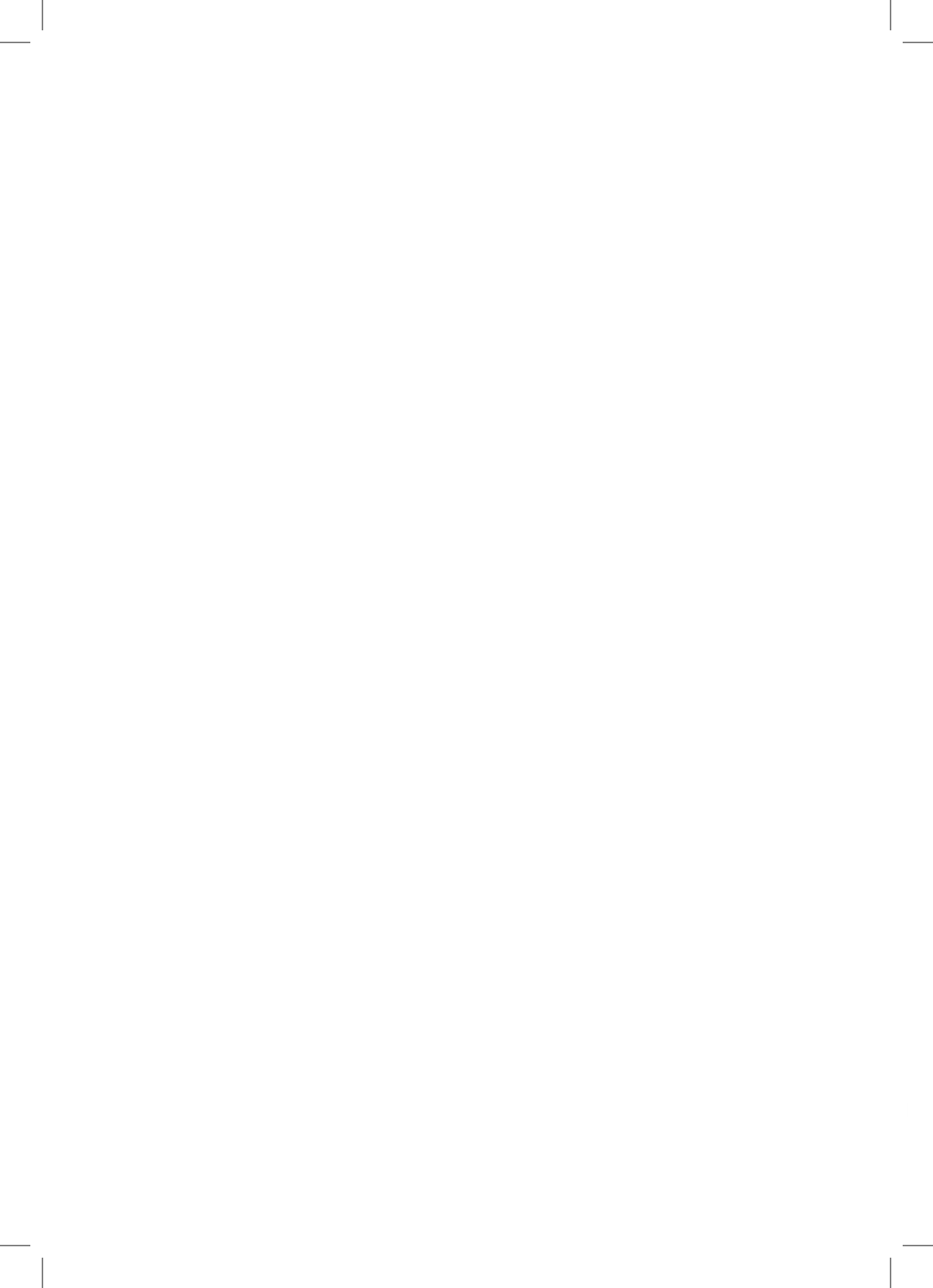




MANAJEMEN SUMBER DAYA ALAM  
DAN PRODUKSI MENDUKUNG  
PERTANIAN MODERN

Editor:

Fadjry Djufry | Effendi Pasandaran | Bambang Irawan | Mewa Ariani





**Editor:**

**Fadjry Djufry | Effendi Pasandaran | Bambang Irawan | Mewa Ariani**



**Penerbit IPB Press**

Jalan Taman Kencana, No. 3  
Kota Bogor - Indonesia

**C.01/12.2019**

**Judul Buku:**

Manajemen Sumber Daya Alam  
dan Produksi Mendukung Pertanian Modern

**Editor:**

Fadjry Djufry | Effendi Pasandaran | Bambang Irawan | Mewa Ariani

**Penyunting bahasa:**

Farida Istiana dan Atika Mayang Sari

**Desain Sampul:**

Muhamad Ade Nurdiansyah

**Penata Isi:**

Muhamad Ade Nurdiansyah  
Alfyandi

**Jumlah Halaman:**

454 + xiv Halaman Romawi

**Edisi/Cetakan:**

Cetakan 1, Desember 2019

**PT Penerbit IPB Press**

Anggota IKAPI

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: penerbit.ipbpress@gmail.com

www.ipbpress.com

ISBN: 978-623-256-027-7

Dicetak oleh Percetakan IPB, Bogor - Indonesia

Isi di Luar Tanggung Jawab Percetakan

© 2019, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian  
atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit

# PENGANTAR EDITOR

Pembangunan pertanian di masa yang mendatang akan terus dihadapkan pada masalah penurunan luas lahan untuk pertanian akibat persaingan kebutuhan dengan sektor lain. Masalah perubahan iklim, degradasi lingkungan dan peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan untuk mengantisipasi pertumbuhan jumlah penduduk juga akan tetap menjadi isu penting di masa yang akan datang. Bersamaan dengan itu proses integrasi ekonomi di pasar dunia semakin cepat sejalan dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi terkini yang semakin mempermudah transaksi perdagangan barang dan jasa antar negara. Salah satu konsekuensinya adalah persaingan perdagangan antar negara akan semakin ketat. Oleh sebab itu, upaya peningkatan daya saing komoditas pertanian semakin diperlukan.

Dalam mengantisipasi berbagai permasalahan di masa yang akan datang modernisasi pertanian yang didukung oleh penerapan teknologi terkini, termasuk pertanian presisi, merupakan kata kunci yang harus ditempuh. Berbagai teknologi terkini yang berkembang pada era revolusi industri 4.0 dapat diterapkan dalam pengelolaan sumber daya pertanian dan pengelolaan produksi pertanian serta mendorong proses modernisasi pertanian. Penerapan teknologi-teknologi tersebut memiliki potensi besar untuk mendukung upaya peningkatan efisiensi dan optimalisasi pemanfaatan sumber daya lahan, air dan sarana produksi pertanian serta meningkatkan daya saing komoditas pertanian, mengantisipasi dampak perubahan iklim dan menghambat degradasi lingkungan yang dipicu oleh praktik-praktik usahatani yang kurang memperhatikan aspek lingkungan. Namun upaya modernisasi pertanian tersebut tetap harus berorientasi pada peningkatan kesejahteraan petani dan mempertimbangkan berbagai dampak sosial yang dapat ditimbulkan.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern (2019)**

Buku ini merupakan deliniasi berbagai peluang dan potensi penerapan teknologi terkini dalam rangka mendorong modernisasi pertanian untuk menghadapi berbagai tantangan dan permasalahan pembangunan pertanian di masa yang akan datang. Beberapa aspek yang dibahas meliputi lahan pertanian dan pengelolaan usahatani untuk mendukung peningkatan produksi pangan, pengelolaan sumber daya air di lahan sawah dan lahan rawa untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya air, dan pengelolaan data dan informasi dalam mengantisipasi perubahan iklim. Pada bagian akhir diungkapkan pemikiran tentang pengelolaan sumber daya alam dan produksi pertanian di masa depan dalam rangka mendorong modernisasi pertanian dengan sasaran akhir meningkatkan produksi pangan secara berkelanjutan, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya pertanian dan meningkatkan daya saing komoditas pertanian.

Himpunan tulisan dalam buku ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru dalam pengelolaan sumber daya alam dan produksi pertanian di masa yang akan datang. Semoga buku ini dapat memberikan inspirasi bagi para ilmuwan, praktisi, dan pengambil kebijakan dalam menghadapi tantangan pembangunan pertanian di masa depan.

# DAFTAR ISI

<b>PENGANTAR EDITOR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>MEMPERSIAPKAN SUMBER DAYA PERTANIAN MASA DEPAN</b> Bambang Irawan, Mewa Ariani dan Effendi Pasandaran.....	ix
<b>MEMPERBAIKI EFISIENSI PEMANFAATAN SUMBER DAYA LAHAN MELALUI PENDEKATAN DIGITAL</b> Sukarman, Ai Dariah dan Muhammad Hikmat.....	1
<b>PENGELOLAAN PERTANIAN PANGAN LAHAN KERING PADA ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0</b> Bambang Irawan.....	41
<b>MENYELARASKAN PERTANIAN ADAPTIF TERHADAP PERUBAHAN IKLIM DI ERA INDUSTRI 4.0</b> Ai Dariah dan Elza Surmaini .....	91
<b>KEBIJAKAN SISTEM PENGELOLAAN IRIGASI UNTUK Mendukung KETAHANAN PANGAN NASIONAL DALAM ERA INDUSTRI 4.0</b> Sumaryanto .....	123
<b>MANAJEMEN AIR IRIGASI Mendukung PERTANIAN PRESISI</b> Nono Sutrisno dan Nani Heryani .....	171
<b>TATA KELOLA LAHAN SAWAH MENUJU PERTANIAN PRESISI DAN MODERN Mendukung PRODUKSI PANGAN BERKELANJUTAN</b> Anny Mulyani, Sri Asih Rohmani dan Haryono Soeparno.....	207
<b>MANAJEMEN AIR DI LAHAN RAWA BERBASIS MINI-POLDER DALAM Mendukung PENGEMBANGAN PERTANIAN MODERN</b> Muhammad Noor, Nono Sutrisno, dan Hendri Sosiawan.....	235

<b>PENGEMBANGAN PERTANIAN DIGITAL DI LAHAN RAWA: SEBUAH KONSEP PERTANIAN 4.0 LAHAN RAWA</b>	
Arif Surahman.....	269
<b>STRATEGI PENGELOLAAN TANAMAN DI LAHAN RAWA DALAM MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM</b>	
Indrastuti A. Rumanti, Nurwulan Agustiani, Ade Ruskandar dan Priatna Sasmita.....	287
<b>KESIAPAN IMPLEMENTASI TEKNOLOGI PADI HIBRIDA MEMASUKI ERA INDUSTRI PERTANIAN 4.0 DI INDONESIA</b>	
Yuni Widyastuti, Nita Kartina, Bayu Pramono Wibowo, Satoto, Indrastuti A. Rumanti.....	321
<b>KESELARASAN DALAM MEMBANGUN PERTANIAN INOVATIF PADI RAMAH LINGKUNGAN</b>	
Wasito .....	357
<b>MEMBANGUN KEMAMPUAN PRODUKSI BUAH LOKAL DALAM PERSAINGAN GLOBAL ERA INDUSTRI PERTANIAN 4.0</b>	
Asep Suherman dan Yudhi Mahmud.....	389
<b>MEMBANGUN KERANGKA PENGELOLAAN SUMBER DAYA PERTANIAN MASA DEPAN</b>	
Bambang Irawan dan Effendi Pasandaran .....	439
<b>INDEKS</b> .....	447
<b>TENTANG PENULIS</b> .....	456



# MEMPERSIAPKAN SUMBER DAYA PERTANIAN MASA DEPAN

**Bambang Irawan, Mewa Ariani dan Effendi Pasandaran**

Beberapa isu penting yang terkait dengan pembangunan pertanian saat ini adalah masalah peningkatan penduduk, menurunnya kemampuan sumber daya lahan dan air, perubahan iklim global, kelangkaan pangan, persaingan yang semakin ketat dalam mendukung produksi akibat liberalisasi perdagangan dan menurunnya kualitas lingkungan. Dalam menghadapi isu tersebut maka pengelolaan produksi pertanian perlu diupayakan untuk peningkatan efisiensi penggunaan lahan, penggunaan air, peningkatan produktivitas, peningkatan daya saing dan lebih memperhatikan aspek lingkungan. Dalam kaitan ini dibutuhkan berbagai inovasi teknologi produksi dan kelembagaan baik yang terkait dengan pengelolaan lahan, pengelolaan air dan pengelolaan sumber daya produksi pertanian. Berbagai inovasi tersebut diharapkan dapat mendorong modernisasi pertanian dan sekaligus mengatasi berbagai tantangan dan permasalahan yang dihadapi dalam pembangunan pertanian di masa yang akan datang.

Akhir-akhir ini semakin sering diperdebatkan munculnya Revolusi Industri 4.0 yang bercirikan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi pada berbagai sektor ekonomi. Revolusi industri tersebut semakin meluas terutama pada sektor jasa dan sektor manufaktur. Revolusi industri tersebut pada dasarnya dipicu oleh perkembangan berbagai teknologi terkini seperti kemampuan komputerasi dan kapasitas penyimpanan data yang semakin besar, berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi, teknologi sensor, teknologi robotik dan sistem otomatisasi,

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern (2019)**

teknologi drone dan berbagai teknologi lainnya. Arus revolusi industri tersebut tidak mungkin dihindari dan akan membawa pengaruh terhadap kinerja sektor pertanian. Pada sektor pertanian revolusi industri tersebut dapat memberikan peluang yang menjanjikan.

Idealnya berbagai teknologi tersebut pada era revolusi industri 4.0 dapat dimanfaatkan untuk mengatasi berbagai permasalahan yang dihadapi dan diharapkan dapat mendukung modernisasi pertanian.

Upaya modernisasi pertanian juga diperlukan pada usaha pertanian tanaman pangan. Hal ini mengingat usaha pertanian tanaman pangan banyak melibatkan usaha pertanian rakyat dengan pemanfaatan teknologi yang relatif tertinggal dibanding usaha pertanian tanaman perkebunan yang banyak melibatkan perusahaan swasta dan pemerintah. Di samping itu masalah pangan selalu menjadi perhatian dunia dan pemerintah mengingat kebutuhan pangan akan terus meningkat dan kekurangan pangan dapat menimbulkan dampak luas secara ekonomi, sosial dan politik. Pada tingkat global, akibat peningkatan jumlah penduduk antara tahun 2017 sampai 2050 diperlukan tambahan produksi pangan dunia sebesar 70 persen dan akibat adanya urbanisasi diperlukan pula tambahan makanan olahan dan daging dari 36,4 kg per kapita pada tahun 2000 menjadi 45,3 kg per kapita pada tahun 2030.

Permasalahan pangan akhir-akhir ini dihadapkan pada upaya mengantisipasi dampak perubahan iklim dan degradasi sumber daya lahan dan air. Perubahan iklim telah berdampak negatif pada produksi pertanian di banyak negara akibat pola cuaca yang semakin tidak menentu. Perubahan iklim menyebabkan peningkatan suhu udara, terjadinya perubahan pola dan jumlah curah hujan yang mengakibatkan meluasnya kasus kekeringan dan frekuensi banjir, meluasnya aliran permukaan yang mendorong pencucian nutrisi tanah, berkurangnya ketersediaan air, dan juga ledakan hama dan penyakit. Terkait dengan hal tersebut maka diperlukan upaya adaptasi dan mitigasi di sektor pertanian agar berbagai dampak negatif perubahan iklim dapat ditekan untuk mengantisipasi dampak yang terjadi.

Di samping perubahan iklim, permasalahan pangan nasional juga dihadapkan pada penurunan luas lahan tanaman pangan terutama lahan sawah akibat dikonversi ke penggunaan di luar pertanian. Beban lahan sawah sebagai penopang produksi pangan nasional semakin berat karena kebutuhan pangan terus meningkat akibat pertumbuhan penduduk dan peningkatan konsumsi pangan sementara luas lahan sawah terus berkurang akibat konversi lahan. Oleh karena itu upaya peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan tidak cukup hanya mengandalkan kemampuan lahan sawah tetapi perlu didukung dengan upaya pemberdayaan lahan kering dan lahan rawa untuk menghasilkan produksi pangan. Pentingnya pemanfaatan lahan kering untuk peningkatan produksi pangan sebenarnya sudah sejak lama disadari namun akibat berbagai faktor upaya pemberdayaan lahan kering tersebut selama ini terkesan terabaikan dan cenderung bersifat temporer serta sporadis. Sementara pemberdayaan lahan rawa akhir-akhir mulai diperkuat melalui pelaksanaan berbagai program peningkatan produksi pangan yang difokuskan pada lahan rawa.

Agar sumber daya lahan dapat dimanfaatkan secara lebih efisien diperlukan data sumber daya lahan yang cukup akurat dan memadai untuk perencanaan produksi pertanian dan berbagai kebutuhan pembangunan lainnya. Melalui penerapan sistem pertanian presisi yang berbasis informasi dan teknologi yang relevan dapat dilakukan berbagai tindakan untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengelola variabilitas berbagai faktor yang memengaruhi produksi dan produktivitas komoditas pertanian sehingga dapat diperoleh manfaat yang optimal, berkelanjutan, dan perlindungan terhadap sumber daya lahan.

Penerapan pertanian presisi juga perlu didukung oleh pengelolaan air irigasi secara memadai dengan sasaran meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mempertahankan ketersediaan pasokan air untuk memenuhi kebutuhan usahatani. Sehubungan dengan itu manajemen air irigasi harus dilakukan secara terpadu mulai dari daerah hulu yang merupakan sumber air hingga daerah hilir, menata pendistribusiannya

dan menerapkan berbagai upaya konservasi air terutama pada bagian hulu daerah aliran sungai. Paradigma pengelolaan air juga harus berubah dan bersifat menyeluruh yang melibatkan *blue water* maupun *green water*. Upaya mengoptimalkan pemanfaatan *green water* terutama dibutuhkan pada pengelolaan usahatani tanaman pangan di lahan kering yang pasokan airnya sangat tergantung kepada fluktuasi curah hujan.

Secara umum pengelolaan irigasi di lahan sawah pada saat ini belum sesuai harapan. Hal ini ditunjukkan oleh beberapa indikasi seperti meningkatnya persentase lahan yang pada musim kemarau mengalami kekeringan dan mengalami banjir pada musim hujan, meningkatnya kasus jaringan tertier yang tidak terpelihara dan semakin banyaknya kasus “pencurian” air dari saluran sekunder. Hal ini pada dasarnya merupakan akibat dari kinerja infrastruktur fisik yang tidak optimal dan kinerja kelembagaan pengelolaan irigasi yang kurang baik. Kondisi seperti ini semakin dipersulit oleh adanya perubahan iklim yang berdampak pada pergeseran pola musim hujan dan perubahan jumlah curah hujan yang menimbulkan ketidakpastian pasokan air irigasi. Oleh karena itu dalam mendorong pertanian modern di masa yang akan datang diperlukan pengelolaan irigasi yang lebih baik yang dapat ditempuh melalui penerapan inovasi di bidang teknologi maupun sistem kelembagaan pengelolaannya.

Upaya modernisasi pertanian di masa depan juga tidak terlepas dari pemanfaatan benih varietas unggul yang mampu beradaptasi dengan berbagai cekaman ekologis yang dipicu oleh perubahan iklim dan mampu menghasilkan produktivitas relatif tinggi. Pada kondisi sumber daya lahan dan air yang semakin terbatas upaya meningkatkan produktivitas usahatani menjadi semakin penting. Hal ini antara lain dapat ditempuh melalui pengembangan varietas hibrida dan inovasi genetik lainnya. Pengelolaan produksi komoditas pangan yang lebih efisien dan ramah lingkungan juga sangat diperlukan untuk mendorong peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan.

Indonesia merupakan wilayah tropis dan beriklim basah yang memungkinkan tumbuhnya berbagai macam buah-buahan. Namun neraca perdagangan buah selama ini umumnya mengalami defisit karena kualitas buah yang dihasilkan petani kalah bersaing dengan yang dihasilkan negara lain sehingga sulit menembus pasar ekspor. Banyak faktor yang menyebabkan kondisi tersebut seperti pasokan buah yang berfluktuasi, rendahnya penerapan teknologi buah oleh petani, lokasi tanaman buah yang terpencar-pencar sehingga biaya pemasaran relatif mahal, usahatani buah hanya sebagai pekerjaan sampingan bagi petani, dan sebagainya. Pada situasi tersebut maka peningkatan daya saing merupakan tuntutan yang tak bisa dihindari agar agribisnis buah-buahan nasional dapat tumbuh dan berkembang dan hal ini dapat ditempuh melalui dukungan inovasi teknologi dan kelembagaan produksi yang memadai.

Banyak tantangan dan permasalahan yang harus dihadapi dalam mendukung modernisasi pertanian pangan di masa yang akan datang yang mampu mendorong peningkatan produksi pertanian secara lebih efisien dan berkelanjutan. Secara keseluruhan buku ini mengungkapkan berbagai permasalahan yang dihadapi dan upaya yang perlu ditempuh dalam pengelolaan sumber daya lahan, air dan produksi pangan dengan memanfaatkan berbagai inovasi teknologi yang berkembang pada era Revolusi Industri 4.0. Pada bagian awal diungkapkan masalah pengelolaan sumber daya lahan untuk meningkatkan produksi pangan dan dalam menghadapi perubahan iklim. Bagian selanjutnya menjelaskan pengelolaan sumber daya air di lahan sawah dan lahan rawa untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi serta pengembangan varietas tanaman untuk meningkatkan produktivitas tanaman padi. Pada bagian akhir diungkapkan pemikiran tentang upaya-upaya yang perlu ditempuh dalam rangka meningkatkan produksi pangan secara berkelanjutan yang berbasis pada inovasi teknologi terkini.



# **MEMPERBAIKI EFISIENSI PEMANFAATAN SUMBER DAYA LAHAN MELALUI PENDEKATAN DIGITAL**

**Sukarman, Ai Dariah dan Muhammad Hikmat**

## **PENDAHULUAN**

Pembangunan pertanian di Indonesia tidak terlepas dari aspek pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya lahan (tanah dan air). Indonesia merupakan negara yang luas, mempunyai karakteristik lahan yang sangat beragam sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan kesesuaian lahan untuk pengembangan suatu komoditas pertanian. Oleh karena itu pengembangan dan pemilihan komoditas sangat ditentukan oleh karakteristik tanah, topografi dan iklim. Selain itu, sumber daya lahan merupakan sumber daya alam yang semakin terbatas namun sangat dibutuhkan bagi kehidupan manusia. Kebutuhan akan sumber daya lahan sebagai sumber daya utama dalam produksi pertanian akan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya kebutuhan produk pertanian yang dipicu oleh pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi.

Luas lahan pertanian terutama lahan sawah semakin sempit akibat dikonversi ke pemanfaatan nonpertanian dan lahan perkebunan sementara pencetakan sawah baru semakin dihadapkan pada keterbatasan sumber daya lahan. Selama tahun 1995-2015 luas lahan

sawah berkurang rata-rata 0,24%/tahun atau sekitar 20 ribu ha/tahun terutama akibat dikonversi ke penggunaan nonpertanian. Berbagai peraturan dan undang-undang terkait konversi lahan sawah sebenarnya telah diterbitkan pemerintah namun konversi lahan tersebut sulit dibendung selama pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi terus berlangsung (Irawan 2018). Oleh karena itu sumber daya lahan yang ada sekarang perlu dimanfaatkan secara efisien.

Selama ini pengelolaan lahan hanya berorientasi pada tata penggunaan lahan yang berbasis komoditas. Seharusnya pengelolaan lahan berbasis komoditas ditempatkan sebagai bagian integral pengelolaan ekosistem dengan memperhatikan prinsip keseimbangan dan keselarasan jasa-jasa ekosistem, yaitu jasa penyediaan, jasa regulasi, jasa budaya dan jasa pendukung. Eksploitasi lahan yang berlebihan adalah pemanfaatan lahan yang menekankan pada jasa penyediaan untuk mendukung produksi dan mengabaikan jasa-jasa lainnya yang dapat menimbulkan kerusakan tidak saja ekosistem tetapi juga warisan budaya yang ada pada ekosistem termasuk kapital sosial (Pasandaran 2008).

Agar pemanfaatan sumber daya lahan dapat berjalan lebih efisien baik untuk pemanfaatan berdasarkan ruang, maupun pemanfaatannya secara teknis produksi pertanian, maka diperlukan data sumber daya lahan yang memadai. Data ini harus dalam bentuk siap pakai untuk keperluan perencanaan praktis. Data sumber daya lahan yang ada sekarang sudah tersedia untuk 512 kabupaten/kota di seluruh Indonesia pada skala 1 : 50.000 dalam bentuk data digital. Data ini dapat digunakan untuk penerapan pertanian presisi di tingkat hulu, terutama untuk penentuan kesesuaian lahannya bagi penentuan komoditas yang paling sesuai dan menguntungkan.

Data sumber daya lahan yang tersedia saat ini sudah dalam bentuk data digital. Data sumber daya tersebut dapat dipergunakan sebagai dasar untuk pertanian digital sebagai salah satu bentuk kebutuhan pertanian presisi dan pertanian cerdas. Melalui sistem manajemen pertanian digital



berbasis informasi dan teknologi dapat dilakukan berbagai tindakan untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengelola variabilitas berbagai variabel sehingga mendapatkan keuntungan yang optimal, keberlanjutan dan perlindungan sumber daya lahannya. Menurut Rohmani dan Suparno (2018) melalui sistem manajemen pertanian digital berbasis informasi dan teknologi dapat dilakukan berbagai tindakan untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengelola variabilitas berbagai variabel sehingga mendapatkan keuntungan optimal, berkelanjutan, dan perlindungan terhadap sumber daya lahan.

Saat ini telah hadir revolusi industri generasi keempat (4.0) yang ditandai hadirnya teknologi superkomputer, robot pintar, kendaraan tanpa pengemudi, rekayasa genetik dan perkembangan neoroteknologi yang memungkinkan manusia lebih mengoptimalkan fungsi otaknya. Menurut Schwab (2017), dunia saat ini sudah memasuki revolusi industri keempat (4.0). Fenomena ini sangat memengaruhi kemajuan perkembangan ilmu dan pengetahuan di bidang teknologi pertanian termasuk di dalamnya pemanfaatan sumber daya lahan pertanian dengan pendekatan digital. Tujuan buku ini adalah untuk membahas masalah pemanfaatan sumber daya lahan (tanah dan air) di Indonesia masa yang akan datang dikaitkan dengan efisiensi pemanfaatannya melalui pendekatan digital sebagai salah satu bentuk pertanian modern era industri 4.0.

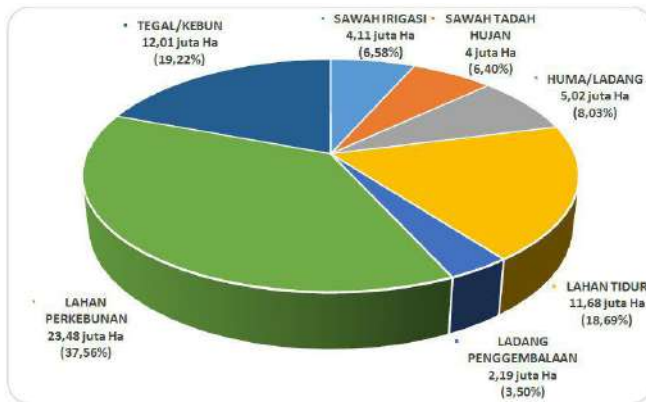
## **PEMANFAATAN SUMBER DAYA LAHAN SAAT INI**

### **Pertanian Lahan Sawah**

Menurut Badan Pusat Statistik (2016) lahan baku pertanian di Indonesia meliputi areal seluas 62,5 juta ha, yang terdiri atas lahan sawah seluas 8,11 juta ha (12,98%), lahan huma/ladang 5,02 juta ha (8,03%), lahan tidur 11,68 juta ha (18,69%), ladang penggembalaan 2,19 juta ha (3,50%),

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern (2019)**

lahan perkebunan 23,48 juta ha (37,57%), dan lahan tegal/kebun 12,01 juta ha (19,22%) (Gambar 1). Dari total luas lahan sawah 8,11 juta ha, 4 juta ha di antaranya merupakan lahan sawah tadah hujan (*rainfed*) yang hanya ditanami padi satu kali dalam setahun. Pengembangan embung, dam parit, *long storage*, dan bangunan penampung air lainnya menjamin penyediaan air untuk irigasi guna meningkatkan indeks pertanaman dari semula 1 menjadi 2, bahkan 3 kali dalam setahun.



Sumber: BPS (2016)

**Gambar 1.** Lahan baku pertanian di Indonesia

Lahan sawah di Indonesia terbagi menjadi sawah irigasi sederhana seluas 1.479.373 ha, sawah irigasi semi teknis seluas 3.000.718 ha, sawah irigasi teknis seluas 1.588.575 ha, sawah pasang-surut seluas 143.632 ha, dan sawah tadah hujan seluas 1.704.752 ha. Adapun total luas sawah Indonesia mencapai 7.917.050 ha. Rincian sebaran luas sawah Indonesia di setiap provinsi disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Sebaran luas sawah di Indonesia per provinsi

SEBARAN RINCI LUAS SAWAH INDONESIA (Ha) LEVEL PROVINSI							
PROVINSI	RINCIAN LUAS SAWAH					TOTAL LUAS SAWAH	
	IRIGASI SEDERHANA	IRIGASI SEMI TEKNIS	IRIGASI TEKNIS	PASANG SURUT	TADAH HUJAN		
11-ACEH	164,186	63,275	36,005	-	32,843	296,309	
12-SUMATERA UTARA	224,455	209,678	32,080	-	2,630	468,843	
13-SUMATERA BARAT	85,736	100,474	19,973	1,415	9,001	216,599	
14-RIAU	31,148	46,477	-	62	38,869	118,557	
15-JAMBI	62,161	19,679	10,950	-	17,248	110,037	
16-SUMATERA SELATAN	91,009	427,783	-	-	35,317	554,109	
17-BENGKULU	27,372	-	-	34,507	24,794	86,673	
18-LAMPUNG	28,797	305,639	38	936	2,574	337,984	
19-KEPULAUAN BANGKA BELITUNG	-	-	-	-	3,882	3,882	
21-KEPULAUAN RIAU	-	-	-	-	253	253	
31-DKI JAKARTA	-	-	-	-	-	-	
32-JAWA BARAT	53,691	182,692	475,817	-	313,332	1,025,472	
33-JAWA TENGAH	17,459	306,492	476,114	-	209,892	1,011,956	
34-YOGYAKARTA	608	45,380	21,993	-	10,518	78,499	
35-JAWA TIMUR	31,159	373,369	346,028	-	329,115	1,081,671	
36-BANTEN	12,565	52,510	97,050	-	32,904	195,030	
51-BALI	4,228	71,615	-	-	173	76,016	
52-NUSA TENGGARA BARAT	-	282,845	-	-	1,462	284,307	
53-NUSA TENGGARA TIMUR	-	-	-	-	109,034	109,034	
61-KALIMANTAN BARAT	85,173	15,882	-	106,712	83,867	291,634	
62-KALIMANTAN TENGAH	69,750	101,738	-	-	41,434	212,922	
63-KALIMANTAN SELATAN	-	314,198	-	-	82,167	396,366	
64-KALIMANTAN TIMUR	-	51,046	-	-	17,571	68,617	
65-KALIMANTAN UTARA	-	16,898	-	-	-	16,898	
71-SULAWESI UTARA	-	-	-	-	60,342	60,342	
72-SULAWESI TENGAH	101,258	-	-	-	20,769	122,027	
73-SULAWESI SELATAN	286,479	19,717	57,340	-	133,936	497,472	
74-SULAWESI TENGGARA	81,154	-	-	-	4,947	86,101	
75-GORONTALO	-	39,392	-	-	1,399	40,790	
76-SULAWESI BARAT	12,742	-	-	-	32,888	45,630	
81-MALUKU	-	-	15,187	-	-	15,187	
82-MALUKU UTARA	6,242	-	-	-	-	6,242	
91-PAPUA BARAT	-	-	-	-	19,502	19,502	
94-PAPUA	-	-	-	-	32,089	32,089	
<b>INDONESIA</b>	<b>1,479,373</b>	<b>3,000,718</b>	<b>1,588,575</b>	<b>143,632</b>	<b>1,704,752</b>	<b>7,917,050</b>	

Dari sisi produktivitas lahan sawah intensif di Pulau Jawa lebih tinggi dibandingkan dengan di luar Pulau Jawa. Produktivitas lahan sawah di Pulau Jawa bervariasi dari 5,7-6,1 ton ha<sup>-1</sup>, sedangkan di Pulau Sumatera berkisar dari 2,3-5,2 ton ha<sup>-1</sup> di Kalimantan baru mencapai 2,7-4,2 ton ha<sup>-1</sup>, dari Sulawesi mencapai 4,7-5,5 ton ha<sup>-1</sup> 9 kg. Untuk rata-rata nasional sekitar 5,3 ton ha<sup>-1</sup> (BPS 2016). Hal tersebut dapat dimengerti karena dari sisi sumber daya tanah, setiap pulau utama di Indonesia dibentuk oleh bahan induk yang berbeda-beda yang menunjukkan perbedaan dalam sifat-sifat kimia fisik dan biologinya. Di Pulau tanah yang terbentuk dari bahan induk vulkanik yang subur apalagi ditunjang dengan infrastruktur pertanian yang baik disertai dengan fasilitas irigasi yang jauh lebih baik menyebabkan pulau Jawa mempunyai produktivitas pertanian yang

tinggi dibandingkan dengan luar pulau Jawa. Demikian juga dilihat dari sisi sumber daya manusia dan aspek etos kerja petani di Pulau Jawa umumnya lebih baik dan lebih produktif, sehingga lahan dimanfaatkan secara maksimal (Mulyani et al. 2017).

Menurut Pasandaran dan Suherman (2015) pangsa luas panen di Pulau Jawa menurun dari 52% pada tahun 1980 menjadi 46,3% pada tahun 2014, sama halnya dengan pangsa produksi menurun dari 62,1% menjadi 51,8 % pada periode yang sama. Penurunan luas panen dan produksi ini sangat berkaitan dengan tiga faktor utama yaitu : luas baku lahan sawah, tingkat produktivitas dan indeks pertanaman. Konversi lahan sawah yang selalu terjadi setiap tahun dengan pasti akan mengurangi luas baku lahan sawah. Demikian juga dengan adanya pelandaian produksi produktivitas, sehingga diperlukan penggunaan input produksi yang memadai dan penggunaan varietas unggul baru dengan potensi hasil yang lebih tinggi. Sebagai contoh padi varietas Inpari potensi hasil genetiknya  $>8 \text{ ton ha}^{-1}$ , Inpara  $>7,0 \text{ ton ha}^{-1}$ , Inpago  $>6,0 \text{ ton ha}^{-1}$  (Balitbangtan 2013). Untuk tanaman kedelai varietas Dering yang toleran kekeringan potensi hasil genetiknya  $2,8 \text{ ton ha}^{-1}$  (Balitkabi 2012, Balitbangtan 2013). Kenyataan di lapangan atau rata-rata produktivitas nasional masih jauh di bawah potensinya, yaitu untuk padi  $5,3 \text{ ton ha}^{-1}$  dan kedelai  $1,6 \text{ ton ha}^{-1}$  (BPS 2016).

Pengembangan sektor pertanian di pedesaan menghadapi berbagai tantangan dengan semakin terbatasnya kepemilikan lahan  $<0,5 \text{ ha}$  (petani gurem), di mana jumlah petani gurem meningkat dari 10,80 juta petani pada tahun 1993 menjadi 13,66 juta petani pada tahun 2003, dan diperkirakan  $>15$  juta petani pada tahun 2010 (BPS 1993,2003). Apabila dibandingkan dengan negara lainnya, luas lahan pertanian (sawah dan tegalan) per kapita Indonesia sangat rendah sekitar  $1.037 \text{ m}^2$ , sedangkan di Thailand  $5.230 \text{ m}^2$ , Australia  $26.100 \text{ m}^2$ , Canada  $14.870 \text{ m}^2$ , dan USA  $6.150 \text{ m}^2$ . Dengan makin bertambahnya jumlah penduduk, fragmentasi

lahan produktif akan sulit dihindari karena adanya sistem bagi waris. Selain itu, ditambah dengan sulitnya akses untuk memperoleh lahan pertanian baru bagi masyarakat kecil.

Sejak tahun 1986 sampai tahun 2004 terlihat bahwa luas lahan sawah tidak banyak mengalami perkembangan, bahkan menurun dari 8,5 juta ha pada tahun 1993 menjadi 7,9 juta ha pada tahun 2008. Winoto (2005) mengemukakan bahwa berdasarkan rencana tata ruang kabupaten/kota di Indonesia diperkirakan akan terjadi konversi lahan sawah seluas 3.099.020 ha atau 42,37% dari total lahan sawah. Apabila konversi lahan sawah tersebut tidak dapat dihindari, maka akan mengancam ketahanan pangan nasional.

Hingga kini daya dukung lahan sawah dalam menopang kebutuhan pangan masyarakat mencapai rasio hampir sama dengan Vietnam yaitu sekitar 2,8, atau 1 ha untuk sekitar 43,9 orang tahun<sup>-1</sup> jika lahan ditanami 2 x tahun<sup>-1</sup> dan produktivitasnya 3 ton ha<sup>-1</sup>, dengan tingkat konsumsi beras sekitar 119,5 kg beras/kapita/tahun (Syahbuddin et al. 2009). Padahal di negara lain dengan stabilitas pertumbuhan ekonomi yang stabil, diawali dengan pembangunan pertanian yang kuat. Hal tersebut dicirikan oleh kepemilikan lahan yang kian luas dari tahun ke tahun. Setelah 66 tahun merdeka, kepemilikan lahan per petani berbanding terbalik dengan posisi strategis pertanian sebagai satu-satunya sektor produktif penghasil pangan dan devisa, penopang hidup 70% penduduk, penyedia lapangan kerja yang cukup luas, dan lebih dari itu sebagai pondasi pertumbuhan ekonomi lainnya.

Pupuk juga merupakan komoditas yang seringkali menjadi langka pada saat dibutuhkan, terutama pupuk bersubsidi. Sistem distribusi yang belum baik serta margin harga yang relatif tinggi dengan harga pasar (pupuk nonsubsidi) mengakibatkan pengalihan penggunaan pupuk untuk kepentingan lain, di antaranya pupuk subsidi pangan digunakan oleh perkebunan dan/atau diselundupkan ke negara tetangga. Keterbatasan penyediaan pupuk anorganik juga belum diimbangi dengan pengetahuan

dan kesadaran petani untuk menggunakan dan mengembangkan pupuk organik, sebagai pupuk alternatif yang dapat diproduksi sendiri di perdesaan.

Pemberian sejumlah pupuk untuk mencapai tingkat ketersediaan hara esensial yang seimbang dan optimum, sangat diperlukan guna: (1) meningkatkan produktivitas dan mutu hasil tanaman, (2) meningkatkan efisiensi pemupukan, (3) meningkatkan kesuburan tanah secara lestari, serta (4) menghindari pencemaran lingkungan. Namun, pada kenyataannya beberapa lokasi lahan sawah dipupuk dengan urea pada dosis yang cukup tinggi, sedangkan pupuk K tidak digunakan. Dari uraian tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan sumber daya lahan masih belum efisien, belum tepat sasaran sehingga masih memerlukan pengelolaan yang lebih baik. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan pada tingkat operasional untuk penggunaan dan pengelolaan baik teknis maupun kelembagaannya.

## **Pertanian Lahan Kering**

Lahan kering adalah hamparan lahan yang tidak pernah tergenang atau digenangi air pada sebagian besar waktu dalam setahun (Mulyani dan Sarwani 2013). Tabel 2 menyajikan luas dan sebaran lahan kering eksisting dan areal perluasan baru padi, jagung dan kedelai di masing-masing provinsi di Indonesia. Berdasarkan tabel tersebut terdapat 24,53 juta hektare lahan kering, yang terdiri atas 10,48 juta hektare lahan kering eksisting berupa tegalan dan kebun campuran, serta 14,05 juta hektare berupa lahan ekstensifikasi yang saat ini berupa semak belukar, pada rumput dan lahan terbuka menurut data BPN (2012). Lahan kering eksisting terluas terdapat di Provinsi Sumatera Selatan seluas 1,47 juta hektare, diikuti Provinsi Jawa Timur dan Jawa Tengah masing-masing 1,41 juta hektare dan 1,18 juta hektare. Areal perluasan tanam baru terluas terdapat di Kalimantan Timur sekitar 1,96 juta hektare, diikuti

**Memperbaiki Efisiensi Pemanfaatan Sumber Daya Lahan Melalui Pendekatan Digital**

Papua 1,88 juta hektare. Areal perluasan tanam baru cukup luas lainnya terdapat di Kalimantan Tengah sekitar 1,55 juta hektare dan Papua Barat 1,39 juta hektare.

**Tabel 2.** Luas dan penyebaran lahan kering eksisting dan perluasan tanam padi, jagung dan kedelai

No	Provinsi	Lahan Kering (Ha)		Total
		Eksisting	Ekstensifikasi	
1	Aceh	358.932	416.328	775.260
2	Sumatera Utara	782.914	321.764	1.104.678
3	Riau	446.768	390.892	837.660
4	Kep. Riau	55.979	141.516	197.495
5	Kep. Bangka Belitung	81.894	328.127	410.021
6	Sumatera Barat	209.844	77.766	287.610
7	Jambi	512.125	589.407	1.101.533
8	Bengkulu	214.256	48.442	262.698
9	Sumatera Selatan	1.474.722	384.391	1.859.113
10	Lampung	468.048	188.117	656.165
11	DKI Jakarta	176	20	196
12	Banten	122.713	25.479	148.192
13	Jawa Barat	373.537	64.088	437.624
14	Jawa Tengah	1.175.655	324.224	1.499.879
15	Jawa Timur	1.410.744	323.408	1.734.152
16	DI Yogyakarta	72.563	17.579	90.142
17	Bali	58.606	93.137	151.743
18	Nusa Tenggara Barat	73.389	130.561	203.950
19	Nusa Tenggara Timur	4.083	92.962	97.045
20	Kalimantan Timur	187.304	1.958.186	2.145.490
21	Kalimantan Tengah	395.138	1.548.778	1.943.916
22	Kalimantan Utara	39.165	336.917	376.082
23	Kalimantan Selatan	155.180	96.253	251.433

**Tabel 2.** Luas dan penyebaran lahan kering eksisting dan perluasan tanam padi, jagung dan kedelai (lanjutan)

No	Provinsi	Lahan Kering (Ha)		Total
		Eksisting	Ekstensifikasi	
24	Kalimantan Barat	296.614	659.023	955.636
25	Sulawesi Utara	118.442	21.652	140.094
26	Sulawesi Tengah	279.504	717.488	996.992
27	Sulawesi Tenggara	256.045	411.384	667.429
28	Sulawesi Selatan	241.008	77.567	318.575
29	Sulawesi Barat	63.008	79.072	142.080
30	Gorontalo	85.455	56.789	142.243
31	Maluku Utara	142.385	168.001	310.387
32	Maluku	139.646	683.444	823.090
33	Papua Barat	70.433	1.397.341	1.467.774
34	Papua	115.149	1.878.549	1.993.699
Total		10.481.427	14.044.569	24.525.996

Banyak dari lahan kering umumnya terletak pada lahan berlereng, dengan topografi mulai dari berombak sampai bergunung. Sistem usahatani pada daerah ini cukup beragam yaitu mulai dari usaha tanaman pangan sederhana yang diusahakan oleh rakyat sampai usaha perkebunan yang relatif maju. Menurut Kurnia et al. (2004) pengelolaan komoditas perkebunan di lahan kering ini pada umumnya dilaksanakan secara profesional, modal besar dan berorientasi pasar. Lereng curam bukan merupakan masalah yang serius, karena pengelolaannya telah memperhatikan asas kelestarian lingkungan. Berbeda dengan perkebunan rakyat, karena keterbatasan modal dan pengetahuan teknologi budi daya, pengelolaan lahannya dapat menimbulkan masalah kerusakan lahan dan lingkungan sekitarnya.

Salah satu lahan kering yang paling subur dan sangat padat penduduknya adalah tanah Andosol. Aktivitas budi daya sayuran di lahan ini pada lereng miring dilakukan secara intensif tetapi masih jauh dari asas konservasi



tanah dan air. Kondisi tanah dengan topografi yang demikian sangat rawan terhadap kerusakan lahan dan lingkungan sekitarnya. Tanaman sayuran adalah tanaman yang mempunyai daya jangkau akarnya sangat dangkal, sehingga daya memegang tanah agar tidak tererosi dan longsor juga sangat rendah. Aktivitas budi daya yang sangat intensif juga menyebabkan terjadi erosi yang cukup tinggi (Sukarman dan Dariah 2014).

Pada lahan budi daya sayuran di dataran tinggi, sebagian besar petani belum menerapkan teknik-teknik konservasi tanah dan air yang benar (Kurnia et al. 2004). Penyebabnya antara lain adalah karena teknik konservasi dirasakan sulit dalam pengerjaannya dan membutuhkan waktu yang lama serta memerlukan tenaga kerja yang besar. Dengan tidak diterapkannya tindakan konservasi tanah dan air, maka tanah Andosol di dataran tinggi sangat rentan terhadap erosi dan longsor.

Tanaman tahunan yang banyak di tanam pada lahan kering (terutama di dataran tinggi) adalah teh, kopi arabika, kina, kayu manis, dan buah-buahan. Risiko erosi dari usahatani berbasis tanaman tahunan relatif lebih rendah, namun ada masa kritis yang perlu mendapat perhatian khusus dari segi penanganan bahaya erosi, yaitu di awal pertanaman karena tanaman tahunan belum mampu melindungi tanah secara optimal. Beberapa hasil penelitian menunjukkan tingkat erosi menurun dengan bertambahnya umur tanaman tahunan. Jika dikelola dengan baik sistem usahatani berbasis tanaman tahunan akan membentuk sistem agroforestri, sehingga pemeliharaan kualitas lahan lebih terjamin (Sukarman dan Dariah 2014).

Pemerintah telah mengeluarkan peraturan perundang-undangan untuk melindungi tanah-tanah subur seperti tanah Andosol, baik dari degradasi kualitas yaitu akibat penurunan kondisi biofisik, maupun degradasi secara kuantitatif akibat terjadinya alih fungsi lahan. Namun demikian sosialisasi sistem penggunaan lahan yang bersifat ramah lingkungan dan

pengecahan alih fungsi lahan pertanian (khususnya pada tanah subur seperti tanah Andosol) perlu terus dilakukan, penerapan peraturan perundang-undangan juga perlu terus dikawal.

Wilayah lahan kering beriklim kering mempunyai permasalahan dan tantangan yang khas dibandingkan dengan wilayah lahan kering beriklim basah, baik dari aspek sumber daya lahan (tanah, iklim, air) maupun dari aspek sosial budaya, termasuk kebiasaan masyarakat dalam berusaha tani. Faktor pembatas yang banyak ditemukan di lahan kering beriklim kering dan alternatif solusinya adalah keterbatasan air dengan curah hujan rendah <2.000mm/tahun, bahkan di banyak tempat <1.000 mm/tahun dan bulan kering 7-8 bulan, sehingga tanpa upaya khusus, lahan hanya dapat dimanfaatkan satu kali tanam dalam setahun. Di sisi lain, sumber air permukaan (air sungai) dan air tanah tersedia dan belum dimanfaatkan secara optimal sehingga sangat potensial untuk dikembangkan dengan dukungan inovasi eksplorasi sumber air. Selain itu, perlu dikembangkan teknologi distribusi air yang murah dan mudah dimanfaatkan oleh petani (sistem gravitasi dan tanpa bahan bakar) berupa dam parit, bak tampung, tamren, irigasi tetes, sprinkler, dan sebagainya (Mulyani et al. 2014).

## **Pertanian Lahan Rawa**

Salah satu jenis lahan yang masih memungkinkan untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian adalah lahan rawa. Menurut Haryono et al. (2013) lahan rawa didefinisikan sebagai salah satu ekosistem lahan basah yang terletak di antara wilayah dengan sistem daratan dengan sistem perairan dalam. Wilayah ini dicirikan oleh muka air tanah yang dangkal atau terendam tipis. Balai Besar Litbang Sumber daya Lahan Pertanian (2015) telah menghitung luasan lahan rawa yang secara potensial tersedia untuk pengembangan tanaman pertanian meliputi areal seluas 7,58 juta ha (Tabel 6). Penyebarannya meliputi 3 pulau utama, yaitu di

pulau Papua seluas 3,27 juta ha, Sumatera seluas 2,26 juta ha dan di Kalimantan seluas 1,90 juta ha. Di pulau-pulau lainnya hanya dijumpai dalam luasan yang sempit (<100 ribu ha).

Untuk pengembangan tanaman padi sawah di lahan rawa tersedia seluas 5,12 juta ha, terdiri atas lahan rawa pasang-surut seluas 0,87 juta ha dan lahan rawa lebak seluas 4,25 juta ha. Dari penyebarannya, lahan potensial tersedia untuk tanaman padi sawah terdapat di tiga pulau utama, yaitu di Papua, Sumatera dan Kalimantan. Lahan potensial tersedia di lahan rawa yang dapat dikembangkan adalah untuk tanaman hortikultura dan tanaman tahunan. Untuk tanaman hortikultura di lahan rawa pasang-surut terdapat dalam luasan sekitar 136,7 ribu ha dan di lahan rawa lebak seluas 1,34 juta ha. Untuk tanaman tahunan di rawa pasang-surut masih tersedia sekitar 64,2 ribu ha dan di lahan rawa lebak seluas 928,7 ribu ha (Tabel 3).

Meskipun lahan rawa di Indonesia cukup luas, namun kontribusi lahan rawa terhadap produksi padi nasional masih rendah, yaitu sekitar 1-1,5 persen. Hal tersebut disebabkan luas lahan rawa yang dimanfaatkan untuk pertanian masih sangat kecil serta produktivitas padi lahan rawa masih rendah (<4 ton ha<sup>-1</sup>). Selain karena rendahnya produktivitas, juga karena rendahnya produksi pertanian akibat rendahnya intensitas pertanaman (IP) (Kementerian Pertanian 2009). Sementara itu Maftuah (2016) mengemukakan bahwa hanya 10 persen dari areal pertanaman yang ditanamai dua kali setahun (IP-200). Sisanya sekitar 90% hanya ditanamani satu kali setahun (IP-100), karena umumnya petani masih menggunakan varietas lokal yang berumur panjang (8-11 bulan).

**Tabel 3.** Lahan potensi tersedia untuk pengembangan pertanian lahan rawa di Indonesia (x1.000 ha)

Pulau	Lahan Rawa						Luas Total
	Padi sawah di rawa pasang-surut	Padi sawah di rawa lebak	Hortikultura di rawa pasang-surut	Hortikultura di lahan rawa lebak	Tanaman tahunan di rawa pasang-surut	Tanaman tahunan di rawa lebak	
Sumatera	514,6	1.140,5	25,3	317,5	0,9	266,1	2.263,9
Jawa	-	-	-	-	-	-	-
Bali dan Nusa Tenggara	-	-	-	-	-	-	-
Kalimantan	134,4	714,2	111,4	418,3	47,6	475,5	1.853,9
Sulawesi	0,9	61,5	-	-	-	-	62,4
Maluku	6,3	76,7	-	-	-	-	83,0
Papua	213,4	2.255,6	-	599,4	15,7	187,1	3.255,5
<b>Jumlah</b>	<b>869,6</b>	<b>4.248,5</b>	<b>136,7</b>	<b>1.335,2</b>	<b>64,2</b>	<b>928,7</b>	<b>7.518,8</b>

Sumber: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian (2015).

## PERMASALAHAN PEMANFAATAN SUMBER DAYA LAHAN

### Penguasaan Lahan Pertanian

Di hampir setiap wilayah dijumpai gejala ketimpangan penguasaan lahan. Di satu sisi sekelompok kecil masyarakat menguasai sebagian besar (>60%) lahan untuk usaha berbasis pertanian, namun di sisi lain sebagian masyarakat tani di pedesaan (>85%) hanya menguasai sebagian kecil (>40%) lahan untuk usaha hulu pertanian. Struktur penguasaan lahan dan aset produksi strategis telah berlangsung selama lebih dari seabad (Pranadji 2012).

Menurut hasil penelitian Susilowati (2015), tingkat kemiskinan petani berkaitan dengan penguasaan lahan. Rata-rata penguasaan lahan petani di pulau Jawa dan luar pulau Jawa kurang dari satu ha, kecuali untuk petani perkebunan yang rata-rata penguasaan lahannya lebih dari satu ha. Angka ini mengindikasikan bahwa kepemilikan lahan petani memang sempit sehingga lebih dikenal dengan sebutan petani gurem. Pada kondisi ini kemiskinan yang dialami oleh petani merupakan kemiskinan struktural, yaitu kemiskinan yang timbul bukan karena ketidakmampuan petani untuk bekerja, melainkan karena ketidakmampuan sistem dan struktur sosial dalam menyediakan kesempatan yang memungkinkan masyarakat miskin dapat bekerja. Dalam hal ini keterbatasan sumber daya lahan sebagai aset produktif utama merupakan salah satu faktor penyebab kemiskinan yang terjadi karena tidak mampu bekerja dengan hasil maksimal.

