertanian, pemerintah mau tidak mau harus menciptakan *enabling environment* untuk mereka. Kebijakan yang

kondusif akan mempercepat generasi milenial berpartisipasi aktif dalam sektor pertanian, baik dari penyediaan pangan maupun perolehan devisa negara. Beberapa usulan strategi kebijakan dan implementasinya sebagai berikut:

Membingkai kepribadian unggul generasi milenial

Generasi milenial mempunyai keunggulan dalam penggunaan teknologi, dan perilaku keterbukaan, cepat dan adaptif, namun demikian mereka juga rentan terhadap dampak negatif dari penggunaan teknologi tersebut. Dalam tulisan Munir (2018), secara konsep membentuk kepribadian unggul berarti menyelesaikan problematika generasi milenial melalui internalisasi nilai kepribadian. Secara *learning process* melalui pengamalan doa dan dzikir, selalu berpikir positif, dan amal saleh, sehingga penggunaan teknologi oleh generasi milenial tetap memiliki karakter sesuai dengan norma dan etika dalam agama dan budaya.

Keluarnya, mereka memiliki ciri keunggulan secara: spiritual, akhlak, keilmuan, dan profesional. Untuk itu, peran orang tua dan lembaga pendidikan formal dan non formal sangat penting untuk mewujudkan hal tersebut. Menurut Aoun (2017) dalam Haryono (2018) untuk mendapatkan sumberdaya manusia yang kompetitif dalam industri 4.0, maka sumberdaya manusia harus dirancang mampu menguasai literasi baru:

1. Literasi data (kemampuan membaca, menganalisis dan memanfaatkan informasi big data dalam dunia digital);
2. Literasi teknologi (memahami cara kerja mesin, aplikasi teknologi (*coding, artificial intelligence* dan *engineering principles*)); dan
3. Literasi manusia (*humanities*, komunikasi dan desain).

Rebranding pertanian melalui lembaga formal dan informal

Rebranding melalui promosi pertanian secara luas dimulai dari anak-anak kecil melalui Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) secara berjenjang sampai Sekolah Menengah Atas (SMA). Promosi dan advokasi ini dilakukan dengan memasukkan pertanian sebagai bagian yang harus diajarkan atau harus diketahui oleh mereka. Isi materi pelajaran sudah harus berubah dengan penekanan pada peran pertanian terhadap ketersediaan pangan, kesejahteraan, keberlanjutan lingkungan dan sebagainya seperti yang telah diamantkan dalam SDGs.

Penyadaran pada generasi milenial untuk terlibat dalam pembangunan pertanian dengan mengadopsi atau adaptasi pertanian presisi dan modern. Penyadaran pertanian modern mampu sebagai pengembangan karir yang mensejahterakan. Selain itu juga praktek-praktek pertanian dari budidaya sampai pada aspek pemasaran hasil dengan mengedepankan efisiensi dan nilai tambah yang menjanjikan untuk kehidupan mereka. Persepsi generasi milenial bahwa bekerja di pertanian dengan mencangkul, membajak dengan tangan dan kaki kotor, mendapat uang nunggu panen harus diubah dengan praktek pertanian berbasis teknologi modern.

Penyadaran, promosi dan advokasi generasi milenial untuk terlibat membangun pertanian modern dilakukan melalui lembaga formal dan lembaga informal. Hasil penelitian di lima SMA di Kota Surakarta, Jawa Tengah menunjukkan bahwa ada korelasi positif dan signifikan antara faktor internal (motivasi, pengetahuan, kepribadian) dan faktor eksternal (peran keluarga, peran guru dan teman dalam pergaulan) dengan minat ilmu pertanian (Melkisedek dan Yuliawati 2018).

Pada saat ini Kementerian Pertanian terus mempromosikan pertanian modern melalui berbagai media (televisi, Koran, tatap muka dan lainnya). Selain itu juga dilakukan pada calon mahasiswa yang masuk perguruan tinggi basis pertanian dan berusaha mengubah mindset masyarakat terhadap pertanian. Kementerian Pertanian membangun Politeknik

Pembangunan Pertanian (Polbangtan) sebagai ganti Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian (STPP) melalui Permentan Nomor 25 Tahun 2018. Jumlah Polbangtan sudah enam yang berlokasi menyebar di beberapa propinsi.

Kementerian Pertanian akan menambah empat Polbangtan di Kupang, Banjarbaru dan Palembang. Dalam upaya membentuk wirausaha muda untuk tenaga terampil di bidang pertanian yang mempunyai semangat wirausaha atau *sosioagripreneur* dengan harapan mereka mampu menciptakan lapangan pekerjaan di bidang pertanian modern, Polbangtan membuka bidang studi baru antara lain penyuluhan pertanian berkelanjutan, penyuluhan perkebunan presisi. Selain itu kurikulum di Polbangtan juga diubah, kalau dahulu kurikulum diisi teori sebanyak 60 persen dan sisanya praktik, saat ini dibalik dengan dominasi praktik dan hanya 30 persen untuk teori.

Promosi dan penyadaran pengembangan pertanian berbasis teknologi digital juga dilakukan melalui media internet dengan menampilkan keandalan berbagai jenis teknologi pertanian termasuk cara mengakses, memanfaatkan teknologi tersebut. Pengembangan inovasi dan teknologi pertanian dilakukan dengan memanfaatkan android yang telah dimiliki hampir semua orang.

Implementasi program pertanian khusus generasi milenial secara berkelanjutan

Pemerintah melalui Kementerian pertanian telah melaksanakan berbagai program khusus untuk generasi muda. Hal ini dilakukan mengingat kebutuhan pangan masa depan akan semakin besar seiring laju pertumbuhan penduduk, tetapi pekerja sektor pertanian justru turun dan diisi oleh petani yang senior.

Sebagai gambaran pada tahun 2019, Menteri Pertanian telah launching ‘Santri Tani Milenial’. Kegiatan ini dilakukan pada 15 ribu santri dari seluruh Indonesia dengan melakukan dialog dan pelatihan agribisnis agar untuk menerapkan praktik usaha modern pertanian dari hulu ke hilir. Pada tahun 2019, Kementerian Pertanian melalui BPPSDMP

menggiatkan program penumbuhan dan penguatan petani milenial untuk menumbuhkan minat generasi muda bekerja di bidang pertanian dengan target satu juta petani milenial.

Pelaksanaan program ini dilakukan di seluruh provinsi di Indonesia dengan membagi wilayah dalam zona kawasan jenis komoditas pertanian mulai dari tanaman pangan, hortikultura, perkebunan dan peternakan. Setiap zona mendapatkan jenis bantuan yang berbeda. Untuk tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan, kelompok tani milenial akan mendapat bantuan benih. Sementara peternakan mendapatkan bantuan ternak, seperti sapi, kambing, dan ayam.

Sebelum mendapatkan bantuan, kelompok tani milenial terlebih dahulu diberikan pembekalan dan bimbingan teknis (bimtek) sesuai dengan bidang pertanian yang ditekuninya. Bimtek diselenggarakan tidak hanya untuk meningkatkan kapasitas, keterampilan, sikap dan pengetahuan petani, tapi juga mengubah pola pikir dan meningkatkan kapasitas seorang petani ke arah yang lebih modern. Evaluasi program ini sangat diperlukan sebagai bahan penyempurnaan program selanjutnya. Untuk menumbuhkan minat generasi milenial, program seperti ini harus dilakukan secara berkelanjutan sehingga upaya peminatan generasi muda di bidang pertanian akan terwujud.

Pengembangan teknologi pertanian modern

Implementasi pertanian berbasis 4.0 dapat dilakukan jika tersedia teknologi pertanian modern. Pemerintah bersama swasta dan BUMN terus mengembangkan teknologi pertanian modern spesifik sesuai agroekosistem dan agroekologi yang ada di Indonesia. Pengalaman selama ini, tidak semua teknologi misal seperti traktor dapat langsung dimanfaatkan oleh petani karena tidak sesuai dengan kondisi lahan (topografi, struktur lahan, dan lainnya).

Untuk hal ini dapat dilakukan konsorsium pengembangan teknologi pertanian dengan melibatkan kementerian atau lembaga serta perguruan tinggi dan swasta. Pengembangan teknologi pertanian mencakup keseluruhan agribisnis pertanian dari aspek budidaya sampai pada pengembangan *start up* untuk pemasaran hasil.

Dukungan insentif permodalan, fleksibilitas regulasi dan kemitraan mengakses pasar

Pembangunan pertanian berbasis teknologi 4.0 ditujukan untuk menguatkan ketahanan pangan nasional seiring dengan ancaman perubahan iklim, kelangkaan sumberdaya dan peningkatan penduduk. Pemerintah harus menjadi *leading* dalam penerapan pertanian modern.

Oleh karena itu, pemerintah harus hadir untuk mewujudkan hal tersebut melalui antara lain bantuan permodalan dan kemudahan akses pada pasar baru dan memberi ruang regulasi pada generasi petani milenial. Bantuan permodalan seperti di Perancis dilakukan dengan pilihan memberi bantuan dana secara hibah, pinjaman khusus tanpa suku bunga.

Bantuan keuangan dapat berupa investasi dengan menyediakan perlengkapan dalam bentuk *hardware* seperti bangunan, perlengkapan maupun *software* seperti pelatihan dan lainnya. Fleksibilitas dalam regulasi dalam arti perlakuan khusus dalam jangka waktu tertentu, misal dalam hal peminjaman modal, pemasaran ke luar negeri (pajak, dan lainnya). Dukungan pemerintah juga berupa bantuan pemasaran produk dalam negeri dan ekspor melalui kemitraan, atau bapak angkat dan lain-lainnya.

Pengembangan program kerjasama:

1. Penumuhan *agri-enterprise* melalui nota kesepahaman antara perguruan tinggi/Polbangtan dengan perusahaan yang bergerak dibidang pertanian. Adanya kewajiban perusahaan untuk mempekerjakan sarjana pertanian minimal dua tahun sebagai upaya proses pembelajaran/magang atau melalui mekanisme ikatan dinas mulai tingkat 3 atau 4 bagi mahasiswa pertanian yang berminat bekerja sebagai *agropreneur*.
2. Implementasi program secara integrasi berbasis kawasan dan korporasi. Program ini hanya untuk generasi milenial yang berminat bekerja di bidang pertanian. Kelompok ini dapat beranggotakan para lulusan sarjana pertanian dan Polbangtan. Pemerintah bersama

swasta atau BUMN membantu terbentuknya usaha pertanian mereka dari aspek budidaya sampai pemasaran dengan basis pertanian modern melalui pemberian fasilitas, pelatihan, bimbingan dan lainnya. Program tersebut dikembangkan berbasis kawasan dan korporasi seperti yang telah dikembangkan oleh Kementerian Pertanian dengan penyesuaian sesuai kebutuhan.

Penutup

Jumlah petani semakin berkurang, sebaliknya jumlah generasi milenial semakin bertambah, namun mereka kurang berminat bekerja di sektor pertanian. Sementara itu pembangunan pertanian kedepan harus memperhatikan aspek keberlanjutan sumberdaya dilakukan berbasis pertanian presisi, modern seiring dengan era industri 4.0. Karakteristik, sikap dan perilaku generasi milenial yang terbuka, cepat adaptasi, pantang menyerah, dan melek teknologi merupakan asset yang penting untuk memajukan pertanian.

Kedepan generasi milenial harus mempunyai ketangguhan secara spiritual, sosial, budaya dan ekonomi. Oleh karena itu, mereka harus disiapkan untuk terlibat di bidang usaha pertanian melalui beberapa strategi dan kebijakan yaitu dengan:

1. Membingkai kepribadian unggul generasi milenial,
2. Rebranding pertanian melalui lembaga formal dan informal,
3. Implementasi program pertanian khusus generasi milenial secara berkelanjutan,
4. Pengembangan teknologi pertanian modern,
5. Dukungan insentif permodalan, fleksibilitas regulasi dan kemitraan mengakses pasar serta,
6. Pengembangan program kerjasama.
7. Komitmen pemerintah dan legislatif menjadi kunci utama dalam menciptakan kebijakan dan implementasinya.

Daftar Pustaka

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2014. Analisis kebijakan pertanian indonesia. implementasi dan dampak terhadap kesejahteraan petani dari perspektif Sensus Pertanian 2013. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. Ringkasan eksekutif pengeluaran dan konsumsi penduduk Indonesia. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik pemuda. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- Bappenas, BPS, United Nations Population Fund. 2013. Proyeksi penduduk Indonesia 2010-2035. Jakarta (ID): Bappenas, BPS, United Nations Population Fund.
- Bappenas. 2018. Jumlah milenial di Indonesia capai 90 juta orang. <https://www.inews.id/finance/read/56521/bappenas-jumlah-milenial-di-indonesia-capai-90-juta-orang> [diunduh, 14 Februari 2018]
- Corallo, A., M.A. Latino, and M. Menegoli. 2018. From industry 4.0 to agriculture 4.0: a framework to manage product data in agri-food supply chain for voluntary traceability. International Journal of Nutrition and Food Engineering. 12(5): 146-150.
- Clerca, M.D., A. Vats, and A. Biel. 2018. Agriculture 4.0: The future of farming technology. World Food Summit in Collaboration with Olever Wyman.
- Devi, A.S.C., and A.M. Syeriif. 2017. Changing work place values amongst generational cohorts in indian public and private banks. International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies. 5(2): 120-131.
- European Commission. 2017. Digital transformation monitor industry 4.0 in agriculture: Focus on IoT Aspects. European Commission.
- Gallup. 2016. How Millennials Want to Work and Live. <https://enviableworkplace.com/wp-content/uploads/Gallup-How-Millennials-Want-To-Work.pdf> [diunduh, tanggal 26 September 2019].

- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017. The future of food and agriculture. Trends and Challenges. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. Youth and agriculture: Key challenges and concrete solutions. FAO in collaboration with CTA and IFAD. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Haryono, S. 2018. Re-orientasi pengembangan sdm era digital pada revolusi industri 4.0. Yogyakarta (ID): Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Surakarta, Direktorat Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Kaczorowska, J., and E. Halicka. 2017. The millennials' purchasing behaviors and home food management patterns in the context of sustainable food consumption. 3(45): 573–581.
- Kementerian Pertanian. 2015. Rencana strategis Kementerian Pertanian Tahun 2015-2019. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Kementerian PPN/Bappenas dan OECD. 2017. Bonus demografi 2030-2040: Strategi indonesia terkait ketenagakerjaan dan pendidikan. file:///C:/Downloads/Documents/Siaran_Pers-Peer_Learning_and_Knowledge_Sharing_Workshop.pdf.
- Kementerian Pemberdayaan Perempuan dan Perlindungan Anak dengan BPS. 2018. Profil generasi milenial Indonesia. <https://www.kemenpppa.go.id/lib/uploads/list/9acde-buku-profil-generasi-milenia.pdf>.
- Lancaster, L.C., and D. Stillman. 2002. When generations collide. who they are. why they clash. how to solve the generational puzzle at work. New York (US): Collins Business.
- Munir, M. 2018. Membingkai kepribadian ulul albab generasi milenial. Ta'limuna 7(1): 46-49.
- Mujib A. 2006. Kepribadian dalam psikologi Islam. Depok (ID): Rajawali Pers.

- Silva, G. 2017. Millennials in agriculture. https://www.canr.msu.edu/news/millennials_in_agriculture_part_1.
- Suryadi, B. 2015. Generasi Y: karakteristik, masalah dan peran konselor. Makalah Workshop International MALINDO 4 di Bali, 22-23 Mei.
- Susilowati, S.H. 2016. Berkurangnya tenaga kerja muda serta implikasinya bagi kebijakan pembangunan pertanian. Forum Penelitian Agro Ekonomi. 34(1): 35-55.
- Soetjipto, H.P. 2005. Pengujian validitas kontruksi kriteria kecanduan internet. Universitas Gadjah Mada. 32(2):74-91.
- Suryana, A., dan M. Ariani. 2018. Faktor yang mempengaruhi dan arah perubahan pola konsumsi pangan berkelanjutan. Buku: Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan: Agenda Inovasi Teknologi dan Kebijakan. Jakarta (ID): IAARD Press.
- Vanmeter, R.A., D.B. Grisaffe, L.B. Chonko, and J.A. Roberts. 2013. Generation Y's ethical ideology and its potential workplace implications. Journal of Business Ethics. 117 (1): 93-109.

Penyuluhan Pertanian Masa Depan: Tantangan dan Prospek Pengembangan

Andin H. Taryoto

Secara satirik, penyuluhan pertanian pada masa lalu sering disebut sebagai berbasis pada prinsip "Tiga Sa": dipaksa, terpaksa, dan biasa. Hal ini berkaitan dengan praktik penyelenggaraan penyuluhan yang dikaitkan dengan program pemerintah tertentu, yang kemudian menjadikan aktivitas penyuluhan sebagai upaya pendukung mencapai tujuan dari program yang bersangkutan (Ruhana, 2010). Para penyuluhan dibekali dengan berbagai pengetahuan, sarana dan prasarana yang memadai untuk dapat secara aktif mendukung pelaksanaan program tersebut. Proses ini terutama berjalan pada masa implementasi Revolusi Hijau, yang memiliki dasar kegiatan berupa pengenalan varietas tanaman pangan utama, yaitu padi (Las 2009).

Dalam perkembangannya, aktivitas penyuluhan pertanian mengalami dinamika perubahan dari waktu ke waktu. Perubahan yang cukup mencolok terjadi setelah diundangkannya Undang-undang Sistem Penyuluhan Pertanian, Perikanan dan Kehutanan (UU SP3K) No. 16 tahun 2006. Aspek-aspek yang terkait dengan kelembagaan, penyelenggaraan, ketenagaan, sarana dan prasarana, serta pembiayaan penyuluhan secara mendalam diatur dalam undang-undang ini. Substansi yang berkaitan dengan bidang pertanian, perikanan, dan kehutanan tidak dibedakan satu sama lain di dalam Undang-undang tersebut.

Setelah UU SP3K berjalan selama 8 tahun, diundangkan kemudian Undang-undang No. 23 Tahun 2014 yang berkaitan dengan Pemerintahan Daerah. Meskipun Undang-undang ini tidak secara eksplisit terkait

dengan kegiatan penyuluhan, namun dampak keberadaannya telah mengubah peta implementasi penyuluhan di tingkat sektoral, karena UU No 23/2014 secara eksplisit membeda-bedakan Penyuluhan Pertanian dari Penyuluhan Perikanan dan Penyuluhan Kehutanan.

Undang-undang ini tidak secara eksplisit mengatur penyuluhan pertanian, namun secara eksplisit menyebutkan bahwa penyelenggaraan penyuluhan perikanan dilaksanakan oleh Pemerintah Pusat, sementara Penyuluhan Kehutanan diselenggarakan oleh Pemerintah Propinsi dan Kabupaten/Kota. Undang-undang ini tidak menyebutkan bahwa UU No. 16/2006 menjadi tidak berlaku. Namun demikian dalam pelaksanaannya, Pemerintah Pusat dan Pemerintah Propinsi serta Kabupaten/Kota menjadikan UU No 23/2014 ini sebagai acuan utama.

Secara sistematik Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) memproses alih status penyuluh Perikanan menjadi pegawai KKP, Pemerintah Propinsi melikuidasi Badan Koordinasi Penyuluhan di tingkat Propinsi, sementara Pemerintah Kabupaten/Kota melikuidasi Badan Pelaksana Penyuluhan Pertanian, Perikanan dan Kehutanan yang ada pada Kabupaten/Kota tersebut. Penyuluh Pertanian di kabupaten/kota kemudian menjadi bagian dari Dinas yang menangani bidang pertanian.

Selama rentang waktu 2014-2019, kementerian-kementerian Pertanian, Kehutanan, dan Kelautan dan Perikanan melakukan berbagai langkah dan kegiatan untuk menyikapi “kondisi mendua” antara amanat yang ada dalam UU No. 23/2014, dan masih berlakunya UU No. 16/2006 (meskipun kemudian terkesan mandul atau bahkan dilupakan). Kementerian Pertanian dan Kementerian Kehutanan berhasil ‘mengatasi’ gejolak perubahan ini dengan baik.

Penyuluh Pertanian dan Penyuluh Kehutanan dapat ditempatkan pada dinas-dinas terkait. Gejolak lebih terasa pada Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), karena memang proses memindahkan status Penyuluh Perikanan dari pegawai daerah menjadi pegawai pusat bukan proses yang sederhana. Kondisi ini makin terasa menjadi kompleks permasalahannya, karena di KKP terjadi perubahan kelembagaan institusi yang menangani

penyuluhan; semula ditangani oleh Pusat Penyuluhan Kelautan dan Perikanan, namun kemudian berubah menjadi Pusat Pelatihan dan Penyuluhan KP.

Dengan ilustrasi perkembangan kondisi Penyuluhan Pertanian, Kehutanan, dan Kelautan dan Perikanan tersebut, muncul kemudian pertanyaan bagaimana wajah dan harapan aktivitas penyuluhan pertanian yang dapat dilakukan pada masa mendatang. Perkembangan yang terkait dengan konsep Industri 4.0 (Nugraha 2018), serta dinamika yang terjadi dalam tata pemerintahan di Indonesia menjadi aspek-aspek yang perlu, dan harus, menjadi catatan dan pertimbangan tersendiri.

Dinamika yang juga terjadi pada “kelompok sasaran” aktivitas penyuluhan juga tidak dapat diabaikan, mengingat mereka juga mengalami perubahan lingkungan, mengalami perubahan pola kehidupan, serta mengalami dinamika dalam melaksanakan kegiatan produktif mereka, di dalam maupun di luar usahataninya.

Tulisan ini dengan demikian ditujukan untuk merangkaikan ilustrasi dinamika dan perubahan yang terjadi dalam konsep dan aktivitas penyuluhan pertanian di Indonesia, yang kemudian dipuncaki dengan analisis sejauh mana penerapan aktivitas penyuluhan pertanian di masa mendatang. Berbagai aspek yang telah dikemukakan menjadi acuan dasar dalam tulisan, terutama terkait dengan perkembangan teknologi informasi dan digital, yang direpresentasikan oleh perkembangan Industri 4.0.

Upaya untuk tetap berpijak dalam realitas yang dihadapi menjadi semangat analisis ini, dalam pengertian untuk terus berupaya agar tidak terjebak dalam pola pikir normatif, yang dalam beberapa hal berpotensi melemahkan esensi permasalahan di lapangan yang nyata-nyata terjadi dan dihadapi para penyuluhan sehari-hari.

Kondisi Ke-Kini-an yang Dihadapi

Hakekat dari aktivitas penyuluhan adalah bahwa didalamnya terkandung interaksi-interaksi antar berbagai pihak yang terkait dengan aktivitas penyuluhan, maupun interaksi dengan lingkungan serta aspek-aspek yang berpengaruh langsung terhadap kelancaran jalannya aktivitas penyuluhan. Aspek penyuluhan pertanian serta kelembagaan petani secara khusus juga digarisbawahi dalam Renstra Kementerian Pertanian 2015-2019, disamping aspek-aspek lainnya seperti kerusakan lingkungan dan perubahan iklim, serta aspek permodalan bagi para petani (Kementerian Pertanian, 2015).

Hal-hal tersebut dalam tulisan ini dirangkumkan menjadi 7 (tujuh) kelompok perhatian: Lahan Pertanian, pilihan komoditas pertanian, SDM pertanian, perubahan iklim, *SDGs*, Dinamika kelembagaan dan kebijakan pertanian, serta Perkembangan Politik dan Hubungan Internasional. Aspek-aspek tersebut dinilai perlu juga menjadi perhatian pihak-pihak yang terkait dengan aktivitas penyuluhan pertanian. Berikut diuraikan aspek-aspek tersebut secara lebih terinci.

Lahan Pertanian

Meskipun telah diatur secara rinci dalam UU No. 41/2009 Tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan, tidak dapat dipungkiri bahwa masalah fragmentasi lahan telah dan terus akan terjadi. Hal ini menjadi masalah klasik, namun mendasar, yang perlu dicermati bersama. Dengan fenomena ini, maka sulit untuk dapat mengembangkan skala usahatani yang mampu memberikan nilai tambah ekonomik yang memadai bagi petani sebagai pelaku utama usaha pertanian. Konversi lahan pertanian menjadi lahan-lahan non pertanian (seperti hunian, jalan tol, industri) juga merupakan perkembangan yang dilematik. Disadari bahwa hunian, jalan tol, serta pengembangan industri memiliki dampak positif bagi perekonomian maupun kesejahteraan masyarakat luas. Namun dampak langsungnya kepada para petani memerlukan campur tangan seluruh pihak yang terkait. Terdapat indikasi bahwa penggunaan

pupuk kimia yang terus menerus telah membuat kemampuan produktif lahan menjadi menurun; beberapa wilayah bahkan dalam keadaan kritis (Kementerian Pertanian 2015).

Beberapa hal penting yang diatur dalam UU No. 41/2009 dan perlu menjadi perhatian antara lain adalah bahwa dalam uraian tentang “Menimbang”, disebutkan:

“bahwa makin meningkatnya pertambahan penduduk serta perkembangan ekonomi dan industri mengakibatkan terjadinya degradasi, alih fungsi, dan fragmentasi lahan pertanian pangan telah mengancam daya dukung wilayah secara nasional dalam menjaga kemandirian, ketahanan, dan kedaulatan pangan”.

Selanjutnya dalam Pasal 1 undang-undang tersebut dinyatakan bahwa konsep Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan dimaksudkan bagi lahan pertanian yang ditetapkan untuk dilindungi dan dikembangkan agar dapat menghasilkan pangan pokok bagi kemandirian, ketahanan, dan kedaulatan pangan nasional. Juga ditekankan tentang tujuan perlindungan terhadap lahan-lahan ini, yaitu agar lahan-lahan tersebut dapat dikembangkan, dimanfaatkan dan diawasi, sehingga tetap dapat berfungsi sebagai lahan pertanian pangan secara berkelanjutan. Namun demikian, hal yang terjadi adalah bahwa laju konversi lahan sawah di Indonesia diperkirakan mencapai 100 ribu hektar per tahun, sementara kemampuan pemerintah dalam pencetakan sawah masih terbatas dalam beberapa tahun terakhir ini; hanya dapat dicetak sawah sekitar 40 ribu hektar per tahun (Kementerian Pertanian 2015). Dalam hal ini Bappenas (2015) menyatakan bahwa kendala yang dihadapi dalam implementasi UU ini antara lain adalah kurangnya sosialisasi, belum sepenuhnya pemerintah Kabupaten/Kota menindaklanjuti dengan peraturan pelaksanaannya di lapangan, sehingga belum memiliki mekanisme yang optimal dalam mengontrol alih fungsi lahan dan alih fungsi komoditas.

Sebagai ilustrasi, hasil analisis yang dilakukan oleh Mulyani dkk (2016) menunjukkan bahwa di sembilan provinsi sentra produksi padi (Jawa Barat, Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, Kalimantan Selatan, Sumatera Selatan, Sumatera Utara dan Gorontalo)

pada tahun 2000-2015 telah terjadi konversi lahan sawah diperkirakan sebesar 96.512 ha per tahun. Dengan laju konversi tersebut, maka diperkirakan bahwa luas lahan sawah yang sekarang seluas kurang lebih 8,1 juta ha akan menurun menjadi hanya sekitar 5,1 ha pada tahun 2045, 100 tahun setelah kemerdekaan Indonesia. Tentu saja hal ini akan sangat berpengaruh terhadap produksi pangan (dhi. padi) secara nasional. Dalam hal ini Dewi dan Rudianto (2013) menyatakan bahwa kecenderungan alih fungsi lahan dapat mengubah status dari petani menjadi bukan petani, yang selanjutkan akan berdampak pada pola kehidupan masyarakat di wilayah yang bersangkutan. Dalam jangka panjang hal ini akan berdampak pada memudarnya kekerabatan kehidupan masyarakat.

Pada skala wilayah, Kaputra (2013) menyatakan bahwa pada tahun 2008 di wilayah propinsi Sumatra Utara, di Kabupaten Sergai telah terjadi alih fungsi lahan pangan sebesar 2.300 hektar, sementara di Kabupaten Asahan 6.800 hektar, dan Nias seluas 6.700 hektar. Di propinsi Jawa Tengah, Priyono (2011) menunjukkan bahwa selama kurun waktu 5 tahun (2001 s.d 2006), setiap tahunnya terjadi konversi lahan sawah menjadi perumahan dan industri seluas 1.032 ha. Sementara itu di propinsi Banten, Kusumastuti (2018) menemukan tingginya laju konversi lahan pertanian di propinsi ini; lahan pertanian menurun dari 195.809 ha pada tahun 2009 menjadi 194.716 ha pada tahun 2013. Penurunan tertinggi terjadi di kabupaten Pandeglang, Kabupaten Tangerang, dan Kota Cilegon. Djoni dan Charial (2016) menemukan bahwa di Kota Tasikmalaya dalam periode waktu delapan tahun terakhir terjadi alih fungsi lahan sawah seluas 191 Ha.

Analisis-analisis diatas, dengan pemikiran kritis tentang besaran laju konversinya, menunjuk pada pentingnya upaya mencegah konversi lahan pertanian lebih lanjut. Disamping itu, skala usaha tani juga memerlukan perhatian tersendiri. Hal ini berkaitan dengan pengembangan kegiatan pertanian pada masa mendatang yang akan banyak dilakukan dengan pemanfaatan perkembangan teknologi yang ada (King 2017). Dalam Renstra Kementerian Pertanian 2015-2019 disebutkan bahwa penggunaan lahan per petani yaitu 0,22 hektar dan diperkirakan akan menjadi 0,18

hektar pada tahun 2050. Hal ini tentu saja dapat menjadi kendala dalam upaya meningkatkan kesejahteraan petani, karena menjadi sulit untuk melakukan efisiensi dalam usaha pertanian.

Pilihan Komoditas Pertanian

Padi, jagung dan kedele menjadi andalan dan fokus perhatian Kementerian Pertanian selama ini. Keberhasilan peningkatan produksi, terutama untuk padi dan jagung, telah dapat mencapai harapan yang diinginkan. Perhatian masih diperlukan untuk kedele. Umbi-umbian, sagu, sorghum dan tanaman serealia lainnya masih memerlukan perhatian khusus untuk dapat dikembangkan secara terencana, sejalan dengan upaya untuk dapat menjaga kondisi ketahanan pangan Indonesia.

Sawit dan tebu mendapatkan tantangan tidak kecil dalam upaya pengembangannya, di dalam maupun di luar negeri. Pengembangan *bio-fuel* berbasis bahan baku produk pertanian menjadi pertimbangan berikutnya yang harus juga diperhatikan dengan seksama. Tanaman hortikultura memiliki beberapa potensi komoditas yang bernilai tinggi. Pencermatan diperlukan dalam hal pemasarannya, karena komoditas-komoditas tersebut memiliki karakteristik pasar yang cukup tinggi segmentasinya.

Produksi daging dari komoditas peternakan pada tahun 2017 sebanyak 3,5 juta ton, didominasi oleh ayam ras pedaging (59 persen), sapi dan kerbau (15 persen), babi (9 persen), ayam buras (9 persen), serta kambing dan domba (3 persen) (Ditjen PKH 2018). Komoditas perikanan ditandai dengan menurunnya tangkapan ikan dari waktu ke waktu, sehingga produksi perikanan budidaya menjadi andalan pengembangan di masa mendatang. Produksi perikanan pada tahun 2014 mencapai 20,72 juta ton, yang terdiri dari produksi perikanan tangkap sebesar 6,72 juta ton dan produksi perikanan budidaya (termasuk rumput laut) sebesar 14,52 juta ton (KKP 2017).

Salah satu pilihan komoditas yang memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut adalah komoditas-komoditas pertanian organik. Hasil kajian Indriana dkk (2016) di kabupaten Tasikmalaya, Kabupaten Boyolali, dan

Kabupaten Malang menunjukkan bahwa tidak kurang dari 220 ribu ha lahan di Indonesia pada tahun 2013 yang ditanami komoditas pertanian dengan pendekatan organik. Hal ini tidak dapat dilepaskan dari gerakan pertanian organik melalui pemberdayaan masyarakat pertanian yang berkembang sejak tahun 1999 oleh beberapa lembaga swadaya masyarakat (LSM). Mayrowani (2012) mengindikasikan bahwa terjadi kecenderungan peningkatan permintaan pangan organik secara global.

Hal ini merupakan peluang tersendiri bagi petani Indonesia dalam upaya meningkatkan pendapatannya, maupun dalam rangka meningkatkan devisa negara. Lebih lanjut Mayrowani menyebutkan bahwa negara-negara yang berada pada peringkat 10 besar sebagai pasar produk pertanian organik adalah Amerika Serikat, Jerman, Perancis, Inggris, Italia, Kanada, Swiss, Austria, Denmark, dan Swedia. Produk pertanian organik utama yang dihasilkan Indonesia adalah padi, sayuran, buah-buahan, kopi, coklat, jambu mete, herbal, minyak kelapa, rempah-rempah dan madu. Padi dan sayuran banyak diproduksi oleh petani skala kecil untuk pasar lokal.

SDM Pertanian

Pertanian Indonesia saat ini dapat dinyatakan berada dalam kondisi "*aging Agriculture*". Komposisi petani sebagai pelaku utama usaha pertanian didominasi oleh mereka yang telah berusia lanjut, 50 tahun keatas. Dari hasil Survei Pertanian Antar Sensus 2018 ditemukan bahwa kepala Rumah Tangga keluarga tani yang berusia 55 tahun keatas adalah sebanyak 10.379.114 orang, atau 37.5 persen dari seluruh populasi Kepala Rumah Tangga keluarga tani (BPS 2018).

Generasi muda pedesaan cenderung memilih aktiitas produktif di luar bidang pertanian, yang lebih menjanjikan kenyamanan berusaha dan pendapatan yang langsung dapat dinikmati, tanpa harus menunggu masa panen. Kecenderungan urbanisasi bagi generasi usia produktif juga dinilai cukup berpengaruh pada produksi dan produktivitas pertanian. Upaya yang terkait dengan Mekanisasi Pertanian diharapkan dapat

menarik perhatian generasi muda petani. Namun demikian, terbatasnya luasan lahan pertanian yang dapat digarap dinilai dapat menjadi kendala tersendiri bagi upaya mekanisasi pertanian ini.

Dalam Renstra Kementerian Pertanian 2015-2019 disebutkan bahwa Secara umum masih dijumpai sejumlah keterbatasan dalam hal SDM di bidang Pertanian, yang bermuara pada masih rendahnya kualitas SDM Pertanian tersebut (Renstra Kemtan 2015). Keterbatasan itu antara lain adalah tingkat pendidikan petani yang rendah, kurangnya pendampingan penyuluhan pertanian, serta kurangnya minat generasi muda berpendidikan di bidang pertanian.

Lebih lanjut disebutkan bahwa sektor pertanian belum mampu memberikan nilai tambah yang tinggi baik bagi pendapatan, kesejahteraan serta bagi pengembangan karir. Hal ini menjadi alasan bahwa minat generasi muda pada sektor pertanian menjadi sangat terbatas dan sulit bagi mereka untuk menekuninya. Dalam jangka panjang, hal ini dinilai akan menjadi kendala serius apabila tidak ada langkah-langkah solutif yang tepat.

Dalam pandangan White (2012), asumsi dasar yang seringkali digunakan para analis ekonomi pembangunan adalah bahwa generasi muda petani bersedia meneruskan aktivitas berusahatani para orang tua mereka. Dalam kenyataannya, asumsi ini sulit untuk dapat digunakan, mengingat terdapat cukup indikasi bahwa generasi muda tani tidak lagi tertarik pada aktivitas-aktivitas di bidang pertanian. Hal ini diduga berkaitan dengan tidak adanya pewarisan nilai-nilai bertani kepada generasi muda, menurunnya penghargaan terhadap kehidupan dan tata kehidupan di wilayah pedesaan, pengabaian terhadap ushatani kecil dan gurem, serta proses-proses yang menghambat generasi muda tani dalam memperoleh akses terhadap lahan pertanian.

Ernawati (2014) mencoba melakukan kuantifikasi produktivitas pelaku-pelaku utama pertanian di Sulawesi Tenggara, dengan menggunakan dan mengolah data dari Sensus Pertanian 2013 dan PDRB tahun 2000 Propinsi Sulawesi Tenggara. Didapatkannya bahwa urutan produktivitas

petani menurut komoditas adalah petani perkebunan (3,03 juta Rp/th) peternak (4,5 juta Rp/th), petani tanaman pangan (3,03 juta Rp/th), dan petani hutan (1,5 juta Rp/thn). Namun demikian apabila dibandingkan dengan produktivitas nelayan (perikanan), diperoleh angka yang jauh di atas petani secara umum, yaitu sebesar 22,9 juta Rp/thn. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut bagi propinsi-propinsi lainnya.

Perubahan Iklim

Sejumlah kejadian bencana yang menimbulkan kerugian maupun gagal panen komoditas pertanian sebagian terjadi karena kesalahan manusia, sebagian yang lain merupakan dampak dari perubahan iklim global. Banjir maupun kekeringan, gelombang tinggi serta angin topan, kebakaran hutan dan lahan, sebagian merupakan juga dampak dari adanya perubahan iklim tersebut. Isu perubahan iklim ini telah menjadi isu global sejak tahun 1994. Dampaknya mulai terasa di Indonesia maupun di negara-negara yang lain.

Komitmen Indonesia dalam menghadapi perubahan iklim secara resmi ditandai dengan peluncuran dokumen RAN-API (Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim) oleh Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional (PPN)/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) pada tanggal 18 Februari 2014. Meskipun demikian, keterlibatan Indonesia dalam hal adaptasi maupun antisipasi perubahan iklim ini telah dilakukan sebelumnya. Indonesia telah meratifikasi Konvensi Internasional tentang Perubahan Iklim melalui Undang-undang No. 17 Tahun 1994, kemudian dijabarkan lebih lanjut dengan Peraturan Presiden No. 46 Tahun 2008 Tentang Dewan Nasional Perubahan Iklim, Peraturan Menteri Kehutanan No. P.68/Menhut-II/2008 Tentang Penyelenggaraan Demonstration Activities Pengurangan Emisi Karbon dari Deforestasi dan Degradasi Hutan, dan Peraturan Menteri Kehutanan No. P.30/Menhut-II/2009 Tentang Tata Cara Pengurangan Emisi Dari Deforestasi dan Degradasi Hutan (REDD) (Rahmina, 2011).

Kementerian Pertanian, melalui Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, telah juga menyiapkan sejumlah langkah konkret menyikapi perubahan iklim ini. Salah satu dokumen yang membingkai langkah-

langkah yang telah dilakukan tersebut adalah berupa Buku Pedoman tentang bagaimana menyikapi perubahan iklim dalam bidang pertanian (Badan Litbang Pertanian, 2011).

Pedoman ini mencakup hal-hal yang terkait dengan dampak perubahan iklim pada sektor pertanian, strategi adaptasi, sampai pada aspek sasaran program pengembangan adaptasi. Dengan pedoman ini, diharapkan dapat diperoleh hasil meningkatnya pemahaman terhadap dampak dan upaya adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian oleh pemangku kebijakan di lingkungan Kementerian Pertanian, Pemerintah Daerah, serta institusi terkait; pengarusutamaan program adaptasi perubahan iklim dalam program Kementerian Pertanian; serta peningkatan kepedulian dan pemahaman petani khususnya dan masyarakat pertanian umumnya terhadap upaya implementasi teknologi adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian.

Ruminta dkk. (2018) menganalisis data temperatur, curah hujan, agroklimat, dan produksi tanaman padi serta data sosial ekonomi di lokasi kajian, yaitu di Sumatra Selatan dan wilayah Malang Raya. Hasil kajian menunjukkan bahwa di Indonesia telah terjadi perubahan iklim dengan indikasi peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan, perubahan hitergraf, dan perubahan klasifikasi Oldeman.

Ditunjukkan pula bahwa aktivitas pertanian sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim, dengan indikasi level bahaya yang tinggi pada penurunan produksi padi sebagai akibat peningkatan suhu dan perubahan pola curah hujan, yang pada akhirnya akan berakibat pada penurunan produksi tanaman padi. Sementara itu, ditemukan oleh Hidayati dan Suryanto (2015) bahwa petani di lokasi kajian (Desa Jatirunggo, kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang) telah mengetahui adanya perubahan pada beberapa komponen iklim yang biasa digunakan untuk mengukur perubahan iklim (adanya pergeseran musim hujan dan kemarau, peningkatan suhu udara, angin bertambah kencang, dan terjadinya kemarau panjang).

Pergeseran musim memberikan dampak terhadap peningkatan risiko gagal panen, kerusakan hasil panen, dan penurunan kualitas panen. Petani yang mengalami penurunan hasil, dan petani yang berada di

daerah kering, selanjutnya memiliki peluang untuk mengubah pola tanam dan menggeser waktu tanam sebagai bentuk adaptasi terhadap perubahan iklim.

Sustainable Development Goals

Dalam selang waktu 2000-2015, Persatuan Bangsa-bangsa (PBB) mencanangkan program Millenium Development Goals (MDGs). Program ini dinilai perlu dikembangkan dan dilanjutkan pada periode selanjutnya. Untuk itu pada periode 2015-2030 dicanangkan program *Sustainable development Goals (SDGs)*. Apabila MDGs hanya mencakup pokok perhatian, maka SDGs dikembangkan lebih lanjut menjadi 17 pokok perhatian. Pokok-pokok perhatian itu adalah:

1. *Tanpa Kemiskinan; 2. Tanpa Kelaparan; 3. Kesehatan yang Baik dan Kesejahteraan; 4. Pendidikan Berkualitas; 5. Kesetaraan Gender; 6. Air bersih dan Sanitasi; 7. Energi bersih dan Terjangkau; 8. Pertumbuhan Ekonomi dan Pekerjaan yang Layak; 9. Industri, Inovasi dan Infrastruktur; 10. Mengurangi Kesenjangan; 11. Keberlanjutan Kota dan Komunitas; 12. Konsumsi dan Produksi Bertanggung Jawab; 13. Aksi terhadap Iklim; 14. Kehidupan Bawah Laut; 15. Kehidupan di Darat; 16. Institusi Peradilan yang Kuat dan Kedamaian; 17. Kemitraan untuk Mencapai Tujuan*

Dari program-program tersebut, setidak-tidaknya program no 1; 2; 8; 10, 12; 15; dan 17 dinilai terkait erat dengan aktivitas dalam bidang pertanian di Indonesia. Program no 1 dan 2 berkaitan dengan peran sektor pertanian dalam meningkatkan kesejahteraan para pelakunya, meniadakan kemiskinan pada sektor pertanian, dan dalam menyediakan pangan yang cukup dan terjangkau jumlah dan harganya (Ishartono dan Raharjo, 2018); program 8, 10, dan 15 berkaitan dengan peran sektor pertanian dalam memberikan kontribusi terhadap perekonomian nasional serta dalam mempersempit rumpang si kaya dan si miskin; sementara program 17 mengamanatkan perlunya dibangun kemitraan pelaku usaha pertanian dengan pihak-pihak terkait, ataupun kemitraan internal sektor pertanian antar mereka yang mampu dengan yang kurang mampu, ataupun mereka yang faham dengan yang tidak/kurang faham tentang sesuatu.

Komitmen Indonesia dalam mendukung pelaksanaan upaya pencapaian SDGs ditetapkan dengan Peraturan Presiden (Perpres) No. 59 tahun 2017. Dalam Perpres ini antara lain ditetapkan bahwa upaya-upaya yang akan dilakukan diformulasikan dalam Peta Jalan TPB (Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, sebagai terjemahan dari SDGs dalam bahasa Indonesia) untuk jangka waktu 2017-2030.