Seyogianya perluasan lahan baku usahatani juga diperlukan untuk meningkatkan kapasitas produksi setiap komoditas tersebut. Namun dalam realitasnya, luas lahan baku usahatani setiap komoditas, terutama lahan sawah terus berkurang akibat dikonversi ke penggunaan nonpertanian. Akibat konversi lahan tersebut luas lahan sawah selama tahun 1995-2015 mengalami penyusutan sekitar 0,24%/tahun atau sekitar 20 ribu hektare/tahun (Irawan dan Yufdi 2017). Hal tersebut banyak dialami oleh pertanian rakyat yang saat ini mendominasi jenis pertanian di Indonesia. *Land man ratio* di Indonesia pada tahun 2004 dengan jumlah penduduk diperkirakan 215 juta jiwa dan luas lahan pertanian 7,8 juta ha adalah 362 m<sup>2</sup> per kapita. Angka ini jauh lebih rendah misalnya dibandingkan dengan Thailand yang mencapai 1.870 m<sup>2</sup> per kapita dan Vietnam 1.300 m<sup>2</sup> per kapita.

Permasalahan yang dijumpai dalam penggunaan lahan untuk pertanian antara lain adalah kesuburan tanah rendah, kemasaman tanah, topografi dan ketersediaan air. Sebagian besar lahan kering di wilayah Indonesia bagian barat yang mempunyai curah hujan tinggi umumnya mempunyai

kesuburan tanah yang rendah dengan tingkat kemasaman yang cukup tinggi. Di sisi lain lahan rawa di Indonesia bagian barat mempunyai masalah dengan kelebihan air, kedalaman pirit dangkal dan kesuburan tanah rendah. Di Indonesia bagian timur terutama di daerah Nusa Tenggara yang beriklim kering, masalah ketersediaan air merupakan masalah utama di samping masalah topografi yang miring serta solum tanah yang dangkal dan berbatu.

## Lahan Terlantar

Salah satu lahan yang dapat digunakan untuk perluasan areal pertanian adalah lahan terlantar. Salah satu program pemerintah yang berkaitan dengan perluasan areal untuk pertanian adalah melalui program tanah Objek Reforma Agraria (TORA) dan kegiatan *redistribusi tanah* dan *legalisasi aset*. Sumber daya lahan yang termasuk kategori *redistribusi tanah* meliputi: (a) Lahan bekas HGU dan lahan terlantar seluas 0,4 juta ha, dan (b) Lahan kawasan hutan yang akan dilepas seluas 4,1 juta ha. Lahan kawasan hutan yang akan dilepas dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan yaitu: (1) Lahan perkebunan, (2) Program pemerintah untuk pencadangan pencetakan sawah baru, (3) Pemukiman transmigrasi, (4) Pemukiman, fasilitas umum dan fasilitas sosial, (5) Lahan garapan berupa sawah dan tambak rakyat, dan (6) Lahan pertanian lahan kering. Pelepasan lahan kawasan hutan tersebut harus berdasarkan permohonan yang dapat dilakukan oleh: (a) Perorangan, (b) Instansi, (c) Badan sosial/keagamaan, dan (d) Masyarakat hukum adat.

Perlu adanya suatu kebijakan keberpihakan terhadap alokasi lahan potensial untuk kepentingan pertanian rakyat, baik untuk pertanian tanaman pangan, hortikultura, tanaman perkebunan maupun peternakan. Lahan yang potensial secara luasan untuk pengembangan pertanian rakyat tidak lagi diperuntukkan bagi perusahaan tanaman perkebunan (kelapa sawit, karet, kakao, dll), baik pada lahan APL maupun lahan HPK sebagai lahan cadangan.

Strategi perluasan areal pertanian mulai dari sekarang harus sudah mempertimbangkan berbagai faktor, antara lain (i) analisis ketersediaan lahan dan data penyebaran lahan yang potensial berdasarkan data pada skala operasional (1:25.000-1:50.000), (ii) status kepemilikan lahan yang tidak jelas, sebagai tanah adat, tanah Negara atau kepemilikan lainnya, (iii) belum tersedia air irigasi dan sumber pengairan, (iv) kondisi demografi/jumlah penduduk di wilayah potensial.

## **Penggunaan Air**

### **Efisiensi penggunaan air di lahan pertanian irigasi**

Keterbatasan air irigasi pada lahan kering menjadi permasalahan yang sangat mendasar, air irigasi menjadi sangat langka dan mahal harganya. Dalam pengelolaannya diperlukan suatu teknologi irigasi cukup maju, yang efektif dan efisien dalam penggunaan air irigasi; nilai besaran perkiraan harga air tanah untuk keperluan irigasi.

Untuk mengatasi masalah kekurangan air dalam rangka meningkatkan produktivitas lahan kering tanpa merusak sumber daya alam, diperlukan teknologi pengelolaan irigasi yang efektif dan efisien. Teknologi tersebut merupakan kombinasi antara pemberian air yang optimal, teknik irigasi yang efisien dan teknik konservasi air. Pemanfaatan mulsa sisa tanaman yang ditujukan untuk meningkatkan kapasitas tanah menahan air dan mengurangi kehilangan air melalui evaporasi, mampu memperpanjang batas kritis penurunan air tersedia dan meningkatkan efisiensi penggunaan air (*water use efficiency=WUE*). Hasil penelitian Haryati (2010) menunjukkan bahwa teknik irigasi gelontor dan bawah permukaan memberikan total produksi cabai yang lebih tinggi dibandingkan teknik curah dan tetes. Mulsa jerami meningkatkan hasil cabai pada setiap teknik irigasi kecuali teknik bawah permukaan.

Menurut Tamba (2015) budi daya padi sawah merupakan konsumen terbesar dalam penggunaan air. Efisiensi penggunaan air berperan penting dalam peningkatan nilai ekonomi produksi padi sawah pada lahan beririgasi. Inovasi teknologi hemat air dalam budi daya padi sawah merupakan isu penting dalam kaitannya dengan pencapaian target produksi padi. Di tingkat petani, efisiensi penggunaan air masih rendah, kurang dari 30%. Teknik penghematan air dapat diterapkan dari fase persiapan lahan, saat tanam dan periode pertumbuhan tanaman. Penghematan air dapat dilakukan melalui sistem pengolahan tanah minimal atau tanpa olah tanah (TOT) untuk mengurangi periode pertumbuhan tanaman. Pada periode pertumbuhan tanaman, alternatif teknik penghematan air dapat dilakukan melalui (1) budi daya jenuh air, (2) irigasi macak-macak, (3) irigasi berselang (basah dan kering) dan (4) irigasi bergilir.

Pada budi daya jenuh air, tanah dijaga mendekati jenuh air sehingga mengurangi rembesan. Di dalam praktik, budi daya jenuh air berarti irigasi dangkal yang diberikan untuk memperoleh kedalaman genangan air setinggi satu cm air sehari atau setelah hilangnya air yang tergenang. Pada irigasi macak-macak di lahan sawah, petani biasanya menggenangi lahan sawah secara terus-menerus hingga ketinggian air mencapai 15 cm. Irigasi macak-macak adalah teknik pemberian air yang bertujuan untuk membasahi lahan hingga jenuh tanpa tergenang hingga mencapai ketinggian tertentu. Teknik irigasi ini efisien dalam penggunaan air dibandingkan dengan pengairan secara terus-menerus. Dengan irigasi berselang, hasil meningkat 7% dibanding hasil irigasi terus-menerus, sementara produksi dengan irigasi bergilir meningkat 2%. Kebutuhan air dengan penggenangan terus-menerus mencapai 725 mm, sedangkan irigasi bergilir dan berselang masing-masing 659 mm dan 563 mm. Irigasi bergilir merupakan teknik pengairan tanaman pada luasan dan periode tertentu, sehingga areal tersebut menyimpan air yang dapat digunakan hingga periode berikutnya. Pengairan dengan sistem bergilir tidak menurunkan hasil padi dan bahkan cenderung meningkat.



## **Efisiensi pengaturan tata air di lahan rawa pasang-surut**

Pengelolaan air merupakan kunci keberhasilan dalam pengembangan lahan rawa. Pengelolaan air sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tanaman, baik pada musim hujan maupun musim kemarau. Pengelolaan air mempunyai peran pemberi/irigasi air untuk kecukupan tanaman, konservasi tanah, pencucian terhadap unsur/senyawa racun seperti Al, Fe, H<sub>2</sub>S bagi tanaman, pengkayaan hara dari air serta salah satu upaya mitigasi dalam menurunkan emisi gas rumah kaca. Pada lahan rawa pasang-surut selain untuk menyuplai ketersediaan air, pengelolaan air juga ditujukan untuk mengamankan lapisan pirit agar selalu basah atau tergenang (Noor et al. 2014).

Secara umum pengelolaan air di lahan rawa pasang-surut terbagi menjadi dua, yaitu pengelolaan air skala makro dan pengelolaan air skala mikro. Menurut Anwar (2014) pengelolaan air skala makro adalah pengelolaan air berdasarkan kawasan mulai dari daerah aliran sungai, saluran primer, dan saluran sekunder. Sedangkan pengelolaan air skala mikro menurut Susilawati et al. (2014) adalah pengelolaan air hamparan saluran tersier dan kuartier serta pengelolaan air di petak sawah petani.

Permasalahan pada lahan pasang-surut seperti kemasaman, keracunan, salinitas, subsiden (khusus pada lahan gambut), kekeringan dan banjir serta berbagai aspek budi daya tanaman sangat berkaitan dengan ketersediaan air dan pengelolaannya. Beragamnya karakteristik lahan dan komoditas yang akan dibudidayakan membutuhkan pengelolaan air yang spesifik sesuai dengan karakteristik air, tanah dan tanamannya. Penerapan tata air mikro, pembuatan kemalir dan fasilitas pendukung berupa pintu-pintu air/gorong-gorong pengatur, baik saluran primer, kuartier maupun kemalir di petakan merupakan komponen dari pengelolaan air skala mikro yang berfungsi untuk mengatur air sesuai kebutuhan tanaman dan karakteristik tanah.

Salah satu unsur yang menentukan keberhasilan pembangunan secara menyeluruh di lahan rawa adalah kelembagaan pertanian. Kelembagaan pertanian perlu dibangun agar kuat untuk meningkatkan efektivitas kegiatan usaha tani di lahan rawa. Kegiatan yang perlu dilakukan adalah meningkatkan peran penyuluhan, kompetensi PPL, kemampuan kelompok tani dalam hal pengadaan sarana produksi, permodalan, pemasaran dan kemampuan Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A) dalam mengelola pengairan. Peran kelembagaan pertanian dalam melakukan fungsinya perlu didampingi oleh instansi terkait atau pembinaan secara terintegrasi antara peneliti, penyuluh, juru air, aparat desa dan fasilitas Dinas Pertanian dan Pekerjaan Umum. Kelembagaan Usaha Pelayanan Jasa Alsintan (UPIA) perlu dikelola dan diberdayakan secara optimal agar lebih berperan mendukung pelaksanaan program peningkatan produksi pertanian (Darsani et al. 2017).

## **Masalah pengaturan air di rawa lebak**

Lahan rawa lebak adalah rawa yang dipengaruhi oleh adanya genangan dengan lama genangan  $\geq 3$  bulan dan tinggi genangan  $\geq 50$  cm. Berdasarkan lama dan tingginya genangan wilayah rawa lebak dibagi menjadi empat tipe yaitu lebak dangkal, lebak tengahan, lebak dalam dan lebak sangat dalam. Pola drainase bersekat merupakan salah satu teknologi drainase (handil) bersekat untuk mempertahankan tinggi muka air pada musim kemarau dengan cara membuat tabat sesuai dengan ketinggian muka air tanah yang diinginkan. Drainase bersekat dibuat pada parit panjang (tersier) dengan kemiringan lahan  $< 5\%$ . Tinggi tabat dibuat 20 cm di bawah muka tanah dengan jarak  $< 100$  m. Lebar pintu tabat disesuaikan dengan lebar parit yang ada. Drainase bersekat dapat mempertahankan kadar air tanah 80–197% berdasarkan bobot kering tanah. Kondisi ini dapat mendukung pengembangan pola tanam padi-palawija pada lahan lebak tengahan untuk meningkatkan indeks pertanaman dan produktivitas lahan (Haryono et al. 2013)

## KETERSEDIAAN TEKNOLOGI DIGITAL

Pada saat ini dunia telah memasuki era Revolusi Industri 4.0, ditandai dengan penggunaan mesin-mesin otomatisasi yang terintegrasi dengan jaringan internet. Sektor pertanian juga perlu beradaptasi untuk menjawab tantangan ke depan. Bidang sumber daya lahan mulai dari perencanaan pemanfaatan sumber daya lahan sampai pengelolaan sumber daya lahan diharapkan akan mengikuti tantangan tersebut bahkan sebagian sudah mulai menggunakan teknologi digital. Teknologi digital memiliki beberapa keistimewaan yaitu:

1. Mampu mengirimkan informasi dengan kecepatan tinggi.
2. Kualitas dan kuantitas informasi tidak akan terpengaruh oleh penggunaan yang berulang-ulang terhadap informasi tersebut.
3. Informasi mudah diproses dan dimodifikasi ke dalam berbagai bentuk.
4. Dapat memproses informasi dalam jumlah yang sangat besar dan mengirimkannya secara interaktif.

### Ketersediaan data digital sumber daya lahan

Penggunaan data digital untuk pemetaan tanah atau sumber daya lahan sudah dimulai sejak tahun 1980-an, yaitu dengan dimulainya penggunaan citra satelit, dan citra radar (Sukarman dan Hidayat 2005). Pemetaan tanah di Sulawesi Tenggara pada tahun 1980 menggunakan citra Landsat MSS untuk analisis *landform*-nya (Marsoedi 1981), sementara Suryanto et al. (1989) telah meneliti kemampuan citra satelit *SPOT* untuk pemetaan tanah tinjau di daerah Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sedangkan pemetaan tanah menggunakan *digital elevation models* (DEMs) telah dilakukan untuk pemetaan tanah tingkat semi detail di Kabupaten Bogor (Sukarman et al. 2004).

Untuk memperlancar program sistem informasi geografis yang berbasis data digital, telah disusun berbagai perangkat lunak antara lain *Site & Horizon and Soil Sample Analysis (SSA)* dan *Land Unit* dalam DBF yang mengelola data file satuan lahan. Program-program tersebut merupakan perangkat lunak dari pengolahan data terkomputerisasi untuk menyimpan, memanggil dan menampilkan data hasil analisis kimia, fisika dan mineralogi (Sulaeman et al. 2015).

## **Data Dasar Sumber Daya Lahan/Tanah (Peta Tanah)**

Data dasar sumber daya lahan disajikan dalam bentuk peta sumber daya lahan/tanah pada berbagai skala bergantung pada tujuan pemetaan tersebut. Di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian peta sumber daya lahan yang sudah tersedia dalam bentuk digital adalah peta tanah tinjau (skala 1 : 250.000) di seluruh Indonesia berbasis Blad Peta RBI skala 1: 250.000, dan peta tanah semi detail skala 1 : 50.000 seluruh Indonesia berbasis kabupaten atau kota. Data digital tersebut tersedia dalam format jpg, pdf dan shp. Penjelasan mengenai format peta-peta tersebut adalah sebagai berikut:

1. Format JPG adalah jenis data yang dikembangkan oleh *Joint Photographic Experts Assemble (JPEG)*. Biasanya format data ini dijadikan standar untuk penampilan dalam bentuk foto atau gambar. Saat ini JPG digunakan dan menjadi standar gambar di internet karena ia bisa dikompresi hingga ukuran kecil.
2. Format pdf (*Portable Document Format*) adalah sebuah format berkas yang dibuat oleh *Adob Systems* pada tahun 1993 untuk keperluan pertukaran dokumen digital. Format PDF digunakan untuk merepresentasikan dokumen dua dimensi yang meliputi teks, huruf, citra dan grafik vektor dua dimensi.

3. Format shp (*Shapefile*) adalah format data untuk menyimpan data spasial nontopologis berbasis vektor. *Shapefile* digunakan untuk menyimpan data peta digital pada sistem informasi geografis. Format data ini dikembangkan oleh ESRI. Format data ini mampu menyimpan data spasial seperti bidang (untuk menyimpan data pulau, wilayah provinsi), garis (untuk menyimpan data jalan, sungai, batas satuan peta), titik (untuk menyimpan lokasi kota, bangunan) dan informasi mengenai ketiga data spasial tersebut (untuk menyimpan nama suatu kota, jenis suatu jalan, dll). Format data ini berbasis vektor. Jadi, data spasial seperti titik, garis dan bidang disimpan dalam bentuk kumpulan titik. Untuk data garis, disimpan titik-titik sudutnya. Sedangkan untuk bidang, juga disimpan titik-titik sudutnya.

Peta sumber daya lahan/tanah yang utuh tersimpan dalam format shp. Sebuah *shapefile* terdiri atas 3 buah file yang memiliki nama yang sama, namun memiliki ekstensi file yang berbeda, yaitu:

1. File Utama (.shp)
2. File Indeks (.shx)
3. Tabel dBASE (.dbf)

File utama (shp) berfungsi untuk menyimpan data spasial. Jenis data spasial yang dapat disimpan oleh *shapefile* antara lain *point* (titik), *multipoint* (kumpulan titik), *polyline* (satu atau kumpulan garis), *polygon* (satu atau kumpulan bidang). Setiap data spasial akan memiliki nomor *record* masing-masing sebagai identitas.

File indeks (shx) berfungsi untuk mempercepat akses untuk mendapatkan suatu data spasial tertentu. Cara kerja file indeks sama seperti cara kerja daftar isi dalam sebuah buku untuk mempercepat pengaksesan suatu bagian di dalam buku. Daftar isi memberikan nomor halaman ke bagian buku tertentu untuk mempercepat akses ke bagian tersebut, sedangkan file indeks memberikan nomor urutan *byte* dalam file utama yang menyimpan data spasial tertentu.

Tabel dBASE (dbf) berisi informasi mengenai suatu data spasial. Data spasial yang disimpan dalam file utama hanya menyimpan titik-titik yang merepresentasikan objek spasial tertentu (titik, garis, atau bidang). Data lainnya yang menjelaskan mengenai suatu data spasial tertentu disimpan pada tabel dBASE. File ini menggunakan file format dBASE. Data utama sumber daya lahan tersimpan dalam tabel ini mulai dari karakteristik biofisik lahan, sifat morfologi, kimia, fisika, serta karakteristik lahan atau kualitas lahan yang dapat digunakan untuk penilaian kelas kesesuaian lahan. Berdasarkan data ini, maka akan dapat diturunkan menjadi peta tematik lainnya, misal peta kesesuaian lahan, peta pemupukan, peta tingkat kepekaan erosi dan lainnya.

## **Peta Kesesuaian Lahan**

Untuk memperoleh tingkat kesesuaian lahan di suatu wilayah diperlukan peta kesesuaian lahan. Peta menjelaskan tentang kelas kesesuaian lahan di suatu wilayah atau daerah. Hasil penilaian ini akan memberikan informasi mengenai potensi dan atau arahan penggunaan lahan serta harapan produksi yang mungkin diperoleh yaitu melalui evaluasi lahan. Sistem evaluasi lahan di Indonesia khususnya di Balai Besar Litbang Sumber daya Lahan Pertanian, sangat berkembang dari waktu ke waktu. Pendekatan yang dilakukan menggunakan berbagai cara, antara lain dengan sistem perkalian parameter, penjumlahan, dan sistem *matching* atau mencocokkan antara kualitas lahan/karakteristik lahan dengan persyaratan tumbuh tanaman (Ritung et al. 2012).

Dengan semakin banyaknya data sumber daya lahan yang harus dievaluasi, maka diperlukan perangkat bantu yang dapat mempercepat pemrosesan data sekaligus dapat menyimpan data yang telah digunakan dan dapat menyimpan hasil yang diperoleh. Sistem penilaian yang terkomputerisasi merupakan salah satu cara untuk mencapai tujuan tersebut. Salah satu perangkat lunak yang pernah digunakan di Balai Besar Litbang Sumber daya Lahan Pertanian dalam penilaian kesesuaian

lahan di antaranya adalah *Land Evaluation Computer System* atau *LECS* (Wood dan Dent 1983) dan *Automated Land Evaluation System* atau *ALES* (Rossiter dan van Wambeke 1997). Namun demikian perangkat tersebut harus bersifat *user friendly* dan dapat digunakan oleh banyak pihak. Sistem Penilaian Kesesuaian Lahan (SPKL) merupakan perangkat bantu yang telah menjawab permasalahan tersebut (Bachri et al. 2016). Dengan sistem SPKL ini telah dapat diselesaikan penilaian kesesuaian lahan sebanyak 512 kabupaten/kota di seluruh Indonesia.

Peta kesesuaian lahan atau peta tematik lainnya diturunkan dari peta tanah atau peta sumber daya lahan. Pada data digital sumber daya lahan dalam format shp, semua karakteristik lahan terdapat di dalamnya, sehingga dapat diturunkan menjadi peta kesesuaian lahan.

## Ketersediaan Teknologi Digital Pengelolaan Sumber Daya Lahan

Penggunaan teknologi digital dalam pengelolaan sistem pertanian di Indonesia dinilai akan berdampak positif pada hasil produksi petani dalam negeri. Teknologi digital bisa dimanfaatkan selama proses *on farm* dan *off farm* dalam bidang pertanian. Upaya menggunakan teknologi digital juga akan membuat produk Indonesia mempunyai nilai lebih dibandingkan produk pertanian dari negara lain. Kementerian Pertanian akan segera melakukan implementasi Industri 4.0 di sektor pertanian, diharapkan proses usahatani menjadi semakin efisien, sehingga terjadi efisiensi, peningkatan produktivitas, dan daya saing. Salah satu komponen penting untuk pertanian modern dalam mencapai target swasembada pangan berkelanjutan adalah komponen mekanisasi pertanian.

Menurut Sulaiman (2018) untuk mendukung Industri 4.0, sektor pertanian yang akan datang sedang bereksperimen dengan model dan inovasi bisnis baru, yaitu pertanian presisi, pertanian vertikal, pertanian pintar (*smart farming*) sehingga Big Data, sensor dan drone, alat analisis,

“internet pertanian” serta otomatisasi alsintan menjadi kunci dalam menghasilkan teknologi canggih tersebut. Berikut diuraikan tentang ketersediaan teknologi digital pengelolaan sumber daya dan air: jenis teknologinya (traktor otonom, waktu tanam, pola tanam, pemupukan, pengaturan air, pemberantasan hama dan penyakit).

## Traktor Otonom (*Autonomous Tractor*)

Untuk menjawab perkembangan teknologi 4,0 Kementerian Pertanian berinisiatif menggenjot produktivitas pertanian dengan meluncurkan Revolusi Industri Mekanisasi Pertanian 4.0 ditandai dengan penggunaan mesin-mesin otomasi yang terintegrasi dengan jaringan internet, salah satu di antaranya adalah traktor otonom (*Autonomous Tractor*). Menurut Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2018a) *Autonomous Tractor* merupakan hasil inovasi terbaru Badan Litbang Pertanian melalui unit kerjanya Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (BBP Mektan). Traktor otonom ini merupakan traktor tanpa awak menggunakan Sistem navigasi GPS berbasis *Real Time Kinematika* (RTK), berfungsi untuk mengolah tanah dengan sistem kemudi yang dapat dikendalikan secara otomatis. Traktor otonom ini dapat melakukan pengolahan lahan sesuai dengan peta perencanaan dengan akurasi 5-25 cm. Sistem kontrol pada traktor terdiri atas pengendalian stir, gas, gear, rem dan kopling. Sedangkan untuk aplikasi pengolahan lahan digunakan pengendalian implemen dan PTO.

Selain itu juga adanya sistem komunikasi antara traktor dan *base station* dengan Protokol TCP/IP dengan media *wireless* 2.4 atau 5 GHz, tersedianya suatu *command control* untuk pengendalian traktor dalam bentuk parameter dalam format text melalui *interface* serial. Keunggulan dan kebaruan lainnya adalah tersedianya desain *controler* yang modular dan dapat dipindah ke traktor lain, adanya standar komunikasi antarmodular sensor dan aktuator berbasis protokol i2c yang sederhana,



aplikasi mapping yang dapat digunakan untuk pengolahan lahan di lokasi yang berbeda, dan tersedianya aktuator untuk pengendalian dengan sistem yang lebih sederhana.

## Alat Deteksi Unsur Hara

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2018b) telah mengembangkan alat deteksi unsur hara tanah menggunakan aplikasi teknologi *remote sensing* atau penginderaan jauh yang telah luas diterapkan pada bidang geodesi, kelautan, hidrologi, geologi, meteorologi & klimatologi dan oseanografi. Pemanfaatan aplikasi *remote sensing* sebagai metode untuk mendapatkan informasi unsur hara N tanaman padi dengan basis data acuan dari Bagan Warna Daun (BWD). Implementasinya menggunakan sistem drone sebagai pengganti peran manusia dalam proses pengukuran unsur hara N tanaman padi di lapangan. Data perolehan akan diolah dan dikomparasi dengan data transformasi BWD.

## Rice Tranplanter

Tanam merupakan tahapan budi daya padi yang krusial, di samping karena waktunya yang terbatas, dewasa ini ketersediaan tenaga tanam juga sangat terbatas. Untuk dapat meningkatkan indeks pertanaman padi dan menekan serangan hama dan penyakit, mekanisasi tahap tanam sangat diperlukan. Pengembangan mesin tanam padi (*paddy transplanter*) dalam negeri, telah diawali pembuatan *prototipe* mesin tanam padi jajar legowo tipe *walking* 4 baris, merupakan inovasi awal untuk mendukung penerapan pola tanam jajar *legowo* yang dikembangkan Badan Litbang Pertanian. Saat ini, mesin tanam tersebut telah diadopsi beberapa industri alsintan domestik, dan telah diproduksi secara massal dan dipasarkan kepada petani. Meskipun mesin tersebut telah berfungsi dengan baik dan diterima petani. Pada 2017 dilakukan pengembangan mesin tanam

padi jajar *legowo* tipe *riding* 6 baris yang mempunyai kapasitas dan kemampuan yang lebih besar (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2018c).

## **Smart Green House**

Untuk budi daya hortikultura dengan sistem hidroponik yang modern dan menghasilkan produksi yang optimal diperlukan *Smart Green House* yang terkontrol. Keunggulan teknologi adalah dapat dikendalikan secara otomatis berdasarkan sensor dan berbasis android. Pembuatan program *smart green house* berdasarkan mekanisme dari seluruh sistem *smart green house* yang diinginkan, mulai dari pengaturan kelembapan udara, pengaturan suhu ruang dan pengaturan pencahayaan yang kemudian dilanjutkan pada server untuk diteruskan kepada pengguna melalui *gadget (handphone)*. Pengguna bisa mengatur suhu, kelembapan dan pencahayaan yang ada di *smart green house* hanya dengan menggunakan aplikasi yang ada di *gadget* (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2018d).

## **Alat Penyemprot Hama**

Akibat hama dan penyakit mengakibatkan suatu usaha pertanian akan mendapat kerugian yang cukup besar. Oleh karena itu diperlukan perlengkapan alat dan mesin pertanian (Alsintan) untuk pengendalian hama dan penyakit tersebut. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2019) melalui Unit kerjanya Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (BBP Mektan) telah meluncurkan Alsintan pengendalian hama penyakit dan pemupukan tanaman yaitu Mesin Boom Sprayer. Mesin Boom Sprayer adalah mesin pertanian yang berfungsi untuk memecah suatu cairan, larutan atau *suspense* menjadi butiran cairan (*droplet*) atau *spray*. Mesin berpengerak sendiri (*self-propelled*) dioperasikan oleh satu operator dengan cara duduk di atas mesin (*riding*). Komponen utama mesin terdiri atas motor penggerak, roda

penggerak, nosel dan rangkaian *system hidroulis*. Mesin ini mempunyai fleksibilitas, produktivitas dan daya jangkau yang luas. Dengan Bobot kosong 1.160 kg dan kapasitas tangki 500 liter, lebar penyemprotan dapat bekerja menjangkau area yang cukup luas.

## Kalender Tanam Terpadu

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah menghasilkan Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu Ver 1.3 yang dapat diakses melalui [litbang.deptan.go.id](http://litbang.deptan.go.id), [deptan.go.id](http://deptan.go.id), [epetani.deptan.go.id](http://epetani.deptan.go.id), [cybex.deptan.gop.id](http://cybex.deptan.gop.id) atau [balitklimat.litbang.deptan.go.id](http://balitklimat.litbang.deptan.go.id) (halaman website dari Kalender Tanam Terpadu seperti pada Gambar 2). Sistem ini merupakan pedoman atau alat bantu yang memberikan informasi spasial dan tabulat tentang prediksi musim, awal tanam, pola tanam, luas tanam potensial, wilayah rawan banjir dan kekeringan, potensi serangan OPT, varietas padi dan kebutuhan benih, serta rekomendasi dosis dan kebutuhan pupuk berdasarkan prediksi variabilitas dan perubahan iklim pada level kecamatan di seluruh Indonesia (Runtunuwu et al. 2012).

## Smart Irigation

Pada saat ini pengaliran air atau irigasi dilakukan secara manual. Petani harus menyiram tanaman satu persatu sehingga tidak efisien dalam hal energi, waktu dan ketersediaan air sehingga dapat menurunkan hasil panen. Salah satu konsep dan metode untuk kontrol jarak jauh, monitoring, pengiriman data dan berbagai fungsi lainnya dapat dilakukan melalui sistem *Internet of Things* (IoT). Alat ini dapat digunakan oleh pengguna melalui telepon genggam berbasis android, yaitu jenis telepon genggam yang banyak digunakan oleh masyarakat luas (Wijaya dan Rivai 2018).

## Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung Pertanian Modern (2019)



**Gambar 22.** Contoh salah satu halaman website kalender tanam terpadu (Runtuwuu et al. 2012)

## Teknologi Pemantauan Kekeringan di Lahan Sawah

Pengaturan air dari suatu waduk harus berpedoman kepada kebutuhan tanaman padi disesuaikan dengan tingkat pertumbuhan tanaman. Pada musim kemarau pemantauan terhadap lahan sawah sangat diperlukan agar tidak ada lahan sawah yang mengalami kekeringan apalagi sampai mengalami puso. Teknologi untuk pemantauan keadaan kelembapan tanah dapat dilakukan melalui teknologi penginderaan jauh menggunakan Radarsat 2 resolusi tinggi. Hasil penelitian Hikmat (2019) mendapatkan bahwa kelembapan tanah pada lahan sawah di Indramayu adalah sifat biofisik lahan yang paling banyak berpengaruh terhadap nilai-nilai  $\sigma^{\circ}$  polarisasi dari Radarsat 2. Indikasi ini dapat digunakan untuk monitoring keadaan kekeringan di lahan sawah, yang akan digunakan untuk pengaturan suplai air irigasi di lapangan.

## Cakupan Teknologi Digital

Cakupan teknologi digital yang dibahas meliputi data digital sumber daya lahan dan teknologi digital pengelolaan sumber daya lahan. Data sumber daya lahan meliputi data digital dasar tanah, kesesuaian lahan dan rekomendasi pengelolaan lahan. Sedangkan teknologi digital meliputi teknologi digital mekanisasi pertanian baik berupa pengolahan lahan pertanian dan pengelolaan pertanian. Secara umum lahan pertanian di Indonesia dapat dipilah menjadi 5 agroekosistem, yaitu lahan kering, lahan sawah irigasi, lahan sawah tadah hujan, lahan rawa dan lahan gambut. Setiap agroekosistem mempunyai jenis peralatan dan pengelolaan lahan yang spesifik. Untuk data dasar digital sumber daya lahan dan air sudah tersedia untuk seluruh Indonesia pada berbagai agroekosistem dan skala 1 : 50.000.

Peran keteknikan dan teknologi mekanisasi merupakan salah satu upaya menciptakan sistem pertanian yang lebih baik dan efisien, yang mencakup pula penyediaan alsintan, mendorong petani meningkatkan produktivitas lahan, mengatasi masalah transpor serta meningkatkan kualitas lahan dan hasil pertanian. Pengembangan teknologi mekanisasi atas dasar kondisi fisik dan sosial ekonomi akan berdampak positif pada perubahan dan mendorong berkembangnya usaha pertanian. Alsintan tepat guna untuk tanaman padi meliputi alat dan mesin pengolah tanah, alat tanam, mesin panen, mesin perontok, mesin pengering. Keterbatasan dana untuk memiliki alsintan dapat dilakukan dengan sistem sewa jasa melalui Usaha Pelayanan Jasa Alsintan (UPJA), sehingga teknologi mekanisasi yang ada dapat lebih diadopsi untuk pengembangan agribisnis.

Aplikasi alsintan yang paling sering digunakan pada tanaman pangan terutama padi adalah alat pengolah tanah dan panen yang perkembangannya sangat pesat sejak dekade '80-an hingga sekarang. Namun demikian, penggunaan alsintan ditingkat petani masih terbatas. Petani umumnya masih menggunakan cara-cara manual dan sederhana

dalam mengolah produk pertaniannya. Kondisi ini menunjukkan bahwa banyak faktor yang memengaruhi kesiapan petani dalam penyerapan dan penerapan teknologi mekanisasi tersebut. Untuk itu perlu pengembangan alsin tepat guna di tingkat petani dalam mendukung keberhasilan program-program Kementerian.

Dari literatur diperoleh informasi bahwa sebagian besar dari teknologi yang dihasilkan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian melalui unit kerjanya tersebut masih berstatus penelitian atau uji coba yang siap untuk dilisensikan.

## PENUTUP

Sumber daya lahan (tanah dan air) merupakan sumber daya alam yang semakin terbatas (*finite*) namun sangat dibutuhkan untuk pertanian maupun untuk nonpertanian. Oleh karena itu pemanfaatannya harus dilakukan dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Pemanfaatan sumber daya lahan harus dilakukan secara tepat berdasarkan informasi yang diterima. Hal ini dapat dilakukan melalui gagasan Pertanian 4.0 yaitu pertanian presisi yang dikombinasikan dengan teknologi informasi digital yang utamanya didukung oleh *big data*, *mobile internet* dan *cloud computing*. Data dasar sumber daya lahan untuk pertanian operasional sebagian besar sudah tersedia dalam bentuk data digital. Data ini dapat dimanfaatkan sebagai data dasar untuk penyusunan peta tematik seperti peta kesesuaian lahan, peta rekomendasi pengelolaan lahan, peta pemupukan dan lain-lain. Penggunaan teknologi digital dalam pengelolaan sistem pertanian di Indonesia dinilai akan berdampak positif pada hasil produksi petani dalam negeri. Teknologi digital bisa dimanfaatkan selama proses *on farm* dan *off farm* dalam bidang pertanian. Ketersediaan teknologi digital pengelolaan lahan masih terbatas pada hasil penelitian, atau uji coba, belum banyak yang digunakan secara massal. Oleh karena itu diperlukan upaya yang serius dan cepat, untuk membuat link antara ketersediaan data digital sumber daya lahan dengan alat-alat pengolah lahan pertanian, sehingga

akan dapat terjadi konektivitas yang pasti. Sosialisasi pemanfaatan data digital untuk peningkatan efiseinsi pemanfaatan lahan harus dilakukan terhadap institusi pelaksana pertanian, penyuluh dan petani.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Anwar K. 2014. Pengelolaan air skala makro di lahan rawa pasang-surut. Dalam Noor et al. (eds) Pengelolaan Air di Lahan Rawa Pasang-surut. Optimalisasi Lahan Mendukung Swasembada Pangan. IAARD Press, Jakarta. Hal : 9 - 26.
- Bachri S, Sulaeman Y, Sugrawijaya R, Mulyani A, Hidayat H. 2016. Petunjuk Pengoperasian SPKL (Sistem Penilaian Kesesuaian Lahan) Versi 2,0. Balai Besar Penelitian dan Penembangan Sumber daya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. 2016. 56 hal.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2018a. <https://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/3386/>. Diakses tanggal 17 Mei 2019.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2018b. <http://www.litbang.pertanian.go.id/alsin/48/>. Diakses tanggal 17 Mei 2019.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2018c. <http://rilis.id/jajar-legowo-riding-transplanter-jadi-jawaban-masalah-petani-Indonesia>. Diakses tanggal 17 Mei 2019.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2018d. <https://www.litbang.pertanian.go.id/alsin/50/>. Diakses tanggal 17 Mei 2019.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2019. <https://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/3477/>. Diakses tanggal 17 Mei 2019.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2009. Statistik Indonesia Tahun 2009. Badan Pusat Statistik. Jakarta.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern (2019)**

- BPS (Badan Pusat Statistik). 2013. Statistik Indonesia Tahun 2013. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2016. Statistik Indonesia Tahun 2016. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Balitbangtan. 2013. 400 Teknologi Inovatif Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. Indonesia Agency for Agricultural Research and Development Press (IAARD Press). 415 halaman.
- Balikabi. 2012. Deskripsi varietas unggul kacang-kacangan dan umbi-umbian. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Malang, Jawa Timur.
- Darsani YR, Umar S. 2017. Kelembagaan Pertanian di Lahan Rawa. Dalam Masganti et al. (eds) Agroekologi Rawa. IAARD Press, Jakarta. Hal : 595 - 630.
- Haryati U, Abdurachman A, Subagyo K. 2010. Efisiensi penggunaan air berbagai teknik irigasi untuk pertanaman cabai di lahan kering pada Typic Kanhapludults Lampung. Prosiding Seminar Nasional Sumber daya Lahan Pertanian. Bogor, 30 November - 1 Desember 2010. Buku III: Pengelolaan Air, Iklim dan Rawa. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Haryono, Noor M, Syabuddin H, Sarwani M. 2013. Lahan Rawa Penelitian dan Pengembangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 103 halaman.
- Hikmat M, Barus B, Ardiansyah, Mulyanto B. 2019. Parametrisasi sifat biofisik lahan sawah menggunakan citra radar resolusi tinggi : Studi kasus di Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Jurnal Tanah dan Iklim. 43 (1) : 1-12.



- Irawan B, Yufdi MP. 2017. Potensi Dampak Integrasi Tanaman Jagung dan Kedelai Pada Lahan Perkebunan. Dalam Pasandaran et al. (Eds): Menuju Pertanian Modern Berkelanjutan. IAARD PRESS. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hlm:311-340.
- Irawan B. 2018. Memperkuat Usaha Tani Rakyat Berbasis Lahan Kering. Dalam Pasandaran et al. (Eds): Sinergi Inovasi Sumber Daya dan Kelembagaan Menuju Kesejahteraan Petani. IAARD PRESS. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hlm:39-94.
- Kementerian Pertanian. 2015. Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2015-2019. Kementerian Pertanian, Jakarta. 339 hlm.
- Kurnia U, H Suganda, D Erfandi, dan H Kusnadi. 2004. Teknologi konservasi tanah pada budi daya sayuran dataran tinggi. Hlm 133-150. *Dalam* Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Pertanian Berlereng. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Laborde D, Lallemand T, MSDougal K, Smaller C and Traore F. 2018. Transforming Agriculture in Africa & Asia : What are the policy priorities. IISD and IFPRI. 29 page.
- Maftuah E, Annisa W, Noor, M. 2016. Teknologi pengelolaan lahan rawa untuk tanaman pangan dan hortikultura dalam konteks adaptasi terhadap perubahan iklim. *Jurnal Sumber daya Lahan*. 10(2): 103-114. Balai Besar Litbang Sumber daya Lahan Pertanian, Bogor.
- Marsoedi DS. 1981. The use of landsat multispektral scanner for reconnaissance land resources inventory in Southeast Sulawesi. FAO/CSR, Bogor.
- Mulyani A, Nursyamsi D, Las I. 2014. Percepatan pengembangan pertanian lahan kering iklim kering di Nusa Tenggara. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 7 (4): 187-198
- Mulyani A, Syarwani M. 2013. Karakteristik dan Potensi Lahan Sub optimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal*

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern (2019)**

- Sumber daya Lahan. (2): 47-56. Balai Besar Litbang Sumber daya Lahan Pertanian, Bogor.
- Mulyani A, Kuncoro, Nursyamsi D, Agus F. 2016. Analisis konversi lahan sawah: Penggunaan data spasial resolusi tinggi memperlihatkan Laju Konvesi yang mengkhawatirkan. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 40(2): 43-55.
- Mulyani A, Nursyamsi D, dan Syakir M. 2017. Strategi pemanfaatan sumber daya lahan untuk pencapaian beras berkelanjutan. *Jurnal Sumber daya Lahan*. 11 (1): 11-22.
- Noor M, Anwar K, Alwi M, Thamrin M, Subagjo H. 2014. Pengelolaan Air di Lahan Rawa Pasang-surut. *Optimalisasi Lahan Mendukung Swasembada Pangan*. IAARD Press, Jakarta. 181 halaman.
- Pasandaran E. 2008. Membangun kerangka pengelolaan terpadu sumber daya lahan dan air: perspektif sejarah dan politik. *Analisis Kebijakan Pertanian*. 6(4): 297-313.
- Pasandaran E dan Suherman. 2015. Kebijakan investasi dan pengelolaan sumber daya lahan mendukung kemandirian pangan. *Buku memperkuat Kemampuan Swasembada Pangan*. Jakarta IAARD Press, 2015. 382 halanan.
- Pranadji T. 2012. Politik pengembangan lahan kering dan reforma agraria. *Dalam* Dariah et al. (Edt) *Prospek Pertanian Lahan Kering Dalam Mendukung Ketahanan Pangan*. IAARD Press, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hlm 51-60.
- Ritung S, Nugroho K, Mulyani A, Suryani A. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian. 2012.161 hal.
- Rohmani SA, Suparno H. 2018. *Pertanian Digital Dalam Membangun Pertanian Modern Di Era Industri 4.0*. Dalam Pasandaran E., M.

- Syagir dan M.P. Yufdi. (eds). Sinergi Inovasi Kebijakan dan Teknologi Menuju Kesejahteraan Petani; IAARD Press. Hlm: 227-276.
- Rossiter DG, Van Wambeke AR. 1995. ALES (*Automated Land Evaluation System*) version 4,5 User s Manual. SCAS Teaching Series No. T 93-2. Reversion 5. Cornell University, Department of Soil, Crop & Atmospheric Science, Ithaca, NY.1995.
- Runtunuwu R, Syahbuddin H, Ramadhani F, Pramudia A. Styorini D, Sari K, Apriyani Y, Susanti E, Haryono, Setyanto P, Las I, Sarwani M. 2012. Sistem informasi kalender tanam terpadu : Status terkini dan tantangan kedepan. *Jurnal Sumber daya Lahan*. 6 (2): 67-68.
- Schwab K. 2017. *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business Press.
- Sukarman, Hardjowigeno S, Sudarsono, Mulyanto B, Ardiansyah M, Hidayat A. 2004. Model elevasi digital untuk analisis landform dan hubungannya dengan satuan tanah di Cisarua Bogor. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 22:50-62.
- Sukarman dan Hidayat A. 2005. Pemanfaatan citra satelit dan model elevasi digital untuk inventarisasi sumber daya lahan. *Jurnal Sumber daya Lahan*. 1(1): 20-31.
- Sukarman, Suharta N. Kebutuhan lahan kering untuk kecukupan produksi bahan pangan periode 2010–2050. 2010. Analisis Sumber daya Lahan Menuju Ketahanan Pangan Berkelanjutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hal : 111- 124.
- Sukarman dan Ritung S. 2013. Perkembangan dan strategi pemetaan sumber daya tanah di Indonesia. *Jurnal Sumber daya Lahan*. 7 (7): 1-14.
- Sukarman dan Dariah A. 2014 Tanah Andosol di Indonesia : Karakteristik, Potensi, Kendala dan Pengelolaannya untuk Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian. ISBN

978-602-8977-84-5. 144 Hal.

- Sukarman. 2015. Evaluasi lahan sebagai instrumen perencanaan pembangunan pertanian berbasis ekoregional. Dalam Pasandaran *et al* (eds). Pembangunan Pertanian Berbasis Ekoregion. IAARD Press. Hal : 140- 152.
- Sulaeman Y, Rofik S, Bachri S, Sutriadi M T, Nursyamsi D. 2015. Sistem informasi sumber daya lahan pertanian Indonesia : status terkini dan arahan pengembangan ke depan. Jurnal Sumber daya Lahan. 9(2): 121-146.
- Sulaiman A. 2018. Sumber : <https://tabloidsinartani.com/detail/indeks/teknolingkungan/7213-Persiapan-Pertanian-40-Kementan-Gulirkan-Aneka-Alsintan-Canggih>
- Suryanto, W.J., S. Soekodarmodjo dan Sutikno. 1989. Analisis densitas citra SPOT untuk pemetaan tanah: studi kasus di daerah Gunung Kidul Bagian Utara. Pembert. Penel. Tanah dan Pupuk. 8: 48-56.
- Susilawati A, Noor M, Anwar K. 2014. Sistem pengelolaan air di lahan rawa pasang-surut pada tingkat usahatani. Dalam Noor *et al.* (eds) Pengelolaan Air di Lahan Rawa Pasang-surut. Optimalisasi Lahan Mendukung Swasembada Pangan. IAARD Press, Jakarta. Hal: 27 - 39.
- Susilowati SH. 2015. Dinamika kemiskinan rumah tangga dan hubungannya dengan penguasaan lahan pada berbagai agroekosistem. *Dalam* Irawan *et al.* (Edt) Panel Petani Nasional : Rekonstruksi Agenda Peningkatan Kesejahteraan Petani. IAARD Press, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hlm: 287-299.
- Syabuddin H, Surmaini E, Estinintyas W. 2015. Pembangunan pertanian berbasis ekoregion dari perspektif keragaman iklim. Dalam Pasandaran *et al.* (eds). Pembangunan Pertanian Berbasis Ekoregion. IAARD Press. Hal : 48- 61.

- Tamba M. 2015. <https://tabloidsinartani.com/detail/indeks/mimbar-penyuluhan/2340-strategi-penghematan-air-dalam-budi-daya-padi-sawah>. Diakses tanggal 19 Mei 2019.
- Wijaya A, Rivai M. 2018. Monitoring dan kontrol sistem irigasi berbasis IoT menggunakan Banana Pi. *Jurnal Teknik ITS*. 7(2): A288-A292.
- Winoto J. 2005. Kebijakan pengendalian alih fungsi lahan pertanian dan implementasinya. Seminar Sehari Penanganan Konversi Lahan dan Pencapaian Lahan Pertanian Abadi. Jakarta 13 Desember 2005.
- Wood SR, Dent FJ. LECS Methodology. 1981. Ministry of Agric. Gov. of Indonesia. 1983. FAO-AOF/INS/78/006.



# **PENGELOLAAN PERTANIAN PANGAN LAHAN KERING PADA ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0**

**Bambang Irawan**

## **PENDAHULUAN**

Pembangunan pertanian selama ini tidak pernah terlepas dari upaya meningkatkan produksi pangan dalam rangka mewujudkan ketahanan dan kemandirian pangan nasional secara berkelanjutan. Hal ini dapat dipahami karena kekurangan pangan dapat menimbulkan dampak luas secara ekonomi, sosial dan politik. Salah satu unsur penting untuk meningkatkan produksi pangan adalah penyediaan lahan usahatani tanaman pangan yang dapat berupa lahan sawah, lahan rawa dan lahan kering. Dari ketiga tipe lahan tersebut lahan sawah adalah yang paling produktif akibat adanya jaringan irigasi yang memungkinkan pengendalian pasokan air sesuai kebutuhan tanaman. Namun demikian luas lahan sawah justru terus berkurang akibat dikonversi ke pemanfaatan nonpertanian dan lahan perkebunan sementara pencetakan sawah baru semakin dihadapkan pada keterbatasan sumber daya lahan dan air yang memadai. Selama tahun 1995-2015 luas lahan sawah berkurang rata-rata 0,24%/tahun atau sekitar 20 ribu hektare/tahun terutama akibat dikonversi ke penggunaan nonpertanian (Irawan dan Yufdi 2017).

Berbagai peraturan dan undang-undang yang melarang konversi lahan sawah sebenarnya telah diterbitkan pemerintah. Akan tetapi konversi lahan sawah tersebut tampaknya sulit dibendung selama pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi terus berlangsung mengingat terjadinya konversi lahan pertanian pada dasarnya didorong oleh kedua faktor tersebut (Simatupang dan Irawan 2003). Oleh karena itu upaya peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan di masa yang akan datang tidak cukup hanya mengandalkan pada lahan sawah tetapi perlu didukung dengan upaya pemberdayaan lahan kering dan lahan rawa untuk menghasilkan produksi pangan. Pentingnya pemanfaatan lahan kering untuk peningkatan produksi pangan sebenarnya sudah sejak lama disadari namun akibat berbagai faktor upaya pemberdayaan lahan kering tersebut selama ini terkesan terabaikan dan cenderung bersifat temporer serta sporadis (Suradisastra 2013, Pasandaran et al. 2013).

Akhir-akhir ini kita menyaksikan munculnya arus revolusi industri 4.0 yang semakin meluas di seluruh negara. Revolusi industri tersebut pada dasarnya dipicu oleh berbagai perkembangan teknologi terkini seperti kemampuan komputerasi dan kapasitas penyimpanan data yang semakin besar, berkembangnya teknologi internet, teknologi sensor, teknologi drone dan berbagai teknologi lainnya. Arus revolusi industri tersebut tidak mungkin dihindari dan akan membawa pengaruh terhadap kinerja sektor pertanian dan sektor ekonomi lainnya. Revolusi industri tersebut dapat memberikan peluang dan sekaligus tantangan yang harus dihadapi dalam pembangunan pertanian ke depan. Dikatakan memberikan peluang karena berbagai teknologi pertanian yang diperlukan untuk meningkatkan produktivitas, daya saing komoditas dan efisiensi usaha pertanian semakin tersedia sejalan dengan berkembangnya teknologi terkini pada era industri 4.0. Akan tetapi revolusi industri tersebut juga dapat menimbulkan masalah bagi sektor pertanian apabila komoditas pertanian yang diproduksi secara lokal semakin tidak mampu bersaing dengan negara lain yang telah memanfaatkan berbagai teknologi terkini dalam proses produksi komoditas pertanian.



## **Pengelolaan Pertanian Pangan Lahan Kering pada Era Revolusi Industri 4.0**

Idealnya berbagai teknologi terkini yang berkembang pada era revolusi industri 4.0 dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan lahan pertanian pangan untuk mendukung peningkatan produksi pangan nasional secara berkelanjutan. Implementasi berbagai teknologi tersebut pada intinya perlu diarahkan untuk menekan dan mengatasi berbagai permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan lahan pertanian sebagai sentra produksi pangan. Namun upaya tersebut akan dihadapkan pada berbagai tantangan mengingat proses transformasi pengelolaan lahan pertanian secara konvensional menjadi pengelolaan lahan yang berbasis teknologi terkini membutuhkan berbagai perubahan baik secara teknis maupun secara kelembagaan. Perubahan tersebut dapat terjadi pada berbagai kegiatan agribisnis mulai dari proses produksi dan penyediaan sarana produksi, kegiatan produksi, hingga pemasaran komoditas pangan yang dihasilkan petani.

Tulisan ini mengungkapkan bagaimana pengelolaan pertanian pangan di lahan kering sebaiknya dilakukan sejalan dengan berkembangnya berbagai teknologi pada era Revolusi Industri 4.0. Pada bagian awal diungkapkan seberapa besar potensi lahan kering sebagai basis pembangunan ketahanan pangan di masa yang akan datang dan apa permasalahan yang dihadapi pada pertanian pangan di lahan kering. Selanjutnya diungkapkan konsep industri 4.0 dan konsep Pertanian Presisi yang merupakan implementasi dari konsep industri 4.0 pada sektor pertanian. Pada bagian akhir diungkapkan pemikiran tentang upaya memperkuat pengelolaan pertanian pangan di lahan kering yang meliputi pengelolaan sumber daya air, penerapan konsep pertanian presisi dan pengembangan kelembagaan pertanian korporasi.

## **LAHAN KERING SEBAGAI BASIS PERTANIAN PANGAN MASA DEPAN**

### **Ketersediaan dan Peluang Perluasan Lahan Kering untuk Tanaman Pangan**

Selama ini usaha pertanian di lahan kering seringkali diasosiasikan dengan usahatani tanaman perkebunan sedangkan usaha pertanian di lahan sawah diasosiasikan dengan usahatani tanaman pangan terutama padi. Hal ini dapat dipahami mengingat sebagian besar tanaman perkebunan diusahakan di lahan kering sedangkan sebagian besar tanaman padi diusahakan pada lahan sawah. Namun tanaman pangan seperti jagung, kedelai, ubi kayu, padi gogo, kacang tanah dan berbagai jenis tanaman sayuran juga banyak yang diusahakan pada lahan kering. Sebagian besar produksi palawija seperti ubi kayu, jagung dan kacang tanah bahkan dihasilkan dari lahan kering. Begitu pula produksi berbagai jenis sayuran sebagian besar dihasilkan dari lahan kering kecuali bawang merah yang banyak dihasilkan dari lahan sawah.

Badan Pusat Statistik (BPS) secara garis besar mengelompokkan sumber daya lahan atas dua kategori yaitu lahan sawah dan lahan kering. Lahan rawa dianggap termasuk dalam kategori lahan sawah sedangkan lahan kering dibagi menjadi beberapa kategori yaitu: lahan pekarangan, lahan tegalan/kebun, lahan ladang/huma, lahan yang ditanami kayu-kayuan atau hutan rakyat, tambak, kolam/empang, hutan negara, lahan perkebunan dan lahan yang sementara tidak diusahakan. Usaha tani tanaman pangan di lahan kering umumnya dilakukan pada kategori lahan ladang/huma. Pada tipe lahan kering tersebut petani umumnya mengusahakan tanaman palawija seperti jagung, kedelai, kacang tanah, ubi kayu dan berbagai jenis tanaman sayuran di samping tanaman padi gogo.

#### Pengelolaan Pertanian Pangan Lahan Kering pada Era Revolusi Industri 4.0

Secara keseluruhan lahan kering yang dapat dimanfaatkan untuk tanaman pertanian jauh lebih luas dibanding lahan sawah. Pada tahun 2015 total lahan kering yang dapat dimanfaatkan untuk tanaman pertanian (tegalan/kebun, ladang/huma, lahan sementara tidak diusahakan) seluas 28,97 juta hektare sedangkan luas lahan sawah hanya sekitar 8,09 juta hektare (BPS 2015). Namun lahan kering yang benar-benar dimanfaatkan untuk tanaman pangan atau lahan ladang/huma lebih sempit dibanding lahan sawah yaitu hanya sekitar 5,17 juta hektare (Tabel 1). Sebagian besar lahan sawah terkonsentrasi di Pulau Jawa dan Pulau Sumatera (sekitar 67% dari total luas sawah nasional) sedangkan sebagian besar lahan ladang/huma tersebar di wilayah Timur. Berdasarkan hal tersebut maka dapat dikatakan bahwa upaya peningkatan produksi pangan yang ditempuh melalui pemberdayaan lahan kering akan memberikan dampak lebih besar terhadap pemerataan pertumbuhan antar-Wilayah Barat dan Wilayah Timur dibanding pemberdayaan lahan sawah.

**Tabel 1.** Luas lahan sawah, lahan ladang/huma dan pertumbuhannya menurut periode dan menurut pulau, 1995-2015

Tipe lahan / Pulau	Luas lahan 2015 (juta ha)	Pangsa luas lahan (%)	Pertumbuhan (% / tahun)		
			1995-2005	2005-2015	1995-2015
Tipe lahan					
- Lahan sawah	8,09	61,0	-0,73	0,25	-0,24
- Ladang/huma	5,17	39,0	2,06	2,98	2,52
- Total lahan	13,26	100,0	0,10	1,23	0,67
Lahan sawah					
- Sumatera	2,20	27,2	-0,31	-0,62	-0,46
- Jawa	3,22	39,9	-0,38	-0,03	-0,21
- Bali+Nusa Tenggara	0,52	6,4	0,68	2,06	1,37
- Kalimantan	1,06	13,1	-3,21	0,58	-1,31
- Sulawesi	1,01	12,5	-0,55	1,23	0,34
- Papua+Maluku	0,08	1,0	t.a	t.a	t.a

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

**Tabel 1.** Luas lahan sawah, lahan ladang/huma dan pertumbuhannya menurut periode dan menurut pulau, 1995-2015 (lanjutan)

Tipe lahan / Pulau	Luas lahan 2015 (juta ha)	Pangsa luas lahan (%)	Pertumbuhan (% / tahun)		
			1995-2005	2005-2015	1995-2015
Ladang/huma					
- Sumatera	1,49	28,8	1,65	-0,54	0,55
- Jawa	0,32	6,2	3,02	-0,10	1,46
- Bali+Nusa Tenggara	0,43	8,3	2,34	1,83	2,09
- Kalimantan	0,69	13,4	1,51	-2,22	-0,36
- Sulawesi	0,74	14,2	3,17	0,20	1,69
- Papua+Maluku	1,51	29,1	t.a	t.a	t.a

Sumber: Irawan dan Yufd (2017)

Dibanding lahan ladang/huma usahatani tanaman pangan di lahan sawah lebih produktif akibat adanya jaringan irigasi sehingga usahatani tanaman pangan di lahan sawah dapat dilakukan 2 hingga 3 kali per tahun. Sebaliknya usahatani tanaman pangan di lahan ladang/huma yang pasokan airnya sangat bergantung pada curah hujan umumnya hanya dapat ditanami 1 kali tanam per tahun meskipun ada pula yang dapat ditanami 2 kali tanam per tahun terutama pada daerah yang memiliki musim hujan cukup panjang. Selama tahun 1995-2005 luas lahan sawah cenderung turun sebesar -0,24%/tahun atau sekitar 20 ribu hektare/tahun sedangkan luas lahan ladang/huma terus meningkat sebesar 2,52%/tahun. Kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa upaya perluasan lahan sawah untuk mendukung peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan semakin sulit diwujudkan sedangkan perluasan lahan ladang/huma masih memungkinkan.

Penurunan luas sawah khususnya terjadi di Pulau Jawa (-0,46 %/tahun), Pulau Sumatera (-0,21 %/tahun) dan Pulau Kalimantan (-1,31%/tahun). Penurunan luas lahan sawah tersebut dapat terjadi akibat adanya lahan sawah yang dikonversi ke pemanfaatan nonpertanian atau berubah

menjadi lahan perkebunan terutama perkebunan kelapa sawit di Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan. Di Pulau Jawa konversi lahan sawah untuk pemanfaatan nonpertanian tersebut diperkirakan sekitar 20-30 ribu hektare per tahun dan akhir-akhir ini semakin merambah ke daerah lahan kering (Pasandaran 2016). Berbagai peraturan telah diterbitkan untuk mencegah konversi lahan sawah namun konversi lahan tersebut tampaknya sulit dibendung sehingga luas lahan sawah terus berkurang.

Konversi lahan pertanian terutama lahan sawah ke penggunaan nonpertanian dapat mengancam ketahanan pangan akibat berkurangnya luas lahan tanaman pangan yang tersedia. Irawan (2013) mengungkapkan bahwa kasus konversi lahan sawah tersebut lebih banyak terjadi di desa yang berbasis lahan sawah (21,5% desa) daripada desa berbasis lahan kering (8,9% desa). Kasus konversi total lahan pertanian (lahan sawah dan lahan kering) juga lebih tinggi di desa lahan sawah (38,0% desa) daripada di desa lahan kering (26,5% desa). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa ancaman konversi lahan pertanian terutama lahan sawah lebih besar di daerah lahan sawah daripada daerah lahan kering. Konversi lahan pertanian tersebut sebagian besar ditujukan untuk pembangunan perumahan, perkantoran, kawasan industri, sarana pariwisata, dan sarana publik lainnya terutama pembangunan jalan.

Fakta di atas menunjukkan bahwa peluang perluasan lahan sawah sangat kecil terutama di Pulau Jawa, Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan yang justru merupakan daerah sentra lahan sawah secara nasional. Hal tersebut mengindikasikan bahwa di masa yang akan datang perluasan lahan sawah semakin sulit untuk diandalkan sebagai salah satu sumber peningkatan luas tanam dan peningkatan produksi pangan nasional. Sebaliknya peluang perluasan lahan ladang/huma masih sangat memungkinkan mengingat lahan ladang/huma cenderung semakin luas pada sebagian besar pulau. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa di masa yang akan datang perluasan tanaman pangan di lahan kering memiliki peluang lebih besar dibanding pada lahan sawah.

Perluasan tanaman pangan pada dasarnya dapat ditempuh melalui: (a) peningkatan Indeks Pertanaman (IP) pada lahan baku yang tersedia, dan (b) peningkatan luas baku lahan usahatani tanaman pangan. Secara teknis peningkatan IP dapat ditempuh dengan memperpendek periode usahatani misalnya melalui penggunaan varietas berumur pendek dan memperpanjang periode pasokan air secara temporal melalui pembangunan infrastruktur irigasi. Pada lahan usahatani yang tersedia kedua pendekatan tersebut dapat meningkatkan total luas tanaman pangan per tahun akibat meningkatnya frekuensi usahatani dari 1 atau 2 kali tanam per tahun menjadi 2 atau 3 kali tanam per tahun. Namun perlu dicatat bahwa peningkatan luas tanaman pangan tertentu yang ditempuh melalui peningkatan IP dapat mengurangi luas tanaman pangan lainnya akibat persaingan lahan usahatani. Pada kasus kedelai Irawan et al. (2016) menunjukkan adanya gejala tersebut di mana selama tahun 1995-2015 IP kedelai di provinsi-provinsi sentra kedelai terus menurun sementara IP padi terus meningkat yang artinya peningkatan luas tanaman padi pada lahan usahatani yang tersedia cenderung menggeser tanaman kedelai.

Untuk menghindari dampak negatif akibat persaingan lahan usahatani seperti tersebut di atas maka upaya perluasan tanaman pangan idealnya dilakukan pada lahan bukaan baru atau ditempuh melalui perluasan lahan usahatani yang dapat berupa lahan sawah dan/atau lahan kering. Namun seperti yang telah dijelaskan perluasan lahan sawah tampaknya semakin sulit diwujudkan terutama akibat konversi lahan dan semakin terbatasnya sumber daya lahan dan air yang memadai untuk dijadikan lahan sawah. Sebaliknya perluasan tanaman pangan pada lahan kering masih sangat memungkinkan mengingat masih cukup banyak lahan kering yang sesuai untuk tanaman pangan tetapi belum dimanfaatkan untuk tanaman pangan.

Salah satu alternatif perluasan tanaman pangan di lahan kering adalah dengan mengoptimalkan pemanfaatan lahan kering yang masih berupa padang alang-alang dan semak belukar. Dengan memanfaatkan

#### Pengelolaan Pertanian Pangan Lahan Kering pada Era Revolusi Industri 4.0

peta penggunaan lahan skala 1:1.000.000. Subiksa et al. (2013) memperkirakan bahwa secara nasional terdapat sekitar 7 juta hektare lahan kering yang potensial untuk perluasan tanaman pangan (Tabel 2). Lahan kering yang potensial tersebut umumnya masih berupa padang alang-alang dan semak belukar. Sebagian besar lahan kering tersebut terdapat di daerah beriklim basah yang artinya periode musim hujan relatif panjang. Sebagian besar lahan kering tersebut terdapat di wilayah Timur terutama di Pulau Kalimantan (3,64 juta hektare) dan Pulau Papua (1,69 juta hektare) meskipun banyak pula yang terdapat di wilayah Barat terutama di Pulau Sumatera (1,31 juta hektare).

**Tabel 2.** Luas lahan kering potensial untuk perluasan tanaman pangan menurut pulau di Indonesia

Pulau/Kepulauan	Luas lahan kering (ha)		
	Iklim basah	Iklim kering	Jumlah
Sumatera	1.311.776	-	1.311.776
Jawa	14.150	26.394	40.544
Kalimantan	3.639.403	-	3.639.403
Sulawesi	122.035	93.417	215.452
Bali	0	0	0
Nusa Tenggara	-	137.659	137.659
Maluku	50.391	-	50.391
Papua	1.688.587	-	1.688.587
Jumlah	6.826.342	257.470	7.083.812

Sumber: Subiksa et al. (2013)

Di samping memanfaatkan lahan kering yang masih berupa padang alang-alang dan semak belukar perluasan lahan kering untuk tanaman pangan juga dapat ditempuh dengan memanfaatkan lahan kawasan hutan yang termasuk ke dalam lahan TORA (Tanah Objek Reforma Agraria). Lahan TORA merupakan bagian dari lahan Reforma Agraria yang dikelola oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Pada lahan TORA tersebut terdapat sekitar 4,85 juta hektare lahan kawasan hutan

yang akan dilepas kepada masyarakat dan dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, termasuk untuk perluasan lahan baku tanaman pangan. Pelepasan lahan kawasan hutan tersebut harus berdasarkan permohonan yang dapat dilakukan oleh perorangan, instansi, badan sosial/keagamaan, dan masyarakat hukum adat.

Lahan kawasan hutan yang akan dilepas kepada masyarakat meliputi tujuh kategori lahan (Tabel 3). Namun lahan kawasan hutan yang termasuk kategori (4) hingga (7) umumnya sudah dikuasai masyarakat secara ilegal dan sudah dimanfaatkan sesuai dengan peruntukannya. Oleh karena itu, upaya perluasan lahan usahatani tanaman pangan pada dasarnya hanya dapat dilakukan pada kategori lahan (1), (2) dan (3). Ketiga kategori lahan TORA tersebut masih berupa kawasan hutan yang belum dikuasai atau dimanfaatkan oleh masyarakat dan mencakup areal sekitar 2,67 juta hektare.

Hasil evaluasi kesesuaian komoditas pada beberapa provinsi menunjukkan bahwa ketiga kategori lahan TORA tersebut sebagian besar sesuai untuk pengembangan tanaman padi gogo, jagung dan kedelai (Tarigan et al. 2018). Di Provinsi Kalimantan Tengah luas ketiga kategori lahan TORA tersebut yang sesuai untuk pengembangan padi gogo diperkirakan sekitar 64% sedangkan yang sesuai untuk pengembangan tanaman jagung dan kedelai sekitar 68% dan 60%. Di Provinsi Riau proporsi luas lahan yang sesuai untuk tanaman padi gogo, jagung dan kedelai juga cukup tinggi yaitu sekitar 60%, 62% dan 59%.

Perluasan tanaman pangan pada lahan kering juga dapat ditempuh melalui pengembangan integrasi tanaman pangan pada lahan perkebunan sebagai tanaman sela. Perluasan tanaman pangan yang ditempuh melalui integrasi tanaman tersebut tidak berpotensi menggeser tanaman pangan lain karena dilakukan pada hamparan lahan yang sebelumnya tidak dimanfaatkan untuk tanaman pangan.



**Tabel 3.** Alokasi distribusi lahan kehutanan pada program TORA

No	Alokasi lahan kawasan hutan	Luas (Ha)
1	Alokasi TORA dari 20% Pelepasan Kawasan Hutan untuk Perkebunan	437.937
2	Hutan Produksi yang dapat DiKonversi (HPK) berhutan tidak produktif	2.169.960
3	Program pemerintah untuk pencadangan pencetakan sawah baru	65.363
4	Permukiman Transmigrasi beserta fasos-fasumnya yang sudah memperoleh persetujuan prinsip	514.909
5	Permukiman, fasos dan fasum	439.116
6	Lahan garapan berupa sawah dan tambak rakyat	379.227
7	Pertanian lahan kering yang menjadi sumber mata pencaharian utama masyarakat setempat	847.038
	Jumlah	4.853.549

Sumber: SK MenLHK No.180 tahun (2017)

Irawan dan Yufdi (2017) mengungkapkan bahwa selama tahun 2005-2015 terdapat sekitar 788 ribu hektare/tahun tanaman muda kelapa, kelapa sawit dan karet yang sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk pengembangan integrasi tanaman pangan-tanaman perkebunan. Apabila 30% hamparan lahan tanaman muda perkebunan tersebut dimanfaatkan untuk integasi tanaman jagung dan produktivitas jagung yang dicapai petani diasumsikan sekitar 75% dari produktivitas yang dicapai dari hasil penelitian lapangan maka laju pertumbuhan produksi jagung nasional pada periode 2005-2015 akan meningkat dari 4,58 %/tahun menjadi 6,70 %/tahun atau naik sebesar 2,12 %/tahun. Akan tetapi jika 10% hamparan lahan tersebut dimanfaatkan untuk pengembangan integrasi tanaman kedelai maka pertumbuhan produksi kedelai akan meningkat dari 1,95 %/tahun menjadi 12,46 %/tahun atau naik sekitar 10,5 %/tahun. Dampak yang sangat besar tersebut terutama dapat terjadi akibat adanya peluang peningkatan produksi kedelai yang sangat besar pada lahan tanaman muda kelapa sawit yaitu sekitar 9,48 %/tahun.

Uraian di atas menjelaskan bahwa pemberdayaan lahan kering sebagai basis pertanian pangan masa depan memiliki beberapa keunggulan dibanding lahan sawah yaitu: (1) *Pertama*, perluasan lahan baku tanaman pangan di lahan kering masih memungkinkan mengingat masih cukup banyak lahan kering potensial untuk tanaman pangan tetapi belum dimanfaatkan. Sebaliknya perluasan lahan sawah dihadapkan pada ancaman konversi lahan yang lebih besar dan semakin sulit diwujudkan akibat keterbatasan sumber daya lahan dan air yang memadai. (2) *Kedua*, peluang perluasan tanaman pangan di lahan kering melalui integrasi tanaman pangan-tanaman perkebunan masih cukup besar. Kedua keunggulan tersebut menyebabkan peluang peningkatan luas tanam dan produksi pangan secara berkelanjutan di masa yang akan datang lebih besar pada lahan kering dibanding lahan sawah. (3) *Ketiga*, hamparan lahan kering lebih tersebar menurut pulau dan sebagian besar terdapat di wilayah Timur. Dengan kondisi tersebut maka pemberdayaan lahan kering akan memberikan dampak pemerataan pertumbuhan antarwilayah yang lebih besar dibanding lahan sawah. Di samping itu ketimpangan penguasaan lahan kering di tingkat rumah tangga petani juga lebih rendah dibanding ketimpangan penguasaan lahan sawah yang artinya pemberdayaan lahan kering akan memberikan dampak pemerataan pendapatan rumah tangga yang lebih besar dibanding pemberdayaan lahan sawah (Irawan dan Pranadji 2003).

## Masalah dan Tantangan Pengelolaan Pertanian Pangan di Lahan Kering

Luas lahan kering yang berpotensi untuk pengembangan tanaman semusim termasuk tanaman pangan sangat luas yaitu sekitar 24,5 juta hektare (Tabel 4). Seluas 19,72 juta hektare atau sekitar 80% dari hamparan lahan kering tersebut terdapat di daerah dataran rendah beriklim basah. Sekitar 63% areal lahan kering tersebut memiliki topografi yang tergolong landai dengan kemiringan lahan kurang dari 15% dan 37%

sisanya tergolong curam dengan kemiringan lahan lebih dari 15% (Subiksa et al. 2013). Daerah yang tergolong landai umumnya sangat sesuai untuk pengembangan tanaman pangan. Namun daerah dengan kemiringan di atas 15% umumnya memiliki fungsi lingkungan sangat luas dan peka erosi sehingga pengembangan tanaman pangan di daerah tersebut dihadapkan pada risiko penurunan kualitas lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan tanaman pangan di daerah lahan kering terutama dengan kemiringan wilayah lebih dari 15% harus memperhitungkan potensi dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan dan jika aspek lingkungan serta konservasi lahan diabaikan maka pembangunan pertanian pada lahan kering secara berkelanjutan sulit diwujudkan akibat turunnya kapasitas produksi.

**Tabel 4.** Luas lahan kering potensial untuk tanaman semusim dan tanaman tahunan

Jenis Dataran	Luas Lahan Kering (juta ha)					
	Tanaman Semusim			Tanaman Tahunan		
	Iklm basah	Iklm Kering	Total	Iklm basah	Iklm Kering	Total
Dataran Rendah (< 700 m dpl)	19,72	2,74	22,46	44,12	3,34	47,46
Dataran Tinggi (> 700 m dpl)	1,95	0,12	2,07	3,2	0,28	3,48
Jumlah	21,67	2,86	24,53	47,32	3,62	50,94

Sumber: Subiksa et al. (2013)

Sekitar 88% areal lahan kering yang sesuai untuk tanaman semusim terdapat di daerah beriklim basah yang tersebar di pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan, Papua, dan Maluku. Pada daerah beriklim basah curah hujan relatif tinggi (>2000 mm/tahun) dan periode musim hujan cukup panjang sehingga pasokan air hujan secara temporal cukup tersedia (Wahyunto dan Shofiyati 2013). Namun demikian curah hujan yang tinggi di daerah-daerah tersebut dapat menyebabkan terjadinya pencucian tanah dan

erosi. Di samping itu daerah beriklim basah umumnya didominasi oleh jenis tanah Ultisols dan Oxisol yang peka erosi dan merupakan tanah bereaksi masam (pH rendah), miskin unsur hara, kadar bahan organik rendah, kandungan besi dan mangan relatif tinggi.

Sifat hujan dan karakteristik tanah seperti tersebut di atas menyebabkan lapisan olah tanah pada lahan kering di daerah beriklim basah umumnya dangkal akibat erosi, memiliki kesuburan tanah yang rendah dan kadar bahan organik relatif rendah. Secara alami kadar bahan organik tanah di daerah tropis juga cepat menurun dan dapat mencapai 30%–60% dalam waktu 10 tahun (Suriadikarta et al. 2002). Kondisi demikian diperburuk oleh terbatasnya penggunaan pupuk organik oleh petani sehingga kandungan bahan organik pada lahan kering cenderung berkurang dalam jangka panjang. Seluruh faktor tersebut pada akhirnya menyebabkan produktivitas tanaman pangan di lahan kering umumnya relatif rendah.

Pengembangan tanaman pangan di lahan kering juga dihadapkan pada masalah pasokan air irigasi. Di daerah lahan kering pasokan air ke lahan petani umumnya berasal dari curah hujan dan sangat jarang yang berasal dari sumber air lainnya seperti sungai dan mata air. Infrastruktur pengairan di lahan kering juga sangat terbatas sehingga pasokan air ke lahan petani tidak dapat dikendalikan sesuai kebutuhan tanaman. Pasokan air ke lahan petani sepenuhnya sangat bergantung pada curah hujan yang berfluktuasi secara temporal. Kondisi demikian pada akhirnya menyebabkan ketidakpastian produktivitas dan luas panen tanaman pangan yang dicapai petani relatif tinggi akibat fluktuasi curah hujan. Misalnya, Irawan (2016) mengungkapkan bahwa pada kondisi curah hujan yang kondusif produktivitas cabai secara nasional dapat lebih tinggi sebesar 10,4% dibanding produktivitas yang diharapkan tetapi pada kondisi curah hujan yang tidak kondusif dapat lebih rendah sebesar 9,3%. Begitu pula luas panen tanaman jagung dapat lebih tinggi 4,2% atau lebih rendah 3,9% dibanding nilai harapannya, bergantung pada fluktuasi curah hujan.

#### Pengelolaan Pertanian Pangan Lahan Kering pada Era Revolusi Industri 4.0

Di samping masalah biofisik lahan pengembangan tanaman di lahan kering juga dihadapkan pada masalah penguasaan lahan petani yang relatif sempit. Di pedesaan lahan kering berbasis tanaman palawija dan sayuran dataran tinggi penguasaan lahan petani hanya sekitar 1 hektare atau kurang dari 1 hektare per petani (Tabel 5). Pada petani sayuran bahkan cukup banyak lahan usahatani petani (32,2%) yang diperoleh melalui sewa, sakah atau gadai dan hal ini menunjukkan bahwa akses petani terhadap pemilikan lahan usahatani relatif rendah akibat terbatasnya sumber daya lahan kering di dataran tinggi yang dapat dimanfaatkan untuk usahatani sayuran. Penguasaan lahan petani lahan kering yang cukup luas khususnya hanya terdapat di daerah lahan kering berbasis tanaman perkebunan yaitu lebih 2 hektare per petani.

**Tabel 5.** Luas penguasaan dan status penguasaan lahan usahatani pada desa lahan sawah dan desa lahan kering menurut tipe desa

Tipe Desa	Luas penguasaan lahan (ha/petani)			Status penguasaan lahan (%)		
	Milik sendiri	Menyewa/sakah/gadai	Total	Milik sendiri	Menyewa/sakah/gadai	Total
Lahan sawah-padi	0,77	0,26	1,03	75,1	24,9	100,0
Lahan kering-palawija	0,91	0,11	1,02	88,9	11,1	100,0
Lahan kering-sayuran	0,48	0,23	0,71	67,8	32,2	100,0
Lahan kering-perkebunan	2,57	0,31	2,88	89,3	10,7	100,0

Sumber: Susilowati, 2015a (diolah)

Penguasaan lahan yang relatif sempit tidak kondusif bagi upaya peningkatan efisiensi usahatani yang dapat dipicu melalui inovasi teknologi dan mekanisasi pertanian, terutama pada inovasi yang membutuhkan modal investasi relatif besar. Pada lahan garapan yang relatif sempit penerapan inovasi teknologi yang membutuhkan modal investasi cukup besar seringkali menghasilkan *output* yang tidak sebanding dengan biaya investasi yang dikeluarkan petani. Penguasaan lahan yang relatif

sempit juga tidak menguntungkan bagi kesejahteraan petani mengingat sebagian besar pendapatan petani berasal dari kegiatan usahatani. Setiyanto (2015) mengungkapkan bahwa pada petani padi lahan sawah kegiatan usahatani yang dilakukan petani menyumbang sekitar 61% terhadap total pendapatan rumah tangga petani sedangkan pada rumah tangga petani sayuran, palawija dan tanaman perkebunan di lahan kering masing-masing sekitar 72%, 50%, dan 65%. Hal tersebut mengindikasikan bahwa ketergantungan petani lahan kering terhadap penguasaan lahan usahatani sebagai sumber pendapatan relatif tinggi dibanding petani lahan sawah, kecuali pada petani palawija. Kondisi demikian dapat disebabkan oleh 2 faktor yaitu: (1) lapangan pekerjaan nonpertanian yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pendapatan keluarga petani umumnya relatif terbatas di daerah lahan kering, dan (2) di daerah lahan kering mobilitas tenaga kerja ke daerah pusat perekonomian seperti kota kecamatan untuk mencari pekerjaan nonpertanian juga terbatas akibat aksesibilitas lokasi yang rendah.

Data Potensi Desa 2011 menunjukkan bahwa rata-rata jarak antara desa dan kota kecamatan di daerah lahan kering sekitar 13 km atau dua kali lipat dibanding di daerah lahan sawah yang hanya sekitar 6,6 km (Irawan 2013). Begitu pula jarak antara desa dan kota kabupaten lebih jauh pada pedesaan di daerah lahan kering (68,8 km) dibanding di daerah lahan sawah (28,4 km). Kondisi prasarana transportasi antardesa dan dari desa ke kecamatan yang diekspresikan dalam proporsi jalan aspal dan jalan diperkeras juga lebih buruk pada desa lahan kering dibanding desa lahan sawah. Aksesibilitas lokasi yang relatif rendah, baik akibat sarana transportasi yang buruk maupun akibat jarak yang cukup jauh ke pusat perekonomian, menyebabkan rumah tangga petani lahan kering sulit untuk mendapatkan pekerjaan nonpertanian yang umumnya relatif tersedia di daerah pusat perekonomian seperti kota kecamatan dan kota kabupaten. Di samping itu pasokan input usahatani dapat terhambat dan pemasaran produk pertanian yang dihasilkan petani lahan kering menjadi kurang efisien dan cenderung merugikan petani.

#### **Pengelolaan Pertanian Pangan Lahan Kering pada Era Revolusi Industri 4.0**

Masalah lain yang sering dijumpai di daerah lahan kering adalah keterbatasan modal petani. Dalam melakukan kegiatan usahatani petani membutuhkan modal usahatani yang memadai untuk dapat memenuhi seluruh kebutuhan sarana produksi seperti benih, pupuk dan pestisida. Namun akibat keterbatasan modal yang dimiliki cukup banyak petani yang tidak mampu membiayai sendiri kebutuhan biaya sarana produksi dan terpaksa meminjam modal usahatani dari pihak lain. Pada umumnya terdapat dua cara yang ditempuh petani untuk memenuhi kekurangan modal usahatani yaitu: (1) meminjam sarana produksi kepada pedagang sarana produksi, pedagang hasil pertanian dan lainnya dengan cara pembayaran setelah panen, dan (2) meminjam uang tunai dari pihak lain untuk membiayai kebutuhan sarana produksi.

Penelitian Irawan dan Suhartini (2015) di 34 desa yang melibatkan 1238 petani menunjukkan bahwa secara umum terdapat sekitar 27% petani yang terpaksa melakukan pinjaman modal usahatani dari pihak lain (Tabel 6). Petani peminjam modal usahatani tersebut relatif sedikit pada petani padi di lahan sawah (20,5%) dibanding petani lahan kering (24,4% hingga 42,1%) dan hal ini mengindikasikan bahwa keterbatasan modal usahatani lebih banyak dihadapi oleh petani lahan kering daripada petani lahan sawah. Frekuensi petani peminjam modal usahatani paling tinggi pada petani sayuran (42,1%) akibat kebutuhan modal usahatani yang cukup besar pada usahatani sayuran. Peminjaman modal usahatani tersebut terutama dilakukan petani untuk memenuhi kebutuhan pupuk dan pestisida dan hanya sebagian kecil yang dialokasikan untuk memenuhi kebutuhan benih.

**Tabel 6.** Frekuensi petani peminjam modal usahatani pada desa lahan sawah dan desa lahan kering menurut tipe desa

Tipe desa	Jumlah petani (%)	Persentase petani peminjam modal usahatani (%)		
		Meminjam sarana produksi	Meminjam uang tunai	Total
Lahan sawah-padi	560	5,0	15,5	20,5
Lahan kering-palawija	242	13,6	10,7	24,4
Lahan kering-sayuran	121	16,5	25,6	42,1
Lahan kering-perkebunan	315	19,4	15,6	34,9
Rata-rata	1238	11,5	15,6	27,1

Sumber: Irawan dan Suhartini (2015 diolah)

## INDUSTRI 4.0 DAN PENERAPANNYA DI PERTANIAN

### Industri 4.0: Ide Pokok, Teknologi Kunci, Penerapan dan Konsekuensinya

Akhir-akhir ini fenomena Revolusi Industri 4.0 semakin sering diungkapkan oleh para ilmuwan, praktisi ekonomi, pejabat publik dan para politisi. Konsep dasar industri 4.0 pertama kali dipresentasikan pada Hannover Fair di negara Jerman pada tahun 2011. Schwab (2017) mengemukakan bahwa secara historis revolusi industri selama ini telah terjadi dalam empat tahap. Revolusi industri pertama berlangsung sekitar tahun 1760 hingga tahun 1840 yang dipicu oleh pembangunan rel kereta api dan penemuan mesin uap yang menggantikan tenaga manusia. Revolusi industri kedua yang dimulai pada akhir abad ke-19 hingga awal abad ke-20 didorong oleh penemuan tenaga listrik yang memungkinkan penggunaan mesin-mesin produksi secara masal. Revolusi industri ketiga dimulai pada tahun



1960-an dan biasanya disebut sebagai revolusi komputer atau revolusi digital karena didorong oleh pengembangan semikonduktor, komputer mainframe (1960-an), komputer personal (1970-an dan 80-an) dan internet (1990-an). Sementara revolusi industri keempat secara umum dipicu oleh berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi yang didukung dengan penggunaan sensor yang lebih kecil, lebih kuat, lebih murah serta didukung pula oleh kecerdasan buatan dan mesin-mesin cerdas.

Lahirnya konsep industri 4.0 dilatarbelakangi oleh berbagai perkembangan teknologi yang sangat pesat akhir-akhir ini seperti: kemampuan komputerisasi yang tumbuh secara eksponensial, kecepatan komunikasi yang meningkat signifikan, kapasitas penyimpanan data yang semakin besar, teknologi sensor dan robotik yang semakin berkembang, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence, AI*) yang semakin meningkat, berkembangnya teknologi Printer 3D, Neuroteknologi, Bioteknologi, Nanoteknologi dan masih banyak teknologi lainnya (Schwab 2017). Di samping itu lahirnya Industri 4.0 juga didorong oleh berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi (*Information and Communications Technologies, ITC*) yang semakin banyak digunakan masyarakat, teknik produksi dan proses bisnis yang semakin terintegrasi, teknologi pemetaan digital dan virtualisasi dunia nyata yang semakin berkembang dan berkembangnya *smart factory* atau pabrik pintar dalam proses produksi yang menghasilkan *smart products* atau produk pintar (Rojko 2017).

Ide pokok industri 4.0 pada dasarnya adalah mengintegrasikan teknologi sensor, teknologi internet, manajemen data dan teknologi digital lainnya pada berbagai bidang industri (Merkel 2014 di dalam Rohmani dan Suparno 2018, Qin et al. 2016, Rojko 2017). Integrasi teknologi tersebut bukan hanya dapat dilakukan pada proses produksi tetapi juga pada proses pemasaran dan rantai pasok produk yang dihasilkan. Melalui integrasi seluruh teknologi tersebut dapat diciptakan proses produksi yang cerdas atau *Smart Factory*, yaitu proses produksi yang dikendalikan secara otomatis dan mampu mengoptimalkan penggunaan seluruh

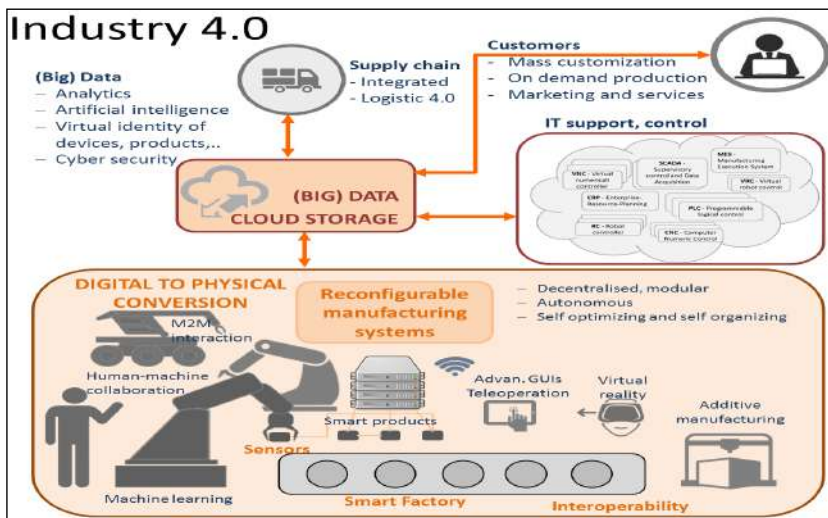
input dalam proses produksi menjadi lebih efisien. Integrasi dari seluruh teknologi tersebut pada rantai pasok produk dapat meningkatkan efisiensi rantai pasok yang menyalurkan berbagai jenis produk kepada konsumen. Di samping itu dapat pula dihasilkan produk pintar atau *Smart Products* yaitu produk yang mampu memberikan berbagai informasi aktual tentang produk tersebut yang sangat berguna sebagai umpan balik untuk menyempurnakan produk yang dihasilkan.

Ilustrasi proses produksi produk manufaktur pada era industri 4.0 secara ringkas diperlihatkan pada Gambar 1. Mesin-mesin produksi yang digunakan pada era industri 4.0 adalah *Cyber-Physical Systems* (CPS), yaitu sistem fisik yang diintegrasikan dengan komponen teknologi informasi dan komunikasi atau *Information and Communications Technologies, ITC* (Rojko 2017). Mesin-mesin tersebut merupakan suatu sistem yang otonom dan mampu membuat keputusan sendiri dengan mempertimbangkan hasil pembelajaran pada masa lalu dan hasil analisis data aktual yang tercatat secara otomatis. Mesin-mesin tersebut juga mampu secara mandiri mengembangkan desain produk, merencanakan produksi, mengontrol proses produksi dan mengelola sistem produksi secara keseluruhan (Qin et al. 2016). Pada tahap ini biasanya digunakan mesin-mesin yang dapat diprogram dan didukung dengan robot yang mampu mengorganisasi dan melakukan optimalisasi secara mandiri. Dengan menerapkan sistem produksi tersebut maka seluruh proses produksi pada berbagai lini produksi dilakukan secara otomatis, penggunaan input menjadi lebih efisien dan kualitas produk dapat lebih terkontrol akibat dapat dikurangnya *human error* yang sering terjadi pada proses produksi yang dilakukan secara konvensional (Tjahjono et al. 2017).

Produk yang dihasilkan juga merupakan produk pintar. Dengan menanamkan sensor pada produk yang dihasilkan melalui *Smart Factory* maka seluruh data aktual yang terkait dengan produk tersebut dapat dicatat seperti waktu produksi, kondisi produk, di mana produk tersebut

## Pengelolaan Pertanian Pangan Lahan Kering pada Era Revolusi Industri 4.0

berada, siapa yang menggunakan, ketersediaan stok dan lokasi stok, waktu pengiriman dan berbagai informasi penting lainnya. Dengan memanfaatkan *Big Data Cloud Storage* dan dukungan teknologi internet seluruh informasi aktual tentang produk tersebut dapat dipantau. Melalui teknik analisis tertentu seluruh informasi aktual yang terkait dengan produk tersebut dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk penyempurnaan produk yang akan dihasilkan dan penyempurnaan proses produksinya di masa yang akan datang.



**Gambar 1.** Ilustrasi proses produksi manufaktur pada Era Industri 4.0 (Rojko 2017)

Ilustrasi di atas mengungkapkan bahwa secara teknis Industri 4.0 pada dasarnya dibangun melalui integrasi dari berbagai tahap dan lini produksi yang dilakukan secara otomatis. Dengan kata lain Industri 4.0 dibangun melalui integrasi dari seluruh bisnis dan manufaktur yang terkait dengan proses produksi serta integrasi dari seluruh aktor yang terlibat pada rantai nilai produk, mulai dari produsen hingga konsumen. Secara teknis industri 4.0 melibatkan penerapan konsep *Cyber-Physical Systems*

(CPS), teknologi *Internet of Things (IoT)* dan *Artificial Intelligence (AI)* pada sistem produksi (Rojko 2017). CPS adalah teknologi yang mampu memvisualisasikan dunia nyata pada dunia maya melalui integrasi antara proses fisik dan komputasi secara *close loop*. Melalui pemanfaatan *IoT*, CPS mampu saling berkomunikasi dan bekerja sama secara *real time* termasuk dengan manusia.

Secara umum terdapat lima teknologi yang menjadi kunci dalam industri 4.0 yaitu: *Artificial Intelligence (AI)*, *Internet of Things (IoT)*, *wearable (AR/VR)*, *Advance Robotic*, dan *3D Printing* (Kearney 2018 di dalam Rohmani dan Suparno 2018). Implementasi kelima teknologi tersebut akan membawa pada peningkatan efisiensi produksi dan menekan ongkos produksi serta meningkatkan daya saing produk yang dihasilkan. Namun perlu dicatat bahwa revolusi industri 4.0 bukan hanya terkait dengan penggunaan mesin-mesin cerdas dan sistem cerdas yang saling terhubung tetapi memiliki cakupan yang lebih luas lagi (Schwab 2017). Perpaduan dari teknologi-teknologi mutakhir tersebut dan interaksinya di seluruh ranah fisik, digital, dan biologis telah memicu terjadinya gelombang terobosan pada berbagai bidang usaha, termasuk pada pola bisnis.

Misalnya, pada bidang usaha transportasi publik revolusi industri 4.0 telah membuka peluang bisnis transportasi taxi secara *on line*. Di Indonesia pola bisnis seperti ini misalnya dilakukan oleh perusahaan Grab dan Gojek. Pada pola bisnis tersebut perusahaan Grab dan Gojek tidak memiliki armada taxi tetapi mampu memobilisasi taxi kepada konsumen secara lebih cepat dan lebih murah dibanding perusahaan taxi konvensional yang menawarkan jasa pelayanannya secara *off line* seperti Blue Bird. Hal ini dimungkinkan karena perusahaan Grab dan Gojek tidak bekerja sendiri dalam menjalankan usahanya tetapi berkolaborasi dengan para pemilik mobil yang bersedia mengoperasikan mobilnya sebagai taxi. Perusahaan Uber yang merupakan perusahaan taxi terbesar di dunia juga tidak memiliki armada taxi tetapi mampu menguasai pelayanan jasa taxi secara masif seperti yang dilaporkan oleh Schwab (2017).

Pada bidang usaha retail, pola perdagangan secara *on line* yang pada dasarnya berbasis pada konsep Industri 4.0 juga semakin luas di seluruh negara. Di Indonesia pola bisnis tersebut misalnya dilakukan oleh perusahaan OLX, Shopee, Bli Bli dan lainnya. Dalam menjalankan bisnisnya, ketiga perusahaan tersebut berkolaborasi dengan perusahaan jasa transportasi seperti JNE dan TIKI, perusahaan jasa pembayaran seperti OVO dan berbagai perusahaan pemasok produk yang dipasarkan. Melalui kolaborasi tersebut perusahaan OLX, Shopee, Bli Bli dan lainnya yang menjalankan bisnis retail secara *on line* semakin mampu menguasai pasar berbagai produk yang dibutuhkan masyarakat (pakaian, sepatu, tas, peralatan elektronik, onderdil otomotif, dan sebagainya) meskipun perusahaan-perusahaan tersebut sebenarnya tidak memiliki produk-produk yang dipasarkan. Dari sisi konsumen hal ini dimungkinkan karena pada pola perdagangan secara *on line* pilihan produk dan kualitasnya menjadi lebih transparan, harga produk menjadi lebih transparan dan lebih murah karena risiko penyimpanan produk dapat ditekan, transaksi pembayaran menjadi lebih mudah, proses pengiriman barang lebih cepat dan lebih murah, dan konsumen dapat secara langsung memantau perjalanan produk tersebut dalam proses pengiriman.

Penerapan konsep industri 4.0 pada dunia usaha diyakini dapat membuka peluang usaha baru, meningkatkan efisiensi produksi, efisiensi rantai pasok barang dan jasa, menekan ongkos transaksi, dan pada akhirnya meningkatkan daya saing produk yang dihasilkan. Namun perlu dicatat bahwa penerapan konsep tersebut juga dapat menimbulkan dampak negatif secara ekonomi dan sosial. Misalnya, penerapan konsep *smart factory* yang padat dengan proses otomatisasi dan penggunaan robot yang menggantikan tenaga manusia dapat menekan biaya tenaga kerja tetapi akan berdampak pada turunnya lapangan kerja. Perdagangan retail yang semakin bergeser pada pola *on line* dapat menyebabkan proses transaksi menjadi lebih mudah, lebih cepat, lebih transparan dan lebih murah tetapi dapat pula menghancurkan usaha sejenis yang dilakukan dengan pola konvensional atau pola *off line* dan berdampak

pada turunnya lapangan kerja. Di Indonesia gejala tersebut mulai terlihat di mana *department store* Matahari dan Ramayana terpaksa menutup beberapa counternya akibat kalah bersaing dengan perdagangan secara *on line*. Di negara Jepang, USA dan negara-negara maju lainnya juga banyak *department store* yang terpaksa ditutup dengan cepat akibat munculnya pola perdagangan retail secara *on line* (Schwab 2017).

Uraian di atas menjelaskan bahwa penerapan konsep Industri 4.0 pada dunia usaha pada dasarnya memiliki beberapa ciri yaitu:

1. *Pertama*, proses produksi dilakukan melalui sistem produksi yang mengintegrasikan teknologi sensor, teknologi informasi dan komunikasi, serta berbagai teknologi lainnya. Proses produksi dilakukan dengan menggunakan mesin-mesin yang saling terhubung pada berbagai tahap dalam lini produksi yang mampu menghasilkan produk secara otomatis dan menghasilkan produk pintar.
2. *Kedua*, pada sektor perdagangan retail pemasaran produk dan jasa dilakukan dengan memanfaatkan terutama teknologi sensor, teknologi informasi dan komunikasi.
3. *Ketiga*, proses produksi dan perdagangan produk dan jasa dilakukan melalui *sharing economy* atau melalui kolaborasi dari berbagai pelaku usaha yang terlibat mulai dari proses produksi hingga menyampaikannya kepada konsumen.

Penerapan konsep Industri 4.0 pada dunia usaha dapat memberikan dampak positif tetapi dapat pula menimbulkan dampak negatif secara ekonomi dan sosial. Pada era Industri 4.0 juga akan banyak terjadi perubahan dalam jenis pekerjaan dan sifat pekerjaan, pola komunikasi antarmanusia, pola pengelolaan informasi publik dan individu serta perubahan pada perilaku konsumen. Oleh karena itu tren Industri 4.0 hendaknya disikapi secara hati-hati dan dalam penerapannya perlu mempertimbangkan potensi dampak negatif yang dapat ditimbulkan. Dalam kaitan ini penerapan konsep Industri 4.0 perlu dilakukan secara selektif dan lebih diutamakan pada proses produksi dan bidang usaha

yang dapat memberikan dampak positif lebih besar dibanding dampak negatifnya. Dengan kata lain penerapan konsep Industri 4.0 perlu dilakukan sesuai dengan kebutuhan.

## **Pertanian Presisi: Penerapan Industri 4.0 pada Pertanian**

### **Konsep Dasar**

Sistem produksi pertanian merupakan suatu sistem yang kompleks dan merupakan hasil interaksi dari berbagai faktor seperti kondisi lahan, iklim, pasokan air, penggunaan benih, penggunaan bahan kimia pada pupuk dan pestisida, penggunaan alat dan mesin pertanian. Pengalaman selama ini menunjukkan bahwa pengelolaan faktor-faktor tersebut dapat meningkatkan produktivitas tanaman, menekan kegagalan panen dan meningkatkan produksi pertanian. Namun upaya peningkatan produksi pertanian yang dilakukan tanpa mempertimbangkan dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan dapat menyebabkan terjadinya degradasi lingkungan. Pengalaman pada era Revolusi Hijau membuktikan hal tersebut di mana penggunaan pupuk kimia dan pestisida secara berlebihan terutama di daerah sentra produksi padi di kawasan Asia menyebabkan terjadinya keracunan tanah, meningkatnya salinitas tanah, lapisan olah tanah menjadi semakin keras dan dampak lebih lanjut adalah laju pertumbuhan produktivitas dan produksi padi semakin lambat (Pingali et al. 1997). Hama dan penyakit tanaman juga semakin resisten sehingga semakin sulit diberantas dengan cara konvensional. Di samping itu juga terjadi penipisan lapisan olah tanah dan polusi air tanah yang berdampak pada keamanan produk pangan sehingga harga ekspor produk pangan yang dihasilkan petani relatif rendah (Dung and Thi Kim Hiep 2017).

*Site-specific management* (SSM) dan *Site-specific crop management* (SSCM) merupakan konsep yang dapat diterapkan untuk mengantisipasi dampak negatif yang muncul pada era Revolusi Hijau (Dwivedi et al. 2017, Mandal and Maity 2013). Pada intinya SSM dan SSCM merupakan konsep pengelolaan usahatani untuk melakukan tindakan yang tepat, pada tempat yang tepat, dan pada waktu yang tepat (Bongiovanni and Lowenberg-Deboer 2004, Dwivedi et al. 2017). Lahirnya konsep tersebut didorong oleh beberapa pemikiran yaitu: (a) terjadinya degradasi sumber daya lahan dan air sehingga kedua sumber daya pertanian tersebut cenderung semakin terbatas dalam kuantitas dan kualitas, (b) adanya variasi spasial dan temporal kondisi sumber daya lahan dan air, (c) adanya kebutuhan tanaman yang bervariasi menurut jenis tanaman, lokasi lahan garapan dan menurut tahap pertumbuhan tanaman, dan (d) dengan ketiga kondisi tersebut maka kegiatan usahatani dan pemanfaatan sumber daya pertanian hendaknya dilakukan secara spesifik lahan garapan, tidak berlebihan dan disesuaikan dengan kebutuhan tanaman dalam rangka mendukung pertanian berkelanjutan.

Konsep SSM dan SSCM sebenarnya sudah lama dikenal namun akibat tekanan ekonomi yang kuat untuk menggarap lahan pertanian yang luas dengan menggunakan mesin-mesin pertanian maka praktik-praktik agronomi yang dilakukan cenderung seragam dan tidak bersifat spesifik lokasi (Bongiovanni dan Lowenberg-Deboer 2004). Di samping itu, pada masa lalu belum banyak teknologi yang mampu memetakan dengan mudah dan murah variasi spasial lahan usahatani, kondisi iklim, ketersediaan pasokan air dan kebutuhan input tanaman pertanian menurut spasial lahan usahatani dan menurut waktu. Namun dengan berkembangnya berbagai teknologi pada era Industri 4.0 penerapan konsep Pertanian Presisi lebih memungkinkan (De Clercq et al. 2018). Misalnya, teknologi drone dapat dimanfaatkan untuk pemetaan dan analisis tanah, memantau pertumbuhan tanaman, gangguan hama dan penyakit tanaman, dan sebagainya.



Pertanian Presisi pada dasarnya merupakan suatu konsep untuk mengoperasionalkan SSM dan SSCM dengan memanfaatkan teknologi informasi dan teknologi lain yang berkembang pada Era Industri 4.0. Bongiovanni dan Lowenberg-Deboer (2004) mengungkapkan bahwa Pertanian Presisi merupakan konsep yang mampu menyediakan cara untuk mengoperasionalkan SSM dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi, teknologi sensor dan berbagai teknologi lainnya sehingga membuat SSM menjadi lebih praktis untuk diterapkan. Pertanian Presisi mencakup semua kegiatan produksi pertanian yang menggunakan berbagai teknologi, baik untuk menyesuaikan penggunaan input agar mencapai hasil yang diinginkan maupun untuk memantau output yang dihasilkan.

Definisi tentang Pertanian Presisi selama ini sangat beragam. Dwivedi et al. (2017) menyatakan bahwa Pertanian Presisi adalah konsep pengelolaan usahatani yang berbasis observasi dan pengukuran untuk merespons variasi internal dan eksternal tanaman pertanian dan lahan garapan. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan pengelolaan lahan garapan yang dapat dilakukan melalui beberapa cara yaitu: (a) menyesuaikan kegiatan-kegiatan usahatani dengan kebutuhan tanaman yang dapat bervariasi secara temporal dan spasial lahan garapan, (b) menurunkan risiko lingkungan misalnya dengan menekan proses pencucian tanah, dan (c) meningkatkan daya saing misalnya melalui peningkatan efisiensi penggunaan pupuk dan input usahatani lainnya.

Pada sisi lain Abdul Hakkim et al. (2016) mengungkapkan bahwa secara umum Pertanian Presisi dapat didefinisikan sebagai pengelolaan usahatani berbasis informasi dan teknologi untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengelola variasi spasial dan temporal pada lahan garapan untuk mengoptimalkan produktivitas dan profitabilitas, keberlanjutan dan perlindungan sumber daya lahan melalui minimalisasi biaya produksi. Berdasarkan definisi tersebut maka Pertanian Presisi dapat diartikan sebagai suatu pendekatan di mana input usahatani digunakan dalam

jumlah yang tepat untuk menghasilkan produktivitas lebih tinggi dibanding yang dihasilkan pada teknik usahatani tradisional. Pertanian Presisi juga dapat diartikan sebagai suatu sistem komprehensif yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi produksi, meningkatkan efisiensi penggunaan bahan kimia pada tanaman, memperbaiki kualitas produk, menghemat energi dan memperkecil risiko lingkungan melalui pemanfaatan data dan informasi kunci, teknologi dan sistem pengelolaan yang memadai.

Pertanian Presisi didefinisikan juga sebagai sistem pertanian terpadu berbasis pada informasi dan teknologi produksi untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas dan profitabilitas usaha pertanian secara berkelanjutan serta meminimalkan dampak yang tidak diinginkan pada lingkungan (Whelan dan Taylor 2013 *di dalam* Seminar 2016). Pertanian Presisi menggunakan pendekatan dan teknologi yang memungkinkan perlakuan presisi pada setiap mata rantai bisnis pertanian dari hulu ke hilir sesuai dengan lokasi, waktu, produk, dan konsumen spesifik yang dihadapi (Seminar 2016). Sementara Mandal and Maity (2013) mendefinisikan Pertanian Presisi sebagai sistem pengelolaan usahatani berbasis informasi dan teknologi, untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengelola variasi kondisi lahan garapan demi keuntungan yang optimal, keberlanjutan dan proteksi sumber daya lahan. Tujuan akhirnya adalah bukan untuk menghasilkan produktivitas yang sama pada seluruh lahan garapan tetapi lebih untuk mengelola dan mendistribusikan input usahatani secara spesifik lokasi untuk memaksimalkan manfaat jangka panjang.

Meskipun diungkapkan dengan definisi yang berbeda tetapi secara umum terdapat beberapa ciri pokok yang melekat pada Pertanian Presisi yaitu:

1. Pilihan komoditas yang dikembangkan disesuaikan dengan variasi spasial lahan garapan yang terkait dengan karakteristik iklim, tanah dan air.

2. Kegiatan usahatani dilakukan sesuai dengan kebutuhan tanaman, misalnya, pemberian pupuk, pestisida dan pasokan air dilakukan sesuai dengan kebutuhan tanaman dan tidak berlebihan.
3. Akibat variasi karakteristik tanah, keragaman biologis, dan ketersediaan air pada lahan garapan maka kegiatan usahatani harus berbeda menurut spasial lahan garapan.
4. Karena kebutuhan tanaman bervariasi secara temporal menurut umur tanaman maka kegiatan usahatani dalam satu siklus produksi harus berbeda menurut tahap pertumbuhan tanaman, misalnya, jenis dan dosis pemupukan pada tahap vegetatif berbeda dengan pada tahap generatif.
5. Variasi kegiatan usahatani secara spasial lahan garapan dan secara temporal dirumuskan berdasarkan hasil analisis data dan informasi yang akurat dan terukur di lapangan.
6. Pengumpulan dan pengukuran data dan informasi yang dibutuhkan untuk perancangan kegiatan usahatani dilakukan dengan memanfaatkan dukungan teknologi informasi dan komunikasi serta berbagai teknologi lainnya yang mampu memetakan variasi spasial lahan garapan secara rinci dan variasi temporal kebutuhan tanaman seperti pupuk, pestisida, pasokan air, dsb.

## **Potensi Manfaat dan Tantangan**

Penerapan manajemen Pertanian Presisi dapat menimbulkan dampak positif bagi petani dan secara lingkungan. Dengan menerapkan manajemen Pertanian Presisi beberapa manfaat yang dapat diperoleh petani yaitu (Dwivedi et al. 2017): (1) Pemilihan tanaman yang tepat yang disesuaikan dengan variasi kondisi spasial lahan garapan dapat meningkatkan produktivitas tanaman secara keseluruhan, terutama jika dibandingkan dengan pengelolaan tanaman yang seragam pada seluruh lahan garapan, (2) Meningkatkan efisiensi tenaga kerja karena kegiatan

usahatani dilakukan sesuai dengan kebutuhan, (3) Menurunkan biaya produksi akibat penggunaan input usahatani yang tidak berlebihan dan disesuaikan dengan kebutuhan tanaman, (4) Tersedianya data dan informasi yang akurat memungkinkan petani untuk melakukan aplikasi yang tepat dalam pengolahan tanah, penanaman benih, pemupukan, pemeliharaan tanaman, pengairan dan kegiatan pasca produksi, dan (5) Seluruh data yang tercatat dalam menerapkan Pertanian Presisi dapat meningkatkan pengetahuan petani dan dimanfaatkan untuk memperbaiki kegiatan usahatani pada periode siklus produksi berikutnya.