Selanjutnya disusun Rencana Aksi Nasional TPB (RAN-TPB) yang disesuaikan dengan tujuan-tujuan nasional, maupun Rencana Aksi Daerah TPB (RAD-TPB) yang disesuaikan dengan tujuan-tujuan daerah. Pelibatan Organisasi Kemasyarakatan (Ormas), Akademisi, Filantropi, pelaku-pelaku usaha terkait, maupun pemangku kepentingan lainnya menjadi salah satu fokus perhatian dalam Perpres No. 59/2017 ini. Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala Badan Perencanaan Pembangunan Nasional ditugasi untuk mengkoordinasikan upaya-upaya terkait dengan SDGs di Indonesia. Dengan hal-hal tersebut, maka implementasi kegiatan mencapai TPB/SDGs di Indonesia telah memiliki landasan hukum tetap dan mengikat.

Badan Pusat Statistik (BPS) merespons secara proaktif keterlibatan Indonesia dalam melaksanakan kegiatan terkait SDGs. Terbit secara khusus buku yang merupakan deskripsi maupun kondisi aspek-aspek SDGs di Indonesia pada awal kegiatan dimulai (BPS, 2016). Dalam buku ini, 17 pokok pemikiran SDGs diuraikan dan digambarkan secara terinci.

Dengan demikian ada deskripsi maupun data dasar yang dapat digunakan sebagai pembanding per lima-tahunan, sampai dengan tahun 2030. BPS secara spesifik menyebutkan bahwa implementasi SDGs di Indonesia telah disepakati didasarkan oleh prinsip *Universality* (SDGs diterapkan secara global maupun mencakup seluruh wilayah Indonesia); prinsip *Integration* (merupakan kegiatan yang saling mengisi dan memperkuat antara aspek-aspek sosial, ekonomi, serta lingkungan); serta prinsip "*No One Left Behind*", yaitu bahwa pelaksanaan SDGs di Indonesia bermanfaat bagi seluruh bangsa Indonesia, terutama bagi kelompok masyarakat yang masih rentan kondisinya.

Dalam pandangan Hadiz (2017) RPJMN 2015-2019 meunjukkan arah yang sejalan dengan SDGs. Terutama untuk tujuan-tujuan yang terkait dengan kemiskinan, kesehatan, pendidikan, ketimpangan, air dan sanitasi, serta akses energi.

Dengan pendalaman yang terjadi di Propinsi NTB, selanjutnya Hadiz mengemukakan bahwa tujuan tentang kemiskinan, penyediaan pekerjaan yang layak, serta ketimpangan (tujuan 1, 8, dan 10) merupakan tantangan terberat yang dihadapi oleh Indonesia saat ini. Dalam mengantisipasi hal-hal tersebut, maka Gubernur NTB mengeluarkan Peraturan Gubernur (Pergub) No. 39/2014 yang mengatur pengarusutamaan gender di NTB untuk mendorong satuan kerja perangkat daerah (SKPD) melakukan perencanaan dengan kerangka analisis gender.

Gubernur NTB juga mengeluarkan Surat Edaran (SE) No. 150/1138/Kum tentang Pendewasaan Usia Perkawinan (PUP), dengan merekomendasikan usia perkawinan untuk laki-laki dan perempuan minimal 21 tahun. Pemda NTB meyakini bahwa sumber kemiskinan adalah perkawinan pada usia dini, sehingga diharapkan terbitnya SE dapat menekan pertambahan keluarga miskin baru.

Dinamika Kelembagaan dan Kebijakan Pertanian

Telah dikemukakan terdahulu bahwa aktivitas penyuluhan pertanian saat ini diwarnai oleh kondisi mendua antara masih berlakunya UU No. 16/2006 dengan UU No. 23/2014. Dalam pada itu, aktivitas pertanian, bersama-sama dengan aktivitas perikanan dan kelautan, serta juga kehutanan, menurut UU No. 23/2014 termasuk dalam kriteria Urusan Pemerintahan Pilihan. Salah satu dampak yang terjadi adalah bahwa dinas yang menangani sektor pertanian di daerah, terutama di Kabupaten/Kota, menjadi sangat bervariasi nomenklaturnya.

Misalnya, di kabupaten Bogor, dinas yang menangani pertanian adalah Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan; di kabupaten Tabanan (Bali) Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura, sementara perkebunan dibawah Dinas Kehutanan dan Perkebunan;

di kabupaten Tapanuli Tengah (Sumatra Utara) Dinas Pertanian dan Peternakan, sementara itu di kabupaten Bantaeng (Sulsel) adalah Dinas Pertanian dan Kehutanan.

Dengan berbedanya nomenklatur nama dinas tersebut, dapat diduga bahwa kebijakan yang terkait dengan aktivitas pertanian pada masing-masing daerah akan menjadi berbeda satu sama lain. Koordinasi dalam hal monitoring kegiatan maupun mekanisme pelaporan kegiatanpun akan memerlukan upaya yang berbeda-pula dintara daerah yang berbeda.

Dalam aras nasional, Adam (2014) menengarai bahwa setelah UU No. 18/2012 tentang Pangan diundangkan, paradigma penyelenggaraan pangan berubah menjadi upaya untuk mewujudkan kedaulatan pangan, kemandirian pangan, dan ketahanan pangan. Adam kemudian merekomendasikan bahwa kebijakan yang diperlukan untuk dapat mencapai ketiga hal tersebut adalah meningkatkan kapasitas produksi pangan, melalui ketersediaan lahan dan inovasi teknologi; meningkatkan panen dan penanganan pascapanen, melalui upaya untuk menurunkan kehilangan hasil, manajemen stok dan stabilisasi harga; melalukan perbaikan terhadap infrastruktur pertanian, terutama terkait dengan pembangunan dan perbaikan sarana irigasi di seluruh Indonesia; mengalokasikan anggaran khusus untuk subsidi pupuk dan benih unggul; dan memberikan dukungan kelembagaan, melalui reformulasi Bulog dan perbaikan koordinasi antar kementerian.

Selanjutnya Leimona dkk (2015) menyerukan bahwa Indonesia perlu secara khusus mengkampanyekan tentang konsep “Good Agriculture Practices” (GAP), yang secara terencana mengintegrasikan pendekatan ramah lingkungan. Pada saat yang bersamaan, perlu juga penerapan GAP berwawasan lingkungan ini dikampanyekan sebagai “*green agriculture*” kepada masyarakat luas. Dengan formaat yang berbeda, FAO (2017) juga mengemukakan pemikiran ini, dengan menekankan tentang pentingnya mengurangi subsidi terhadap BBM.

Kajian Gevisioner dkk. (2017) menyimpulkan bahwa secara historis model pembangunan pertanian di Indonesia dapat dikatakan merupakan pengulangan dari pelaksanaan kebijakan di masa lalu, yang terfokus

pada proses-proses di bagian hulu, dilandasi ideologi menciptakan pangan murah. Direkomendasikan agar dapat memberikan perhatian pada aspek-aspek di hilir, terutama yang terkait dengan kebijakan harga yang layak bagi petani produsen.

Cadangan pangan seyogyanya diperkuat oleh pemerintah, tidak semata-mata menyerahkannya pada mekanisme pasar. Senada dengan Gevisioner dkk, Putra dan Suyatna (2018) menemukan bahwa kebijakan pengembangan pertanian organik di lokasi kajian, seperti halnya dengan program-program terkait pertanian lainnya, ternyata masih didominasi oleh pihak pemerintah, sehingga belum mampu secara nyata meningkatkan produktivitas maupun kesejahteraan petani. Hal ini terutama terjadi karena memandang petani masih sebagai obyek pembangunan.

Hal yang berbeda disampaikan oleh Rusdiana dan Maesyah (2017). Keduanya menemukan bahwa terdapat pertumbuhan komoditas pangan terutama padi dan jagung. Kebutuhan protein hewani dipasok terutama oleh daging unggas dan daging sapi, yang juga menunjukkan kecenderungan meningkat. Hal ini dapat dinilai sebagai keberhasilan pemerintah dalam upaya menyediakan pangan yang mencukupi bagi masyarakat.

Perkembangan Politik dan Hubungan Internasional

Masih menjadi pembicaraan dan perdebatan hangat pada tahun 2019 ini isu “perang dagang” antara China dan Amerika Serikat, disamping terpilihnya kembali Mahatir Muhammad, serta usulan pencabutan Hadiah Nobel bagi Aung San Suu Kyi. Indonesia telah lama menjadi pengekspor kopi, teh, tembakau, karet, biji coklat serta beberapa jenis buah-buahan tropis. Di sisi lain, isu impor beras dari Thailand, Vietnam dan Laos oleh Indonesia, serta masih cukup tingginya impor kedele dari Amerika Serikat, memerlukan pencermatan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang muncul kemudian. Bersama-sama dengan memburuknya hubungan antara pemerintah China Daratan dengan Hong Kong, serta insiden-insiden yang terjadi di Laut China Selatan

antara Indonesia dengan beberapa negara lain, sedikit banyak akan mempengaruhi keberadaan sektor pertanian Indonesia dalam aktivitas perdagangan internasional.

Dalam menyikapi isu lingkungan dan konservasinya, Hartati (2012) merekomendasikan agar pihak-pihak yang berkepentingan di aras global, regional maupun lokal, untuk dapat menjalin integrasi antara aspek lingkungan dengan aspek-aspek sosial dan ekonomi. Dengan demikian, upaya meningkatkan pendapatan masyarakat, terutama di negara berkembang, perlu memasukkan ketiga aspek tersebut (sosial, ekonomi, dan lingkungan) dalam setiap langkah yang diambil. Apabila perlu, faktor biaya lingkungan juga dimasukkan dalam perhitungan kegiatan meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan masyarakat tersebut. Hal ini oleh Hartati disebut sebagai penerapan Ekonomi yang Berkelanjutan.

Hubungan internasional banyak berhubungan dengan aktivitas dan konsep diplomasi. Dalam hal ini Nurika (2017) menyebutkan bahwa dengan adanya globalisasi, maka makna dari diplomasi kini mengalami pergeseran. Diplomasi tidak lagi hanya terkait dengan pelaku negara sebagai aktor; diplomasi saat ini melibatkan sejumlah pelaku diluar negara, baik dalam agenda resmi maupun yang tidak resmi.

Dalam hal diplomasi hubungan Indonesia-Thailand, misalnya, Rozaan (2018) menyebutkan bahwa selain dengan mengadakan pameran produk halal, Indonesia juga telah melakukan kerjasama dengan IMT-GT dalam fokusnya untuk mengembangkan pasar halal, yang disepakati pada tahun 2017 dan akan dijalankan mulai tahun 2019.

Hubungan diplomatik yang dilakukan tidak hanya melibatkan pihak pemerintah saja; pihak swastapun terlibat dalam mempromosikan produk halal Indonesia, termasuk produk-produk hasil pertanian. Sementara itu, Presilla dan Rucianawati (2014) menambahkan bahwa salah satu keberhasilan Thailand sebagai eksportir beras utama di dunia sebagian adalah karena keberhasilannya dalam mengembangkan kerjasama pemerintah dengan berbagai pihak di dalam negeri maupun di tingkat internasional.

Telah diuraikan diatas sejumlah pokok perhatian yang dinilai secara langsung maupun tidak langsung akan berpengaruh pada keragaan sektor pertanian di Indonesia. Dalam perkembangan turunannya, aktivitas penyuluhan pertanianpun akan juga terpengaruhi, baik langsung maupun tidak langsung.

Menurut Permenpan No. Per/02/Menpan/2/2008, tugas pokok Penyuluhan Pertanian adalah melakukan kegiatan persiapan penyuluhan pertanian, pelaksanaan penyuluhan pertanian, evaluasi dan pelaporan, serta pengembangan penyuluhan pertanian. Terkait dengan tugas pengembangan penyuluhan pertanian, maka hal-hal yang dikemukakan diatas perlu menjadi perhatian para penyuluhan pertanian, untuk kemudian diolah menjadi materi penyuluhan yang akan dilaksanakan. Dengan demikian, wawasan serta pengetahuan para penyuluhan terhadap aspek-aspek tersebut dapat juga disampaikan kepada kelompok sasaran penyuluhan, sekaligus menjadi penanda bahwa penyuluhan pertanian senantiasa siap melakukan *up-date* terhadap materi-materi penyuluhan yang akan disampaikan.

Penyuluhan Pertanian Masa Depan

Dalam upaya mendeskripsikan aktivitas penyuluhan pertanian pada masa mendatang, diperlukan beberapa gambaran faktor-faktor ataupun aspek-aspek pendukung yang dapat, dan perlu, menjadi dasar pertimbangan untuk sampai kepada deskripsi penyuluhan pertanian masa depan itu. Hal ini untuk menunjukkan bahwa aktivitas penyuluhan seharusnya merupakan aktivitas yang bersifat dinamis, disesuaikan dengan tempat dan waktu, serta sesuai pula dengan perkembangan keadaan masyarakat dan kelompok sasaran penyuluhan. Beberapa catatan khusus tentang tantangan penyelenggaraan penyuluhan pertanian pada masa depan diuraikan berikut ini.

Mekanisme “Self-Propelled Society”

Tesis yang ingin digaris-bawahi dari bagian ini adalah bahwa petani, dengan atau tanpa kegiatan penyuluhan, akan tetap menjalankan aktivitas bertaninya. Prinsip yang menunjuk pada optimisme serta kondisi kemandirian petani ini menegaskan bahwa terdapat semangat pantang menyerah bagi para petani dalam mencoba memanfaatkan setiap sumberdaya yang ada pada dirinya dan keluarganya untuk menghasilkan nilai tambah dari aktivitas bertaninya. Apabila kemudian terdapat fasilitasi dari luar usahataninya, baik dari pihak pemerintah maupun dari pihak-pihak lainnya, hal tersebut lebih banyak dipandang sebagai suplemen dari aktivitas kesehariannya.

Pengalaman bertahun-tahun dalam melakukan penanganan usahataninya membuat para petani tahu pasti *“the do’s and the donts”* dalam mengelola usahataninya. Keluarga besarnya dan juga kerabat di sekelilingnya adalah “penyuluhan-penyuluhan” yang setiap saat ada di tempat pada saat para petani tersebut memerlukan sesuatu bagi kepentingan usahataninya. Mekanisme inilah yang membuat mereka tetap bertahan, meski seringkali benar yang mereka hadapi adalah ‘filosofi selembar sarung: ditarik keatas kaki telanjang, ditarik kebawah dada terbuka....’.

“Real-Problem-Oriented Extension Activities”

Dengan dasar pemahaman tentang kemandirian petani diatas, maka aktivitas penyuluhan, apabila benar-benar ingin menghasilkan dampak penyuluhan yang betul-betul bermakna, harus dilakukan benar-benar dalam kerangka pikir mengatasi masalah riil yang dihadapi petani, bukan hanya sekedar ‘membatalkan kewajiban’. Para penyuluhan harus benar-benar memahami apa yang sesungguhnya diperlukan oleh petani untuk memperoleh hasil optimal dari usahataninya.

Aktivitas penyuluhan dengan demikian tidak dapat dilakukan dengan pola dan pendekatan yang sama untuk setiap wilayah; harus ada pendekatan yang spesifik untuk wilayah yang spesifik pula. Orientasi aktivitas penyuluhan harus pada upaya menyelesaikan masalah yang dihadapi, betapapun beratnya masalah tersebut.

Penyuluhan yang Responsif Terhadap Perubahan

Dinamika kehidupan masyarakat maupun dinamika dalam perkembangan teknologi saat ini begitu cepat. Tidak ada yang mengira bahwa saat ini HP juga dimanfaatkan oleh tukang sayur dalam menjalankan kegiatannya. Jasa transportasi saat ini dapat diakses dari rumah, tanpa harus meninggalkan aktivitas sehari-hari. Keluarga yang tinggal berjauhan dapat dengan cepat terhubung satu sama lain dengan fasilitas group WA.

Sejauh yang dapat dilakukan, aktivitas penyuluhan pun harus mampu menyesuaikan diri dengan perkembangan-perkembangan yang terjadi tersebut. Kemudahan komunikasi digital memungkinkan para penyuluhan melakukan akses terhadap sumber teknologi, akses dengan para kelompok sasaran, maupun akses terhadap pihak-pihak yang terkait erat dengan aktivitas penyuluhan, selama 24 jam penuh.

Dengan cara ini, penyuluhan tidak harus menjadikan pertemuan tatap muka dengan kelompok sasaran secara rutin; cukup pada saat-saat yang memang diperlukan saja aktivitas penyuluhan tatap muka dilakukan. Demplot, Dempond dan Demcar mungkin hanya memerlukan pertemuan langsung pada awal kegiatan. Selanjutnya dapat dilakukan dengan komunikasi dengan format digital sesuai dengan perangkat yang tersedia. Perubahan iklim, perubahan kondisi pasar, serta perubahan kebijakan dapat dengan cepat diketahui melalui jaringan komunikasi digital yang ada; dengan cara ini maka resiko usaha para kelompok sasaran dapat diperkecil.

Penyuluhan Berbasis Kelas Kemampuan dan Minat Kelompok Sasaran

Dalam pendekatan Dinamika Kelompok yang sering digunakan dalam kegiatan penyuluhan, selalu akan ditemui anggota suatu kelompok yang memiliki karakter, perilaku, maupun orientasi yang berbeda-beda saat sama lain. Upaya mempersatukan pendapat dan pola pikir kelompok

menjadi masalah yang menyita waktu, tenaga, dan pikiran. Regulasi yang membatasi aturan main kelompok menjadi faktor kendala lain yang harus dihadapi oleh seorang penyuluhan.

Upaya penyuluhan yang ditujukan pada kelompok-kelompok yang relatif sama dalam orientasi maupun pola pikirnya dapat menjadi pilihan bagi penyuluhan untuk lebih mengefektifkan aktivitas penyuluhan. Pendekatan ini tentu saja harus dilakukan sesuai dengan rambu-rambu aturan yang berlaku, serta tidak berakibat pada makin tertinggalnya mereka yang justru memerlukan perhatian lebih daripada yang lainnya. Dalam hal yang mendesak, dapat dipertimbangkan untuk melakukan revisi maupun penggantian terhadap aturan-aturan yang dinilai tidak layak lagi dilakukan. Diperlukan kecermatan para penyuluhan untuk dapat memperinci lebih lanjut pemikiran dasar ini agar dapat terlaksana dengan baik di lapangan.

Perkembangan Penyuluhan Pertanian di Negara-negara lain

Kegiatan penyuluhan pertanian di Australia terkait erat dengan upaya meningkatkan intensitas kegiatan penelitian dan pengembangan bidang pertanian melalui peningkatan anggaran penelitian pertanian sejak tahun 2005 sampai dengan tahun 2015, terutama yang dilakukan oleh pihak perusahaan swasta. Peningkatan anggaran dan kegiatan penelitian di Australia tersebut disertai pula dengan peningkatan anggaran untuk penyuluhan, baik penyuluhan oleh pihak pemerintah maupun oleh perusahaan swasta, dengan alokasi anggaran yang relatif sama banyak.

Dalam hal ini kegiatan penyuluhan didefinisikan sebagai penerapan pengembangan pengetahuan pada kegiatan terapan di lapangan, melalui aktivitas komunikasi dan pendidikan. Kegiatan tersebut diarahkan pada upaya pemanfaatan teknologi dan inovasi yang ada untuk meningkatkan produktivitas, kualitas produk, serta peningkatan aspek keamanan pangan (Millist dkk, 2017).

Aktivitas pertanian di Thailand ditandai dengan kecilnya skala usaha; sekitar 90 persen petani hanya mengelola sekitar 1 “rai” (0.16 ha). Hal ini menjadi fokus perhatian utama pemerintah Thailand, sehingga pemerintah kemudian mengarahkan kegiatan penyuluhan untuk mengupayakan peningkatan skala usahatani, sehingga dapat dicapai efisiensi usahatani untuk terus mempertahankan besaran produksi produksi pertanian untuk keperluan ekspor. Hal ini dilakukan dengan mengurangi luasan lahan yang ditanami padi, menggantikannya dengan tanaman alternatif yang berorientasi ekspor. Secara konkret hal-hal tersebut diwujudkan dalam bentuk *“organic farming, integrated farming, natural farming, agroforestry and the New Theory farming”* (SIANI, 2016).

Untuk kasus Malaysia, Shah dkk (2013) menunjukkan bahwa dalam upaya mencapai target produksi padi di tingkat nasional, Malaysia menjadikan para penyuluhan pertanian sebagai pelaku utama pendamping petani untuk mencapai tujuan tersebut. Para penyuluhan difungsikan sebagai fasilitator adopsi teknologi baru, untuk kemudian mengajarkannya kembali kepada para petani lainnya.

Dalam hal ini para penyuluhan menjalankan fungsi sebagai katalisator, memberikan solusi terhadap masalah yang dihadapi, memperlancar aktivitas produksi petani, serta menjadi penghubung petani dalam melakukan akses terhadap sarana produksi maupun dalam hal pemasaran hasil produksinya. Kompetensi penyuluhan dengan demikian mencakup berbagai aspek tersebut. Pada saat yang sama, pihak-pihak lain yang terkait juga melakukan tugasnya sesuai dengan mandat dan kompetensi masing-masing.

Meskipun dikemukakan pada tahun 2008, namun pendapat dari Ikerd (2008) dinilai relevan untuk kondisi Indonesia saat ini dan di masa mendatang. Ikerd menegaskan bahwa model penyuluhan di Amerika Serikat perlu dilandasi oleh pemikiran untuk memperhatikan para petani (oleh Ikerd para petani disebut sebagai “konstituen penyuluhan”) dalam menyelesaikan masalahnya, serta dalam mengembangkan usahanya. Alih teknologi bukan lagi menjadi fokus perhatian penyuluhan; tugas utama para penyuluhan lebih diarahkan pada upaya memberikan fasilitasi

petani untuk mengembangkan proses belajarnya. Petani didorong untuk menyelesaikan masalahnya sendiri, menetapkan pilihan pengembangan usahanya, memenuhi kebutuhannya, serta mengembangkan rasa percaya dirinya.

Hal ini sangat berkaitan dengan perkembangan teknologi informasi yang ada, terutama perkembangan fasilitas internet. Disamping itu, petani juga perlu terus didorong untuk menjadikan pemikiran tentang keberlanjutan sebagai bagian dari aktivitas pertaniannya. Pihak perguruan tinggi maupun lembaga-lembaga internasional dalam bidang pertanian dapat berperan aktif mendukung pelaksanaan dan pengembangan model penyuluhan pertanian ini (Mercier, 2018).

Penyuluhan dan Teknologi 4.0

Nugraha(2018) menyatakan bahwa Teknologi 4.0 dalam perkembangannya akan dapat dimanfaatkan sebagai pengganti manusia dalam melaakukan kegiatan produktif, atau bahkan mampu menciptakan peluang-peluang kerja baru. Hal ini tentu saja akan dapat lebih mengoptimalkan proses produksi bagi pemakai teknologi tersebut, atau bahkan dapat digunakan oleh semua pihak yang berkepentingan. Dinilai bahwa aktivitas penyuluhan pun dapat dilakukan berbasis Teknologi 4.0 ini.

Dalam konteks penyuluhan, Teknologi 4.0 (T40) perlu dilihat sebagai dasar pemikiran untuk melakukan perubahan ataupun penyesuaian terhadap kegiatan penyuluhan yang terjadi saat ini. T40 tidak perlu ditempatkan pada posisi seolah-olah tanpa T40 maka kehidupan akan berhenti. Memang harus diakui bahwa T40 adalah perkembangan yang akan banyak mewarnai tata kehidupan manusia dalam aras global; namun demikian, T40 tidak boleh menjadi alat untuk mendorong pemikiran bahwa bagi mereka yang tidak mengikuti pola pikirnya, maka yang bersangkutan akan tidak dapat menjalani kehidupan di dunia ini dengan baik. T40 adalah pemacu untuk melakukan penyempurnaan, namun dalam hal penyuluhan, T40 bukan berarti segala-galanya.

Dengan melakukan penerapan pemikiran T40, penyuluhan yang terkait dengan pendekatan komoditas dapat lebih diperbaiki sistematika aplikasinya. Metoda *training and visit* (latihan dan kunjungan-LAKU), misalnya, tidak perlu dilakukan setiap waktu; LAKU hanya dilaksanakan pada saat diperlukan pertemuan langsung dengan sasaran penyuluhan, mungkin dalam hal memberikan contoh penanganan hama penyakit dengan menggunakan musuh alami. Selebihnya cukup dilakukan dengan menggunakan fasilitas media sosial yang telah disepakati bersama. Pendekatan *training of trainers* dapat lebih diefektifkan dengan pemanfaatan media sosial maupun teknologi informasi lainnya. Setelah kembali ke tempat asalnya, trainer yang baru dapat mereplikasi, ataupun menyesuaikan materi training yang diperolehnya sejalan dengan kondisi lingkungannya sendiri.

T40 hanya dapat berjalan efektif pada lokasi yang telah dilengkapi dengan fasilitas listrik. Bagi daerah yang belum berlistrik, maka pendekatan T40 akan sulit diterapkan. Dengan demikian pendekatan T40 akan secara tidak langsung mendorong percepatan penyediaan fasilitas listrik bagi daerah-daerah yang belum dilengkapi dengan fasilitas listrik tersebut. Prasyarat pendukung T40 lainnya adalah pendidikan; sulit untuk membayangkan penerapan T40 pada kelompok masyarakat dengan tingkat pendidikan yang tidak memadai. Kembali pendekatan T40 dapat menjadi pemacu bagi upaya meningkatkan derajat pendidikan masyarakat yang belum memiliki tingkat pendidikan minimal yang diperlukan untuk penerapan T40. Dengan pola pikir yang sama, T40 hanya dapat dilaksanakan apabila telah tersedia dukungan fasilitas dan perangkat yang diperlukan.

Sehubungan dengan hal tersebut, Hendrawan (2012) menyebutkan bahwa pengembangan sektor pertanian, bersama-sama dengan langkah peningkatan SDM dan Industrialisasi, merupakan tiga pilar yang harus ditegakkan untuk menuju pada Visi Indonesia 2030. Diperlukan langkah-langkah konkret untuk meningkatkan produktivitas lahan pada sektor pertanian, yang didukung oleh peningkatan kualitas SDM pertanian, ditunjang oleh industrialisasi yang bercirikan kemandirian dan inovasi yang tepat, dengan memanfaatkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan.

Aktivitas penyuluhan masa depan dengan demikian perlu memperhatikan hal-hal tersebut dalam hubungannya dengan T40. Harus diakui bahwa T40 memiliki kandungan makna dan energi yang mendalam untuk menjalani masa depan. Pada sisi lain, aktivitas penyuluhan juga memiliki makna filosofis yang khas, terutama dalam upaya membuat yang tidak mau menjadi mau, mengupayakan yang tidak tahu menjadi tahu, atau yang disebutkan secara lengkap tercantum dalam Ketentuan Umum Pasal 1 UU No. 16/2006:

“..... penyuluhan adalah proses pembelajaran bagi pelaku utama serta pelaku usaha agar mereka mau dan mampu menolong dan mengorganisasikan dirinya dalam mengakses informasi pasar, teknologi, permodalan, dan sumberdaya lainnya, sebagai upaya untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi usaha, pendapatan, dan kesejahteraannya, serta meningkatkan kesadaran dalam pelestarian fungsi lingkungan hidup.”

Terkait dengan hal tersebut, Taryoto (2017) mengajukan konsep Penyuluhan Disruptif. Aktivitas penyuluhan Disruptif ini ditandai oleh aktivitas yang dilakukan oleh para Penyuluhan Mandiri, dengan atau tanpa sebutan “penyuluhan” yang melekat pada para penyuluhan itu, untuk berorientasi pada upaya mencari solusi bagi masalah-masalah riil yang dihadapi di lapangan. Para penyuluhan mandiri itu adalah mereka yang benar-benar terpanggil dan kemudian berupaya untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi masyarakat, dimana para penyuluhan itu berada, atau bertempat tinggal.

Di sisi lain, Faure dkk (2016), membahas tentang konsep Penyuluhan Pluralistik. Disebutkannya bahwa penyuluhan yang Pluralistik ditandai dengan berubahnya pandangan tentang penyuluhan pertanian yang semula terpusat pada peran pemerintah, menjadi aktivitas yang juga ditandai oleh keterlibatan pihak-pihak perusahaan swasta, LSM, maupun aktivitas yang berasal dari para petani sendiri.

Penyuluhan pertanian berkembang menjadi aktivitas yang memiliki berbagai tujuan, tidak hanya terkait dengan peningkatan produksi: peningkatan pendapatan, pemasaran, ketahanan dan keamanan pangan, serta peningkatan kesejahteraan masyarakat. Penyuluhan Pluralistik juga

ditandai oleh pergeseran basis transfer teknologi menjadi aktivitas yang berbasis pemberian fasilitasi, proses pembelajaran, maupun peningkatan kemampuan untuk mengembangkan inovasi diantara para petani sendiri.

Dalam formulasi yang berbeda, Swanson dan Rajalahti (2010) mengindikasikan bahwa penyuluhan pertanian seyogyanya diorientasikan kepada aktivitas yang lebih terdesentralisasi, melibatkan petani secara aktif, serta berorientasi kepada pemenuhan permintaan pasar (*transforming extension into a more decentralized, farmer-led, and market-driven system: p. 53*).

Karena itu, tujuan aktivitas penyuluhan dengan demikian perlu diarahkan untuk mencakup tujuan melakukan alih teknologi dalam upaya mencakup kondisi ketahanan pangan yang ideal, meningkatkan pendapatan petani sebagai upaya meningkatkan taraf hidup petani di pedesaan, meningkatkan kapasitas petani melalui pengembangan modal sosial masyarakat petani, serta melatih petani untuk mampu mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan.

Formulasi aktivitas Penyuluhan di Indonesia dapat saja tetap seperti yang telah tercantum dalam Pasal 1 UU No. 16/2006. Formulasi itu dapat dinilai telah memiliki makna yang mencakup kahekat penyuluhan yang dikehendaki di Indonesia. Namun demikian, apabila kedepan dinilai perlu untuk dilakukan penyempurnaan, maka pendapat Taryoto, Faure dkk serta Swanson dan Rajahati dapat menjadi pilihan pertimbangan bagi upaya penyempurnaan tersebut.

Kesimpulan dan Rekomendasi

Terdapat sejumlah tantangan yang dihadapi oleh semua pihak yang berkepentingan dengan pelaksanaan aktivitas penyuluhan pertanian di Indonesia: tantangan yang terkait dengan lahan pertanian, dinamika pilihan komoditas pertanian, kondisi SDM pertanian, perubahan iklim, SDGs, dinamika kelembagaan dan kebijakan pertanian, sampai dengan perkembangan politik dan hubungan internasional. Tantangan-tantangan tersebut telah diupayakan oleh berbagai pihak, terutama tentu saja pihak

Kementerian Pertanian, untuk diurai penyelesaiannya. Bagi pihak-pihak lainnya, tantangan juga memerlukan perhatian tersendiri, terutama bagi para penyuluh pertanian di Indonesia. Beberapa hal dapat menjadi acuan bagi para penyuluh dari sejumlah tantangan tersebut. Namun demikian cukup banyak aspek yang cakupannya berada pada pihak-pihak diluar penyuluh.

Aktivitas penyuluhan pada masa mendatang dinilai perlu untuk mengacu kepada dugaan dasar bahwa dalam perkembangannya, masyarakat akan dapat mengatur dirinya sendiri. Pihak luar akan lebih banyak dipandang sebagai pihak-pihak yang memberikan fasilitasi, masukan, ataupun acuan dalam proses pengambilan keputusan maupun dalam melakukan tindakan. Pendekatan penyuluhan pluralistik, yang memanfaatkan setiap potensi penyuluh yang ada, baik penyuluh PNS, penyuluh swasta, penyuluh dari LSM, maupun penyuluh dari kelompok petani sendiri, perlu untuk mendapatkan perhatian dan pengembangan lebih lanjut. Untuk itu, aktivitas penyuluhan masa datang harus benar-benar berorientasi kepada upaya menyelesaikan masalah riil yang dihadapi di lapangan, serta penyuluhan yang benar-benar berwawasan perubahan, yang berdampak pada hasil yang nyata dan dapat segera dirasakan manfaatnya.

Pada saat yang sama, penyuluhan harus pula mampu menjawab keinginan pengguna, dengan berbagai ragam dan bentuk keinginan tersebut, *bukan* berorientasi kepada kehendak dan pemikiran para penyuluh. Petani secara bertahap didorong untuk dapat menyelesaikan masalahnya serta mengembangkan usahanya secara mandiri. Acuan yang perlu dipertimbangkan oleh para penyuluh adalah orientasi kepada peningkatan taraf hidup masyarakat, kecukupan pangan, pemberdayaan modal sosial yang terdapat setempat, yang disertai upaya menekankan pelestarian lingkungan yang berkelanjutan.

Menjadi tantangan tersendiri bagi pengembangan pertanian di Indonesia untuk memperhatikan aspek konsolidasi lahan usaha pertanian. Selama pertanian masih didominasi oleh kecilnya lahan usaha, maka sulit untuk berharap terjadinya loncatan dalam hal produktivitas. Penyuluh

memiliki tugas yang tidak ringan dalam menyikapi hal ini. Meskipun sudah relatif lama, rekomendasi Qamar (2005) dinilai masih relevan untuk menjadi perhatian. Disebutkannya bahwa aktivitas penyuluhan pertanian perlu secara khusus memperhatikan para petani yang memang memiliki kondisi tertentu, sehingga uluran tangan penyuluhan menjadi hal yang sangat diperlukan. Mereka itu antara lain adalah para petani kecil (*subsistence farmers*), petani yang sedang dalam proses mengembangkan usahanya, petani yang berada di lokasi terpencil, serta para petani nirlahan. Secara khusus perlu juga diperhatikan aspek gender didalam pelaksanaannya.

Teknologi 4.0 perlu menjadi perhatian pihak pemerintah, para penyuluhan, serta masyarakat luas. Disadari bahwa teknologi ini dapat merasuki seluruh komponen masyarakat, yang memang memiliki fasilitasi untuk dapat mengadaptasinya. Diyakini bahwa didalam menjalankan tugasnya, para penyuluhan dapat dengan baik menyesuaikan diri dengan perkembangan teknologi yang ada; begitu pula sebagian dari komponen masyarakat Indonesia.

Namun harus disadari juga bahwa cukup banyak bagian dari masyarakat, terutama masyarakat pertanian, yang tidak memiliki fasilitas memadai untuk menyesuaikan diri dengan perkembangan teknologi tersebut. Mereka masih harus menghadapi keterbatasan dan tantangan-tantangan tidak kecil dari berbagai segi. Kelompok masyarakat inilah yang perlu dengan seksama menjadi mitra utama aktivitas penyuluhan. Para penyuluhan perlu mendedikasikan aktivitasnya bagi kelompok masyarakat ini, apabila perlu dengan memanfaatkan perkembangan teknologi 4.0 yang dapat diaksesnya.

Daftar Pustaka

- Adam, Lukman. 2014. Kinerja Ekonomi Pangan Nasional: Dinamika Dan Reformulasi Kebijakan. Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik. 5(2): 173 – 192.
- Badan Litbang Pertanian. 2011. Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian.

- Badan Pusat Statistik. 2018. Hasil Survei Pertanian Antar Sensus (SUTAS) 2018. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Potret Awal Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals) Di Indonesia. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- Bappenas. 2015. Evaluasi Implementasi Kebijakan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B). Jakarta (ID): Direktorat Pangan Dan Pertanian Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Dewi, Nurma K., dan Iwan Rudiarto. 2013. Identifikasi Alih Fungsi Lahan Pertanian dan Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Daerah Pinggiran di Kecamatan Gunungpati Kota Semarang. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*. 1(2): 175-188.
- Ditjen Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2018. *Statistik Peternakan Dan Kesehatan Hewan 2018*. Jakarta (ID): Ditjen Peternakan dan Kesehatan Hewan.
- Djoni, Supriyanto, dan Eri Charial. 2016. Kajian Alih Fungsi Lahan Pertanian Pangan Di Kota Tasikmalaya. *Mimbar Agribisnis*. 1(3).
- Ernawati. 2014. Daya Saing Sumberdaya Manusia Pertanian Pangan Provinsi Sulawesi Tenggara. Prosiding Seminar Nasional Percepatan Pembangunan Ekonomi Indonesia Perspektif Kewilayahann dan Syariah Hotel Zahra Kendari, 11 Oktober 2014.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2017. Country fact sheet on food and agriculture policy trends. August 2017. <http://www.fao.org/3/a-i7696e.pdf>.
- Faure, Guy et al. 2016. Framework to Assess Performance and Impact of Pluralistic Agricultural Extension Systems: The Best-fit Framework Revisited. IFPRI Discussion Paper 01567 November 2016.
- Fodor, Étienne, and M. Cristina Marchetti. 2018. The statistical physics of active matter: From self-catalytic colloids to living cells. *Physica A* 504 (2018) 106–120.

- Gevisioner dkk. 2017. Kegagalan Pembangunan Pertanian Meningkatkan Kesejahteraan Petani Di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Perencanaan Pembangunan Inklusif Desa Kota. <http://pasca.unand.ac.id/id/prosiding-seminar-nasional-perencanaan-pembangunan-inklusif-desa-kota>.
- Hadiz, Liza (ed.). 2017. Dari MDGs ke SDGs: Memetik Pelajaran Dan Menyiapkan Langkah Konkret. Jakarta (ID): SMERU.
- Hartati, Anna Yulia. 2012. Global Environmental Regime: Di Tengah Perdebatan Paham Antroposentris Versus Ekosentris. Spektrum. 12(2), Juli 2012.
- Hendrawan, Arie. 2012. Peningkatan Kualitas Sumber Daya Manusia (SDM), Industrialisasi, dan Pengembangan Sektor Pertanian sebagai Blue Print Visi Indonesia 2030. Esai Political Writing Competition (Potret), dengan tema: "Indonesia 2030: Blue Print Mahasiswa untuk Indonesia".
- Hidayati, Ida N., dan Suryanto. 2015. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produksi Pertanian Dan Strategi Adaptasi Pada Lahan Rawan Kekeringan. Jurnal Ekonomi dan Studi Pembangunan. 16(1): 42-52.
- Ikerd, John. 2008. The Agricultural Extension System and the New American Farmer: The Opportunities Have Never Been Greater Prepared for presentation at the 2008 National Association of County Agriculture Agents Conference, Greensboro, NC, July 17, 2008.
- Indriana, Hana dkk. 2016. Dinamika Kelembagaan Pertanian Organik Menuju Pembangunan Berkelanjutan. Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan, Agustus 2016, hlm 192-207
- Ishartono dan Santoso T. Raharjo. 2018. Sustainable Development Goals (SDGs) dan Pengentasan Kemiskinan. Social Work Jurnal. 6(2): 154 – 272.
- Kaputra, Iswan. 2013. Alih Fungsi Lahan, Pembangunan Pertanian Dan Kedaulatan Pangan. Strukturasi. 1(1): 25-39.

- Kementerian Pertanian. 2015. Rencana Strategis Kementerian Pertanian 2015-2019. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2017. Rencana Strategis Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta (ID): Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- King, Anthony. 2017. Technology: The Future of Agriculture. *Nature*. 544: 21-23.
- Kusumastuti, A. Candra dkk. 2018. Faktor Yang Mempengaruhi Alih Fungsi Lahan Pertanian Pangan Di Kabupaten Pandeglang. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*. 6(2): 131-136.
- Las, Irsal. 2009. Revolusi Hijau Lestari untuk Ketahanan Pangan ke Depan. *Tabloid Sinar Tani* 14 Januari 2009.
- Leimona B, et al. 2015. Indonesia's 'Green Agriculture' Strategies and Policies: Closing the gap between aspirations and application. Occasional Paper 23. Nairobi (KE): World Agroforestry Centre.
- Mayrowani, Henny. 2012. Pengembangan Pertanian Organik Di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 30(2): 91 – 108.
- Mercier, Stephanie. 2018. History of Agricultural Extension. <https://www.agweb.com/blog/straight-from-dc-agricultural-perspectives/history-of-agricultural-extension->
- Millist, N., W. Chancellor, and T. Jackson. 2017. Rural research, development and extension investment in Australia, ABARES research report, Canberra, September. CC BY 4.0.
- Nugraha, Dadan. 2018. Transformasi Sistem Revolusi Industri 4.0. Workshop Technopreneurship "Road to TBIC 2019", 30 September 2018,https://puspiptek.ristekdikti.go.id/wp-content/uploads/2018/10/revolusi-industri-4.0_PIF-2018_2018-1.pdf
- Nurika, R. Rahmadani. 2017. Peran Globalisasi di Balik Munculnya Tantangan Baru Bagi Diplomasi di Era Kontemporer. *Jurnal Sospol*. 3(1): 126-141.
- Presilla, Mayasuri, dan Rucianawati. 2014. Pembangunan Sektor Pertanian di Asia Tenggara. Policy Brief 03/2014. Jakarta (ID): Pusat Penelitian Sumber Daya Regional LIPI. .

- Priyono. 2011. Alih Fungsi Lahan Pertanian Merupakan Suatu Kebutuhan Atau Tantangan. Prosiding Seminar Nasional Budidaya Pertanian | Urgensi dan Strategi Pengendalian Alih Fungsi Lahan Pertanian. Bengkulu 7 Juli 2011.
- Putra, R. E. Novianto, dan Hempri Suyatna. 2018. Genealogi Kuasa dalam Kebijakan Pengembangan Pertanian Organik di "Wilayah Pardikan" Jawa. *Jurnal Pemikiran Sosiologi*. 5(1), Januari 2018.
- Rahmina. 2011. Pilihan Skema Pengelolaan Hutan Berbasis Masyarakat Dalam Mitigasi Perubahan Iklim. Jakarta (ID): FORCLIME.
- Rozaan, M. Zaim. 2018. Diplomasi Ekonomi Indonesia Terhadap Thailand Dalam Kerjasama Pengembangan Pasar Produk Halal (2012-2017). [Skripsi]. Bandar Lampung (ID): FISP UNILA.
- Ruhana, Faria. 2010. Kualitas Pelayanan dan Alternatif Model Pelayanan Penyuluhan Pertanian di Era Otonomi Daerah. *Sosiohumaniora*. 12 (1): 39 -56.
- Ruminta, Handoko, dan Tati Nurmala. 2018. Indikasi perubahan iklim dan dampaknya terhadap produksi padi di Indonesia (Studi kasus: Sumatera Selatan dan Malang Raya). *Jurnal Agro*. 5(1): 48-60.
- Rusdiana, Supardi, dan Aries Maesyia. 2017. Pertumbuhan Ekonomi Dan Kebutuhan Pangan di Indonesia. *Agriekonomika*. 6(1).
- Shah, Jasmin Arif dkk. 2013. Roles of Extension Agents Towards Agricultural Practice in Malaysia. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 3(1).
- SIANI. 2016. Transforming Thai higher education for sustainable agriculture Addressing the need for food security. Policy Brief, March 2016.
- Taryoto, Andin H. 2017. Inovasi Disruptif Penyuluhan Di Indonesia Pasca Undang-Undang No. 23 Tahun 2014. Dalam Pasandaran, Effendi dkk. 2017. Menuju Pertanian Modern Berkelanjutan. Jakarta (ID): IAARD Press ISBN 978-602-344-198-3, hlm 34-57.
- White, Ben. 2012. Agriculture and the Generation Problem: Rural Youth, Employment and the Future of Farming. *IDS Bulletin*. 43(6), November 2012.

Membangun Kelembagaan Pemasaran Petani Hortikultura dalam Era Revolusi Industri 4.0

Juni Hestina, Eddy Yusuf, dan Helena J. Purba

Globalisasi pertanian modern dapat memberikan peluang sekaligus tantangan baru dalam pengembangan komoditas hortikultura kedepan. Memberikan peluang karena pasar komoditas hortikultura akan terus berkembang dan luas sesuai dengan permintaan. Permintaan yang meningkat dipengaruhi oleh pendapatan dan pola hidup konsumen yang lebih baik. Namun globalisasi pertanian modern akan menimbulkan masalah jika komoditas hortikultura yang dihasilkan petani tidak mampu bersaing dengan komoditas hortikultura dari negara lain sehingga pasar domestik dibanjiri oleh produk impor yang dapat merugikan petani hortikultura. Oleh karena itu peningkatan produksi komoditas hortikultura harus diiringi dengan peningkatan daya saing dan efisiensi usaha komoditas hortikultura tersebut (Irawan, B., dkk 2001).