Manfaat lebih besar yang terkait dengan penggunaan input yang sesuai dengan kebutuhan tanaman dan tidak berlebihan adalah dalam hal dampak lingkungan. Penggunaan bahan kimia yang tepat jumlah pada tempat dan waktu yang tepat memberikan manfaat bagi tanaman, memperkecil polusi tanah dan air, dan dengan demikian bermanfaat bagi seluruh siklus tanaman (McBratney et al. 2005, Dwivedi et al. 2017). Pertanian presisi juga dapat mengurangi tekanan lingkungan dan pertanian sejalan dengan meningkatnya efisiensi dalam penggunaan bahan kimia pada sarana produksi pertanian dan pada penggunaan mesin pertanian (Schieffer and Dillon 2015). Misalnya, aplikasi pupuk dan pestisida yang bervariasi dan disesuaikan dengan kebutuhan pada setiap tahap pertumbuhan tanaman berpotensi mengurangi penggunaan input tersebut sehingga menghemat biaya dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Berdasarkan hal tersebut maka pertanian presisi dapat dijadikan sebagai landasan bagi pembangunan pertanian berkelanjutan. Hal ini mengingat pembangunan pertanian berkelanjutan pada dasarnya bertujuan untuk memastikan ketersediaan produksi pertanian terutama produk pangan secara berkelanjutan dalam batas ekologis, ekonomi, dan sosial yang diperlukan untuk mempertahankan produksi dalam jangka panjang.

Berbagai teknologi moderen yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung penerapan Pertanian Presisi pada dewasa ini sudah banyak yang tersedia. Namun penerapan teknologi tersebut juga dihadapkan pada banyak

tantangan. Salah satu tantangan yang dihadapi adalah terbatasnya kemampuan petani untuk melakukan investasi dan melakukan modernisasi kegiatan usahatani mengingat kemampuan modal dan akses petani terhadap kredit umumnya lemah (European Commission 2017). Di samping itu infrastruktur komunikasi yang dibutuhkan untuk memanfaatkan berbagai teknologi yang terkait dengan penggunaan teknologi komunikasi umumnya sangat terbatas di pedesaan meskipun merupakan salah satu faktor kunci untuk dapat menerapkan Pertanian Presisi. Di negara-negara berkembang penerapan Pertanian Presisi juga akan dihadapkan pada masalah lahan garapan petani yang umumnya relatif sempit sehingga variasi spasial lahan garapan sulit dideteksi.

## **MEMPERKUAT PENGELOLAAN PERTANIAN PANGAN LAHAN KERING**

### **Mengoptimalkan Pemanfaatan *Green Water***

Dalam mengelola usatani tanaman pangan di lahan kering masalah utama yang seringkali dihadapi petani adalah pasokan air yang sangat bergantung pada curah hujan. Kondisi demikian menyebabkan produktivitas lahan usahatani per tahun relatif rendah karena usahatani tanaman pangan hanya dapat dilakukan 1 kali tanam per tahun yaitu pada musim hujan. Pada daerah yang memiliki periode musim hujan relatif panjang usahatani tanaman pangan kadang kala dapat dilakukan 2 kali tanam per tahun tetapi produktivitas usahatani yang dihasilkan umumnya rendah akibat fluktuasi pasokan air. Pola usahatani yang sangat bergantung pada curah hujan selanjutnya menyebabkan produksi pangan yang dihasilkan dari lahan kering umumnya tidak merata sepanjang tahun tetapi hanya terkonsentrasi pada musim hujan. Pola produksi seperti ini tidak kondusif bagi stabilitas ketersediaan dan harga pangan serta

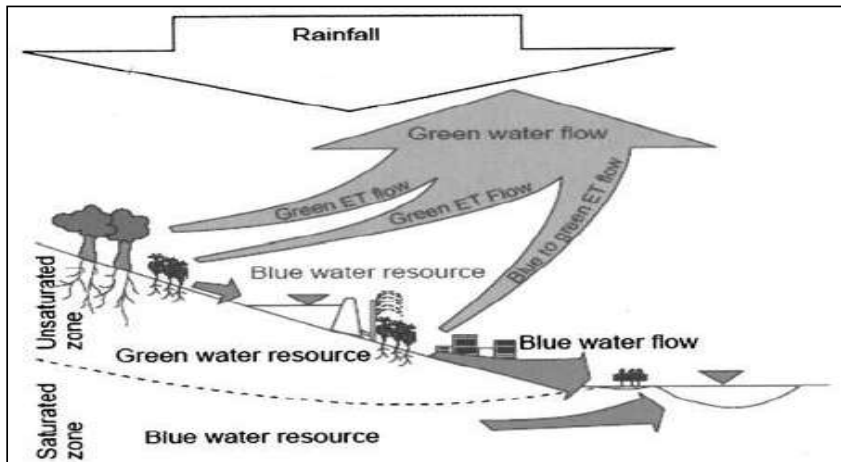
cenderung merugikan petani. Pada musim hujan produksi pangan yang dihasilkan dari lahan kering dapat melimpah tetapi dengan harga rendah sedangkan pada musim kemarau tidak ada atau sangat sedikit produksi pangan yang dihasilkan petani meskipun harganya cenderung tinggi.

Untuk meningkatkan produktivitas dan produksi tanaman pangan di lahan kering pengelolaan sumber daya air memiliki peranan penting. Konsep sumber daya air untuk usaha pertanian akhir-akhir ini semakin berkembang dan terbagi atas dua kategori aliran air yaitu *Green Water* dan *Blue Water* (Liu et al. 2009). Peranan *Green Water* pada sektor pertanian semakin mendapatkan perhatian akhir-akhir ini mengingat kemampuannya yang sangat besar untuk mendorong ketahanan pangan. Falkenmark dan Rockström (2006) mengemukakan bahwa “persepsi konvensional tentang sumber daya air tidak lengkap” dan perlu diperluas serta mencakup pula *Green Water* yang perlu dipertimbangkan dalam mengelola sumber daya air untuk mengurangi krisis pangan di masa depan. Sementara Rockström et al. (2009) menyatakan bahwa pengelolaan *Green Water* sangat penting untuk mengatasi perubahan iklim dan menunjukkan bahwa negara-negara yang mengalami kekurangan *Blue Water* masih tetap mampu menjaga ketahanan pangannya apabila *Green Water* dikelola dengan baik.

Konsep *Green Water* pertama kali diperkenalkan oleh Falkenmark pada tahun 1995 dalam konteks produktivitas pertanian. Falkenmark (2008) menggambarkan *Green Water* sebagai air hujan yang meresap ke dalam zona perakaran tanaman yang digunakan untuk memproduksi biomassa dan “air yang tak terlihat di dalam tanah” dan sering dilupakan dalam pengelolaan sumber daya air. Sebaliknya, air yang mengalir di permukaan tanah atau meresap di luar zona akar dan membentuk air tanah, disebut sebagai *Blue Water*.

Ilustrasi *Green Water* dan *Blue Water* dalam siklus hidrologi pada suatu daerah aliran sungai diperlihatkan dalam Gambar 3. Dalam siklus hidrologi terdapat dua cara di mana air memasuki suatu daerah aliran

sungai yaitu melalui curah hujan dan melalui aliran air tanah. Curah hujan dapat turun di permukaan tanah atau pada vegetasi. Sebagian curah hujan yang jatuh pada vegetasi akan tertahan untuk sementara waktu dan kemudian diuapkan ke atmosfer.



**Gambar 3.** Ilustrasi sumber daya air berasal dari *green water* dan *blue water*

Sumber: Falkenmark and Rockström (2006)

Curah hujan yang jatuh pada vegetasi akan mencapai permukaan tanah. Sebagian air hujan yang mencapai permukaan tanah tersebut akan meresap ke dalam tanah dan sebagian lainnya mengalir di atas tanah menuju danau dan sungai. Curah hujan yang tidak meresap ke dalam tanah atau mengalir di atas tanah termasuk kategori *Blue Water*. Sementara curah hujan yang meresap ke dalam tanah dan tertahan pada zona tidak jenuh disebut sebagai *Green Water* sedangkan air hujan yang mencapai zona jenuh (atau air tanah) termasuk kategori *Blue Water*.

Secara lebih rinci konsep *Green Water* dan *Blue Water* dijelaskan oleh Malesu et al. (2007). Selama proses fotosintesis, tanaman menyerap karbon dioksida dan menyerap uap air melalui stomata. Penguapan dari

tanah, badan air dan dedaunan tanaman juga menghasilkan uap air. Karena fotosintesis menghasilkan biomassa tanaman maka uap air yang dihasilkan dari transpirasi dapat dianggap sebagai '*air yang produktif*'. Di sisi lain, uap air yang diciptakan oleh penguapan adalah '*air yang tidak produktif*' dan akan hilang menuju atmosfer. Kedua aliran uap air yang dihasilkan dari transpirasi dan penguapan didefinisikan sebagai aliran *Green Water*. Sementara curah hujan yang menyusup ke dalam tanah, akuifer, danau dan bendungan didefinisikan sebagai aliran *Blue Water*. Gambar 1 memperlihatkan aliran *Green Water* di atmosfer dan pada zona kelembapan tanah tidak jenuh serta aliran *Blue Water* pada sungai dan akuifer.

Uraian di atas menjelaskan bahwa pada intinya *Green Water* terkait dengan air hujan yang tersimpan di dalam tanah dan secara perlahan kembali ke atmosfer melalui evaporasi tanaman (Liu et al. 2009). Aliran *Green Water* terdiri atas dua komponen yaitu: bagian yang produktif (transpirasi T) yang menghasilkan biomassa dan bagian yang tidak produktif (penguapan E). Sebaliknya, *Blue Water* terkait dengan air yang tersimpan di dalam sungai, danau, bendungan, kolam dan sebagainya. Kedua kategori sumber daya air tersebut memiliki peranan penting untuk produksi pangan. Pertanian pada lahan kering dan tadah hujan umumnya hanya memanfaatkan *Green Water* sedangkan pertanian di lahan irigasi memanfaatkan *Green Water* dan *Blue Water*.

Yang and Zehnder (2011) mengemukakan bahwa *Green Water* dan *Blue Water* memiliki karakteristik yang berbeda sehingga dalam pemanfaatannya kedua sumber daya air tersebut memiliki *opportunity cost* yang berbeda pula (Tabel 7). Dalam konteks produksi pertanian air yang berasal dari curah hujan dapat dianggap sebagai barang bebas tetapi air yang berasal dari *Green Water* dan *Blue Water* termasuk barang ekonomi karena dibutuhkan investasi untuk dapat memanfaatkannya. *Green water* tidak dapat dialirkan ke lokasi lain sehingga persaingan dalam pemanfaatan sumber daya air tersebut cenderung bersifat *in situ*.



**Tabel 7.** Karakteristik sumber daya air *blue water* dan *green water*.

Karakteristik	Blue water	Green water
Sumber air	Sungai, danau, bendungan, kolam, akuifer	Air yang tersimpan pada zona kelembapan tanah tidak jenuh dan digunakan untuk evapotranspirasi
Mobilitas air	Sangat tinggi	Tidak mobil
Substitusi sumber air	Dapat dilakukan	Tidak dapat
Persaingan pemanfaatan air	Banyak	Sedikit
Fasilitas pengaliran air	Dibutuhkan	Tidak dibutuhkan
Biaya pemanfaatan air	Tinggi	Rendah

Sumber: Yang and Zehnder (2011).

Tanaman selain tanaman pangan (yang biasanya memiliki nilai ekonomi rendah dalam penggunaan air) merupakan pesaing utama dalam pemanfaatan *Green water*. Dibandingkan dengan *Blue Water*, *opportunity cost* penggunaan *Green Water* relatif rendah karena *Blue Water* (misalnya air irigasi) memiliki fungsi yang lebih luas seperti untuk mengairi lahan pertanian, untuk air minum dan kebutuhan rumah tangga lainnya, dan pembangkit tenaga listrik. Namun demikian pemanfaatan *Blue Water* memerlukan banyak infrastruktur untuk menyimpan dan mendistribusikan air sebelum dapat dimanfaatkan oleh pengguna. Di samping itu pemanfaatan *Blue Water* (irigasi) secara berlebihan dapat menimbulkan salinisasi dan degradasi tanah yang sering terjadi di banyak wilayah.

Sesuai dengan karakteristik sumber daya air seperti di atas maka prinsip utama yang perlu diterapkan dalam pengelolaan *Blue Water* berbeda dengan *Green Water*. Prinsip utama dalam pengelolaan *Blue Water* pada lahan kering adalah menampung air hujan sebanyak mungkin, menyimpan, dan mendistribusikan pada saat dibutuhkan. Prinsip tersebut antara lain dapat dioperasionalkan dengan membangun embung-embung air,

pompanisasi air tanah dan teknologi panen air lainnya. Adapun prinsip pengelolaan *Green Water* adalah mengubah evaporasi yang tidak produktif menjadi transpirasi yang produktif (Rockstorm 2003). Hal ini antara lain dapat dilakukan melalui penggunaan mulsa untuk menahan evaporasi permukaan tanah dan mempertahankan kelembapan tanah agar dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Selama ini pengelolaan sumber daya air pertanian di lahan kering lebih difokuskan pada pengelolaan *Blue Water* yang dilakukan antara lain dengan membangun embung-embung air. Kebutuhan investasi untuk pembangunan embung tersebut relatif besar sementara petani lahan kering umumnya berlahan sempit dan memiliki kemampuan modal terbatas. Dengan luas garapan yang relatif sempit maka manfaat yang dihasilkan seringkali tidak sebanding dengan biaya investasi yang dikeluarkan petani. Di samping itu akibat keterbatasan modal petani maka sulit diharapkan teknologi pengelolaan air tersebut dapat dibangun secara luas oleh petani secara mandiri. Dalam kaitan ini maka upaya mengoptimalkan potensi *Green Water* perlu dilakukan melalui penerapan berbagai teknologi yang relevan agar kelembapan tanah dapat dipertahankan dan potensi air yang tersedia di dalam tanah dapat dimanfaatkan oleh tanaman secara optimal. Penerapan teknologi tersebut umumnya relatif murah dan terjangkau oleh petani. Beberapa teknologi yang dapat diterapkan untuk mengoptimalkan pemanfaatan *Green Water* di antaranya adalah penggunaan mulsa untuk mempertahankan kelembapan tanah, penanaman *cover crop* di sela tanaman utama, integrasi dengan tanaman tahunan yang mampu menahan air dalam tanah cukup lama dan pembuatan *check dam*.

## Menerapkan Konsep Pertanian Presisi

Pertanian Presisi pada dasarnya merupakan suatu konsep pengelolaan sumber daya pertanian yang dirancang untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan, meningkatkan efisiensi penggunaan air,

meningkatkan efisiensi penggunaan sarana produksi, meningkatkan produktivitas usahatani dan meminimalkan dampak lingkungan yang tidak diinginkan. Penerapan konsep tersebut didukung dengan pemanfaatan data dan informasi kunci, teknologi internet dan komunikasi serta berbagai teknologi lainnya dan sistem pengelolaan yang memadai. Ide pokok dari konsep tersebut adalah kondisi biofisik lahan pertanian bervariasi secara spasial. Oleh sebab itu tanaman pertanian yang diusahakan dan teknologi usahatani yang diterapkan harus berbeda menurut spasial lahan garapan agar sumber daya lahan yang tersedia dapat dimanfaatkan secara optimal. Ketersediaan air juga bervariasi secara spasial dan temporal sehingga pasokan air ke lahan usahatani harus dikendalikan dan disesuaikan dengan kebutuhan tanaman agar penggunaan air menjadi lebih efisien. Variasi temporal juga terjadi pada kebutuhan tanaman sehingga pengendalian penggunaan air dan sarana produksi menurut waktu juga diperlukan untuk meningkatkan efisiensi kegiatan usahatani.

Secara umum terdapat tiga prakondisi yang diperlukan untuk dapat menerapkan konsep pertanian presisi secara efektif yaitu adanya variasi spasial sumber daya lahan, variasi spasial dan temporal ketersediaan air dan adanya potensi degradasi sumber daya lahan. Ketiga prakondisi tersebut seringkali dijumpai pada pertanian pangan di lahan kering sehingga konsep pertanian presisi akan efektif jika diterapkan pada pertanian pangan di lahan kering. Misalnya, lahan pertanian pangan di lahan kering umumnya bervariasi secara spasial baik akibat variasi ketinggian lahan, topografi maupun kemiringan lahan. Variasi temporal pasokan air juga seringkali terjadi akibat pasokan air yang sangat bergantung pada fluktuasi curah hujan. Begitu pula lahan kering umumnya memiliki risiko lingkungan relatif besar akibat sifat biofisik lahan yang peka terhadap erosi.

Penerapan Pertanian Presisi pada intinya diawali dengan pemahaman berbagai variasi menurut spasial lahan garapan, merumuskan

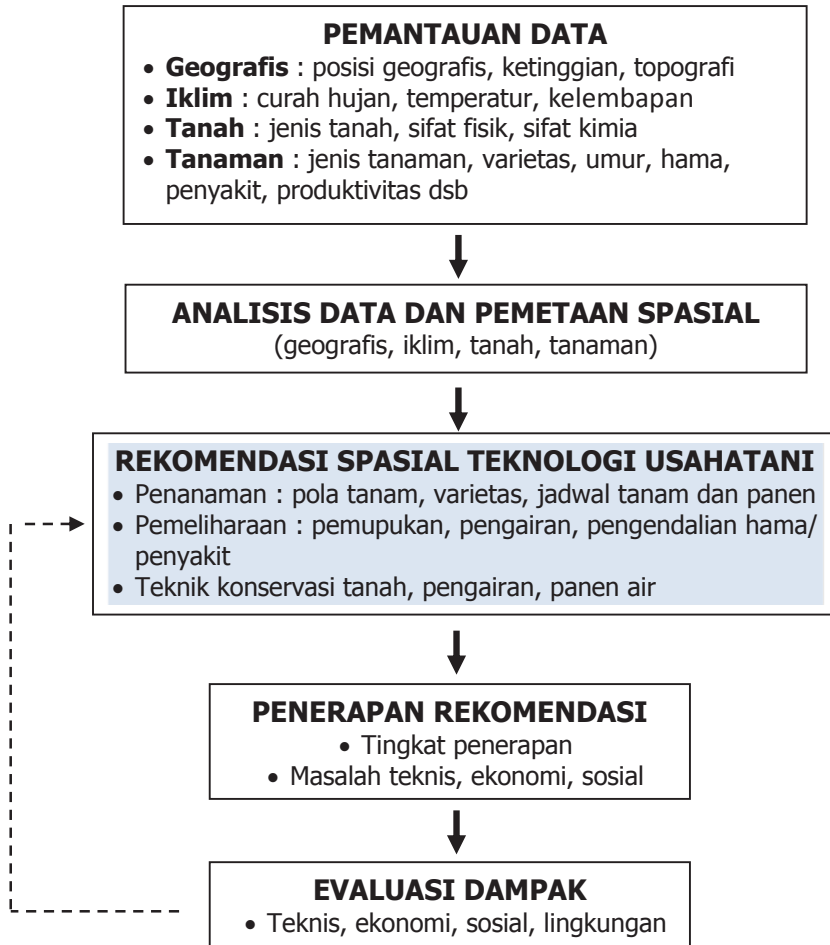
rekomendasi teknologi usahatani spesifik spasial lahan garapan, dan mengevaluasi hasil dan dampak penerapan rekomendasi tersebut. Secara umum terdapat beberapa tahapan dan teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk menerapkan pertanian presisi yaitu sebagai berikut (European Commission 2017, Dwivedi et al. 2017, Mandal and Maity 2013):

1. Mempelajari lahan garapan secara geografis. Tahap ini diperlukan untuk memahami variasi spasial lahan garapan secara geografis (posisi geografis dan ketinggian lahan). Pada tahap ini dapat digunakan teknologi GPS (*Global Positioning System*) yaitu sistem navigasi berbasis jaringan satelit yang mampu menggambarkan posisi lahan garapan secara cukup akurat.
2. Pemantauan tanaman, tanah, air dan iklim. Tahap ini diperlukan untuk memahami variasi tanaman yang diusahakan petani, produktivitas tanaman, kesehatan tanaman dan sebagainya serta berbagai karakteristik tanah, air dan iklim menurut spasial lahan garapan. Informasi tersebut dapat diperoleh dengan memanfaatkan berbagai teknologi *remote sensing*, sensor, stasiun iklim dan stasiun pengamatan hama yang tersedia.
3. Memetakan seluruh atribut yang melekat pada lahan garapan menurut spasial lahan garapan. Pada tahap ini dapat dimanfaatkan teknologi GIS (*Geographic information system*). Basis data yang dipetakan dengan menggunakan GIS dapat memberikan berbagai informasi menurut spasial lahan garapan seperti topografi lahan, jenis tanah, aliran permukaan dan air tanah, produktivitas tanaman, dan sebagainya.
4. Merumuskan rekomendasi teknologi usahatani spesifik spasial lahan garapan. Rekomendasi teknologi dirumuskan dengan memanfaatkan dan menganalisis basis data yang dipetakan melalui GIS. Rekomendasi kegiatan usahatani dapat meliputi jenis dan varietas tanaman, dosis pemupukan, jarak tanam, pengendalian hama dan penyakit, dsb.

5. Mengevaluasi dampak penerapan kegiatan usahatani yang direkomendasikan secara teknis, ekonomi, sosial dan lingkungan. Hasil evaluasi dapat dimanfaatkan sebagai umpan balik dalam merumuskan rekomendasi lebih lanjut. Secara ringkas kerangka teknis penerapan pertanian presisi diperlihatkan pada Gambar 4.

Banyak teknologi yang berkembang pada era Industri 4.0 dapat dimanfaatkan untuk mendukung penerapan Pertanian Presisi (De Clercq et al. 2018). Misalnya, teknologi drone dapat dimanfaatkan untuk pemetaan dan analisis tanah, memantau pasokan air, pemetaan dosis pemupukan, penanaman benih, dan penyemprotan tanaman sesuai kebutuhan tanaman. Teknologi drone dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi areal tanaman mana yang mengalami kekeringan dan memerlukan pasokan air atau mengidentifikasi areal tanaman yang mengalami gangguan hama dan penyakit serta membutuhkan penyemprotan tanaman. Teknologi drone juga dapat dimanfaatkan untuk memonitor pertumbuhan tanaman, kesehatan tanaman dan inefisiensi penggunaan sarana produksi yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki cara pengelolaan tanaman.

Teknologi nano juga sangat diperlukan untuk mendukung Pertanian Presisi. Pupuk kapsul yang dihasilkan dari teknologi nano dapat mengatur waktu dan jumlah nutrisi yang dilepas dengan dosis yang tepat sesuai dengan kebutuhan tanaman sehingga dapat menghindari pencemaran lingkungan akibat penggunaan pupuk yang berlebihan. Pemanfaatan biosensor juga dapat mengidentifikasi kandungan pestisida pada tanaman dan informasi tersebut diperlukan untuk perencanaan dan perlakuan proteksi tanaman. Smartphone yang dilengkapi dengan kamera, GPS dan aplikasi lainnya juga dapat dimanfaatkan untuk pemetaan kontur lahan garapan, mendapatkan informasi cuaca, informasi pasar, dan berbagai informasi lain yang dibutuhkan.



**Gambar 4.** Kerangka teknis penerapan pertanian presisi pada pertanian pangan lahan kering

## Mengembangkan Kelembagaan Korporasi Pertanian

Secara teknis berbagai teknologi yang berkembang pada era Industri 4.0 pada dasarnya dapat dimanfaatkan untuk mendukung penerapan konsep Pertanian Presisi pada pertanian pangan di lahan kering. Namun banyak tantangan yang harus dihadapi dalam menerapkan konsep pertanian presisi tersebut pada pertanian pangan di lahan kering. Tantangan utama yang harus dihadapi adalah sempitnya penguasaan lahan petani yang hanya sekitar 1 hektare per petani. Kondisi demikian menyebabkan variasi spasial lahan garapan yang merupakan basis utama dalam penerapan pertanian presisi sulit dideteksi. Di samping itu, investasi berbagai teknologi yang diperlukan untuk mendukung penerapan pertanian presisi menjadi tidak efisien akibat kecilnya manfaat yang dapat diperoleh dari investasi tersebut.

Tantangan lain yang harus dihadapi adalah dalam menerapkan rekomendasi teknologi usahatani. Berbagai manfaat yang dapat diperoleh melalui penerapan konsep pertanian presisi pada dasarnya akan terwujud apabila seluruh rekomendasi teknologi usahatani yang dirumuskan secara spasial dan berdasarkan hasil analisis data lapangan dapat diterapkan oleh petani. Dalam kaitan ini terdapat beberapa faktor yang dapat menghambat penerapan rekomendasi teknologi tersebut yaitu: (1) Aksesibilitas lokasi dan infrastruktur transportasi di daerah lahan kering umumnya relatif buruk sehingga sarana produksi dan produk teknologi yang direkomendasikan sulit dijangkau oleh petani, (2) Kemampuan modal petani umumnya rendah sehingga penerapan rekomendasi teknologi usahatani seringkali tidak dapat diterapkan oleh petani akibat keterbatasan modal yang dimiliki, dan (3) Akibat ketergantungan pasokan air terhadap fluktuasi curah hujan maka risiko produksi pada pertanian pangan lahan kering relatif tinggi dan dapat menghambat penerapan teknologi yang direkomendasikan.

Dengan berbagai permasalahan tersebut di atas maka penerapan konsep pertanian presisi pada pertanian pangan di lahan kering tidak mungkin dapat diterapkan oleh petani secara individu. Penerapan konsep pertanian presisi tersebut idealnya dilakukan dengan berbasis kawasan pangan dan dikelola dengan pola korporasi. Kawasan pangan merupakan hamparan lahan tanaman pangan yang luas dan dikuasai oleh para petani. Pendekatan berbasis kawasan diperlukan agar manfaat skala ekonomi dapat diraih sehingga berbagai investasi teknologi yang dilakukan untuk mendukung penerapan konsep pertanian presisi menjadi lebih efisien. Adapun pengembangan pola pengelolaan korporasi diperlukan agar seluruh pihak eksternal petani yang terkait dengan penerapan rekomendasi teknologi (pedagang sarana produksi, lembaga bank, dsb.) dapat dikoordinasikan untuk mendukung penerapan rekomendasi teknologi oleh petani.

Gambar 5 memperlihatkan penerapan konsep Pertanian Presisi yang dilakukan dengan berbasis kawasan pangan yang dikelola dengan pola korporasi. Sesuai dengan variasi geografis, tanah, iklim dan tanaman pertanian yang diusahakan petani kawasan pangan yang dikelola dibagi atas blok-blok spasial hamparan lahan yang memiliki karakteristik berbeda. Terdapat dua pelaku utama yang dilibatkan dalam pengelolaan kawasan tersebut yaitu: (1) Pengelola kawasan dan (2) Kelompok Tani beserta para petani anggotanya. Pengelola kawasan adalah suatu unit manajemen profesional yang dapat berbentuk perusahaan swasta atau perusahaan pemerintah yang melibatkan tenaga profesional sedikitnya pada bidang teknologi pertanian pangan, teknologi informasi dan komunikasi. Adapun Kelompok Tani yang dilibatkan adalah kelompok tani yang dibentuk berdasarkan blok-blok hamparan lahan garapan yang terdapat di dalam kawasan yang dikelola.

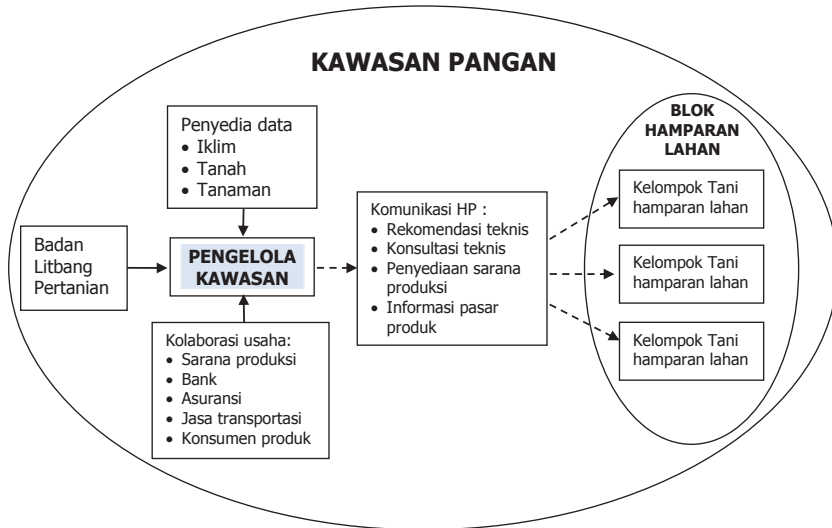


#### **Pengelolaan Pertanian Pangan Lahan Kering pada Era Revolusi Industri 4.0**

Dalam menerapkan konsep pertanian presisi fungsi utama Kelompok Tani dan para petani anggotanya adalah menerapkan rekomendasi teknologi usahatani yang dirumuskan oleh pengelola kawasan. Sementara pengelola kawasan memiliki 4 peranan yaitu: (a) merumuskan rekomendasi teknologi usahatani berdasarkan hasil analisis data lapangan dan bervariasi menurut blok spasial hamparan lahan, (b) memberikan konsultasi teknis kepada petani, (c) membantu petani dalam pengadaan sarana produksi dan produk teknologi yang dibutuhkan untuk menerapkan rekomendasi teknologi, dan (d) memberikan informasi pasar produk yang diusahakan petani. Dalam merumuskan rekomendasi teknologi idealnya pengelola kawasan didukung oleh Badan Litbang Pertanian dan perguruan tinggi sebagai penyedia teknologi. Pengelola kawasan juga perlu didukung oleh berbagai lembaga penyedia data yang dibutuhkan untuk merumuskan rekomendasi teknologi usahatani.

Untuk mendorong penerapan rekomendasi teknologi oleh petani pengelola kawasan perlu mengembangkan kolaborasi usaha dengan berbagai pihak. Kolaborasi usaha perlu dilakukan dengan pedagang sarana produksi agar penyediaan dan penyaluran sarana produksi kepada petani dapat dilakukan secara tepat jenis, tepat jumlah, tepat waktu dan sesuai kualitas. Pengelola kawasan juga perlu berkolaborasi dengan lembaga bank untuk membantu petani mendapatkan pinjaman modal usahatani. Kolaborasi usaha juga perlu dikembangkan dengan lembaga asuransi untuk memperkecil risiko usaha petani dan lembaga jasa transportasi untuk memperlancar penyaluran sarana produksi kepada petani serta memperlancar pemasaran produk pertanian yang dihasilkan petani.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**



**Gambar 5.** Model kelembagaan pertanian korporasi pada kawasan pangan lahan kering berbasis pertanian presisi

Upaya untuk menerapkan pertanian presisi pada pertanian pangan di lahan kering tidak mungkin terlepas dari peranan pemerintah. Berbagai permasalahan yang terdapat pada pertanian pangan di lahan kering seringkali menjadi faktor penghambat bagi keterlibatan lembaga bank untuk menyalurkan pinjaman modal usahatani kepada petani. Dalam kaitan ini pemerintah perlu mendorong lembaga bank untuk lebih terlibat dalam pengembangan pertanian pangan di lahan kering yang dapat ditempuh melalui penataan regulasi perbankan maupun pemberian subsidi kredit kepada petani. Pemerintah juga perlu mendorong keterlibatan lembaga jasa asuransi untuk memperkecil risiko usahatani yang dihadapi petani. Hal ini antara lain dapat ditempuh dengan memberikan subsidi premi asuransi kepada petani yang mengusahakan komoditas pangan di lahan kering.

## PENUTUP

Peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan harus terus diupayakan untuk mengantisipasi pertumbuhan penduduk dan peningkatan konsumsi pangan. Dalam kaitan ini pertanian pangan di lahan kering memiliki potensi besar untuk mendukung peningkatan produksi pangan nasional secara berkelanjutan mengingat masih banyak peluang perluasan tanaman pangan di lahan kering yang belum dimanfaatkan. Namun demikian banyak tantangan yang harus dihadapi baik yang terkait dengan kondisi biofisik lahan, ketersediaan pasokan air, masalah lingkungan maupun kondisi sosial ekonomi petani pangan di lahan kering. Oleh karena itu, dibutuhkan komitmen pemerintah yang kuat untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut agar seluruh potensi yang tersedia pada pertanian pangan di lahan kering dapat dimanfaatkan secara optimal. Pada masa yang akan datang pertanian pangan di lahan kering perlu lebih mengoptimalkan pemanfaatan *green water* untuk mengatasi masalah pasokan air. Pertanian pangan di lahan kering juga perlu dikelola dengan berbasis kawasan pangan dan menerapkan konsep pertanian presisi yang pada intinya adalah melakukan kegiatan usahatani yang tepat, pada lokasi yang sesuai dan pada waktu yang tepat. Banyak teknologi yang berkembang pada era industri 4.0 yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung penerapan konsep pertanian presisi seperti teknologi sensor, drone, internet dan sebagainya. Namun untuk dapat mengoperasionalkan konsep Pertanian Presisi tersebut secara efektif diperlukan pula pengembangan kelembagaan korporasi pertanian yang melibatkan berbagai pihak terutama yang terkait dengan penyediaan data dukung, penyediaan sarana produksi dan teknologi, penyediaan bantuan modal usahatani dan upaya memperkecil risiko usahatani yang dihadapi petani.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hakkim V M, E Abhilash Joseph, AJ Ajay Gokul and K Mufeedha. 2016. Precision Farming : The Future of Indian Agriculture. Journal of Applied Biology & Biotechnology. 4(06): 068-072, Nov-Dec, 2016.
- Bongiovanni R and J Lowenberg-deboer. 2004. Precision agriculture and sustainability. Precision Agriculture. 5(4): 359–387. Kluwer Academic Publishers. Manufactured in The Netherlands.
- De Clercq M, A Vats and A Biel. 2018. Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology. World Government Summit. February 2018.
- Dung LT and N Thi Kim Hiep. 2017. The Revolution of Agriculture 4.0 And Sustainable Agriculture Development In Vietnam. International Conference Proceedings Emerging Issues In Economics And Business In The Context of International Integration. 317-328.
- Dwivedi A, RK Naresh, R Kumar, R Singh Yadav and R Kumar. 2017. Precision Agriculture. Parmar Publishers & Distributors. Dhanbad. Jharkhand.
- European Commission. 2017. Digital Transformation Monitor Industry 4.0 in agriculture: Focus on IoT aspects. <https://ec.europa.eu/digital-singlemarket/en/news/european-digital-progress-report-reviewmember-states-progress-towards-digital-priorities>.
- Falkenmark M and J Rockström. 2006. The New Blue and Green Water Paradigm: Breaking New Ground for Water Resources Planning and Management. Journal of Water Resources Planning and Management. May/June 2006 /129.
- Falkenmark M. 2008. Peak water: Entering an era of sharpening water shortage. Stockholm Water Front. 3–4: 10–11.

- Irawan B. 2013. Prospek Pengembangan Tanaman Pangan Lahan Kering. *Dalam* : Prospek Pertanian Lahan Kering Dalam Mendukung Ketahanan Pangan pp : 164-186. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Irawan B, DKS Swastika, SH Suhartini, V Darwis, dan RD Yofa. 2016. Analisis Sumber-Sumber Pertumbuhan Produksi Jagung dan Kedelai. Laporan Penelitian. Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Irawan B dan MP Yudfi. 2017. Potensi Dampak Integrasi Tanaman Jagung dan Kedelai Pada lahan Perkebunan. *Dalam* : Menuju Pertanian Modern Berkelanjutan pp : 311-340. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian.
- Irawan B dan SH Suhartini. 2015. Kelembagaan Agribisnis pada Berbagai Tipe Desa. *Dalam* : Panel Petani Nasional : Mobilisasi Sumber Daya dan Penguatan Kelembagaan Pertanian. pp : 319-338. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian.
- Irawan B dan T Pranadji. 2003. Pemberdayaan Lahan Kering Untuk Pengembangan Agribisnis Berkelanjutan. Forum Penelitian Agro Ekonomi. 20(2) Desember 2002. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian.
- Liu J, AJB Zehnder and H Yang. 2009. Global consumptive water use for crop production: The importance of green water and virtual water. *Water Resource Research*. 45: 1-15.
- Malesu MM, AR Oduor and OJ Odhiambo. 2007. Green Water Management Handbook. Rainwater harvesting for agricultural production and ecological sustainability. SearNet Secretariat, The World Agroforestry Centre, ICRAF House. Nairobi, Kenya.
- Mandal S.Kr. and A Maity. 2013. Precision Farming for Small Agricultural Farm: Indian Scenario. *American Journal of Experimental Agriculture*. 3(1): 200-217, 2013.

- McBratney A, B Whelan and T Ancev. 2005. Future Directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*. 6: 7-23.
- Pasandaran E. 2016. Building The Framework For Sustainable Agricultural Innovations. *Dalam : Toward a Resilience Food and Nutrition Security in Indonesia*, pp 177-190. IAARD PRESS. Indonesian Agency For Agricultural Research and Development.
- Pasandaran E, M Sarwani dan H Soeparno. 2013. Fase-Fase Perkembangan Pertanian : Implikasi Bagi Kebijakan Investasi Lahan Kering. *Dalam : Prospek Pertanian Lahan Kering Dalam Mendukung Ketahanan Pangan* pp : 35-50. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian.
- Pingali PL, M Hossain and RV Gerpacio. 1997. Asian Rice Bowls : The Returning Crisis ? International Rice Research Institute (IRRI). Manila, The Philippines.
- Qin J, Y Liu and R Grosvenor. 2016. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *ScienceDirect. Procedia CIRP*. 52 (2016): 173 – 178.
- Rockström J. 2003. Water for food and nature in drought-prone tropics: vapour shift in rain-fed agriculture. The Royal Society, 18 November 2003.
- Rockström J, M Falkenmark, L Karlberg, H Hoff, S Rost and D Gerten. 2009. Future water availability for global food production: The potential of green water for increasing resilience to global change. *Water Resources Research* 45, W00A12.
- Rohmani SA dan H Suparno. 2018. Pertanian Digital dalam Membangun Pertanian Modern di Era Industri 4.0. *Dalam : Sinergi Inovasi Kebijakan dan Teknologi Menuju Kesejahteraan Petani*, pp : 227-276. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian.
- Rojko A. 2017. Industry 4.0 Concept: Background and Overview. ECPE European Center for Power Electronics e.V., Nuremberg, Germany.

- Schieffer J and C Dillon. 2015. The economic and environmental impacts of precision agriculture and interactions with agro-environmental policy. *Precision Agriculture*. 16: 46–61.
- Schwab K. 2017. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum.
- Seminar KB. 2016. Sistem Pertanian Presisi Dan Sistem Pelacakan Rantai Produksi Untuk Mewujudkan Agroindustri Berkelanjutan. ORASI ILMIAH Guru Besar Tetap Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Setiyanto A. 2015. Sintesis Pendapat Petani Rumah Tangga Pedesaan. *Dalam* : Panel Petani Nasional : Rekonstruksi Agenda Peningkatan Kesejahteraan Petani. pp : 81-98. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian.
- Simatupang P dan B Irawan. 2003. Pengendalian Konversi Lahan Pertanian: Tinjauan Ulang Kebijakan Lahan Pertanian Abadi. *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi dan Konversi Lahan Pertanian*, pp : 67-83. Badan Litbang pertanian, Jakarta.
- Subiksa IGM, Sukarman dan A Dariah. 2013. Prioritisasi Pemanfaatan Lahan Kering Untuk Pengembangan Tanaman Pangan. *Dalam*: Prospek Pertanian Lahan Kering Dalam Mendukung Ketahanan Pangan pp : 329-349. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian.
- Suradisastira K. 2013. Peran Pemerintah Otonom dalam Upaya Pemanfaatan Lahan Kering. *Dalam* : Prospek Pertanian Lahan Kering Dalam Mendukung Ketahanan Pangan pp : 61-73. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian.
- Suriadikarta DA, T Prihatini, D Setyorini, dan W Hartatiek. 2002. Teknologi Pengelolaan Bahan Organik Tanah. pp: 183–238. *Dalam*: Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

- Susilowati S.H. 2015a. Penguasaan Lahan Pertanian Pada Berbagai Tipe Agroekosistem. *Dalam* : Panel Petani Nasional : Mobilisasi Sumber Daya dan Penguatan Kelembagaan Pertanian. pp : 41-59. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian.
- Susilowati S H. 2015b. Dinamika Kemiskinan Rumah Tangga dan Hubungannya Penguasaan Lahan Pada Berbagai Agroekosistem. *Dalam*: Panel Petani Nasional: Mobilisasi Sumber Daya dan Penguatan Kelembagaan Pertanian. pp : 287-300. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian.
- Tarigan H, B Irawan, T. Pranadji, Syahyuti, R Aldilah, A Mulani dan I Hakim. 2018. Pengoptimalan Tanah Objek Reforma Agraria (Tora) Dalam Mendukung Swasembada Pangan. Laporan Penelitian. Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Tjahjono B, C Esplugues, E Ares and G Pelaez. 2017. What does Industry 4.0 mean to Supply Chain? ScienceDirect. *Procedia Manufacturing* 13 (2017) 1175–1182.
- Wahyunto dan R Shofiyati. 2013. Wilayah Potensial Lahan Kering Untuk Mendukung Pemenuhan Kebutuhan Pangan di Indonesia. *Dalam* : Prospek Pertanian Lahan Kering Dalam Mendukung Ketahanan Pangan pp : 297-315. IAARD Press. Badan Litbang Pertanian.
- Yang H and A J B Zehnder. 2011. Globalization of Water Resources Through Virtual Water Trade *dalam* : Garrido A. and H. Ingram. *Water for Food in a Changing World*. Routledge, New York. pp : 117-132.



# **MENYELARASKAN PERTANIAN ADAPTIF TERHADAP PERUBAHAN IKLIM DI ERA INDUSTRI 4.0**

**Ai Dariah dan Elza Surmaini**

## **PENDAHULUAN**

Perubahan iklim telah berdampak negatif pada pertanian di banyak bagian dunia, karena pola cuaca yang semakin tidak menentu. Perubahan iklim menyebabkan meningkatnya suhu udara, perubahan pola dan jumlah curah hujan yang mengakibatkan kekeringan dan banjir, semakin meningkat dan meluasnya aliran permukaan yang mendorong pencucian nutrisi tanah, berkurangnya ketersediaan air, ledakan hama dan penyakit tanaman, dan berbagai dampaknya pada pertanian di pesisir pantai akibat intrusi air laut (FAO 2008; Swaminathan dan Kesavan 2012). Di Indonesia dampak perubahan iklim pada sektor pertanian telah dirasakan dan semakin meningkat intensitas serta frekuensi kejadian iklim ekstrem seperti kekeringan dan banjir. Kondisi ini menunjukkan betapa rentan pertanian Indonesia terhadap perubahan iklim. Kementerian Pertanian melaporkan kerusakan tanaman padi akibat kekeringan selama El Niño tahun 1989-2016 berkisar antara 350 sampai 870 ribu hektare, sebaliknya kerusakan akibat banjir berkisar 145 sampai 330 ribu hektare. Kehilangan produksi padi akibat banjir dan kekeringan pada tahun-tahun ENSO dapat mencapai 2 juta ton (Boer dan Las 2003). Menurut Surmaini et al. (2015), pada kondisi El Niño lemah dan sedang, kehilangan produksi padi lebih tinggi, mencapai 1,3 juta ton pada musim kemarau saja.

Pola iklim yang semakin tidak menentu yang dikenal dengan istilah anomali menyebabkan sistem usahatani tidak dapat dilakukan secara konvensional (Dariah et al. 2019). Awal musim hujan tidak selalu dalam waktu yang sama, kondisi curah hujan dalam satu musim sangat bervariasi. Pada musim kemarau bisa ada kejadian hujan tinggi yang dikenal seperti istilah musim kemarau basah yang memicu ledakan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Sebaliknya pada musim hujan terdapat kejadian tidak ada hujan beberapa lama yang menyebabkan tanam mengalami kerusakan atau puso. Kejadian seperti ini seharusnya dapat diatasi sehingga tidak menimbulkan kerugian yang besar, jika informasi iklim tersebut dapat disampaikan dengan cepat kepada pengambil kebijakan, penyuluh dan petani.

Saat ini terdapat berbagai cara untuk mengatasi risiko iklim secara efektif. Salah satu strategi penting adalah memanfaatkan teknologi informasi dalam monitoring dan membangun sistem untuk merespons kondisi iklim terkini dan prediksinya ke depan. Selain itu informasi dampaknya secara kuantitatif sangat penting, sehingga prioritas upaya adaptasi dapat disesuaikan dengan besaran dampak yang ditimbulkan, dan alokasi biaya akan tepat sasaran dan tepat waktu. Salah satu upaya untuk mencapainya adalah mendorong percepatan upaya adaptasi sektor pertanian, di antaranya dengan memanfaatkan kemajuan sistem informasi yang lebih baik dan terintegrasi, sehingga segala sesuatunya dapat diperhitungkan secara tepat. Teknologi pertanian presisi dapat menjadi alternatif untuk menekan berbagai dampak negatif dari perubahan iklim, seperti yang dinyatakan Wyman (2018) bahwa salah satu pertimbangan utama yang menjadi justifikasi pentingnya pertanian presisi untuk memenuhi tuntutan masa depan, di antaranya terkait perubahan iklim. Pengembangan sistem pertanian presisi juga selaras dengan era yang sedang dihadapi saat ini, yaitu Era Revolusi Industri 4.0. Tulisan ini membahas pengembangan sistem pertanian di era perubahan iklim dengan memanfaatkan perkembangan sistem informasi

dan inovasi teknologi di era industri 4.0, sehingga sektor pertanian dapat mengantisipasi sekaligus beradaptasi terhadap berbagai perubahan, khususnya perubahan iklim yang sedang dan bakal terjadi.

## KONSEP PERTANIAN DI ERA INDUSTRI 4.0

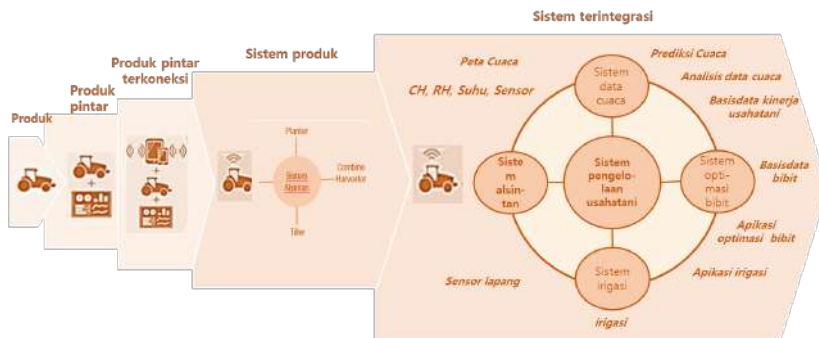
Revolusi teknologi pertanian dimulai dengan Pertanian 1.0 yang ditandai dengan sistem pertanian padat karya dan menggunakan tenaga hewan, dengan produktivitas rendah. Pertanian 2.0 dimulai pada era revolusi hijau yaitu pada akhir tahun 1950-an, ditandai dengan penggunaan alat mesin pertanian yang menggunakan bahan bakar, serta penggunaan pupuk dan pestisida sintetis. Selanjutnya beralih ke Pertanian 3.0 dalam beberapa tahun terakhir dengan sistem panduan dan pertanian presisi, dimulai ketika sinyal GPS militer dapat diakses untuk penggunaan umum (Marucci et al. 2017). Menurut *European Agricultural Machinery* (2017) saat ini pertanian memasuki era pertanian 4.0, di mana aktivitas pertanian terhubung jaringan internal dan eksternal terintegrasi dalam sistem cloud. Menurut Zambon et al. (2019), tahap selanjutnya adalah Pertanian 4.0 di mana sistem usahatani terintegrasi secara digital, serta mengandalkan proses produksi menggunakan robotika dan *artificial intelligent* (kecerdasan buatan).

Revolusi Industri 4.0 merupakan fase keempat dari perjalanan sejarah revolusi industri yang dimulai pada abad ke-18. Revolusi Industri 4.0 sendiri terjadi pada tahun 2010-an melalui rekayasa inteligensia dan *internet of thing* sebagai tulang punggung pergerakan dan konektivitas manusia dan mesin (Shwab 2016). Berdasarkan hasil studi literatur, Rohmani dan Suparno (2018) menyimpulkan bahwa konsep revolusi Industri 4.0 mendigitalisasi seluruh aspek manufaktur dan berpengaruh pada berbagai bidang kehidupan termasuk pertanian. Oleh karena

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

itu, sistem pertanian presisi juga harus mengadopsi perkembangan ini, sehingga sistem pertanian presisi saat ini sering dianalogikan pula dengan sistem pertanian digital.

Pertanian 4.0 berevolusi sejalan dengan perkembangan revolusi industri 4.0, yang pada prinsipnya merupakan sistem pertanian cerdas yang menggabungkan proses internal dan eksternal secara digital di semua proses usahatani. Dengan sistem digital yang terkoneksi tersebut, variabilitas dan ketidakpastian yang melibatkan rantai produksi pertanian pangan seperti perubahan iklim sangat dipertimbangkan (Deichmann et al. 2016, Ozdogan et al. 2017, Weersink et al. 2018). Pertanian cerdas harus mampu beradaptasi secara mandiri dan *real time* terhadap perubahan untuk tetap kompetitif di pasar (Sonka 2015; Wang et al. 2016). Salah satu kebutuhan utama yang harus dipenuhi adalah kontinuitas komunikasi antara pasar dan produksi (O’Grady et al. 2017). Metode yang menghubungkan secara efektif setiap komponen dan sistem komunikasi data dalam pertanian 4.0 disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Pertanian 4.0 (sumber: Zambon et al. 2019)

Pada awalnya banyak yang meragukan implementasi sistem pertanian digital di negara berkembang, utamanya di level petani yang tidak mempunyai fasilitas untuk menerima informasi dalam bentuk digital. Ternyata saat ini penggunaan internet sudah cukup masif, contohnya

di negara berkembang seperti Indonesia penggunaan internet sudah sampai ke pedesaan dan sudah dimanfaatkan untuk bertukar atau menjangkau berbagai informasi. Peluang ini harus dapat dimanfaatkan, sehingga berbagai informasi penting dan bermanfaat bisa disampaikan secara cepat dan relatif akurat kepada petani/pelaku usahatani. Teknik penyuluhan dan penyampaian informasi tidak perlu lagi sepenuhnya menggunakan teknik penyuluhan konvensional termasuk untuk penyampaian informasi yang berhubungan dengan perubahan iklim. Ini sangat membantu mengingat masalah ketersediaan penyuluh juga sudah menjadi permasalahan di hampir semua wilayah di Indonesia.

Selain menyediakan berbagai kemudahan dan peluang positif, Revolusi Industri 4.0 juga dapat menimbulkan berbagai macam tantangan terutama untuk negara miskin atau daerah yang masih dalam kategori tertinggal, yang jika tidak segera diantisipasi bisa menimbulkan gap yang bertambah lebar antara negara maju dan berkembang apalagi dengan negara miskin, demikian juga antara daerah yang masuk kategori tertinggal dan daerah yang tergolong maju. *The United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) (2017)* menegaskan beberapa poin penting terkait perkembangan industri 4.0, yaitu bahwa industri 4.0 diharapkan dapat: (1) memberi manfaat untuk kepentingan manusia, lingkungan, dan kesejahteraan bersama, (2) mampu mendorong pengembangan kapasitas manusia, sehingga menjadi semakin terdidik dan terampil, (3) akses terhadap teknologi diharapkan terjangkau dengan mudah, sehingga bisa diterapkan di semua negara, (4) kemajuan teknologi diharapkan mampu menghasilkan keterbukaan informasi, (5) kemajuan teknologi diharapkan bisa menggeser paradigma lama, dari persaingan (*competition*) menjadi koneksi (*connection*) dan kerja sama (*collaboration*), (6) penerapan teknologi diharapkan mampu menjawab tantangan perubahan iklim dan upaya pelestarian lingkungan.