Lemahnya daya saing ekspor komoditas hortikultura Indonesia di pasar internasional disebabkan oleh pasca panen yang belum mamadai, kualitas hasil yang belum memenuhi standar/kualitas yang sesuai preferensi konsumen dan sistem informasi pasar yang belum transparan. Sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Market Asia (2004) terhadap komoditas hortikultura Indonesia menunjukkan bahwa kebijakan pengembangan komoditas hortikultura telah berhasil meningkatkan produksi, namun peningkatan itu tidak searah dengan dinamika persyaratan komoditas yang diharapkan oleh berbagai kelembagaan pasar. Dengan demikian, produksi hortikultura yang dihasilkan petani tersebut belum searah dengan keinginan pasar. Artinya sebagian besar petani sebagai pemasok komoditas hortikultura hanya memikirkan kuantitas yang diproduksi, padahal pasar (lembaga pasar) tidak hanya

cukup dari sisi kuantitas akan tetapi juga harus memenuhi kualitas, ukuran, dan penampilan yang sesuai dengan selera konsumen. Keadaan ini menunjukkan, persyaratan pasar produk hortikultura yang dinamis itu, belum mampu diakomodasi oleh sebagian besar petani.

Menurut Mubyarto (1989) bahwa sistem pemasaran komoditas pertanian masih menjadi bagian yang masih dianggap lemah dari aliran komoditas. Masih lemahnya pemasaran komoditas pertanian dimaksudkan bahwa kegiatan pemasaran tersebut masih belum berjalan efisien. Agustian, A., dkk, 2010 mengatakan bahwa sistem pemasaran komoditas pertanian yang efisien itu harus memenuhi dua syarat yaitu: (1) Mampu menyampaikan hasil pertanian dari produsen kepada konsumen dengan biaya yang semurah-murahnya; dan (2) Mampu mendistribusikan hasil keuntungan yang adil dari keseluruhan harga konsumen terakhir kepada semua pihak yang ikut serta di dalam kegiatan produksi dan pemasaran komoditas pertanian tersebut.

Berbagai bentuk kelembagaan pemasaran komoditas pertanian telah berkembang secara luas dan lebih modern. Kelembagaan pemasaran yang berperan dalam memasarkan komoditas hortikultura dapat mencakup petani, pedagang pengumpul, pedagang perantara/grosir dan pedagang pengecer (Kuma'at 1992). Kelembagaan pemasaran lainnya yang berperan dalam pemasaran komoditas hortikultura adalah berupa pasar tradisional, pasar modern dan pasar industri (PSP IPB dan Bapehti 1995). Dari berbagai hasil penelitian, tampaknya Biaya pemasaran di Indonesia termasuk tinggi dan pembagian keuntungan yang adil tersebut sampai saat ini masih bersifat asimetris, terkadang keuntungan atas fungsi pemasaran tersebut lebih besar mengelompok pada pedagang besar, sementara petani dan pedagang pengumpul bagiannya relatif lebih kecil.

Oleh karena itu, dengan semakin berkembangnya kelembagaan pemasaran komoditas hortikultura terutama pasar modern belumlah sepenuhnya menjamin perbaikan pendapatan produsen (petani), meskipun komoditas hortikultura dari petani tersebut dipasarkan di supermarket dengan harga tinggi. Para petani produsen tampaknya tetap saja menghadapi fluktuasi harga terutama saat panen, dan para pedagang perantara lah yang lebih akses dapat memperoleh peningkatan

harga akibat perkembangan tersebut. Hal ini sejalan dengan pendapat Maliati (USESE Foundation 2002) bahwa berbagai kelembagaan pasar modern telah banyak berdiri yang diharapkan dapat membantu petani memasarkan hasil usahanya dengan memperoleh harga yang relatif lebih baik dibandingkan dengan harga yang diberikan oleh lembaga pemasaran lain, namun dalam praktiknya belumlah dapat memperbaiki pendapatan petani (produsen).

Keberadaan kelembagaan petani dan agribisnis sangat besar peranannya untuk mensinergikan kegiatan-kegiatan pada setiap sub sistem agribisnis agar lebih efisien. Peningkatan pengembangan hortikultura tidak terlepas dari petani sebagai pelaku utama yang memiliki kemampuan untuk mengaplikasikan teknologi yang dibutuhkan dalam kegiatan usaha taninya, serta kelembagaan yang mendukung, yaitu kelembagaan petani, kelembagaan produksi, kelembagaan pemasaran, kelembagaan permodalan, dan usaha bersama. Kelembagaan hortikultura di Indonesia masih bersifat konvensional, di era industri 4,0 kelembagaan petani hortikultura mau tidak mau akan menjadi bagian utuh dari dunia digital. Tujuan dari tulisan ini adalah untuk memberikan pandangan baru tentang kelembagaan pemasaran hortikultura dalam era industri 4.0.

Konsep Kelembagaan Pemasaran

Lembaga adalah sekumpulan norma dan perilaku yang telah berlangsung dalam waktu yang lama dan digunakan untuk mencapai tujuan bersama. Kelembagaan adalah suatu jaringan yang terdiri dari sejumlah orang atau lembaga untuk tujuan tertentu memiliki aturan dan norma serta memiliki struktur. Kelembagaan (*institution*) sebagai aturan main (*rule of game*) dan organisasi, berperan penting dalam mengatur penggunaan/alokasi sumber daya secara efisien, merata dan berkelanjutan. Suatu kelembagaan adalah suatu pemantapan perilaku yang hidup pada suatu kelompok orang yang merupakan sesuatu yang stabil, mantap dan berpola; berfungsi untuk tujuan-tujuan tertentu dalam masyarakat; ditemukan dalam sistem sosial tradisional dan modern atau bisa berbentuk tradisional dan modern dan berfungsi mengefisiensikan kehidupan sosial (Sahyuti 2006).

Kelembagaan merupakan cara berfikir dan bertindak yang umum dan berlaku, serta telah menyuatu dengan kebiasaan dan budaya masyarakat tertentu. Menurut Knight (1992), kelembagaan adalah serangkaian peraturan yang membangun struktur interaksi dalam sebuah komunitas. Kelembagaan sebagai aturan yang berlaku dalam masyarakat (arena) yang menentukan siapa yang berhak membuat keputusan, tindakan apa yang boleh dan tidak boleh dilakukan, aturan apa yang berlaku umum di masyarakat, prosedur apa yang harus diikuti, informasi apa yang mesti atau tidak boleh disediakan dan keuntungan apa yang individu akan terima sebagai buah dari tindakan yang dilakukannya. Dengan kata lain, kelembagan adalah aturan main yang berlaku dalam masyarakat yang disepakati oleh anggota masyarakat tersebut sebagai sesuatu yang harus diikuti dan dipatuhi (memiliki kekuatan sanksi) dengan tujuan terciptanya keteraturan dan kepastian interaksi di antara sesama anggota masyarakat. Interaksi yang dimaksud terkait dengan kegiatan ekonomi, politik maupun sosial.

Kelembagaan dapat diartikan sebagai organisasi atau sebagai aturan main. Kelembagaan sebagai organisasi biasanya menunjuk pada lembagalembaga formal. Sedangkan dari sudut pandang ekonomi, lembaga dalam artian organisasi biasanya menggambarkan aktivitas ekonomi yang dikoordinasikan bukan oleh mekanisme pasar tetapi melalui mekanisme administrasi atau komando. Pasar dapat menjadi batas eksternal dari suatu organisasi, akan tetapi secara internal aktivitas ekonomi dikoordinasikan secara administratif (Pakpahan 1990).

Kelembagaan sebagai aturan main dapat diartikan sebagai himpunan aturan mengenai tata hubungan antar orang-orang, dimana ditentukan oleh hak-hak mereka, perlindungan atas hak-haknya, hak-hak istimewa dan tanggung jawabnya (Schmid 1987). Dipandang dari sudut individu, kelembagaan merupakan himpunan kesempatan bagi individu dalam membuat keputusan dan melaksanakan aktivitasnya.

Lembaga pemasaran adalah badan usaha atau individu yang menyelenggarakan aktivitas pemasaran, menyalurkan jasa dan produk pertanian kepada konsumen akhir serta memiliki jejaring dan konesitas

dengan badan usaha dan atau individu lainnya. Lembaga pemasaran muncul sebagai akibat kebutuhan konsumen untuk memperoleh produk yang diinginkan sesuai waktu, tempat dan bentuknya.

Peran lembaga pemasaran adalah melakukan fungsi-fungsi pemasaran serta memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen secara maksimal. Konsumen memberikan balas jasa atas fungsi pemasaran yang dilakukan oleh lembaga konsumen. Nilai balas jasa tersebut tercermin pada besarnya margin pemasaran. Umumnya lembaga pemasaran dapat digolongkan menurut penguasaannya terhadap komoditi yang dipasarkan dan fungsi pemasaran yang dilakukan.

Berdasarkan penguasaannya terhadap komoditi yang diperjualbelikan lembaga pemasaran dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu:

1. Lembaga pemasaran yang bukan pemilik namun mempunyai kuasa atas produk (*agent middleman*) , di antaranya:
2. Perantara, makelar, atau broker baik selling broker maupun buying broker. Broker merupakan pedagang perantara yang tidak secara aktif berpartisipasi dalam melakukan fungsi pemasaran, mereka hanya berperan menghubungkan pihak-pihak yang bertransaksi. Bila transaksi berhasil dilaksanakan, broker akan memperoleh komisi atas jasa mereka.
3. *Commission agent*, yaitu pedagang perantara yang secara aktif turut serta dalam pelaksanaan fungsi pemasaran terutama yang berkaitan dengan proses seleksi produk, penimbangan dan grading. Umumnya mereka memperoleh komisi dari perbedaan harga produk.

Lembaga pemasaran yang memiliki dan menguasai produk pertanian yang diperjualbelikan, antara lain:

1. Pedagang pengepul atau pengumpul, penebas, tengkulak atau *contract buyer, whole seller*: mereka umumnya menaksir total nilai produk pertanian dengan cara menaksir jumlah hasil panen dikalikan dengan harga yang diharapkan pada saat panen (*expectation price*). Dalam praktik on farm bila contract buyer adalah penebas atau ijon

maka setelah ada kesepakatan harga, mereka akan bertanggung jawab memelihara tanaman sampai panen selesai dilakukan. Biaya panen dibayar oleh penebas.

2. *Grain millers*: pedagang atau lembaga pemasaran yang memiliki gudang penyimpan produk pertanian. Mereka membeli aneka produk pertanian utamanya padi dan palawija dan sekaligus menangani pasca panen
3. Eksporter dan importir.

Lembaga pemasaran yang tidak memiliki dan tidak menguasai produk pertanian yang ditransaksikan:

1. *Processors* dan manufaktur: lembaga-lembaga ini sangat berperan dalam proses tata niaga agroproduk sebab keberadaannya menjadi jaminan pasar bagi produk pertanian. Sebagai contoh dapat diamati industri-industri pangan olahan seperti produsen sari apel, buah kaleng, susu Pasteurisasi, pakan ternak, penggilingan padi, baik dalam skala mikro, kecil, menengah hingga industri besar seperti Pabrik Gula (PG), Pabrik Kelapa Sawit (PKS), dan sebagainya.
2. *Facilitative organizations*: salah satu bentuk organisasi fasilitatif yang sudah dikenal di Indonesia adalah pasar lelang ikan. Sub Terminal Agribisnis, walaupun belum sepenuhnya berjalan dengan baik sudah menawarkan alternatif transaksi berbagai produk pertanian melalui lelang.
3. *Trade associations*: asosiasi perdagangan agroproduk yang terutama bertujuan untuk mengumpulkan, mengevaluasi, dan mendistribusikan informasi pada anggotanya. Contoh asosiasi dagang semacam ini adalah AEKI (Asosiasi Ekspor Kopi Indonesia) dan ICO (*International Coffe Agreement*).

Kelembagaan pemasaran merupakan salah satu bentuk institusi ekonomi. Menurut Granovetter dan Swedberg (1992) institusi ekonomi dikonstruksikan secara sosial, institusi ini merupakan hasil dari kreasi sosial yang terjadi secara perlahan. Pemahaman ini mengacu kepada pendapat Berger dan Bechman (1966) bahwa kelembagaan ekonomi itu dapat mencakup aspek pelaku yang mengkonstruksi kelembagaan

ekonomi sekaligus dengan status dan perannya, dan aturan main yang dikonstruksi oleh pelaku. Pelaku-pelaku yang terlibat dalam kelembagaan pemasaran komoditas pertanian akan melibatkan petani sebagai penjual hasil pertaniannya dan pedagang dengan berbagai tingkatannya. Sementara, aturan main dibangun oleh para pelaku yang bertransaksi, serta peran dari para pelaku pemasaran dalam membangun aturan main tersebut. Kemungkinan yang terjadi adalah adanya pelaku pemasaran yang dominan perannya dalam menentukan aturan main (asimetris), namun tidak tertutup kemungkinan bahwa aturan main akan dibangun berdasarkan kesepakatan karena posisi dan peran masing-masing pelaku pemasaran relatif sama (simetris). Posisi dan peran itu sendiri dapat ditentukan oleh aktivitas pelaku, asset dan akses yang dimiliki pelaku pemasaran (Creswell, J.W 1994).

Sementara itu, pemasaran adalah suatu rangkaian kegiatan yang terjadi dalam proses mengalirkan barang dan jasa dari sentra produksi ke sentra konsumsi guna memenuhi kebutuhan dan memberikan kepuasan bagi konsumen serta memberikan keuntungan bagi produsen. Konsep ini menunjukkan bahwa peranan pemasaran sangat penting dalam rangka meningkatkan nilai guna bentuk, nilai guna waktu, nilai guna tempat dan nilai guna hak milik dari suatu barang dan jasa secara umum dan juga pada komoditas pertanian (Limbong dan Sitorus 1992).

Peranan pemasaran dalam bidang pertanian hortikultura (sayuran dan buah) semakin penting karena adanya sifat unik dari komoditas tersebut seperti mudah busuk, mudah rusak, *voluminous*, produksinya bersifat musiman sementara konsumsi terjadi sepanjang tahun. Sifat-sifat unik ini menuntut adanya suatu perlakuan khusus berupa pengangkutan yang hati-hati, pengepakan yang baku dan baik, penyimpanan dengan suhu tertentu, pengeringan dan berbagai metode pengawetan lain sehingga komoditas dimaksud dapat digunakan sepanjang waktu. Lamanya jarak antara awal produksi dengan masa menghasilkan (panen) juga menjadi salah satu faktor yang membuat komoditas pertanian menjadi unik. Sementara itu, di sisi lain para konsumen menghendaki komoditas tersedia dekat dengan tempat mereka, dapat diperoleh sepanjang waktu dan dapat dikonsumsi dalam bentuk segar.

Di pihak lain produsen menginginkan keuntungan yang maksimum guna menjamin kelangsungan dan pengembangan usahanya. Dua keinginan yang berbeda ini akan dapat dipenuhi dengan adanya suatu sistem pemasaran yang baik. Dalam pemasaran komoditas pertanian terdapat beberapa pihak selain produsen dan konsumen, yaitu para lembaga-lembaga perantara yang menghubungkan sentra produksi dan sentra konsumsi dengan melakukan berbagai aktivitas yang memberikan nilai guna bagi produk yang dipasarkan.

Jumlah dan jenis lembaga perantara tersebut secara horizontal dan vertikal sangat dipengaruhi oleh jenis komoditas yang dipasarkan, fasilitas pemasaran yang tersedia dan keinginan pasar sasaran (konsumen) yang hendak dicapai. Semakin banyak dan kompleks permintaan konsumen dan semakin banyak perubahan bentuk dari komoditas yang dipasarkan sebelum sampai di tangan konsumen, maka akan semakin banyak pula menuntut kehadiran para lembaga perantara. Untuk pasar internasional, sudah jelas membutuhkan lembaga perantara yang lebih banyak dan rantai pemasaran yang lebih panjang daripada di pasar domestik.

Komitmen pemerintah dalam mengembangkan kelembagaan petani dituangkan dalam Permentan No 18 Tahun 2018 yang menyatakan bahwa untuk membangun pertanian modern maka kelembagaan petani yang ditawarkan adalah koperasi petani. Merujuk kepada Permentan tersebut, kelembagaan petani adalah lembaga yang ditumbuhkembangkan dari, oleh, dan untuk petani guna memperkuat dan memperjuangkan kepentingan petani. Kementerian Pertanian dan Pemerintah Daerah telah memulai penguatan pemberdayaan kelompok tani melalui program korporasi petani di beberapa provinsi.

Kegiatan korporasi petani merupakan salah satu persiapan memasuki era industri 4.0 dengan konsep pertanian modern dan pertanian pintar (*smart farming*). Salah satu contoh pertanian modern untuk tanaman hortikultura adalah pemakaian *screening house*, dan alat mesin pertanian yang masif. Lebih jauh, Permentan tersebut mengatakan tujuan pengembangan Kawasan Pertanian Berbasis Korporasi Petani adalah: (1) meningkatkan nilai tambah serta daya saing wilayah dan komoditas pertanian untuk keberlanjutan ketahanan pangan nasional; (2) memperkuat sistem Usaha

Tani secara utuh dalam satu manajemen kawasan; dan (3) memperkuat kelembagaan petani dalam mengakses informasi, teknologi, prasarana dan sarana publik, permodalan serta pengolahan dan pemasaran.

Sasaran pengembangan kawasan pertanian berbasis korporasi petani mencakup: (1) meningkatnya produksi, produktivitas, nilai tambah dan daya saing komoditas prioritas pertanian nasional; (2) tersedianya dukungan prasarana dan sarana pertanian di kawasan pertanian secara optimal; (3) teraplikasinya teknologi inovatif spesifik lokasi di kawasan pertanian; (4) meningkatnya pengetahuan, keterampilan dan kewirausahaan petani dalam mengelola kelembagaan ekonomi petani; dan (5) berfungsinya sistem usaha tani secara utuh, efektif dan efisien.

Keberadaan kelembagaan petani dan agribisnis sangat besar sekali peranannya untuk mensinergikan kegiatan-kegiatan pada setiap sub sistem agribisnis agar lebih efisien. Peningkatan pengembangan hortikultura tidak terlepas dari petani sebagai pelaku utama yang memiliki kemampuan untuk mengaplikasikan teknologi yang dibutuhkan dalam kegiatan usaha taninya, serta kelembagaan yang mendukung, yaitu kelembagaan petani, kelembagaan produksi, kelembagaan pemasaran, kelembagaan permodalan, dan usaha bersama. Kelembagaan hortikultura di Indonesia masih bersifat konvensional, di era industri 4,0 kelembagaan petani hortikultura mau tidak mau akan menjadi bagian utuh dari dunia digital.

Kondisi Eksisting Kelembagaan Pemasaran Hortikultura

Pada era globalisasi ekonomi dan era Industri 4.0 sekarang ini, menunjukkan semakin terintegrasinya perekonomian suatu negara dengan perekonomian dunia. Oleh karena itu, pembentukan harga komoditas di setiap negara semakin terintegrasi dengan harga dunia dan preferensi konsumen di seluruh negara dalam aspek tertentu dan semakin mengarah kepada preferensi yang bersifat universal. Arus globalisasi tersebut tidak mungkin dihindari sehingga akan membawa pengaruh terhadap perkembangan agribisnis komoditas hortikultura

nasional. Dalam kaitan ini maka peningkatan daya saing komoditas merupakan hal penting dalam pengembangan komoditas hortikultura nasional.

Pengaruh lain dari era globalisasi dan industri 4.0 adalah liberalisasi perdagangan yang semakin terbuka. Tantangan tersebut muncul baik dipasar dalam negeri yaitu bersaing menghadapi komoditas luar negeri yang masuk ke Indonesia maupun di pasar luar negeri dimana komoditas pertanian Indonesia akan bersaing dengan komoditas sejenis dari negara-negara eksportir.

Nilai tambah kegiatan agribisnis hortikultura lebih banyak dinikmati oleh industri hulu dan industri hilir, bukan dinikmati oleh petani. Hal ini disebabkan oleh masih lemahnya kemampuan managerial dan kemampuan untuk menggunakan teknologi dalam menyediakan informasi dan harga komoditas hortikultura, fungsi atau peran dari kelembagaan pemasaran hortikultura (poktan, gapoktan dan asosiasi). Selain itu kemampuan petani untuk memperoleh informasi tentang pasar masih belum memadai sehingga terjadi perolehan pendapatan yang tidak setara antara petani dengan pelaku pemasaran. Hal ini disebabkan kemampuan manajerial Gejala demikian lebih kuat terjadi pada komoditas hortikultura akibat sifat usaha petani yang berorientasi pasar dan posisi tawar petani yang lemah.

Oleh karena itu, dalam pengembangan komoditas hortikultura sudah seyogyanya juga menekankan pada aspek pemasaran/perdagangan (*off-farm*) bukan pada aspek produksi (*on-farm*) saja. Pemberahan pada aspek-aspek tersebut dapat dilakukan dengan membangun sarana serta kelembagaan pemasaran yang dibutuhkan serta mengupayakan pemasaran komoditas hortikultura yang mengarah kepada stabilitas harga dan petani mendapatkan bagian harga yang lebih baik.

Permasalahan yang dihadapi dalam pengembangan komoditas hortikultura (sayuran dan buah) yakni:

Pertama, komoditas hortikultura pada umumnya relatif cepat mengalami kerusakan dan kebusukan (*perishable/bulky*). Konsekuensinya adalah setelah dipanen komoditas hortikultura memerlukan penanganan secara cepat untuk disalurkan kepada konsumen. Jika hal ini tidak dapat dilakukan maka akan terjadi penurunan harga yang diterima petani akibat penurunan kesegaran produk yang dijual.

Kedua, petani pada umumnya menggunakan pestisida secara intensif pada usahatani hortikultura untuk menekan resiko produksi akibat serangan hama dan penyakit. Konsekuensinya adalah residu pestisida pada komoditas sayuran relatif tinggi, dan hal ini menjadi salah satu faktor penghambat dalam mendorong peningkatan ekspor sayuran.

Ketiga, adalah bahwa pasar komoditas hortikultura membentuk segmen-semen pasar yang spesifik menurut daerah, lembaga pemasaran tertentu dan kelompok konsumen akibat jenis komoditas yang beragam dan preferensi konsumen yang bervariasi. Upaya melihat segmen pasar untuk menghasilkan komoditas hortikultura menurut kualitasnya ternyata belum dapat dilihat dengan baik;

Keempat, adalah bahwa usaha hortikultura yang dilakukan petani umumnya berorientasi pasar, kemampuan membaca serta informasi harga pasar diperlukan petani. Namun, kemampuan membaca pasar tersebut masih terbatas ditingkat petan, karena kurangnya pemahaman dalam penggunaan teknologi.

Kelima, yaitu terdapatnya suatu fenomena bahwa harga komoditas hortikultura (sayuran dan buah) sering berfluktuasi, dan hal ini tentunya akan sangat mempengaruhi resiko usaha yang dihadapi petani. Fluktuatifnya harga output menyebabkan tingginya ketidakpastian penerimaan petani. Akibatnya kemampuan modal petani sangat terbatas sehingga kemampuan petani untuk memperluas usahanya akan terbatas pula hal ini juga sejalan dengan kurang aksesnya petani tehadap lembaga pembiayaan formal.

Dengan kondisi tersebut, tentunya peningkatan produksi komoditas pertanian (hortikultura) yang diiringi dengan peningkatan kualitas sesuai keinginan pasar amatlah diperlukan. Pengembangan agribisnis hortikultura nasional masih menemui berbagai kelemahan/ permasalahan dalam hal pemasarannya, sebaran marjin perdagangan cenderung tidak merata atau tidak efisien dan lebih mengelompok pada pedagang besar/ bandar, supplier, dan sebagainya.

Beberapa hasil penelitian, menemukan bahwa yang menerima marjin keuntungan terbesar dalam pemasaran komoditas hortikultura adalah pedagang grosir. Juga ditemukan bahwa, marjin keuntungan pemasaran yang diterima pedagang yang memasukkan sayurannya ke PIKJ (Pasar Induk Kramat Jati) lebih rendah dari pedagang yang memasarkan langsung sayurannya ke pasar-pasar eceran. Hasil penelitian lainnya tentang kelembagaan pemasaran pada komoditas hortikultura di Sulawesi Utara seperti dikemukakan Kuma'at (1992), bahwa marjin pemasaran relatif bervariasi antar lembaga pemasaran.

Untuk pemasaran kentang diperoleh hasil bahwa marjin keuntungan lebih mengelompok besar pada pedagang grosir bila dibanding pedagang pengumpul dan pengecer. Sementara keuntungan petani lebih kecil lagi dibanding keuntungan/marjin yang diperoleh pedagang. Tidak efisiennya rantai pemasaran menyebabkan mahalnya biaya pemasaran dan fluktuasi harga di tingkat petani.

Pada hakikatnya pembentukan kelembagaan pemasaran petani bertujuan untuk meningkatkan efisiensi usaha tani dan posisi tawar petani, dan akhirnya dapat meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani yang menjadi anggota dalam lembaga tersebut. Kelembagaan petani juga merupakan sarana untuk penyaluran bantuan dan program pemerintah. Selain itu pembentukan kelembagaan petani memperkuat posisi tawar petani. Kelembagaan petani harus ditempatkan sebagai sarana untuk mewujudkan harapan, keinginan, dan pemenuhan kebutuhan petani.

Kelembagaan petani yang efektif diharapkan mampu memberi kontribusi yang nyata dalam meningkatkan kemandirian dan martabat petani. Walaupun selama ini fungsi kelembagaan petani yang ada belum berfungsi secara optimal karena masih sebagai sarana penerima bantuan

program dari Pemerintah semata. Ke depan, penguatan pemberdayaan kelembagaan petani penting dilakukan sehingga fungsi utama dapat tercapai dengan baik.

Salah satu kelembagaan yang telah dibentuk oleh Ditjen Hortikultura Kementerian Pertanian adalah *champion* (petani) di beberapa sentra produsen hortikultura di Indonesia. *Champion* berfungsi melakukan stabilisasi harga sehingga mengurangi terjadinya lonjakan dan anjloknya harga di pasar. Champion melakukan stabilisasi harga melalui pengaturan jadwal tanam dan menanam pada saat *off season*, sehingga kontinuitas hasil dapat terjaga. Dalam prakteknya, *champion* tersebut memiliki ruang lingkup pekerjaan per Kabupaten dan diketuai oleh seorang ketua *champion* tingkat Propinsi. *Champion* provinsi memiliki kepengurusan yang terdiri dari ketua, sekretaris dan bendahara. Oleh karena itu *champion* petani ini dapatlah dikatakan sebagai asosiasi petani yang memiliki unsur kelembagaan.

Contoh kasus di Provinsi Jawa Tengah, untuk komoditas cabai merah telah dibentuk *champion* pada tahun 2016. Latar belakang pembentukan *champion* ini diawali dengan program operasi pasar yang dilakukan oleh Pemda pada saat terjadi lonjakan harga cabai yang sangat tinggi (150%). Program operasi pasar ini berhasil menstabilkan harga dalam waktu yang tidak lama sehingga dibentuklah secara resmi *champion* petani cabai di tiap Kabupaten dan ketua *champion* di tingkat provinsi. Namun, hingga saat ini petani yang bergabung dengan *champion* masih terbatas dan diperlukan sosialisasi dan edukasi manfaat dari keterlibatan di dalam kelompok *champion*.

Kelembagaan *champion* salah satu contoh perwujudan industri 4.0, dimana kelembagaan petani hortikultura tersebut telah melakukan perbaikan proses produksi melalui eksplotasi teknologi yang tepat, optimalisi proses logistik pengelolaan, penurunan kompleksitas proses dan biaya pengelolaan, peningkatan kualitas hubungan dan interaksi di antara petani dan konsumen, perluasan penawaran produk, informasi lengkap tentang ketersediaan produk di lapangan dan dukungan pengambilan keputusan (*decision support*) baik petani, *supplier*, distributor maupun konsumen.

Tantangan Kelembagaan Pemasaran Petani Hortikultura dalam Industri 4.0

Tantangan yang dihadapi dalam pengembangan pemasaran hortikultura adalah penguasaan teknologi. Menurut Dimyati (2007) permasalahan yang masih melekat pada sosok petani dan kelembagaan petani di Indonesia adalah (1) masih minimnya wawasan dan pengetahuan petani terhadap masalah manajemen produksi maupun jaringan pemasaran berbasis teknologi, (2) belum terlibatnya secara utuh petani dalam kegiatan agribisnis, seperti salah satunya aktivitas petani masih terfokus pada kegiatan produksi (*on farm*), dan (3) peran serta fungsi kelembagaan petani sebagai wadah organisasi petansi belum berjalan secara optimal. Oleh karena itu perlu adanya pembangunan kelembagaan yang dilandasi pemikiran bahwa proses pertanian memerlukan sumber daya manusia tangguh yang didukung infrastruktur, peralatan, kredit, dan sebagainya.

Pengembangan pemasaran bukan hanya dilakukan di hilir tapi juga di hulu. Terobosan yang dapat dilakukan di hulu dalam era industri 4.0 adalah:

Pertama memenuhi dan meningkatkan persyaratan mutu yang sangat ketat yang diberlakukan oleh negara-negara maju seperti Jepang, USA, Uni Eropa. Persyaratan-persyaratan itu dikemas dalam suatu *Sanitary and Phytosanitary (SPS) Measure*. Hasil produksi Indonesia masih banyak mengandung zat kimia dan pestisida, belum menerapkan sistem GAP di hampir semua produksi pertanian.

Kedua terobosan di hilir, lambatnya mengantisipasi perubahan pasar. Negara baiknya melalui perwakilan luar negeri dapat melakukan *market intelligence*. Atase-atase pertanian harus ditugasi untuk lebih banyak mengamati dan menganalisis peluang pasar agribisnis. Penggunaan teknologi informasi seperti internet belum maksimal digunakan dan di kelola dengan baik seperti, pemanfaatan *market place* dan *e-commerce* karena kurangnya pemahaman dan kemampuan sumber daya petani, pelaku usaha dan birokrasi.

Ketiga, lemahnya pengetahuan tentang sistem distribusi di pasar baik tujuan ekspor maupun pasar dalam negeri.

Keempat adalah lemahnya pengembangan produk (*product development*).

Kelima adalah lemahnya promosi atas hasil-hasil produksi. Sesungguhnya banyak negara yang menyukai produk-produk Indonesia, tetapi mereka belum mengenalnya. Mengingat untuk promosi diperlukan biaya besar maka perlu dirumuskan cara yang terpadu, efisien dan efektif.

Keenam adalah suplai produk nasional yang tidak kontinu. Masalah skala usaha agribisnis merupakan faktor dominan. Selain itu, persoalan lain di level industri penunjang seperti pengemasan, bahan baku *tin plate, cooling storage*, gudang berbasis teknologi masih kurang berkembang karena biaya yang mahal.

Mengacu pada ciri-ciri umum revolusi industri 4.0 dimana berkembangnya *Internet of/for Things (IoT)*, pelaku di industri pertanian seharusnya lebih banyak memanfaatkan internet sebagai basis produksi hingga distribusi. Pasar saat ini tidak harus bertatap muka secara langsung. Pertemuan antara pembeli produk pertanian dan petani dapat dilakukan secara *online*. Secara langsung, praktik ini memutus rantai distribusi pertanian yang saat ini dinilai terlalu panjang. Petani juga tidak harus menunggu dan mengandalkan penyuluh pertanian untuk berkonsultasi tentang masalah pertanian. Dengan internet, petani dapat mudah menemukan solusinya. Inovasi di sektor pertanian berupa penemuan varietas-varietas baru produk pertanian perlu disebarluaskan melalui internet tanpa harus menunggu penyuluh pertanian untuk memberikan informasi kepada petani.

Permodalan yang masih rendah yang disebabkan oleh kondisi petani yang tidak *bankable*, dapat diatasi melalui *financial technology (fintech)* karena syarat dari *fintech* yang tidak terlalu sulit seperti perbankan, akan tetapi perlu adanya program dari pemerintah menyalurkan pinjaman modal melalui *fintech* dengan bunga rendah atau menggabungkan program kredit pemerintah seperti Kredit Usaha Rakyat (KUR) melalui mekanisme *fintech*.

Penguatan peran kelembagaan petani dalam peningkatan kapabilitas petani mengelola inovasi berbasis teknologi informasi pada dasarnya ditujukan guna menghadapi isu daya saing produk hortikultura khususnya sayuran/globalisasi ekonomi, meminimalkan ketergantungan petani terhadap informasi saluran formal, efektivitas layanan informasi bagi petani, memecah kebuntuan/stagnasi informasi, menjembatani petani yang berakses lemah informasi, optimalisasi realisasi UU Penyuluhan Pertanian Perikanan dan Kehutanan Nomor 16 Tahun 2006, UU Perlindungan dan Pemberdayaan Petani Nomor 19 Tahun 2013, PerMentan No:82/Permentan/OT.140/8/2013 dan Undang-undang Nomor 14 Tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi Publik (KIP). Poktan, gapoktan, UPJA dan lembaga ekonomi lainnya di masyarakat perdesaan perlu dilakukan penguatan kelembagaan sesuai dengan semangat Permentan No 18 tahun 2018 dan era industri 4.0.

Penguatan kelembagaan ini diarahkan kepada percepatan modernisasi pertanian melalui usaha berskala ekonomi, berorientasi kawasan dan pasar dan sinergi antarentuk kelembagaan petani hortikultura yang eksisting saat ini adalah kelompok tani (poktan), gabungan kelompok tani hulu dan hilir. Dengan menguatnya kelembagaan petani hortikultura ini, maka akhirnya posisi tawar menawar dan kapasitas petani menjadi meningkat, meningkatkan akses petani terhadap sumber daya produktif dan akhirnya pendapatan petani juga meningkat.

Tidak hanya kebijakan dan teknologi saja, peningkatan kualitas SDM pertanian juga harus secara paralel dikembangkan mengikuti era digitalisasi. Bentuk kelembagaan petani yang sedang dikembangkan adalah korporasi petani. Salah satu program yang sudah dijalankan Ditjen Hortikultura bersama Badan Litbang Kementerian Pertanian adalah konsolidasi kelembagaan petani cabai dengan cara mengorporasikan kelompok-kelompok tani kecil agar skala usahanya lebih kuat dan meningkat (*scaling up*).

Pengembangan kawasan cabai berbasis korporasi akan memudahkan transfer teknologi, pengelolaan organisasi, akses pembiayaan, peningkatan kapasitas SDM hingga konsolidasi pemasarannya (Republika 2019). Untuk dapat bersaing di pasar pada era revolusi industri 4.0,

petani hortikultura harus bergabung dalam satu kelembagaan seperti koperasi petani yang dikelola secara *professional*. Skala usaha petani yang akan menjadi usaha bisnis yang termasuk dalam koperasi petani tersebut akan meningkat.

Pengembangan Kelembagaan Pemasaran Petani Mengahadapi Industri 4.0

Kelembagaan pemasaran petani hortikultura pada saat sekarang ini terdiri dari petani, kelompok tani, gapoktan, pedagang pengumpul dan pedagang besar. Eksistensi dari kelembagaan ini masih lemah karena terbatasnya kemampuan sumber daya dan penguasaan teknologi untuk masing-masing pelaku. Dalam era industri 4.0 perlu diperhatikan terkait dengan kemampuan penggunaan teknologi dan kemampuan sumber daya manusia. Untuk meningkatkan Peningkatan produksi dan produktivitas di sektor pertanian dalam industri 4.0 adalah sangat terkait dengan pemanfaatan data.

Pemanfaatan data yang efisien membutuhkan kemampuan untuk memprosesnya dalam jumlah besar, baik yang terstruktur maupun yang tidak terstruktur. Koneksi elemen dan komponen pertanian di sepanjang rantai pasokan melalui cloud menggunakan platform *Internet of Things and Services* (IoTS) menjadi semakin penting. IoTS menghilangkan hambatan antara dunia nyata dengan dunia maya dan memungkinkan penyediaan layanan bernilai tambah secara komprehensif.

Karena aliran data yang berkelanjutan di sektor pertanian tidak dapat dipastikan, perlu adanya mekanisme menghilangkan hambatan dalam proses komunikasi. Desain sistem harus memungkinkan peningkatan dan perubahan saat *runtime* tanpa memengaruhi produktivitas subsistem lainnya. Pendekatan dalam rantai pasok komoditas pertanian adalah memanfaatkan teknologi yang terkait dengan digitalisasi, pemanfaatan teknologi GPS dalam mewujudkan *Precision Farming* yang dikombinasikan dengan pemanfaatan sensor dan data yang valid dapat meningkatkan produksi di sektor pertanian.

Semua informasi pemanfaatan teknologi menjadi suatu keharusan dalam industri 4.0. *Cyber-physical* adalah teknologi yang mengarah pada pertanian presisi (*smartfarming*), alat tersebut dapat memberikan informasi tentang kapan suatu lahan perlu dipupuk, disiram, kapan waktu tanam agar tidak kekeringan atau kebanjiran. BMKG setiap 6 bulan merilis informasinya iklim yang dapat membantu petani menentukan waktu tanam, LAPAN dengan website SADEWA telah membuat *mapping*, intensitas hujan, yang dapat memberikan prediksi kapan sebaiknya produk pertanian dijemur, jika harus menjemur di bawah sinar matahari. Kegiatan tersebut dikendalikan dalam aplikasi yang berbasis internet. Dengan berbasis internet maka akan mudah mendapatkan segala informasi, data dan bahkan interaksi antar petani. *Internet of things* telah menjadi perantara bertemuanya pelaku usahatani, pelaku penyedia faktor produksi, pedagang hasil pertanian dan konsumen secara langsung dan dimediasi oleh alat yaitu internet.

Jika pemasaran fokus pada kebutuhan dan preferensi konsumen, maka pelaku usahatani (petani) dapat merencanakan tanam komoditas tertentu berdasarkan permintaan konsumen. Pasar dan pemasaran pada saat ini sudah sangat transparan. Perantara dalam pemasaran tidak bisa dengan mudah mempermainkan harga, karena informasi harga tersedia di media internet, tinggal bagaimana petani dapat mengaksesnya. Jika pertanian di Era 4.0 demikian canggihnya, persepsi pertanian 3D tadi *dirty, dangerous and difficult* dapat dikikis dan membawa semangat baru bagi petani muda.

Dalam industri 4.0 juga dapat menciptakan effesiensi rantai pemasaran dengan memanfaatkan *e-commerce* dan *market place* dalam memasarkan hasil produksinya. Tidak ada lagi batasan antara produsen dan konsumen, dengan begitu petani dapat meraih keuntungan maksimal dalam aktivitas pemasaran ini. Kunci yang selanjutnya adalah networking, di Era 4.0 ini *networking* menjadi sangat penting, menjadi petani mandiri dengan mempunyai network kemitraan dengan banyak kalangan adalah penting. Kemitraan, promosi dan penjaminan kualitas produk merupakan wrap up dari keberhasilan usahatani di Era 4.0 atau digital ini.

Petani pada era 4.0 adalah petani yang mempunyai literasi media (dapat menoperasikan aplikasi media) yang baik dan memanfaatkannya dengan bijak, program aplikasi fitur yang dimanfaatkan di media adalah program atau aplikasi atau fitur yang produktif, bukan lagi hanya sekedar *entertainment* tapi *edutainment*. Petani diharapkan mampu mencari informasi dengan penggunaan kata kunci yang sesuai, dan setelah mendapatkan informasi maka berupaya untuk memahami dan mengevaluasi kebenaran informasi tsb. Hal ini disebut sebagai kemampuan untuk mengkases informasi (literasi informasi). Dukungan literasi media dan literasi informasi ini dapat menjadi faktor pendorong bagi petani untuk mengaplikasikan pertanian inovatif.

Kesiapan Sumber daya Manusia menjadi permasalahan utama dalam menghadapi era Industri 4.0, peran aktif lembaga pemerintahan, baik pusat, provinsi, kab/kota, bahkan aparat desa dalam memeratakan dan meningkatkan pengetahuan masyarakat petani tentang manfaat penggunaan internet sangat diperlukan. Pengembangan Sumber daya Manusia melalui: (a) peningkatan kualitas pelaku/aktor dari generasi milenial, (b) Penyuluhan dan pelatihan petani tentang Teknologi dan Informasi dan pemanfaatan *Internet of Thing*, (c) Pembangunan infrastruktur teknologi dan informasi, serta melakukan penyempurnaan Kelembagaan Petani dan Pertanian (penyuluhan, koperasi, penguasaan lahan, konsolidasi lahan).

Pengembangan kelembagaan pemasaran industri 4.0 niscaya untuk dilaksanakan. Industri 4.0 telah diterjemahkan oleh pemerintah melalui kebijakan dan program-program yang dilaksanakan yang tertuang dalam Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 18/Permentan/R.C.040/4/2018 yaitu, tentang Pedoman Pengembangan Kawasan Pertanian berbasis Korporasi Petani. Dalam Bab 4 pasal 19 tertuang “Pengembangan Kawasan Pertanian Berbasis Korporasi Petani dilaksanakan secara terpadu dan berkelanjutan mulai dari subsistem hulu-hilir dalam suatu sistem Usaha Tani dengan memperhatikan aspek sosial budaya, aspek teknis (sains dan teknologi), aspek ekonomi dan aspek ekologi atau lingkungan”. Korporasi petani dapat dikembangkan melalui lembaga-lembaga ekonomi pedesaan seperti koperasi primer atau koperasi induk yang cakupannya lebih luas. Pembentukan lembaga

ekonomi atau koperasi harus berbadan hukum untuk menjamin legalitasnya dan terdaftar pada lembaga pengawas negara OJK dan Kementerian Koperasi dan UKM.

Alternatif lain adalah dengan melakukan sinergi program dengan K/L lainnya dalam hal ini Kementerian Pertanian dapat bekerja sama dengan Kemendes dalam mensinergikan program – program kementerian pertanian dengan program kemendes melalui Dana Desa dan Badan Usaha Milik Desa (BUMDes). BUMDes dapat menjadi jembatan penghubung langsung antara industri 4.0 bidang pertanian dengan petani dengan memanfaatkan lahan kepemilikan atau garapan pada kawasan pertanian yang dikelola sebagai kawasan agriwisata. Agrowisata dapat dikelola oleh Bumdes dan keuntungannya dapat didistribusikan kepada para pemegang saham yaitu warga masyarakat.

Penutup

Membangun kelembagaan pemasaran petani hortikultura menuju industri 4.0 secara spesifik penting dilaksanakan untuk menghadapi kompleksitas peluang dan tantangan pembangunan pertanian ke depan, kemajuan teknologi informasi, konvergensi komunikasi, inovasi masa depan, akses terhadap pasar, akses terhadap sumber daya produktif, penyuluhan, daya saing lembaga petani. Kelembagaan pemasaran petani yang dinamis dan adaptif yang mampu mengaplikasi teknologi informasi dalam pengelolaan dan pemanfaatan informasi serta akses pada sumber informasi secara global merupakan salah satu jawaban yang patut diperhitungkan untuk menangkap peluang perkembangan teknologi informasi dan komunikasi bagi peningkatan kapabilitas petani dalam mengelola inovasi.

Pengembangan kelembagaan pemasaran pada industri 4.0 dapat dilakukan melalui teknologi dan informasi dan pemanfaatan *Internet of things* yang membutuhkan data besar dalam aplikasinya. Kecepatan inovasi teknologi merupakan keniscayaan yang harus di jalani oleh petani dalam seluruh aktivitasnya. Penerapan teknologi 4.0 tidak semuanya dapat kompitbel dilaksanakan butuh kemampuan dan kearifan dalam memilih fitur-fitur yang dapat diterapkan dalam proses pemasarannya.

Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah dengan menggunakan e-commerce dan market place dalam pemasaran produk pertanian. Karakteristik petani dan kelembagaan petani yang masih konvesional membutuhkan literasi media teknologi dalam aplikasinya. Literasi dapat dilakukan melalui (a) peningkatan kualitas pelaku/aktor dari generasi milenial, (b) Penyuluhan dan pelatihan petani tentang Teknologi dan Informasi dan pemanfaatan *Internet of Thing*, (c) Pembangunan infrastruktur teknologi dan informasi, serta melakukan penyempurnaan Kelembagaan Petani dan Pertanian (penyuluhan, koperasi, penguasaan lahan, konsolidasi lahan).

Kelembagaan pemasaran yang dapat dikembangkan adalah dengan membentuk organisasi petani progresif seperti champion, pengembangan kawasan korporasi dengan membentuk lembaga-lembaga ekonomi dan koperasi serta melakukan integrasi dengan program lainnya seperti Bumdes. Alternatif lain Kementerian Pertanian dapat bekerja sama dengan Kemendes dalam mensinergikan program-program kementerian pertanian melalui Dana Desa dan Badan Usaha Milik Desa (BUMDes). BUMDes dapat menjadi jembatan penghubung langsung antara industri 4.0 bidang pertanian dengan petani dengan memanfaatkan lahan kepemilikan atau garapan pada kawasan pertanian yang dikelola sebagai kawasan agriwisata. Agrowisata dapat dikelola oleh Bumdes dan keuntungannya dapat didistribusikan kepada para pemegang saham yaitu warga masyarakat.

Daftar Pustaka

- Adiyoga, W., O. Koesmawardhani, R. Suherman, dan Soetiarso. 1997. Identifikasi Kelembagaan Wilayah Pengembangan Tanaman Hias. Jurnal Hortikultura. 7 (2): 710-21.
- Agustian, A., dkk. 2005. Analisis Berbagai Bentuk Kelembagaan Pemasaran dan Dampaknya Terhadap Kinerja Usaha Komoditas Sayuran dan Buah. Laporan Penelitian. Bogor (ID): PSEKP.
- Baderi, F. 2018. Revolusi Pertanian 4.0. Harian Ekonomi Neraca. Rabu, 31 Juli 2019. Diunduh tanggal 31 Juli 2019 pk.14.20.

- Braun, A.T, E. Colangelo, and T. Steckel. 2018. Farming in the era of industri 4.0. 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems. Published by Elsevier B.V.
- Creswell, John W. 1994. Research Design: Qualitative and Quantitative Research Approach. Thousand Oaks, CA (US): Sage Publication.
- Dimyati, A. 2007. Modernisasi Sentra Produksi Jeruk Di Indonesia. Laboratorium Data, Tlekung-Batu, Jawa Timur (ID): Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika.
- Drath, R., and A. Horch. 2014. Industrie 4.0: Hit or hype?[industry forum]. IEEE industrial electronics magazine. 8(2): 56-58.
- Dung, L.T., and N.T.K. Hiep. 2017. The revolution of Agriculture 4.0 and Sustainable Agriculture Development in Vietnam. Proceeding Emerging Issues in Economics and Business in The Context of International Integration. National Economics University Press,pp 317-329.
- Haryono, S. 2018. Re-Orientasi Pengembangan Sdm Era Digital Pada Revolusi Industri 4.0. The National Conference on Management and Business (NCMAB) 2018. Yogyakarta (ID): Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Surakarta, Direktorat Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Irawan, B., dkk. 2001. Studi Kebijakan Pengembangan Agribisnis Komoditas Unggulan Hortikultura. Laporan Penelitian. Bogor (ID): PSEKP.
- Koentjaraningrat. 1997. Metode Penelitian Masyarakat. Jakarta (ID): Gramedia.
- Knight, J. 1992. Institutions and Social Conflict. Cambridge, NY (US): Cambridge University Press. [internet].[diunduh 19 juni 2019]. Tersedia pada <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511528170>.
- Kuma'at, R. 1992. Sistem Pemasaran Sayuran Dataran Tinggi di Provinsi Sulawesi Utara. [Thesis MS]. Bogor (ID): FPS Institut Pertanian Bogor.
- Limbong, W.H., dan P. Sitorus. 1995. Kajian Pemasaran Komoditi Pertanian Andalan. Bogor (ID): Sosek Pertanian IPB.

- Pakpahan, A. 1990. Permasalahan dan landasan Konseptual dalam Rekayasa Institusi (Koperasi). Makalah disampaikan pada Seminar Pengkajian Masalah Perkoperasian Nasional, 23 Oktober 1990. Badan Litbang Pertanian, Depkop, dan Pusat Penelitian Sosial Ekonomi. Bogor (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pertanian.
- Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 18/Permentan/Rc.040/4/2018 Tentang Pedoman Pengembangan Kawasan Pertanian Berbasis Korporasi Petani.
- Prasetyo, H., dan W. Sutopo.2018. Industri 4.0: Telaah Klasifikasi Aspek dan Arah Perkembangan Riset. Jurnal Teknik Industri, Universitas Dipenogoro. 13(1), Januari 2018.
- Prawinegara, D., Sumardjo, D.P. Lubis, dan S. Harijati. 2016. Penguatan Peran Kelembagaan Petani dalam Peningkatan Kapabilitas Petani Mengelola Inovasi Berbasis Teknologi Informasi. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- PSP-IPB dan Bapebti-Departemen Perdagangan RI. 1995. Studi Kelayakan Pembentukan Pasar Lelang Komoditi Sayur-Mayur di Jabar. Bogor (ID): PSP-IPB dan Bapebti-Departemen Perdagangan RI.
- Qin, J., Y. Liu, and R. Grosvenor. 2016. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. Procedia CIRP. 52: 173-178.
- Republika 2019. Kementan Mantapkan Model Korporasi Petani Cabai. [internet].[diunduh 29 Maret 2019].Tersedia pada <https://republika.co.id/berita/puud7x453/kementan-mantapkan-model-korporasi-petani-cabai>
- Sahyuti, 2006. 30 Konsep Penting Dalam Pembangunan Pedesaan dan Pertanian: Penjelasan tentang konsep, istilah, teori dan indikator serta variabel. Jakarta (ID): Bina Rena Pariwara.
- Schmid, Allan A. 1987. Property, Power, and Public Choice. An Inquiry Into Law and Economics. New York Westport, Connecticut, London: Praeger..

- Sutanto, H. 2019. Perspektif Pengembangan Pertanian Bioindustri Era Pertanian 4.0. Peluang Penerapan Digitalisasi Modern Farming dalam Model Pertanian Bioindustri. Pemantapan Kinerja Pertanian Bioindustri Merespon Era Revolusi Industri 4.0. Bogor, 2019.
- Tabloid Sinar Tani, 2001. Pemberdayaan Kelembagaan Tani untuk Pengembangan Kawasan Hortikultura. [internet].[diunduh 29 Juli 2019]. Tersedia pada <https://tabloidsinartani.com/detail/indeks/mimbar-penyuluhan/2001-pemberdayaan-kelembagaan-tani-untuk-pengembangan-kawasan-hortikultura>
- Uphoff, N.T. 1986. Local Institutional Development: An Analytical Sourcebook With Cases. West Hartford, CT (US): Kumarian Press.
- Zambon I, Cecchini M, Egidi G, Saporito MG, Colantoni A.2019. Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. Processes Journal. 7(36): 1-16.
- Zhou, K., Taigang L., & Lifeng, Z. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), IEEE 12th International Conference, pp. 2147-2152.

MANAJEMEN
PENGOLAHAN HASIL
DAN PEMASARAN

Pendekatan Sistem Presisi untuk Optimasi Model Agroindustri Ubikayu

**Heny Herawati, Elmi Kamsiati,
dan Agus S. Somantri**

Produk pertanian memiliki sifat yang mudah rusak. Agroindustri dilakukan dalam rangka menekan tingkat kehilangan hasil karena adanya kurang tepat dalam mekanisme penanganan panen dan pascapanen. Kehadiran dari agroindustri tersebut sebagai upaya untuk memperpanjang umur simpan serta meningkat nilai tambah dan daya saing dari produk pertanian. Secara fungsi, agroindustri berfungsi untuk melakukan suatu kegiatan yang bersifat memperbaiki input(s), yaitu akan mengkonversi input(s) sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan output yang memiliki sifat atau karakteristik yang jauh lebih baik dari sifat-sifat atau karakteristik semua input(s) (Sukardi 2011).

Salah satu potensi komoditas yang cukup potensial dikembangkan di Indonesia dalam sebuah konsep agroindustri yaitu pengembangan model pengolahan ubikayu. Potensi produksi ubikayu di Indonesia memiliki peluang yang cukup besar. Negara produsen terbesar penghasil ubikayu yaitu Nigeria, Thailand, Brasil dan psosisi keempat ditempati oleh Indonesia.

Produksi ubikayu tahun 2005 sebesar 19,5 juta ton dengan areal seluas 1,24 juta Ha. Produktivitasnya yang relatif rendah, meskipun dari tahun ke tahun terdapat tendensi peningkatan. Produktivitas ubikayu pada tahun 1995 sebesar 11,7 ton/ha, tahun 2005 sebesar 15,5 ton/ha, dan tahun 2006 sebesar 16,2 ton/ha. Produktivitas ini relatif kecil dibandingkan dengan data dari pusat atau balai penelitian yang melaporkan bahwa produktivitas ubikayu dapat mencapai 30-40 ton/ha (Giriarto 2011).

Pendekatan sistem merupakan panduan pelaksanaan baik dari aspek perencanaan, pelaksanaan dan evaluasi kinerja di lapangan. Metode pemilihan pendekatan sistem menjadi orientasi serta disesuaikan jenis pelaksanaan kegiatan implementasi agroindustri. Pendekatan sistem agroindustri 4.0 memiliki nilai efektifitas yang lebih tinggi. Agroindustri 4.0 merupakan suatu pendekatan sistem yang berbasis efisiensi dan efektifitas serta untuk memudahkan aplikasi kinerja di lapangan. Pendekatan tersebut dapat dipergunakan untuk memandu pelaksanaan dan evaluasi implementasi suatu model dapat berjalan secara optimal di lapangan.

Pendekatan sistem penanganan dan pengolahan yang mengacu pada pendekatan konsep model berbasis ketepatan atau presisi, dapat menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah dan daya saing yang maksimal. Beberapa pendekatan analisa perhitungan nilai tambah, aspek finansial dan sensitifitas dalam metode perhitungan dapat dipergunakan sebagai panduan dalam perhitungan kelayakan model di lapangan.

Sistem pengembangan produk yang terintegrasi dalam jaringan pasar dan pemasaran menjadi kunci pembuka keberlanjutan suatu line unit agroindustri dan produk yang dihasilkan mampu dapat diterima oleh pasar dengan baik. Jaringan pemasaran berbasis konsep e-commerce menjadi suatu metode implementasi bisnis dalam rangka untuk mempermudah dan memperluas jangkauan pasar.

Beberapa kendala pengembangan agroindustri di Indonesia diharapkan dapat diatasi melalui implementasi model yang terintegrasi dengan mengedepankan aspek pendekatan presisi berbasis analisa kelayakan di lapangan. Peluang tingkat keberlanjutan model agroindustri pengolahan juga diharapkan dapat optimal dengan adanya dukungan dari aspek jejaring pasar dan pemasaran dengan jangkauan yang lebih luas.

Konsep Agroindustri Berbasis Presisi

Pendekatan sistem merupakan panduan pelaksanaan baik dari aspek perencanaan, pelaksanaan dan evaluasi kinerja di lapangan. Metode perencanaan dapat dituangkan kedalam form *quick assessment* sebelum

implementasi kegiatan di lapangan. Metode pemilihan pendekatan sistem menjadi orientasi serta disesuaikan jenis pelaksanaan kegiatan implementasi agroindustri.

Konsep industri 4.0 merupakan istilah dalam dunia revolusi industri, dimana semua perangkat teknologi dilengkapi dengan sensor atau perangkat berbasis IT (teknologi Informasi) sebagai pendukung, sehingga dapat mengedepankan aspek presisi dalam implementasi teknologi tersebut. Revolusi industri diawali dari 1.784, dimana ditemukannya mesin uap dan alat mekanisasi yang dapat menggantikan tenaga manusia. Revolusi kedua diawali pada akhir abad ke-19, dimana mesin produksi sudah menggunakan energi listrik sebagai sumber energinya. Revolusi industri ketiga ditandai dengan penggunaan teknologi komputer untuk fungsi otomatisasi. Sedangkan perkembangan dekade industri 4.0 ditandai dengan berkembangnya sensor yang terhubung interkoneksi dengan hasil analisis data secara terintegrasi untuk mendukung operasionalisasi di bidang industri.

Industri 4.0 merupakan terjadinya transformasi yang berlangsung secara komprehensif dari keseluruhan aspek produksi di industri melalui penggabungan teknologi digital dan internet dengan industri konvensional (Angela 2014). Menurut Lee et al. (2013), mesin canggih dapat saling seperti layaknya manusia dengan media sosial secara online. Mesin yang ada dapat beroperasi serta berkerja sesuai dengan sistem penjadwalan yang telah direncanakan. Dengan demikian mereka mampu memprediksi tingkat keterlambatan atau kegagalan didalam suatu sistem tersebut berdasarkan presisi yang ada.

Secara fungsi, agroindustri berfungsi untuk melakukan suatu kegiatan yang bersifat memperbaiki input(s), yaitu akan mengkonversi input(s) sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan output yang memiliki sifat atau karakteristik yang jauh lebih baik dari sifat-sifat atau karakteristik semua input(s) (Sukardi 2011).

Hal ini tentunya sangat terkait dengan produk pertanian yang pada umumnya bersifat mudah rusak ataupun busuk. Konsep tersebut terkait dengan peran dari agroindustri tersebut dalam rangka menekan tingkat

kehilangan hasil karena adanya kurang penanganan yang tepat. Kehadiran dari agroindustri tersebut sebagai upaya untuk memperpanjang umur simpan serta meningkat nilai tambah dan daya saing dari produk pertanian. Agroindustri adalah perusahaan (Austin, 1992) atau industri (Sa'id, 2004) yang mengolah bahan baku hasil pertanian.

Kegiatan Pertanian	Kegiatan Industri
Campur tangan manusia	Campur tangan manusia lebih dominan
Menghasilkan bahan baku dari alam	Menghasilkan bahan baku dari industri

Gambar 1. Diagram kontribusi intensitas aspek pertanian dan industri pada output yang dihasilkan (Sukardi 2011)

Berdasarkan distribusi angka pendapatan petani dari aspek penyelenggaraan agroindustri di pedesaan sebagaimana hasil penelitian dari Pratiwi et al. (2017) diperoleh hasil pengolahan dan pengawetan pangan memiliki angka pengganda tertinggi pada agroindustri hilir sebagaimana berdasarkan distribusi pendapatan agroindustri hulu dan hilir. Hal ini tentunya juga menjadi peluang untuk meningkatkan nilai tambah daya saing komoditas ubikayu.

Nilai Tambah dan Daya Saing Ubikayu

Teknologi budidaya dan pascapanen ubikayu harus terintegrasi dengan menggunakan pendekatan presisi 4.0. Skala usaha tani menjadi faktor orientasi pendekatan. Sistem usaha tani yang sudah dalam bentuk korporasi industri besar, mungkin penggunaan otomatisasi bukan menjadi kendala lagi. Namun demikian pada skala usaha kecil kelompok tani, masih membutuhkan kecukupan skala usaha sehingga dapat diimplementasikan otomatisasi. Bentuk lahan, seringkali juga menjadi kendala dalam implementasi penggunaan mesin otomatisasi.

Beberapa petani yang memiliki luasan wilayah dengan budidaya komoditas tunggal ubikayu, akan lebih memudahkan dalam membentuk suatu Bumdes sebagaimana kelompok tani Garuda yang mencakup luasan 4 Desa. Penggunaan drone untuk sistem penyemprotan pestisida

maupun pemantauan pertumbuhan tanaman menjadi alternatif implementasi dan mengefisiensikan penggunaan tenaga pengolah lahan. Nilai tambah ubikayu, pada umumnya tidak hanya dari aspek peningkatan produksi, namun demikian juga adanya faktor pengolahan yang tidak hanya memperpanjang umur simpan, namun demikian juga meningkatkan daya saing produk yang dihasilkan.

Nilai tambah pengolahan ubikayu dalam bentuk pengolahan tepung masih sangat minimal. Hal ini belum juga kemungkinan untuk dapat bersaing dengan tepung terigu yang pengusahaannya dalam skala komersial industri besar. Peningkatan nilai tambah pada komoditas ubikayu masih terbatas pada diversifikasi daun, ubikayu segar dan ubikayu goreng atau panggang sehingga jika petani ingin memperbaiki keadaan ekonomi keluarganya maka dapat dengan meningkatkan nilai tambah ubikayu melalui proses pengolahan (Sewando 2012).

Pada umumnya, umbi ubikayu dimanfaatkan sebagai bahan pangan sumber karbohidrat (54,2%), industri tepung tapioka (19,70%), industri pakan ternak (1,80%), industri non pangan lainnya (8,50%) dan sekitar 15,80% diekspor (Andrizal 2003). Lebih lanjut, peluang untuk meningkatkan nilai tambah dan daya saing produk ubikayu melalui pengembangan teknologi pengolahan yang terintegrasi secara sistematis. Peluang optimasi teknologi dapat ditinjau dengan mengolahnya serta mengoptimasi pemanfaatan produk samping limbah yang dihasilkan.

Menurut Saleh dan Widodo (2007) ubikayu pada sektor industri dapat diolah melalui proses dehidrasi (*chips*, *pellet*, tepung tapioka), hidrolisa (*dekstrose*, *maltoze*, *sukroze*, sirup *glukose*), dan proses fermentasi (alkohol, butanol, aseton, asam laktat, sorbitol). Ubikayu juga dapat digunakan dalam ransum pakan ternak maupun unggas dalam bentuk tepung tapioka, *pellet*, dan limbah industri ubikayu (onggok). Analisa kelayakan sebelum proses implementasi dan pengembangan di lapangan menjadi prioritas utama untuk menghasilkan proses dan produk yang optimal.

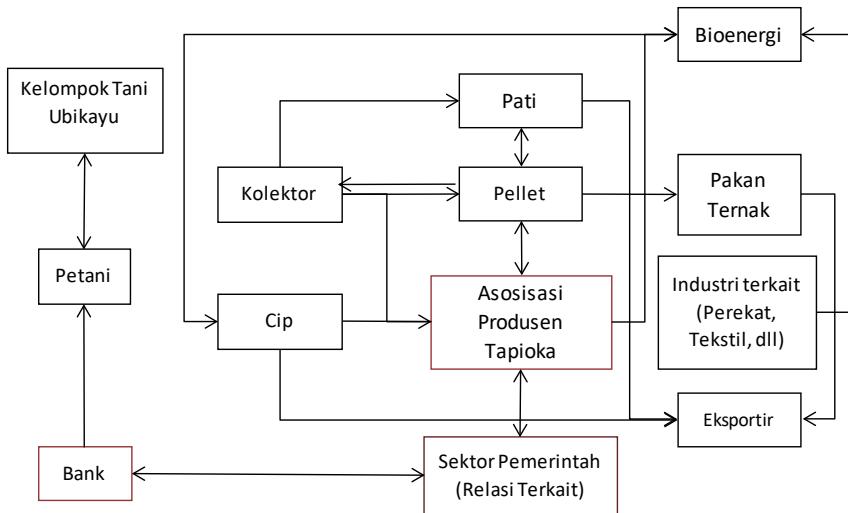
Tabel 1. Nilai Tambah Produk Olahan Ubikayu

No	Jenis Produk	Nilai Tambah	Sumber
1	Tepung Mocaf	Rp 670,27/Kg	Saragih et al. (2013)
2	Tapioka	Rp 1.125,-/kg	Miftah dan Syarbaini (2014)
3	Keripik Ubikayu	Rp 5.495 /Kg	Zulkifli (2012)
4	Tape Ubikayu	Rp 4.435/kg	Sari et al. (2015)
5	Kelanting	Rp 849,95/kg	Zakaria (2000)
6	Kerupuk Ubikayu	Rp 394,00/kg	Zakaria (2000)

Sumber: Herawati (2018)

Nilai tambah ubikayu akan berbeda dengan variasi teknologi proses yang diimplementasikannya. Peluang peningkatan nilai tambah dan daya saing tersebut akan lebih meningkat dengan semakin tingginya teknologi yang diimplementasikannya. Skala kelayakan suatu usaha juga sangat menentukan suatu model agroindustri bisa dapat diimplementasikan secara optimal. Konsep pengembangan diversifikasi produk horisontal dan vertikal dapat lebih dioptimalkan dalam rangka untuk meningkatkan nilai tambah dan daya saing komoditas ubikayu.

Pada penerapan konsep daya saing membutuhkan keikutsertaan teknologi dalam membaca peluang pengembangan pasar. Tidak harus menunggu *supply driven* atau *demand driven*, namun dengan cara kecepatan serta ketepatan dalam membaca peluang pasar menjadi orientasi tersendiri dalam meningkatkan nilai tambah dan daya saing proses dan produk. Demand driven dalam pendekatan pasar konsumen milnial menjadi contoh kasus tersendiri yang dapat dipergunakan untuk menggiring posisi daya saing produk ubikayu. Sebagai pembanding agroindustri yang dikembangkan di negara Thailand dengan mekanisme kelembagaan yang terintegrasi dengan sistem pengolah sebagaimana tertera pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Struktur Industri Ubikayu di Thailand (Chuenchoovit dan Treesilvattanakul, 2017)

Analisa Kelayakan Model di Lapangan

Pada penentuan suatu agroindustri unggulan di suatu wilayah, dapat menggunakan perangkat bantu AHP (*Analytical Hierarchi Process*) yang bertujuan untuk menentukan berdasarkan prioritas yang ada (Marimin 2004). Sedangkan pada teknik penentuannya, dapat menggunakan FGD (Focus Group Discussion) yang melibatkan berbagai stakeholder terkait (Harisudin 2013).

Nilai tambah menjadi daya tarik sebuah usaha, terutama di bidang agroindustri. Nilai tambah didefinisikan sebagai metode untuk mengukur sejauh mana bahan baku yang telah mendapat perlakuan mengalami perubahan nilai (Hadjanto 1993). Salah satu metode untuk menganalisis nilai tambah yaitu dengan menggunakan metode Hayami (1987) untuk menghitung nilai tambah pada komoditas pertanian yang mendapatkan perlakuan-perlakuan seperti pengolahan, pengawetan dan pemindahan (Baroh 2007).

Menurut Hayami (1987) ada dua cara menghitung nilai tambah, (1) Nilai untuk pengolahan dan; (2) Nilai tambah untuk pemasaran. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai tambah untuk pengolahan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu faktor teknis dan faktor pasar. Faktor teknis yang mempengaruhi adalah kapasitas produk, jumlah bahan baku yang digunakan dan tenaga kerja, sedangkan faktor pasar yang mempengaruhi adalah harga *output*, upah tenaga kerja, harga bahan baku dan nilai input lain selain bahan baku dan tenaga kerja (Herawati 2018).

Nilai tambah merupakan hasil perhitungan selisih dari biaya output dan nilai input (Feifi et al. 2010). Secara garis besar variabel yang termasuk didalam hasil produksi (*output*), bahan baku (*input*), tenaga kerja, bahan baku dan harga produk, upah tenaga kerja serta jumlah input lain yang digunakan. Pendekatan kelayakan dari aspek finansial, dapat dipergunakan diantaranya yaitu *Payback Periode*, *Internal Rate of Return*, *Net Present Value*, *Net Benefit-Cost Ratio*, Titik Pulang Pokok (*Break Even Point*) (Maulidah dan Pratiwi. 2010).

Salah satu analisis yang dapat dipergunakan sebagai salah satu parameter untuk melihat presisi suatu unit usaha agroindustri yaitu analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas merupakan analisis yang dilakukan dalam rangka untuk melihat sensitivitas sebuah usaha yang hendak dilakukan terkait dengan perubahan-perubahan yang mungkin terjadi selama berjalannya suatu unit pengolahan dalam kurun waktu investasi (Kusuma et al. 2014).

Interkoneksi Sistem Pasar dan Pemasaran Pendukung

Kegiatan dan implementasi teknologi pascapanen merupakan salah satu aspek yang harus diprioritaskan dari tujuh langkah menuju perluasan pasar produk pertanian (Ostertag 2007). Keenam aspek lainnya yaitu pengorganisasian petani, tren dan opsi pemasaran, aspek permodalan, teknologi, pra produksi dan produksi serta perluasan usaha dan relasi yang lebih baik lagi (Abbas dan Suhaeti 2016). Sistem pemasaran dengan

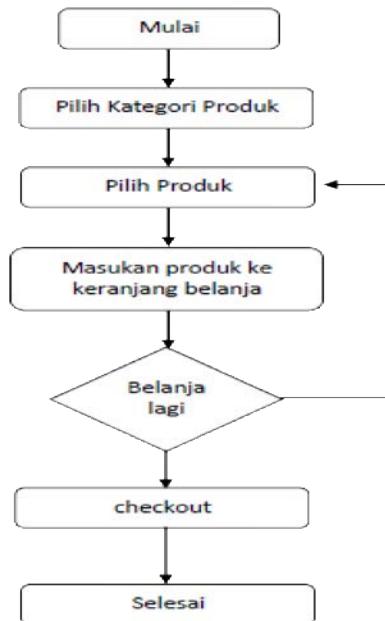
berorientasi pada produk modern yang bersifat kekinian dan memiliki peluang untuk dapat dikonsumsi generasi milenial mempunyai peluang bisnis untuk dapat dikembangkan secara lebih luas. Generasi milenial menghendaki olahan ubikayu yang lebih modern. Produk-produk kekinian seperti pizza, pasta, mi dan aneka produk yang bersifat praktis dan modern memiliki segmentasi pasar yang berpeluang besar di era dewasa ini.

Kegiatan industri berbasis pertanian (agroindustri), di samping dapat meningkatkan nilai tambah produk, juga pemantapan daya saing terhadap produk sejenis. Pengolahan komoditas pertanian menjadi produk olahan dapat meningkatkan nilai tambah dan kemampuan bersaing di pasar (Abbas dan Suhaeti 2016). Untuk memenuhi pasar dalam negeri sendiri, pemerintah telah membuka peluang Toko Tani Indonesia (TTI). Dalam perkembangnya, TTI di wilayah Jabodetabek untuk memasuki pasar online masih untuk komoditas beras. Namun demikian untuk TTI retail sudah memungkinkan untuk beberapa komoditas segar maupun produk pertanian lainnya.

Soekartawi (2007) menjelaskan bahwasannya ada tiga aktor yang terlibat pada mekanisme e-commerce pada sektor agribisnis yaitu peran produsen, peran konsumen dan peran media. Mekanisme sistem tersebut merupakan sistem penjualan yang melibatkan dan peran masing-masing serta diterjemahkan dalam bahasa web. Sistem tersebut memudahkan konsumen yang terbentang jarak untuk dapat melakukan sistem pemasaran dan pembelian dengan menggunakan sarana komunikasi berbasis web. Jarak antara penjual dan pembeli dapat diminimalisasi dengan memanfaatkan teknologi informasi dan jasa kurir pengantar kiriman. Adapun prinsip alur sistem pemasaran dengan menggunakan *E commerce* (Suratno 2012) sebagaimana tertera pada Gambar 3 di bawah ini.

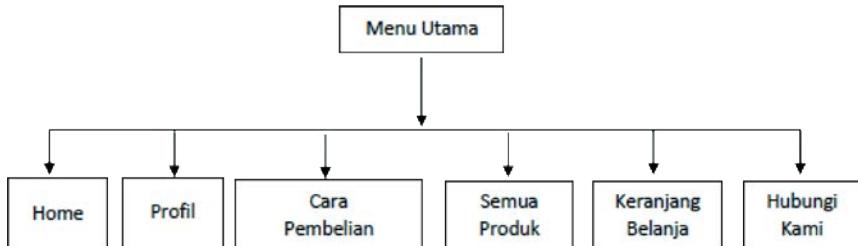
Pemanfaatan e-commerce dalam memasarkan produk hasil pertanian sangat besar manfaatnya dalam pengembangan produk agroindustri. Pemanfaatan produk melalui *e commerce* produk hasil agroindustri yang dihasilkan dapat di pasarkan dengan jangkauan yang luas dan tidak membutuhkan biaya yang besar, sehingga terjadi efisiensi dalam proses

distribusi. Dalam melakukan pemilihan aplikasi *web content* manajemen sistem perlu diperhatikan fungsi dan tujuan dari pembuatan e-commerce, sehingga aplikasi toko online yang dihasilkan dapat bermanfaat dan dapat dilakukan pengembangan secara terus menerus dan berkesinambungan, dan toko online pun dapat berjalan dengan efektif (Suratno 2012).



Gambar 3. Prinsip Dasar Alur Sistem *E commerce* (Suratno 2012)

Tahapan proses pembuatan *e commerce* secara lebih sederhana meliputi Penhimpunan data base melalui jaringan browsher yang sudah tersedia di web secara umum; pembuatan personal homepage; membuat content manajemen system; dan implementasi *Diagram Hirarchy Input Proses Output* (Hipo). Modifikasi ini akan semakin komplek dengan semakin banyaknya fitur dan menu yang terdapat pada content web yang ditawarkan. Pada beberapa personel web menyertakan fungsi dan artikel pendukung dalam rangka untuk penegmbangan produk yang sedang dipasarkan.



Gambar 4. Diagram Hirarchy Input Proses Output (Hipo) (Suratno 2012)

Lebih lanjut Suratno (2012) menyampaikan, pada implementasi sistem *e-commerce* menggunakan pendekatan *waterfall life cycle model* yang terdiri dari pengumpulan kebutuhan sistem (*requirement*), perancangan (*design*), pembangunan (*construction*), pengujian (*testing*), penerapan (*deployment*), serta operasi dan pemeliharaan (*operations and maintenance*).

Peluang Keberlanjutan Model Agroindustri

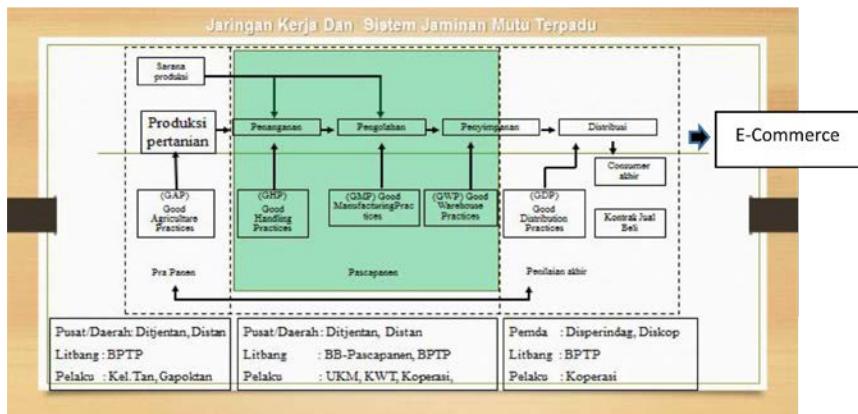
Beberapa kendala pengembangan agroindustri di Indonesia pada umumnya meliputi: kualitas dan kontinuitas produk pertanian yang masih terbatas; teknologi yang digunakan sebagian besar masih bersifat sederhana, sehingga menghasilkan kualitas produk dengan kualitas yang masih rendah; serta pola kemitraan antara agroindustri kecil dengan skala yang lebih besar belum berkembang dengan baik. Kontribusi dan peran serta pemerintah melalui kebijakan sangat dibutuhkan untuk membangun pengembangan agroindustri yang lebih konkrit secara lebih luas (Supriyati dan Suryani 2006).

Pengembangan agroindustri tidak dapat dilakukan oleh petani kecil secara individual, namun perlu pendekatan secara berkelompok dalam wadah koperasi atau kelembagaan lainnya (Abbas dan Hidajat 2008; Abbas dan Siregar 2008). Optimasi kelembagaan menjadi kunci pembuka untuk meningkatkan kapasitas baik dari aspek penyediaan bahan baku maupun peningkatan skala kapasitas line unit agroindustri pengolahan itu sendiri. Hal ini tentunya terhubung dengan adanya jaminan penyediaan produk untuk bisa masuk ke pasar dan sistem pemasaran agar dapat berjalan secara kontinyu.

Konsep pengembangan berbasis SCM (*Supply Chain Management*) dan VCM (*Value Chain Management*) dapat diimplementasikan dalam rangka mendukung konsep pengembangan agroindustri berbasis presisi. SCM memiliki prioritas implementasi dari aspek jaminan kontinyuitas rantai pasokan bahan baku, sedangkan pendekatan VCM dioptimalkan dalam rangka untuk meraih peluang mengoptimalkan nilai tambah dari aspek jaminan kerberlanjutan implementasi sistem di lapangan. Kedua sistem rantai tersebut dapat dikolaborasikan dalam rangka untuk menjamin keberlanjutan suatu line model agroindustri di lapangan.

Sebuah line agroindustri yang bergerak di bidang pangan terutama harus dapat menjamin mutu dan keamanan pangan serta makanan dapat diterima ditingkat lapangan. Keamanan produk makanan menjadi prioritas untuk menjamin produk dapat diterima dengan baik oleh konsumen. Jaringan sistem berbasis SCM dan VCM menjadi peluang untuk mendampingi suatu agroindustri dapat berkelanjutan diterima dan berkembang di masyarakat.

Sistem jaringan kerja dan kelembagaan yang memprioritaskan aspek jaminan mutu secara terpadu menjadi acuan sehingga konsumen mandapatkan produk sesuai kriteria standar yang dikehendaki. Sinergisme jaringan kelembagaan pendukung pada setiap tahapan kegiatan baik dari aspek penyediaan bahan baku sampai dengan pendistribusian produk sehingga dapat diterima oleh konsumen dalam keadaan baik, menjadi orientasi kepuasan pelanggan dari suatu unit agroindustri.



Gambar 5. Jaringan Kerja dan Sistem Jaminan Mutu Terpadu

Mekanisme kelembagaan yang terintegrasi dari aspek hulu hilir menjadi orientasi tersendiri, sehingga produk dapat selalu tersedia di pasaran dengan harga yang stabil. Sistem pasar dan pemasaran berbasis lokal dengan dukungan sistem koperasi untuk skala Industri Kecil Menengah (IKM) dan jangkauan yang lebih luas melalui e-commerce menjadi pendukung keberlanjutan suatu unit agroindustri dapat berkembang di lapangan.

Dukungan pemerintah dalam membuka peluang terimplementasinya model agroindustri 4.0 ini juga menjadi pintu pembuka sehingga tingkat keberlanjutan implemen-tasi lebih besar peluangnya. Dukungan infrastruktur dan pemberian alat yang mulai mengarah pada pengembangan agroindustri 4.0 menjadi contoh untuk dapat dikembangkan secara lebih luas oleh pemerintah secara berjenjang. Sosialisasi program dan kebijakan yang kondusif dapat mempercepat ketertinggalan dalam penerapan model agroindustri 4.0 dan pengembangannya supaya dapat terimplementasi secara lebih berkelanjutan.

Kesimpulan

Agroindustri dilakukan dalam rangka menekan tingkat kehilangan hasil karena adanya kurang tepat dalam mekanisme penanganan panen dan pascapanen. Agroindustri 4.0 merupakan suatu pendekatan sistem yang berbasis presisi untuk efisiensi dan efektifitas sehingga memudahkan implementasi kinerja di lapangan. Salah satu potensi komoditas yang cukup potensial dikembangkan di Indonesia dalam sebuah konsep agroindustri yaitu pengembangan model pengolahan ubikayu.

Pendekatan sistem penanganan dan pengolahan yang mengacu pada pendekatan konsep model berbasis ketepatan atau presisi, dapat menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah dan daya saing yang maksimal. Sistem pengembangan produk yang terintegrasi dalam jaringan pasar dan pemasaran menjadi kunci pembuka keberlanjutan suatu line unit agroindustri dan produk yang dihasilkan mampu dapat diterima oleh pasar dengan baik.

Jaringan pemasaran berbasis konsep e-commerce menjadi suatu metode implementasi bisnis dalam rangka untuk mempermudah dan memperluas jangkauan pasar. Dukungan pemerintah dalam membuka peluang terimplementasinya model agroindustri 4.0 ini juga menjadi pintu pembuka pengembangan keberlanjutan di tingkat lapangan.

Daftar Pustaka

- Abbas, A., dan R.N. Suhaeti. 2016. Pemanfaatan Teknologi Pascapanen Untuk Pengembangan Agroindustri Perdesaan Di Indonesia. Forum Penelitian Agro Ekonomi. 34(1): 21-34.
- Abbas, A., dan E.W. Hidajat. 2008. Pengembangan agroindustri unggulan daerah Kabupaten Belu: pengembangan wilayah perbatasan NTT melalui penerapan teknologi. Jakarta (ID): LIPI Press.

- Abbas, A., and M.T.R. Siregar. 2008. Lesson learned from research getting profit of fruit handling and processing activities. Paper presented In Technology Exhibition and Business Matching on Turning Technology Innovation into Profit. SIRIMWAITRO International Conference; 2008 Aug 12- 14; Selangor, Malaysia. Selangor (MY): SIRIMWAITRO.
- Andrizal. 2003. Potensi, Tantangan dan Kendala Pengembangan Agroindustri Ubi kayu dan Kebijakan Industri Perdagangan Yang Diperlukan. Pemberdayaan Agribisnis Ubi Kayu Mendukung Ketahanan Pangan. Malang (ID): Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian.
- Austin, J.E. 1992. Agroindustrial Project Analysis. The Economic Development Institute of the World Bank. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press.
- Baroh, I. 2007. Analisis Nilai Tambah dan Distribusi Keripik Nangka Studi Kasus pada Agroindustri Keripik Nangka di Lumajang. Malang (ID): LP UMM.
- Chuenchoovit, W., and K. Treesilvattanakul. 2017. Proposing Alternatives in Achieving Thai Cassava Agro-Industry Stability. ICoA Conference Proceedings The 3rd International Conference on Agro-Industry 2016 "Competitive & Sustainable Agro-Industry: Value Creation in Agribusiness" Volume 2017.
- Feifi, D., S. Martini, R. Astuti, and S. Hidayat. 2010. Added Value and Performance Analyses of Edamame Soybean Supply Chain: A Case Study. Journal Operations & Supply Chain Management. 3 (3): 148-163.
- Giriarto, J., dan M. Agus. 2011. Pembuatan Biotenol dari Tebu dan Ubikayu. Bandung (ID): Gema Buku Nusantara.
- Hardjanto, W. 1993. Bahan Kuliah Manajemen Agribisnis. Bogor (ID): Jurusan Ilmu-ilmu Sosial Ekonomi Pertanian, Fakultas Pertanian. IPB.

- Harisudin M. 2013. Pemetaan dan strategi Penegmbnagan Agroindustri Tempe Di Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur. *J.Tek. Ind. Pert.* 23 (2): 120-128.
- Hayami, Y. 1987. Agricultural marketing and processing in upland Java. A perspective from a Sunda village. Bogor (ID): CGPRT Centre.
- Herawati, H. 2018. Agribisnis Ubikayu Mendukung Sistem Pertanian Berkelanjutan. Didalam Sistem Pertanian Berkelanjutan. Jakarta (ID): IAARD Press.
- Kusuma, P. T. W. W., dan N. K. I. Mayasti. 2014. Analisis Kelayakan Finansial Pengembangan Usaha Produksi Komoditas Lokal: Mi Berbasis Jagung. Jakarta Barat (ID): Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna LIPI, 34(2):1-9.
- Marimin. 2004. Teknik dan Aplikasi pengambilan keputusan Kriteria Majemuk. Jakarta (ID): Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Maulidah, S., dan D. E. Pratiwi. 2010. Finansial Feasibility Analysis of Prabu Bestari Grapes Farming. *Jurnal AGRISE.* 9(3): 1412-1925.
- Microsoft®. 2005. Microsoft® Encarta® Reference Library. Microsoft Corporation. Di dalam Sukardi. 2011. Formulasi Definisi Agroindustri dengan Pendekatan Backward Tracking. *PANGAN.* 20(3): 269-282.
- Miftah, H., dan A. Syarbaini. 2014. Model Pemberdayaan Petani Ubikayu Melalui Pola Klaster Sistem Agribisnis Terintegrasi Di Kabupaten Sukabumi Provinsi Jawa Barat. *SEPA.* 10(2): 298-304.
- Pratiwi, N.A., Harianto, dan A. Daryanto. 2017. Peran Agroindustri Hulu dan Hilir Dalam Perekonomian Dan Distribusi Pendapatan Di Indonesia. *Jurnal Manajemen dan Agribisnis.* 14(2): 127-137.
- Sa'id, E.G., dan H.A. Intan. 2004. Manajemen Agribisnis. Bogor (ID): PT. Ghalia Indonesia – MMA-IPB.
- Saleh, N., dan Y. Widodo. 2007. Profil dan Peluang Pengembangan Ubi kayu di Indonesia. *Buletin Palawija.* 14: 69-78.

- Saragih, S.C., Salmiah, dan D. Chalil. 2013. Analisis Nilai Tambah Dan Strategi Pengembangan Pengolahan Ubi Kayu Menjadi Mocaf (Modified Cassava Flour). *Journal On Social Economic of Agriculture and Agribusiness*. 2(5): 1-15.
- Sari, A.S., L. Fauzia, dan Emalisa. 2015. Analisis Nilai Tambah Pengolahan Ubikayu Menjadi Tape Ubi(Studi Kasus: Kelurahan Baru Ladang Bambu, Kecamatan Medan Tuntungan, Kota Medan). *Journal on Social Economic of Agriculture and Agribusiness*. 4(12): 1-14.
- Sukardi. 2011. Formulasi Definisi Agroindustri dengan Pendekatan Backward Tracking. *PANGAN*. 20(3): 269-282.
- Soekartawi. 2007. Agribisnis: Teori dan Aplikasinya (Agribusiness: Theory and Practice), 8th Edition. Jakarta (ID): Raja Grafindo Persada.
- Supriyati, dan E. Suryani. 2006. Peranan, Peluang dan kendala Pengembangan Agroindustri Di Indonesia. *FORUM PENELITIAN AGRO EKONOMI*. 24(2): 92 – 106.
- Suratno, T. 2012. Sistem Pemasaran E-Commerce Produk Pertanian Berbasis Web Content Manajemen System. *Sosial Ekonomi Bisnis*. 15(2) :72-79. <https://doi.org/10.22437/jiseb.v15i2.2758>.
- Zakaria, W.A. 2000. Analisis Nilai Tambah Ubi Kayu Pada Beberapa Agroindustri Berbasis Ubi Kayu Di Propinsi Lampung. *Jurnal Ilmiah sosial ekonomi Pertanian*. 6 (2): 122-123.
- Zulkifli. 2012. Analisis Pendapatan Dan Nilai Tambah Pada Agroindustri Keripik Ubi Di Kecamatan Tanah Luas Kabupaten Aceh Utara. [Skripsi] Aceh Utara (ID): Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh.

Memperkuat Pemasaran Produk Hortikultura Menuju Persaingan Global di Era Industri 4.0

Bambang Sayaka, dan Saktyanu K Dermoredjo

Pemasaran sebagian produk pertanian Indonesia sudah berorientasi ekspor, sebagian lagi produk pertanian untuk dipasarkan di dalam negeri sebagai substitusi impor. Keuntungan memasarkan produk pertanian ke manca negara membuat jangkauan pemasaran lebih luas dan tidak tergantung pasar domestik. Produksi pertanian yang lebih besar dapat meningkatkan skala ekonomi dan keuntungan lebih banyak. Anggaran penelitian dan pengembangan menjadi lebih bermanfaat seiring fokus produksi untuk mencari pasar baru untuk produk yang dihasilkan.

Semakin luasnya wilayah pemasaran produk akan meningkatkan skala produksi. Biaya rata-rata bisa ditekan jika produsen mampu memproduksi lebih besar. Kesempatan kerja yang diciptakan semakin besar seiring skala produksi yang lebih banyak.