## PEMANFAATAN INOVASI TEKNOLOGI ERA INDUSTRI 4.0 UNTUK PENINGKATAN ADAPTASI SEKTOR PERTANIAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

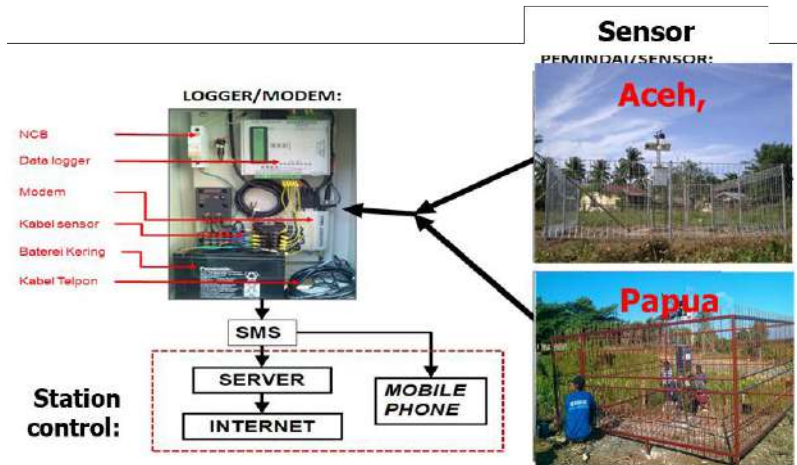
Lima teknologi yang menjadi pendukung utama Revolusi Industri 4.0 adalah (1) *Artificial Intelligence (AI)*, (2) *Internet of Things*, (3) *Wearable*, (4) *Advance Robotic*, dan (5) *3 D Printing* (Kearney 2018). *Artificial Intelligence (AI)* bisa diartikan sebagai simulasi cara kerja otak di dalam algoritme komputer. Kelebihan dari simulasi ini dapat berkerja selama 24 jam tanpa lelah. Sistem ini sangat diperlukan untuk pengiriman informasi yang diperlukan dalam waktu cepat, misalnya terkait dampak perubahan iklim. Menurut Rohmani dan Suparno (2018) melalui sistem manajemen pertanian digital berbasis informasi dan teknologi dapat dilakukan berbagai tindakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengelola variabilitas berbagai variable, sehingga mendapatkan keuntungan optimal serta keberlanjutan dan perlindungan sumber daya lahan.

Sebagai salah satu contoh perubahan pola hujan dan kejadian iklim ekstrem perlu diinformasikan secepatnya kepada pengguna agar adaptasi dan mitigasinya dapat dilakukan tepat waktu. *Early warning system* (sistem deteksi dini) merupakan komponen penting dalam menghadapi dampak perubahan iklim. Monitoring dan prediksi merupakan komponen penting sistem peringatan dini. Walaupun belum sepenuhnya menggunakan teknologi 4.0, sebagian sistem peringatan dini untuk adaptasi perubahan iklim sudah menggunakan konsep teknologi industri 4.0. Dalam upaya penanggulangan dampak perubahan iklim, AI sangat berguna untuk prediksi iklim. Untuk mendapatkan hasil prediksi yang mendekati kondisi yang sesungguhnya diperlukan data iklim jangka panjang dan dari banyak stasiun. Proses pengolahan data dengan menggunakan tenaga manusia

akan membutuhkan waktu lama, padahal proses prediksi seringkali sifatnya segera. Kemungkinan terjadinya *human eror* juga sangat tinggi jika proses pengolahan data dilakukan manusia, di antaranya akibat kelelahan atau ketidakteelitian. Berikut diuraikan penggunaan inovasi teknologi era industri 4.0 mendukung adaptasi sektor pertanian terhadap perubahan iklim.

## ***Automatic Weather Station Telemetry***

Sebelumnya pengambilan atau pengukuran data iklim dilakukan secara manual, saat ini pekerjaan ini sudah banyak dilakukan mesin otomatis yang dikenal sebagai AWS (*Automatic Weather Stasion*), yaitu stasiun meteorologi yang melakukan pengamatan dan pengiriman data secara otomatis. Badan Litbang Kementerian Pertanian telah mengembangkan AWS Telemetry untuk mengukur curah hujan, kelembapan udara, suhu udara, intensitas radiasi, dan kecepatan angin. Dalam dua menit, kondisi cuaca di wilayah yang terpasang alat ini akan terekam langsung dan bisa langsung terpantau. AWS Telemetry dapat dikendalikan dan dipantau dari jarak jauh, dan diakses melalui nomor GSM tertentu dengan waktu akses sekitar 2 menit. Pengukuran cuaca dilakukan setiap 30 detik, direkam pada data *logger*, diolah menjadi data cuaca 6 menit dan data jam-jaman. Pusat kontrol AWS Telemetry ini berada di Balai Penelitian Klimatologi. Sistem AWS telemetry disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem AWS Telemetri

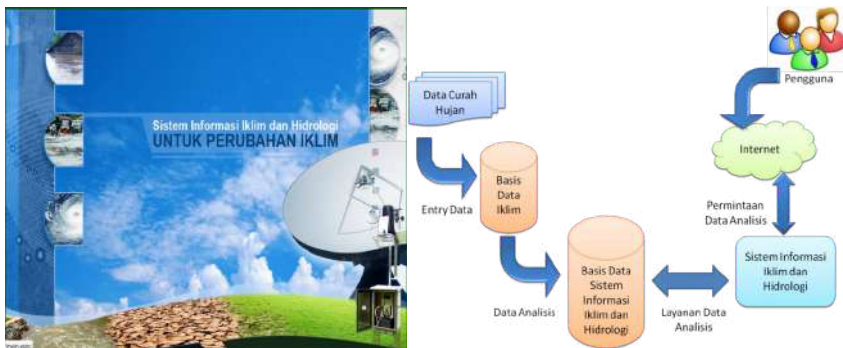
## Sistem Basis Data Iklim Pertanian

Sistem basis data yang mutakhir menjadi bagian penting dalam teknologi pengamatan iklim dan sistem monitoring dan prediksi iklim. Balitbang Pertanian telah mengembangkan sistem *database* iklim untuk keperluan pertanian yang dinamakan Basis Iklim dan Hidrologi. Kekuatan dari basis data ini adalah mempunyai sistem antarmuka yang mudah digunakan, dapat mengolah data dengan cepat sesuai kebutuhan pengguna (harian, tiga harian, dasarian, mingguan, bulanan), dan terkoneksi dengan program neraca air (Runtunuwu dan Syahbuddin 2007). *Database* menyediakan data iklim sekitar 6.700 stasiun, yang sebagian besar adalah data curah hujan. Pentingnya informasi iklim menyebabkan berkembang luasnya aplikasi untuk penyediaan data iklim yang berkualitas dan mudah diakses. Data yang berkualitas dan mudah diakses diperlukan untuk monitoring keragaman dan perubahan iklim, pengambilan keputusan terkait pengelolaan risiko dan bencana, desain bangunan reservoir, prediksi dan proyeksi iklim, dan lainnya (Australian Bureau of Meteorology dan CSIRO 2011).



## Menyelaraskan Pertanian Adaptif terhadap Perubahan Iklim di Era Industri 4.0

Basis data iklim dan hidrologi menggunakan Microsoft SQL server 2008 R2, untuk manajemen basis data, yaitu untuk pembuatan basis data, tabel dan query menggunakan Microsoft SQL Server Management Studio. Untuk mendapatkan data analisis yang terdapat di basis data sistem informasi iklim dan hidrologi, pengguna memanfaatkan layanan internet untuk dapat mengakses aplikasi sistem informasi iklim dan hidrologi yang dibangun dengan menggunakan bahasa program ASPX. Net dengan *Integrated Development Environment* (IDE) memakai Microsoft Visual Studio 2010. Sistem basis data dapat diakses pada <http://katam.litbang.pertanian.go.id/iklim>. Diagram alir pemutakhiran data iklim dan hidrologi dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Struktur basis data iklim dan hidrologi (Surmaini et al. 2016)

## Sistem Peringatan Dini Iklim Ekstrem dan Penanganan Dampak Perubahan Iklim dan Iklim Ekstrem Sektor Pertanian

Peringatan dini merupakan faktor utama dalam pengurangan risiko bencana (ISDR 2006), termasuk bencana yang disebabkan perubahan iklim. Dalam Permentan Nomor 39/Permentan/HM.130/8/2018 tentang Sistem Peringatan dini dan Penanganan Dampak Perubahan Iklim pada Sektor Pertanian, sistem peringatan dini diartikan sebagai serangkaian sistem yang didesain untuk memberikan informasi dampak perubahan iklim di sektor pertanian kepada masyarakat. WMO (2015) menyatakan sistem peringatan dini diharapkan mempunyai sifat *impact base forecasting* dan *risk base warning*, artinya prediksi yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan gambaran dampak yang dihasilkan, selain itu sistem peringatan dini juga dapat memberikan informasi tentang besaran risiko yang ditimbulkan apabila tidak dilakukan tindakan adaptasi.

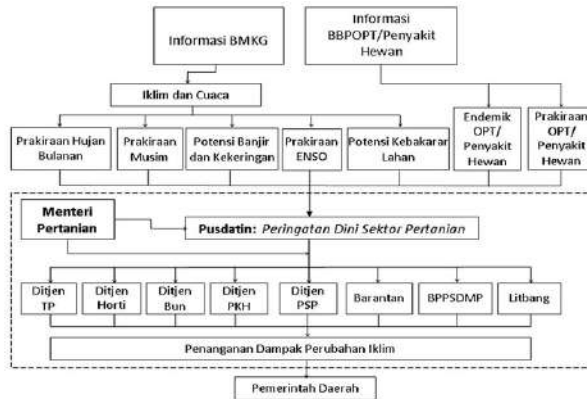
Sistem peringatan dini yang bersifat mumpuni perlu dibangun dengan menggunakan sistem informasi iklim yang andal dan memadai. Aldrian (2016) menyatakan bahwa sistem informasi iklim merupakan rancang bangun bagaimana alur informasi dari hasil pengamatan, analisis, pengolahan data dan penyimpanan dalam bentuk basis data yang dapat diakses oleh pengguna. Pengembangan selanjutnya dari sistem yang ada adalah membuat dalam skala nasional. Untuk kepentingan Sektor Pertanian diperlukan data-data tidak hanya pada tingkat nasional, namun juga data dari berbagai negara dalam tingkat global, sehingga bisa diantisipasi pola keteraturan musim di wilayah lain untuk menentukan penyediaan stok pangan nasional yang memadai.

Dalam Permentan Nomor 39 Tahun 2018 diusulkan alur informasi dan koordinasi dalam merumuskan sistem peringatan dini di Sektor Pertanian (Gambar 4). Peraturan Menteri ini dapat digunakan sebagai dasar

pelaksanaan sistem peringatan dini dan penanganan dampak perubahan iklim di sektor pertanian, dengan tujuan untuk mengantisipasi terjadinya gagal tanam dan gagal panen. Sistem Informasi peringatan dini ini saat ini sudah dapat diakses melalui <http://sipetani.pertanian.go.id:8081/siperditan/index.php>. Sistem peringatan dini ini dirumuskan berdasarkan hasil prakiraan iklim dan dampak perubahan iklim yang dikeluarkan oleh BMKG, informasi prakiraan OPT yang dikeluarkan Balai Basar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan, dan Informasi penyakit hewan menular yang dikeluarkan Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. Selain menyampaikan informasi peringatan dini perubahan iklim, Kementerian Pertanian juga akan mengeluarkan rekomendasi berupa: (1) strategi yang harus dilakukan untuk menghadapi risiko kekeringan, banjir, kebakaran lahan, serangan OPT dan/atau wabah penyakit hewan, dan (2) pilihan teknologi yang digunakan untuk mengantisipasi dan mengatasi dampak perubahan iklim.

Di era digital ini penyampaian informasi baik berupa sistem peringatan dini atau rekomendasi penanganan dampak dari perubahan iklim perlu disampaikan dengan menggunakan perkembangan teknologi informasi, sehingga informasi bisa disampaikan secara cepat. Keterlambatan penyampaian informasi akan menyebabkan kegunaan dari sistem ini menjadi rendah. Alur informasi iklim yang diusulkan untuk mempercepat penyampaian informasi sistem peringatan dini (Gambar 4) bisa terwujud dan efektif jika pihak yang terlibat menggunakan inovasi yang berkembang di era Revolusi Industri 4.0.

## Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung Pertanian Modern di Masa Depan (2019)



**Gambar 4.** Alur sistem peringatan dini pada sektor pertanian

## Sistem Informasi Prediksi Iklim untuk Pertanian

Pada masa datang sebagai akibat dari perubahan iklim, intensitas dan frekuensi kejadian iklim ekstrem akibat suhu udara global yang terus meningkat. Hal yang sama dinyatakan dalam laporan *Assessment Report 5* (IPCC 2013) yang menyimpulkan telah terjadinya peningkatan intensitas, frekuensi, durasi, serta kejadian hujan lebat (*very likely*) dan kekeringan (*likely*). Dampak tersebut kemudian diperparah oleh rendahnya kapasitas masyarakat untuk beradaptasi karena terbatasnya sumber daya dan akses terhadap informasi iklim dan teknologi.

Agar dampak kejadian iklim ekstrem dapat diantisipasi tepat waktu, maka informasi tersebut perlu diberikan 2-4 bulan sebelumnya, sehingga cukup waktu untuk merencanakan upaya adaptasi. Saat ini prediksi musim berbasis harian tersedia sampai sembilan bulan ke depan dengan model-model iklim global sudah banyak dikembangkan dan dapat

diakses. Salah satu informasi prediksi musim yang dapat diakses adalah yang dikeluarkan *Climate Forecast System* versi dua yang dikeluarkan oleh NCEP. Keluaran prediksi tersebut digunakan untuk membangun sistem informasi (SI) prediksi curah hujan yang spesifik untuk pertanian yang mulai diinisiasi pada tahun 2016 oleh Balai Penelitian Agroklimate dan Hidrologi (Balitklimate).

Informasi karakteristik hujan yang lebih spesifik untuk pertanian periode enam bulan ke depan antara lain: curah hujan dasarian, hari tanpa hujan, hari hujan, dan onset dan tren SPI. Informasi tersebut tersedia dalam bentuk peta untuk tingkat nasional dan provinsi di seluruh Indonesia. Dengan perkembangan cukup cepat, pada tahun 2017 informasi tersebut sudah dapat diakses melalui website Balitklimate pada alamat <http://balitklimate.litbang.pertanian.go.id/>. Mulai tahun 2018 dilakukan sosialisasi dan bimbingan teknologi kepada para pengguna di daerah seperti peneliti, penyuluh, dinas pertanian, akademisi, dan instansi terkait lainnya. Contoh peta prediksi peluang hari tanpa hujan >10 hari berturut-turut untuk bulan November 2019 disajikan pada Gambar 5.

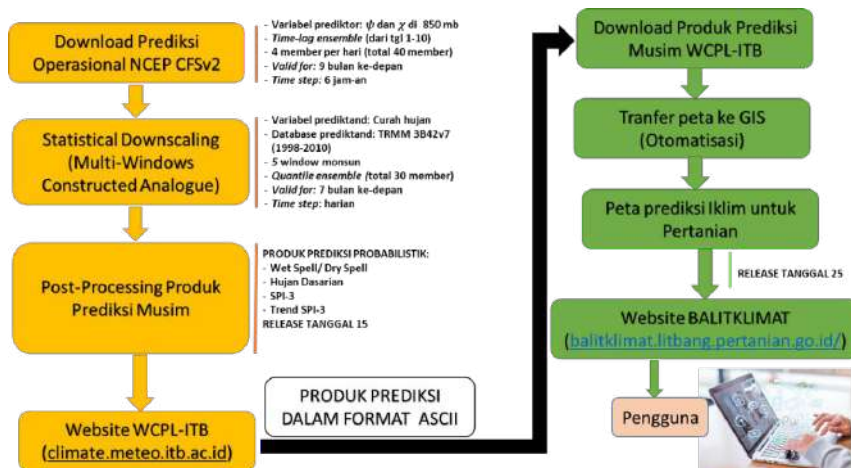


**Gambar 5.** Peta prediksi peluang hari tanpa hujan >10 hari berturut-turut untuk bulan November 2019

Peta prediksi tersedia untuk enam bulan ke depan dan di-*update* setiap tiga bulan, dan proses *update* sudah diotomatisasi sehingga dapat dilakukan dalam 3-4 hari. Jumlah peta-peta prediksi yang dirilis adalah 2400 peta,

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

sehingga perlu dilakukan proses update secara otomatis. Skema sistem otomatisasi disajikan pada Gambar 6. Proses pengunduhan (*download*) hasil prediksi dilakukan secara otomatis dengan menggunakan *script* yang telah disesuaikan dengan tanggal data prediksi dirilis. Selanjutnya proses *downscaling* dilakukan di *server* dengan *script* yang telah disiapkan, sehingga prosesnya dapat dilakukan oleh computer secara otomatis. Keluaran prediksi dari program matlab dalam bentuk file ASCII diproses secara otomatis menggunakan *script program phyton*, sehingga setiap peta yang dihasilkan dikerjakan oleh komputer. Kemudian proses *upload* dilakukan ke dalam website Balitklimat untuk selanjutnya dapat diakses oleh pengguna.



**Gambar 6.** Skema otomatisasi prediksi iklim untuk pertanian (Surmaini et al. 2018a)

## Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu

Salah satu upaya adaptasi yang paling jitu dalam menghadapi dampak perubahan iklim, seperti kondisi iklim yang tidak menentu dan pergeseran musim adalah melakukan penetapan pola tanam dan kalender tanam

dengan mempertimbangkan kondisi iklim (Runtunuwu et al. 2013). Dengan penyesuaian waktu tanam dan pemilihan komoditas, kondisi iklim pada awal dan selama musim tanam sudah dipertimbangkan untuk menghindari gagal tanam dan gagal panen akibat kejadian iklim ekstrem seperti kekeringan atau banjir (Surmaini dan Syahbuddin 2016).

Ilmu pengetahuan dan teknologi hasil penelitian akan bermanfaat jika sesuai dengan kebutuhan pengguna dan disampaikan secara cepat dan tepat waktu. Salah satu pendekatan yang sering digunakan masa kini adalah pengembangan sistem teknologi informasi yang telah diaplikasikan di berbagai bidang seperti Sistem Informasi (SI) Kalender Tanam Terpadu Berbasis Web. SI ini menjadi pedoman bagi pengguna sebelum memasuki musim tanam ke depan. Informasi kalender tanam terpadu yang tersedia sampai tingkat kecamatan dan meliputi prediksi awal waktu tanam, estimasi luas tanam, potensi wilayah rawan banjir dan kekeringan, potensi serangan organisme pengganggu tanaman, rekomendasi varietas, serta rekomendasi dosis dan kebutuhan pupuk. Sistem teknologi informasi kalender tanam terpadu bersifat dinamis (Ramadhani et al. 2013).

Penyusunan kalender tanam dimulai sejak tahun 2007 dan telah dilakukan verifikasi dan validasi untuk mengetahui akurasi. Informasi kalender tanam diberikan dalam format diagram batang atau peta sederhana. Balitbangtan telah menyusun sistem informasi kalender tanam dengan resolusi tinggi pada level kecamatan. Karena pengguna juga memerlukan informasi lain sebelum musim tanam, pada kalender tanam juga diberikan rekomendasi dosis dan jenis pupuk, varietas, ketersediaan alat dan mesin pertanian, serta peta rawan bencana banjir, kekeringan, dan OPT. Dengan berbagai informasi tersebut, atlas kalender tanam berubah menjadi sistem informasi kalender tanam terpadu modern. Agar penyebaran informasi lebih cepat dan efisien ke seluruh Indonesia, informasi tersebut dikemas dalam bentuk perangkat lunak berbasis *website* (Runtunuwu et al. 2013). Informasi prediksi waktu tanam dan rekomendasi lainnya

## Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung Pertanian Modern di Masa Depan (2019)

secara rutin diperbaharui dua bulan sebelum musim tanam pada musim hujan dan musim kemarau pada bulan Maret dan Agustus. Informasi ini dapat diakses melalui. Tampilan halaman depan Sistem informasi Kalender Tanam terpadu versi 2.7 disajikan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Tampilan halaman depan Sistem informasi Kalender Tanam terpadu versi 2.7

Informasi yang dihasilkan kalender tanam saat ini sudah bisa langsung diakses melalui internet, yang pada awalnya diragukan bisa diakses langsung oleh petani. Namun saat ini perkembangan penggunaan inovasi teknologi informasi berbasis android di tingkat petani sudah sangat pesat, dan sistem kalender tanam sudah memanfaatkan peluang ini untuk menyampaikan informasi ke tingkat petani. Perkembangan teknologi telepon pintar (*smart phone*) juga dimanfaatkan untuk menyebarkan SI Katam Terpadu melalui aplikasi Android “Kalender Tanam Terpadu”. Aplikasi ini dapat diunduh melalui *Google Play Store for Developer* (Gambar 8). Aplikasi yang telah dibuat bersifat gratis dan bebas iklan sehingga siapa saja dapat mengunduh aplikasi ini tanpa harus membeli atau mendapatkan iklan yang bisa dapat mengganggu (Ramadhani et al. 2015).



## Menyelaraskan Pertanian Adaptif terhadap Perubahan Iklim di Era Industri 4.0



**Gambar 8.** Tampilan penggunaan aplikasi katam versi ringan di sistem operasi Android versi 4 (Ramadhani et al. 2015b)

SI Katam terpadu terus dikembangkan dan dilengkapi, sampai saat ini merupakan versi 2.7. Mulai generasi ke III tahun 2019 dikembangkan 1) Informasi prediksi kekeringan di lahan pertanian, 2) pemodelan neraca air dan pemodelan tanaman untuk menentukan pola dan jadwal tanam, dan 3) pemutakhiran informasi *Standing Crop* sampai dengan level desa. Dari ketiga pengembangan tersebut, yang sudah operasional adalah prediksi risiko kekeringan agronomis. Prediksi risiko kekeringan menggunakan salah satu parameter prediksi iklim pertanian, yaitu onset dan tren *Standardized Precipitation Index (SPI)* 3 yang dikorelasikan dengan luas tanaman padi terkena kekeringan (Surmaini et al. 2018b, 2019). Informasi ini tersedia dalam bentuk peta interaktif dan peta dalam file pdf. Tampilan halaman untuk mengakses prediksi risiko kekeringan agronomis tanaman padi disajikan pada Gambar 9.

## Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung Pertanian Modern di Masa Depan (2019)



**Gambar 9.** Tampilan halaman interaktif peta prediksi risiko kekeringan agronomis tanaman padi

## Sistem Peringatan Dini Kebakaran Hutan dan Lahan

Kebakaran hutan dan lahan merupakan fenomena yang sering terjadi sebagai dampak perubahan iklim dan iklim ekstrem. Meskipun koordinator penanganan kebakaran lahan dan hutan adalah Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, namun Kementerian Pertanian juga berkepentingan dalam hal ini, karena kebakaran lahan terjadi juga di lahan pertanian, selain itu aktivitas pertanian juga sering dituding sebagai penyebab kebakaran. Sistem peringatan dini kebakaran hutan dan lahan sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya kebakaran hutan dan lahan. Inovasi teknologi penginderaan jauh saat ini digunakan untuk mengidentifikasi areal yang berpotensi mengalami kebakaran, yaitu dengan cara memetakan *hotspot* yakni areal yang berpotensi mengalami kebakaran berdasarkan kenaikan suhu di suatu wilayah. Saat ini data tersebut digunakan sebagai dasar dilakukannya peringatan dini terjadinya kebakaran. Kondisi aktual dari potensi kebakaran perlu

dipastikan dengan *ground check* (pengecekan lapang), jika kegiatan ini dilakukan dengan menggunakan tenaga manusia, akan memakan waktu yang relatif lama. Penggunaan pesawat tanpa awak, misalnya dengan menggunakan teknologi drone bisa mempercepat proses pengecekan lapangan. Selanjutnya hasil pengecekan lapangan harus segera disampaikan ke pihak-pihak yang berkepentingan.

Beberapa sistem lainnya diusulkan beberapa pihak untuk membangun sistem peringatan dini kebakaran hutan dan lahan, misalnya BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) mengusulkan penggunaan metode *Fire Danger Rating System* (FDRS), di mana data parameter cuaca dijadikan sebagai masukan, namun masih terbatas pada lokasi tertentu. Penelitian ini merancang dan membangun prototipe yang menghasilkan skala *Fine Fuel Moisture Code* (FFMC) sebagai tingkat kemudahan terjadinya kebakaran di suatu lokasi. Perancangan prototipe ini menggunakan inovasi teknologi era revolusi 4.0 yaitu mikrokontroler, sensor suhu dan kelembapan udara, penakar hujan jenis *tipping bucket*, sensor arah dan kecepatan angin dan micro SD Card sebagai penyimpan data (Margaretha dan Nugroho 2017). Beberapa penelitian telah merancang sistem lainnya untuk peringatan dini kebakaran hutan, di antaranya dengan memanfaatkan data titik panas menggunakan satelit, merancang bangun dengan sensor suhu, dan menggunakan sensor deteksi gas dan asap.

Banyak sistem yang diusulkan untuk membangun sistem peringatan dini kebakaran hutan dan lahan, namun yang tidak kalah pentingnya adalah untuk membangun sistem komunikasi penyampaian informasi peringatan dini. Hasil penelitian Badri et al. (2017) dengan mengambil studi kasus di provinsi Riau di mana kasus kebakaran hutan dan lahan belakangan ini sering terjadi, menyimpulkan bahwa media yang paling banyak digunakan dalam menyampaikan pesan peringatan dini adalah WhatsApp, baik dalam bentuk komunikasi inter personal maupun komunikasi kelompok. Komunikasi peringatan dini juga masih perlu disampaikan melalui papan Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran (SPBK)

dan sosialisasi langsung kepada masyarakat. Poin terakhir yang bersifat konvensional tetap diusulkan untuk dilakukan, khususnya untuk kalangan yang belum tersentuh sistem komunikasi melalui media sosial.

Lahan gambut merupakan areal yang sangat rawan terbakar, terutama pada lahan gambut yang sudah didrainase, karena pada musim kemarau kondisi gambut bisa mengering dan rentan terhadap kebakaran. Pemerintah telah mengeluarkan PP Nomor 57 Tahun 2016, khususnya ditujukan untuk perkebunan kelapa sawit, di mana perkebunan sawit wajib mengatur tinggi muka air tanahnya pada titik penataan tidak lebih dari 40 cm dari permukaan tanah. Selanjutnya perkebunan kelapa sawit wajib melaporkan secara reguler hasil pemantauan tinggi muka air pada titik yang telah ditetapkan oleh pihak KLHK (disebut sebagai titik penataan). Untuk mendapatkan data pemantauan tinggi muka air secara akurat diperlukan peralatan yang bisa memantau tinggi muka air secara otomatis dan terus-menerus (berkesinambungan). Hasil pemantauan ini salah satunya akan digunakan untuk mendukung sistem peringatan dini terhadap potensi kebakaran.

Berbagai peralatan canggih ditawarkan untuk memantau kondisi tinggi muka air tanah pada lahan gambut, salah satu alat yang cukup populer adalah Sesame yang dikembangkan Jepang. Alat ini bisa mengirim data hasil pengukuran secara *real time*. Namun demikian penggunaan alat ini dinilai masih terlalu mahal. BRG bekerja sama dengan JICA dan BPPT (2017) mengusulkan penggunaan peralatan yang lebih sederhana dan dan relatif murah, yaitu secara *tellemeri* dengan menggunakan sumber energi matahari, data logger dan transmitter. Data dikirim dari alat pemantau melalui sistem GSL, Usd atau lainnya ke pusat, yang disebut server. Data ditampilkan dalam web GIS, sehingga dapat digunakan secara langsung oleh pengguna. Berbagai sensor juga digunakan dalam sistem pemantauan ini di antaranya sensor suhu dan kelembapan, tekanan udara, arah dan kecepatan angin, curah hujan, radiasi matahari. Meskipun

dinilai merupakan metode yang relatif lebih sederhana, namun metode ini juga sudah menggunakan metode dan perangkat era revolusi industri 4.0.

Penggunaan data tinggi muka air tanah sebagai dasar untuk menentukan sistem peringatan risiko kebakaran sebenarnya masih menjadi kontroversi, selain karena sulit untuk mencapai batasan tinggi muka air <40 cm sepanjang tahun pada gambut yang sudah dibuka dan dibudidayakan, selain itu beberapa hasil penelitian menunjukkan pada tinggi muka air tanah > 40 cm (misalnya 70 cm) kondisi gambut masih lembap, sehingga tidak berisiko terbakar, pada beberapa kasus ditemui pula gambut dengan kedalaman air -40 cm, kondisi gambut sudah mengering sehingga rawan kebakaran. Oleh karena itu perlu diusulkan digunakannya data kelembapan tanah sebagai dasar peringatan dini terhadap kebakaran. Saat ini tersedia beberapa jenis peralatan dengan menggunakan sensor, yang dapat melaporkan hasil pemantauan kelembapan tanah secara *real time*. Beberapa alat pengukur kedalaman muka air tanah juga ada yang dilengkapi dengan pengukur kelembapan tanah.

## **Penyusunan Sistem Rekomendasi Inovasi Teknologi yang Adaptif terhadap Perubahan Iklim**

Penyusunan rekomendasi inovasi teknologi pengelolaan lahan di era perubahan iklim tidak bisa lagi dilakukan secara konvensional. Rekomendasi harus bisa dikeluarkan secara cepat dan akurat. Sebagai contoh, sistem peringatan dini terhadap iklim ekstrem bisa menjadi kurang efektif jika tidak segera didukung oleh rekomendasi teknologi untuk mengantisipasi dan mengatasi terjadinya iklim ekstrem, di samping rekomendasi strategi yang harus dilakukan untuk menghadapi risiko iklim ekstrem tersebut. Untuk menyusun rekomendasi inovasi teknologi secara cepat dan akurat tidak memungkinkan lagi untuk memulainya

dengan mengumpulkan data dan mencari inovasi teknologi yang sesuai untuk diterapkan. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi era industri 4.0 sangat diperlukan untuk mendukung sistem rekomendasi teknologi di era perubahan iklim ini. Keberadaan data base yang memuat berbagai data yang akan digunakan sebagai dasar penyusunan rekomendasi sangat diperlukan. Misalnya seperti data sumber daya lahan (data tanah, iklim, topografi, tutupan lahan dan lain sebagainya) sangat diperlukan untuk menyusun rekomendasi pengelolaan lahan. Selanjutnya inovasi industri 4.0 lainnya yang dibutuhkan dalam menyusun rekomendasi teknologi adalah perangkat untuk mengolah data dan membuat simulasi. Dalam hal ini pemanfaatan *artificial intelligence* sangat diperlukan. Rekomendasi yang telah dibuat harus segera dikomunikasikan secara cepat, dalam penggunaan inovasi industri 4.0 yakni dengan menggunakan prinsip *internet of things*.

Beberapa jenis DSS (*Decision Support System*) sudah banyak dikembangkan untuk mempermudah sistem penyusunan rekomendasi. Namun di era perubahan iklim beberapa sistem yang telah dibangun tersebut perlu dilakukan penyempurnaan karena belum mampu mengeluarkan rekomendasi secara cepat dan akurat. Misalnya belum tersedianya *database* yang cukup untuk mendukung penyusunan rekomendasi yang cepat dan akurat, di antaranya masih perlu waktu untuk mengumpulkan data. Beberapa sistem yang dibangun juga masih dominan menggunakan tenaga manusia untuk mengolah dan mensimulasi data, sehingga rekomendasi yang dibuat sangat bergantung pada ketersediaan dan ketelitian manusia.

Sebagai contoh Balai Penelitian Tanah telah dan sedang mengembangkan DSS (*Decision Support System*) konservasi Tanah dan Air. Sistem ini dibuat untuk membantu pelaku usahatani atau *stakeholder* lainnya dalam menentukan inovasi teknologi konservasi, yang mana inovasi teknologi ini menjadi sangat penting untuk diterapkan di era perubahan iklim, sebagai tindakan untuk meningkatkan adaptasi pertanian

terhadap perubahan iklim (Yustika dan Agus 2013). Sistem ini perlu terus dikembangkan mengikuti perkembangan inovasi 4.0, sehingga bisa efektif digunakan sebagai alat untuk merumuskan rekomendasi inovasi teknologi konservasi.

Versi awal dari DSS tersebut di atas diberi nama SPLaSH (Sistem Penggunaan Lahan Sesuai Harkat). Sistem ini bersifat interaktif, artinya untuk keluar suatu rekomendasi, pengguna harus memasukkan data biofisik lahan seperti: curah hujan, lereng, penutupan lahan, dan aspek management. Berdasarkan input data tersebut keluar penilaian yang menyatakan apakah sistem pengelolaan lahan eksisting sudah tergolong aman, jika belum aman akan didapatkan satu atau beberapa opsi rekomendasi teknik konservasi. Setelah dilakukan sosialisasi ke berbagai tingkat pengguna, sebagian besar menyatakan cukup mudah untuk mengoperasikan model ini, namun kendala dari implementasi model ini adalah dalam penyediaan data input. Kalaupun data yang diperlukan tersedia di beberapa lembaga, namun sebagian besar pengguna tidak memiliki akses terhadap data-data tersebut atau akan diperlukan waktu relatif lama untuk mendapatkan data-data tersebut. Oleh karena itu, pada versi selanjutnya mulai disusun suatu sistem data base (meski masih dalam bentuk studi kasus untuk dua provinsi). *Database* yang dibangun adalah data curah hujan untuk menghitung erosivitas hujan, data beberapa parameter sifat tanah untuk menentukan kepekaan tanah terhadap erosi, data lereng (berdasarkan peta topografi), dan data *land use* berdasarkan peta tutupan lahan. Dengan versi ini, pengguna cukup menentukan titik koordinat, selanjutnya sistem akan melakukan simulasi dan akan didapatkan rekomendasi teknologi konservasi. Versi terakhir sistem ini sudah bisa dioperasikan dengan memanfaatkan alat komunikasi handphone berbasis android yang terhubung dengan jaringan internet. Versi terakhir dari DSS ini dinamai SiLahan (Sistem informasi lahan). salah satu kelemahan dari sistem ini adalah masih diperlukan penyempurnaan sistem *database*-nya, yang mana data sumber daya yang tersedia dalam data base masih sangat terbatas, selain itu beberapa data spasial yang

digunakan juga masih pada skala kecil yakni 1:250.000, data iklim khususnya data curah hujan juga masih perlu mendapat pengkayaan, karena data yang ada jumlah tahun pengamatan dan jumlah stasiunnya masih terbatas.

Ke depan berbagai DSS yang dikembangkan sebaiknya bisa saling terhubung, sehingga menjadi lebih efisien dalam membangun sistem *database*. Misal DSS konservasi tanah akan efektif jika digabungkan dengan sistem kalender tanam terpadu, karena berpeluang untuk dapat menggunakan data iklim yang sudah dibangun demikian lengkap. DSS lainnya seperti DSS pemupukan (P dan K) yang sedang terus dikembangkan oleh Balai Penelitian Tanah, bisa juga dipadukan dengan kalender tanam, apalagi jika data sumber daya lahan terbaru yang skalanya lebih detail yang dihasilkan Balai Besar Litbang Sumber daya Lahan sudah masuk dalam sistem *database* untuk mendukung penyusunan rekomendasi teknologi, sehingga rekomendasi pemupukan yang dikeluarkan bukan hanya menyangkut dosis, namun juga waktu pemberian, bahkan mungkin sampai penyediaan, sehingga saat pupuk dibutuhkan sudah tersedia di pasaran. Sering terjadi kasus, meski rekomendasi pemupukan sudah didapatkan dan petani sudah siap melakukan pemupukan, namun proses pemupukan tidak bisa dilakukan karena pupuk tidak tersedia di lapangan, padahal waktu tanam sangat terbatas karena dibatasi musim. Hal ini bisa terjadi di antaranya karena perubahan musim tanam tidak terkomunikasikan dengan pihak pemasok pupuk. Di era perubahan iklim, rekomendasi teknologi lainnya terutama yang bersifat musiman selalu harus disesuaikan dengan informasi perubahan iklim, yang mana hal ini bisa terjadi jika sistem informasi sudah dibangun secara baik yang memungkinkan semua informasi bisa disampaikan ke para pihak yang berkepentingan secara cepat dan akurat.



## **PENGEMBANGAN SISTEM PERTANIAN PRESISI UNTUK MENEKAN DAMPAK NEGATIF PERUBAHAN IKLIM DI ERA INDUSRI 4.0**

Berbagai dampak negatif dari perubahan iklim sudah banyak dirasakan, sehingga jika tidak segera diantisipasi bisa menyebabkan tidak tercapainya target pembangunan pertanian, padahal ke depan sektor pertanian bukan hanya ditargetkan untuk dapat menopang ketahanan pangan, namun juga ketahanan energi. Oleh karena itu, di era perubahan iklim pengelolaan sistem pertanian tidak dapat lagi dilakukan secara *business as usual*, praktik pertanian harus memperhitungkan secara tepat dan cepat adanya berbagai perubahan tersebut. Oleh karena di era perubahan iklim penerapan sistem pertanian presisi bukan lagi menjadi pilihan namun sudah menjadi keharusan.

Pertanian presisi adalah sistem pertanian terpadu berbasis pada informasi dan produksi, untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan profitabilitas produksi pertanian dari hulu ke hilir yang berkelanjutan, spesifik-lokasi, serta meminimalkan dampak yang tidak diinginkan pada lingkungan (Whelan dan Taylor 2013). Menurut Seminar (2016) Ada empat pilar utama dalam pendekatan pertanian presisi, yaitu: (1) Memandang aktivitas pertanian secara holistik dan menyeluruh dari hulu ke hilir sebagai rantai proses yang terpadu dan berkesinambungan untuk memastikan aliran konversi produk pertanian (tanaman, ternak, ikan, dan turunannya) dengan aman, efisien, dan efektif dari lahan hingga ke meja makan, (2) memedulikan keragaman (heterogenitas) dan dinamika lokasi, waktu, objek bio, iklim, geografi, kultur, pasar, dan konsumen, (3) mendayagunakan teknologi yang memungkinkan pengamatan dan perlakuan presisi, dan (4) berbasis kepada data, informasi, dan pengetahuan yang sah.

Keempat pilar di atas juga sangat sesuai dengan prinsip penanggulangan dampak perubahan iklim. Pertimbangan adanya perubahan iklim bukan hanya diperlukan di hulu yaitu pada saat menentukan awal musim tanam, penanggulangan OPT (dan kegiatan onfarm lainnya), namun juga saat penanganan pascapanen, pengolahan hasil, transportasi sampai konsumen dan lain sebagainya. Kegagalan dalam satu segmen (khususnya yang disebabkan oleh perubahan iklim dalam hal ini) akan menyebabkan keuntungan yang didapat menjadi tidak optimal bahkan bisa menyebabkan kerugian misal akibat gagal panen, atau kesalahan dalam penanganan pasca panen. Misalnya hasil prediksi akan terjadi musim hujan yang lebih panjang, sehingga pelaku usaha tani harus menyiapkan fasilitas untuk pengeringan. Pilar nomor dua jelas berhubungan dengan perubahan iklim, karena keragaman dan dinamika yang demikian tinggi merupakan permasalahan yang terjadi di era perubahan iklim ini. Pendayagunaan teknologi yang memungkinkan pengamatan dan perlakuan presisi juga merupakan syarat mutlak untuk dapat mengantisipasi terjadinya perubahan iklim, sehingga sektor pertanian mempunyai kemampuan untuk beradaptasi. Berbagai sistem yang dibuat untuk mendukung sistem pertanian presisi harus menggunakan data, informasi, dan pengetahuan yang sah.

Berdasarkan uraian di atas di era perubahan iklim sistem pertanian yang diklaim sebagai sistem pertanian presisi, seperti *climate smart agriculture* atau sistem pertanian ramah iklim atau berbagai istilah lainnya, akan efektif dalam meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan profitabilitas produksi pertanian dari hulu ke hilir yang berkelanjutan, serta meminimalkan dampak yang tidak diinginkan pada lingkungan jika sudah memanfaatkan inovasi teknologi yang berkembang di era 4.0. Berbagai sistem yang telah atau sedang terus dikembangkan dan sudah mengadopsi prinsip inovasi teknologi era industri 4.0 seperti kalender tanam, sangat bermanfaat untuk mendukung sistem pertanian presisi. Selain sistem yang berhubungan dengan prediksi iklim, sistem lainnya yang diperlukan untuk mendukung sistem pertanian presisi adalah

sistem yang bisa memberikan berbagai rekomendasi inovasi teknologi lainnya, misalnya sistem untuk menentukan rekomendasi pemupukan, irigasi suplemen atau sistem drainase, penanggulangan OPT dan lain sebagainya. Namun semua rekomendasi tersebut harus diinformasikan secara “cepat dan akurat”. Oleh karena itu penting mengintegrasikan kemajuan inovasi teknologi informasi dalam berbagai sistem yang dibuat dengan tujuan untuk mendukung sistem pertanian presisi.

Di era industri 4.0, sistem pertanian presisi sering dianalogkan dengan sistem pertanian digital, karena untuk dapat menerapkan prinsip-prinsip inovasi teknologi 4.0 semua aspek manufaktur harus digitalisasi. Selanjutnya berdasarkan hasil studi literatur Rohmani dan Suparno (2018) mengemukakan keunggulan penggunaan kemajuan teknologi informasi yang lebih baik dan terintegrasi dalam pertanian digital yang dapat memberikan beberapa keunggulan, berupa : (1) optimalisasi input (yang merupakan bagian penting dari pertanian presisi), (2) pengelolaan mekanisasi dan penggunaan sumber daya energi secara lebih efisien, (3) peningkatan teknik penyimpanan hasil panen dan mengurangi *losses*, (4) tersedianya informasi yang lebih baik tentang permintaan pasar dan fluktuasi musiman, (5) peningkatan layanan transportasi dan logistik, serta (6) optimalisasi penyimpanan dan distribusi dengan lebih sedikit limbah.

## **PENUTUP**

Dampak perubahan iklim di Indonesia pada sektor pertanian telah dirasakan, intensitas serta frekuensi kejadian iklim ekstrem seperti kekeringan dan banjir juga semakin meningkat. Kondisi ini menunjukkan tingginya tingkat kerentanan pertanian Indonesia terhadap perubahan iklim sehingga perlu dibangun suatu sistem pembangunan pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim dan iklim ekstrem, artinya praktik pertanian harus memperhitungkan secara tepat dan cepat adanya berbagai perubahan tersebut. Dampak perubahan iklim seringkali

diperparah oleh rendahnya kapasitas masyarakat untuk beradaptasi karena terbatasnya sumber daya dan akses terhadap informasi iklim dan teknologi. Oleh karena itu, salah satu upaya untuk mendorong percepatan upaya adaptasi sektor pertanian, di antaranya dengan memanfaatkan kemajuan sistem informasi yang lebih baik dan terintegrasi, sehingga semua informasi bisa disampaikan kepada pihak yang berkepentingan secara tepat, cepat, dan akurat. Sistem pertanian presisi merupakan alternatif untuk menekan berbagai dampak negatif dari perubahan iklim. Inovasi teknologi yang diperlukan untuk membangun sistem pertanian presisi khususnya yang mampu beradaptasi terhadap perubahan iklim selaras dengan inovasi teknologi yang berkembang di era Revolusi Industri 4.0. Beberapa kegiatan dan program untukantisipasi dan adaptasi perubahan iklim dan iklim ekstrem sudah mulai mengadopsi prinsip inovasi teknologi era industri 4.0, meskipun belum sepenuhnya karena masih adanya berbagai keterbatasan. Ke depan inovasi yang dikembangkan diharapkan tidak hanya berorientasi pada penyelesaian masalah, namun dengan memanfaatkan berbagai sumber data dan informasi, juga didorong untuk menemukan potensi masalah maupun potensi nilai ekonomi, sehingga bisa membantu masyarakat untuk mengantisipasi berbagai masalah yang timbul akibat perubahan iklim yang tidak bisa lagi kita hindari.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Aldrian E. 2016. Sistem peringatan dini menghadapi perubahan iklim. *Jurnal Sumber daya Lahan Pertanian*. 10 (2): 79 – 90.
- Badri M DjP Lubis, Dj Susanto, dan D Suharjito. 2018. Sistem komunikasi peringatan dini pencegahan kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Riau. *Jurnal Pikom*. 19 (1): 1-16.
- Boer R dan I Las. 2003c. Sistem Produksi Padi Nasional Dalam Perspektif Kebijakan Iklim Global. Dalam B. Suprihatno, A.K. Makarim et al. (eds). *Kebijakan Perberasan dan Inovasi Teknologi Padi*. Pusat

- Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian, Jakarta. P:215-234.
- Dariah A, E Susanti, N Avianto. 2018. Peningkatan kemampuan adaptif menghadapi perubahan iklim. Hlm 459-485 *dalam* Sinergi Inovasi Sumber daya dan Kelembagaan Menuju Kesejahteraan Petani (Eds. Pasandaran *et al.*). IAARD-PRESS. Jakarta.
- Deichmann U Goyal A, Mishra D. 2016. Will digital technologies transform agriculture in developing countries? *Agric. Econ.* 47, 21–33.
- FAO. 2012. Coping with Water Scarcity – An Action Framework for Agriculture and Food Security. FAO Water Reports No. 38 Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- ISDR. 2006. Membangun Sistem Peringatan Dini: Sebuah Daftar Periksa. EWC III Konferensi International ketiga tentang Peringatan Dini: dari konsep ke Tindakan. 27-29 Maret 2006. Bonn, Jerman. International Strategy Dissaster reduction. Federal Foreign Office.
- Kerney AT. 2018. Readness For the Future of Production Repport 2018. Committed to Improving The State of The World. World Economic Forum.
- Margaretta C dan HA Nugroho. 2017. Prototipe sistem peringatan dini kebakaran hutan berbasis parameter cuaca. *Wahana Fisika.* 2 (2): 65 – 75.
- Marucci A, Colantoni A, Zambon I, Egidi G. 2017. Precision farming in hilly areas: The use of network RTK in GNSS technology. *Agriculture* 7 (60).
- O’Grady MJ, O’Hare GM. 2017. Modelling the smart farm. Information processing in agriculture. *Inf. Process. Agric.* 4: 179–187.

- Ozdogan B, Gacar A, Aktas H. 2017. Digital Agriculture Practices in The Context of Agriculture 4.0. *J. Econ. Financ. Account.* 4: 186–193.
- Ramadhani, F, Runtuuwu E, Syahbuddin H. 2013. Sistem teknologi informasi kalender tanam terpadu. *Informatika Pertanian* 22 (2): 103 - 112
- Ramadhani F, Runtuuwu E, Syahbuddin H. 2015. Aplikasi Android pada Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu. *INKOM* 9 (1):39-44
- Rohmani SA dan H Suparno. 2018. Pertanian Digital dalam membangun pertanian modern di era industri 4.0. Hlm 227-276 *dalam Sinergi Inovasi Kebijakan Teknologi Menuju Kesejahteraan Petani* (Eds. Pasandaran et al.). IAARD-PRESS. Jakarta.
- Runtuuwu E, H Syahbuddin, dan F Ramadhani. 2013. Kalender tanam sebagai instrumen adaptasi perubahan iklim. hlm 271- 291. *Dalam* H. Soeparno, E. Pasandaran, M. Sarwani, A, Dariah.,S.M. Pasaribu, dan N.S. Saad. (Ed). *Politik Pembangunan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim*. IAARD Press, Jakarta.
- Seminar KB. 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.
- Sonka S. 2015. Big Data: From hype to agricultural tool. *Farm Policy J.* 12: 1–9.
- Surmaini E, Susanti E, Sarvina Y, M Ridho Syahputra MR. 2018. Pengembangan Metode Deteksi Dini Kekeringan dan Banjir Untuk Tanaman Padi. *Agromet* 32 (2): 81-92, 2018
- Surmaini E, Susanti E, Syahputra MR, Hadi TW. 2019. Exploring Standardized Precipitation Index for predicting drought on rice paddies in Indonesia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 303: 012027

- Surmaini E, Syahbuddin H. 2016. Kriteria awal musim tanam : Tinjauan prediksi waktu tanam padi di Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 35(2): 47-56
- Surmaini E. 2018. Pengembangan Sistem Informasi Prediksi Risiko Kekeringan Tanaman Padi Sawah. Laporan KP4S. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi dan Institut Teknologi Bandung. 55p.
- Swaminathan MS, Kesavan PC. 2012. Agricultural Research in an Era of Climate Change. *Agric Res*. 1(1):3–11 1: 3
- UNIDO. 2017. Opportunities and Challenges of the New Industrial Revolution for Developing Countries and Economies in Transition. Panel discussion Industry 4.0. [https://www.unido.org/sites/default/files/2017-01/Unido\\_industry-4\\_NEW\\_0.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/2017-01/Unido_industry-4_NEW_0.pdf)
- Wang S, Wan J, Zhang D, Li D, Zhang C. 2016. Towards smart factory for industry 4.0: A selforganized multi-agent system with big data-based feedback and coordination. *Comput. Netw*. 101: 158.. Ne
- Weersink A, Fraser E, Pannell D, Duncan E, Rotz S. 2018. Opportunities and challenges for Big Data in agricultural and environmental analysis. *Annu. Rev. Resour. Econ*. in press.
- WMO (*World Meteorological Organization*). 2015. WMO Guideline on Multi Hazard Impact – Based forcase and Warning Services. World Meteorological Organization. Geneva. Swisszerland.
- Wyman O. 2018. Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology. World Government Summit. Februari 2018.
- Yustika R D dan F Agus. 2014. Peran konservasi tanah dalam beradaptasi terhadap perubahan iklim. Hlm 1-30 dalam *Konservasi Tanah Menghadapi Perubahan Iklim*. IAARD-PRESS.
- Zamboni I, Cecchini M, Egidi D, Saporito MG, Colantoni A. 2019. Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. *Processes* 2019. 7 (36): 1-16





# **KEBIJAKAN SISTEM PENGELOLAAN IRIGASI UNTUK MENDUKUNG KETAHANAN PANGAN NASIONAL DALAM ERA INDUSTRI 4.0**

**Sumaryanto**

## **PENDAHULUAN**

Sebagai salah satu wujud hasil pembangunan, perkembangan ketahanan pangan Indonesia menunjukkan kemajuan yang cukup baik. Dalam Laporan Badan Ketahanan Pangan (2019) disebutkan bahwa persentase penduduk tahan pangan meningkat dari 47,5 persen pada tahun 2012 menjadi 60,2 persen pada tahun 2016. Sementara itu persentase penduduk miskin tahun 2017 tinggal sekitar 10,1 persen, dengan rincian di perkotaan 7,3 persen dan di perdesaan 13,5 persen. Tahun 2018 persentase penduduk miskin turun lagi sehingga mencapai angka di bawah 10 persen.

Kemajuan tersebut menimbulkan optimisme bahwa ketahanan pangan yang mantap dan berkelanjutan akan dapat dicapai. Meskipun demikian perlu disadari bahwa permasalahan dan tantangannya makin kompleks. Setidaknya ada lima faktor yang terkait dengan hal itu. Pertama, seiring pertumbuhan penduduk dan taraf hidup masyarakat maka kebutuhan pangan, energi, dan air meningkat. Kedua, bersamaan dengan perkembangan ekonomi, terjadi urbanisasi yang diakibatkan oleh migrasi penduduk perdesaan ke perkotaan maupun perubahan status wilayah

perdesaan menjadi perkotaan. Meningkatnya kebutuhan lahan untuk pengembangan pemukiman perkotaan, kawasan industri, infrastruktur transportasi, dan prasarana sosial lainnya mendorong terjadinya konversi lahan pertanian yang sering kali diikuti dengan terjadinya degradasi fungsi infrastruktur irigasi. Ketiga, terkait dengan globalisasi maka perekonomian nasional makin terintegrasi dengan perekonomian global sehingga pengaruh dinamika lingkungan strategis global pada perekonomian nasional makin kuat. Keempat, perubahan iklim makin nyata dan dampak negatifnya lebih besar dari pada dampak positifnya. Dalam hal ini posisi sektor pertanian sangat strategis karena di satu sisi merupakan sektor yang paling terdampak, di sisi lain merupakan salah satu andalan aksi mitigasi. Kelima, datangnya era industri 4.0. Dalam era ini terdapat beberapa teknologi 4.0 yang kondusif bagi peningkatan efisiensi dan produktivitas, tetapi tidak memiliki kompetensi dalam mengatasi permasalahan yang berkenaan dengan dimensi keadilan karena memang bukan domainnya. Dalam kondisi persaingan pemanfaatan sumber daya yang makin ketat, disrupsi yang terjadi pada era industri 4.0 mungkin akan diwarnai oleh melebarnya kesenjangan antara kelompok masyarakat.

Sekitar 48 persen sumber konsumsi kalori penduduk negeri ini berasal dari beras. Produsen beras adalah petani padi. Jumlahnya sekitar 10,1 juta rumah tangga (BPS 2018), sebagian besar adalah petani gurem (luas garapan kurang dari 0,5 hektare) dan pendapatannya rendah. Terkait dengan itu persentase rumah tangga petani padi yang statusnya rawan pangan lebih tinggi dari pada rata-rata nasional. Fenomena tersebut menunjukkan kunci sukses ketahanan pangan nasional terletak pada kemampuan negeri ini berhasil dalam meningkatkan produksi dan pendapatan petani padi. Untuk itu dibutuhkan tersedianya irigasi yang kuantitas dan kinerjanya memadai. Berpijak dari fakta tersebut, pengembangan irigasi merupakan bagian integral strategi pencapaian ketahanan pangan yang berkelanjutan. Dimensi pengembangan irigasi mencakup kuantitas maupun kualitasnya dan harus terintegrasi dalam sistem pengelolaan sumber daya air dalam konteks yang lebih luas.

Secara umum kinerja irigasi pada saat ini belum sesuai harapan. Hal ini tampak dari: (i) kecenderungan meningkatnya persentase lahan yang pada musim kemarau rentan kekeringan dan musim hujan rentan kebanjiran, (ii) makin tak terkoordinasinya pelaksanaan jadwal tanam yang sesuai anjuran, (iii) meningkatnya kasus-kasus jaringan tertier yang tak terawat, dan (iv) degradasi kuantitas dan kualitas air dari saluran drainase sehingga upaya untuk menerapkan “*reuse*” air irigasi tidak dapat dilakukan dengan baik, dan (v) makin banyaknya kasus-kasus “pencurian” air dari saluran sekunder, (vi) munculnya fenomena “makelar air” di beberapa lokasi persawahan, dan (vii) tidak berkembangnya praktik-praktik peningkatan efisiensi irigasi.