Standar pemasaran dalam negeri idealnya akan mengikuti standar perdagangan internasional, dalam hal produksi, panen, pasca panen, distribusi, dan kualitas. Pemasaran untuk ekspor harus mengikuti aturan perdagangan internasional. Diharapkan standar perdagangan di dalam negeri juga mengikuti standar perdagangan internasional supaya produk yang diimpor memiliki kualitas internasional.

Asumsi dalam pemasaran internasional meliputi peningkatkan investasi teknologi dan inovasi serta pertumbuhan produktivitas. Selanjutnya pemasaran internasional akan menambah produksi, mengubah struktur, dan kepastian suplai eksport. Produk yang dipasarkan juga akan memenuhi standar internasional, perbaikan strategi pemasaran,

memperhatikan faktor non harga dalam persaingan dan merek produk, serta mampu mengorganisir produsen dalam negeri dan eksportir (Mihailovic et al., 2015).

Revolusi industri yang saat ini memasuki fase 4.0 berlangsung seiring dengan revolusi pertanian. Industri 4.0 dalam sektor primer didefinisikan sebagai Pertanian 4.0. Revolusi dalam pertanian juga seiring kemajuan industri. Pertanian 1.0 dimulai dengan pengunaan hewan untuk pertanian. Pertanian 2.0 pemanfaatan mesin dengan bahan bakar fosil. Pertanian 3.0 dengan sistem panduan dan pertanian presisi. Pertanian 4.0 menghubungkan kegiatan pertanian dengan penyimpanan data *cloud*. Pertanian 5.0 akan memanfaatkan perusahaan yang terpadu secara digital dengan penggunaan robot dan intelijen buatan.

Banyak perusahaan skala mikro, kecil dan menengah (UMKM) dalam pertanian memiliki keunggulan dan kelemahan dalam era industri 4.0. UMKM dikenal fleksibel dan dekat dengan konsumen. Ukuran UMKM yang kecil mempermudah komunikasi, perubahan tenaga kerja, dan rekonfigurasi jika permintaan pasar berubah. Walaupun demikian UMKM kurang inovatif karena perkembangan inovasi dan teknologi yang cepat sehingga sulit melakukan penyesuaian. UMKM juga harus meningkatkan kemampuan pengelolaan usaha dalam hal perencanaan, pelaksanaan, monitoring, dan evaluasi (Zambon et al. 2019).

Tujuan tulisan ini adalah menguraikan upaya pemasaran produk pertanian, khususnya hortikultura, dalam persaingan global dalam era industri 4.0. Kerangka prioritas menuju era pemasaran global perlu dibangun agar secara terstruktur pemasaran produk pertanian dapat memanfaatkan peluang yang ada.

Persaingan Global

Produk pertanian Indonesia harus bisa bersaing secara global agar bisa menembus pasar internasional. Daya saing dapat diartikan sebagai kemampuan perusahaan, industri, wilayah, negara, maupun beberapa negara dalam suatu wilayah dalam menghasilkan pendapatan dan penyerapan tenaga kerja yang relatif tinggi di tengah persaingan

internasional. Daya saing juga dapat diartikan sebagai peningkatan terus-menerus dalam standar hidup suatu negara atau beberapa negara dalam suatu wilayah dengan tingkat pengangguran relatif rendah. Daya saing pertanian di negara-negara cukup tinggi tetapi dengan proteksi yang juga tinggi dan mungkin juga daya saingnya berkurang jika proteksi dikurangi.

Daya saing dalam pemasaran adalah kemampuan memasarkan produk untuk memenuhi permintaan pasar dalam hal harga, jumlah, dan kualitas. Pada saat yang bersamaan perusahaan tersebut harus mampu meningkatkan keuntungan dan tetap bertahan di tengah persaingan. Dalam perdagangan internasional daya saing dapat diukur antara lain melalui nilai tukar riil, *revealed comparative advantage*, indeks ekspor neto, dan *relatif import advantage index*.

Daya saing juga dapat diukur dari biaya produksi, keuntungan yang diperoleh, serta efektivitas dan produktivitas (Latruffe, 2010). Berdasarkan indeks spesialisasi perdagangan komoditas, sub sector perkebunan Indonesia memiliki daya saing yang sangat kuat dan sub sector pangan memiliki daya saing rendah (Firmansyah et al. 2017). Demikian juga daya saing hortikultura Indonesia relatif rendah dalam APT (*Asean plus three*), yaitu ASEAN dan tiga negara (Cina, Korea, Jepang). Dalam APT, daya saing hortikultura didominasi oleh Filipina, Thailand, dan Cina (Chasanah et al. 2017).

Pemasaran Produk Pertanian

Sifat produk pertanian pada umumnya musiman sehingga dikenal produksi pada musim panen (*harvest season*) dan produksi diluar musim panen (*off season*). Produksi pada musim panen umumnya relatif banyak, harga jual di tingkat petani maupun konsumen dalam negeri turun dan memungkinkan untuk diekspor. Sebaliknya produksi diluar musim sangat sedikit, harga jual di pasar dalam negeri lebih mahal yang memungkinkan untuk impor produk sejenis agar harga di pasar stabil.

Hanya sebagian kecil produk pertanian yang dapat dipanen sepanjang tahun, misalnya kelapa sawit, kelapa, teh, karet, kakao. Komoditas ternak seperti ayam pedaging, ayam petelur, sapi, kambing dan domba bisa diproduksi sepanjang tahun. Komoditas hortikultura seperti buah, sayur, dan tanaman obat umumnya bersifat musiman. Tanaman hias pada taraf tertentu dapat diprodukis sepanjang tahun dengan catatan air selalu tersedia dan diproduksi dalam lingkungan tumbuh tertentu, misalnya menggunakan rumah kaca.

Agar bisa diekspor sepanjang tahun, produk pertanian harus disimpan atau diolah sehingga tahan lebih lama. Menyimpan maupun mengolah produk memerlukan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Disamping itu, komoditas pertanian, khususnya hortikultura, tidak mampu bersaing akibat ekonomi biaya tinggi (kebun terpencar, transportasi mahal, infrastruktur tidak mendukung, banyaknya pungli dan lain-lain), serta penanganan pra dan pascapanen yang belum optimal sehingga menurunkan mutu produk (Ibrahim, 2012)

Meruah (*voluminous*) merupakan ciri umum produk pertanian. Produk yang masih segar biasanya memakan tempat. Konsumen umumnya memerlukan produk yang masih segar untuk dikonsumsi. Menyalurkan produk segar sampai konsumen merupakan tantangan tersendiri. Konsekuensi penyaluran produk segar adalah terkait pengepakan dan pengangkutan. Pengepakan tidak dapat dilakukan dengan mudah seperti produk olahan. Pengangkutan produk segar juga memerlukan biaya yang lebih mahal dan pada taraf tertentu membutuhkan rantai pasok berpendingin (*cold supply chain*).

Komoditas pertanian mudah rusak jika dalam proses pasca panen tanpa perlakuan memadai. Produk hortikultura dan ternak termasuk yang paling rentan terhadap kerusakan, apalagi jika harus disalurkan ke konsumen dalam bentuk segar. Karakteristik produk pertanian yang spesifik memerlukan penanganan pasca panen secara spesifik, pengolahan yang memadai, serta pengiriman tepat waktu. Nilai tambah yang diperoleh pelaku agribisnis akan besar jika tepat dalam perlakuan.

Agar komoditas pertanian, khususnya hortikultura, dapat menembus ekspor secara kompetitif perlu terhubung dan rantai pasok global melalui perusahaan multinasional. Beberapa hal agar dapat mengakses rantai pasok global adalah: (i) produksi saat ini bersifat global sehingga kegiatan produksi dapat disubkontrakkan atau bersifat terfragmentasi; (ii) transfer teknologi horizontal antara perusahaan multinasional dengan perusahaan lokal maupun transfer teknologi vertical antara pembeli dan penjual atau sebaliknya, serta transfer keahlian; (iii) perusahaan multinasional harus bersedia meningkatkan daya saing domestic; (iv) meningkatkan kapasitas produksi domestic; (v) perusahaan multinasional melakukan ekspor dan investasi langsung asing (*foreign direct investment*) di negara tujuan ekspor (International Trade Center, 2011).

Strategi Yang Perlu Ditempuh

Secara klasik pemasaran produk, termasuk produk pertanian, mengikuti *marketing mix*, yaitu *product, place, price, promotion*. Produk yang dipasarkan harus berkualitas baik, sesuai permintaan konsumen dan standar internasional yang berlaku. Standar pemasaran dalam negeri bisa digunakan jika komoditas yang dipasarkan tersebut sudah memenuhi standar internasional.

Pemasaran memerlukan tempat atau saluran yang strategis yang dapat dilakukan sendiri oleh produsen atau melalui pihak ketiga (agen). Pemasaran dapat dilakukan melalui display pada perwakilan pemerintah di luar negeri maupun memanfaatkan ICT (*information communication technology*).

Harga jual produk harus bersaing dengan produk lain dengan kualitas yang relatif sama. Dalam hal kemitraan antara inti dan plasma, misalnya, harga jual diupayakan menguntungkan produsen (inti) dan mitra (plasma), serta terjangkau oleh konsumen

Promosi dilakukan untuk memperkenalkan produk baru ke pasar tradisional dan yang baru maupun produk tradisional melalui ke pasar yang baru. Cara yang ditempuh dapat melalui *trade fair*, pariwisata, media

sosial, iklan, serta mengundang konsumen atas biaya produsen. Promosi perlu dilakukan karena produk pertanian semakin terdiferensiasi. Amerika Serikat Serikat, msalnya, menerapkan Program Pengembangan Pasar Luar Negeri (*Foreign Market Development*) dan Program Akses Pasar (*Market Access Program*) sebagai program promosi utama. Promosi ekspor tidak dilarang dalam perjanjian dagang internasional dan dimasukkan dalam *green box* (Reimer et al., 2017).

Dalam era konektivitas saat ini, jalur yang ditempuh pelanggan untuk mendapatkan produk (*customer path*) dikenal dengan 5A, yaitu *aware* (sadar), *appeal* (tetarik), *ask* (bertanya ingin tahu), *act* (bertindak atau membeli), dan *advocate* (merekomendasikan jika cocok atau menuntut jika ada ketidaksesuaian). Pemasaran tradisional dan pemasaran digital bisa hadir secara bersama. Pemasaran 4.0 menjadi pendekatan pemasaran yang menggabung interaksi *online* dan *offline* dengan tujuan memenangkan selera konsumen.

Komoditas Berpotensi Global

Komoditas pertanian merupakan kelompok komoditas yang berpotensi dalam perdagangan internasional. Namun demikian permasalahan yang dihadapi oleh petani/pekebun/peternak nasional adalah lemahnya daya saing dengan produk internasional. Seperti dalam Tabel 1 di bawah ini, ditunjukkan pertumbuhan net perdagangan mengalami penurunan 3,89 %/tahun. Dari pertumbuhan tersebut, hanya komoditas perkebunan yang memiliki net perdagangan positif yaitu sebesar 23 miliar US\$.

Namun demikian dalam perkembangannya, komoditas hortikultura memiliki prospek yang baik dimana pertumbuhan net perdagangan mencapai 17,31 %/tahun pada saat nilai net perdagangan -1,9 miliar US\$. Selanjutnya perkembangan net perdagangan komoditas tanaman pangan, juga memiliki pertumbuhan positif 0,066 %/tahun, tetapi angka ini terlihat stagnan pada posisi tersebut sebesar -7,8 miliar US\$. Berbeda dengan komoditas peternakan pada saat posisi net perdagangan -3 Miliar US\$ memiliki pertumbuhan -0,40 %/tahun.

Menyimak net perdagangan di atas maka subsektor hortikultura merupakan kelompok komoditas yang memiliki prospek yang bagus untuk ke depan. Oleh karena itu, melalui tulisan ini akan disajikan dinamika ekspor global untuk komoditas hortikultura untuk melihat posisi Indonesia dalam percaturan ekspor global. Untuk jenis bunga-bungan diwakili oleh Krisan, sayur-sayuran diwakili oleh jamur, dan cabai, buah-buahan diwakili oleh Jambu/Mangga/Manggis, dan biofarmaka diwakili oleh Jahe dan Kunyit.

Tabel 1. Perdagangan Net Perdagangan Indonesia, 2018

Sektor/Sub Sektor	Nilai (000 US\$)	%/tahun (2013-2018)	%
Sektor Pertanian	10.027.601,23	-3,89	100,00
Tanaman Pangan	-7.757.074,49	0,066	-77,36
Hortikultura	-1.869.637,85	17,31	-18,64
Perkebunan	22.695.893,18	-1,11	226,33
Peternakan	-3.041.579,61	-0,40	-30,33

Sumber: <https://wits.worldbank.org/> (diolah)

Krisan. Indonesia melakukan ekspor hanya ditujukan kepada 6 negara dengan 5,7 juta US\$ dimana Jepang menjadi importir utama mencapai 99%, sedangkan total impor dunia dapat mencapai 5,2 Milyar US\$ dengan 198 negara, dan Rusia merupakan importir utama dengan pangsa mencapai 23,24 % atau 1,2 Milyar US\$, Jepang sendiri yang merupakan pasar utama Indonesia (memiliki urutan ke-4) memiliki nilai impor 555 juta US\$ (10,6%). Artinya peran Indonesia masih terbuka lebar bila memiliki daya saing dimana untuk Jepang sendiri ekspor Indonesia hanya 1 % dari impor Jepang. Permintaan ekspor ke Jepang selama ini cukup tinggi, yaitu 300.000 tangkai per pekan tetapi baru bisa dipenuhi sekitar 6.000 tangkai per pekan. Selain ke Jepang ekspor juga terbuka untuk pasar Timur Tengah (Khaerunnisa, 2017).

Jamur. Jamur segar memiliki nilai ekspor yang paling tinggi dibandingkan dengan jamur yang diawetkan dan yang dikeringkan. Seperti yang sama digambarkan oleh Krisan, terlihat bahwa ekspor Jamur segar Indonesia hanya sebesar 6,6 juta US\$ yang tertuju pada 18 negara padahal pasar

impor jamur dunia mencapai 212 negara dari nilai 6,7 Milyar US\$. Importir utama adalah negara UK yang mencapai 1,4 Milyar US\$ dengan pangsa 20,9 % dan US yang juga importir utama Indonesia (16%) memiliki nilai impor jamur segar 815 juta US\$ (12,23%). Hal ini menunjukkan Indonesia perlu meningkatkan peluang eksportnya ke negara-negara tujuan utama, namun untuk mewujudkan produk jamur yang unggul tetap memperhatikan kualitas dengan memanfaatkan teknologi dalam proses produksi guna meningkatkan pangsa pasar (Hermawan et al. 2017)

Cabai. Nilai perdagangan ekspor terbesar untuk produk cabai adalah yang berupa cabai yang dikeringkan sebesar 34 juta US\$ untuk 29 negara, padahal pasar impor mencapai 4 Milyar US\$ dari 219 negara. Hal ini menunjukkan peluang ekspor global cabai cukup cerah dan importir global utamanya adalah dari Vietnam yang mencapai 635 juta US\$. Indonesia memiliki nilai ekspor cabai kering ke Vietnam hanya 20,09 persen.

Oleh karena itu upaya untuk pengembangan cabai kering relatif perlu ditingkatkan daya saingnya mengingat India memegang peranan hingga 50,26% dunia. Dalam kondisi yang demikian perlu dilakukan akselerasi diseminasi varietas baru untuk dapat meningkatkan adopsi, mengingat, varietas ini memiliki prospek pasar yang cukup besar (Khaririyatun et al. 2014)

Jambu/Mangga/Manggis. Kelompok ini tidak terpisahkan karena memiliki dalam kode HS 6 digit yang sama. Dari Tabel 2 di bawah menunjukkan bahwa ekspor Indonesia dari kelompok ketiga jenis buah ini mencapai 81 juta US\$ ke 42 negara, padahal nilai impor dunia mencapai 11,8 Milyar US\$ untuk 224 negara. China sebagai negara importir utama ketiga dapat mencapai 1,1 Milyar US\$ sedangkan Indonesia hanya bisa memanfaatkan sekitar 9 juta US\$.

Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia masih memiliki peluang besar untuk meningkatkan ekspor hortikultura, melalui pengembangan kawasan buah. Kawasan buah merupakan satu kesatuan perwilayah komoditas unggulan dengan memperhatikan kesamaan wilayah dengan

kesamaan ekosistem dan disatukan oleh fasilitas infrastruktur ekonomi yang sama dalam membentuk kawasan yang berisi berbagai usaha mulai dari penyediaan sarana produksi, budidaya, penanganan dan pengolahan pascapanen dan pemasaran serta berbagai kegiatan pendukung lainnya (Direktorat Buah Dan Florikultura 2019).

Jahe. Jenis produk biofarmaka ini ternyata memiliki prospek ekspor yang cukup berpeluang besar dimana Indonesia untuk jenis jahe yang tidak dihancurkan hanya memberikan kontribusi ekspor sebesar 103,6 juta US\$ untuk 41 negara, sedangkan pasar impornya sendiri bisa mencapai 3,65 Miliar US\$ untuk 223 negara. Dari negara importir utama dunia, hanya Pakistan yang bisa dijangkau dimana impor Pakistan yang mencapai 279 juta US\$, Indonesia masih sebesar 24 juta US\$ atau sekitar 8 persen.

Kalau tidak memiliki daya saing akan kalah terus dan dimanfaatkan oleh negara-negara utama eksportir dunia, seperti: China yang memiliki pasar ekspor 62,34%. Di tahun 2018, terdapat penurunan ekspor jahe dikarenakan beberapa kendala (Kementerian Pertanian 2019) yaitu: (a) Penerapan labelisasi maupun standarisasi yang masih kurang; (b) Kurangnya pengembangan komoditas bernilai tambah; (c) Daya saing produk dalam negeri untuk keperluan ekspor belum optimal; (e) Masih terhambatnya penyelesaian G to G pada beberapa negara tujuan ekspor produk; (f) Terbatasnya informasi akses pasar dari para pelaku ekspor; dan (g) Masih kurang intensnya dukungan antar Kementerian/Lembaga untuk percepatan ekspor.

Kunyit. Produk biofarmaka ini memiliki prospek yang baik juga dimana Indonesia masih mencapai nilai ekspor 42,3 juta US\$ untuk 49 negara dan 71 % diantaranya adalah untuk India, padahal India sendiri merupakan pemain utama yang dapat mencapai ekspor 723 juta US\$ atau 68 persen dunia. Indonesia yang memiliki nilai ekspor 42,3 juta US\$ itu dibandingkan dengan nilai impor dunia yang mencapai 1,06 Miliar US\$ perlu ditingkatkan dimana peluang ekspor cukup besar dimana peminat impor kunyit sebanyak 218 negara, dan komoditas ini sangat bermanfaat hingga untuk pasca bencana (Arisena dan Darmawan 2018)

Tabel 2. Total Nilai Ekspor Produk hortikultura per Jenis Komoditas, 2012-2017

Komoditas	Ekspor Indonesia	Impor Dunia	Pemain Ekspor Dunia
Krisan	Total: 5,7 juta US\$ (6 negara) Japan: 99,27%	Total: 5,2 M US\$ (198 negara) Importir utama : Rusia (23,24 %): 1,2 M US\$ UK (16,97 %): 888 Juta US\$ US (13,68 %): 716 juta US\$ Japan (10,60 %): 555 juta US\$	Netherlands: 2,5 M US\$ (48,22 %) Colombia: 869 juta US\$ (16,61 %) European Union: 773 juta US\$ (14,77 %) Malaysia: 429 juta US\$ (8,20 %) Lithuania: 152 juta US\$ (2,90 %)
Jamur (segar/dingin) genus Agaricus	Total: 6,6 juta US\$ (18 negara) Singapura: 54,80% US: 15,86% Malaysia: 9,66% Rusia: 9,33%	Total: 6,7 M US\$ (212 negara) Importir utama : UK (20,90 %): 1,4 M US\$ Germany (14,30 %): 953 Juta US\$ US (12,23 %): 815 juta US\$ Rusia (7,38 %): 492 juta US\$	Poland: 2 M US\$ (29,99 %) Netherlands: 1,2 M US\$ (18,29 %) Canada: 767 juta US\$ (11,51 %) Ireland: 713 juta US\$ (10,69 %) European Union: 478 juta US\$ (7,17 %)
Jamur (diawetkan) genus Agaricus	Total: 1,2 juta US\$ (12 negara) Singapura: 76,82% Other Asia: 12,99% Macao: 2,95% Malaysia: 2,80%	Total: 368,2 juta US\$ (147 negara) Importir utama : Italy (42,82 %): 158 juta US\$ Japan (12,14 %): 45 Juta US\$ Germany (4,71 %): 17 juta US\$	China: 178 juta US\$ (48,38%) Poland: 115 juta US\$ (31,30%) Vietnam: 20,5 juta US\$ (5,58 %) European Union: 11,2 juta US\$ (3,03%) Netherland: 9,95 juta US\$ (2,70%)
Jamur (dikeringkan) genus Agaricus	Total: 15 ribu US\$ (8 negara) Hongkong: 45,57% China: 24,24% Korea Rep: 13,21% Malaysia: 9,07%	Total: 455 juta US\$ (177 negara) Importir utama : Germany (23,51 %): 107 juta US\$ France (13,01 %): 59 Juta US\$ UK (12,83 %): 58 juta US\$	Netherlands: 193 juta US\$ (42,46%) Germany: 60 juta US\$ (13,24%) European Union: 27 juta US\$ (6,02%) China: 23 juta US\$ (5,11%) India: 22 juta US\$ (4,86%)
Cabai (segar/dingin) genus Capsicum	Total: 4,0 juta US\$ (27 negara) Singapura: 55,87% Malaysia: 13,90% Saudi Arabia: 11,49% India: 8,34%	Total: 28,9 M US\$ (228 negara) Importir utama : US (28,77 %): 8,3 M US\$ Germany (17,32 %) 5 M US\$ UK (7,61 %): 2,2 M US\$ Rusia (4,54 %): 1,3 MUS\$ France (4,39 %): 1,3 M US\$ Netherlands (3,81 %): 1,1 M US\$	Netherlands: 6,6 M US\$ (22,76 %) Spain: 6,1 M US\$ (20,92 %) Mexico: 5,5 M US\$ (19,17 %) European Union: 1,9 M US\$ (6,63 %) Canada: 1,7 M US\$ (5,76 %)
Cabai (dikeringkan) genus Capsicum	Total: 34 juta US\$ (29 negara) India: 72,83% Vietnam: 20,09%	Total: 3,98 M US\$ (219 negara) Importir utama : Vietnam (15,96%): 635 juta US\$ Thailand (13,96%) 556 juta US\$ US (13,75%): 547 juta US\$ Malaysia (9,77%): 389 juta US\$ Sri Lanka (7,02%): 279 juta US\$	India: 2 M US\$ (50,26%) China: 734 juta US\$ (18,44%) Peru: 405 juta US\$ (10,17%) Mexico: 198 juta US\$ (4,98%) Germany: 133 juta US\$ (3,35%)

Tabel 2. Total Nilai Ekspor Produk hortikultura per Jenis Komoditas, 2012-2017 (lanjutan)

Komoditas	Ekspor Indonesia	Impor Dunia	Pemain Ekspor Dunia
Cabai (dihancurkan atau ditumbuk) genus Capsium	Total: 22 juta US\$ (29 negara) Nigeria: 46,32% Saudi Arabia: 35,04% Egypt: 5,45% Thailand: 3,34%	Total: 4,5 M US\$ (223 negara) Importir utama : US (21,56%): 974 juta US\$ Spain (6,28%): 284 juta US\$ Japan (5,72%): 258 juta US\$ Germany (5,05%): 228 juta US\$ UK (4,19%): 189 juta US\$	China: 1,2 M US\$ (27,66%) India: 896 juta US\$ (19,82%) Spain: 776 juta US\$ (17,18%) European Union: 393 juta US\$ (8,69%) Peru: 156 juta US\$ (3,46%)
Jambu/ Mangga/ Manggis (segar/ dikeringkan)	Total: 81 juta US\$ (42 negara) Hongkong: 21,76% Malaysia: 21,58% Thailand: 12,95% China: 11,56% Vietnam: 9,28%	Total: 11,8 M US\$ (224 negara) Importir utama : US (21,67 %): 2,5 M US\$ Netherlands (10,36 %): 1,2 M US\$ China (9,38 %): 1,1 M US\$ Germany (7,69 %): 904 juta US\$	Mexico: 2 M US\$ (16,99%) Netherland: 1,4 M US\$ (12,18%) Brazil: 1,02 M US\$ (8,68 %) Peru: 977 juta US\$ (8,31%) India: 968 juta US\$ (8,23%)
Jahe (Tidak dihancurkan atau tidak ditumbuk)	Total: 103,6 juta US\$ (41 negara) Bangladesh: 51,08% Pakistan: 23,35% Malaysia: 8,43%	Total: 3,65 M US\$ (223 negara) Importir utama : US (11,76 %): 429 juta US\$ Netherlands (11,01 %): 402 juta US\$ Japan (8,42 %): 307 juta US\$ Pakistan (7,63 %): 279 juta US\$	China: 2,3 M US\$ (62,34%) Netherlands: 393 juta US\$ (10,77%) India: 147 juta US\$ (4,03%) Thailand: 145 juta US\$ (3,97%) Peru: 136 juta US\$ (3,73%)
Jahe (dihancurkan atau ditumbuk)	Total: 4,5 juta US\$ (47 negara) Japan: 25,66% Nigeria: 17,75% US: 14% Germany: 11,53% Belgium: 6,92%	Total: 435,5 juta US\$ (219 negara) Importir utama : Japan (23,22%): 101 juta US\$ US (12,35%): 54 juta US\$ UK (9,59%): 42 juta US\$ Germany (7,68%): 33 juta US\$	China: 182 juta US\$ (41,74%) India: 53 juta US\$ (12,06%) Germany: 33 juta US\$ (7,65%) European Union: 23 juta US\$ (5,37%) Vietnam: 23 juta US\$ (5,30%)
Turmeric (kunyit)	Total: 42,3 juta US\$ (49 negara) India: 70,64% US: 5,46%	Total: 1,06 M US\$ (218 negara) Importir utama : US (10,37%): 110 juta US\$ Iran (7,43%): 79 juta US\$ Malaysia (6,07%): 64 juta US\$ India (4,97%): 53 juta US\$	India: 723 juta US\$ (68,17%) Myanmar: 72 juta US\$ (6,77%) Indonesia: 42,3 juta US\$ (3,98%) Netherlands: 34 juta US\$ (3,17%) United Kingdom: 24 juta US\$ (2,22%)

Sumber: <https://wits.worldbank.org/> (diolah)

Membangun Kerangka Prioritas

Pertanian 4.0 yang diikuti dengan Pemasaran Pertanian 4.0 akan banyak memberi manfaat. Biaya produksi dapat turun hingga 30% dan produksi meningkat sebesar 20% karena pemanfaatan berbagai inovasi dan teknologi yang ada. Produk pertanian pertanian yang dipasarkan harus dapat dilacak dari produksi, sertifikasi dari lapang hingga pengolahan, rantai pasok yang lebih pendek, produk berkualitas tertinggi, efisiensi bukan hanya dalam produksi tetapi juga dalam pemasaran dan pertukaran informasi antar pelaku yang berbeda dalam rantai pasok.

Nilai pemasaran 4.0 meliputi lima hal (Gambar 1). Komponen pemasaran 4.0 terdiri dari pabrik atau lokasi produksi saling terhubung menggunakan saluran internet (*connected factory, internet of things*), analitik industri menggunakan teknologi untuk pengaturan, peralatan dan sensor melalui internet (*industrial analytics*), produksi menggunakan data besar (*cloud manufacturing*), automasi canggih (*advanced automation*), mesin dan manusia terhubung secara canggih (*advanced human machine interface*). Era pemasaran ini memerlukan persyaratan sebagai berikut: (i) biaya rendah dan koneksi yang mudah, (ii) canggih dalam penyimpanan dan pertukaran data, (iii) peralatan yang mudah diadaptasi dan diakses, (iv) model bisnis inovatif dan kemitraan, (v) aplikasi untuk layanan informasi pertanian (Corallo et al. 2018).



Gambar 6. Model Pemasaran Pertanian 4.0 (Corallo et al. 2018)

Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan Trasmigrasi pada bulan September 2018 memperkenalkan *Smart Farming 4.0*. Program ini merupakan proyek percontohan di Kabupaten Situbondo, Jawa Timur, dengan menggunakan metoda pertanian cerdas berbasis teknologi. Teknologi yang digunakan antara lain *drone* untuk menyemprotkan pestisida dan pupuk, *drone* untuk pemetaan lahan, serta sensor daratan dan cuaca. Teknologi tersebut diciptakan oleh RiTx, unit bisnis PT Mitra Sejahtera Membangun Bangsa (MSMB) yaitu perusahaan teknologi pertanian lokal dari Yogyakarta (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2019).

Pertanian 4.0 selain menerapkan pertanian cerdas (*smart farming*) juga mengadopsi pertanian presisi (*precision agriculture*) yang perlu waktu untuk pengembangannya secara luas (Sadwina, 2019). Pengenalan Pertanian 4.0 masih merupakan tahap awal di tingkat produksi, belum termasuk panen, pasca panen dan pemasaran. Orientasi dalam Pertanian 4.0 adalah tujuan, bukan sekedar proses. Dalam hal ini pemerintah perlu mendukung melalui: (i) kemitraan untuk mengakses pasar baru dan dukungan komersialisasi; (ii) insentif finansial; (iii) fleksibilitas peraturan; dan (iv) menyediakan infrastruktur yang harganya terjangkau (De Clercq et al., 2018).

Agenda Ke Depan

Mempertahankan Pangsa Pasar yang Ada

Pangsa pasar yang sudah diperoleh melalui ekspor di berbagai negara perlu dipertahankan agar produksi yang ada bisa tetap dipasarkan. Harga jual harus selalu di atas biaya produksi sehingga petani mendapat untung. Dalam hal ini petani sebagai produsen harus memiliki kekuatan pasar (*market power*). Umumnya petani skala kecil kurang memiliki kekuatan pasar. Lahan petani umumnya relatif terbatas dan lokasinya terpencar. Memasarkan produk secara kelompok akan memperkuat posisi tawar sebagai produsen. Masalah lain yang tidak kalah penting adalah fluktasi harga produk pertanian.

Hal ini membuat petani kesulitan menentukan harga jual minimum agar tetap untung, kecuali untuk komoditas yang dilindungi oleh pemerintah. Komoditas hortikultura juga mengalami fluktuasi harga yang disebabkan oleh perubahan suplai. Manajemen suplai sangat penting dalam hal ini. Jika pangsa pasokan cukup besar di pasar, kebijakan pembatasan suplai dapat membuat harga jual terlalu mahal yang akan merugikan konsumen walaupun cukup menguntungkan produsen (Danau et al. 2011).

Memperluas Pasar Ekspor

Selain mempertahankan pangsa pasar yang sudah ada, meningkatkan ekspor menjadi tatanan berikutnya. Sebagian produsen berupaya memangkas ongkos produksi dan biaya faktor produksi lainnya agar tetap bersaing. Upaya lain untuk mempertahankan daya saing adalah meningkatkan produktivitas dengan biaya produksi yang relatif sama dan ditempuh dengan teknologi yang lebih maju. Perluasan ekspor harus merupakan strategi jangka panjang yang meliputi perluasan pasar internasional, penetrasi internasional, dan koordinasi internasional dari internal eksportir (Marketing Consultancy Division, 2006).

Peningkatan Promosi

Peningkatan ekspor produk pertanian perlu didorong melalui promosi, antara lain dengan mengikuti berbagai pameran dagang. Promosi dagang dapat mendorong peningkatan ekspor melalui peningkatan daya saing. Tidak kalah penting adalah keikutsertaan dalam misi perdagangan yang dapat meningkatkan inovasi produk (Geldren-Weiss et al. 2016).

Perbaikan Standar Produk

Negara-negara maju umumnya menetapkan persyaratan kesehatan dan kemanan yang tinggi untuk produk hortikultura. Hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi ekportir dari negara berkembang. Upaya memenuhi standar tersebut cukup mahal dan tidak mudah, antara lain memerlukan investasi laboratorium system keamanan dan manajemen, dan keahlian teknis. Dalam hal ini negara-negara maju tampak seperti

menerapkan kebijakan proteksi dan pada taraf tertentu memang benar, tetapi semua persyaratan tersebut merupakan permintaan konsumen dan eksportir dari negara berkembang harus mengikuti persyaratan tersebut. Beberapa studi kasus menunjukkan bahwa eksportir dari negara berkembang dapat meningkatkan standar produk dna sukses melakukan ekspor dengan bantuan donor dan investasi asing (UNCTAD, 2008).

Pengembangan Basis Produksi

Basis produksi dalam hal ini adalah perluasan tanam pada sentra produksi maupun daerah pengembangan baru. Pengembangan basis produksi bertujuan untuk meningkatkan volume produksi dan kontinyuitas suplai. Penerapan *good agricultural practice* (GAP) serta fasilitasi oleh pemerintah dalam hal penelitian dan pengembangan, infrastruktur, dan perijinan sangat diperlukan. Untuk meningkatkan ekspor hortikultura ke Masyarakat Ekonomi ASEAN, Pemerintah Indonesia melakukan peningkatkan daya saing, optimalisasi lahan BUMN, kerjasama dengan sektor swasta dalam hal investasi, pembentahan manajemen rantai pasok, dan pendekatan kelompok tani (Hidayat 2017).

Penerapan Era Industri 4.0

Ada konsensus sosial bahwa pertanian tidak dapat diindustrialisasikan. Walaupun demikian industrialisasi pada awalnya dapat dipandang secara netral, yaitu dapat memperkuat eksistensi petani, meningkatkan kesejahteraan dan kualitas produk, dan mengurangi dampak merugikan terhadap lingkungan. Pengembangan atau adaptasi, introduksi dan aplikasi metode kuantitatif tampaknya sangat diperlukan dalam mencapai tujuan ini.

Konsep yang diusulkan dalam pendekatan industry 4.0 mengandalkan penciptaan lingkungan dengan menghubungkan semua unsur secara tidak nampak dan tanpa upaya. Semua peralatan dan fungsionalitas ditujukan untuk pelayanan yang secara konstan berkomunikasi satu sama lain sehingga dapat mencapai koordinasi tingkat tinggi. Penerapan industry 4.0 dalam manajemen rantai pasok merupakan tantangan tersendiri.

Lingkungan yang besar, beragam, dan tersebar hanya dapat memberi manfaat dari struktur yang disarankan pada industry 4.0. Manfaat yang diperoleh dalam penerapan industry 4.0 adalah pengolahan data besar, perencanaan intelijen dan proses penjadwalan, akses fleksibel, pengamanan aliran data kontinyu, konstruksi modular, dan mudah dioperasikan bagi pengguna (Braun et al. 2018).

Penerapan Pertanian 4.0 di Indonesia berbeda dengan di Eropa. Peningkatan industry pertanian di eropa untuk perbaikan ketersediaan pangan dalam hal kuantitas dan kualitas. Di Indonesia penerapan Pertanian 4.0 berlaku per proses parallel pada bidang-bidang pertanian tertentu. Kehadiarn Pertanain 4.0 dapat mempercepat industrialisasi pertanian, menggeser pertanian rakyat ke pertanian industry, pertanian bertolok ukur ekonomi, efisiensi dan efektivitas proses produksi, dan penangan hasil panen secara maksimum (Genagraris.id, 2019).

Daftar Pustaka

- Arisena, G.M.K., dan D.P. Darmawan. 2018. Pemanfaatan Salep Antiluka Ekstrak Kunyit Dan Limbah Kulit Bawang Merah Sebagai Pertolongan Pertama Untuk Mencegah Infeksi Pada Masyarakat Pasca Bencana Di Desa Penyabangan, Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng dalam Farmpreneurship: Solusi Menumbuhkan Generasi Petani Milenial dan Menyejahterakan Keluarga Petani. Denpasar, Bali (ID): Program Studi Agribisnis. Fakultas Pertanian. Universitas Udayana. 530 hal.
- Braun, A-T., E. Colangelo, and T. Steckel. 2018. Farming in the Era of Industrie 4.0. 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems. Procedia CIRP 72 (2018) 979–984.
- Chasanah, N., J.H. Mulyo, and D.H. Darwanto. 2017. Competitiveness and Export Similarity of Indonesian Horticulturein the ASEAN-ASEAN+3. Agroekonomi. 28(1):32-47.
- Corallo, A., M.E. Latino, and M. Menegoli. 2018. From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: A Framework to Manage Product Data in Agrifood Supply Chain for Voluntary Traceability. International Journal of Nutrition and Food Engineering. 12 (5):146-150.

- Danau, A., J. Flament, and D. Van Der Steen. 2011. Choosing the Right Strategies for Increasing Farmers' Market Power. Instruments Put to the Test. Collectief Strategies Alimanteires asbl. Brussel. 107pp.
- De Clercq, M., A. Vats, and A. Biel. 2018. Agriculture 4.0: The Future of Framing Technology. World Government Summit in Collaboration with Oliver Wyman. 25pp.
- Direktorat Buah Dan Florikultura. 2109. Petunjuk Teknis Kegiatan Peningkatan Produksi Buah Dan Florikultura Tahun 2019. Jakarta (ID): Direktorat Buah Dan Florikultura. Kementerian Pertanian. 202 hlm.
- Firmansyah, W. Widodo, Karsinah, and S. Oktavilia. 2017. Export Performance and Competitiveness of Indonesian Food Commodities. Journal of Economic and Policy 10(2):289-301. <https://dx.doi.org/10.15294/v10i2.11294>. Diunduh 6 Oktober 2019.
- Geldren-Weiss, V., J. Monreal-Perez, and J. Carrasco-Roa. 2016. Export Promotion and Its Role in Innovation and Export Competitiveness among Chilean Companies. Conference: CLADEA 2016/10/04, at Medel'lin, Colombia. 15pp.
- Genagraris.id. 2019. Fase-fase Pertanian, Kehadiran Agriculture 4.0, dan Transformasi Pertanian Indonesia. <https://www.genagraris.id/see/fase-fase-pertanian-kehadiran-agriculture-4-0-dan-transformasi-pertanian-indonesia>. Diunduh 7 Oktober 2019.
- Hermawan, E., Soetoro, T. Hardiyanto. 2017. Strategi Pemasaran Jamur Tiram (Studi Kasus Pada Perusahaan Margi Mulyo di Desa Adimulya Kecamatan Wanareja Kabupaten Cilacap). Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROINFO GALUH. 4(3):338-343.
- Hidayat, T. 2017. Kebijakan Pemerintah Indonesia Meningkatkan Ekspor Produk Holtikultura dalam Menghadapi Masyarakat Ekonomi ASEAN Tahun 2015. JOM FISIP 4(1):1-14.
- Ibrahim, H. 2012. Strategi Peningkatan Kualitas dan Kuantitas Hortikulturauntuk Ekspor dalam Prosiding Rapat Kerja Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Bandung 16-18 April 2012. Jakarta (ID): Puslitbang Hortikultura.

- International Trade Center. 2011. National Trade Policy for Export Success. Geneva: International Trade Center, 160p.
- Kementerian Pertanian. 2019. Laporan Kinerja Kementerian Pertanian Tahun 2018. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian, 152 hlm.
- Khaerunnisa. 2017. Kajian Sistem Agribisnis Bunga Potong Krisan. [Tesis]. Makassar (ID): Program Studi Agribisnis, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Hasanuddin, 51 hlm.
- Khaririyatun, N., R. S. Basuki, Y. Kusandriani, I. W. Arsanti. 2014. Kontribusi Agro Inovasi Terhadap Peningkatan Kesejahteraan Petani Sayur: Studi Kasus Pada Cabai Merah Varietas Tanjung-2 Di Kabupaten Ciamis, Jawa Barat dalam Analisis Outcome Inovasi Hortikultura Menghadapi Persaingan Pasar ASEAN. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta. 186 hlm.
- Latruffe, L. 2010. Competitiveness, Productivity, and Efficiency in the Agricultural and Agri-Food Sectors. OECD Food, Agriculture, Fisheries Working Papers No. 30. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5km91nkdt6d6-en>
- Marketing Consultancy Division (MCD). 2006. Export in Focus. Export Market Expansion Strategies. Export Consultancy Unit (ECU). Saudi Industrial Development Fund. 5pp.
- Mihailovic, B., D. Cvijanovic, and P. Pukovic. 2015. The Role of International Marketing in the process of increasing competitiveness of Agricultural and Food Products. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej. 4(345):81-93.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. 2019. Smart Farming 4.0: Indonesia's Translation for Agriculture 4.0. Agroberichten Buitenland Actueel Nieuws. <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/actueel/nieuws/2019/02/18/smart-farming-4.0-indonesia-%E2%80%99s-translation-for-agriculture-4.0>
- Reimer, J.J., G.W. Williams, R.M. Dudensing, and H.M. Kaiser. 2017. Agricultural Export Promotion Programs Create Positive Economic Impacts. Choices 3rd Quarter 32(3):1-7.

- Sadwina, M.D. 2019. Moderenisasi Pertanian: Smart Farming Precision Agriculture 4.0. <https://www.kompasiana.com/meitasadwina/5ce54adf733c4368d36e01f2/moderenisasi-pertanian-smart-farming-precision-agriculture-4-0?page=all>. Diunduh 7 Oktober 2019.
- [UNCTAD] United Nations Conference on Trade and Development. 2008. Export Competitiveness and Development in LDCs: policies, issues and priorities for least developed countries for action during and beyond UNCTAD XII. United Nations. New York and Geneva. 69pp.
- Worldbank. 2019. Advanced Query in WITS. <http://wits.worldbank.org/WITS/AdvanceQuery/RawTradeData/QueryDefinition.aspx?Page=RawTradeData> Diunduh 8 Juli 2019
- Zambon, I., M. Cecchini, G. Egidi, M.G. Saporito, and A. Colantoni. 2019. Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. Processes 7(36):1-16. www.mdpi/journal/processes. Diunduh 6 September 2019.

Memperkuat Daya Saing Industri Minyak Sawit Indonesia di Era Revolusi Industri 4.0

Helena Juliani Purba

Minyak sawit merupakan komoditas terbesar yang diproduksi dan dikonsumsi oleh masyarakat dunia dibandingkan dengan tiga jenis minyak nabati lainnya (minyak kedelai, minyak rapeseed, minyak bunga matahari). Pada tatanan perdagangan minyak nabati di pasar dunia, telah terjadi pergeseran dominasi minyak nabati. Sebelum tahun 1990an minyak kedelai menguasai pasar, namun pangsa minyak kedelai semakin berkurang dan hanya sebesar 27% pada tahun 2013, sedangkan pangsa minyak sawit meningkat dan mencapai 34% pada tahun yang sama. Pada tahun 2015, pangsa minyak sawit sudah mencapai 40% dan minyak kedelai sebesar 33% di dalam komponen minyak nabati dunia (Larson 1996; USDA 2017).

Industri minyak sawit yang menghasilkan biodiesel berkembang pesat selama sepuluh tahun terakhir melalui peningkatan permintaan dunia akan minyak sawit. Peningkatan permintaan ini adalah dampak dari implementasi kebijakan energi oleh banyak negara yang sudah menggunakan minyak sawit sebagai bahan baku biodiesel. Minyak sawit adalah minyak nabati yang memiliki biaya produksi terendah dibandingkan dengan minyak nabati non sawit untuk menghasilkan biodiesel (Larson 1996; Wisena et al. 2014; Sipayung et al. 2015; World Growth 2015), sehingga minyak sawit memiliki peran penting sebagai salah satu sumber minyak nabati terbesar di dunia.

Namun, posisi minyak sawit yang semakin penting di dalam perdagangan dunia minyak nabati ditanggapi negatif oleh negara eksportir minyak non sawit terutama Uni Eropa. Eropa mengendalikan impor minyak

sawit dengan memberlakukan kebijakan tarif impor yang tinggi, bea masuk anti dumping, kampanye negatif (isu deforestasi lahan gambut, pembakaran hutan dan isu HAM) dan penolakan produk minyak sawit (palm oil free pada produk makanan) hingga rencana melarang impor biodiesel sawit dari Indonesia pada tahun 2021 yang ditunda menjadi tahun 2030.

Bagi Indonesia, industri minyak sawit merupakan penyumbang terbesar penerimaan negara mencapai Rp 239 triliun pada tahun 2017 (Ditjenbun 2018) dan menjadi industri penting dan bernilai bagi Indonesia. Pertama, minyak sawit merupakan sumber minyak nabati *non-fat* untuk makanan (*food*) terbesar di dunia. Kedua, Indonesia sebagai penghasil minyak sawit terbesar di dunia (54%). Ketiga, industri minyak sawit memberikan pendapatan dan penyerapan tenaga kerja terbesar (lebih dari 20 juta tenaga kerja) kepada perekonomian Indonesia di luar sub sektor pangan (Sipayung et al. 2015). Pada laporan akhir tahun 2018, Gapki merilis bahwa total ekspor minyak sawit dan produk olahannya, biodiesel dan oleochemical meningkat dari 32.18 juta ton pada tahun 2017 menjadi 34.71 juta ton pada tahun 2018 (meningkat sebesar 8%) (GAPKI 2019).

Peraturan Menteri ESDM No 25/2013 menetapkan kewajiban melakukan bauran (*blending*) biodiesel minyak sawit sebesar 10% (B10) pada Januari 2014, dilanjutkan dengan B15 tahun 2015, B20 pada tahun 2016 dan B30 tahun 2020 pada sektor transportasi *Public Service Obligation* (PSO). Kebijakan terbaru adalah penggunaan B20 diperluas tidak saja untuk PSO tetapi juga untuk non PSO dan mulai diberlakukan pada 1 September 2018 melalui Perpres No.66 tahun 2018.

Kebijakan ini bertujuan mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan bakar asal fosil dan membangun kemandirian energi nasional sekaligus menghemat pengeluaran negara. Kebijakan mandatori biodiesel B20 (campuran 20% biodiesel dalam satu liter solar) akan diberlakukan kepada semua moda transportasi termasuk alat berat pertambangan, lokomotif kereta api dan kendaraan militer.

Dasar dari implemetasi kebijakan ini adalah Peraturan Presiden (Perpres) No 66 Tahun 2018 tentang perubahan kedua atas Perpres No 61 Tahun 2015 tentang penghimpunan dan penggunaan dana perkebunan kelapa sawit. Perpres ini ditindaklanjuti dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tentang pemakaian B20 berlaku mulai 1 September 2018 untuk sektor pelayanan publik (PSO) dan non PSO (Kompas 2018).

Pemerintah sudah memiliki komitmen untuk mengembangkan industri minyak sawit di dalam negeri sejak tahun 2011 melalui program hilirisasi. Kebijakan bea keluar dilakukan untuk membatasi ekspor minyak sawit dan menjamin ketersediaan minyak sawit yang cukup untuk industri hilir di dalam negeri dengan harga yang stabil. Kebijakan hilirisasi bertujuan untuk memperluas penyerapan minyak sawit di dalam negeri sehingga mengurangi ketergantungan terhadap pasar ekspor. Indonesia telah menerapkan kebijakan bea keluar sejak tahun 1991 dengan tujuan menjamin ketersediaan bahan baku untuk industri minyak goreng.

Besaran bea keluar (BK) yang berlaku berdasarkan harga referensi yang diperoleh dari tiga sumber harga yaitu harga minyak sawit di pasar Rotterdam, Bursa Malaysia dan Bursa Komoditi Derivatif Jakarta. Apabila harga minyak sawit dunia di bawah USD 750 per ton, maka tidak dikenakan bea keluar, namun sebaliknya apabila harga minyak sawit di atas USD 750 per ton dikenakan BK sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Selanjutnya pada pertengahan tahun 2015, pemerintah menerapkan kebijakan pungutan ekspor (*indirect export levy*) yang digunakan untuk mempercepat program hilirisasi (mandatori biodiesel) dan subsidi peremajaan (*replanting*) tanaman kelapa sawit. Besaran pungutan ekspor minyak sawit sebesar US\$ 50 per ton dan untuk produk turunannya sebesar US\$ 30 per ton. Tujuan hilirisasi minyak sawit adalah (1) meningkatkan nilai tambah, (2) menjamin ketersediaan suplai minyak sawit/bahan baku industri di dalam negeri, dan (3) supaya industri dalam negeri berkembang dan akhirnya meningkatkan volume ekspor produk olahan serta menghasilkan penerimaan negara.

Negara pesaing Indonesia produsen minyak sawit di pasar dunia yaitu Malaysia sudah menerapkan kebijakan bea keluar (BK) sejak tahun 2013 (sebelumnya kebijakan kuota ekspor). Tujuan kebijakan ini meneruskan dan mengembangkan hilirisasi minyak sawit (Malaysia memulai program hilirisasi minyak sawit sejak tahun 1970), namun Malaysia menerapkan kebijakan pajak ekspor yang lebih rendah (4,5% - 8,0%) dibandingkan dengan Indonesia (9%) (Sipayung et al. 2015) dan tanpa menerapkan pungutan ekspor seperti yang diterapkan oleh Indonesia sehingga harga minyak sawit Indonesia di pasar dunia lebih tinggi dibandingkan dengan Malaysia.

Hal ini menyebabkan minyak sawit Indonesia kurang berdaya saing di pasar internasional. Oleh karena itu, inisiasi pembentukan dewan negara penghasil minyak sawit dunia (*Council of Palm Oil Producer Countries*) yang terdiri dari Indonesia dan Malaysia disertai dengan penerapan kebijakan perdagangan yang sama penting bagi Indonesia untuk tetap dapat berdaya saing di pasar dunia terutama dalam era industri 4.0 secara global.

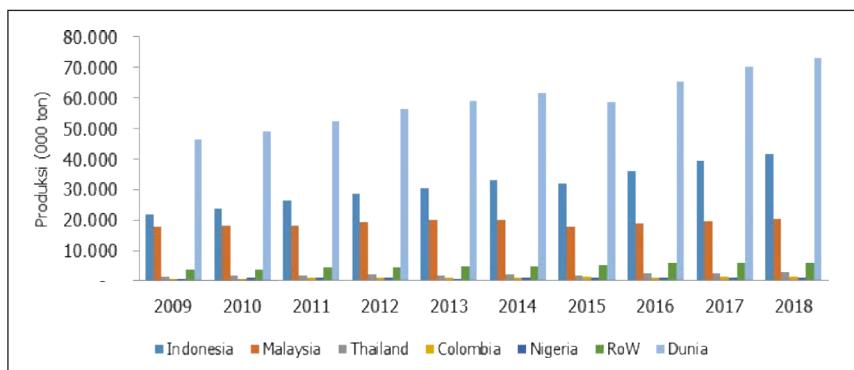
Secara tunggal, industri minyak sawit Indonesia merupakan industri besar yang menghasilkan bahan baku untuk industri oleopangan, oleokimia, dan biofuel (biodiesel) serta menyerap sejumlah tenaga kerja harus siap memasuki era revolusi industri 4.0 sehingga dapat berdaya saing diantara negara produsen minyak sawit dunia. Untuk itu diperlukan kesiapan dan strategi oleh semua pelaku yang terlibat dalam usaha minyak sawit mulai dari sektor hulu hingga hilir.

Industri (pabrik) oleo pangan, oleo kimia dan biofuel yang menggunakan minyak sawit sebagai bahan baku seharusnya akan lebih baik kinerjanya menjadi *smart industry* apabila menerapkan teknologi digital industri 4.0. Kinerja pabrik akan lebih efisien (biaya produksi menjadi lebih murah) dan efektif (cepat dan tepat penggunaan bahan baku dan bahan lainnya) sehingga akan lebih berdaya saing.

Perkembangan Kinerja Minyak Sawit Indonesia dan Dunia

Perkembangan Produksi Minyak Sawit Indonesia dan Dunia

Indonesia adalah produsen terbesar minyak sawit dunia dengan pangsa rata-rata sebesar 52,29% selama periode 2009-2018, disusul oleh negara Malaysia, Thailand dan Colombia masing-masing dengan pangsa sebesar 32,53%, 3,53% dan 1,57% pada periode yang sama (Gambar 1).



Gambar 1. Perkembangan Produksi Minyak Sawit Indonesia dan Dunia, 2009-2018

Sumber: Trademap (diolah)

Dari gambaran ini dapat disimpulkan bahwa Indonesia memegang peranan penting dalam pengadaan minyak sawit di pasar dunia. Minyak sawit sebagai bahan baku industri olahan (industri oleo pangan, oleo kimia dan biofuel) yang memiliki harga yang relatif murah akan dicari masyarakat dunia terutama untuk menghasilkan biodiesel. Kelangkaan energi yang bersumber dari fosil di seluruh dunia telah menyebabkan minyak sawit sebagai alternatif sumber bahan baku energi.

Negara produsen minyak sawit yang masih relatif baru adalah Thailand, Columbia dan Nigeria juga akan mengisi supply minyak sawit di pasar dunia. Thailand yang berada di kawasan ASEAN, Columbia di kawasan Amerika Selatan dan Nigeria di kawasan Afrika menjadi negara pesaing Indonesia dan Malaysia pada masa yang akan datang dalam pengembangan industri minyak sawit dunia. Hal ini menjadi signal bagi Indonesia untuk dapat meningkatkan produksi sehingga dapat memenuhi kebutuhan industri (oleo pangan, oleo kimia dan biofuel/biodiesel) dalam negeri dan ekspor ke pasar dunia untuk tetap menghasilkan devisa bagi negara.

Perkembangan Ekspor dan Impor Minyak Sawit Dunia

Pada periode tahun 1991-2018, Indonesia, Malaysia dan Thailand adalah eksportir utama minyak sawit di pasar dunia dengan pangsa sebesar 43,49%, 35,34% dan 3,7%. Selama periode tersebut ekspor minyak sawit dunia menunjukkan tren meningkat seperti disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan negara eksportir utama, ekspor minyak sawit Malaysia dan Thailand memiliki pola yang sama dengan ekspor total dunia yaitu meningkat sepanjang tahun, sementara pola sedikit berfluktuasi terjadi pada ekspor minyak sawit Indonesia, namun secara umum ekspor minyak sawit Indonesia memiliki tren meningkat dalam periode tersebut. Pada periode tahun 1991-2007, Malaysia adalah negara pemain utama minyak sawit di pasar dunia, namun Indonesia berhasil menggantikan posisi tersebut mulai tahun 2008 hingga tahun 2018.

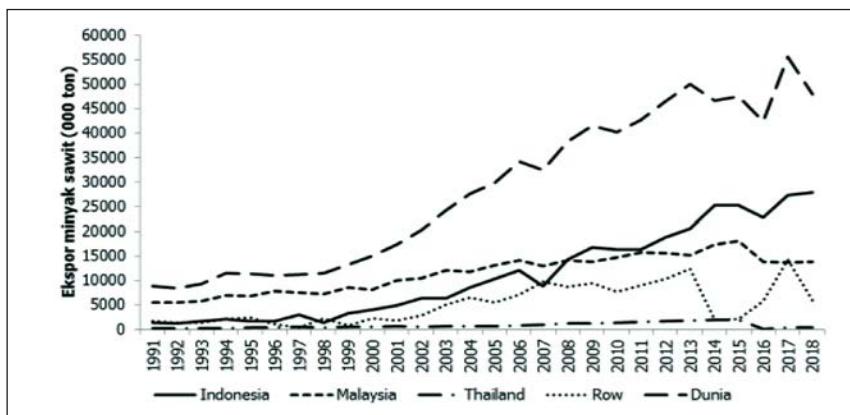
Pada kurun waktu tahun 1991-2008, ekspor Malaysia terbesar dibandingkan Indonesia dan Thailand, namun setelah tahun 2008 sampai dengan 2015 Indonesia menjadi eksportir minyak sawit terbesar diikuti oleh Malaysia. Pertumbuhan ekspor minyak sawit Indonesia dan Malaysia lebih tinggi dibandingkan dengan Thailand karena negara Indonesia dan Malaysia melakukan perdagangan ekspor berdasarkan kebutuhan pasar. Pertumbuhan ekspor Malaysia lebih tinggi dibandingkan dengan Indonesia pada periode 1991-2008 karena kebijakan pemerintah Malaysia yang lebih bersinergi dengan investasi dan sektor swasta dibandingkan

kebijakan pemerintah Indonesia yang bertumpu pada kepentingan pemenuhan kebutuhan minyak goreng dalam negeri. Produsen dan eksportir minyak sawit Malaysia lebih kreatif mengembangkan dan mencari pasar yang lebih luas seperti Asia Timur, Timur Tengah dan negara-negara di benua Afrika (Prasetyo et al. 2017).

Perkembangan ekspor minyak sawit Indonesia cenderung meningkat pada periode tahun 1991-2006, walaupun terjadi sedikit penurunan pada tahun 2003 sebagai dampak dari mulainya diterapkan kebijakan hambatan non tariff measure (NTM) yang diberlakukan oleh negara Eropa dan Amerika Serikat terhadap minyak sawit Indonesia. Ekspor minyak sawit Indonesia menurun pada tahun 2007 yang menunjukkan bahwa tujuan mengurangi ekspor untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri minyak goreng melalui kebijakan *domestic market obligation* (DMO) berhasil. Namun kebijakan ini tidak berlanjut yang ditunjukkan dengan meningkatnya kembali ekspor minyak sawit Indonesia ke pasar dunia pada tahun 2008 hingga 2010. Pada tahun 2011 ekspor minyak sawit Indonesia kembali menurun sebagai konsekuensi penerapan kebijakan perubahan pajak ekspor yang semula bersifat advalorem tax menjadi *specific export duty* yang bertujuan mempercepat hilirisasi minyak sawit. Ekspor minyak sawit Indonesia kembali meningkat tahun 2012 hingga tahun 2018, walaupun terjadi sedikit penurunan pada tahun 2016.

Pada tahun 2015, ekspor minyak sawit Indonesia sebesar 25,3 juta ton dengan pangsa 54,26% dari total ekspor dunia, ekspor Malaysia sebesar 18,15 juta ton dengan pangsa 38,92%. Secara rata-rata selama periode 1991-2015 kebutuhan domestik minyak sawit Indonesia hanya sebesar 46% dan sebesar 54% diekspor ke pasar dunia. Pada tahun 2015, ekspor minyak sawit Indonesia ke pasar dunia meningkat pesat menjadi 72% dari produksi. Gambaran ini menunjukkan bahwa Indonesia adalah negara penting di dalam menyediakan minyak nabati di pasar dunia. Minyak nababati dari Indonesia adalah minyak sawit yang merupakan bahan baku yang penting dalam industri oleo pangan, oleo kimia dan biofuel oleh banyak negara di dunia. Pada tahun 2016, volume ekspor minyak sawit oleh semua negara eksportir mengalami penurunan, namun meningkat kembali pada tahun 2017 dan 2018. Namun, Indonesia masih merupakan eksportir utama minyak sawit di pasar dunia.

Perkembangan impor minyak sawit dunia berdasarkan negara importir utama dapat dilihat pada Gambar 3. Sebagaimana dengan pola perkembangan total ekspor minyak sawit dunia, total impor minyak sawit dunia mengalami peningkatan yang cukup besar sepanjang tahun selama periode tahun 1991-2018. Impor dunia minyak sawit pada tahun 2015 sebesar 22,30 juta ton.



Gambar 2. Perkembangan Ekspor Minyak Sawit Dunia menurut Negara Eksportir

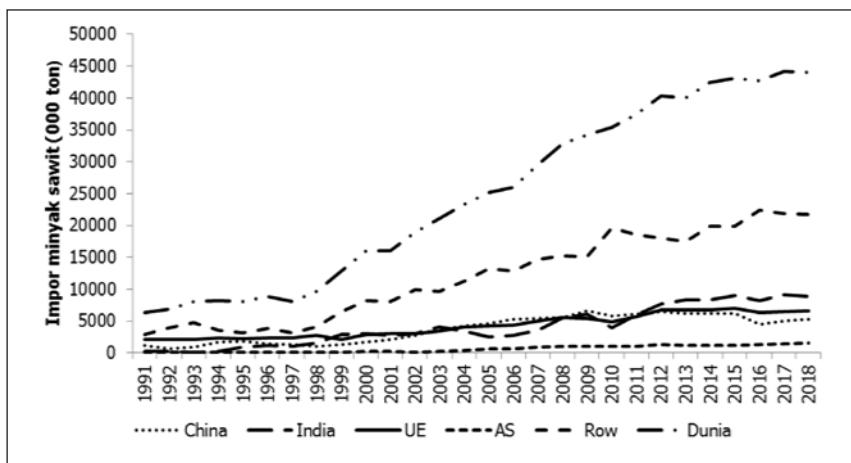
Sumber: FAOSTAT (diolah)

Selama periode 25 tahun, negara yang tergabung dalam Uni Eropa merupakan importir terbesar minyak sawit dari pasar dunia dengan pangsa sebesar 20,35% diikuti oleh China dengan pangsa impor sebesar 15,85%, India dengan pangsa sebesar 13,85% dan Amerika Serikat menempati urutan ke empat dengan pangsa sebesar 2,05% dari total impor minyak sawit dunia.

Apabila diperhatikan pada periode tujuh tahun terakhir, yaitu dalam kurun waktu tahun 2012-2018, impor minyak sawit India merupakan yang terbesar dari ke empat negara importir lainnya dengan volume 8,85 juta ton, sementara impor Eropa dan China relatif stabil pada

periode tersebut. Pada awal periode tahun 1991-2004 impor minyak sawit Amerika Serikat relatif stabil sekitar 0,30-0,90 juta ton dan sejak tahun 2005 impor Amerika Serikat cenderung meningkat dari 1,10 juta ton menjadi 1,14 juta ton pada tahun 2015. Impor minyak sawit Amerika Serikat mencapai puncaknya pada tahun 2012 dan 2013 dengan volume sebesar 1.30 juta ton. Meningkatnya impor minyak sawit Amerika Serikat disebabkan oleh peningkatan permintaan bahan baku untuk industri biodiesel dan akuisisi perusahaan oleokimia di Amerika Serikat oleh Grup Wilmar (Rifai 2014a).

Minyak sawit Indonesia memiliki daya saing yang lebih tinggi dari minyak sawit Malaysia di Amerika Serikat. Menurut Rifin (2010), minyak sawit Indonesia lebih unggul dari Malaysia pada periode 1991-2001 dan 2002-2005. Peneliti menggunakan metode permintaan impor dua tahap (*two stage import demand*) dengan model *auto regressive distributed lag* (ARDL) dan dengan pendekatan Almost Ideal System (AIDS), dan menyimpulkan bahwa harga minyak sawit dunia dan harga komoditas subsitusi sebagai faktor penentu utama impor oleh China dan Belanda. Sementara di negara India, faktor harga domestik dan liberalisasi perdagangan sebagai faktor penentu permintaan impor minyak sawit. Minyak sawit Indonesia lebih elastis di negara China dan India. Minyak sawit asal Indonesia dan Malaysia saling berkomplementer di negara China, sebaliknya di Belanda keduanya saling berkompetisi. Namun minyak sawit Indonesia memiliki daya saing yang lebih tinggi dibanding Malaysia.



Gambar 3. Perkembangan Impor Minyak Sawit Dunia menurut Negara Importir

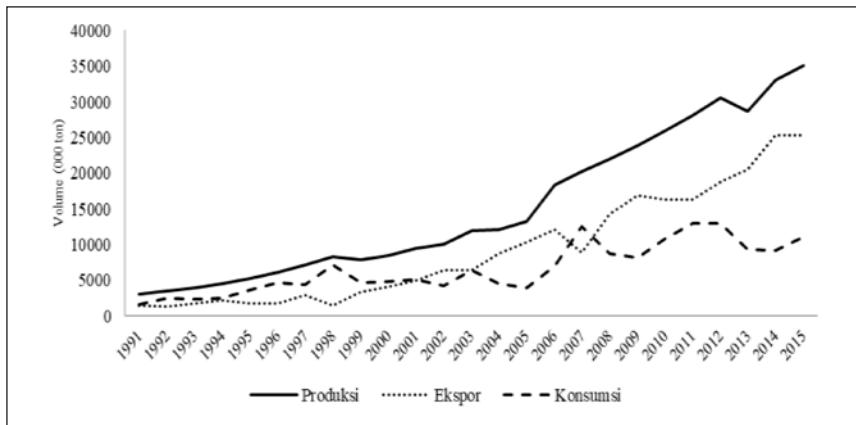
Sumber: FAOSTAT (diolah)

Minyak Sawit dan Industri Biodiesel Produksi, Ekspor dan Konsumsi Minyak Sawit Indonesia

Produksi minyak sawit masih jauh lebih besar dibandingkan dengan ekspor dan konsumsi domestik Indonesia selama periode tahun 1991-2015, seperti disajikan pada Gambar 4. Volume produksi dan ekspor minyak sawit konsisten meningkat setiap tahun. Pertumbuhan produksi minyak sawit jauh lebih cepat setelah tahun 2006 sampai dengan 2012 dibandingkan dengan periode tahun 1991-2005.

Pada tahun 2013 produksi mengalami sedikit penurunan, namun kembali meningkat pada tahun 2014-2015. Produksi minyak sawit Indonesia sebagian besar ditujukan untuk eksport. Pada periode tahun 2012-2015 eksport minyak sawit Indonesia sekitar 70%-76% dari volume produksi.

Pola perkembangan ekspor minyak sawit selama periode tahun 1990-2015 konsisten meningkat seiring dengan peningkatan produksi, hanya pada tahun 2007 terjadi penurunan ekspor sebagai dampak diberlakukannya kebijakan DMO (*Domestik Market Obligation*), yaitu kewajiban memasok minyak sawit di dalam negeri untuk bahan baku minyak goreng.



Gambar 4. Perkembangan Produksi, Ekspor dan Konsumsi Minyak Sawit Indonesia

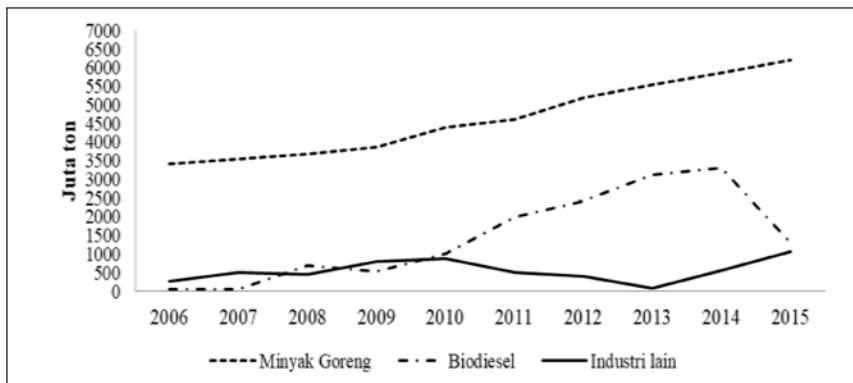
Sumber: FAOSTAT (diolah)

Ekspor minyak sawit pada tahun 2007 hanya sebesar 43% dari volume produksi yaitu 8,8 juta ton, namun pada tahun 2008 ekspor meningkat tajam menjadi 14,3 juta ton. Setelah tahun 2008, volume ekspor secara konsisten mengalami peningkatan hingga tahun 2015 mencapai 25 juta ton. Negara utama tujuan ekspor minyak sawit Indonesia adalah India, China, Eropa dan Amerika Serikat. Ekspor minyak sawit Indonesia ke Eropa didominasi oleh produk turunan (80%) dan minyak sawit mentah sebesar 20% (Paspi 2017).

Penelitian Bentivoglio et al. (2018) menganalisis pasar minyak sawit di Eropa dan mengkaji apakah terdapat hubungan antara harga minyak sawit, harga minyak rapeseed dan harga biodiesel. Peneliti menggunakan data time series dan metode Vector Error Correction Model (VECM) menyimpulkan terdapat hubungan positif antara harga minyak sawit dengan harga minyak rapeseed dan harga biodiesel pada jangka panjang. Apabila harga minyak rapeseed atau harga biodiesel meningkat 1%, maka harga minyak sawit meningkat sebesar 0,3%. Di pasar minyak nabati Eropa, minyak sawit dan minyak rapeseed saling bersaing dalam meningkatkan pangsa pasar. Pada sektor pangan, minyak sawit bersubstitusi dengan minyak bunga matahari. Minyak sawit lebih banyak dikonsumsi karena harganya lebih murah daripada minyak bunga matahari.

Pola perkembangan konsumsi minyak sawit Indonesia berfluktuasi sepanjang tahun selama periode 1991-2015. Konsumsi domestik mencakup kebutuhan industri pangan (oleofood) yaitu untuk minyak goreng dan margarin, industri kimia (oleokimia) yaitu untuk sabun, detergen dan bahan kimia lainnya atau industri lainnya dan industri biodiesel. Konsumsi di dalam negeri mengalami fluktuasi, namun ketersediaan minyak sawit sebagai bahan baku industri olahan termasuk biodiesel minyak sawit meningkat setiap tahun. Konsumsi minyak sawit di dalam negeri mencapai puncaknya padat tahun 2007 yaitu saat penerapan kebijakan DMO yang dikhawatirkan untuk industri minyak goreng. Pada tahun 2008 konsumsi domestik menurun. Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan DMO tersebut tidak berlanjut.

Konsumsi minyak sawit kembali meningkat pada tahun 2010-2012 dan sedikit mengalami penurunan pada tahun 2014 dan kembali meningkat pada tahun 2015 (Gambar 5).



Gambar 5. Perkembangan Konsumsi Minyak Sawit Indonesia oleh Industri minyak Goreng, Industri Biodiesel dan Industri Lain
Sumber: USDA (diolah)

Peningkatan konsumsi tersebut seiring dengan kebijakan Pemerintah untuk mendorong program hilirisasi minyak sawit yang dimulai tahun 2011. Salah satu tujuan kebijakan hilirisasi adalah untuk mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor solar (BBM) dari fosil. Konsumsi minyak sawit domestik terus mengalami peningkatan sejak tahun 2011 hingga tahun 2015 mengikuti perkembangan kebijakan mandatori biodiesel Indonesia mulai kebijakan B-10 tahun 2012 dan B-15 tahun 2014.

Konsumsi minyak sawit oleh industri minyak goreng jauh lebih besar dibandingkan dengan konsumsi oleh industri biodiesel dan industri lain seperti disajikan pada Gambar 5. Indonesia mulai memproduksi biodiesel baru pada 2006. Selama periode tahun 2006-2015, konsumsi minyak sawit oleh industri minyak goreng secara konsisten meningkat setiap tahun dengan tingkat pertumbuhan 7,19%. Pada tahun 2006, konsumsi minyak sawit oleh industri minyak goreng sebanyak 91% dari total konsumsi dan pangsa tersebut semakin berkurang seiring dengan perkembangan program hilirisasi minyak sawit termasuk industri biodiesel, hingga pangsa tersebut menjadi sekitar 60-65% pada periode 2012-2015.

Perkembangan industri biodiesel diawali dengan konsumsi (permintaan) minyak sawit oleh industri ini. Selama periode tahun 2006-2015, laju pertumbuhan konsumsi minyak sawit oleh industri biodiesel adalah sebesar 22,06% dan menjadi industri terbesar yang memiliki laju pertumbuhan tertinggi dari semua industri pengguna minyak sawit. Pada tahun 2006, konsumsi minyak sawit oleh industri ini baru sebesar 0,05 juta ton dan meningkat tajam menjadi 3,3 juta ton tahun 2014, namun pada tahun 2015 konsumsi menurun menjadi 1,3 juta ton sebagai dampak dari harga biodiesel jauh lebih mahal dibandingkan harga solar, artinya biodiesel kurang berdaya saing di pasar bahan bakar di dalam negeri.

Konsumsi minyak sawit oleh industri lain mengalami peningkatan dengan penurunan pada beberapa tahun. Rata-rata pertumbuhan konsumsi minyak sawit oleh industri lain sebesar 4,86% dan merupakan tingkat pertumbuhan terkecil dari seluruh industri minyak sawit. Pada tahun 2006, konsumsi masih sebesar 0,3 juta ton dan meningkat menjadi 0,87 juta ton tahun 2010 namun menurun tajam pada tahun 2013 dengan konsumsi hanya sebesar 0,08 juta ton. Konsumsi minyak sawit oleh industri lain kembali meningkat menjadi 1,1 juta ton pada tahun 2015.

Perkembangan Produksi, Ekspor dan Penawaran Biodiesel Indonesia

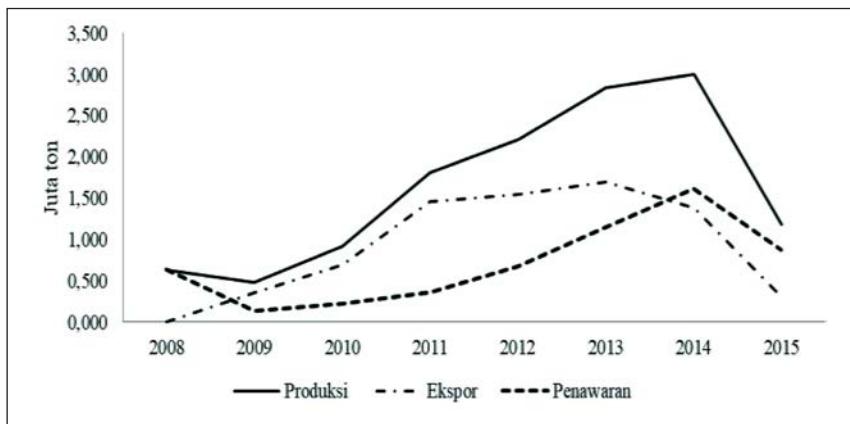
Minyak sawit (*Crude Palm Oil/CPO*) adalah alternatif utama bahan baku pengganti fosil dalam bentuk biodiesel berkembang seiring dengan perkembangan industrialisasi di negara maju dan negara berkembang. Program mandatory biodiesel berbahan baku minyak sawit menjadi program Pemerintah Indonesia. Industri biodiesel dari minyak sawit baru berkembang tahun 2006 untuk Indonesia, sedangkan Malaysia sudah menjalankan program hilirisasi (biodiesel) sejak tahun 1970an. Pemerintah Thailand menerapkan kebijakan mandatori biodiesel sejak tahun 2008 dan terus dikembangkan hingga saat ini. Pemerintah Thailand menerapkan pendekatan yang fleksibel dalam campuran biodiesel berdasarkan ketersediaan bahan baku di dalam negeri. Penelitian tentang perkembangan permintaan minyak sawit khususnya untuk industri biodiesel di Amerika Serikat dilakukan oleh Rifai

(2014a). Peneliti menggunakan data sekunder deret waktu tahun 1992-2012 dan menyimpulkan bahwa pada tahun 2016 permintaan minyak sawit meningkat pesat sebesar 50% dibandingkan dengan tahun 2005. Perubahan ini disebabkan negara Amerika Serikat mengembangkan biodiesel dengan mengkonsumsi metil ester sebagai bahan baku biodiesel sejak tahun 2006.

Perkembangan produksi, ekspor dan penawaran biodiesel Indonesia disajikan pada Gambar 6. Indonesia melakukan perdagangan ekspor biodiesel baru pada tahun 2008, produksi biodiesel tahun 2006-2007 diperuntukkan hanya memenuhi kebutuhan domestik saja. Perkembangan produksi biodiesel konsisten mengalami peningkatan dengan pertumbuhan 16,46% selama periode tahun 2008-2015. Tingkat pertumbuhan produksi biodiesel yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa penyerapan minyak sawit oleh industri biodiesel sudah berjalan cukup baik dan efektif. Pada tahun 2008 produksi biodiesel sebesar 0,63 juta ton dan meningkat pesat pada tahun 2014 menjadi 3 juta ton tetapi menurun drastis menjadi 1,1 juta tahun 2015. Penurunan produksi biodiesel secara tajam ini karena harga minyak mentah yang sangat rendah hanya sekitar US\$30-35/barel, sehingga biodiesel tidak kompetitif di pasar.

Ekspor biodiesel Indonesia selama periode tahun 2008-2015 konsisten meningkat mengikuti pola perkembangan produksi biodiesel. Rata-rata pertumbuhan ekspor biodiesel sebesar 13,26% yang masih lebih kecil dari laju pertumbuhan produksi biodiesel (16,36%) pada periode yang sama. Dengan bertumbuhnya ekspor biodiesel Indonesia, maka nilai ekspor dari minyak sawit juga menjadi meningkat setiap tahunnya. Selama periode pengamatan, ekspor biodiesel tertinggi terjadi pada tahun 2013 yaitu sebesar 1,7 juta ton dan menurun tajam menjadi 0,3 juta ton pada tahun 2015. Penurunan ini terjadi karena harga minyak mentah juga mengalami penurunan yang sangat drastis. Negara tujuan utama ekspor biodiesel Indonesia adalah Uni Eropa dan Amerika Serikat. Perkembangan penawaran biodiesel yang tersedia untuk dikonsumsi sebagai bahan bakar domestik juga mengalami peningkatan selama periode tahun 2008-2015 dengan tingkat pertumbuhan 20,65%.

Laju pertumbuhan penawaran lebih besar dibandingkan dengan laju pertumbuhan produksi dan ekspor, hal ini menandakan bahwa ketersediaan biodiesel cukup untuk dikonsumsi di dalam negeri.



Gambar 6. Perkembangan Produksi, ekspor dan Penawaran Biodiesel Indonesia

Dengan bertumbuhnya ketersediaan biodiesel, menjadi signal untuk membuka peluang penerapan kebijakan mandatori biodiesel di dalam negeri. Biodiesel adalah pilihan sumber energi terbarukan bersumber dari minyak nabati yang ramah lingkungan dan rendah emisi (Mekhilef et al. 2011). Untuk merealisaikan kebijakan mandatori biodiesel, maka produksi biodiesel berbasis minyak sawit (FAME: *fatty acid methyl ester*) ditingkatkan sehingga dapat memenuhi kebutuhan domestik maupun untuk ekspor. Di Malaysia, penggunaan biodiesel untuk *fuel* dilakukan sejak tahun 2005 sedangkan di Indonesia baru mulai sejak 2006.

Dampak pengembangan biodiesel dari kelapa sawit terhadap kemiskinan, pengangguran dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia dilakukan oleh Joni (2011). Hasil kajian menyatakan bahwa pengembangan biodiesel dari kelapa sawit dan dipadukan dengan kebijakan pemerintah (kenaikan pajak ekspor, penguatan nilai tukar rupiah, peningkatan luas perkebunan sawit, penurunan suku bunga perbankan dan peningkatan pengeluaran pemerintah untuk pertanian, infrastruktur dan industri) yang tepat dapat

memperbaiki indikator makroekonomi Indonesia terutama pertumbuhan ekonomi, pengurangan pengangguran dan kemiskinan. Namun faktor nilai tukar menjadi penting untuk diperhatikan karena penguatan nilai tukar berdampak terhadap penurunan ekspor minyak sawit Indonesia.

Pemerintah Indonesia telah menjalankan program pengembangan biodiesel dari minyak sawit. Komitmen ini ditunjukkan dengan menerbitkan beberapa peraturan diawali dengan PP No. 24 Tahun 2015 dan PP No. 61 Tahun 2015, tentang Badan Pengelola Dana Kelapa Sawit (BPDKS), di mana pada salah satu butir ayat mengatakan bahwa penggunaan dana diperuntukkan pemenuhan hasil Perkebunan untuk kebutuhan pangan, bahan bakar nabati (biofuel), dan hilirisasi industri Perkebunan dengan memperhatikan program Pemerintah. Menurut BPDKS, pembayaran insentif biodiesel pada tahun 2018 sudah mencapai 70%.

Program pengembangan industri biodiesel melalui kebijakan mandatory sejak awal diterapkannya pada tahun 2010 telah menunjukkan hasil yang baik. USDA (2019) melaporkan bahwa jumlah industri biodiesel di Indonesia meningkat dari sejumlah 22 industri pada tahun 2010 menjadi 31 industri pada tahun 2018. Dilaporkan juga bahwa kapasitas biodiesel juga mengalami perkembangan secara cepat yaitu dari 3,92 juta kiloliter pada tahun 2010 menjadi 11,35 juta kiloliter pada tahun 2018. Namun kapasitas terpasang masih sangat jauh dari yang diharapkan dimana realisasi produksi biodiesel Indonesia baru mencapai kisaran 19,9 – 61,7% dari penggunaan kapasitasnya selama periode 2010-2018.

Kebijakan DMO mendukung Industri Minyak Sawit dan Biodiesel Indonesia

Esensi kebijakan DMO adalah kewajiban memasok, yaitu penambahan permintaan minyak sawit sebagai bahan baku secara langsung oleh industri biodiesel dari jumlah permintaan sebelumnya. Pelaksanaan kebijakan ini disertai dengan kebijakan *affirmative* alokasi minyak sawit untuk pengembangan biodiesel sebesar 500.000 ton (Purba et al. 2018a). Kebijakan ini diharapkan dapat membuka peluang untuk peningkatan

campuran (bauran) minyak sawit dalam solar sebagai wujud implementasi kebijakan mandatori biodiesel Indonesia dan akhirnya berdampak baik bagi stabilisasi harga minyak sawit di dalam negeri (Dewi et al. 2014).

Hasil penelitian Purba (2019) menunjukkan bahwa penerapan kebijakan DMO berdampak langsung terhadap peningkatan permintaan minyak sawit oleh industri biodiesel sehingga produksi, penawaran dan ekspor biodiesel meningkat tajam masing-masing sebesar 192%, 96,80% dan 334,61%. Kebijakan ini berhasil mencapai tujuan untuk mengembangkan biodiesel dan menambah penerimaan bagi negara sebesar 2,13%.

Hasil penelitian ini mengonfirmasi hasil penelitian Hartoyo et al. (2011) menyatakan kenaikan permintaan minyak sawit di dalam negeri menyebabkan harga minyak sawit sebagai input untuk industri minyak goreng dan industri lain meningkat. Kenaikan harga domestik minyak sawit mendorong meningkatnya produksi dan ekspor minyak sawit sehingga nilai ekspor dari minyak sawit juga masih meningkat walaupun dalam jumlah yang kecil (0,0001%).

Akan tetapi di dalam industri minyak goreng dan industri lain, kebijakan ini berdampak menurunkan permintaan minyak sawit yang sesuai dengan hasil penelitian Kurnia et al. (2011). Penurunan permintaan ini mendorong kenaikan harga domestik minyak goreng sehingga produksi dan ekspor serta nilai ekspor minyak goreng juga menurun, namun total nilai ekspor yang diperoleh dari kebijakan ini masih meningkat. Nilai ekspor dari minyak sawit dan biodiesel mampu mengopensasi penurunan nilai ekspor dari minyak goreng.

Kebijakan mandatori biodiesel B20 telah berhasil dilakukan pemerintah pada tahun 2017 lalu. Sekitar 20% konsumsi solar subsidi (PSO) telah digantikan oleh biodiesel yang dihasilkan dari dalam negeri. Meskipun mandatory biodiesel B20 masih terbatas pada segmen konsumsi solar subsidi yang porsinya sekitar 50% dari total konsumsi solar nasional, telah mampu menghemat sekitar 2,6 juta kilo liter impor solar nasional.

Untuk mengurangi defisit migas yang lebih besar, kebijakan B20 tersebut perlu diperluas ke segmen solar industri (non PSO) yang volumenya juga sekitar 50% dari konsumsi total solar nasional. Berbeda dengan konsumen

solar PSO yakni sektor transportasi publik, segmen konsumen solar non PSO ini merupakan konsumen mampu/kaya sehingga mandatori B20 bahkan B30 akan mudah dilakukan tanpa harus dengan subsidi. Perluasan mandatory biodiesel tersebut sangat layak dilakukan saat ini. Kebutuhan solar nasional tahun 2018 ini diperkirakan sekitar 38 juta kilo liter.

Jika kebijakan B20 dilaksanakan baik PSO maupun non PSO, biodiesel yang dibutuhkan hanya sekitar 7,6 juta kilo liter. Kebutuhan biodiesel tersebut masih dapat pasok dari kilang-kilang biodiesel domestik yang saat ini memiliki kapasitas sekitar 12 juta kilo liter. Bahan baku biodiesel juga tersedia lebih dari cukup dari dalam negeri, karena hanya sekitar 20 persen dari 42 juta ton produksi minyak sawit nasional tahun 2018. Jika perluasan B20 tersebut dilaksanakan pemerintah, akan dapat menghemat sekitar 7,6 juta kilo liter impor solar atau menghemat devisa untuk impor solar sekitar 4,5 miliar dollar AS.

Selain itu, perluasan B20 juga menghemat emisi karbon yang juga menjadi salah satu target pemerintah di sektor Lingkungan Hidup. Manfaat yang tak kalah pentingnya adalah perluasan mandatori biodiesel tersebut akan memperbesar daya serap minyak sawit dalam negeri. Harga minyak sawit dunia yang sedang rendah saat ini sangat diperlukan peningkatan penyerapan minyak sawit dalam negeri untuk mendongkrak harga buah sawit rakyat yang tersebar pada 200 kabupaten di Indonesia.

Peluang dan Tantangan Industri Minyak Sawit di Era Revolusi Industri 4.0

Peluang Industri Minyak Sawit di Era Revolusi Industri 4.0

Berdasarkan perkembangan produksi dan kapasitas terpasang industri hilir minyak sawit khususnya biodiesel Indonesia seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, menunjukkan bahwa industri biodiesel Indonesia memiliki potensi yang cukup besar untuk dapat memenuhi kebutuhan energi fosil dengan seiring meningkatnya *blending rate*. Namun

untuk mencapai ketahanan energi nasional dari produksi biodiesel dari dalam negeri, masih diperlukan upaya pemerintah untuk melakukan peningkatan dan percepatan kebijakan mandatory biodiesel di masa mendatang (Paspi 2019). Upaya ini akan lebih optimal apabila industri (pabrik) biodiesel menggunakan teknologi digital dalam kerangka industri 4.0 melalui proses produksi dalam sistem pabrik pintar (*smart industry*). Sistem pabrik pintar memungkinkan semua tahapan produksi yang dilakukan oleh berbagai macam mesin akan berada dalam satu sistem yang saling terenkripsi satu sama lain dan kinerjanya dapat dikontrol melalui teknologi digital . Sistem ini akan mendukung mesin bekerja secara cepat dan tepat sehingga terjadi efisiensi

Khusus produk biodiesel, rangkaian uji coba (*road test*) implementasi blending minyak sawit dalam bahan bakar solar telah dilakukan oleh Kementerian Pertanian dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral hingga terakhir pada akhir Juni 2019 yang lalu. Dari hasil uji coba tersebut menyatakan bahwa pemakaian bahan bakar B30 (campuran 30% minyak sawit) berhasil dan secara teknis tidak merusak mesin kendaraan (Kementerian ESDM 2019). Komitmen yang kuat dari Pemerintah dalam menjalankan program mandatory biodiesel dan ketersediaan bahan baku (minyak sawit) di dalam negeri menjadi peluang bagi pengembangan industri minyak sawit Indonesia pada era revolusi industri 4.0.