Kinerja irigasi yang relatif rendah merupakan akibat dari kinerja infrastruktur fisik yang tidak optimal dan kinerja pengelolaan irigasi yang tidak baik (Arif 1996, Osmet 1996). Sampai saat ini faktor penyebab tersebut masih berlaku, bahkan persoalannya menjadi lebih rumit karena adanya perubahan iklim dan terjadinya degradasi aksi kolektif dalam pengelolaan irigasi karena kepentingan petani pemakai air irigasi makin heterogen. Perbaikan kinerja irigasi membutuhkan adanya inovasi di bidang teknologi maupun sistem kelembagaan pengelolaannya. Secara historis, inovasi teknologi seringkali lebih cepat diadopsi, sedangkan inovasi dan adaptasi kelembagaan seringkali tertinggalkan.

Pada saat ini industri 4.0 telah merasuk dalam kehidupan masyarakat. Secara global, yang tercepat dan paling luas pemanfaatannya adalah penggunaan teknologi informasi. Demikian beragamnya aktivitas kehidupan yang terfasilitasi oleh penggunaan internet sehingga muncul istilah *Internet of Things* (IoT) yang dimensinya mencakup *anytime communication*, *anyplace communication*, dan *anything communication* (Yu et al. 2016). Pengaruh IoT paling fenomenal adalah pada perkembangan dan dinamika preferensi konsumen yang kemudian diikuti dengan perkembangan pada bisnis manajemen rantai pasok. Secara berantai, perkembangan yang terjadi di sisi permintaan tersebut

mendorong penerapan teknologi 4.0 dalam sistem produksi. Secara empiris yang tercepat dan terluas penerapannya adalah di bidang industri manufaktur.

Di Indonesia penerapan teknologi 4.0 juga telah terjadi, terutama teknologi informasi. Di bidang pertanian penerapannya masih sangat terbatas pada tahap rintisan, bahkan pada pengelolaan irigasi skala besar belum diterapkan karena permasalahan dan tantangannya sangat kompleks. Terkait dengan penerapan teknologi informasi, permintaan hasil produksi pertanian berkembang dan sangat dinamis. Hal itu berimplikasi pada manajemen rantai pasok dan pada gilirannya ditransmisikan ke sistem produksi. Sistem usahatani dituntut melakukan penyesuaian yang dimensinya mencakup kuantitas, jenis, kualitas, lokasi, dan waktu. Terkait dengan itu pendekatan yang diterapkan dalam pengelolaan irigasi perlu diubah dari *supply management* ke arah *demand management*. Bersamaan dengan itu penggunaan air irigasi harus lebih efisien dan produktivitasnya ditingkatkan karena sumber daya lahan dan air makin langka. Dalam konteks ini, penerapan teknologi 4.0 potensial sebagai bagian dari solusi. Untuk itu diperlukan tersedianya infrastruktur fisik untuk mendukung pengoperasian teknologi 4.0 itu sendiri maupun infrastruktur fisik irigasi untuk mendukung implementasinya. Pada sistem irigasi skala besar, permasalahan dan tantangannya menjadi lebih kompleks karena pengelolaannya melibatkan petani yang jumlahnya sangat banyak, sedangkan latar belakang sosial ekonominya beragam. Terkait dengan itu manfaat penerapan teknologi informasi di era industri 4.0 bersifat ganda, situasional, dan kondisional. Dengan teknologi informasi, komunikasi antarpemangku kepentingan menjadi lebih mudah dan cepat sehingga kondusif bagi perencanaan maupun implementasinya, tetapi di sisi lain jika masyarakat penggunaannya tidak dibekali pemahaman yang tepat mengenai esensi dari interdependensi antar *stakeholder* maka perannya berubah fungsi sebagai katalisator eskalasi konflik. Permasalahan ini perlu dianalisis dengan cermat agar simpul-simpul strategisnya teridentifikasi dan dapat didayagunakan dalam proses perumusan kebijakan.

Pengelolaan irigasi merupakan bagian dari sistem pengelolaan sumber daya air secara keseluruhan. Sebaran spasial dan temporal ketersediaan sumber daya air ditentukan faktor alam, tetapi status ketersediaannya untuk memenuhi kebutuhan dipengaruhi distribusi spasial penduduk, struktur perekonomian, karakteristik sosial budaya; serta tata kelolanya. Peran strategis tata kelola sumber daya air antara lain terbukti dari munculnya kasus-kasus krisis air. Secara alamiah, potensi air yang tersedia masih cukup, tetapi kekeringan pada lahan pertanian meluas dan air untuk kebutuhan rumah tangga makin sulit dipenuhi.

Tulisan ini ditujukan untuk membahas simpul-simpul strategis kebijakan sistem pengelolaan irigasi dalam era industri 4.0. Sasaran utama pembaca adalah pengambil kebijakan, peneliti, akademisi, dan praktisi khususnya yang menggeluti bidang pengelolaan irigasi maupun bidang pertanian dan sumber daya air pada umumnya. Pembahasan diawali dengan gambaran umum mengenai rumah tangga pertanian pada umumnya dan khususnya pertanian beririgasi di Indonesia. Pada bab berikutnya disajikan pengelolaan irigasi menyongsong era industri 4.0 yang dibagi dalam tiga babak yaitu pengelolaan irigasi di Indonesia pada saat ini, gambaran ringkas mengenai pertanian dan pengelolaan irigasi di era industri 4.0 di lingkup global dan kemungkinan penerapan teknologi 4.0 dalam pertanian dan pengelolaan irigasi di Indonesia, serta pembahasan mengenai permasalahan dan tantangan yang dihadapi. Simpul-simpul strategis dan rekomendasi kebijakan pengelolaan irigasi disajikan pada bab terakhir. Bab terakhir menyajikan simpul-simpul strategis pengelolaan irigasi, rekomendasi kebijakan, dan penutup.

# DESKRIPSI UMUM PERTANIAN BERIRIGASI INDONESIA

## Karakteristik Umum Rumah Tangga Pertanian

Pertanian beririgasi adalah bagian dari pertanian dalam konteks yang lebih luas. Pada level rumah tangga petani pun, usahatani di lahan beririgasi sering kali merupakan bagian dari beberapa kegiatan usahatani yang dilakukannya. Terkait dengan itu sebelum menyajikan deskripsi umum mengenai pertanian beririgasi, terlebih dahulu perlu disajikan gambaran umum mengenai rumah tangga pertanian dalam konteks yang lebih luas.

Menurut BPS (2018) jumlah rumah tangga usaha pertanian (RTUP) termasuk rumah tangga di sektor perikanan dan kehutanan adalah sekitar 27,68 juta<sup>1</sup>. Rinciannya menurut cabang usahatani utama RTUP bersangkutan adalah sebagai berikut (Tabel 1). Lebih dari separuh (56 persen) di bidang tanaman pangan dan hortikultura, sekitar 25 persen di bidang perkebunan dan 13 persen di bidang usaha peternakan. Sisanya (5,8 persen) adalah RTUP yang usaha pertanian utamanya adalah di bidang perikanan, kehutanan, dan jasa penunjang pertanian. Berdasarkan sebaran spasialnya, lebih dari 50 persen RTUP tersebut terdapat di Pulau Jawa. Peringkat kedua dan ketiga ditempati Pulau Sumatera (25 persen) dan Pulau Sulawesi (8,6 persen).

Sekitar 64 persen (di Pulau Jawa sekitar 71 persen) pelaku utama usahatani berumur 45 tahun ke atas. Dari angka 64 persen itu sekitar 22 persen berusia antara 55 – 64 tahun dan sekitar 13 persen berusia 65 tahun ke atas. Di sisi lain, yang berusia di bawah 35 tahun kurang dari 12

<sup>1</sup> Dibandingkan dengan 2013 terjadi kenaikan sekitar 5,7%, meskipun di beberapa wilayah terjadi penurunan misalnya di D.I. Yogyakarta (-0,5%), Bali (-5,2%), Maluku (-0,27%), dan Papua (13%).

**Kebijakan Sistem Pengelolaan Irigasi untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional dalam Era Industri 4.0**

persen (Tabel 2). Diduga rendahnya persentase pelaku utama pertanian dari kalangan muda itu berpengaruh pada tingkat partisipasi RTUP dalam penggunaan teknologi informasi. Dalam BPS (2018) disebutkan bahwa petani pelaku utama usahatani pengguna internet hanya sekitar 13 persen.

**Tabel 1.** Jumlah rumah tangga usaha pertanian (RUTP) menurut pulau dan subsektor, 2018\*)

	Tanaman pangan dan hortikultura	Tanaman Perkebunan	Usaha Peternakan	Kegiatan Lainnya**)	Total
Sumatera	2.511.463	3.673.921	520.065	237.578	6.943.027
	(9,07)	(13,27)	(1,88)	(0,86)	(25,08)
Jawa	9.670.823	1.022.658	2.429.098	867.103	13.989.682
	(34,94)	(3,69)	(8,77)	(3,13)	(50,54)
Bali+NTB+NTT	1.135.748	325.094	334.290	78.552	1.873.684
	(4,10)	(1,17)	(1,21)	(0,28)	(6,77)
Kalimantan	632.609	828.265	123.436	128.738	1.713.048
	(2,29)	(2,99)	(0,45)	(0,47)	(6,19)
Sulawesi	1.133.863	798.482	242.624	200.859	2.375.828
	(4,10)	(2,88)	(0,88)	(0,73)	(8,58)
Maluku+Papua	429.070	214.865	61.928	80.985	786.848
	(1,55)	(0,78)	(0,22)	(0,29)	(2,84)
Indonesia	15.513.576	6.863.285	3.711.441	1.593.815	27.682.117
	(56,04)	(24,79)	(13,41)	(5,76)	(100,00)

\*) Sumber: Badan Pusat Statistik (2018), diolah. Angka dalam kurung menunjukkan persentase.

\*\*) Perikanan (budidaya dan tangkap), kehutanan (budidaya dan lainnya), dan jasa penunjang pertanian.

**Tabel 2.** Sebaran RTUP menurut pulau dan kelompok umur petani, 2018\*)

	Kelompok umur (Tahun)					
	<25	25-34	35-44	45-54	55-64	>=65
Sumatera	1,2	13,9	28,2	26,9	19,1	10,6
Jawa	0,6	7,4	20,3	29,0	25,5	17,1
Bali NTB dan NTT	1,5	13,2	25,1	27,2	20,1	12,8
Kalimantan	1,4	14,2	29,4	28,5	18,1	8,4
Sulawesi	1,5	12,8	27,4	28,7	18,4	11,1
Maluku dan Papua	2,3	18,2	34,1	25,6	13,7	6,1
Indonesia	1,0	10,6	24,2	28,2	22,2	13,8

\*) Sumber: Badan Pusat Statistik (2018), diolah

Mayoritas RTUP adalah petani gurem yaitu petani yang penguasaan lahan pertaniannya kurang dari 0,5 hektare. Secara agregat, persentase petani gurem adalah sekitar 59 persen. Di sisi lain yang menguasai lahan pertanian 1 hektare ke atas hanya 25 persen. Di Pulau Jawa (wilayah bermukimnya sekitar separuh RTUP Indonesia) yang termasuk petani gurem sekitar 80 persen, sementara itu yang menguasai lahan 1 hektare ke atas hanya sekitar 7 persen (Tabel 3).

Dalam rangka memaksimalkan pendapatan rumah tangga maupun meminimalkan risiko usahatani, sebagian RTUP melakukan diversifikasi dengan mengusahakan beberapa komoditas di luar subsektor utamanya. Di lapangan, motif diversifikasi terkait dengan: (i) untuk meningkatkan pendapatan usahatani keluarga, (ii) untuk meminimalkan risiko usahatani, dan (iii) kombinasi dari (i) dan (ii). Selain itu karena rata-rata luas penguasaan garapan mayoritas petani sangat sempit ataupun jumlah ternak yang dipeliharanya sedikit maka pendapatan dari pertanian tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan keluarga. Terkait dengan itu maka cukup banyak RTUP yang merangkap kerja dan/atau usaha di sektor nonpertanian. Persentase RTUP yang melakukan spesialisasi usahatani pada satu subsektor (misalnya pada subsektor padi saja, perkebunan



**Kebijakan Sistem Pengelolaan Irigasi untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional dalam Era Industri 4.0**

saja, atau peternakan saja) adalah sekitar 37 persen, sementara itu yang berpartisipasi dalam dua, tiga, atau empat subsektor masing-masing adalah sekitar 31, 18, dan 9,6 persen (BPS, 2018). Gambaran mengenai peranan sektor nonpertanian sebagai sumber pendapatan utama tercermin dari persentase rumah tangga yang masih menggantungkan nafkah utamanya dari sektor pertanian. Dari seluruh RTUP, yang masih mengandalkan sumber pendapatan utama dari sektor pertanian hanya sekitar 64 persen, sedangkan 36 persen lainnya mengandalkan pendapatan dari sektor nonpertanian. Di Pulau Jawa, RTUP yang sumber pendapatan utamanya dari kegiatan pertanian hanya sekitar 58 persen (Tabel 4).

**Tabel 3.** Sebaran RTUP menurut pulau dan luas penguasaan lahan pertanian, 2018\*)

	Kelompok Penguasaan Lahan(Ha)							
	<0,5	0,50-0,99	1,00-1,99	2,00-2,99	3,00-3,99	4,00-4,99	5,00-9,99	≥10,00
<b>Total lahan pertanian</b>								
Sumatera	35,17	18,47	24,85	11,99	4,14	2,29	2,47	0,60
Jawa	79,95	13,33	5,05	1,01	0,31	0,13	0,17	0,05
Bali, NTB, dan NTT	55,94	21,55	15,57	4,27	1,44	0,59	0,59	0,05
Kalimantan	25,24	16,87	25,25	15,14	6,88	4,15	5,14	1,33
Sulawesi	29,73	22,61	27,93	11,14	4,20	1,95	2,09	0,36
Maluku dan Papua	62,07	12,06	15,81	5,93	2,16	0,98	0,92	0,06
Indonesia	59,06	16,12	14,17	5,84	2,13	1,13	1,26	0,29
<b>Lahan sawah</b>								
Sumatera	68,83	20,80	8,27	1,48	0,36	0,14	0,11	0,02
Jawa	84,31	10,88	3,59	0,75	0,23	0,09	0,11	0,04
Bali, NTB, dan NTT	71,13	18,53	8,14	1,52	0,39	0,17	0,11	0,01
Kalimantan	48,01	30,48	16,75	3,51	0,76	0,28	0,20	0,02
Sulawesi	46,92	26,51	18,51	5,15	1,56	0,66	0,63	0,05
Maluku dan Papua	12,18	26,31	35,85	13,43	6,31	2,91	2,88	0,13
Indonesia	75,93	15,36	6,55	1,41	0,40	0,16	0,16	0,03

\*) Sumber: Badan Pusat Statistik (2018), diolah

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern (2019)**

**Tabel 4.** Persentase RTUP yang pendapatan utamanya dari sektor pertanian dirinci menurut pulau/kelompok pulau dan subsektor, 2018\*)

	Subsektor						Total
	Padi	Palawija	Hortikultur	Perkebunan	Peternakan	Lainnya	
Sumatera	48,38	29,88	14,97	59,56	6,42	21,94	69,87
Jawa	55,33	21,64	15,47	16,37	9,53	6,91	57,73
Bali + NTB + NTT	52,39	34,85	16,75	28,87	9,89	9,18	68,18
Kalimantan	37,75	14,58	14,94	54,73	8,25	34,56	65,97
Sulawesi	63,17	35,71	14,45	41,46	8,08	27,61	69,65
Maluku + Papua	61,54	61,93	18,37	52,78	8,50	34,58	79,72
Grand Total	53,20	27,80	15,49	41,19	8,87	11,76	63,64

\*) Sumber: Badan Pusat Statistik (2018), diolah

## Pertanian Beririgasi Indonesia Saat Ini

Sesungguhnya cakupan pertanian beririgasi tidak hanya usahatani padi di lahan sawah, akan tetapi dalam pembahasan ini difokuskan pada usahatani padi pada agroekosistem sawah karena secara *de facto* isu kebijakan yang berkenaan dengan irigasi didominasi irigasi untuk usahatani padi.

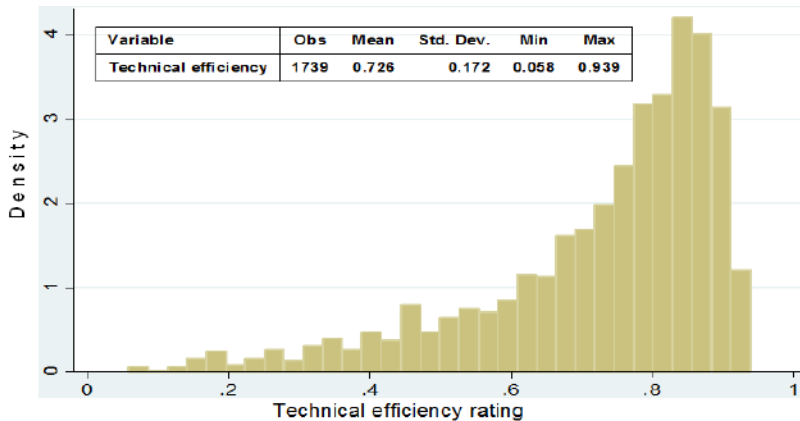
Pada saat ini data tentang luas lahan beririgasi pada umumnya dan lahan sawah pada khususnya sedang dalam proses sinkronisasi antar pihak-pihak terkait, terutama antara Kementerian Pertanian (Kementan) dan Badan Pusat Statistik (BPS). Untuk sementara, luas lahan sawah menurut BPS adalah sekitar 7,1 juta hektare. Dari jumlah itu yang beririgasi teknis/semi teknis adalah sekitar 4,8 juta hektare. Berdasarkan lokasinya, sekitar 40 persen dari total lahan sawah di Indonesia berada di Pulau Jawa.

Mayoritas RTUP pada agroekosistem sawah adalah petani skala kecil. Penguasaan lahan sawah mayoritas (76 persen) RTUP subsektor padi kurang dari 0,5 hektare, di sisi lain yang luas garapannya satu hektare ke atas sekitar 9 persen. Di Pulau Jawa (wilayah yang lahan sawah irigasinya

paling luas), persentase petani gurem (petani dengan luas garapan kurang dari 0,5 hektare) adalah sekitar 84 persen, sedangkan yang menguasai lahan sawah 1 hektare ke atas hanya sekitar 5 persen (Tabel 3). Dengan penguasaan lahan garapan yang kecil maka sebagian dari RTUP mengandalkan pendapatannya dari nonpertanian. Pada subsektor padi, RTUP yang mengandalkan sumber pendapatan utamanya dari pertanian sekitar 53 persen. Angka ini ternyata masih lebih tinggi daripada RTUP di subsektor hortikultura yaitu sekitar 15 persen ataupun di subsektor peternakan yang hanya sekitar 9 persen (Tabel 4 ).

Hasil analisis data survei usahatani padi di 36 kabupaten sentra produksi di 18 provinsi di Indonesia pada tahun 2013 menunjukkan bahwa produktivitas usahatani padi pada musim hujan dan musim kemarau (dalam bentuk gabah kering panen) masing-masing adalah sekitar 5,51 dan 5,35 ton/hektare. Selanjutnya, dari analisis fungsi produksi diketahui bahwa faktor produksi yang peranannya dominan adalah luas lahan garapan. Elastisitasnya adalah sekitar 0,7 yang berarti bahwa jika luas garapan ditingkatkan 10 persen maka produksi bertambah 7 persen. Fungsi produksinya bersifat *constant returns to scale* karena secara umum teknologi yang diterapkan petani relatif homogen sehingga perbedaan luas garapan tidak berpengaruh pada produktivitas. Selanjutnya, diperoleh pula informasi bahwa bagi sebagian besar petani sampel meskipun komoditas pertanian yang diusahakan bukan hanya padi mereka tetap mengandalkan usahatani padi sebagai *core business*-nya. Terkait dengan itu, tingkat efisiensi teknis (nilainya berkisar 0 – 1, makin mendekati 1 berarti makin efisien) yang dicapai dalam usahatani padi dapat dipergunakan sebagai salah satu indikator kapabilitas manajerialnya dalam berusahatani secara umum. Hasil pendugaan dengan pendekatan *stochastic production frontier* (SPF) menunjukkan bahwa rata-rata tingkat efisiensi teknis yang dicapai petani padi di sentra-sentra produksi padi pada 36 kabupaten tersebut adalah sekitar 0,73 dengan galat baku 0,17 (Gambar 1). Mencermati sebarannya, efisiensi teknis yang dicapai oleh

sekitar 59 persen petani ternyata lebih dari 0,8. Hal itu menunjukkan bahwa secara umum kapabilitas manajerial sebagian besar petani padi berada pada kisaran sedang – tinggi.



**Gambar 1.** Sebaran petani padi Indonesia menurut tingkat efisiensi teknisnya

Keterangan: diolah penulis (dengan pendekatan *stochastic production frontier*) dari data hasil survei usahatani padi di 36 kabupaten pada 18 provinsi sentra produksi

Pasokan air untuk usahatani padi berasal dari irigasi dan curah hujan yang kesemuanya itu ketersediaannya dipengaruhi kondisi iklim. Sementara itu hasil penelitian di empat kabupaten (Lampung Tengah, Cilacap, Blora, dan Sumbawa) menunjukkan bahwa kapasitas adaptasi sebagian besar petani padi (sekitar 69,6 persen) terhadap cekaman lingkungan akibat perubahan iklim termasuk kategori moderat. Persentase petani yang kapasitas adaptasinya tinggi hanya 13,9 persen (Sumaryanto 2013). Dengan demikian kapasitas adaptasi petani padi terhadap cekaman lingkungan akibat perubahan iklim perlu ditingkatkan.

Bagaimanakah ketahanan pangan rumah tangga petani padi? Ternyata hasil penelitian menunjukkan bahwa hampir sepertiga (32,3 persen) RTUP padi rentan terhadap perubahan iklim. Probabilitasnya untuk jatuh ke status rawan pangan sekitar 0,78. Selanjutnya, hasil simulasi berbasis proyeksi iklim sampai dengan tahun 2039 adalah sebagai berikut. Jika aksi global mitigasi dan adaptasi perubahan iklim skenario moderat (optimistik – RCP 4,5) mencapai sasaran, yang rentan berkurang menjadi 23 persen pada tahun 2039. Sebaliknya, jika aksi global mitigasi dan adaptasi tidak mencapai sasaran (skenario pesimis– RCP 8,5) maka yang rentan bertambah menjadi 40 persen (Sumaryanto et al. 2017). Menyimak perkembangan dalam satu setengah dekade terakhir, tampaknya sulit untuk menyimpulkan kecenderungannya mengarah ke RCP 4,5<sup>2</sup>.

Dalam perspektif historis, kontribusi irigasi terhadap laju kenaikan produksi pada kurun waktu 1972–1981 adalah sekitar 16,5% dan bersama-sama dengan faktor-faktor input utama lainnya yaitu penerapan varietas unggul, pupuk buatan, dan pestisida secara simultan kontribusinya mencapai 75% (World Bank 1982). Pada saat ini angka-angka tersebut mungkin berubah namun diperkirakan tidak besar karena meskipun terjadi berbagai kemajuan yang cukup pesat di bidang teknologi budidaya, panen, dan pascapanen tetapi pada saat yang sama karena kondisi iklim makin tak kondusif maka kunci keberhasilan usahatani padi makin bergantung pada kinerja irigasi<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> *Representative Concentration Pathway* (RCP) adalah trajektori konsentrasi gas rumah yang diadopsi IPCC pada Laporan Kajian V (AR5) tahun 2014. Bagi yang ingin mengetahui lebih jauh tentang konsep RCP dapat membacanya pada van Vuuren et al. (2011).

<sup>3</sup> Fenomena seperti ini terjadi di sebagian besar negara di Asia. Secara historis peningkatan produksi di Asia tak lepas dari peranan Revolusi Hijau melalui penerapan teknologi yang lebih maju (varietas unggul, pupuk kimia, pestisida; perluasan irigasi), dan kebijakan pendukung serta subsidi (Hazell, 2010). Pada tahun 2005 rata-rata produktivitas padi di Asia pada lahan beririgasi adalah 50% lebih tinggi daripada di daerah tadah hujan. Dengan kondisi seperti itu, produksi padi (dalam setara beras) di Asia meningkat 62% dari 1,6 ton/hektare pada tahun 1970 menjadi 2,6 ton/ha pada tahun 2000 (Hossain, 2006).

Pada tahun 2018 luas panen padi Indonesia (dihitung dengan metode Kerangka Sampel Area – KSA) adalah sekitar 10,9 juta hektare. Rata-rata produktivitasnya (dalam bentuk gabah kering giling – GKG) adalah sekitar 51,85 ton/hektare sehingga total produksi adalah sekitar 56, 5 juta ton GKG (BPS 2018). Pada periode 2015–2019 pemerintah menargetkan pembangunan 65 waduk serta pencetakan lahan sawah baru seluas 1 juta mencakup sawah irigasi permukaan (0,58 juta ha), irigasi rawa (0,35 juta ha), irigasi tambak (0,043 juta ha), dan irigasi air tanah (0,028 juta ha). Pada periode yang sama target rehabilitasi diarahkan pada lahan irigasi seluas 3 juta hektare yang mencakup (urutan yang sama dengan di atas) 12,022; 0,829; 0,1; dan 0,04 juta hektare.

Pembangunan infrastruktur tersebut ditujukan untuk memperkuat kapasitas sumber daya dalam peningkatan produksi dan pendapatan petani, utamanya petani padi. Akan tetapi permasalahan dan tantangan yang dihadapi tentu saja tidak dapat dipecahkan hanya dengan melalui pembangunan infrastruktur fisik. Pasandaran et al. (2004) mengemukakan bahwa dalam pembangunan pertanian dan khususnya produksi padi terdapat empat permasalahan yang memerlukan pendalaman analisis dan evaluasi. Pertama, dalam hal paradigma pembangunan pertanian yaitu tentang pengintegrasian intensifikasi dengan alternatif lainnya dalam kerangka strategi pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Kedua, permasalahan yang terkait dengan sinkronisasi dan/atau pengintegrasian teknologi yang tengah berkembang dengan teknologi yang pengembangannya berorientasi pada antisipasi terhadap permasalahan yang akan datang. Ketiga, krisis air dan meningkatnya persaingan pemanfaatan sumber daya tersebut di lingkungan internal petani maupun antarsektor. Keempat, posisi masyarakat tani di era desentralisasi di tengah meningkatnya kelangkaan sumber daya lahan dan air.

Butir ketiga dari pendapat Pasandaran et al. (2004) tersebut (krisis air) terkait dengan tata kelola (*water governance* – WG) yang kurang tepat. Fenomena seperti itu merupakan kecenderungan umum yang terjadi

di banyak negara berkembang di Asia dan Afrika. Sebagai ilustrasi, dalam Rogers and Hall (2003), UNDP (2004) ataupun UNESCO (2006) dikemukakan bahwa dalam komunitas air internasional pada abad ke-21 WG merupakan topik yang paling banyak dibicarakan. Selanjutnya, dalam *“The second World Water Development report”* (UNESCO 2006) juga dikemukakan tentang peran sentral WG dalam perbaikan kondisi sumber daya air sebagai berikut: *“the world water crisis is a crisis of governance – not one of scarcity.”* Prinsip-prinsip WG yang baik (*good “water governance practices” – GWP’s*) menurut Lautze at al. (2014) mencakup 12 aspek yaitu: terbuka, transparan, partisipatif, akuntabel, efektif, koheren, efisien, komunikatif, adil, terpadu, berkelanjutan, dan etis.

Mencermati pengelolaan sumber daya air yang saat ini dipraktikkan di sebagian besar wilayah di negeri ini, tampaknya beberapa prinsip GWP’s tersebut belum diterapkan sebagaimana mestinya. Setidaknya ada 3 prinsip GWP’s yang sampai saat ini penerapannya belum dilaksanakan dengan baik yaitu akuntabilitas, keterpaduan, dan keberlanjutan. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa permasalahan dan tantangan yang dikemukakan Pasandaran dkk (2004) tersebut sampai saat ini masih sangat relevan.

## **PENGELOLAAN IRIGASI MENYONGSONG ERA INDUSTRI 4.0**

### **Kondisi Pengelolaan Irigasi Pada Saat Ini**

Sistem irigasi mencakup beberapa jenis atau kategori bergantung pada sudut pandang yang diterapkan, menurut kualifikasi teknisnya mencakup: (a) irigasi teknis/semi teknis, (b) irigasi sederhana, dan(c) irigasi tadah hujan. Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2006 tentang Irigasi, kategorisasinya mengacu pada

kombinasi dari sumber akuisisi air, kualifikasi teknis, dan ekosistemnya sehingga terpilah menjadi lima kategori yaitu: (i) irigasi permukaan, (ii) irigasi rawa (rawa lebak dan pasang-surut), (iii) irigasi air bawah tanah, (iv) irigasi pompa, dan (v) irigasi tambak. Untuk usaha tani tanaman pangan yang lazim dikembangkan adalah jenis (i), (iii), dan (iv). Terkait dengan inisiatif pembangunannya, sistem irigasi di Indonesia mencakup dua kategori yaitu (1) sistem irigasi swadaya masyarakat, dan (2) sistem irigasi pemerintah.

Pengelolaan irigasi pada sistem irigasi swadaya masyarakat berbeda dengan sistem irigasi pemerintah. Pada sistem irigasi yang inisiasi pembangunan dan/atau pengembangannya dilakukan oleh masyarakat/petani (swadaya), model pengelolaannya dapat dipilah menjadi dua macam: (a) pengelolaan mandiri dan (b) terintegrasi dalam kelembagaan pemerintahan desa. Pada model (a) otonomi masyarakat sangat menonjol (*community driven autonomy*) baik dalam membangun maupun dalam pengaturan pembagian air (Geertz 1967 dalam Pasandaran dan Suparmoko 2001). Salah satu contoh dari pola ini adalah sistem Subak di Bali. Teknik mengatur air terbuka bagi masyarakat dan didukung oleh teknik pembagian air pada titik bagi (*bifurcation point*) yang dianggap adil oleh masyarakat tani, dan ini dianggap cerminan dari salah satu implementasi demokrasi dan otonomi itu sendiri. Teknik pembagian air yang dilakukan memungkinkan perubahan debit yang terjadi di bangunan utama tertransmisikan secara merata ke seluruh titik bagi. Jadi, asas kesamaan kesempatan (*the principle of equity of opportunity*) terpenuhi. Pada model (b) karena terintegrasikan dalam kelembagaan pemerintahan desa maka adaptasi dan inovasi kelembagaannya sangat dipengaruhi dinamika pemerintahan desa yang bersangkutan. Pengelolaan irigasi model ini cenderung kurang efisien karena batas yurisdiksi organisasi irigasi sering kali tidak kompatibel dengan batas wilayah kerja pemerintahan desa.



Pada sistem irigasi teknis/semi teknis skala besar, kelembagaan pengelolaannya terkait dengan sistem pengelolaan sumber daya air dalam konteks yang lebih luas yang batas yurisdiksi organisasinya mencakup satu Daerah Aliran Sungai utama yang cakupan wilayahnya sangat luas. Lembaga-lembaga yang terkait dalam pengelolaan irigasi antara lain adalah Dinas Pengairan, Dinas Pertanian, Balai Pengelolaan Sumber daya Air (BPSDA), dan tentu saja dengan lembaga suprastrukturnya di jajaran kementerian yang mengurus sumber daya air. Pada wilayah sungai Brantas (Jawa Timur), pengintegrasian pengelolaan air untuk kepentingan irigasi dengan sektor-sektor lainnya ditangani oleh Perum Jasa Tirta I, sedangkan di Jawa Barat oleh Perum Jasa Tirta II. Forum koordinasi antarinstansi terkait terwadahi dalam Panitia Irigasi yang ketuanya adalah Kepala Daerah.

Dalam praktik, secara rutin Panitia Irigasi mengadakan rapat koordinasi menjelang musim tanam untuk membahas “rencana pemberian air” yang dituangkan dalam suatu pola tanam anjuran. Ini mencakup penentuan jenis tanaman dan jadwal tanamnya dan diistilahkan “Rencana Tata Tanam” atau “Pedoman Pola Tanam”. Penyusunannya dilakukan bersama antara Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Dinas Pengairan. Selanjutnya agar lebih mengikat, hal tersebut diformalkan melalui Surat Keputusan (SK) Kepala Wilayah (Gubernur, Bupati/Walikota).

Pemantauan dan pelaksanaan pengaturan pasokan air berada di bawah tanggung jawab Dinas Pengairan setempat. Pelaksana langsung di lapangan adalah Juru Pengairan yang dibantu oleh petugas-petugas penjaga pintu air. Lazimnya, wilayah kerja seorang Juru Pengairan (wilayah kerjanya disebut Kejuron) mencakup 5–10 Blok Tertier, bergantung luas Blok-Blok Tertier dan konfigurasi jaringan irigasi. Koordinasi antar Juru Pengairan berada di bawah Cabang Seksi pengairan, dan Cabang Seksi pengairan bertanggung jawab kepada Kepala Dinas Pengairan Kabupaten yang bersangkutan.

Pengelolaan irigasi di tingkat petani dilakukan secara kolektif. Dalam pengelolaan usahatani, unit terkecil kelembagaannya adalah Kelompok Tani. Menyesuaikan dengan aspek teknis pengelolaan irigasi, beberapa Kelompok Petani bergabung dalam organisasi Perhimpunan Petani Pemakai Air (P3A). Pada umumnya P3A pada sistem irigasi skala besar adalah bentukan pemerintah. Wilayah kerja setiap P3A mencakup satu jaringan tersier sehingga hamparan sawahnya disebut blok tersier.

Pada sistem irigasi pemerintah porsi perhatian pada pengembangan infrastruktur fisik seringkali sangat dominan. Selain itu proses pembentukan P3A cenderung *top down* dan pendayagunaan modal sosial komunitas yang bersangkutan tidak optimal. Akibatnya, mayoritas organisasi P3A tidak mandiri. Ini tercermin dari rendahnya partisipasi petani dalam pembiayaan operasi dan pemeliharaan (OP) irigasi. Fenomena ini terjadi sejak periode Orde Baru sampai sekarang dan kondisi seperti itu tidak hanya terjadi pada sistem irigasi yang kinerja jaringan irigasinya buruk tetapi juga terjadi pada sistem irigasi yang kinerja jaringan irigasinya memadai. Faktanya, pada awal 2015 sebanyak 52 persen jaringan irigasi rusak, terutama jaringan tersier (Ditjen SDA 2018).

Mekanisme distribusi air irigasi adalah sebagai berikut: Dari reservoir, air dialirkan melalui saluran primer dan selanjutnya dibagi ke saluran-saluran sekunder. Penyampaian air dari saluran sekunder ke hamparan lahan pertanian menggunakan saluran tertier, dan karena itu hamparan lahan sawah tersebut lazim disebut Petak Tertier atau Blok Tertier. Luas satu blok tertier bervariasi (bergantung pada topografi lahan dan desain debit air irigasi di saluran tertier), mulai dari hanya 10 Ha sampai 300 Ha. Selanjutnya, untuk menjangkau persil-persil lahan yang lokasinya berada di tengah atau di belakang, petani secara berkelompok membangun saluran-saluran yang lebih kecil (saluran kuarter). Untuk menekan kehilangan air di saluran akibat rembesan maka konstruksi saluran

primer, sekunder, dan tertier disemen. Saluran kuarter pada umumnya tidak disemen karena secara teknis langsung berada di areal hamparan tertier dan secara finansial lebih murah.

Pada sistem irigasi skala besar, dalam Burton (2010) dikemukakan bahwa fungsi-fungsi pengelolaan irigasi dan drainase meliputi (i) pengidentifikasian, penetapan dan pemantauan tujuan-tujuan, (ii) pengoperasian dan pemeliharaan sistem irigasi dan drainase, (iii) akuntansi dan keuangan, (iv) manajemen sumber daya manusia pelaksana, (v) administrasi, (vi) isu-isu hukum, dan (vii) kehumasan. Dalam praktik, salah satu kegiatan inti pengelolaan irigasi adalah Operasi dan Pemeliharaan jaringan irigasi. Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi adalah kegiatan pengaturan air pada jaringan irigasi yang meliputi penyediaan, pengambilan, penyaluran, pembagian, pemberian, penggunaan, dan pembuangan air, termasuk usaha mempertahankan kondisi jaringan irigasi agar tetap berfungsi seperti yang direncanakan.

Ruang lingkup operasi jaringan irigasi mencakup: (1) pengumpulan data (data hidrologi dan luas lahan sawah), (2) membuat rencana tata tanam, rencana pembagian air, rencana pengeringan, dan sebagainya, (3) melaksanakan pendistribusian air (mengoperasikan pintu-pintu air, mengisi papan operasi dan pelaporannya), (4) pengoperasian bendung maupun waduk sesuai dengan situasi dan kondisi (datang dan surutnya air banjir, pengurusan bendung/kantong lumpur atau pengeringan), (5) pemantauan penggunaan air/pemantauan perkembangan tanaman di wilayah yang diairi, (6) kalibrasi pintu/alat ukur debit, (7) pemantauan pembuangan limbah ke saluran irigasi/sungai, (8) penyuluhan pemanfaatan air irigasi kepada petani. Ruang lingkup kegiatan operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi yang menjadi tanggung jawab pemerintah, yakni di jaringan primer dan sekunder adalah sebagai berikut. Operasi/ eksploitasi mencakup 8 jenis kegiatan utama, sedangkan pemeliharaan jaringan utama mencakup 4 kegiatan. Jenis dan kegiatan dan petugas yang pelaksana dari kegiatan tersebut dapat disimak pada Tabel 5 dan Tabel 6.

**Tabel 5.** Jenis kegiatan dan petugas pelaksana kegiatan dalam operasi/ eksploitasi irigasi yang menjadi tanggung jawab pemerintah (di jaringan utama)

<b>Jenis Kegiatan</b>		<b>Petugas pelaksana</b>
1.	Kegiatan Pengumpulan Data (debit, curah hujan, luas tanaman)	Juru Pengairan
2.	Kegiatan Kalibrasi Pintu & Alat Ukur Debit	Dinas/Balai PSAWS
3.	Kegiatan Penyusunan Rencana Tata Tanam:	HIPPA, Desa, Pengamat, Kecamatan, Dinas & Balai PSAWS
	a. Rencana Tata Tanam Detail (RTTD)	
	b. Rencana Tata Tanam Global (RTTG)	
4.	Kegiatan Penyusunan Rencana Pembagian Air	Dinas/Balai PSAWS
5.	Pelaksanaan Tata Tanam dan Pembagian Air	Juru Pengairan
6.	Kegiatan Operasi Bangunan Irigasi:	Penjaga Pintu Air (PPA) atas perintah Juru Pengairan
	a. Mengatur Pemberian Air (membuka & menutup pintu)	
	b. Mengukur Kadar Sedimen di Saluran	
7.	Kegiatan Pelaporan	Juru, Pengamat, Dinas/Balai PSAWS
8.	Kegiatan Monitoring & Evaluasi	Dinas/ Balai PSAWS

**Tabel 6.** Jenis kegiatan dan petugas pelaksana pemeliharaan jaringan irigasi yang menjadi tanggung jawab pemerintah (di jaringan utama)

Kegiatan		Petugas
1.	Pengamanan & Pencegahan (Preventif)	Pekarya
	a. Pemasangan rambu2, Portal Jalan inspeksi, patok batas;	
	b. Menghalau binatang masuk kesaluran;	
	c. Melarang membuang sampah ke saluran irigasi,	
2.	Perawatan (Preventif)	PPA, Pekarya
	a. Rutin (babat rumput, membersihkan sampah, melumasi pintu dll)	
	b. Berkala (menguras kantong lumpur, memperbaiki papan eksploitasi, mengecat pintu, perbaikan fasilitas OP kantor)	
3.	Perbaikan (Rehabilitasi)	Dinas/Balai PSAWS
	a. Darurat (perbaikan sementara untuk mengembalikan fungsi)	
	b. Permanen (perbaikan permanen untuk mengembalikan fungsi)	
4.	Penggantian (Rekonstruksi)	Dinas/Balai PSAWS
	Mengganti (sebagian/seluruh) komponen prasarana jaringan irigasi	

## Menyongsong Teknologi 4.0 Pada Pertanian dan Pengelolaan Irigasi

Secara global, era industri 4.0 telah merasuk dalam kehidupan masyarakat. Di era industri 4.0 sistem cyber-fisik, *Internet of Things* (IoT), komputasi awan, dan komputasi kognitif mendorong teknologi manufaktur masuk pada *trend* otomatisasi dan pertukaran data. Terfasilitasinya penggabungan teknologi otomatisasi dengan teknologi *cyber* dalam dunia industri itu kondusif bagi peningkatan efisiensi dalam proses

produksi. Pada bidang pemasaran, aplikasi teknologi 4.0 berkontribusi nyata dalam peningkatan efisiensi dan perluasan spektrum usaha di bidang manajemen rantai pasok (Abdel-Basset et al. 2018).

Teknologi 4.0 yang paling cepat perkembangannya dan paling luas penerapannya adalah teknologi informasi (Gilchrist 2016, Panda and Tripathy 2018, Bunz et al. 2018). Teknologi internet yang makin cepat dan canggih tidak hanya menghubungkan jutaan manusia di seluruh dunia tetapi juga telah menjadi basis bagi transaksi perdagangan (*E-commerce*) dan transportasi secara online (Gojek, Uber dan Grab, dan sebagainya). Selain itu teknologi *autonomous vehicle* (mobil tanpa supir), drone, aplikasi media sosial, bioteknologi dan teknologi nano makin berkembang. Fenomena yang menarik adalah bahwa pada perkembangan selanjutnya penggunaan teknologi digital dan digitalisasi dalam inovasi merupakan sentral inovasi model bisnis digital (DBMI) dekade ini (2010-an) dan beberapa dekade mendatang (Aagaard 2019, Presser et al. 2019, Dornberger et al. 2018). Ringkasnya, revolusi industri 4.0 telah mendorong inovasi-inovasi teknologi yang berkontribusi besar pada disrupsi atau perubahan fundamental dalam kehidupan masyarakat di negara maju maupun berkembang. Bersamaan dengan itu muncul pula perubahan-perubahan yang seringkali tak terduga. Implikasinya, pemahaman yang mendalam tentang kerangka kerja (*framework*) industri 4.0 sangat diperlukan agar proses adaptasi, adopsi, dan transformasinya sesuai dengan kepentingan pengguna khususnya dan seluruh lapisan masyarakat pada umumnya (Salkin et al. 2018).

Seiring pertumbuhan penduduk, peningkatan pendapatan per kapita, kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta perubahan nilai-nilai sosial-budaya masyarakat maka permintaan barang dan jasa bukan hanya meningkat kuantitasnya tetapi juga mengalami perkembangan. Sebagai ilustrasi, meningkatnya kesadaran konsumen tentang manfaat “pangan sehat” memengaruhi ragam jenis dan kualitas pangan yang diminta. Percepatan, perluasan, dan arah perkembangannya dipengaruhi pula oleh laju urbanisasi.

Pada industri pangan, perubahan dan dinamika permintaan pangan mendorong terjadinya perubahan di sisi pasokan. Jembatan sisi pasokan dengan permintaan adalah pemasaran. Dalam konteks ini kontribusi teknologi 4.0 tidak hanya terkait kecepatan dan efisiensi proses bisnis tetapi juga berimplikasi pada arah perkembangan dan variasi bisnis manajemen rantai pasok (*supply chain management* – SCM) dalam industri pangan (Luthra 2018, Aryal 2018). Dalam bisnis pemasaran berbasis IoT (*e-commerce*) tersebut, SCM memegang peran ganda. Di satu sisi memicu perluasan spektrum rantai nilai dan atribut permintaan konsumen (melalui promosi), di sisi yang lain memfasilitasi kecepatan layanan dan peningkatan efisiensi sistem distribusi barang dan jasa ke konsumen (Laxmi and Mishra 2018).

Penerapan IoT dan analisis “*big data*” tidak berkontribusi dalam pemecahan masalah jangka pendek tetapi diperkirakan berperan pula sebagai salah satu *driver* perkembangan pertanian masa mendatang (Meola 2016, Tzounis et al. 2017). Hal itu dimungkinkan karena IoT dapat didayagunakan untuk mengintegrasikan berbagai teknologi yang ada seperti WSN, radio identifikasi frekuensi, komputasi awan, *middleware systems* dan *end-user applications*. Teknologi 4.0 memungkinkan peningkatan efisiensi, presisi, dan akurasi dalam bidang industri manufaktur maupun bidang pertanian. Dalam hal ini laju perkembangan pemanfaatan teknologi 4.0 di pertanian memang lebih lambat daripada yang terjadi di bidang industri manufaktur karena basis dari proses produksi pertanian tidak terlepas dari hukum-hukum biologi.

Sebagai respons dari sisi permintaan hasil produksi pertanian yang berkembang pesat dan dinamis tersebut, sisi penawaran membutuhkan adanya kemajuan yang *significant* pada aspek produksi. Di sisi lain, ketersediaan sumber daya alam makin terbatas. Penerapan teknologi 4.0 potensial untuk berkontribusi dalam mengatasi permasalahan tersebut misalnya dengan mengembangkan sistem cerdas dan pertanian presisi (Tzounis et al. 2017, Braun et al. 2018). Dalam konteks ini yang akan paling

cepat mengadopsinya adalah pada usahatani hortikultura, terutama komoditas sayuran bernilai ekonomi tinggi. Prospek pengembangan yang diperkirakan akan cepat meluas adalah pada pertanian yang didukung rumah kaca (*green house*) di wilayah pinggiran perkotaan dan/atau wilayah penyangga perkotaan.

Cukup luas cakupan penerapan teknologi 4.0 dalam pertanian dan pengelolaan irigasi misalnya dalam pengumpulan data suhu, curah hujan, kelembapan udara, kecepatan angin, evapotranspirasi, kebutuhan air di pertanaman, dan sebagainya. Petani dapat memantau suhu dan kelembapan tanah tanpa harus mengukurnya secara langsung di lapang setiap saat tetapi dari jauh; dan bahkan dapat pula memanfaatkan data yang diperoleh dari penerapan teknologi 4.0 itu untuk program pemupukan yang tepat (Zhang 2015). Ringkasnya, data hasil pengukuran dan pemantauan tersebut dapat didayagunakan pula dalam otomatisasi penerapan teknik pertanian, pengambilan keputusan berbasis informasi untuk meningkatkan kuantitas dan mutu hasil pertanian, untuk meminimalkan risiko usahatani, meminimalkan limbah, dan mengurangi penggunaan tenaga kerja yang diperlukan untuk mengelola tanaman.

Sejumlah pakar memperkirakan bahwa di masa mendatang transformasi ke pertanian digital adalah suatu keniscayaan. Transformasi ke arah pertanian digital memerlukan terpenuhinya sejumlah persyaratan yang setidaknya mencakup: infrastruktur dan konektivitas (*mobile subscriptions, network coverage, internet access, and electrivity supply*), daya beli, tingkat edukasi (literasi dan edukasi teknologi informasi) dan dukungan kelembagaan (Trendov et al. 2019). Pada saat ini pengembangan secara terbatas sudah dilakukan di sejumlah negara maju (Belanda, Jerman, Jepang, dan sebagainya). Untuk negara berkembang (termasuk Indonesia) statusnya saat masih dalam tahap adaptasi dan adopsi secara terbatas sehingga transformasi tersebut masih memerlukan waktu yang panjang.



Kegiatan inti pertanian adalah usahatani. Proses produksinya berbasis pada proses biologi dan karena itu ketersediaan air merupakan determinan utama. Implikasinya, sistem pertanian cerdas ataupun pertanian presisi membutuhkan dukungan sistem irigasi presisi berbasis pengelolaan air cerdas (*smart water management*). Dalam hal ini teknologi 4.0 dapat memfasilitasi tiga tahapan yang mencakup: (1) penampungan air, (2) distribusi air, dan (3) penggunaan air (Kamienski et al. 2018).

Dalam perspektif teknologi, pada saat ini banyak sekali berbagai tinjauan, penelitian, maupun kajian tentang penerapan teknologi 4.0 dalam pengelolaan irigasi (misalnya C´ulibrk et al. 2014, Masseroni et al. 2017, Kamienski et al. 2018 dan sebagainya). Sebagian besar orientasi dari teknologi tersebut terfokuskan pada peningkatkan efektivitas dan efisiensi irigasi untuk mendukung peningkatan produktivitas dan keuntungan usahatani. Sebagian besar penerapannya diorientasikan pada sistem irigasi skala kecil dan/atau skala mikro.

Secara umum sistem irigasi cerdas berbasis pada pemantauan kelembapan tanah dan curah hujan. Data kelembapan tanah diperoleh melalui pemantauan yang tersebar pada seluruh areal pertanaman. Pada setiap sensor di titik-titik pemantauan, pengukuran kelembapan adalah di sekitar zona perakaran. Pemantauan curah hujan mencakup durasi maupun intensitasnya, dan kalau diperlukan mencakup pula suhu dan kelembapan udara (Owen 2019).

Dalam pengelolaan irigasi pada usahatani, jadwal irigasi merupakan kegiatan yang sangat penting. Penjadwalan irigasi yang baik dapat dicapai jika komponen keseimbangan air (*water balance – WB*) dalam tanaman diketahui. Teknologi 4.0 mempercepat dan memudahkan proses penghitungan WB tersebut. Faktor-faktor terpenting yang tercakup dalam persamaan WB adalah (Balafoutis et al. 2017): (i) radiasi dan temperatur, (ii) evaporasi dari permukaan tanah dan tanaman, (iii)

transpirasi dari tanaman, (iv) karakteristik air limpasan dari permukaan tanah, (v) aliran air di bawah permukaan dari dan ke lokasi tanaman, (vi) perkolasi tanah, (vii) kapilaritas tanah, (viii) irigasi (menurut caranya), dan (viii) curah hujan.

## Permasalahan dan Tantangan yang Dihadapi

Kebijakan yang efektif dapat dirumuskan jika berbasis pada hasil analisis masalah yang komprehensif dan mendalam. Alasannya, hasil analisis masalah merupakan masukan utama dalam penentuan tujuan, rancang bangun, dan instrumen kebijakan. Selebihnya, hasil analisis masalah dan tantangan juga berguna untuk menentukan strategi yang layak ditempuh dalam implementasi kebijakan. Pada dasarnya masalah yang belum terpecahkan dan tantangan yang belum terjawab pada waktu sebelumnya merupakan bagian dari masalah dan tantangan yang dihadapi pada segmen waktu berikutnya dan dalam horizon waktu berada dalam suatu kontinum. Selain itu pada umumnya suatu masalah tidak berdiri sendiri tetapi terkait dengan masalah yang lain dan merupakan bagian dari masalah yang sifatnya lebih umum.

Permasalahan dan tantangan dalam pengelolaan irigasi yang sifatnya umum mencakup delapan aspek berikut:

1. Dari perspektif hukum sistem pengelolaan irigasi yang berlaku saat ini sebenarnya sedang berada dalam situasi kurang menentu karena pada saat ini Undang-Undang Sumber Daya Air yang baru masih dalam proses penyempurnaan. Penyempurnaan itu diperlukan karena pemberlakuan kembali UU No. 11 Tahun 1974 sebagai pengganti UU No. 7 Tahun 2004 sebenarnya kurang sesuai dengan permasalahan saat ini dan tantangan di masa mendatang. Alasannya, suasana kebatinan dan kondisi objektif ketika UU No. 11 Tahun 1974 dibuat sangat berbeda dengan situasi dan kondisi saat

ini. Perbedaan utama terkait implikasi: (i) situasi dan kondisi sumber daya, (ii) perubahan iklim, (iii) perubahan struktur perekonomian, (iv) desentralisasi penyelenggaraan pemerintahan, dan (v) arah perubahan nilai-nilai sosial budaya yang dianut masyarakat termasuk petani<sup>4</sup>.

2. Tingginya ketergantungan P3A dalam operasi dan pemeliharaan irigasi pada bantuan pemerintah. Sebagai contoh, proyek rintisan “*irrigation service fee*” yang pernah dilakukan tidak berhasil dikembangkan secara luas. Di sisi lain, menurut Syarif (2002), meskipun sejak 1987 anggaran yang disediakan untuk kegiatan O&P mencapai \$70–80 juta/tahun, namun alokasinya sebagian besar (60-85%) habis untuk membayar gaji pegawai dan biaya administrasi. Sisanya, yakni sekitar (15-40%) pada umumnya hanya cukup untuk membiayai perbaikan-perbaikan yang bersifat mendesak agar air dapat disalurkan ke tempat yang memerlukan sehingga pemeliharaan rutin seringkali tidak dapat tercukupi. Kondisi tersebut mengakibatkan turunnya reliabilitas pasokan air irigasi pada sebagian besar petak-petak tersier.
3. Rendahnya efisiensi irigasi. Hasil kajian Tim Studi “*Special Assistant for Project Sustainability II – SAPS II (1992) di Daerah Irigasi Brantas*

---

<sup>4</sup> Secara teknis kementerian yang berperan dalam Pengembangan dan Pengelolaan Sistem Irigasi (PPSI) adalah Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), sedangkan untuk penyiapan lahan dan budi daya pertanian dilakukan oleh Kementerian Pertanian. Strategi Kementerian PUPR berbasis pada keterpaduan infrastruktur wilayah, dimana salah satu tujuannya adalah menyelenggarakan pembangunan bidang pekerjaan umum dan perumahan rakyat untuk mendukung ketahanan air, kedaulatan pangan, dan ketahanan energi guna menggerakkan sektor-sektor strategis ekonomi domestik dalam rangka kemandirian ekonomi melalui konservasi, pemanfaatan sumber daya air dan pengendalian daya rusak air, pengelolaan sumber daya air dan pendayagunaan sumber daya air (Ditjen SDA, 2018). Selanjutnya, sejalan dengan meningkatnya kebutuhan akan informasi yang aktual dan komprehensif mengenai status dan kondisi irigasi di Indonesia, Pemerintah Indonesia mendorong kebijakan Manajemen Tunggal untuk mengakomodasi pengembangan informasi melalui “*One Map One Policy*” yang menyajikan Daerah Irigasi, Infrastruktur Irigasi, dan Kinerja Irigasi dalam bentuk Sistem Informasi Geospasial.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern (2019)**

– yang notabene merupakan sistem irigasi teknis skala besar termaju di Indonesia – menunjukkan bahwa meskipun pada level “intake” tingkat efisiensinya sekitar 80-90 persen tetapi karena pada aspek penyaluran efisiensinya hanya berkisar pada 60-80 persen dan efisiensi penggunaan di tingkat petani pada umumnya rendah (65-75 persen) maka secara keseluruhan efisiensi sistem irigasi di wilayah tersebut juga rendah (Tabel 7).

**Tabel 7.** Efisiensi irigasi pada sistem irigasi teknis di Daerah Irigasi Brantas, 1992\*)

Region	Skema irigasi	Tingkat Efisiensi (%)			
		IEF	SOEF	FUEF	SIEF*)
Hulu	Lodoyo	90	88.3	75	60
Tengah	1. Warujayeng-Kertosono Mrican)	90	57.5	70	36
	2. Turi-Tunggorono	90	58.8	70	37
Hilir	Delta Brantas	70	57.8	65	26

4. Rendahnya penggunaan air irigasi mungkin terkait dengan persepsi petani yang umumnya menganggap air irigasi tidak memiliki nilai ekonomi meskipun sebenarnya petani menyadari peran vital air irigasi dalam usahatani pada agroekosistem pesawahan<sup>5</sup>. Edukasi untuk mengkondisikan petani agar meningkatkan apresiasi terhadap nilai ekonomi air irigasi tidak mudah karena terkait fenomena berikut: walaupun pada musim kemarau air langka sehingga kadang-kadang perlu mengeluarkan biaya untuk mencukupi kebutuhannya, tetapi pada musim hujan air yang tersedia berlebihan bahkan merasa perlu membuangnya. Apresiasi yang rendah terhadap nilai ekonomi air irigasi juga tidak kondusif untuk mendorong penerapan sistem irigasi produktif dalam sistem pengelolaan irigasi berbasis *demand*

<sup>5</sup> Hasil penelitian Sumaryanto (2006) di Daerah Irigasi Brantas menunjukkan bahwa nilai ekonomi air irigasi adalah positif pada bulan-bulan tertentu. Berdasarkan harga-harga tahun 2005, nilai ekonomi air irigasi pada bulan Juni, Juli, Agustus, September, Oktober, November masing-masing adalah sekitar 10,9, 29,8, 52,2, 57,9, 43,2, dan 24,7 Rupiah/m<sup>3</sup>. Selanjutnya, jika disederhanakan dengan memberikan nilai 1 untuk rata-rata nilai ekonomi air irigasi pada Musim Tanam Pertama (MT I) maka rata-rata indeks nilai ekonomi air irigasi pada MT II dan MT III masing-masing adalah 2.0 dan 10.3.

*management*. Secara empiris, hambatan yang dihadapi untuk melakukan transformasi dari pendekatan *supply management* ke *demand management* juga terkait dengan aspek teknis dalam sistem pengelolaan dalam hubungannya dengan desain irigasi dan infrastruktur fisik yang ada. Kesulitan teknis terkait dengan: (a) kesulitan yang dihadapi dalam mengestimasi permintaan, (b) hampir semua jaringan distribusi air berupa saluran terbuka, dan (c) teknik irigasi yang diterapkan untuk tanaman yang terbanyak memerlukan air (padi) adalah sistem alir terus-menerus (*continuous flow*) dan di dalam petak tertier pengaliran air irigasi antar petakan sawah adalah dari petak satu ke petak berikutnya berbasis gravitasi yang lazimnya tidak melewati saluran air.

5. Permasalahan yang dihadapi dalam sinkronisasi jadwal tanam antar golongan irigasi. Contoh konkret dari fenomena ini adalah makin tidak terkoordinasinya jadwal tanam di sebagian lokasi di Daerah Irigasi Jatiluhur. Cukup banyak kasus ditemukan di lapang bahwa jadwal tanam yang diterapkan petani tidak sesuai dengan sistem pembagian air (Golongan Irigasi) yang telah ditetapkan. Akibatnya, di cukup banyak petani di wilayah hilir yang sering mengalami terjadi kelebihan air ketika tak diperlukan dan tak ada air ketika dibutuhkan. Upaya untuk mengatasi persoalan tersebut terkendala oleh banyaknya infrastruktur yang kurang berfungsi dan kekurangpedulian antar P3A, sementara itu penegakan aturan tidak efektif.
6. Permasalahan yang dihadapi dalam menumbuhkan kesadaran tentang pentingnya aspek keberlanjutan. Ketersediaan sumber daya air untuk irigasi dipengaruhi oleh kondisi wilayah tangkapan air sehingga pengelolaannya melibatkan *stakeholder* dalam domain yang lebih luas meliputi setidaknya satu Daerah Aliran Sungai (DAS). Pihak-pihak yang terlibat bukan hanya komunitas petani tetapi juga komunitas nonpertanian. Selebihnya, cakupan permasalahannya sangat luas dan bersifat lintas sektor sehingga tidak mungkin dapat ditangani secara sektoral. Sampai saat ini implementasi kebijakan

yang konsisten dan sistematis diorientasikan untuk menciptakan sistem pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan secara komprehensif belum sesuai sasaran yang diharapkan.

7. Persoalan yang terkait dengan aspek keadilan. Turunnya kinerja infrastruktur fisik dan kinerja pengelolaan menyebabkan petani-petani yang lokasi lahannya terletak “di belakang” seringkali mengalami perlakuan yang tidak adil. Pada saat pasokan air berlebih, lahannya kebanjiran; sebaliknya pada saat langka air, air yang sampai ke petakan sawahnya sangat sedikit bahkan kadang-kadang tidak kebagian. Ketidakadilan ini makin sering terjadi seiring melemahnya kohesi kelompok dalam komunitas petani. Melemahnya kohesi kelompok tersebut terkait dengan semakin beragamnya persepsi, aspirasi, dan kepentingan petani yang dipengaruhi oleh turunnya peranan pertanian dalam perekonomian desa.
8. Persoalan yang berkenaan dengan pengelolaan lintas batas (*trans-boundary management*). Ke depan, seiring meningkatnya kelangkaan air irigasi khususnya dan sumber daya air pada umumnya, persoalan ini akan makin mengemuka dan berpotensi menimbulkan konflik. Pengelolaan lintas batas tersebut tidak hanya mencakup wilayah kerja antar P3A tetapi juga antara P3A dengan kelompok masyarakat lainnya.
9. Permasalahan yang terkait dengan pemanfaatan air dari drainase. Meskipun potensinya untuk menambah ketersediaan air (terutama bagi pesawahan yang lokasinya di wilayah hilir) cukup besar tetapi sampai saat ini pemanfaatan ulang (*re-use*) air irigasi yang keluar dari saluran drainase belum terprogram dengan baik. Indikatornya, kondisi saluran drainase pada umumnya tidak terawat. Lebih dari itu, cukup banyak saluran drainase yang melewati kawasan pemukiman dan pada sejumlah kasus tercemar limbah rumah tangga sehingga kurang cocok untuk dimanfaatkan sebagai air irigasi.

Permasalahan dan tantangan yang terkait dengan kemungkinan penerapan dan pendayagunaan teknologi 4.0 dalam pengelolaan irigasi meliputi setidaknya tujuh hal berikut:

1. Penyelarasan kerangka kerja penerapan teknologi dengan asas-asas pengelolaan irigasi. Teknologi hanyalah salah satu komponen dari sistem irigasi. Meskipun teknologi 4.0 potensial untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas tetapi kurang kompeten untuk menangani persoalan yang berkenaan dengan aspek-aspek keadilan dan pemerataan karena memang bukan domainnya. Aspek-aspek tersebut merupakan domain kelembagaan, sedangkan dalam sistem pengelolaan terdapat keterkaitan yang kuat antara teknologi – infrastruktur – kelembagaan. Di satu sisi penerapan teknologi membutuhkan dukungan infrastruktur dan kelembagaan, di sisi lain perkembangan dari penerapan teknologi mendorong terjadinya perubahan kelembagaan. Secara empiris membangun sistem kelembagaan yang sesuai dengan persyaratan penerapan teknologi dan kinerja infrastruktur fisik membutuhkan proses yang cukup panjang. Upaya yang perlu dilakukan untuk mengonvergensi persepsi, aspirasi, kepentingan, sikap dan perilaku *stakeholder* yang terlibat dalam sistem pengelolaan irigasi membutuhkan adanya sistem pengorganisasian yang tepat. Untuk itu diperlukan adanya penegasan batas yurisdiksi, aturan representasi, dan hak-hak kepemilikan. Dalam tataran praktis, pilar-pilar keorganisasian tersebut harus pula dilandasi pemahaman bahwa air irigasi adalah *common pool resources* dan merupakan bagian integral dari sistem sumber daya air secara keseluruhan. Selibhnya, eksistensi organisasi pengelolaan irigasi juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sosial dalam lingkup ruang maupun tata nilai yang dimensinya lebih luas.
2. Peningkatan pengetahuan dan keterampilan dalam rangka penerapan teknologi 4.0 di bidang pengelolaan irigasi. Dalam konteks ini sasaran utamanya adalah petani usia muda karena lebih responsif terhadap perkembangan teknologi. Berbagai peluang yang tercipta

dari penerapan teknologi 4.0 diharapkan mendorong munculnya kewirausahaan petani muda dalam bidang bisnis di sektor pertanian, baik di bidang manajemen rantai pasok maupun usahatani. Mengacu pada situasi dan kondisi di lapangan diperkirakan yang akan lebih cepat berkembang adalah pada subsektor hortikultura khususnya sayuran bernilai ekonomi tinggi.

3. Peningkatan pemahaman dan penghayatan tentang makna interdependensi antar *stakeholder* dalam pengelolaan air irigasi khususnya dan pengelolaan sumber daya air pada umumnya. Dalam era IoT hal ini sangat penting untuk meminimalkan tingkat kerawanan *stakeholder* terpapar “*hoax*” beserta dampak negatifnya.
4. Dengan meningkatnya efisiensi dan produktivitas akibat penerapan teknologi 4.0, terjadi peningkatan daya saing produk pertanian. Jika dikaitkan dengan perkembangan yang terjadi selama ini, kebijakan yang kondusif untuk melindungi kepentingan petani domestik sangat diperlukan. Permasalahan ini terkait dengan struktur pertanian dan ketersediaan infrastruktur irigasi khususnya maupun infrastruktur pertanian dan perdesaan pada umumnya.
5. Peningkatan manajemen lintas batas (*trans-boundary management*) antar P3A maupun antara P3A dengan kelompok masyarakat lainnya. Hal ini menuntut adanya penguatan koordinasi antar pihak-pihak yang berkepentingan.
6. Ketersediaan data yang *valid* dan *reliable*. Daya guna teknologi 4.0 pada pengelolaan irigasi bergantung pada tersedianya data valid dan terpercaya yang cukup dalam arti ragam jenis maupun ruang lingkup cakupannya.
7. Biaya investasi. Biaya yang diperlukan mencakup: (a) pengembangan kapasitas sumber daya manusia khususnya petani dalam penerapan teknologi 4.0, (b) pengadaan infrastruktur fisik untuk mendukung penerapan teknologi 4.0, (c) pengadaan infrastruktur fisik untuk mendukung implementasinya dalam sistem pengelolaan irigasi yang pendekatannya mengarah pada *demand management*.



## SIMPUL-SIMPUL STRATEGIS DAN REKOMENDASI KEBIJAKAN

Perbaikan sistem pengelolaan irigasi adalah untuk mendukung terwujudnya ketahanan pangan. Dalam strategi pembangunan, upaya mewujudkan ketahanan pangan tidak dapat secara eksklusif dipisahkan dari ketahanan air dan energi karena ketiganya sangat vital bagi kehidupan suatu bangsa. Implikasinya, strategi kebijakan untuk mewujudkannya harus berbasis pendekatan “*water – energy – food nexus*” secara komprehensif (FAO 2014, Salam et al. 2017, Gupta 2017). Sementara itu karena air, pangan, dan energi merupakan kebutuhan primer pada hampir semua sektor kehidupan maka perumusan kebijakan maupun strategi implementasinya memerlukan pendekatan lintas disiplin dan lintas sektor (Endo et al. 2018).

Sebagai implikasi dari globalisasi, strategi pembangunan di bidang ketahanan pangan perlu mempertimbangkan kondisi lingkungan strategis global. Terkait dengan hal itu gambaran mengenai ketersediaan sumber daya lahan dan air di lingkup global adalah sebagai berikut. Secara global, pertanian mengonsumsi sekitar 70% dari seluruh *freshwater withdrawn*. Selain air, sumber daya alam terpenting lainnya lahan dan keanekaragaman hayati. Pada saat ini sekitar 38% dari permukaan daratan dimanfaatkan untuk pertanian, tetapi 33% dari lahan pertanian dunia itu mengalami degradasi. Perluasan lahan pertanian mendorong terjadinya 80% deforestasi dan terkait menyebabkan keragaman genetik banyak berkurang. Terkurusnya keanekaragaman genetik itu mempersempit alternatif pilihan dalam pemuliaan varietas tanaman baru yang mungkin lebih unggul dan adaptif terhadap perubahan iklim (FAO 2017). Sementara itu sistem produksi pangan dunia berkontribusi sekitar 24% dari emisi gas rumah kaca global (IPCC 2014, Vermeulen et al. 2012). Selanjutnya, mengingat sektor pertanian merupakan pengguna air tawar terbesar di planet ini (Rockström et al. 2017) maka pertanian

sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim. Permasalahannya makin kompleks karena pada tahun 2013 diperkirakan permintaan air akan meningkat sekitar 40%, sedangkan saat ini secara global sekitar 40% populasi pedesaan tinggal di daerah yang langka air (FAO 2017) dan sektor pertanian diharapkan juga berkontribusi nyata dalam mitigasi perubahan iklim. Terkait dengan itu pemecahan masalah yang terkait dengan pengelolaan sumber daya air dan pangan harus dikaitkan dengan iklim sehingga memerlukan pendekatan berbasis “*water –energy – food – climate nexus*” (Grobicki 2016).

Kinerja pengelolaan sumber daya air terkait dengan paradigma yang dianut. Terkait dengan itu, Pasandaran (2005) menyatakan bahwa paradigma dalam alokasi dan pendayagunaan sumber daya air yang saat ini dianut harus direformasi. Alasannya, paradigma yang dianut dalam alokasi dan pendayagunaan sumber daya air yang diterapkan pada saat tidak mengalami perubahan yang nyata. Padahal situasi dan kondisi objektif saat ini sangat berbeda jika dibandingkan dengan beberapa dekade yang lalu. Beberapa perbedaan yang terpenting antara lain: (i) terjadinya peningkatan kelangkaan sumber daya air, (ii) pemberlakuan desentralisasi sistem penyelenggaraan pemerintahan (otonomi daerah) sejak reformasi, (iii) terkait perubahan iklim frekuensi kejadian banjir, kekeringan, dan angin puting beliung meningkat, dan sebagainya. Inti sari paradigma yang baru adalah bahwa alokasi dan pendayagunaan sumber daya air harus lebih bijaksana yaitu harus memprioritaskan prinsip-prinsip kelestarian sumber daya alam, hak-hak asasi manusia, demokrasi, dan efisiensi agar kemakmuran dan keadilan yang tercipta dapat dinikmati oleh semua; untuk generasi sekarang maupun generasi mendatang. Paradigma tersebut perlu diterapkan sebagai basis pendekatan dalam perumusan kebijakan dan program pengelolaan sumber daya air secara keseluruhan termasuk kebijakan sistem pengelolaan irigasi karena lebih dari 70 persen *freshwater withdrawn* digunakan untuk irigasi (Seckler et al. 1998, Rosegrant et al. 2002, Katumi et al. 2002, Molden 2002).

## Simpul-simpul Strategis Pengelolaan Irigasi Pada Era Industri 4.0

Simpul-simpul strategis kebijakan pengelolaan irigasi yang diorientasikan untuk mewujudkan ketahanan pangan di era industri 4.0 antara lain:

1. Pengelolaan irigasi merupakan bagian dari sistem pengelolaan sumber daya air dalam konteks yang lebih luas sehingga *stakeholder*-nya tidak hanya petani ataupun P3A tetapi terkait pula dengan kelompok masyarakat yang lain. Seiring kelangkaan sumber daya air, “*transboundary management*” antarindividu, antar-P3A, maupun antara P3A dengan komunitas lainnya merupakan salah satu simpul kritis.
2. Terdapat hubungan timbal balik antara pengelolaan irigasi dan pengelolaan usahatani. Di satu sisi, pengelolaan air irigasi adalah bagian dari pengelolaan usahatani; namun di sisi lain kinerja irigasi merupakan acuan bagi petani dalam pengambilan keputusan mengenai pola pengusahaan tanaman yang akan dilakukan. Fakta ini perlu diperhitungkan dalam proses perubahan pendekatan dalam pengelolaan irigasi dari pengelolaan berbasis pasokan (*supply management*) ke pengelolaan berbasis permintaan (*demand management*).
3. Edukasi tentang esensi interdependensi antarsemua individu/kelompok dalam pemanfaatan sumber daya air dengan narasi-narasi positif untuk membangun persepsi mengenai pentingnya saling pengertian dan kerja sama antar *stakeholder* harus dikembangkan agar dampak positif pemanfaatan teknologi informasi jauh lebih besar daripada dampak negatifnya.
4. Penerapan teknologi 4.0 dalam sistem usahatani pada umumnya dan sistem irigasi khususnya, harus sinergis dan terintegrasikan dalam asas-asas pengelolaan irigasi yang berkeadilan, selaras dengan prinsip pemerataan, dan sistem pemanfaatan sumber daya air yang berkelanjutan (berwawasan lingkungan).

5. Mengingat bahwa struktur penguasaan lahan usahatani didominasi unit-unit skala kecil yang melibatkan petani yang jumlahnya sangat banyak maka penerapan teknologi 4.0 dalam pengelolaan irigasi harus selaras dengan *Participatory Irrigation Manajement* (PIM) berbasis hamparan.
6. Lingkungan strategis P3A selalu mengalami perkembangan dan dinamika. Kehadiran teknologi 4.0 mempercepat proses perubahan tersebut dan memengaruhi kinerja pengelolaan irigasi, bahkan eksistensi P3A. Untuk itu diperlukan adanya kebijakan yang kondusif bagi inovasi dan adaptasi kelembagaan P3A.
7. Kunci sukses pemanfaatan teknologi 4.0 untuk mendukung pencapaian sasaran pembangunan nasional adalah adanya kebijakan yang efektif untuk meningkatkan kapasitas sumber daya manusia, ketersediaan data yang valid dan terpercaya serta ketersediaan infrastruktur pendukungnya.

## **Rekomendasi Kebijakan**

Menyongsong era industri 4.0, kebijakan sistem pengelolaan irigasi dalam rangka mendukung ketahanan pangan perlu disesuaikan dan/ atau disempurnakan. Rekomendasi kebijakan mencakup beberapa hal berikut:

1. Kebijakan untuk memperkuat sistem koordinasi agar keterpaduan perumusan dan pelaksanaan kebijakan membaik. Sesungguhnya dalam undang-undang sumber daya air maupun peraturan perundang-undangan aturan turunannya untuk mewujudkan keterpaduan antarsektor, antarprogram, maupun antar-*stakeholder* telah dibuat. Kunci sukses untuk mewujudkannya terletak pada koordinasi.

2. Penegakan regulasi/peraturan perundang-undangan di bidang pengelolaan irigasi. Mencermati berbagai informasi dari media massa maupun dari pengamatan di lapangan, komitmen politik yang diharapkan efektif untuk mendukung penegakan regulasi masih lebih banyak “himbauan” sehingga penegakan regulasi belum membudaya. Terkait dengan itu penegakan regulasi makin dirasakan urgensinya.
3. Kebijakan dan program penguatan ketersediaan data sumber daya lahan dan air. Dalam gerak perubahan sosial yang cepat di tengah lingkungan strategis yang sangat dinamis keterbatasan data ini menjadi salah satu kelemahan mendasar terutama dalam perencanaan program dan strategi implementasinya di lapangan. Untuk itu pengembangan sistem pengukuran, pendataan dan pemantauan iklim, kondisi tanah, pemetaan lahan-lahan pertanian menurut agroekosistem, pemetaan kebutuhan air untuk setiap sektor dan sebagainya perlu diperkuat.
4. Kebijakan yang terkait dengan perubahan pendekatan dan strategi pengembangan. Ketika sumber daya masih melimpah, titik berat pendekatan adalah pada aspek fisik dan aspek teknis. Namun seiring meningkatnya kelangkaan sumber daya dan kompleksitas permasalahan maka kondisi tersebut perlu bergeser ke aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Arah perubahan yang terjadi selama ini belum cukup untuk menjawab permasalahan yang ditimbulkan oleh senjang kebutuhan dan ketersediaan yang makin lebar dan makin komplikatif.
5. Kebijakan di bidang pembiayaan investasi dan sistem operasi dan pemeliharaan irigasi. Biaya investasi maupun rehabilitasi irigasi adalah mahal dan makin tinggi. Mengacu pada terbatasnya anggaran pemerintah dalam pembiayaan OP irigasi semestinya partisipasi petani dalam pembiayaan OP yang sejak era reformasi mengendur digalakkan kembali. Sasaran utamanya adalah pada komunitas

petani yang menikmati sistem irigasi yang reliabilitas pasokan airnya baik. Selain untuk mendukung optimalisasi fungsi irigasi di areal layanannya, hal ini juga relevan dengan pewujudan asas keadilan karena di luar kelompok sasaran tersebut sangat banyak petani yang harus mengeluarkan biaya untuk pengadaan air irigasi. Terkait dengan pembiayaan ini juga sangat dirasakan urgensi dan relevansi penyempurnaan sistem pembiayaan pengelolaan *catchment area* dan kompensasi kepada masyarakat yang lahannya tergusur untuk pembangunan infrastruktur (misalnya waduk).

6. Kebijakan di bidang edukasi dan sosialisasi tentang urgensi peningkatan efisiensi dan pentingnya wawasan keberlanjutan dalam pemanfaatan sumber daya air. Meskipun pada musim hujan air melimpah, namun pada musim kemarau sangat banyak daerah yang mengalami kelangkaan air. Upaya-upaya untuk memanfaatkan air irigasi secara cerdas sehingga efisien dan berkelanjutan telah dilakukan akan tetapi belum membudaya di seluruh lapisan masyarakat petani.
7. Kebijakan yang kondusif bagi peningkatan kualitas literasi dan sosialisasi tentang pentingnya saling pengertian antar semua *stakeholder*. Seiring meningkatnya kelangkaan sumber daya maka tensi persaingan antar *stakeholder* meningkat. Jika kualitas literasi sebagian besar pengguna teknologi informasi masih rendah dan tidak dibekali pemahaman yang cukup mengenai esensi dari saling ketergantungan antar semua *stakeholder* dalam pemanfaatan sumber daya air (sehingga saling pengertian harus dikembangkan) maka potensi konflik mudah muncul ke permukaan dan meluas.
8. Kebijakan pengembangan dan pemerataan ketersediaan infrastruktur. Ini mencakup: (a) infrastruktur fisik untuk mendukung teknologi informasi maupun teknologi 4.0 lainnya di bidang irigasi dan (b) infrastruktur fisik irigasi untuk mengimplementasikan rancang bangun operasi dan pemeliharaan irigasi berbasis teknologi

- 4.0. Ini diperlukan untuk mengefektifkan penerapan teknologi 4.0 dan meminimalkan kesenjangan perolehan manfaat ekonomi antar pengguna.
9. Kebijakan yang terkait dengan penyempurnaan aturan perundang-undangan di bidang penggunaan teknologi informasi dalam hubungannya dengan implementasi undang-undang sumber daya air.
  10. Kebijakan akselerasi peningkatan akses petani dan P3A terhadap teknologi 4.0 yang tepat guna dan harus terintegrasikan dalam kebijakan pengembangan pertanian yang berorientasi pada peningkatan produksi dan pendapatan petani secara sinergis.

## **PENUTUP**

Seiring pertumbuhan penduduk, kebutuhan pangan akan terus bertambah. Bersamaan dengan itu meningkatnya taraf kehidupan masyarakat mendorong terjadinya perkembangan atribut permintaan pangan. Di sisi lain upaya peningkatan produksi pangan dihadapkan pada situasi dan kondisi yang makin kurang kondusif. Sumber daya lahan dan air mengalami degradasi dan makin langka. Sementara itu terkait dengan perubahan iklim maka iklim ekstrem makin sering terjadi, curah hujan sebagai pasokan air untuk tanaman secara langsung maupun sebagai sumber air irigasi makin tak menentu, dan potensi eksplosi hama dan penyakit tanaman meningkat. Secara keseluruhan hal itu mengakibatkan risiko usahatani makin tinggi. Bagi Indonesia pengembangan irigasi merupakan salah satu simpul strategis pengembangan produksi pangan dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan yang berkelanjutan. Kontribusi irigasi terhadap pertumbuhan produksi pangan bergantung pada ketersediaan dan kinerja irigasi. Ketersediaan air irigasi terkait dengan sistem pengelolaan sumber daya air secara dalam konteks yang lebih luas, sedangkan kinerja irigasi ditentukan oleh kinerja simultan dari infrastruktur fisik dan pengelolaannya. Mengingat kompetisi penggunaan

air antarpetani, antar-P3A, maupun antara P3A dengan kelompok lain makin ketat maka kebijakan yang efektif untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan kapasitas manajemen konflik sangat diperlukan. Mengacu pada pangsa penggunaan air antar sektor, peningkatan efisiensi irigasi yang *significant* tidak hanya merupakan solusi dari masalah yang dihadapi petani tetapi juga kondusif bagi perbaikan alokasi sumber daya air antar sektor.

Era industri 4.0 menawarkan berbagai terobosan teknologi yang kondusif untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian. Pada bidang irigasi, pengembangan sistem irigasi presisi dan/atau sistem irigasi cerdas efektif untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi dan peningkatan produktivitas. Berpijak pada situasi dan kondisi pertanian Indonesia saat ini tampaknya prospek pengembangan teknologi tersebut dalam jangka pendek–menengah masih terbatas pada sistem irigasi mikro terutama pada usahatani hortikultura. Untuk sistem irigasi skala besar pada ekosistem pesawahan berbasis usahatani padi agar secara teknis dan ekonomi layak dan secara sosial dapat diterima memerlukan beberapa tahapan yang prosesnya lebih panjang. Secara teknis, pengelolaan irigasi cerdas ataupun irigasi presisi adalah berbasis pendekatan permintaan, sedangkan sistem pengelolaan irigasi skala besar yang saat ini berlaku adalah berbasis pendekatan pasokan. Biaya investasi yang di bidang infrastruktur dan pengembangan sumber daya manusia untuk mendukung penerapan sistem pengelolaan berbasis permintaan pada sistem irigasi skala besar adalah sangat besar. Sementara itu jumlah petani yang terlibat sangat banyak, pada umumnya skala penguasaan garapannya sempit, kemampuan permodalannya terbatas, dan latar belakang sosial ekonominya beragam. Selbihnya, penerapan teknologi 4.0 yang pada dasarnya berorientasi pada efisiensi dan produktivitas harus pula selaras dengan asas-asas pengelolaan irigasi partisipatif yang terkait dengan aspek-aspek keadilan, pemerataan, dan keberlanjutan. Era industri 4.0 adalah suatu keniscayaan. Dalam era itu terdapat berbagai macam teknologi yang efektif untuk mendukung peningkatan efisiensi



dan produktivitas. Oleh karena itu, kondusif bagi pemecahan masalah yang terkait dengan meningkatnya kelangkaan sumber daya, termasuk sumber daya air untuk pertanian. Optimalisasinya memerlukan adanya kebijakan dan program yang kondusif untuk mengintegrasikan orientasi penerapan teknologi tersebut ke dalam kerangka kerja kelembagaan pengelolaan irigasi sebagaimana diamanatkan dalam undang-undang sumber daya air.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Aagaard A. 2019. The Concept and Frameworks of Digital Business Models. In Aagaard A. (Ed.). 2019. Digital Business Models: Driving Transformation and Innovation. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature. 264 p., pp: 1 - 26.
- Abdel-Basset M, G Manogaran, and M Mohameda. 2018. Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems. Future Generation Computer Systems, <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.04.051>.
- Arif S S. 1996. Ketidak Sesuaian Rancangbangun Jaringan Irigasi di Tingkat Tersier dan Akibatnya Terhadap Pelaksanaan Program Penganekaragaman Tanaman (*Crop Diversification*): Studi Kasus di Daerah Irigasi (DI) Cikuesik, Cirebon.
- Aryal A, L Ying , P Nattuthurai, and L Bo. 2018. The emerging big data analytics and IoT in supply chain management: a systematic review. Supply Chain Management: An International Journal, <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0149>
- Badan Ketahanan Pangan. 2019. Statistik Ketahanan Pangan 2018. Badan Ketahanan Pangan, Kementerian Pertanian. Jakarta. 97 halaman.
- Balafoutis AT, B Beck, S Fountas, Z Tsiropoulos, J Vangeyte, T van der Wal, I Soto-Embodas, M Gómez-Barbero, and S M Pedersen. 2017. Smart Farming Technologies - Description, Taxonomy and

- Economic Impact. In Pedersen S. M. and K. M. Lind. (Eds). Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives. Springer International Publishing AG 2017. 276: 21 - 78.
- BPS. 2018. Hasil Survey Pertanian Antar Sensus (SUTAS) 2018. Badan Pusat Statistik (BPS). Jakarta. 67 halaman.
- Braun AT, E Colangelo, and T Steckel. 2018. Farming in the Era of Industrie 4.0. *Procedia CIRP*. 72: 979-984.
- Bunz M and G Meikle. 2018. *The Internet of Things*. Polity Press, 101 Station Landing, Suite 300, Medford, MA 02155, USA. 149 p.
- Burton M. 2010. Irrigation Management: Principles and Practices. CAB International. 375 p.
- C'ulibrk D, D Vukobratovic, V Minic, M A Fernandez, J A Osuna, and V Crnojevic. 2014. Sensing Technologies For Precision Irrigation. *SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering*, DOI: 10.1007/978-1-4614-8329-8\_4
- Direktorat Jenderal Sumber daya Air. 2018. Program Pengembangan dan Pengelolaan Sistem Irigasi di Indonesia. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta. 5 halaman.
- Endo, A., T. Kumazawa, K. Burnett, A. Ishii, I. Tsurita, C.A. Wada, T. Kato, M. Yamada, and P. Orencio. 2018. An Interdisciplinary Approach for Water-Energy-Food Nexus. In Endo, A and T. Oh (Eds). 2018. *The Water-Energy-Food Nexus: Human-Environmental Security in the Asia-Pacific Ring of Fire*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 337 p., pp: 289 - 300.
- FAO. 2014. *The Water-Energy-Food Nexus: A new approach in support of food security and sustainable agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 20 p.
- FAO. 2017. *The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Gilchrist A. 2016. *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Alasdair Gilchrist, Apress. Bangken, Nonthaburi, Thailand. 250 p.

- Grobicki A. 2016. Water-food-energy-climate: Strengthening the weak links in the Nexus. Dalam Dodds, F. and J. Bartram (Eds.). 2016. The Water, Food, Energy and Climate Nexus. Earthscan Studies in Natural Resource Management. Routledge 2 Park Square, Milton Park, Abingdon. 265 p., pp: 127 - 137.
- Gupta AD. 2017. Water-Energy-Food (WEF) Nexus and Sustainable Development. Dalam Salam, P.A., S. Shrestha, V.P. Apandey, and A.K. Anal (Eds). 2017. Water-Energy-Food Nexus: Principles and Practices. American Geophysical Union and John Wiley & Sons, Inc. 252:223 - 242.
- Hazell PBR. 2010. Asia's Green Revolution: past achievements and future challenges. In: Pandey, S., Byerlee, D., Dawe, D., Dobermann, A., Mohanty, S., Rozelle, S., Hardy, B. (Eds.), Rice in the Global Economy: Strategic Research and Policy Issues for Food Security. International Rice Research Institute, Manila, Philippines, pp. 61-92.
- Hossain M. 2006. Presentation at the Special Workshop: Natural Resource Management for Poverty Reduction and Environmental Sustainability in Fragile Rice-based Systems, 8-9 March 2006. BRAC Center, Dhaka, Bangladesh.
- Katumi M, T Oki, Y Agata, and S Kane. 2002. Global Water Resources Assesment and Future Projection. In: MK Yayima, Okado, and Matsumoto (Eds). Water for Sustainable Agriculture in Developing Region: More Crop for Every Scare Drop. JIRCAS International Symposium Series. (10): vii - xvii.
- Lautze J, S de Silva, M Giordano, and L Sanford. 2014. Water Governance. In Lautze (ed). Key Concepts in Water Resource Management: A Review and Critical Evaluation. International Water Management Institute. Routledge. 131 : 25 - 38.
- Laxmi A R and A Mishra. 2018. Automation in supply chain management system using Internet of Things (IoT). International Journal of Engineering & Technology. 7 (2): 777-783.

- Luthra S, SK Mangla, D Garg, and A Kumar. 2018. Internet of Things (IoT) in Agriculture Supply Chain Management: A Developing Country Perspective. Dalam Dwivedi Y et al. (eds) Emerging Markets from a Multidisciplinary Perspective. Advances in Theory and Practice of Emerging Markets. Springer International Publishing AG. pp: 209 - 220.
- Meola A. 2016. Why IoT, big data & smart farming are the future of agriculture. Business Insider. Insider, Inc.
- Molden D. 2002. Meeting Water Needs for Food and Environmental Security. In M.K. Yayima, Okado, and Matsumoto. (Eds). Water for Sustainable Agriculture in Developing Region: More Crop for Every Scare Drop. JIRCAS International Symposium Series.No. 10: xix - xxii.
- Osmet. 1996. Sistem Pengelolaan Air Menunjang Pembangunan Pertanian yang Berkelanjutan. Dalam. Hermanto et.al.(Ed.).1996. Persaingan Dalam Pemanfaatan Sumber daya Lahan dan Air. Dampaknya Terhadap Keberlanjutan Swasembada Pangan. Hasil Kerja sama Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian Dengan Ford Foundation. PSE. Bogor.
- Owen L D A. 2018. Smart Water Technologies and Techniques: Data Capture and Analysis for sustainable. Chapter 7: The Other 70%: Agriculture, Horticulture and Recreation. pp: 177 - 198. John Wiley & Sons, Ltd. 235 p.
- Panda M and BK Tripathy. 2018. Internet of Things and Artificial Intelligence: A New Road to the Future Digital World. Dalam Tripathy BK, and J Anuradha (Eds.). 2018. Internet of Things (IoT): Technologies, Applications, Challenges, and Solutions. Taylor & Francis Group, LLC. 334 p.; pp:42 - 58.
- Pasandaran E. 2005. Reformasi Irigasi Dalam Kerangka Pengelolaan Terpadu Sumber daya Air. Analisis Kebijakan Pertanian. 3 (3): 217 - 235.

- Pasandaran E, F Kasryno dan AM Fagi. 2004. Masalah yang Memerlukan Analisis dan Evaluasi Lebih Lanjut. Dalam Kasryno, F., E. Pasandaran, dan Achmad M. Fagi. 2004. Ekonomi Padi dan Beras Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Jakarta. 606 halaman, halaman: 595 - 606.
- Presser M, Z Qi, A Bechmann and MJ Beliatis. 2019. The Internet of Things as Driver for Digital Business Model Innovation. Dalam Aagaard, A. (Ed.). 2019. Digital Business Models: Driving Transformation and Innovation. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature. 264 p., pp: 27 - 56.
- Rockström J et al. 2017. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio*. (46)1: 4-17.
- Rogers P and Hall A. 2003. Effective Water Governance. TEC Background Paper 7. Stockholm: Global Water Partnership.
- Rosegrant M W, X Cai and SA Cline. 2002. World Water and Food to 2025: Dealing With Scarcity. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Wahington, D.C.
- Rosegrant, M.W., N.D. Perez, and N.N. San. 1997. Indonesian Agriculture to 2020: Source of Growth Projections, and Policy Implications. Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian, Bogor.
- Salam P A, VP Pandey, S Shrestha and AK Anal. 2017. The Need for the Nexus Approach. Dalam Salam, P.A., S. Shrestha, V.P. Apandey, and A.K. Anal (Eds). 2017. Water - Energy - Food Nexus: Principles and Practices. American Geophysical Union and John Wiley & Sons, Inc. 252 p., pp: 1 - 10.
- Salkin C, M Oner, A Ustundag and E Cevikcan. 2018. 1 A Conceptual Framework for Industry 4.0. Dalam Ustundag, A., and E. Cevikcan (Eds.). 2018. Industry 4.0: Managing The Digital Transformation. Springer International Publishing Switzerland. 286 : 1 - 23.

- Seckler, D.R., U. Amarasinghe, D. Molden, R de Silva and R Barker. 1998. World Water Demand and Supply, 1990 - 2025: Scenarios and Issues, IWMI, Research Report No. 19, Colombo, Sri Lanka.
- Sumaryanto, Hermanto, M Maulana, M Suryadi, KS Indraningsih, E Suryani, and P Karfakis. 2017. Analisis and Mapping of Impacts Under Climate Change for Adaptation and Food Security Through South-South Cooperation (AMICAF-SSC) Component 2: Household Vulnerability to Food Insecurity Resulting from Climate Change: Impact Assessment, Profiling and Mapping. Kerja sama Penelitian PSEKP dengan FAO. Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. Bogor.
- Sumaryanto. 2006. Iuran Irigasi Berbasis Komoditas Sebagai Instrumen Peningkatan Efisiensi Penggunaan Air Irigasi: Pendekatan dan Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Implementasinya. Disertasi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sumaryanto. 2013. Estimasi Kapasitas Adaptasi Petani Padi Terhadap Cekaman Lingkungan Usahatani Akibat Perubahan Iklim. Jurnal Agro Ekonomi. 31 (2) Oktober 2013, ISSN 0216-9053. Terakreditasi No.447/AU2/P2MI-LIPI/08/2012.
- Syarif R. 2002. Kebijakan Pengelolaan Sumber daya Air Dalam Mendukung Produksi Pangan. Makalah disampaikan pada Seminar "Hari Pangan Sedunia XXII, Jakarta, 9 Oktober 2002.
- Tim Studi "Special Assistant for Project Sustainability (SAPS)" II. 1992. Brantas River Basin Development Project. Perum Jasa Tirta, Malang.
- Trendov N M, S Varas, and M Zeng. 2019. Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas (Briefing Paper). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Tzounis A, N Katsoulas, T Bartzanas, and C Kittas. 2017. Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges (Review). biosystems engineering. 164: 31 - 48.

- United Nations Development Programme (UNDP). 2004. Water Governance for Poverty Reduction Key Issues and the UNDP Response to the Millennium Development Goals. Water Governance Programme Bureau for Development Policy. New York: UNDP.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2006. Water Development Report 2: Water: A shared responsibility. United Nations World Water Assessment Program. Paris: UNESCO.
- van Vuuren, Detlef P, J Edmonds, M Kainuma, K Riahi, A Thomson, K Hibbard, G C Hurtt, T Kram, V Krey, J - F Lamarque, T Masui, M Meinshausen, N Nakicenovic, SJ Smith, and SK Rose. 2011. The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* (2011). 109:5-31.
- Vermeulen S, B Campbell, and J Ingram. 2012. Climate change and food systems. *Annual Review of Environmental Resources*. 37: 195-222.
- World Bank. 1982. *Indonesia: Policy Options and Strategies for Major Food Crops*. World Bank, Washington, D.C.
- Yu J, H C Bang, H Lee, and YS Lee. 2016. Adaptive Internet of Things and Web of Things convergence platform for Internet of reality services. *The Journal of Supercomputing*. 72: 84-102.
- Zhang Q. 2015. *Precision Agriculture Technology for Crop Farming*. CRC Press. pp. 249-58. ISBN 9781482251081.





# MANAJEMEN AIR IRIGASI MENDUKUNG PERTANIAN PRESISI

Nono Sutrisno dan Nani Heryani

## PENDAHULUAN

Sistem pertanian konvensional pada awalnya dilakukan hanya untuk mencukupi keluarga dan dilakukan dengan berpindah-pindah apabila produktivitas tanah sudah menurun dalam arti hasil sudah sangat menurun. Sistem pertanian demikian bisa dilakukan bila penduduk masih sedikit dan sumber daya lahan masih tersedia melimpah. Berkembangnya penduduk dengan cepat serta semakin terbatasnya sumber daya lahan dan air, menyebabkan sistem pertanian konvensional tidak sesuai. Selain itu, tidak ramah lingkungan, menelantarkan lahan yang tidak produktif yang akan menyebabkan luas lahan yang terdegradasi semakin luas.

Pada saat ini, kebutuhan pangan penduduk semakin meningkat, di sisi lain, sumber daya lahan dan air semakin terbatas. Kondisi demikian akan menimbulkan adanya ancaman ketersediaan pangan untuk memenuhi kebutuhan seluruh populasi manusia di masa depan dan isu ketersediaan pangan tersebut menjadi perhatian dunia. Berkaitan dengan hal tersebut, *Food and Agriculture Organization* (FAO) memberikan rekomendasi agar semua sektor pertanian perlu dikelola dengan menggunakan teknologi inovatif. Adanya tantangan-tantangan tersebut menyebabkan pendekatan tradisional harus diubah dengan pendekatan baru. Konsep pengembangan pertanian yang banyak dikembangkan pada saat ini adalah konsep pertanian cerdas, atau yang biasa juga disebut *smart*

*farming* atau *precision agriculture*. Konsep ini merujuk pada penerapan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) pada bidang pertanian. Tujuan penerapan teknologi tersebut adalah untuk melakukan optimasi berupa peningkatan hasil (kualitas dan kuantitas) dan efisiensi penggunaan sumber daya (Warstek Media 2018).

Pertanian 4.0 merupakan konsekuensi dari adanya Revolusi Industri 4.0 yang dicirikan dengan berkembangnya teknologi baru seperti *drone*, robotik, kecerdasan buatan, dan *internet of things* (IoT). Berkembangnya Revolusi Industri 4.0 juga telah melahirkan corak masyarakat baru yang bisa disebut sebagai masyarakat pintar (*smart society*), yang berbeda dari masyarakat sebelumnya, yaitu masyarakat agraris, industri, dan informasi. Oleh karena itu, pertanian juga dituntut untuk dapat menyesuaikan dengan perkembangan teknologi.

Aplikasi teknologi baru tersebut sudah merupakan keniscayaan sehingga diperlukan beberapa langkah penting, seperti perlunya *roadmap* riset pertanian 4.0 agar menghasilkan inovasi konkret. Menurut Arif (2018), IPB telah memulai riset pertanian 4.0 dan menghasilkan sejumlah inovasi yang menarik, seperti pengenalan hama terpadu dengan kecerdasan buatan, sistem pintar deteksi kebakaran hutan, monitoring padang lamun dengan teknologi sensor dan IoT, deteksi tingkat kemanisan buah dengan telepon pintar.

Pada saat ini dan waktu yang akan datang, manajemen irigasi harus menyesuaikan dengan sistem pertanian yang sedang berproses menuju pertanian presisi/*precision agriculture*. Sehubungan dengan itu, manajemen air irigasi harus dilakukan secara terpadu dari mulai hulu yang merupakan sumber air sampai hilir pendistribusiannya. Paradigma pengelolaan air yang perlu dibangun harus secara menyeluruh baik *blue water* maupun *green water*. Manajemen irigasi sampai saat ini sudah berproses dari mulai irigasi sederhana atau konvensional menuju irigasi modern. Untuk mendukung irigasi modern, harus diupayakan sumber

air tersedia sepanjang tahun dengan melakukan pengelolaan air secara menyeluruh *blue water dan green water* dengan menerapkan konservasi air pada DAS hulu serta penggunaan air secara efisien.

Pada awalnya, manajemen irigasi dilakukan secara sederhana, hanya berfungsi mengalirkan air irigasi ke lahan pertanaman tanaman pangan/ hortikultura. Tidak ada penataan yang teratur, saluran terbuka tidak diplester/saluran terbuka dari tanah. Untuk meninggikan permukaan air, hanya dilakukan dengan bendung sederhana dari batu atau kayu-kayu dari tanaman. Selanjutnya berkembang menjadi sistem irigasi yang dilengkapi dengan bendung dan bahkan bendungan serta pintu-pintu air, yang dapat mengairi daerah irigasi (DI) yang luas. Pada tahap ini, air dibagi sesuai dengan kebutuhan tanaman dengan cara memfungsikan pintu-pintu yang telah dibangun. Tahap selanjutnya, lebih modern dari sebelumnya, untuk memantau tinggi muka air secara otomatis yang dipantau dan dicatat secara otomatis oleh *logger* yang dipasang di tempat-tempat yang representatif sesuai dengan kebutuhan. Demikian juga untuk pergiliran irigasi, dilakukan secara otomatis sesuai dengan kebutuhan tanaman dan lain lain.

Data yang diperoleh dari lahan pertanian juga dapat dimanfaatkan langsung sebagai input untuk melakukan sebuah aksi. Misalnya, penelitian menawarkan sebuah teknologi *Smart Irrigation* yang menggunakan sensor *humidity, temperature, light, moisture* untuk menentukan kapan dan seberapa lama penyiraman dilakukan. Penerapan sistem ini mampu menjamin tersedianya air yang cukup bagi tanaman dan membuat penggunaan air menjadi lebih efisien Warstek Media (2018). Penerapan *Smart Irrigation* dalam suatu sistem pertanian akan dapat memprediksi luasan lahan yang dapat ditanam serta produksi yang akan dihasilkan, sehingga analisis ekonomi untuk prediksi keuntungan dapat dihitung. Berdasarkan uraian yang telah disampaikan, tulisan ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana *smart* irigasi dapat mendukung pertanian presisi dengan segala kelebihannya yang pada dasarnya akan dapat meningkatkan produksi pertanian serta ramah lingkungan.

# PERKEMBANGAN PERTANIAN DI INDONESIA

## Pertanian Konvensional dan Degradasi Lahan

Pada awalnya sistem pertanian yang dilakukan tidak memperhatikan keterbatasan sumber daya lahan dan air karena kondisinya masih tersedia sangat banyak. Pertanian lahan kering dengan sistem ladang berpindah (*slash and burn*) banyak dilakukan di banyak tempat. Kondisi demikian dilakukan karena ketidaktahuan dan lahan masih tersedia sangat banyak. Pertanian ladang berpindah pada tahap awal dapat menghasilkan panen yang cukup baik dengan pergiliran pertanaman yang cukup waktunya. Tetapi dengan semakin terbatasnya sumber daya lahan dan semakin cepatnya perkembangan penduduk, menyebabkan pergiliran waktu kembali ke tempat pertanaman awal berkurang. Menyebabkan *recovery* kesuburan tanah belum cukup untuk dapat menyuburkan kembali, akibatnya hasil menurun drastis. Karena terjadi penurunan hasil, peladang meninggalkan lahannya dan membuka hutan kembali. Lahan yang diterlantarkan semakin terdegradasi, akibatnya degradasi lahan semakin meluas (Hauck 1987).

Menurut Hafied dan Gany (2011), pemanfaatan lahan kering melalui teknologi sederhana berbasis kearifan lokal sesuai dengan kondisi dan tuntutan masyarakat tani setempat, disebut lahan berpindah/ladang berpindah, untuk tanaman pangan sangat umum dikembangkan dan praktikkan oleh petani pemukim tradisional di lahan-lahan kering pada dataran tinggi. Semula, teknologi kearifan lokal itu, termasuk pada pertanian "lahan berpindah" yang dikategorikan sebagai pertanian ramah lingkungan pada saat siklus ladang berpindah sesuai dengan *recovery* lahan dan sepanjang masih dilaksanakan secara konsisten untuk kebutuhan sendiri. Mereka menebang pohon, namun selama

berladang, mereka juga mengadakan konservasi lahan menerapkan sistem terasering dan juga penanaman pohon produksi atau pohon pelindung tahunan untuk mempertahankan kondisi lahan setelah mereka tinggalkan berladang ke tempat lain. Jadi selalu ada kesinambungan penebangan lahan dan pemeliharaan berkelanjutan. Namun demikian, setelah penduduk bertambah, dan petani sudah dimasuki pengaruh peningkatan tuntutan kebutuhan ekonomi dari modernisasi kehidupan, akhirnya mereka tidak lagi mempertahankan kebiasaan mereka membuka lahan secukupnya, malahan membuka lahan seluas-luasnya, dan menetap atau meninggalkan lahan tersebut terbengkalai kalau tidak berpotensi lagi untuk berproduksi.

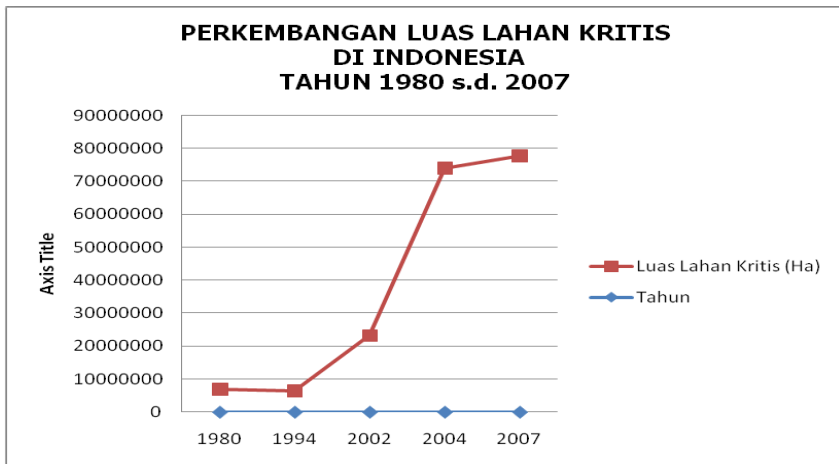
Pasandaran dan Sarwani (2012) mengemukakan apabila lahan kering diperoleh melalui konversi hutan baik primer maupun sekunder maka usahatani pangan oleh masyarakat petani hanya berlangsung beberapa tahun karena kecenderungan penurunan produktivitas. Umumnya setelah dikonversi dan diusahakan selama beberapa tahun lahan tersebut ditelantarkan untuk beberapa tahun dan kemudian diusahakan kembali. Model yang disebut ladang berpindah melalui proses *slash and burn* tersebut merupakan salah satu penyebab semakin meluasnya lahan terlantar dan kerusakan hutan di Indonesia. Demikian juga menurut Hauck (1987), salah satu sistem pertanian tradisional yang tidak tepat adalah sistem perladangan berpindah karena bersifat mengeksploitasi sumber daya lahan sehingga terjadi degradasi lahan yang berakibat penurunan produktivitas lahan.

Berdasarkan kenyataan, kerusakan hutan yang sebenarnya bukan hanya akibat kegiatan perladangan berpindah semata, adanya eksploitasi tambang di areal hutan dan penebangan hutan yang tidak mengikuti aturan merupakan penyumbang kerusakan hutan terbesar. Menurut FAO (2010); Jatmiko (2012) dalam Hakim (2012), pembangunan yang dilakukan berlebihan, akan mengorbankan lingkungan, seperti laju perusakan hutan yang mencapai angka 2 juta hektare per tahun pada

kurun waktu 1990-2000 dan terus melaju dengan angka 685.000 hektare pertahun pada 2000-2010. Kondisi demikian menyebabkan kerusakan Daerah Aliran Sungai (DAS) hampir di seluruh Indonesia yang menjadi sumber air untuk pertanian, ini juga merupakan indikator kesalahan pembangunan.

Sistem pertanaman konvensional banyak diterapkan pada pertanaman tanaman sayuran pada fase awal. Pertanaman sayuran yang ditanam pada lahan kering miring di bagian hulu DAS, mempunyai konsekuensi terjadinya kerusakan lahan yang dipercepat oleh erosi. Berdasarkan kenyataan, tanaman sayuran banyak ditanam di DAS Hulu yang merupakan daerah perbukitan dan pegunungan karena iklimnya cocok dan tanahnya subur, tetapi biasanya tidak menerapkan tindakan konservasi tanah yang memadai. Sistem pertanaman yang banyak dilakukan adalah penanaman dilakukan pada bedengan atau guludan searah lereng. Sistem pertanaman demikian bertujuan agar kondisi aerasi di sekitar akar tanaman menjadi baik sehingga pertumbuhan akar menjadi baik dan hasilnya menjadi tinggi. Pengaruh sistem pertanaman tersebut akan berakibat lebih buruk yaitu dapat menyebabkan aliran permukaan terkonsentrasi menjadi semakin banyak dan kecepatannya akan meningkat. Hasil penelitian Sutrisno (2002) menunjukkan bahwa sistem pertanaman petani dengan pola tanam kacang kapri-cesin-mentimun-*baby corn* (dilakukan pada musim hujan) menyebabkan erosi yang besar, berbeda nyata dengan perlakuan pembuatan guludan setiap 5 meter pada bedengan searah lereng. Pada pertanaman Cessin, sistem petani menyebabkan erosi sebesar 12,3 ton/ha dengan hasil hanya 2,2 ton/ha, artinya hasil tanaman per ton erosi menunjukkan 0,18. Berbeda dengan kondisi tersebut, pembuatan guludan setiap 5 meter hanya menyebabkan erosi sebesar 4,0 ton/ha dengan hasil Cessin sebesar 4,2 ton/ha, artinya hasil tanaman per ton erosi sebesar 1,06.