Revolusi Industri 4.0 untuk sektor Pertanian khususnya pada industri minyak sawit Indonesia diarahkan kepada penciptaan efisiensi dan produktivitas yang tinggi dan daya saing. Masa revolusi industri 4.0 dicirikan dengan operasionalisasi sistem usaha budidaya kelapa sawit dan industri pengolahan minyak sawit berbasis *Artificial Intelligence* (AI), *Internet of Things* (IoT) serta *Cyber Physical System* (CPS). Pengelolaan industri minyak sawit dari hulu hingga hilir akan dikelola dalam konsep pertanian modern dengan melakukan inovasi bisnis baru. Kemampuan SDM dalam mengoperasikan sistem pertanian pintar (*smart farming*), pertanian presisi, penggunaan data besar, alat mesin pertanian otomatisasi dan drone yang semuanya berbasis internet sangat dibutuhkan. Kementerian Pertanian telah memperkenalkan dan membangun Korporasi Pertanian sebagai pintu masuk ke gerbang era revolusi industri 4.0. Komitmen ini dituangkan dalam Permentan No

18/ 2018 tentang Pedoman Pengembangan Kawasan Pertanian Berbasis Korporasi Pertanian. Pada pasal 5 dan 6 disebutkan bahwa sasaran pengembangan kawasan korporasi adalah memperkuat kelembagaan petani dalam mengakses informasi, teknologi, prasarana dan sarana publik, permodalan serta pengolahan dan pemasaran.

Tantangan Industri Minyak Sawit di Era Revolusi Industri 4.0

Industri minyak sawit Indonesia di pasar dunia akan memasuki era revolusi industri ke empat (industri 4.0) yang diwarnai dengan implementasi kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), super computer, data besar (*bigdata*), *cloud computation*, dan inovasi digital yang terjadi dalam kecepatan eksponensial luar biasa yang akan berdampak secara langsung terhadap ekonomi, industri, pemerintahan dan bahkan politik global. Revolusi industri 4.0 ditandai dengan proses industrialisasi yang cerdas (*smart industry*), mengacu pada peningkatan otomisasi, *machine to machine* dan komunikasi *human to machine*, *artificial intelligence* (AI) serta pengembangan teknologi digital berkelanjutan. Revolusi Industri 4.0 juga dimaknai sebagai upaya transformasi menuju perbaikan proses dengan mengintegrasikan lini produksi (*production line*) dengan dunia siber, dimana semua proses produksi berjalan secara *online* melalui koneksi internet sebagai penopang utama.

Hermann et al. (2016) menjelaskan ada 4 prinsip dalam revolusi industri 4.0 antara lain 1) bantuan teknis berupa virtual dan fisik; 2) interkoneksi yang menyangkut kolaborasi, standar, dan keamanan; 3) transparansi informasi berupa analisis dan penyediaan data; serta 4) keputusan terdesentralisasi. Dengan demikian, meskipun belum ada satu definisi yang dipegang bersama, namun gambaran umum terkait komponen dan prinsip dalam revolusi industri 4.0 telah tersebar luas. Oleh sebab itu, tantangan memasuki revolusi industri 4.0 harus ditanggapi segera oleh negara - negara di dunia termasuk Indonesia dan industri minyak sawit agar tetap dapat mempertahankan posisi atau bahkan meningkatkan daya saing produk unggulannya dalam kancan persaingan di pasar internasional.

Dalam era revolusi industri 4.0, industri minyak sawit dalam hal ini pabrik yang menggunakan minyak sawit sebagai bahan baku, yaitu industri oleo pangan, oleo kimia dan biofuel yang paling siap dan secara nyata dapat menerapkan teknologi industri 4.0. Pabrik-pabrik ini akan lebih efisien mulai dari proses produksi hingga pemasaran produk hilir (*smart industry*). Teknologi digital dalam industri 4.0 pada dasarnya juga dapat diterapkan pada aspek budidaya kelapa sawit dalam bentuk *smart farming*. Teknologi dalam revolusi industri 4.0 memungkinkan dilakukan *mapping* tanaman sesuai umur dalam skala luas sehingga pemupukan tepat waktu dan sesuai dosis dapat dilakukan. Kehilangan pupuk dapat dikurangi sehingga biaya produksi lebih efisien dan kelestarian lingkungan dapat dijaga. Dalam aspek kelembagaan, penguanan kemitraan petani perkebunan rakyat dengan pabrik kelapa sawit (PKS), aplikasi dari revolusi industri 4.0 memungkinkan ketepatan waktu dalam pemenuhan bakan baku dari petani.

Indonesia sebagai produsen dan eksportir utama minyak sawit di pasar dunia dan juga pemain utama dalam industri minyak sawit secara global, ditantang untuk berbenah dan siap bersaing. Efisiensi proses dan operasional di sektor hulu (upstream) mutlak segera dilakukan khususnya menyangkut kegiatan-kegiatan yang melibatkan banyak tenaga kerja terutama pekerjaan lapangan (*infield activities*) seperti perawatan tanaman, perawatan lahan, pemupukan, penyirianan, pemanenan dan pengangkutan buah hingga penimbangan dan sortasi. Hal ini mengingat di sektor ini ditengarai kerap kali terjadi inefisiensi waktu dan biaya. Dengan teknologi digital akan sangat mudah untuk dapat mengambil gambar atau foto dari tandan buah segar, selain juga lokasi kebunnya secara presisi dengan menggunakan smartphone yang dapat diakses melalui GPS Satelit (Sawit Indonesia 2019). Dengan demikian, para manager lapangan tidak hanya dapat dengan mudah melacak dan memantau aktivitas di kebun secara real-time, tetapi mereka juga dapat melihat sendiri kualitas buah sawit dan mengetahui dengan tepat area mana saja yang mengalami masalah. Dan hebatnya, semua itu tak perlu kehadiran mereka di lapangan.

Tantangan yang dihadapi petani secara umum dalam memasuki era revolusi industri 4.0 adalah kecepatan, kreatifitas dan inovasi. Industri minyak sawit Indonesia memiliki potensi dari hulu hingga hilir, yang diperlukan adalah mempersiapkan petani kita untuk menerapkan dan menjadi pelaku perkembangan teknologi. Untuk ini diperlukan penyiapan regulasi dan kebijakan yang relevan untuk mendukung RI 4.0 di sub sektor perkebunan, seperti bagaimana membuat teknologi digitalisasi yang dapat memajukan petani, membuat petani menjadi bagian di dalamnya dan memberdayakan segala potensi yang dimiliki sehingga dapat meminimalkan dampak negatif yang ada. Dalam era revolusi industri 4.0, percepatan hilirisasi minyak sawit sebagai bahan baku untuk industri oleokimia, oleopangan dan biodiesel perlu dilakukan. Jenis produk hilir seperti sabun, detergen, biodiesel, kosmetik, dan minyak goreng dalam proses produksi sarat menggunakan teknologi.

Penutup

Industri minyak sawit dalam era industri 4.0 juga akan beradaptasi dan bertransformasi terhadap perubahan teknologi dalam sistem budidaya melalui *digital farming* dan sistem produksi produk olahan minyak sawit melalui *smart industry*. Kinerja pabrik atau industri oleo pangan, oleo *chemical* dan biodiesel yang menggunakan bahan baku minyak sawit akan menjadi lebih baik setelah menerapkan teknologi *factory 4.0*. Secara ekonomi akan terjadi efisiensi biaya produksi dan efektif dari ketepatan dan kecepatan mesin-mesin yang bekerja sehingga daya saing juga dapat ditingkatkan.

Pengembangan industri minyak sawit khususnya biodiesel Indonesia dapat dilakukan melalui kebijakan DMO. Kebijakan ini diharapkan dapat meningkatkan daya saing industri minyak sawit Indonesia (*smart industry*) pada era revolusi industri 4.0. Sub sektor perkebunan khususnya industri minyak sawit dirasakan lebih siap dan mampu menghadapi era industri 4.0 dan meningkatkan daya saing di pasar dunia dan tetap menjadi sektor unggulan Indonesia. Ekspor biodiesel perlu dipacu untuk mendapatkan penerimaan ekspor dan nilai ekspor yang diterima dapat disalurkan kembali kepada petani untuk melakukan *replanting*.

Kebijakan hilirisasi minyak sawit Indonesia di masa yang akan datang difokuskan kepada percepatan hilirisasi biodiesel melalui peningkatan produktivitas dengan program *replanting* yang dilaksanakan secara kontinu dengan menerapkan prinsip dalam ISPO (*Indonesian Sustainable Palm Oil*) dan RSPO (*Roundtable on Sustainable Palm Oil*). Kapasitas industri biodiesel (investasi) yang masih merupakan *infant industry* perlu ditingkatkan sehingga penyerapan minyak sawit di dalam negeri juga meningkat. Pada jangka pendek, program *replanting* kurang disukai oleh petani/perusahaan minyak sawit karena penurunan produksi dan harga minyak sawit, oleh karena itu penyaluran insentif (kompensasi) yang sudah disediakan Pemerintah melalui BPDKS perlu dipercepat.

Industri minyak sawit Indonesia dapat berdaya saing di pasar dunia melalui pengelolaan yang berkelanjutan mulai dari hulu hingga hilir yang bebas dari isu legalitas lahan, deforestasi dan HAM. Kebijakan hilirisasi minyak sawit Indonesia di masa yang akan datang difokuskan kepada percepatan hilirisasi biodiesel melalui peningkatan produktivitas dengan program *replanting* yang dilaksanakan secara kontinu dengan menerapkan prinsip dalam ISPO (*Indonesian Sustainable Palm Oil*) dan RSPO (*Roundtable on Sustainable Palm Oil*). Sinkronisasi standar dalam ISPO dan RSPO oleh para pemangku kepentingan perlu ditingkatkan disertai dengan pendampingan pengurusan sertifikat ISPO dan RSPO kepada petani dan perusahaan kelapa sawit. Kapasitas industri biodiesel (investasi) yang masih merupakan *infant industry* perlu ditingkatkan sehingga penyerapan minyak sawit di dalam negeri juga meningkat.

Daftar Pustaka

- Bentivoglio, D., B. Giorgia, F. Adele. 2018. Revisiting the palm oil boom in Europe as a source of renewable energy: evidence from time series analysis. *Quality-Access to Success*, 19 (S1): 59-66.
- [Ditjenbun] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2018. Percepatan Sertifikasi ISPO. 2nd International Conference and Expo on Indonesian Sustainable Palm Oil. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.

- [GAPKI] Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia. 2019. Reflesi industri kelapa sawit 2018 dan Prospek 2019. [internet].[diunduh 12 Maret 2019]. Tersedia pada <https://gapki.id/news/14263/refleksi-industri-industri-kelapa-sawit-2018-prospek-2019>.
- Hartoyo, S., I.K.P. Eka, Novindra, Hastuty. 2011. Dampak kenaikan harga minyak bumi terhadap ketersediaan minyak goreng sawit domestik. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia* .. 11(2): 169-179.
- Hermann, M., T. Pentek, and B. Otto. 2015. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *Technische Universitat Dortmund*. Working Paper No. 01/2015.
- Jelsmaa, I., L.S. Woittiez, J. Ollivier, A.H. Dharmawan. 2019. Do wealthy farmerws implement better agricultural practices? An assessment of implementation of Good Agricultural Practices among different types of independent oil palm smallholders in Riau, Indonesia. *Agricultural System*. 170: 63-76.
- Joni, R., Harianto, S. Gumbira, and K. Nunung. 2011. Dampak pengembangan biodiesel kelapa sawit terhadap pertumbuhan ekonomi, pengangguran dan kemiskinan Indonesia. *Jurnal Ekonomi*. 21(2): 119-130.
- [Kementerian ESDM] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2019. Kemeterian ESDM sukses uji bahan B30 di dataran tinggi. *Siaran Pers* 14 Agustus 2019. [internet].[diunduh 02 September 2019]. Tersedia pada <https://www.esdm.go.id/id>.
- Ketut, S. 2010. Analisis kebijakan stabilisasi harga minyak goreng Indonesia. *Jurnal Ilmiah Manajemen dan Akuntansi Fakultas Ekonomi (JIMAFE)*, Volume Semester I.
- Kompas. 2018. B20 diterapkan pada semua moda transportasi. *Harian Kompas* 21 Agustus 2018, hlm 13.
- Kurnia, J.C., V.J. Sachin, A. Saad, P.S. Agus, S.M. Arun. 2016. Advances in biofuel production from oil palm and palm oil processing wastes: a review. *Biofuel Research Journal*. 9: 332-356.

- Larson, D.F. 1996. Indonesia's palm oil sub sector. Policy Research Working Paper 1654. The World Bank International Economics Department Commodity Policy and Analysis Unit, September 1996.
- [PASPI] Palm Oil Agribusiness Strategic Policy Institute. 2019. Perkembangan dan Peranan Industri Biodiesel Indoneisa. Monitor Isu Strategis Sawit. 5(28): 1025-1032.
- [PASPI] Palm Oil Agribusiness Strategic Policy Institute. 2017. Kebijakan harga biodiesel di Indonesia berkelanjutankah? Monitor Isu Strategis Sawit. 3(49): 1579-1586.
- Prasetyo, A., M. Sri, Darsono. 2017. Keunggulan Komparatif dan Kinerja Ekspor Minyak Sawit Mentah Indonesia di Pasar Internasional. Jurnal Agro Ekonomi. 35(2): 89-103.
- Purba, H.J., B.M. Sinaga, R. Kustiari, and T. Novianti. 2019. Dampak Faktor Eksternal dan Internal terhadap Pasar Minyak Nabati Dunia dan Biodiesel Indonesia. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Purba, H.J., B.M. Sinaga, T. Novianti, and R. Kustiari. 2018a. Dampak kebijakan perdagangan terhadap pengembangan industri biodiesel Indonesia. Jurnal Agro Ekonomi. 36(1): 51-74.
- Rifai, N., Y. Syaukat, H. Siregar, E.G. Sa'id. 2014a. Evaluasi kebijakan ekonomi ekspor minyak sawit dan produk turunannya ke pasar Amerika Serikat. [Disertasi]. Bogor (ID): Intitut Pertanian Bogor.
- Rifin, A. 2010. An analysis of Indonesia palm oil position in the World Market: A Two Stage Demand Approach. Oil Parm Industry Economic Journal. 10(1): 35-42.
- Sawit Indonesia. 2019. Roadmap industri kelapa sawit Indonesia memasuki revolusi industri 4.0. [internet].[diunduh 31 Agustus 2019]. Tersedia pada <https://sawitindonesia.com>
- Sipayung, T., and J.H. Purba. 2015. Ekonomi Agribisnis Minyak Sawit. Bogor (ID): Palm Oil Agribusiness Strategic Policy Institute.
- [USDA] United State Department of Agriculture. 2017. Oilseeds and Products: World Market and Trade. Washington, DC (US): United State Department of Agriculture.

- [USDA] United State Department of Agriculture. 2019. Indonesia Biofuel Annual. Global Agricultural Information Network. Washington, DC: United State Department of Agriculture.
- Wisena, B.A., A. Daryanto, B. Arifin, and R. Oktaviani. 2014. Sustainable development strategy and the competitiveness of Indonesian palm oil Industry. International Journal of Managerial Studies and Research (IJMSR). 2 (10): 102-115.
- World Growth. 2015. Palm oil trade barries a priority issue world growth.[internet].[diunduh 19 Maret 2019].Tersedia pada <http://www.worldgrowth.org>.

Strategi Bisnis Kopi Spesial di Indonesia Menuju Industri 4.0

Eddy S. Yusuf, dan Saktyanu K.D

Dilihat dari sejarahnya, perdagangan kopi cukup dinamis, sebelum abad 18 bangsa arab yang memonopoli perdagangan kopi, lalu Belanda menggeser posisi Mocha sebagai pelabuhan ekspor kopi dengan menjadikan Indonesia sebagai penghasil kopi terbesar dunia, tidak lama kemudian serangan karat daun (*Hemileiavastatrix*) menghancurkan kopi Indonesia dan pada waktu bersamaan Brazil muncul sebagai produsen kopi terpenting dunia bersama kolombia dan berlanjut hingga saat ini. Vietnam yang selama berabad – abad tidak dianggap sebagai produsen kopi cukup penting, mulai menempatkan diri sebagai produsen kopi terbesar kedua dan kondisi ini berlanjut hingga saat ini (AB Susanto 2017: 144).

Kopi asal Indonesia sebagian besar adalah jenis robusta, namun Indonesia memiliki beberapa kopi arabika jenis premium yang dikenal dengan sebutan *specialty*. Kopi berkualitas premium tidak terbatas pada Java Kopi tapi terdapat pula jenis lainnya dan diakui sebagai kopi termahal saat ini yaitu kopi luwak (AB Susanto, 2017: 160). Kopi special tidak diproduksi dalam jumlah banyak baik kopi robusta (*fine robusta*) maupun kopi jenis arabika sehingga ketersediaannya belum tentu ada sepanjang tahun, karena kopi ditanam dilahan yang sangat memerlukan faktor alam dan berbagai kondisi yang memengaruhinya (cuaca, varietas dll). Ada banyak proses dan elemen dalam kopi spesial tidak hanya jenis kopinya saja tetapi tentang semua hal yang terlibat mulai dari proses kopi ditanam sampai akhirnya ke konsumen akhir. Semua komponen yang saling berhubungan inilah yang membentuk rantai kopi spesial yang meliputi: petani, *green buyer*, *roaster*, *barista* dan konsumen (otten magazine, 2016).

Kata Kopi spesial pertama kali dipakai tahun 1974 oleh Erna Knutsen di *Tea & Coffee Trade Journal*. Knutsen memakai istilah tersebut untuk menyebut biji dengan rasa terbaik yang dihasilkan di daerah beriklim mikro istimewa. Kopi spesial adalah sebutan yang umum dipakai untuk menyebut kopi "gourmet" atau "premium". (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi Kualitas berdasarkan Final Score

Klasifikasi Kualitas berdasarkan Final Score		
90 – 100	<i>Outstanding</i>	<i>Specialty</i>
85 – 89.99	<i>Excellent</i>	
80 – 84.99	<i>Very Good</i>	
< 80.00	<i>Below Specialty Quality</i>	<i>Not Specialty</i>

Sumber: Yusianto, puslitkoka (2013)

Menurut *Specialty Coffee Association of America* (SCAA), kopi bernilai 80 atau lebih pada skala 100 poin dianggap "spesial" . Kopi spesial tumbuh di iklim istimewa dan ideal, serta memiliki citarasa yang tinggi dan sedikit memiliki kecacatan bahkan tidak ada sama sekali. Rasa yang unik ini adalah hasil dari karakteristik dan komposisi tanah tempat kopi ditanam (id.wikipedia.org/wiki/Kopi_spesial).

Beberapa kopi spesial yang dihasilkan di Indonesia antara lain Lintong, Mandheling, Gayo Mountain, Toraja, Kalosi, Kintamani Bali, Flores-bajawa, Balem Highland (Papua Wamena), *Java Estate*, *Java Preanger*, *Java Luwak Arabica*, Sumatra dan *Luwak Arabica coffee* (Yusianto, puslitkoka 2012). Kopi luwak merupakan jenis kopi paling terkenal sebagai kopi termahal di dunia karena proses produksi dan kelangkaannya di pasar internasional serta memiliki rasa yang lebih kaya. Kopi luwak diekstrasi dari biji kopi yang telah melalui proses fermentasi khusus di dalam perut musang yang secara alami bisa memilih buah kopi yang paling *juicy*.

Menurut J.David Hunger (2001,p.16) strategi adalah sebuah rumusan perencanaan komprehensif tentang bagaimana perusahaan akan mencapai misi dan tujuannya. Strategi akan memaksimalkan keunggulan kompetitif dan meminimalkan keterbatasan bersaing. Strategi yang diterapkan dalam sebuah perusahaan yang sudah memasuki persaingan

dalam pasar global harus berskala besar, dan rencana strategi yang dibuat harus berorientasi pada masa depan agar dapat berinteraksi dengan lingkungan yang kompetitif untuk mencapai tujuan perusahaan. Definisi ini juga menyiratkan, strategi yang dibuat harus berfokus pada intergrasi manajemen, pemasaran, keuangan, produksi atau operasi, serta penelitian dan pengembangan untuk mencapai keberhasilan organisasi (Fred R. David, 2005, p.12). Dari definisi diatas juga dapat diartikan bahwa strategi yang dibuat secara skala besar mencakup faktor internal maupun eksternal.

Strategi bisnis dapat menggambarkan kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman dalam pengembangan komoditas kopi special beserta layanan penjualannya. Ketika telah mendapatkan strategi yang tepat, maka langkah selanjutnya harus mendesain strategi pemasaran dan berkomunikasi dengan konsumen terkait dengan produk dan layanannya serta mencari tahu bagaimana mengubah konsumen menjadi pelanggan (Birecki, 2015). Kopi spesial merupakan komoditas perkebunan yang tidak diproduksi dalam jumlah banyak baik kopi rabusta (*fine robusta*) maupun arabika sehingga ketersediaannya belum tentu ada sepanjang tahun, memerhatikan faktor alam diberbagai kondisi yang memengaruhinya (cuaca, varietas dll), memiliki citarasa yang tinggi, dan tingkat kecacatan yang rendah bahkan tidak ada sama sekali serta memiliki rasa yang unik dan dapat dikelompokkan kedalam kelompok *Niche Market*.

Ada berbagai macam definisi terkait dengan *niche market*. Kotler (2003) dalam Parrish (2003) mendefinisikan *niche market* sebagai kelompok yang lebih sempit yang diidentifikasi dengan membagi segmen menjadi subsegmen dengan spesialisasi yang merupakan kunci utama dari *niche market* tersebut. Phillips dan Peterson (2001) dalam Toften (2009) mengartikan *niche market* strategy sebagai strategi pemasaran yang menggunakan diferensiasi produk untuk menarik kelompok pelanggan yang lebih fokus. Teplensky (1993) dalam Sarker dan Begum (2013) mendefinisikan *niche market* sebagai penekanan pada kebutuhan tertentu, atau penekanan pada geografis, demografis, dan segmentasi produk. Kara dan Kaynak (1997) dalam Sarker dan Begum (2013) mengartikan *niche market* sebagai langkah lebih lanjut dari segmentasi pasar dalam menciptakan kelompok yang berbeda dari pelanggan.

Alasan untuk mengimplementasikan *niche market strategy* yang paling utama adalah demi sebuah keuntungan atau profit. Perusahaan yang menerapkannya mengetahui kelompok pelanggan sasaran dengan begitu baik sehingga *market niches* dapat memenuhi kebutuhan mereka secara lebih baik. Sehingga, *market niches* dapat mengenakan *markup* biaya karena adanya nilai tambah. Sementara pemasar massal mencapai volume tinggi, *market niches* mencapai margin yang tinggi (Kotler, Philip; Armstrong, Gary, 2008).

Strategi bersaing adalah langkah-langkah strategis yang terencana maupun tidak terencana untuk dapat memiliki keunggulan bersaing sehingga dapat menarik perhatian konsumen, memperkuat posisi dalam pasar, dan bertahan terhadap tekanan persaingan (Hariadi,p. 99, 2005). Menurut Kim dan Mauborgne (2006) sebagai pelopor Strategi samudra biru atau akrab dikenal dengan *Blue Ocean Strategy* (BOS). BOS menggunakan langkah strategis yang menjadi unit analisis untuk menciptakan kinerja yang lebih baik. Langkah strategis adalah seperangkat tindakan dan keputusan manajerial yang turut membuat penawaran (produk/jasa) bisnis unggulan dan bersifat menciptakan pasar. Jadi bukanlah ukuran suatu industri atau bentuk perusahaan yang dijadikan unit analisis dalam formulasi BOS. Kim dan Mauborgne telah mengembangkan perangkat kerja untuk menganalisis BOS agar perumusan dan penerapannya menjadi sistematis dan praktis. Perangkat analisis dikemukakan dalam empat hal yaitu sebagai berikut:

1. Strategi kanvas ini merupakan kerangka aksi sekaligus diagnosis untuk membangun BOS yang baik. Kanvas Strategi memiliki 2 fungsi: (a) Merangkum situasi terkini dalam ruang pasar yang sudah dikenal. Hal ini untuk memahami di mana kompetisi saat ini sedang terjadi, memahami faktor - faktor apa saja yang sedang dijadikan ajang kompetisi dalam produk, jasa dan pengiriman serta apa yang didapat konsumen dari penawaran kompetitif yang ada di pasar, (b) Merangkum tingkat penawaran yang didapatkan pembeli di semua faktor utama kompetisi.

2. Four Actions Framework, Kerangka kerja empat langkah dikembangkan untuk merekonstruksi elemen – elemen nilai pembeli dalam membuat kurva nilai baru. Kerangka kerja empat langkah ini terdiri dari empat pertanyaan kunci untuk menantang logika strategi dan model bisnis yaitu sebagai berikut: (a) Faktor apa saja yang harus "dihapuskan" dari faktor-faktor yang telah diterima begitu saja oleh industri/pasar, (b) Faktor apa saja yang harus "dikurangi" hingga di bawah standar yang ditetapkan, (c) Faktor apa saya yang harus "ditingkatkan" atas standar yang ditetapkan?, (d) Faktor apa saja yang belum pernah ditawarkan sehingga harus " diciptakan".
3. Six Path Methods merupakan enam prinsip yang mendorong kesuksesan penerapan dan pelaksanaan. Setiap strategi pasti melibatkan peluang dan resiko di dalamnya, begitu juga dengan Blue Ocean Strategy memiliki enam prinsip dan terdapat resiko – resiko yang akan ditangani oleh setiap prinsipnya. Empat prinsip pertama merupakan pemandu keberhasilan dalam merumuskan BOS, sedangkan dua prinsip terakhir merupakan pemandu ketika BOS yang efektif dieksekusi. Berikut penjelasan dari masing – masing prinsip BOS:
 - a. Merekonstruksikan batasan-batasan pasar, yaitu mengidentifikasi jalan yang ditempuh secara sistematis untuk menciptakan ruang pasar dimana belum ada pesaingnya dalam berbagai domain usaha. Oleh karena itu prinsip ini dapat memperkecil risiko pencarian (*search risk*). Pada prinsip ini mencermati enam batasan konvensional tentang persaingan guna membuka samudra biru yang penting secara komersial (industri alternatif, kelompok strategis, kelompok pembeli, tawaran produk dan jasa lengkap, orientasi fungsional-emosional industri, dan bahkan waktu).
 - b. Fokus pada gambaran besar, bukan pada angka, yaitu merancang proses perencanaan strategi perusahaan untuk bergerak melampaui perbaikan statistik menuju inovasi nilai. Prinsip ini dapat memberikan alternatif bagi proses perencanaan strategi yang sudah ada dan dapat memperkecil resiko perencanaan (*plan risk*).

- c. Menjangkau melampaui permintaan yang ada, artinya memaksimalkan ukuran samudra biru. Prinsip ini menentang praktik konvensional yang membidik segmentasi lebih tajam guna memenuhi preferensi pelanggan yang sudah ada. Sebaliknya, prinsip ini justru menunjukkan cara mengagregasikan permintaan. Dengan berfokus pada pemanfaatan kesamaan yang kuat diantara non pelanggan demi memaksimalkan ukuran dari samudra biru yang telah diciptakan serta jumlah permintaan yang tumbuh. Oleh karena itu prinsip ini dapat memperkecil resiko skala (scale risk).
- d. Melakukan rangkaian strategis dengan tepat, artinya strategi yang dibangun merupakan sebuah model bisnis yang mampu meraih laba yang maksimal yang sedang diciptakan, bukan hanya memberikan lompatan nilai bagi konsumen yang meliputi utilitas, harga, biaya, dan pengadopsian yang benar (4 hurdles to execution) dan prinsip ini dapat memperkecil resiko model bisnis.
- e. Mengatasi hambatan – hambatan utama dalam organisasi, artinya bagaimana kepemimpinan yang bersifat tipping point dapat memobilisasi organisasi untuk mengatasi hambatan – hambatan utamanya (organization risk) ketika eksekusi BOS. Empat hambatan yang akan diatasi itu antara lain: hambatan kognitif, hambatan sumber daya manusia, hambatan motivasi, dan hambatan politis.
- f. Mengintegrasikan eksekusi ke dalam strategi, artinya mengintegrasikan eksekusi ke dalam penyusunan strategi, sehingga dapat memotivasi orang untuk bertindak menurut dan melaksanakan BOS secara berkesinambungan dalam organisasi.

Three Tiers of non-consumen, Prinsip ini memperkenalkan proses yang adil (fair process) guna memfasilitasi eksekusi secara kerjasama sukarela. Oleh karena itu pronsip dapat memperkecil resiko manajemen yang lekat dengan sikap dan perilaku orang. Three Tiers of non-consumen menjelaskan tentang non konsumen yang menawarkan peluang besar untuk menciptakan Blue Oceans, yang menerangkan terkait dengan

siapa itu non konsumen dan bagaimana membuka dunia mereka. Ada tiga tingkatan nonkonsumen yang bisa diubah menjadi konsumen. Tiga tingkatan ini berbeda dalam hal jarak relatif mereka terhadap pasar yaitu: (a). Konsumen Tingkat Pertama, calon konsumen yang berada dalam ruang pasar dan siap berpindah (b). Konsumen Tingkat Ke-dua, calon konsumen yang membeli langsung atau konsumen akhir, dan (c). Konsumen tingkat ke-tiga, merupakan konsumen yang belum di jajaki pasarnya.

Revolusi industri 4.0 telah berlangsung dan tidak dapat dihindari serta akan menimbulkan *disruption* pada seluruh bidang tidak terkecuali sektor pertanian, perubahan dalam revolusi industri 4.0 membawa konsekuensi bagi sektor pertanian dalam menyusun strategi untuk memperkuat kapasitas dan bertransformasi mewujudkan pertanian modern yang dapat menarik minat generasi muda untuk bekerja dan berkecimpung di sektor pertanian.

Konsep yang diusulkan untuk dibangun melalui proses transformasi adalah *digital farming* yaitu suatu evolusi inovasi berbasis *precision farming* dengan memanfaatkan elemen dan teknologi kunci dalam industri 4.0 untuk seluruh praktek pertanian dan proses produksi dari hulu-hilir secara tepat (*presisi*), efisien dan berdaya saing. Konsep tersebut sering disebut sebagai pertanian 4.0 atau *Farming 4.0* (Braun et al. 2018).

Melalui Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) Nomor: 18 tahun 2018 tentang Pembangunan Kawasan Pertanian Berbasis Korporasi akan menjadi pijakan dan *entry point* bagi seluruh pelaku pembangunan pertanian untuk bergerak bersama membangun pertanian digital di masa depan. Pengembangan pertanian berbasis korporasi dan kawasan dapat menjadi model dengan menerapkan elemen-elemen dalam industri 4.0.

Penerapan pertanian presisi dan pertanian pintar (*smart farming*) dapat menjadi langkah awal untuk membangun pertanian modern secara umum, Selain model pengembangan teknologi pertanian perlu dilakukan pengembangan aspek kelembagaan dan sumberdaya petani. Walaupun dalam implementasinya, tidak semua pembangunan pertanian wilayah harus beradaptasi dengan perubahan global, namun adaptasi dengan perubahan nasional harus menjadi titik tolak pembangunan pertanian

ke depan sehingga mampu merespon kebutuhan baik teknologi, kelembagaan dan sumberdaya petani secara tepat di era Industri 4.0. Penerapan teknologi digital pertanian dalam pengembangan kopi spesial khususnya ditingkat budidaya sehingga dapat menghasilkan biji kopi yang sesuai standar yang ditentukan harus bersifat spesifik waktu, wilayah dan *stakeholder* (petani/pengusaha, dll) dengan memperhatikan karakteristik teknologi, wilayah serta aspek sosial budaya dan ekonomi petaninya.

Strategi Penciptaan Nilai Tambah Kopi Spesial

Permintaan kopi jenis arabika dari waktu ke waktu terus meningkat mengingat kopi arabika yang dihasilkan oleh berbagai daerah di Indonesia mempunyai karakteristik citarasa (*acidity, aroma, flavour*) yang unik dan ekselen. Dengan peningkatan kesejahteraan dan gaya hidup masyarakat Indonesia, khususnya di perkotaan, potensi kopi domestik Indonesia sangat besar. Disisi lain, peningkatan konsumsi baik domestik maupun dunia, menuntut perbaikan terhadap kualitas biji kopi yang dihasilkan khususnya untuk pasar kopi spesial.

Petani kopi di Indonesia pada umumnya melakukan perbanyakan dengan mengambil biji dari kebun – kebun kopi yang hasilnya cukup bagus, Dengan berkembangnya teknologi, perbanyakan tanaman kopi dilakukan dengan membuat bibit okulasi, pada tanaman yang tumbuh dari biji, bagian atasnya dipotong dan disambung dengan cabang yang berasal dari tanaman kopi yang memiliki produksi tinggi.

Selain itu, perbanyakan tanaman juga dilakukan di laboratorium melalui teknologi *culture jaringan*. Dengan teknologi ini dari bagian tanaman (daun, bunga) dapat dihasilkan jutaan tanaman kopi baru. Varietas kopi yang boleh ditanam adalah yang telah ditetapkan oleh pemerintah sebagai benih bina, yakni jenis kopi yang memiliki berbagai keunggulan seperti produksi yang tinggi, tahan terhadap penyakit, cepat berbuah dan memiliki keunggulan cita rasa.

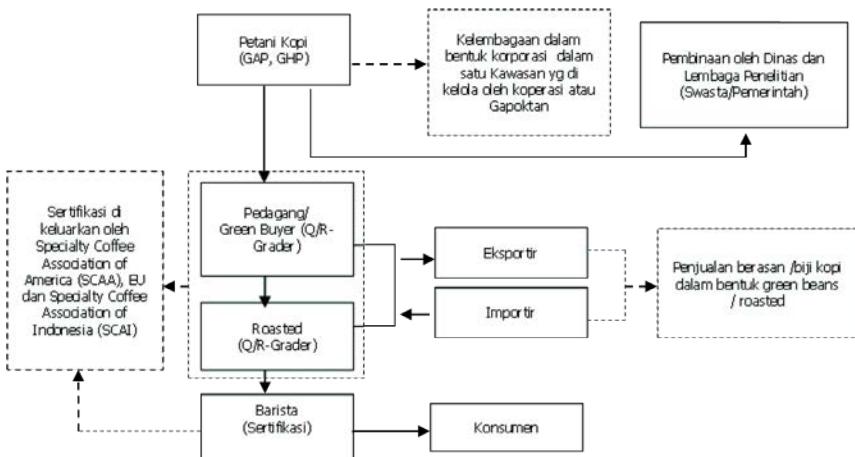
Untuk dapat menghasilkan biji kopi yang berkualitas salah satu strategi yang dapat diterapkan ialah pengembangan kawasan budidaya kopi sehingga dapat menciptakan sinergitas antara varietas, mutu, skala ekonomi, dan teknologi pasca panen yang sesuai dengan *Good Agriculture Practice (GAP)* dan *Good Handling Product (GHP)*. Dengan dihasilkannya biji kopi yang berkualitas sesuai dengan standar yang telah ditetapkan akan menciptakan nilai tambah karena harga jual yang diterima petani akan lebih baik serta adanya kepastian pasar karena akan berdampak pada terbentuknya konsumen – konsumen yang loyal sehingga pada akhirnya akan menjadi pelanggan.

Sementara ditingkat pedagang sampai ke konsumen akan terbentuk rantai pasok/rantai nilai yang telah disepakati dan diterapkan dengan baik mulai dari *Green Buyer* (Pedagang pengumpul), *Roasted* yang sudah memiliki sertifikat *Q/R Grader* sampai ke Barista yang sudah memiliki sertifikat sebagai Barista yang kesemuanya dikeluarkan Lembaga sertifikasi baik nasional maupun internasional (Gambar 1).

Untuk mendapatkan kopi yang berkualitas dimulai dari bibit yang berkualitas dan bibit yang berkualitas tidak akan bermanfaat apabila tidak ditangani oleh petani yang mempunyai kemampuan pengetahuan yang baik mulai dari pananaman, pemeliharaan, perawatan sampai pada tahap pasca panen. Oleh karena itu peningkatan kemampuan petani dan pembentukan kelembagaan kelompok tani dalam bentuk korporasi serta penanaman kopi dalam satu Kawasan sangat diperlukan, karena dengan kelembagaan dalam bentuk korporasi akan memudahkan petani dalam budidaya karena berada dalam satu manajemen mulai dari varietas, pola tanam, pemeliharaan serta waktu panen yang akan menghasilkan kopi yang bermutu tinggi serta seragam baik citarasa, aroma dan tingkat keasaman.

Pemerintah sebagai regulator mempunyai peranan yang sangat penting mulai dari budiday sampai dengan pemasaran, dari sisi budidaya tanpa adanya campur tangan pemerintah mulai dari aturan penyediaan bibit berkualitas, pendampingan, peningkatan kapasitas sumberdaya petani, pembentukan kelembagaan petani, dan perencanaan dalam

pembentukan Kawasan perkebunan kopi tujuan untuk menghasilkan kopi yang mempunyai kualitas baik merupakan suatu keniscayaan. Sementara, dari sisi pemasaran tanpa adanya campur pemerintah dalam hal peraturan dan investasi terutama dibidang infrastruktur maka pasokan barang tidak akan berjalan dengan baik dan harga yang akan diterima konsumen akan tinggi.



Gambar 1. Strategi peningkatan nilai tambah dalam bentuk korporasi di dalam satu kawasan

Apabila permasalahan ditingkat budidaya dan pasokan barang sudah dapat teratasi dengan baik, maka permasalahan dipelaku usaha selanjutnya hanya terkait dengan permasalahan teknis mengenai aturan – aturan standarisasi karena dalam perdagangan kopi spesial mulai dari green buyer sampai kepada barista ataupun eskportir, semua pelaku usaha tersebut sudah mempunyai sertifikasi yang menggambarkan keahlian pelaku usaha dalam bidang kopi spesial. Jadi permasalahan utama dalam perdagangan kopi spesial adalah ditingkat budidaya dan untuk mengatasi permasalahan tersebut peran pemerintah sangat penting terutama dalam membangun kelembagaan petani yang berbentuk korporasi dan berada dalam satu kawasan.

Strategi Pengembangan Kopi Special

Kanvas strategi adalah kerangka aksi sekaligus diagnosis untuk membangun strategi *Blue Ocean Strategy* yang baik. Kanvas strategi merupakan sebuah kerangka analitis yang penting bagi inovasi nilai dan penciptaan samudra biru. Fungsi-fungsi kanvas strategi yaitu merangkum situasi pasar yang sudah dikenal dan memahami faktor-faktor apa yang sedang dijadikan ajang kompetisi dalam produk, jasa dan pengiriman serta memahami apa yang dapatkan konsumen dari penawaran kompetitif yang ada di pasar.

Kopi asal Indonesia sebagian besar adalah jenis robusta, namun Indonesia memiliki beberapa kopi arabika jenis premium yang dikenal dengan sebutan specialty. Kopi berkualitas premium tidak terbatas pada Java Kopi tapi terdapat pula jenis lainnya dan diakui sebagai kopi termahal. Tanaman kopi membutuhkan kondisi lingkungan yang ideal agar dapat tumbuh dengan baik. Kopi Arabika tidak menyukai suhu yang terlalu panas suhu ideal antara 15 – 25 °C, dengan curah hujan sekitar 1.250 – 2.500 mm/th dengan ketinggian ideal di atas 1.000 mdpl dan membutuhkan waktu kering untuk pembungaan tidak lebih dari 3 bulan, sedangkan untuk kopi Robusta lingkungan yang ideal pada ketinggian 100 – 600 mdpl, dengan suhu berkisar 21 – 24 °C dan curah hujan berkisar 1.250 – 2.500 mm/th dan membutuhkan waktu kering lebih lama dibanding arabika yaitu lebih dari 3 bulan (Yusianto, 2013). Sehingga Kopi special tidak diproduksi dalam jumlah banyak baik jenis rabusta (*fine robusta*) maupun kopi jenis arabika sehingga ketersediaannya belum tentu ada sepanjang tahun.

Ada banyak proses dan elemen dalam kopi spesial tidak hanya jenis kopinya saja tetapi tentang semua hal yang terlibat mulai dari proses kopi ditanam sampai akhirnya ke konsumen akhir. Semua komponen yang saling berhubungan inilah yang membentuk rantai kopi spesial yang meliputi: petani, *green buyer*, *roaster*, *barista* dan konsumen (otten magazine, 2016). Untuk merekonstruksi faktor-faktor nilai pembeli dalam membuat kurva nilai baru maka dibutuhkan kerangka kerja empat langkah yaitu:

Eliminate. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kopi robusta terbesar di dunia akan tetapi dari sisi kualitas masih kalah oleh Vietnam, sedangkan untuk kopi jenis arabika Indonesia mempunyai karakteristik citarasa (*acidity, aroma, flavour*) yang unik dan ekselen akan tetapi produksinya tidak selalu ada sepanjang tahun. Walaupun Indonesia mempunyai potensi yang baik untuk menjadi pemain kopi utama dunia, akan tetapi permasalahan utamanya ialah banyaknya tanaman kopi yang sudah berumur tua dan kurangnya bibit tanaman kopi yang berkualitas, oleh karena itu, program replanting untuk mengganti tanaman tua dan yang produktivitasnya rendah diganti dengan bibit tanaman kopi yang berkualitas mutlak diperlukan.

Reduce. Akar permasalahan dari kualitas kopi dan rendahnya produktivitas yang dihasilkan terutama perkebunan rakyat ialah petani kopi yang umurnya rata-rata sudah lanjut usia. Oleh karena itu, untuk mengurangi jumlah petani yang umurnya rata-rata sudah lanjut usia maka meningkatkan minat generasi muda/milennial untuk terlibat aktif dan terjun ke bidang pertanian khususnya bisnis kopi spesial merupakan salah satu yang tepat. Generasi muda memiliki potensi dan antusiasme generasi muda lebih adaptif terhadap adanya perubahan dan kedua semangat yang lebih besar sehingga bisa lebih produktif.

Untuk dapat mengatasi permasalahan di atas ialah dengan cara meningkatkan kemampuan sumberdaya manusia (SDM). Peningkatan kemampuan petani tidak hanya pada bagaimana peningkatan produksi dan produktivitas tanaman kopi tetapi juga peningkatan kemampuan petani dalam proses peningkatan nilai tambah kopi

Raise. Peningkatan peran pemerintah dalam pendampingan dan diseminasi hasil penelitian mulai dari budidaya hingga pemasaran mutlak diperlukan serta peran dalam penerapan teknologi digital yang lebih realistik berdasarkan permasalahan yang ditemukan, sehingga mampu memberi solusi dari permasalahan teknologi yang dikembangkan. Penerapan teknologi digital dalam strategi bisnis kopi spesial harus bersifat spesifik waktu, wilayah dan stakeholder (petani/pengusaha, dll) dengan memperhatikan karakteristik teknologi, wilayah serta aspek sosial budaya dan ekonomi petaninya sehingga sinergitas antara petani, kelembagaan petani dan pelaku usaha lainnya dapat tercipta dengan baik.

Create. Menciptakan pertanian presisi dan pertanian pintar (*smart farming*) dapat menjadi langkah awal untuk membangun pertanian kopi modern dengan memanfaatkan elemen dan teknologi kunci dalam industri 4.0 untuk seluruh praktik pertanian dan proses produksi dari hulu-hilir secara tepat (presisi), efisien dan berdaya saing.

Penciptaan inovasi dalam membangun sebuah merek merupakan salah satu strategi penting dalam suatu Bisnis. Merk digunakan untuk mengenali produk dan jasa serta mencerminkan suatu produk dengan tingkat kualitas tertentu yang mampu membedakan dari produk lain dan didesain untuk memenuhi produk yang sama. merk dapat menciptakan suatu kerangka berpikir agar konsumen bisa memahami produk, membantu mereka dalam membuat keputusan, dan dapat memberikan value.

Emosional branding merupakan strategi merk yang terintegrasi mulai dari (penciptaan merk dengan nuansa emosional) yang dapat memberikan nilai jangka panjang pada merk atau produk. *Emotional branding* terkait dengan pengalaman inderawi desain (identitas yang kreatif dan terintegrasi) yang membuat pelanggan merasakan produk, desain yang membuat anda membeli produk. Emosional Branding merupakan suatu campuran dinamis dari antropologi, imajinasi, pengalaman panca indera dan pendekatan visioner menuju perubahan. Penciptaan sebuah merk dengan pendekatan emosional branding dalam bisnis kopi spesialti di Indonesia merupakan strategi yang sangat tepat, bagaimana strategi tersebut dapat membuat kopi spesialti mudah dingat.

Membangun Kompetensi Digital Pelaku Usaha Kopi Spesial

Kesiapan sumberdaya manusia menjadi permasalahan utama dalam menghadapi era Industri 4.0, peran aktif lembaga pemerintahan, baik pusat, provinsi, kab/kota, bahkan aparat desa dalam memeratakan serta meningkatkan pengetahuan masyarakat petani tentang manfaat penggunaan internet sangat diperlukan. Pengembangan Sumberdaya Manusia melalui: (a) peningkatan kualitas pelaku/aktor dari generasi

milenial, (b) Penyuluhan dan pelatihan petani tentang teknologi dan informasi pemanfaatan *Internet of Thing*, (c) Pembangunan infrastruktur teknologi dan informasi, serta melakukan penyempurnaan kelembagaan petani dan pertanian (penyuluhan, koperasi, penguasaan lahan, konsolidasi lahan), (Masyhuri, 2018).

Akar permasalahan dari kualitas kopi adalah sebagian besar produksi kopi yang dihasilnya tidak sesuai dengan standarisasi, rata-rata pohon kopi sudah berumur tua serta letaknya yang tersebar dan masalah paling krusial ialah petani kopi yang rata-rata sudah berumur tua. Untuk dapat mengatasi permasalahan di atas adalah dengan meningkatkan kemampuan sumberdaya manusia (SDM). Peningkatan kemampuan petani tidak hanya pada bagaimana peningkatan produksi dan produktivitas tanaman kopi tetapi juga peningkatan kemampuan petani dalam proses peningkatan nilai tambah kopi.

Pesatnya perkembangan teknologi informasi dan komunikasi membawa perubahan yang besar di berbagai bidang kehidupan. Tidak terkecuali perkembangan di bidang pertanian. Masuknya pengaruh globalisasi, pendidikan masa mendatang akan lebih bersifat dua arah, kompetitif, multidisipliner, serta tingginya produktivitas, (Kementan, 2019). Salah satu tujuan Revolusi Industri 4.0 di sektor pertanian adalah meningkatkan produktivitas pertanian secara efektif dan efisien. Tugas utama pemerintah dan pemangku kepentingan yaitu mengedukasi petani untuk beralih dari sistem tradisional ke sistem yang berbasis digital. Langkah yang paling mudah dilakukan yaitu merangkul dan mendorong generasi muda untuk terlibat aktif dan terjun ke bidang pertanian. Generasi muda memiliki potensi dan andil besar dalam perubahan sistem pertanian di Indonesia, hal ini disebabkan oleh dua hal yaitu pertama pemuda lebih adaptif terhadap adanya perubahan dan kedua semangat yang lebih besar sehingga bisa lebih produktif (Fitriandoyo H, 2019).

Untuk dapat membangun kompetensi digital bagi para pelaku agribisnis kopi spesial terutama ditingkat budidaya sehingga dapat bersaing dalam era industri 4.0 ialah dengan mengoptimal peran generasi muda agar mampu menguasai sistem yang berbasis digital. Kemampuan menguasai sistem berbasis digital mutlak harus dikuasai oleh petani kopi terutama

generasi muda dikarenakan kedepan kapabilitas produksi akan berlandaskan kepada koneksi dan *Internet of Thing*, otomasi secara masif dengan memodifikasi rantai nilai dan model bisnis berdasarkan referensi pengetahuan, analisis dan pertukaran nilai serta adaptasi terhadap teknologi eksisting (Sutanto, H, 2019).

Optimalisasi kinerja kelembagaan ditingkat petani dan penyuluhan pertanian dalam peningkatan SDM petani kopi akan memberikan dampak yang positif disamping memberikan ruang yang cukup besar bagi sektor swasta melalui privatisasi penyuluhan sehingga diharapkan dapat mendorong terciptanya penyediaan layanan informasi pertanian yang lebih kompetitif, efisien, dan efektif. Dalam era industri 4.0 peningkatan efisiensi di setiap tahapan rantai nilai dan rantai pasok akan menuntun ekosistem usaha menjadi lebih luas. Sebagai implikasi, akan tumbuh pelaku-pelaku usaha yang hanya memfokuskan diri kepada sebagian tahapan rantai pasok yang menjadi kompetensi inti dan ini akan menuntut perlunya sumberdaya manusia yang kompeten dalam merintis dan menjalankan usaha tersebut.

Penutup

Dilihat dari sejarahnya, perdagangan kopi cukup dinamis, sebelum abad 18 bangsa arab yang memonopoli perdagangan kopi, lalu Belanda menggeser posisi Mocha sebagai pelabuhan ekspor kopi dengan menjadikan Indonesia sebagai penghasil kopi terbesar dunia, tidak lama kemudian serangan karat daun (*Hemileiavastatrix*) menghancurkan kopi Indonesia dan pada waktu bersamaan Brazil muncul sebagai produsen kopi terpenting dunia bersama kolombia dan berlanjut hingga saat ini. Vietnam yang selama berabad – abad tidak dianggap sebagai produsen kopi cukup penting, mulai menempatkan diri sebagai produsen kopi terbesar kedua dan kondisi ini berlanjut hingga saat ini

Permintaan kopi jenis arabika dari waktu ke waktu terus meningkat mengingat kopi arabika yang dihasilkan oleh berbagai daerah di Indonesia mempunyai karakteristik citarasa (acidity, aroma, flavour) yang unik dan ekselen. Dengan peningkatan kesejahteraan dan gaya hidup masyarakat

Indonesia, khususnya di perkotaan, potensi kopi domestik Indonesia sangat besar. Terlebih Indonesia memiliki kopi lokal yang mempunyai kualitas spesial yang sudah terkenal seperti: Lintong, Mandailing, Gayo, Toraja, Kalosi, Kintamani Bali, Flores-bajawa, Lembah Baliem/Wamena, Java Estate, Java Preanger, Java dan Sumatra luwak Arabika.

Pemerintah sebagai regulator mempunyai peranan yang sangat penting mulai dari budidaya sampai dengan pemasaran, dari sisi budidaya tanpa adanya campur tangan pemerintah mulai dari aturan penyediaan bibit berkualitas, pendampingan, peningkatan kapasitas sumberdaya petani, pembentukan kelembagaan petani, dan perencanaan dalam pembentukan Kawasan perkebunan kopi yang bertujuan untuk menghasilkan kopi yang mempunyai kualitas baik merupakan suatu keniscayaan. Sementara, dari sisi pemasaran tanpa adanya campur pemerintah dalam hal peraturan dan investasi terutama dibidang infrastruktur maka pasokan barang tidak akan berjalan dengan baik dan harga yang akan diterima konsumen akan tinggi

Empat kerangka kerja dalam strategi *Blue Ocean Strategy* menggambarkan strategi bisnis apa yang akan diambil dalam meningkatkan bisnis kopi spesial di Indonesia yang yaitu:

- a) *Eliminate*, Walaupun Indonesia mempunyai potensi yang baik untuk menjadi pemain kopi utama dunia, akan tetapi permasalahannya ialah banyaknya tanaman kopi yang sudah berumur tua dan kurangnya bibit tanaman kopi yang berkualitas, oleh karena itu, program *replanting* untuk mengganti tanaman tua dan yang produktivitasnya rendah untuk diganti dengan bibit tanaman kopi yang berkualitas mutlak diperlukan,
- b) *Reduce*, mengurangi jumlah petani yang umurnya rata-rata sudah lanjut usia maka meningkatkan minat generasi muda/milenial untuk terlibat aktif dan terjun ke bidang pertanian khususnya bisnis kopi spesial merupakan salah satu langkah yang tepat. Generasi muda memiliki potensi dan andil karena generasi muda lebih adaptif terhadap adanya perubahan dan kedua semangat yang lebih besar sehingga bisa lebih produktif,

- c) *Raise*, Peningkatan peran pemerintah dalam pendampingan dan diseminasi hasil penelitian mulai dari budidaya hingga pemasaran mutlak diperlukan serta peran dalam penerapan teknologi digital dan bersifat spesifik waktu, wilayah dan *stakeholder* (petani/ pengusaha, dll) dengan memperhatikan karakteristik teknologi, wilayah serta aspek sosial budaya dan ekonomi petaninya sehingga sinergitas antara petani, kelembagaan petani dan pelaku usaha lainnya dapat tercipta dengan baik, dan
- d) *Create*, Menciptakan pertanian presisi dan pertanian pintar (*smart farming*) dapat menjadi langkah awal untuk membangun pertanian kopi modern dengan memanfaatkan elemen dan teknologi kunci dalam industri 4.0 untuk seluruh praktek pertanian dan proses produksi dari hulu-hilir secara tepat (presisi), efisien dan berdaya saing, serta Penciptaan inovasi dalam membangun sebuah merek merupakan salah satu strategi penting dalam suatu Bisnis, *Emosional branding* merupakan strategi merk yang terintegrasi mulai dari (penciptaan merk dengan nuansa emosional) yang dapat memberikan nilai jangka panjang pada merk atau produk.

Kesiapan sumberdaya manusia menjadi permasalahan utama dalam menghadapi era Industri 4.0, peran aktif lembaga pemerintahan, baik pusat, provinsi, kab/kota, bahkan aparat desa dalam memeratakan serta meningkatkan pengetahuan masyarakat petani tentang manfaat penggunaan internet sangat diperlukan. Dalam konteks industri 4.0, rantai pasok dicirikan oleh tingkat interkoneksi cyber-fisik yang tinggi, diaktifkan oleh sensor yang mengumpulkan data dalam skala besar, kecepatan dan ketepatan waktu dalam mengoptimalkan kinerja rantai pasok.

Transformasi industri 4.0 harus melibatkan banyak pemangku kepentingan yang harus terintegrasi dan komprehensif mulai dari perusahaan teknologi, penyedia layanan logistik, produsen (kecil dan menengah), infrastruktur dan pemerintah sebagai regulator melalui kebijakan yang diambil serta peraturan publik.

Permasalahan utama dalam pengembangan kopi spesial di Indonesia terletak di permasalahan budidaya dimana produk kopi yang dihasilkan sebagian besar belum sesuai dengan standarisasi yang ditetapkan dan belum dapat memenuhi permintaan pasar.

Dengan permasalahan tersebut maka dampaknya dapat langsung dirasakan oleh pelaku usaha kopi lainnya seperti *green buyer*, *roaster*, *barista/café* dan eksportir yang disebabkan oleh kesulitan dalam mendapat bahan baku biji kopi yang berkualitas dan kontinuitas dalam pasokannya. Peningkatan kualitas kopi melalui penerapan Teknik budidaya dan pengolahan pasca panen yang baik merupakan masalah krusial yang harus dibenahi dan Peran dari Dinas Pertanian dan Lembaga Penelitian (pemerintah/swasta) merupakan kunci dalam mengatasi berbagai masalah di tingkat budidaya.

Daftar Pustaka

- Birecki, M. 22.05.2015. What's the difference between Business Strategy and Marketing Strategy? Quora. <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-business-strategy-and-marketing-strategy>, diunduh 2 Oktober 2019.
- Braun et al. 2018. Farming in the Era Industrie 4.0, 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems. Proceeding CIRP 72 (2018), 979 – 984.
- Fitriandoyo. 2019. Sebuah Keniscayaan Mengedukasi Petani Untuk Beralih Ke Sistem Berbasis Digital, Warta Pertanian, Volume I/Edisi Januari 2019, Kementerian Pertanian.
- Fred R. David. 2005. Strategic Management concepts and cases (10th ed.). New Jersey (US): Pearson Prentice Hall.
- Hunger, J. D., and T.L. Wheelen. 2001. Manajemen strategis (5th ed.). Jakarta (ID): The Jakarta Consulting Group.
- Kementan, 2018. Pedoman Pengembangan Kawasan Pertanian. Berbasis Korporasi Petani. Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) Nomor: 18 tahun 2018.

- Kim, Chan W., and Renee Mauborgne. 2006. Blue ocean strategy. Jakarta (ID): PT.Serambi Ilmu Semesta.
- Kotler, P., and G. Armstrong, Principles of Marketing, 12th ed. Terjemahan. Bob Sabran, 2008, "Prinsip-Prinsip Pemasaran", Penerbit: Erlangga.
- Kopi spesial. 2019. Kopi_spesial, https://id.wikipedia.org/wiki/Kopi_spesial, diunduh tanggal 15 Oktober 2019.
- Otten magazine. 2016. Kopi Specialty Vs Komersil: Apa Bedanya, Posted 17 Desember 2016.
- Parrish, E.D. 2003. Niche Market Opportunities in the Global Marketplace. [PhD Thesis] Raleigh, NC (US): North Carolina State University.
- Sarker, M.A.H., S. Begum. 2013. Marketing Strategies for Tourism Industry in Bangladesh: Emphasize on Niche Market Strategy for Attracting Foreign Tourists. International Refereed Research Journal, Vol.4.
- Susanto, A.B. 2017. A Hand Book for Coffe Lover. Jakarta (ID): The Jakarta Consulting Group
- Sutanto, H.H. 2019. Perspektif Pengembangan Pertanian Bioindustri Era Pertanian 4.0 Peluang Penerapan Digitalisasi Modern Farming Dalam Model Pertanian Bioindustri, Bogor, 29 April 2019.
- Toften, K., and T. Hammervoll. 2009. Niche Firms and Marketing Strategy: an exploratory study of an internationally oriented niche firms. European Journal of Marketing. 43: (11-12): 1378–1391.
- Yusianto. 2013. Karakteristik Kopi Indonesia. Jember (ID): Pusat Penelitian Kopi Dan Kakao

Mendukung Kemampuan Lingkungan Kebijakan Menuju Pertanian Masa Depan

Sri Asih Rohmani

Merespon dinamika sistem pangan global dan semakin kompleksnya tantangan pembangunan pertanian ke depan, baik dalam aspek sumberdaya, proses produksi dan ekonomi, maupun lingkungan, menuntut sistem pangan dan pertanian global melakukan reorientasi perubahan.

Orientasi pembangunan pertanian ke depan tidak hanya memberikan penekanan pada upaya untuk dapat memperoleh lompatan produksi dan produkivitas guna memenuhi kebutuhan pangan yang terus bertambah, namun dituntut juga untuk memastikan bahwa keseluruhan proses produksi dan transformasi produk pangan dari hulu-hilir dapat berjalan efisien, berdaya saing dan memberikan nilai tambah. Untuk itu, perlunya penerapan pertanian presisi dalam keseluruhan proses untuk menghasilkan produk yang lebih berkualitas, kompetitif, sesuai preferensi konsumen dengan “kustomisasi produk” yang diterima oleh pasar.

Menjawab tantangan dan dinamika perubahan dimaksud, Balitbangtan berinisiatif memberikan pandangan sebagai kerangka kebijakan berprespektif masa depan yang dapat menjadi pijakan dalam penyusunan peta jalan dan strategi membangun pertanian modern yang mampu menyejahterakan pelaku usahanya. Urgensi pembangunan pertanian ke depan mengisyaratkan pentingnya bergerak bersama menuju pertanian modern dengan memanfaatkan secara optimal kemajuan ICT era industri 4.0 yang mampu mewujudkan keberlanjutan sistem pangan dan pertanian sekaligus menjamin kelestarian sumber daya alam dan lingkungan.

Agar dapat mengembangkan seluruh potensi kemajuan teknologi komunikasi dan keunggulan informasi secara optimal, salah satu strategi yang diperlukan adalah membangun kolaborasi dan kerjasama dengan berbagai lembaga riset, para pakar, *stakeholders* serta komunitas dalam penciptaan teknologi dan pengembangan sistem inovasi pertanian.

Kunci keberhasilannya terletak pada pendekatan “*learning process*” menghasilkan teknologi inovatif yang mampu merespon dinamika sistem pangan global, dilandasi spirit kebersamaan penelitian dan pengembangan menuju perubahan, disertai rangkaian alternatif tindakan antisipatif dengan memanfaatkan disrupti teknologi era industri 4.0 untuk kemajuan pertanian Indonesia dan perbaikan kesejahteraan petani.

Dengan berbagai permasalahan yang dihadapi, arah kebijakan dan perspektif membangun pertanian modern di masa depan, telah memberikan gambaran tentang eksistensi pertanian dewasa ini dan langkah langkah kebijakan yang diperlukan untuk melakukan proses transformasi melewati masa transisi untuk menuju pertanian masa depan. Dalam konteks perjalanan dan keseluruhan proses belajar diberikan pemikiran ciri-ciri inovasi dan kebijakan yang diperlukan dalam sebuah masyarakat belajar atau *learning society* serta usulan langkah-langkah kebijakan transformatif yang seyogyanya dilakukan.

Berpijak dari kondisi saat ini yang sebagian wilayah pertanian Indonesia masih berada pada tahapan introduksi alat dan mesin pertanian (ciri dari industri 2.0) yang dalam perkembangannya sebagian telah menerapkan teknologi ICT sebagai ciri dari industri 3.0 menunjukkan suatu perkembangan dan harapan prospektif bagi pertanian Indonesia di masa depan yang sebagian besar penduduknya berada di wilayah pedesaan dengan penghasilan bergantung dari lahan pertanian yang relatif kecil (atau sebagai buruh tani).

Berbagai pemikiran terobosan untuk keluar dari jerat kemiskinan memerlukan langkah-langkah secara menyeluruh dengan memperhatikan berbagai persoalan yang dihadapi bagi peningkatan produksi pertanian dan pangan secara berkelanjutan. Pada masa transisi diperlukan kebijakan dan peran pemerintah yang efektif untuk mewujudkan terjadinya proses

bertransformasi secara berkesinambungan, melalui langkah-langkah kebijakan inovatif yaitu:

1. Mendorong proses komunikasi yang efektif antara generasi milenial dan generasi senior di pedesaan, dengan melakukan transformasi peran penyuluhan pertanian (dari pendekatan tradisional menjadi fasilitator proses komunikasi antara generasi milenial dan generasi senior);
2. Pemetaan menyeluruh tentang status wilayah ekoregion berdasarkan tahap perkembangan industri;
3. Penetapan suatu *roadmap* dan rencana strategis untuk mewujudkan visi pertanian masa depan dengan langkah kebijakan yang menetapkan pemerintah sebagai akselerator dari proses pada berbagai tahap pembangunan; dan
4. Pendekatan penyuluhan partisipatif dengan mengoptimalkan ketersediaan informasi berbasiskan *internet of thing* (iot) dan *internet of services* (ios) akan membantu proses penyuluhan pertanian berjalan lebih cepat dan efektif, sehingga memainkan peranan penting dalam pembangunan pedesaan.

Komitmen dan kemauan bersama untuk beradaptasi perlu terus dibangun melalui serangkaian tindakan antisipasi untuk menerapkan berbagai aktivitas pertanian presisi, khususnya aspek pemantauan yang mendukung peningkatan produksi dan produktivitas secara efisien.

Upaya peningkatan penerapan pertanian presisi berbasiskan ICT dilakukan antara lain melalui serangkaian tindakan mengidentifikasi, menganalisis, dan mengelola variabilitas berbagai variabel dengan teknik “proximal sensing” menggunakan drone sehingga mendapatkan manfaat optimal bagi keberlanjutan dan perlindungan sumber daya lahan. Dalam skala besar, pemantauan yang tepat dari lahan yang dibudidayakan adalah tugas yang cukup menantang. Salah satu kemajuan teknologi yang dapat diterapkan untuk pemantauan pertanian presisi, adalah melalui penggunaan drone yang dilengkapi dengan berbagai kamera multispektral, thermal dan sesuai dengan berbagai tujuan.

Agar pertanian masa depan dapat diimplementasikan secara terintegrasi dalam pengembangan sumber daya manusia dalam mewujudkan kesejahteraan, diperlukan acuan bersama untuk memperlancar proses transformasi menuju pembangunan pertanian masa depan. Arah kebijakan secara nasional perlu dirumuskan ke dalam RPJMN dan Rencana Strategis (Renstra) Kementerian Pertanian (Kementan) serta penyusunan *roadmap* menuju pertanian era industri 4.0, yaitu *roadmap* transformasi menuju pertanian digital.

Design pertanian digital (era industri 4.0) diupayakan dilakukan dengan pendekatan proses pembelajaran yang memperkuat pertanian rakyat dan inklusif bagi petani kecil dengan disertai penyesuaian dan adaptasi teknologi digital sehingga *compatible* dengan kondisi sistem usaha tani, logistik dan keseluruhan rantai produksi pertanian di Indonesia. Pada akhirnya transformasi menuju pertanian masa depan adalah suatu proses kompleks yang memerlukan pemahaman menyeluruh, koordinasi dalam pelaksanaan dan komitmen politik yang kuat oleh pemerintah. Untuk itu, diperlukan inisiatif dari

Kementerian untuk mulai menyusun rancangan komprehensif dan strategis yang perlu disepakati oleh berbagai pemangku kepentingan terkait serta untuk membangun kesamaan dan keterpaduan pola pikir dalam mempersiapkan pelaksanaan pertanian digital di masa depan.

Mendukung proses transformasi tersebut, langkah pertama diperlukan pemetaan kondisi infrastuktur fisik dan koneksi jaringan pertanian, baik dalam pembangunan bioindustri maupun pembangunan kawasan pertanian di Indonesia dan kapasitas pelakunya. Saat ini kinerja pembangunan pertanian bioindustri di masing-masing kawasan masih banyak yang termasuk kategori teknologi industri 2.0, namun demikian telah terdapat beberapa kawasan pertanian yang lebih maju dan mencapai kategori teknologi industri 3.0 dengan basis ICT/digitalisasi dan *precision farming*.

Inventarisasi ini sangat penting untuk menentukan arah pengembangannya ke depan yang antara lain akan ditujukan pada: 1) Membangun dan meningkatkan infrastruktur teknologi bagi perbaikan dan peningkatan volume data, kekuatan komputasi dan konektivitas; 2) Mendorong sistem pengetahuan yang mendukung kemampuan analisis dan kecerdasan bisnis; 3) mempercepat terjadinya berbagai bentuk interaksi baru antara manusia dengan manusia (*man to man*), antar manusia dengan mesin (*man to machine*), dan antar mesin (*machine to machine*) pada berbagai model pertanian bioindustri dalam sebuah kawasan pertanian; serta 4) Menciptakan berbagai model perbaikan instruksi transfer digital ke dunia fisik. Berbagai peningkatan ini akan menjadi pengungkit bekerjanya proses pembelajaran seluruh pelaku dan pihak dalam bertransformasi mewujudkan pertanian 4.0 di Indonesia.

Buku Manajemen Kebijakan, Teknologi Inovatif dan Kelembagaan Mendukung Pertanian Modern di Masa Depan disusun sebagai wujud kristalisasi hasil pemikiran dan pengalaman baik “best practice” dari para pakar, ilmuwan dan peneliti berbagai bidang disiplin serta praktisi di sektor pembangunan pertanian terkait dengan gagasan terobosan dalam manajemen kebijakan, teknologi inovatif dan kelembagaan menuju pertanian 4.0 di masa depan.

Dengan buku ini, diharapkan para pemegang dan perumus kebijakan dapat memanfaatkannya sebagai salah satu pendorong munculnya ide-ide pemikiran kreatif dan inovatif dalam penciptaan teknologi dan pengembangan inovasi pertanian modern sehingga berkontribusi bagi keberlanjutan sistem pangan dan pertanian yang bermuara pada pencapaian kesejahteraan petani.

Indeks

A

aeroponic 27
agribisnis 14, 125, 141, 326, 390, 394, 395, 435, 441, 442, 444, 446, 447, 480
agri-food 26, 33, 398
agroforestri 18
airborne 155
akademisi 5, 41
aktual 8, 157, 191, 209, 210, 284
akuakultur 18, 19, 218
android 77, 164, 230, 233, 234, 239, 246, 394
Artificial Intelligent 162, 200
Asia Pacific 79, 160

B

baby boomer 23
bentangan lahan 17
beradaptasi 7, 8, 38, 40, 43, 50, 53, 59, 62, 122, 197, 199, 223, 360, 366, 519, 531, 547
berdaya saing 5, 6, 38, 39, 41, 52, 520, 531, 537, 541, 545
big data 8, 29, 39, 43, 45, 59, 60, 74, 77, 81, 88, 163, 165, 219, 220, 292, 392
biologi 18, 59, 279, 325, 389
bioteknologi 8, 14, 49, 77, 257, 258, 264, 276, 277, 282, 290, 291, 294
building block 17

C

cairan 206, 214
canggih 11, 13, 45, 59, 74, 79, 176, 201, 208, 220, 221, 223, 229, 289, 346, 349, 353, 387, 488
Changer 200
citra cloud 210
citra foto 211, 214
Citra NDVI 205
citra satelit 156, 164, 166, 184, 208, 209, 210, 241
Cloud percentage 210
CO₂ 81, 102, 195
Communication 1, 3, 11, 68, 163, 196, 373
conflict violence 25
controller. 207
copter 206, 208, 209
counting 212
cross industry 28
Crowd Farming 28
cuaca 22, 27, 28, 60, 77, 78, 183, 186, 197, 203, 206, 210, 214, 216, 219, 489, 525, 527

D

database 22, 77, 137, 261, 332, 341
degradasi 12, 17, 19, 22, 23, 38, 53, 101, 153, 253, 347, 405
degradasi ringan 22
digital farming 1, 4, 12, 13, 14, 15, 24, 39, 44, 46, 47, 51, 170, 519, 531
Digital farming 13, 14, 52
diversifikasi 14, 18, 38, 116, 463
dosis mikro 18
driving forces 20

drone 28, 30, 43, 49, 74, 78, 80, 83, 88, 89, 138, 155, 161, 164, 188, 189, 190, 191, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 226, 328, 331, 346, 349, 351, 355, 378, 390, 462, 489, 516, 547

E

efektif 7, 11, 22, 24, 31, 66, 67, 130, 134, 135, 139, 144, 146, 154, 156, 161, 189, 215, 255, 289, 325, 424, 441, 444, 447, 519, 529, 538, 539, 546, 547
ekologi 4, 12, 13, 15, 17, 19, 20, 41, 45, 47, 53, 59, 108, 111, 114, 350, 362, 364, 365, 371, 451
ekologis 3, 17, 37, 59, 100, 101, 353
ekoregion 25, 31, 547
ekosistem 14, 17, 18, 19, 20, 30, 39, 59, 154, 214, 307, 319, 346, 347, 357, 367, 371, 485, 539
eksistensi 15, 37, 124, 491, 546
enabling environment 1, 4, 20, 29, 391
enthusiastic adopters 24
evolusi inovasi 4, 12, 39, 531

F

family farming 14
farming system 21
facilitator 24, 29, 31, 422, 547
fiksasi nitrogen 17
fragility 25

G

garda terdepan 29, 30
generasi milenial 4, 7, 12, 13, 14, 20, 23, 24, 25, 26, 31, 45, 46, 219, 222, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 399, 451, 453, 538, 547
generasi senior 12, 21, 31, 46, 547
genetic engineering 27
genome engineering 27
gizi 3, 4, 37, 47, 81, 82, 99, 200, 202, 275, 282, 331, 332
global 1, 3, 7, 8, 11, 13, 14, 22, 25, 29, 37, 38, 40, 42, 51, 60, 67, 102, 121, 122, 123, 126, 127, 128, 129, 139, 141, 156, 167, 195, 196, 272, 274, 275, 276, 284, 287, 288, 319, 328, 331, 337, 346, 354, 359, 362, 363, 377, 388, 408, 410, 413, 417, 423, 452, 478, 481, 483, 484, 517, 518, 527, 531, 545, 546
Goldman Sachs 25
greenhouse 27, 123

H

hama 17, 22, 53, 60, 79, 100, 101, 102, 103, 136, 140, 161, 164, 203, 205, 213, 217, 229, 253, 259, 275, 278, 279, 281, 282, 283, 288, 291, 292, 316, 317, 321, 324, 326, 327, 329, 331, 332, 352, 424, 443
harga pasar 107, 157, 443
harmonis 12, 45, 50, 130, 131, 135, 139, 146

- harmonisasi 106, 109, 141, 158, 169
hidrophonics 27
hutan 16, 37, 154, 214, 215, 276, 410, 498
Hyrien 156, 170
- |
- iklim 3, 12, 20, 22, 25, 29, 38, 42, 51, 75, 82, 83, 86, 102, 121, 122, 124, 136, 139, 195, 196, 218, 230, 231, 233, 234, 236, 237, 240, 246, 253, 254, 274, 275, 276, 290, 317, 318, 324, 330, 331, 347, 377, 388, 391, 396, 404, 410, 411, 420, 426, 432, 450, 526
immigrant milenial 24
industri 4.0 1, 2, 3, 6, 7, 11, 13, 25, 26, 30, 39, 40, 41, 42, 43, 49, 65, 66, 67, 71, 72, 74, 75, 77, 79, 80, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 160, 168, 196, 199, 216, 230, 249, 255, 263, 265, 289, 292, 377, 378, 385, 390, 392, 397, 399, 435, 440, 442, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 461, 478, 491, 516, 517, 518, 519, 522, 531, 537, 538, 539, 541, 545, 546, 548
Industri Pertanian 11
informatif 28
infrastruktur 1, 4, 24, 29, 46, 48, 53, 60, 67, 79, 88, 124, 164, 168, 197, 199, 202, 355, 361, 364, 369, 385, 415, 446, 451, 453, 471, 480, 485, 489, 491, 512, 534, 538, 540, 541, 549
inovasi pertanian 2, 5, 6, 41, 366, 546, 549
integrasi rantai nilai 42
interaksi 17, 26, 38, 44, 49, 67, 129, 236, 290, 327, 328, 358, 359, 365, 404, 436, 445, 450, 482, 549
interaktif 12, 23, 45, 52, 240
Internet of Things 26, 42, 74, 77, 78, 169, 346, 353, 449, 516
involusi 14, 15
- J
- jarak 86, 155, 162, 206, 221, 257, 293, 349, 356, 389, 439, 531
jaringan 17, 23, 46, 48, 52, 58, 74, 128, 160, 173, 197, 204, 278, 280, 292, 324, 328, 363, 420, 435, 446, 460, 472, 532, 548
jenis film 176
jenuh air 182
Jurnal 169, 171, 192, 193, 251, 267, 335, 338, 428, 429, 430, 431, 432, 453, 455, 474, 475, 493, 521, 522
- K
- kapasitas pelaku 38
kearifan lokal 4, 12, 13, 20, 45, 266, 371
kelembagaan 1, 2, 5, 7, 8, 13, 14, 19, 31, 38, 46, 56, 62, 127, 128, 222, 236, 245, 289, 345, 401, 402, 404, 415, 426, 433, 434, 435, 436, 438, 440, 441, 442, 444, 445, 446, 448, 449, 451, 452, 456, 471, 517, 518, 531, 533, 534, 536, 538, 539, 540, 541, 549

- kemiskinan 3, 11, 15, 19, 37, 40, 44, 49, 51, 53, 57, 61, 287, 354, 412, 414, 512, 521, 546
- kesejahteraan 1, 2, 4, 7, 11, 13, 15, 19, 38, 39, 40, 41, 44, 50, 51, 53, 55, 56, 62, 65, 66, 67, 83, 99, 105, 107, 115, 121, 175, 290, 345, 354, 361, 378, 393, 398, 404, 407, 409, 412, 416, 417, 425, 444, 491, 532, 539, 546, 548, 549
- kesejahteraan petani 2, 4, 7, 38, 41, 50, 51, 121, 290, 345, 354, 361, 398, 407, 416, 444, 546, 549
- komersial 17, 72, 73, 99, 201, 207, 209, 220, 265, 463, 529
- kompetensi 23, 43, 52, 95, 422, 538, 539
- kompetisi 3, 37, 121, 528, 535
- kompleksitas kehidupan 18
- konfigurasi 17, 19
- konservasi 18, 274
- konsolidasi lahan 17, 19, 89, 427, 451, 453, 538
- konstitusional 14
- konteks lokal 18
- konvensional 42, 53, 175, 176, 190, 219, 229, 255, 257, 262, 274, 277, 278, 282, 331, 346, 353, 354, 379, 435, 441, 461, 529, 530
- ## L
- land grabbing 14
- landscape) 17
- learning process 1, 5, 6, 41, 59, 65, 66, 546
- learning society 12, 13, 45, 546
- lingkungan 3, 7, 18, 20, 21, 22, 23, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 50, 53, 59, 60, 62, 81, 83, 86, 90, 99, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 114, 115, 117, 161, 164, 174, 189, 196, 201, 204, 208, 219, 231, 254, 257, 261, 276, 278, 281, 282, 283, 284, 288, 290, 295, 316, 317, 318, 321, 322, 323, 324, 325, 327, 328, 329, 331, 332, 347, 352, 353, 356, 365, 377, 380, 385, 388, 393, 403, 404, 411, 413, 415, 417, 425, 427, 451, 480, 491, 512, 518, 527, 535, 545
- ## M
- marginal 15, 17, 340
- mega trend 25, 26, 42
- middleclass 12
- migrasi 19, 368
- model pembelajaran 41, 67
- monitor 21, 53, 398
- monokultur 14
- multimedia 23
- multi strata 18
- ## N
- nanotechnology 28
- native milenial 24
- nilai tambah 5, 6, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 47, 53, 71, 72, 126, 127, 128, 167, 219, 224, 266, 378, 388, 393, 404, 409, 419, 440, 459, 460, 462, 463, 472, 499, 528, 533, 534, 536, 538, 545

O

- off farm 6, 39
operasional 18, 46, 105, 115, 130, 131, 145, 156, 159, 160, 164, 181, 184, 199, 216, 236, 346, 362, 367, 390, 518
optimal 38, 41, 43, 53, 82, 83, 106, 127, 154, 159, 162, 175, 197, 203, 221, 236, 255, 321, 323, 347, 354, 364, 367, 405, 419, 441, 444, 446, 460, 463, 480, 485, 516, 545, 546, 547
organik 17, 100, 229, 230, 326, 327, 329, 407, 408, 416

P

- pangan 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 26, 27, 29, 30, 37, 38, 40, 41, 42, 46, 47, 49, 51, 56, 57, 59, 63, 75, 80, 88, 89, 92, 95, 100, 101, 102, 103, 105, 107, 108, 109, 114, 115, 117, 121, 122, 123, 124, 126, 128, 136, 138, 141, 144, 153, 154, 157, 159, 195, 196, 253, 264, 267, 273, 274, 276, 278, 281, 282, 283, 288, 289, 290, 291, 293, 294, 295, 316, 331, 334, 340, 345, 346, 349, 353, 361, 375, 377, 387, 388, 392, 393, 394, 396, 400, 401, 405, 406, 407, 408, 410, 412, 415, 416, 425, 426, 427, 438, 440, 462, 463, 479, 482, 492, 498, 513, 518, 519, 545, 546, 549
pedesaan 4, 5, 11, 13, 14, 15, 18, 19, 24, 31, 40, 45, 54, 78, 161, 204, 217, 218, 219, 224, 364, 368, 389, 390, 408, 409, 426, 451, 462, 546, 547
pemasaran 6, 39
pembelajaran 5, 6, 8, 19, 20, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 64, 65, 66, 67, 87, 220, 222, 357, 396, 425, 426, 548, 549
pemetaan hasil 21
pemetaan teknologi 26
penetrasi 4, 13, 16, 29, 42, 46, 181, 222, 365, 490
perdagangan global 42
perspektif masyarakat 18
pertanian global 4, 38, 545
pertanian modern 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 53, 57, 59, 77, 89, 99, 100, 117, 161, 162, 196, 197, 199, 207, 223, 224, 229, 230, 289, 294, 346, 361, 362, 371, 378, 389, 393, 395, 396, 397, 433, 440, 516, 531, 545, 546, 549
polikultur 16, 19
prasarana 15, 29, 88, 96, 111, 136, 244, 401, 441, 517
precision agriculture 1, 7, 21, 49, 51, 224, 346, 372, 373, 374, 375, 489
precision farming 4, 12, 13, 15, 20, 21, 39, 41, 45, 46, 48, 75, 170, 186, 187, 188, 189, 191, 197, 531, 548
produksi pangan 11, 153, 195, 274, 275, 294, 415

proses produksi 5, 7, 17, 27, 38, 39, 41, 49, 72, 75, 79, 100, 101, 105, 108, 109, 111, 112, 114, 117, 195, 274, 289, 348, 353, 361, 363, 423, 445, 484, 492, 516, 517, 518, 519, 526, 531, 537, 541, 545
prospektif 11, 320, 389, 546

R

radiasi 155, 156
real time 6, 21, 28, 86, 154, 162, 183, 189, 199, 204, 206, 207, 215, 219, 223, 230, 239
remote sensing 22, 23, 193, 225, 262, 331, 346
revolusi bioteknologi 42
revolusi hijau 14, 99, 101, 258, 267, 274
roadmap 25, 30, 31, 65, 116, 118, 222, 264, 360, 547, 548

S

SDGs 3, 30, 33, 42, 56, 69, 196, 388, 393, 404, 412, 413, 414, 426, 430
shifting 6, 39
sinergi 18, 165, 168, 327, 448, 452
sinergistik 17
Sistem produksi 17
soko guru 15
sosiokultural 38
stabilitas produksi 18
subsisten 14, 72, 84, 87, 89, 254
sumber daya alam 38, 51, 61, 84, 136, 155, 173, 196, 218, 274, 377, 426, 545
suplemen nutrisi 27
system approach 21

T

temporal 21, 156, 167, 175, 182, 184, 185, 189, 200, 347
terlantar 16, 17, 19, 23
terobosan 2, 7, 8, 11, 14, 201, 361, 446, 546, 549
transformasi 1, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 28, 31, 38, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 65, 72, 78, 94, 182, 197, 199, 279, 280, 281, 365, 368, 461, 493, 517, 531, 545, 546, 547, 548
transformasi pangan 38
transformatif 1, 3, 7, 13, 19, 42, 53, 196, 546
transisi 1, 3, 13, 20, 24, 25, 26, 31, 38, 546

U

UAV 43, 155, 188, 189, 190, 191, 197
udara 43, 81, 159, 161, 174, 176, 198, 206, 212, 215, 217, 222, 223, 224, 387, 411
Undang Undang 141, 158
urban farming 27
urbanisasi 11, 25, 38, 42, 78, 408

V

vertikal 17, 27, 91, 349, 377, 440
visioner 20, 537
voluntir 24

W

waste 22
wirausaha 4, 22, 47, 394
World Economic Forum 25, 35, 374

Tentang Penulis

Agus S. Soemantri.

Peneliti Ahli Madya Bidang Pascapanen Pertanian pada Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
Badan Litbang pertanian. E-mail: assomantri2010@gmail.com

Andin H. Taryoto.

Lektor Kepala (purnabakti) Bidang Sosial pada Sekolah Tinggi Perikanan Cikaret, Bogor. E-mail: andincikaret@gmail.com

Aniversari Apriana.

Peneliti Ahli Muda Bidang Bioteknologi Pertanian Pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Badan Litbang Pertanian.

Email: nanas_setyawan@yahoo.com

Aris Pramudia.

Peneliti Ahli Madya Bidang Agroklimatologi dan Pencemaran Lingkungan pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Balitbangtan.
E-mail: arispramudia@yahoo.com

Atmitri Sisharmini.

Peneliti Ahli Muda Bidang Bioteknologi Pertanian Pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Badan Litbang Pertanian. E-mail: mitri.mb38@gmail.com

Bambang Sayaka.

Peneliti Ahli Madya, Bidang Ekonomi Pertanian pada Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian.
E-mail: bambangsayaka@yahoo.com

Budi Kartiwa.

Peneliti Ahli Madya Bidang Hidrologi dan Pengelolaan Air pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Balitbangtan. E-mail: budi.kartiwa@gmail.com

Budi Tangenjaya.

Profesor (Riset) Bidang Pakan dan Nutris Ternak pada Balai Penelitian Ternak, Puslitbang Peternakan, Badan Litbang Pertanian.

E-mail: budi_tangendjaja@yahoo.com

Eddy S. Yusuf.

Peneliti Ahli Pertama, Bidang Ekonomi Pertanian pada Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian.

E-mail: eddyyusuf12@gmail.com

Effendi Pasandaran.

Profesor Riset (purna bhakti), Bidang Agro Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. E-mail: epasandaran@yahoo.com

Elmi Kamsiati.

Peneliti Ahli Muda Bidang Pascapanen Pertanian pada Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Badan Litbang pertanian. E-mail: elmkamsiati@gmail.com

Haryono Soeparno.

Ketua Komisi Teknis Pangan dan Pertanian, Bidang Sains Komputer dan SIstem Pertanian Dewan Riset Nasional. Kemenristek DIKTI.

E-mail: haryono@binus.edu

Helena J. Purba.

Peneliti Ahli Muda Bidang Ekonomi Pertanian pada Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian.

E-mail: E-mail: hjpurba@yahoo.com

Heny Herawati.

Peneliti Ahli Madya Bidang Ilmu Pangan pada Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Badan Litbang Pertanian.
E-mail: herawati_heny@yahoo.com

Iwan Setiajie A.

Peneliti Ahli Madya Bidang Agribisnis dan Kelembagaan Usaha Tani pada Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian. E-mail: iwansetiajie@yahoo.com

Juni Hestina.

Peneliti Ahli Pertama Bidang Ekonomi Pertanian pada Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian.

E-mail: junielraraja@gmail.com

Kedi Suradisastra.

Profesor Riset (purnabakti), Bidang Sosiologi dan Kelembagaan pada Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian.

E-mail: kedisuradisastra@yahoo.com

Mewa Ariani.

Peneliti Ahli Utama, Bidang Ketahanan Pangan dan Ekonomi Pertanian pada Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian. E-mail: mewa_tan@yahoo.com

Muhammad Hikmat.

Peneliti Ahli Pertama, Bidang Evaluasi Sumberdaya Lahan dan Penginderaan Jauh pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Balitbangtan.

E-mail: muhammad_hikmat@ymail.com

Priatna Sasmita.

Peneliti Ahli Madya, Bidang Pemuliaan Tanaman / Kepala Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian.

Email: priatnasasmita.ps11@gmail.com

Rizatus Shofiyati.

Peneliti Ahli Madya, Bidang Penginderaan Jauh pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. E-mail: rshofiyati@gmail.com

Sahat M. Pasaribu.

Peneliti Ahli Utama, Bidang Ekonomi Pertanian dan Kebijakan Pertanian pada Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian. E-mail: sahatp@gmail.com

Saktyanu K. Dermoredjo.

Peneliti Ahli Madya, Bidang Ekonomi Pertanian pada Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian.

E-mail: saktyanuadi@yahoo.com

Sri Asih Rohmani

Perencana Ahli Madya, Sekretariat Badan Litbang Pertanian.

E-mail: asihnoegroho@yahoo.com

Sukarman.

Prof.(Riset) Bidang Pedologi dan Penginderaan Jauh pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Balitbangtan. E-mail: sukarmandr@yahoo.co.id

Sumarno.

Profesor Riset (purna bhakti), Pemuliaan dan Genetika Tanaman pada Puslitbang Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian.

E-mail: sumarnokarsono@gmail.com

Tri Joko Santoso.

Peneliti Ahli Madya Bidang Bioteknologi Pertanian Pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Badan Litbang Pertanian. E-mail: trijsant@yahoo.com

Trias Sitaresmi.

Peneliti Ahli Muda Bidang Pemuliaan Tanaman Pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian.

E-mail: triassitäresmi@gmail.com

Untung Susanto.

Peneliti Ahli Madya Bidang Pemuliaan Tanaman Pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian.

E-mail: untungsus2011@gmail.com

Wage Ratna Rohaeni.

Peneliti Ahli Muda Bidang Pemuliaan Tanaman Pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian.

E-mail: wagebbpadi@gmail.com

Yayan Apriyana.

Peneliti Ahli Madya Bidang Agroklimatologi dan Pencemaran Lingkungan pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Balitbangtan.

E-mail: yanapri@yahoo.com

Yudhistira Nugraha.

Peneliti Ahli Muda Bidang Pemuliaan Tanaman Pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian.

E-mail: yudhistiranugraha@gmail.com