Sistem pertanian konvensional yang cenderung eksploitatif serta tidak menerapkan tindakan konservasi tanah secara tepat, akan menyebabkan degradasi lahan yang dipercepat dan pada akhirnya akan menjadi lahan kritis. Penyebab utamanya adalah terjadinya penghanyutan lapisan tanah atas yang subur oleh aliran permukaan atau erosi, akan mengakibatkan menurunnya kualitas tanah dan produktivitasnya serta penurunan produksi air. Akibat lainnya, tanah akan memadat menyebabkan berkurangnya infiltrasi dan meningkatkan aliran permukaan yang masuk ke sungai sehingga terjadi banjir. Bila melihat perkembangan lahan kritis akibat kerusakan hutan dan sistem pertanian konvensional, semakin luas dari waktu ke waktu seperti yang terlihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Laju perkembangan lahan kritis di Indonesia kurun waktu tahun 1980 s.d. 2007

Sumber: Kurnia et al. (2012)

Lahan kritis dalam suatu DAS merupakan indikator kerusakan DAS atau kekritisannya suatu DAS dengan ciri-ciri fluktuasi debit sangat besar antara musim hujan dengan musim kemarau. Bahkan terjadi banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau. Kondisi

demikian akan memengaruhi jasa ekosistem atau jasa lingkungan dalam wilayah DAS melalui dua hal yaitu konflik kepentingan dan akumulasi pergeseran pemanfaatan sumber daya. Akibatnya akan menyebabkan terbengkalainya fungsi pemeliharaan yang mendukung keberlanjutan pengelolaan wilayah DAS. Untuk membalik kecenderungan degradasi yang terjadi, diperlukan pemahaman keterkaitan antara lahan dan air. Hubungan interaktif antara lahan dan air antara lain dipengaruhi oleh cara manusia memanfaatkan lahan. Misalnya, keberadaan vegetasi di atas lahan akan menentukan apakah air yang jatuh dapat ditahan dan diserap ke dalam tanah atau mengalir sebagai aliran permukaan.

Adanya hubungan interaktif yang kuat antara sumber daya lahan dan air menunjukkan bahwa degradasi lahan dapat memengaruhi performa sumber daya air. Dapat disimpulkan bahwa pengelolaan lahan yang baik akan memengaruhi performa air yang tersedia bagi kehidupan manusia dan sebaliknya pengelolaan air yang baik akan memperbaiki produktivitas lahan pertanian dan efisiensi pemanfaatannya secara menyeluruh. Kondisi demikian ditunjukkan dengan ketersediaan air (*green water dan blue water*) yang akan digunakan untuk air pertanian maupun yang lainnya. Pengelolaan lahan yang tepat di daerah hulu, akan dapat menentukan produksi air di hilir demikian juga keberlanjutannya. Pada dasarnya pengelolaan daerah hulu suatu DAS dengan penerapan konservasi lahan yang tepat dan bijaksana akan dapat menentukan produktivitas lahan di hilir karena ketersediaan air yang kontinu untuk berproduksi sehingga pengelolaan lahan dan air merupakan suatu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan.

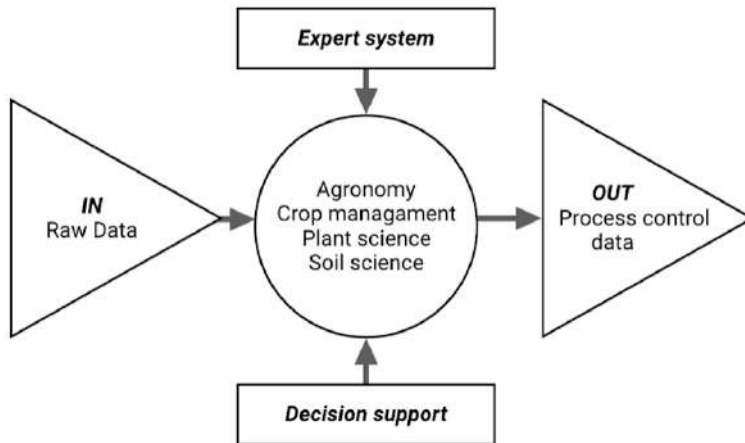
Namun demikian, tidaklah mudah mengelola keterkaitan antara kedua sumber daya tersebut karena pengalaman yang ada selama ini menunjukkan bahwa pengelolaan sumber daya tersebut oleh birokrasi pemerintah telah terkotak-kotak. Dengan semakin terbatasnya ketersediaan sumber daya lahan, pengelolaan sumber daya tersebut cenderung intensif dan eksploitatif. Ini menyebabkan kecenderungan



degradasi sumber daya lahan yang pada gilirannya mempercepat degradasi sumber air dan sumber daya air pada umumnya. Sehubungan dengan harus dilakukannya penanggulangan degradasi lahan dan pengelolaan air agar tersedia sepanjang tahun, diperlukan sistem pertanian maju seperti pertanian presisi yang dapat menanggulangi masalah-masalah tersebut. Pertanian presisi yang dikembangkan, harus menerapkan pengelolaan lahan dan air yang tepat dalam arti sumber daya lahan dan air dikelola secara optimal dan berkelanjutan.

## Pertanian Presisi

Untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduk yang semakin meningkat, sistem pertanian harus diperbaiki agar dapat memproduksi sesuai dengan kebutuhan pangan yang akan dikonsumsi serta harus berkelanjutan. Sistem pertanian maju dengan teknologi yang tepat serta dapat diimplementasikan oleh petani sangat diperlukan dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan penduduk. Pertanian maju seperti pertanian presisi atau yang lebih maju lagi seperti pertanian 4.0 merupakan target yang ingin dicapai. Pertanian presisi adalah konsep pertanian dengan pendekatan sistem untuk menuju pertanian dengan rendah pemasukan (*low-input*), efisiensi tinggi, dan pertanian berkelanjutan (Shibusawa 1998 dalam Nugroho 2018). Menurut Nugroho (2018) pertanian presisi adalah sistem pertanian yang mengoptimalkan penggunaan sumber daya untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan juga mengurangi dampak terhadap lingkungan. Konsep yang diperhatikan di antaranya dengan pendekatan sistem yang memperhatikan Input, Proses, Output seperti berikut (Gambar 2).



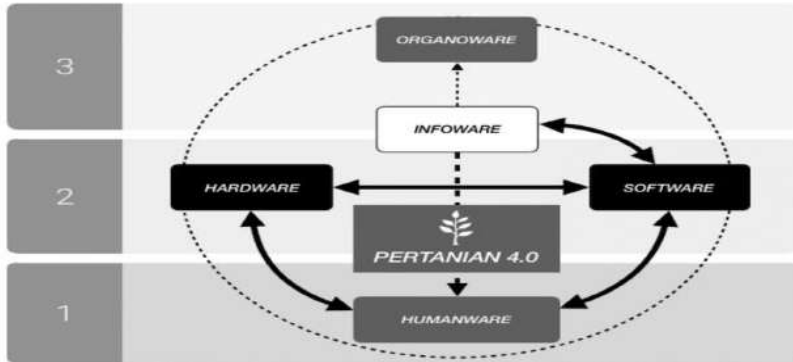
**Gambar 2.** Konsep pertanian presisi menurut Stafford (2000) dalam Nugroho (2018)

Aspek Input meliputi: a) *Positioning Sistem* (Sistem posisi). Posisi merupakan tahapan awal dalam penerapan pertanian presisi, beberapa ciri di antaranya adalah penggunaan GPS (*global possitioning sistem*) untuk penentuan lokasi yang presisi. Contoh penerapannya misalnya *tracking* lokasi peralatan pertanian, sensor, dan juga pergerakan; b) *Sensing Sistem*. Sistem sensor adalah penggunaan peralatan berupa sensor untuk kegiatan-kegiatan yang sesuai dengan tujuan, berikut ini beberapa penerapan sensor untuk aplikasi-aplikasi khusus: a) *Soil and Environment*. Tanah dan kondisi lingkungan adalah elemen yang penting dalam budidaya tanaman. Pada pengamatan di tanah, beberapa faktor yang dapat diamati antara lain: PH, *Electrical Conductivity* (EC), Kadar lengas tanah, dll. Untuk lingkungan, beberapa pengamatan di antaranya Temperatur, *Humidity*, Solar radiasi, CO<sub>2</sub>, Gas lain, dan juga penerapan di perairan misalnya DO (*dissolved oxygen*), BOD, PH, dan lainnya; b) *Plant or Crop Sensing*. Sensor yang digunakan untuk mengamati tanaman dan juga kondisi perilakunya. Contoh penerapan sensor tanaman adalah pengukuran pertumbuhan tanaman, perkembangan buah, pergerakan

tanaman, ritme sirkadian serta c) *Postharvest and Food Quality Sensing*. Pengamatan kualitas hasil pertanian berikut dengan metode destruktif maupun non-destruktif. Penerapan non-destruktif menggunakan *Image processing*, *e-nose*, dan juga *Near Infra Red Spectroscopy*. Kualitas hasil dengan destruktif misalnya penetrometer, kekenyalan, sensor kematangan buah, dan lainnya. Aspek *Information Management (Processing)*. Beberapa aplikasi terkait dengan manajemen informasi di antaranya: 1). *Information System*, 2). *Management Information System*, 3). *Expert System* dan 4). *Decision Support System*, sedangkan aspek Output seperti aplikasi pertanian presisi di antaranya penerapan *Robotic Control Sistem*, dan lain-lain.

Pertanian presisi yang dapat menghasilkan produksi tinggi serta ramah lingkungan dengan menerapkan berbagai teknologi, harus dapat dikembangkan di tingkat petani. Untuk keberhasilan implementasi pertanian presisi di tingkat petani memerlukan strategi khusus agar dapat diterima dan dikembangkan. Menurut Nugroho (2018), penerapan konsep pertanian presisi dengan mengadopsi teknologi *cloud* sudah dapat diwujudkan untuk membantu mengoptimalkan proses produksi pertanian dan dalam penerapannya perlu dipertimbangkan aspek keberlanjutan (*sustainability*). Dari sisi teknis, *hardware* dan *software*, serta data dan informasi pendukung (*infoware*), pertanian presisi dapat di adaptasikan untuk dapat diterapkan pada pertanian tropis baik untuk sistem konvensional maupun pertanian konvensional. Sedangkan dari sisi budaya, ada manusia (*humanware*), organisasi kelembagaan (*organoware*), masih perlu untuk dikaji lebih lanjut. Model keterkaitan antar subsistem dan strategi implementasi dapat dilihat pada Gambar 3.

Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)



**Gambar 3.** Model hubungan antara subkomponen dan tahapan strategi dalam adaptasi pertanian presisi

Sumber: Nugroho (2018)

Tahap pertama adalah subsistem manusia (*humanware*) yang mulai menyadari perlunya adopsi atau adaptasi pertanian modern. Secara konvensional, pemerintah sudah memiliki program peningkatan kualitas dan kuantitas produk pertanian melalui program panca dan sapta usaha tani. Panca usaha tani meliputi: (i) pemilihan bibit unggul, (ii) pengolahan tanah yang baik, (iii) pemupukan yang tepat, (iv) pengendalian hama dan penyakit tanaman, dan (v) pengairan atau irigasi yang baik. Sedangkan Sapta usaha tani dengan penambahan pada ranah *off-farm*, yaitu: (vi) penanganan pascapanen, dan (vii) pemasaran hasil pertanian. Pengetahuan dasar bercocok tanam yang sudah dikuasai petani dengan penerapan panca dan sapta usaha akan dioptimalkan dengan pemanfaatan Teknologi Baru (Pertanian 4.0) yang menerapkan konsep pertanian presisi.

Tahap kedua yaitu penggunaan peralatan pendukung (*tools*) seperti *field monitoring system* (fms), *Automatic Weather Station* (AWS), atau sistem informasi cuaca online, kalender tanam, dll. Penggunaan *hardware* dan *software* ini secara umum sudah diterapkan

di beberapa tempat. Usaha untuk penerapannya juga terkait dengan manusia yang mampu dan mau mempelajari bagaimana menggunakan peralatannya dan memanfaatkan informasi dari data hasil pengukuran sensor dari instrumen yang dipasang pada spesifik lokasi.

Tahap ketiga adalah penyusunan tata-kelola atau pengorganisasian (*organoware*). Pengorganisasian yang jelas untuk mengatur aspek teknis dan nonteknis (budaya dan manusia) baik di ranah *on-farm* ataupun *off-farm*. Pengelolaan Informasi dan pengetahuan untuk mendukung proses pembelajaran sistem pertanian yang lebih efektif dan efisien. Tidak hanya itu, pemanfaatan sumber daya alam perlu dikelola dengan pendekatan sistem.

Sejalan dengan pemikiran demikian, Kementerian Pertanian berinisiatif menggenjot produktivitas pertanian dengan meluncurkan Revolusi Industri 4.0 di bidang pertanian untuk mencapai target pemenuhan kebutuhan pangan penduduk dan target ekspor. Amran (2018) juga menyampaikan mekanisasi pertanian merupakan salah satu komponen penting untuk pertanian modern dalam mencapai target swasembada pangan berkelanjutan. Inovasi dan pemanfaatannya oleh petani perlu terus didorong. Untuk merealisasinya, anggaran Kementerian Pertanian untuk mekanisasi dan bantuan alat mesin pertanian (Alsintan) saat ini sudah naik 2.000%.

Menurut Amran (2018), ada lima teknologi utama yang menopang implementasi Industri 4.0, yaitu: *Internet of Things*, *Artificial Intelligence*, *Human-Machine Interface*, teknologi *robotic* dan sensor, serta teknologi 3D Printing. Kesemuanya itu mentransformasi cara manusia berinteraksi hingga pada level yang paling mendasar, juga diarahkan untuk efisiensi dan daya saing industri. Melalui implementasi Industri 4.0 di sektor pertanian, diharapkan proses usahatani menjadi semakin efisien sehingga terjadi efisiensi, peningkatan produktivitas, dan daya saing. Sebagai ilustrasi, jika dulu tanam 1 hektare butuh Rp 2 juta, kini ditekan

lewat mekanisasi pertanian jadi Rp 1 juta. Jika diterapkan 16 juta lahan pertanian, sudah hemat 16 triliun. Itu baru dari sisi tanam, belum panen dan sebagainya.

Untuk mendukung revolusi industri 4.0, sektor pertanian yang akan datang sedang bereksperimen dengan model dan inovasi baru, yaitu 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. Pemanfaatan *Internet of Thing* (IoT) dalam Internet Pertanian adalah untuk menghubungkan benda-benda sekitar kita dengan internet melalui smartphone maupun gadget lainnya. mendukung pengembangan Industri 4.0 dengan memanfaatkan teknologi-teknologi *cloud computing* (*database*-nya berbasis internet), *mobile internet* dan mesin cerdas (*artificial intelligence*), kemudian digabung menjadi generasi baru yang dimanfaatkan untuk menggerakkan traktor sehingga mampu beroperasi tanpa operator (*autonomous tractor*), pesawat drone untuk deteksi unsur hara, dan *robot grafting*. Dalam implementasinya, mengembangkan praktik pertanian modern yang selama ini sudah dijalankan termasuk dalam pemanfaatan irigasi, pengolahan lahan, penggunaan pupuk dan pestisida, pengembangan varietas tanaman baru, pengolahan pascapanen, hingga pemasaran.

## MANAJEMEN AIR IRIGASI

### Pengelolaan *Blue Water* dan *Green Water*

Dalam rangka mencapai pertanian presisi, sistem irigasi yang harus diterapkan memerlukan terobosan yang dapat mengirigasi secara efisien dan terus-menerus sepanjang tahun (*smart irrigation*). Teknik irigasi hemat air yang diterapkan harus didukung oleh sumber air yang tersedia sepanjang tahun. Dalam hubungan dengan ketersediaan air

irigasi sepanjang tahun, konsep manajemen lahan dan air yang perlu dikembangkan adalah yang tercakup dalam suatu bentangan wilayah seperti kesatuan daerah aliran sungai (DAS) yang menyeluruh yaitu hulu DAS – hilir. Tutupan lahan suatu DAS akan berpengaruh terhadap fluktuasi debit sungai yang merupakan sumber air irigasi (*blue water*). Tutupan lahan berupa hutan yang masih baik akan dapat berpengaruh positif terhadap fluktuasi debit sungai yang merupakan sumber air irigasi (*blue water*). Karena fungsi hutan secara keseluruhan adalah sebagai penyangga sistem kehidupan yaitu antara lain: hutan sebagai pengatur tata air, hutan sebagai pengatur iklim mikro dan penyerap karbon, serta hutan sebagai sumber plasma nutfah. Fungsi kawasan hutan sebagai pengatur tata air adalah melalui fungsi hidrologis sebagai penyerap, penyimpanan, penghasil dan pendistribusi air (Karsun 2014).

Dalam hubungan dengan pengelolaan air untuk irigasi, paradigma pengelolaan air yang perlu dibangun harus secara menyeluruh tidak hanya untuk *blue water* saja, tetapi untuk *green water* juga (Falkenmark and Rockstrom 2006). *Blue water* adalah air yang berasal dari hujan yang kemudian ditampung dalam sungai, waduk, atau air tanah yang kemudian dimanfaatkan untuk irigasi. Sedangkan *green water* adalah bagian dari hujan yang menjadi kelembapan tanah dan yang langsung dipakai dalam proses evaporasi dan transpirasi.

Dalam rangka penyediaan sumber air untuk pertanian, menurut Asdak (2015), pemerintah juga agar memperhatikan aspek konservasi sumber daya air terpadu (*Integrated Water Conservation Management, IWCM*) yang dilandasi oleh pertimbangan bahwa ketersediaan air untuk konsumsi vegetasi (*green water*), berkurang cukup drastis akibat terganggunya daerah resapan, utamanya di hulu daerah aliran sungai (DAS). Oleh karena itu, untuk menyediakan air pertanian syaratnya adalah mengupayakan ketahanan air melalui peningkatan ketersediaan *green water*. Prinsipnya adalah menampung sebanyak dan selama mungkin air hujan di daerah tangkapan air (*catchment area*), melalui upaya-upaya konservasi sumber daya air.

Pengelolaan air pada masa yang akan datang, baik *blue water* maupun *green water* harus dilakukan secara tepat dan bijaksana. Untuk pengelolaan *blue water* dapat dilakukan dengan membangun sistem irigasi yang efisien. Sistem irigasi yang dibangun tidak harus berdasarkan pola persawahan saja. Kebijakan pembangunan sistem irigasi harus mendukung semua tipe usaha tani, termasuk usahatani pada pertanian lahan kering. Dalam hubungan dengan hal tersebut perlu adanya *capacity building*, baik di kalangan birokrasi maupun masyarakat setempat, sebagai prakondisi bagi pembangunan sistem irigasi di wilayah lahan kering. Wilayah lahan kering di Indonesia lebih luas dari wilayah sawah irigasi, sehingga sangat potensial bagi upaya-upaya perbaikan *water management*. Selain itu, investasi yang diperlukan juga lebih murah dibandingkan dengan investasi untuk pembangunan irigasi baru untuk sistem persawahan.

Upaya yang perlu dilakukan dalam membangun paradigma *green water* adalah mewujudkan keterpaduan pengelolaan tanah dan air melalui *soil tillage* dan *water harvesting*. Menurut Rockstrom (2003) dalam Sutrisno (2012), tantangan yang dihadapi adalah bagaimana agar evaporasi yang tidak produktif diubah menjadi transpirasi yang produktif. Untuk wilayah pertanian pangan yang produktivitasnya masih rendah, antara 1–3 ton/ha introduksi *green water management* dapat meningkatkan produktivitas air. Produktivitas air (*Water Productivity*) menurut Perry et al. (2017), dapat didefinisikan dalam dua cara yaitu produktivitas air biofisik (kg produk per unit air yang dikonsumsi, satuannya,  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) dan produktivitas air ekonomi (nilai produk per unit air yang dikonsumsi; USD per  $\text{m}^3$ ). Produktivitas air bio-fisik untuk tanaman ladang umum (biji-bijian makanan, tanaman hijauan, serat, gula) hubungan antara biomassa (hasil) dan konsumsi air (transpirasi) pada dasarnya bersifat linier (Howell 1990, Fereres dan Soriano 2007, Steduto et al. 2012 dalam Perry et al. 2017) pada berbagai tingkat hasil antara. Jika ketersediaan air rendah dan tidak menentu, peningkatan irigasi yang terkontrol dapat menghasilkan peningkatan hasil yang besar; pada tingkat manajemen



yang sangat tinggi, stres yang terkendali selama tahap pertumbuhan yang tidak sensitif dapat meningkatkan produktivitas air biofisik. Produktivitas air ekonomi (USD per m<sup>3</sup>) lebih rumit daripada produktivitas air biofisik, karena harus melihat kesiapan akses pasar dan ketersediaan benih yang sesuai, agrokimia dan kredit adalah di antara faktor-faktor yang memungkinkan petani untuk memilih tanaman bernilai lebih tinggi seperti buah, sayuran, kebun, dan sebagainya.

Lebih lanjut menurut Asdak (2015) bahwa setiap kementerian memiliki tanggung jawab yang berbeda terhadap berbagai kegiatan yang terkait *blue water* dan *green water*. Untuk kategori *green water*, kegiatan nasional IWCM seperti penghijauan dan reboisasi, pengembangan hutan rakyat/adat, *agroforestry*, dan pembuatan dam penahan (*check dam*) menjadi tanggung jawab Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK), termasuk jajarannya di daerah. Kementerian Pertanian dan jajarannya di daerah mengembangkan kebijakan nasional IWCM yang relevan dengan pengelolaan sistem pertanian yang telah mempertimbangkan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air termasuk pengembangan perkebunan yang lebih efisien dalam pemanfaatan air. Terkait kebijakan nasional IWCM dalam hal *blue water*, Kementerian Pekerjaan Umum bertanggung jawab dalam pembangunan waduk, *embung*, dan perbaikan sungai dan saluran-saluran irigasi. Sedangkan Kementerian ESDM bertanggung jawab untuk meningkatkan cadangan air tanah antara lain melalui injeksi air tanah. Demikian juga menurut INPRES RI No. 1 Tahun 2018 tentang Percepatan Penyediaan Embung Kecil dan Bangunan Penampung Air Lainnya Di Desa, bahwa embung kecil agar dibangun oleh Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi, serta Kementerian Pertanian memfasilitasi penyediaan sarana dan prasarana pertanian dalam rangka pemanfaatan air yang berasal dari embung kecil dan bangunan penampung air lainnya untuk peningkatan produksi pertanian.

## Perkembangan Irigasi

Pada tahap awal, irigasi dilakukan secara sederhana, prinsipnya, tanaman diirigasi sesuai dengan ketersediaan air. Sistem irigasi di Indonesia dikembangkan pertama kali oleh masyarakat dengan luas relatif kecil dan biasanya pelaksanaan pembangunannya dipimpin oleh tetua desa. Pada tahap awal yaitu pada waktu mulai terbentuknya suatu pemerintahan baru/kerajaan, semua tahapan pembangunan jaringan irigasi dilakukan oleh masyarakat sendiri tanpa bantuan pemerintah sama sekali). Pada tahap selanjutnya, penguasaan oleh negara setelah terbentuk sistem pemerintahan yang kuat, negara baru ikut dalam proses pembangunan sistem irigasi. Pengembangan sistem irigasi menjadi salah satu prioritas pada masa pemerintahan setelah tahun 1945. Pada tahun 1969, program rencana pembangunan lima tahun yang pertama (Repelita I) dimulai. Sejak saat itu Indonesia memiliki program intensifikasi padi yaitu program utama untuk dapat memenuhi kebutuhan padi sendiri. Selain itu terdapat program ekstensifikasi meliputi penggunaan air irigasi, varietas berdaya hasil tinggi, pemupukan dan pestisida. Program pengembangan irigasi meliputi rehabilitasi jaringan irigasi eksisting, pengembangan daerah layanan menurut skema yang ada saat itu, konstruksi sistem irigasi baru, perbaikan sistem irigasi eksisting, implementasi program operasional dan pengelolaan yang efisien, diperkuat oleh Perkumpulan Pemakai Air, dan beberapa perkumpulan lain.

Perkembangan manajemen air irigasi selanjutnya dimulai dari masa pembaharuan, di mana pelaksanaan pengelolaan irigasi harus dikembalikan pada tujuan yang sebenarnya yaitu untuk melayani petani. Karena sangat pentingnya keberadaan sistem irigasi bagi kehidupan masyarakat khususnya petani, maka banyak teori yang dapat dipakai untuk menjelaskan keberadaan irigasi, salah satunya dengan memakai analisis sistem. Menurut Arif (2014), sebagai bentuk pengaliran air untuk memproduksi tanaman, dalam kaitan dengan hal tersebut, PP No. 20/2006 tentang irigasi memuat lima pilar irigasi, yaitu: (i) ketersediaan

air irigasi, (ii) infrastruktur, (iii) pengelolaan irigasi, (iv) institusi irigasi, dan (v) manusia pelaku. Sesuai dengan keberlanjutannya maka lima pilar ini ditambahkan lagi dengan satu pilar pembiayaan dan norma hukum yang berlaku. Setiap daerah irigasi akan mempunyai permasalahan sendiri-sendiri tergantung pada beberapa unsur sebagai sebuah sistem transformasi sosio-kultural masyarakat. Masing-masing pilar dapat menjadi penyebab atau memicu ketidakberlanjutan suatu sistem irigasi. Konsepsi kebijakan irigasi, strategi, dan sasaran yang ingin dicapai dalam mencapai kemandirian pangan disampaikan oleh Hadimoeljono (2015) dan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Konsepsi kebijakan irigasi dalam mencapai kemandirian pangan

Kebijakan		Strategi	Sasaran
Suplai	Meningkatkan keandalan irigasi	Pembangunan tampungan air berupa waduk, embung, bendung, pompa	Pembangunan 65 bendungan
Distribusi	Meningkatkan keandalan prasarana irigasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rehabilitasi jaringan irigasi</li> <li>• Pembangunan jaringan irigasi baru</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rehabilitasi 3 juta ha</li> <li>• Pembangunan 1 juta ha</li> </ul>
Aksesibilitas	Meningkatkan kinerja operasi dan pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengadaan tenaga O dan P</li> <li>• Kesepakatan mekanisme O dan P</li> <li>• Aktivasi kearifan lokal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O dan P Pusat 3.417.201 ha</li> <li>• O dan P non Pusat 5.718.827 ha</li> </ul>

Sumber: Hadimoeljono (2015)

Berdasarkan data tahun 2010, sistem irigasi secara nasional sebenarnya dapat mengairi total lahan pertanian (sawah) seluas 7,23 juta ha, namun sumber air irigasi (waduk) yang tersedia secara nasional hanya mampu menjamin ketersediaan air untuk irigasi lahan sawah seluas 797.971 ha (11%) (Dermoredjo et al. 2014). Suplai irigasi waduk tersebut tidak mengalami peningkatan dari tahun 2010 sampai 2014. Untuk

meningkatkan keandalan air irigasi, pemerintah berupaya meningkatkan suplai irigasi waduk dari 11% pada tahun 2014 menjadi 20% dari total area irigasi pada tahun 2019. Hal ini sejalan dengan sasaran ketahanan air seperti yang tercantum pada RPJMN 2015-2019. Adapun sebaran pembangunan 65 bendungan 2015-2019 dengan volume total 7,78 miliar m<sup>3</sup> untuk irigasi seluas 571.559 ha, tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Papua, NTT, NTB, Bali, Jawa (Hadimoeljono 2015, Bappenas 2014).

## Irigasi Modern Mendukung Pertanian Presisi

### Irigasi Modern di Era Industri 4.0

Penggunaan air yang berlebih pada sistem irigasi tradisional yang selama ini diterapkan menyebabkan hampir 50% air terbuang sia-sia, sehingga tidak efisien (inefisiensi) dalam penggunaan air. *Smart irrigation* merupakan solusinya. Beberapa studi penelitian menunjukkan penghematan air pada *smart irrigation* cukup besar antara 30 sampai 50 persen (<https://www.hydropoint.com/what-is-smart-irrigation/>).

Modernisasi irigasi di Indonesia merupakan upaya mewujudkan sistem pengelolaan irigasi partisipatif yang berorientasi pada pemenuhan tingkat layanan irigasi secara efektif, efisien dan berkelanjutan dalam rangka mendukung ketahanan pangan dan air. Indikator modernisasi irigasi di Indonesia adalah: 1) peningkatan produktivitas air (kg GKG/m<sup>3</sup> air), 2) peningkatan pelayanan irigasi (kecukupan, keandalan, keadilan, dan kecepatan pelayanan), 3) peningkatan efisiensi irigasi, 4) pengurangan biaya OP, 5) peningkatan pengembalian biaya OP (*OM cost recovery*), 6) peningkatan keberlanjutan pembiayaan (*financial sustainability*), 7) berkurangnya perselisihan, 8) berkurangnya kerusakan lingkungan (*environment degradation*). Penyempurnaan sistem penyediaan air irigasi

dalam modernisasi irigasi, dilakukan dengan membuat: bendungan, embung, waduk, saluran tampungan (*long storage*), dan pompa air, agar penyediaan air lebih stabil dan andal (Dit Irigasi 2011).

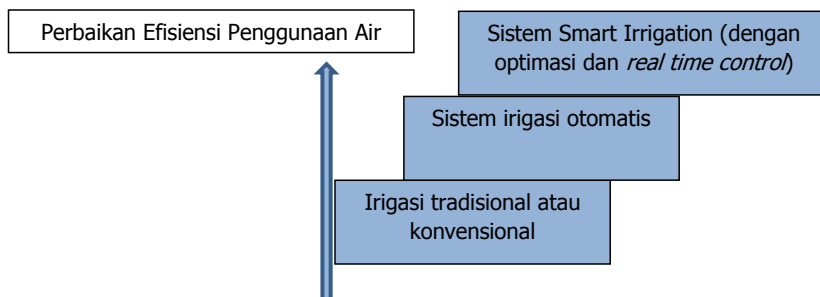
Dewasa ini industri pertanian dunia sudah memasuki era revolusi industri yang keempat atau biasa disebut industri 4.0 yang ditandai dengan penggunaan mesin-mesin otomatis yang terintegrasi dengan jaringan internet. Ada lima teknologi utama yang menopang implementasi Industri 4.0, yaitu: 1) *Internet of Things* (IoT), 2) *Artificial Intelligence*, 3) *Human-Machine Interface*, 4) Teknologi robotik dan sensor, dan 5) Teknologi 3D Printing. Melalui implementasi Industri 4.0 dalam sektor pertanian, proses usaha tani menjadi semakin efisien sehingga terjadi peningkatan produktivitas dan daya saing. Dengan inovasi teknologi, biaya usahatani dapat dihemat separuhnya. Tantangan pertanian ke depan adalah berbagai aktivitas pertanian seperti pengolahan tanah, tanam, pemupukan, irigasi, sampai panen dan pengolahannya harus dilakukan secara otomatis antara lain penggunaan *remote control*.

Otomatisasi irigasi (*smart irrigation*) merupakan salah satu komponen penting dalam pertanian modern untuk mencapai target swasembada pangan berkelanjutan melalui peningkatan efisiensi penggunaan air, serta peningkatan produktivitas dan daya saing produk pertanian. Introduksi inovasi teknologi dan pemanfaatan teknologi irigasi modern kepada petani harus selalu dilakukan, agar terdapat keberlanjutan akses terhadap teknologi. Konsekuensi adanya inovasi adalah memerlukan peningkatan biaya dan keterampilan khusus dalam operasional peralatan dan pemeliharaan. Untuk mendukung revolusi industri 4.0, subsektor irigasi telah berupaya merintis melalui pengembangan *smart* irigasi untuk pengembangan pertanian presisi, pertanian vertikal, pertanian pintar (*smart farming*).

*Smart* irigasi berpeluang untuk diterapkan pada lahan pertanian untuk meningkatkan hasil dan efisiensi sumber daya, melalui penggunaan sensor *humidity*, *temperature*, *light*, *moisture* untuk menentukan kapan

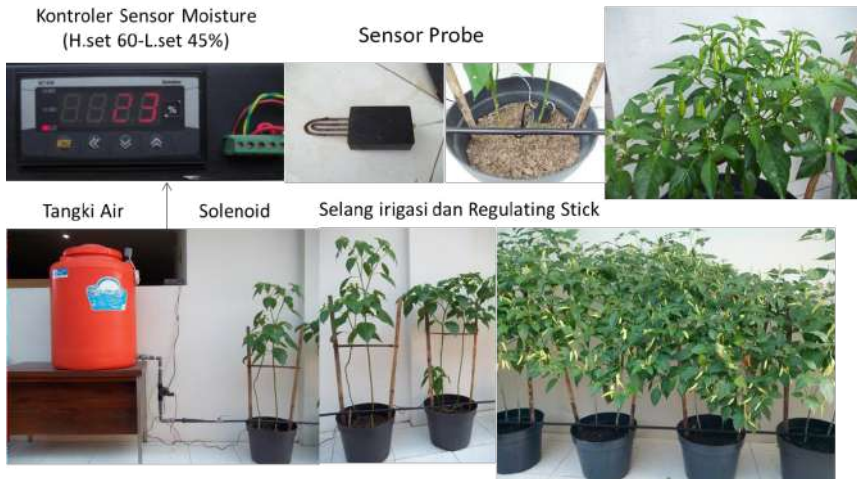
dan seberapa lama penyiraman dilakukan (Ghosh dan Hingoliwala 2016). Penerapan sistem ini mampu menjamin tersedianya air yang cukup bagi tanaman dan membuat penggunaan air menjadi lebih efisien. *Smart* Irigasi merupakan sebuah rancangan teknologi masa kini yang memungkinkan dapat menjadi solusi praktis untuk melakukan monitoring dan kontroling terhadap sistem irigasi. Sensor-sensor yang terintegrasi akan mengirimkan data untuk melakukan monitoring melalui jaringan internet pada lingkungan sistem irigasi meliputi suhu, cuaca, debit air yang mengalir serta ketinggian air pada saluran sistem irigasi. Selain itu juga dapat mengontrol sistem buka tutup pintu bendungan secara otomatis disertai dengan pemberitahuan, baik melalui website ataupun SMS jika sewaktu-waktu air meluap (Setiadi et al. 2018).

Sistem irigasi permukaan dapat dikontrol dan dioptimasi secara *real time* melalui sistem *smart* irigasi (Gambar 4). Sistem ini dirancang secara otomatis untuk mengurangi kebutuhan tenaga kerja dengan mengotomatisasikan semua tugas yang biasa dikerjakan oleh manusia. Pada sistem irigasi tradisional kebutuhan tenaga kerja sangat tinggi (Koech dan Langat 2018). Sistem irigasi otomatis pada tanaman sayuran telah diaplikasikan di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Badan Litbang Kementan (Gambar 5).



**Gambar 4.** Perkembangan Teknologi Irigasi

## Manajemen Air Irigasi Mendukung Pertanian Presisi



**Gambar 5.** Implementasi sistem irigasi otomatis pada tanaman sayuran dalam pot

Sistem *smart irrigation* menggunakan informasi atau beberapa parameter iklim/lingkungan untuk menentukan di mana dan kapan irigasi diperlukan. Sistem ini terdiri dari *microcontroller*, sensor, dan sistem perpompaan. Melalui penggunaan sensor akan diketahui apakah irigasi masih diperlukan atau tidak. Dengan demikian air akan diberikan di wilayah yang betul-betul memerlukan irigasi sehingga menghasilkan penggunaan air yang efisien. Parameter yang digunakan sebagai dasar pemberian air yaitu suhu, kelembapan dan kandungan air tanah (kadar air tanah) (Masaba et al. 2016).

Dunia yang tengah memasuki era Industri 4.0 kini lekat dengan penggunaan *Internet of Things (IoT)* di dalam berbagai bidang tidak terkecuali bidang pertanian. IoT merupakan sebuah konsep yang dapat menghubungkan benda-benda dengan koneksi internet sehingga dapat dilakukan pemantauan, pengontrolan melalui jaringan internet. IoT bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

tersambung secara terus-menerus. Menurut Sugiono et al. (2017), sistem ini akan mempunyai akses untuk membuka dan menutup portal saluran irigasi yang telah dibuat dengan cara mengendalikan sistem tersebut dari jarak jauh melalui jaringan internet sehingga dapat memudahkan para petani dalam mengontrol sistem irigasi sawah.

Konsep *internet of things* mencakup tiga elemen utama (Gambar 6) yaitu benda fisik atau nyata yang telah diintegrasikan pada modul sensor, koneksi internet, dan pusat data pada server untuk menyimpan data ataupun informasi dari aplikasi. Penggunaan benda yang terkoneksi ke internet akan menghimpun data yang kemudian terkumpul menjadi “*big data*” untuk kemudian diolah, dianalisis baik oleh instansi pemerintah, perusahaan terkait, maupun instansi lain kemudian dimanfaatkan untuk kepentingan masing-masing (Setiadi et al. 2018). Sistem *smart* irigasi tetes (*drip irrigation*) berbasis IoT dapat memecahkan permasalahan yang dihadapi petani dalam irigasi. Irigasi tradisional menghadapi masalah seperti banyak air terbuang dan memerlukan upah tenaga kerja yang tinggi (Shilpa 2018). Perbandingan pertanian tradisional dan berbasis IoT disajikan pada Tabel 2 (Wu Yin 2017).



**Gambar 6.** Konsep *internet of things*



## Manajemen Air Irigasi Mendukung Pertanian Presisi



**Gambar 7.** Perbandingan sistem pertanian tradisional dengan pertanian berbasis IoT

**Tabel 2.** Perbandingan pertanian tradisional dengan pertanian berbasis IoT

Pertanian Tradisional	Pertanian berbasis IoT
<ul style="list-style-type: none"><li>• Petani mendapatkan informasi tentang kondisi lahan pertanian terbatas, melalui <i>senses</i>/indera, prosesnya memakan waktu, dan tidak secara <i>real time</i></li><li>• Produksi pertanian terutama bergantung pada manusia, ternak, mesin, kapasitas produksi dalam skala besar masih rendah, dan kurangnya standar operasional prosedur</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Menggunakan jaringan sensor sehingga mendapatkan data lingkungan lahan pertanian dengan cepat, <i>real-time</i> dan akurat</li><li>• Jaringan sensor untuk mengumpulkan informasi ditransmisikan ke pusat pemrosesan data, analisis akurat, skala besar, manajemen dan kontrol dilakukan secara otomatis</li></ul>

## Sistem Pengontrol (*controller*) dalam *Smart Irrigation*

Dalam sistem *smart irrigation* pemberian air diatur waktu dan dosis pemberiannya secara otomatis, sehingga penggunaan air menjadi efisien. Sistem pengatur otomatis akan disesuaikan dengan kondisi tanah, evaporasi dan penggunaan air tanaman secara otomatis sesuai jadwal irigasi dan kondisi aktual wilayahnya. Misalnya pada saat suhu di luar ruangan meningkat atau curah hujan menurun, maka sistem pengontrol akan mempertimbangkan variabel yang spesifik di lokasi tersebut, apakah jenis tanahnya atau jenis aplikasi irigasinya.

Ada dua jenis pengontrol (*controllers*) dalam *smart irrigation* yaitu yang berbasis cuaca (*evapotranspirasi/ET*) dan yang berbasis kelembapan tanah, dalam hal ini pemilihan pengontrol yang akan digunakan tergantung pada lokasi geografi dan kondisi lingkungan wilayahnya. Pengontrol yang berbasis cuaca (*evapotranspirasi*) menggunakan data cuaca lokal untuk mengatur jadwal irigasi. *Evapotranspirasi* adalah kombinasi penguapan dari permukaan tanah dan transpirasi oleh tanaman. Pengontrol ini mengatur sesuai kondisi cuaca setempat untuk mengatur pemberian air sehingga tanaman mendapat jumlah air sesuai kebutuhannya.

Pengontrol berbasis ET menggunakan empat parameter cuaca yaitu: suhu, angin, radiasi matahari, dan kelembapan, ini lebih akurat untuk menghitung kebutuhan air suatu wilayah. Ada tiga jenis pengontrol berbasis cuaca (ET) yaitu: 1) Pengontrol berbasis sinyal, menggunakan data meteorologi dari sumber yang terpercaya dan nilai ET hasil pengamatan di lokasi. Data ET kemudian dikirim ke *controller* dengan koneksi nirkabel (*wireless connection*); 2) Pengontrol ET historis, menggunakan kurva penggunaan air berdasarkan pada penggunaan air historis di berbagai wilayah. Kurva dapat disesuaikan menggunakan suhu dan radiasi matahari; 3) Pengontrol berbasis pengukuran cuaca di tempat (*on-site weather measurement*), menggunakan data cuaca yang dikumpulkan di tempat untuk menghitung pengukuran ET secara kontinu.

Pengontrol dalam *smart irrigation* berbasis sensor kelembapan tanah dapat menggunakan salah satu dari beberapa metode pengukuran kadar air tanah yang dianggap akurat. Pada saat ditanamkan ke dalam tanah, sensor akan mendeteksi tingkat kelembapan tanah dan mengirimkannya ke *controller*. Ada 2 jenis sistem pengontrol berbasis sensor kelembapan tanah yaitu: 1) sistem pengontrol seperti sistem tradisional (waktu mulai dan durasi penyiramannya). Perbedaannya bahwa sistem ini akan berhenti penyiramannya jika kelembapan tanah sudah cukup; 2) Sistem yang tidak mengatur lamanya (durasi irigasi) tetapi hanya mengatur waktu

mulai irigasi dan jumlah hari dalam seminggu yang memerlukan irigasi. Pengguna dapat menentukan ambang batas bawah dan atas kapan irigasi dimulai sebelum kelembapan tanah turun mencapai ambang tersebut.

## Studi Kasus Smart Irigasi

*Smart* irigasi melalui desain dan implementasi sistem IoT berbasis sensor pada tanaman cabe hijau (Munir et al. 2018) yang ditanam pada sistem tanam dibawah sungkup plastik (*tunnel farming*) (Gambar 8) dapat menghemat penggunaan air pada fase anakan, pertengahan dan pematangan dibandingkan irigasi normal. Rata-rata air yang dapat dihemat berturut-turut sebesar 864, 982, 898 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>, pada tiga studi kasus (Gambar 9).

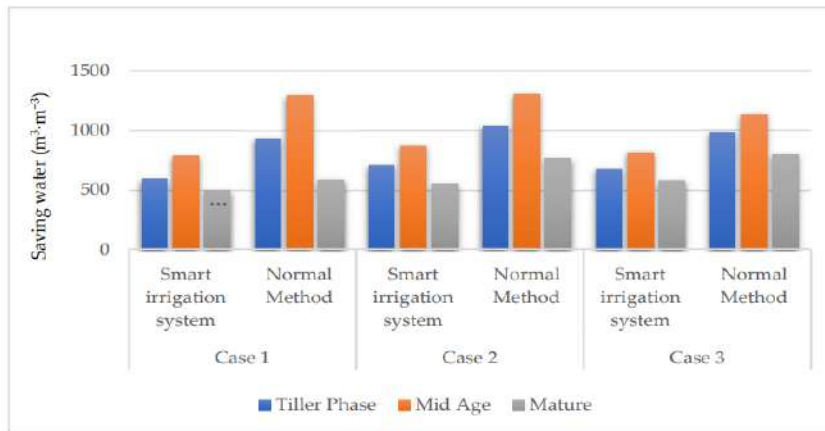


**Gambar 8.** Sistem tanam *tunnel farming*, tampak luar (a) dan tampak dalam (b)

(Sumber: Munir et al. (2018))

*Smart* irigasi memiliki keuntungan dibandingkan irigasi tradisional, yaitu: menghemat uang dan penggunaan air, pemeliharaan lebih mudah dan nyaman, meminimalkan penyediaan tampungan dan alat angkut, melindungi sumber daya air untuk generasi yang akan datang (Durga dan Ramakrishna 2018). Keterbatasan irigasi tradisional adalah: perlu aktivitas fisik untuk mengontrol sistem irigasi tetes, serta penggunaan waktu dan air lebih boros. *Smart* irigasi dapat mengoptimalkan *water levels* berbasis kelembapan tanah dan prediksi cuaca. Hal ini dilakukan

melalui penggunaan sensor kelembapan *wireless* yang dapat memberikan sinyal bahwa tanaman/lahan sudah memerlukan air. Hal yang sama menunjukkan bahwa *smart* irigasi dapat menangkap data cuaca yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan saat pemberian air irigasi.



**Gambar 9.** Efisiensi penggunaan air pada tanaman cabe dengan *smart* irigasi dan irigasi normal pada 3 studi kasus (Sumber Munir et al. 2018)

## STRATEGI KEBIJAKAN DAN LANGKAH-LANGKAH OPERASIONAL

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan di mana sistem pertanian harus ditingkatkan menjadi pertanian maju atau lebih dikenal dengan pertanian presisi yang disesuaikan dengan kebutuhan pangan pada saat ini dan yang akan datang. Untuk mendukung pertanian presisi diperlukan sistem irigasi modern atau *smart irrigation* yang dapat memenuhi kebutuhan air untuk irigasi pertanian presisi sepanjang tahun. Sehubungan dengan itu, diperlukan kebijakan-kebijakan yang mendukung terlaksananya pertanian presisi sebagai berikut:

## Manajemen Air Irigasi Mendukung Pertanian Presisi

- Untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduk yang semakin meningkat dan kebutuhan pangan pada masa yang akan datang, diperlukan sistem pertanian modern seperti pertanian presisi yang dapat menghasilkan produksi tinggi dan aman untuk dikonsumsi serta berkelanjutan.
- Untuk mendukung pertanian presisi, diperlukan saprodi yang kualitasnya baik, seperti benih yang digunakan harus yang baik/ bersertifikat, pemupukan dilakukan secara seimbang antara pupuk organik/pupuk hayati dan anorganik yang digunakan serta menggunakan biopestisida untuk mengantisipasi serangan hama dan penyakit. Selain itu, diperlukan sistem irigasi modern yang efisien dan efektif serta ramah lingkungan. Jaringan irigasi dibangun agar air irigasi didistribusikan secara efisien, serta menerapkan teknik irigasi hemat air dengan dosis irigasi sesuai dengan kebutuhan tanaman.
- Irigasi hemat air harus didukung dengan ketersediaan air sepanjang tahun artinya, sumber air yang di DAS hulu harus dikelola secara tepat, *blue water* dan *green water* harus dikelola secara tepat agar air untuk irigasi modern/*smart irrigation* tersedia sepanjang tahun. Keterbatasan ketersediaan air menuntut sebuah sistem pertanian presisi yang mampu mengefisienkan penggunaan air serta tetap mendapatkan *output (yield)* yang memenuhi kebutuhan pangan.
- Secara bertahap, data-data yang sudah tersedia disusun menjadi suatu basis data yang selanjutnya dibuat sistem informasinya dan kemudian dibangun otomatisasinya sehingga irigasi modern/*smart irrigation* berfungsi sesuai dengan yang diharapkan yaitu irigasi secara otomatis dapat mengirigasi tanaman secara tepat waktu dan dosisnya sesuai dengan kebutuhan tanaman.
- Untuk pengembangan pertanian presisi, diperlukan dukungan dari Dinas Pertanian Kabupaten dan instansi terkait, kelompok tani, swasta yang bergerak di sektor pertanian dan petani, serta pendanaan yang cukup dari Pemerintah dan swasta agar dapat dikembangkan.

Dalam pelaksanaannya, tahap awal agar dilakukan penelitian dan pengembangan sistem pertanian presisi yang didukung oleh irigasi modern/*smart irrigation*, untuk menentukan peningkatan produksi pertanian yang dihasilkan serta aman untuk dikonsumsi.

- Percepatan pengembangan *smart irrigation* dalam mendukung pertanian presisi akan berhasil apabila dilakukan pendampingan secara intensif dari pemerintah pusat maupun daerah. Pendampingan dilaksanakan untuk menjawab permasalahan yang dijumpai di lapangan, dan mempercepat proses adopsi teknologi yang dikembangkan. Prospek pengembangan *smart irrigation* sangat baik jika terdapat keterpaduan dan sinergi program/kegiatan antar-sektor/subsektor, baik di pusat maupun daerah serta dilanjutkan dengan pengelolaan dan pemanfaatan secara efektif dan efisien terhadap teknologi secara berkelanjutan.

## PENUTUP

Untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang meningkat dengan pesat, diperlukan sistem pertanian modern seperti pertanian presisi yang dapat menghasilkan produksi pertanian yang tinggi, berkelanjutan dan aman untuk dikonsumsi agar dapat memenuhi kebutuhan penduduk yang terus meningkat setiap tahun. Pertanian presisi merupakan sistem pertanian yang dicirikan dengan: 1) penggunaan saprodi dan benih yang bermutu, 2) penggunaan pupuk anorganik dan organik yang seimbang, 3) penggunaan biopestisida untukantisipasi adanya hama dan penyakit, 4) sistem irigasi modern yang efisien dan efektif serta ramah lingkungan, didukung oleh teknik irigasi hemat air dengan dosis irigasi sesuai dengan kebutuhan tanaman, 5) menerapkan tindakan konservasi tanah dan air yang tepat dan sederhana. Paradigma pengelolaan/manajemen air terpadu dilakukan mulai dari hulu sampai hilir; menyeluruh pada *blue water* maupun *green water*; menuju sistem pertanian presisi yang didukung oleh praktik irigasi modern/*smart irrigation*, konservasi

air pada DAS hulu serta aplikasi irigasi hemat air. Ketersediaan air sepanjang tahun akan dapat meningkatkan produktivitas lahan yang berarti menghasilkan produksi pertanian yang terus-menerus. Teknologi *smart irrigation* merupakan salah satu komponen penting dalam pertanian modern untuk mencapai target swasembada pangan berkelanjutan melalui peningkatan efisiensi penggunaan air, serta peningkatan produktivitas dan daya saing produk pertanian. Teknologi ini memungkinkan menjadi solusi praktis untuk melakukan monitoring dan kontroling terhadap sistem irigasi. Sensor-sensor yang terintegrasi akan mengirimkan data untuk melakukan monitoring melalui jaringan internet pada lingkungan sistem irigasi meliputi suhu, cuaca, debit air yang mengalir serta ketinggian air pada saluran sistem irigasi. Selain itu juga dapat mengontrol sistem buka tutup pintu bendungan secara otomatis disertai dengan adanya pemberitahuan baik melalui website ataupun SMS jika sewaktu-waktu air meluap. Sistem yang bekerja dari *smart irrigation* adalah *microcontroller*, sensor, dan sistem perpompaan. Air akan diberikan di wilayah yang betul-betul memerlukan irigasi, sehingga menghasilkan penggunaan air yang efisien. Parameter yang digunakan sebagai dasar pemberian air yaitu suhu, kelembapan dan kandungan air tanah. Otomatisasi irigasi melalui optimasi dan *real time control* pada aplikasi irigasi modern menggunakan sensor kelembapan udara dan tanah, suhu, dan penyinaran (lama dan intensitas), untuk menentukan waktu dan lama penyiraman, agar lebih efisien. Penerapan teknologi ini dalam suatu sistem pertanian dapat memprediksi luasan lahan yang dapat ditanam serta produksi yang akan dihasilkan, sehingga analisis ekonomi untuk prediksi keuntungan dapat diketahui.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agriculture 4.0: Revolusi Pertanian Tahap Keempat. <https://warstek.com/2018/05/22/agri/>  
By Warstek Media on 22 Mei 2018
- Amran S. 2018. <http://biogen.litbang.pertanian.go.id/2018/10/kementan-dorong-pemanfaatan-industri-4-0-sektor-pertanian/>
- Arif, D Sulaeman. 2014. Pengembangan Institusi dan Pemberdayaan Masyarakat Irigasi. Bahan Pelatihan: Peningkatan Kemampuan Perencanaan Teknis Irigasi, Air Baku, dan Air Tanah. Direktorat Irigasi dan Rawa, Kementerian Pekerjaan Umum tanggal 23-15 Maret 2014. Yogyakarta
- Arif S. 2018. Konsep Pertanian 4.0 Agriculture 4.0: Revolusi Pertanian Tahap Keempat. <https://warstek.com/2018/05/22/agri/> By Warstek Media on 22 Mei 2018
- Asdak C. 2015. Manajemen Konservasi Sumber Daya Air Terpadu: Prasyarat Ketahanan Pangan. Makalah disampaikan pada “Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup”. Program Magister dan Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang, 20 Agustus 2015.
- Bappenas. 2014. RPJMN 2015-2019. Buku I. Agenda Pembangunan Nasional. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas.
- Dermoredjo SK, B Sayaka, dan KS Hariyanti. 2014. Sistem Produksi Padi Nasional. Dalam Buku Kalender Tanam. Kementerian Pertanian.
- Dit Irigasi dan Rawa. 2011. Pedoman umum modernisasi irigasi (sebuah kajian akademik). Ditjen SDA, Kemen PU. 244 hal.



- Durga SN, M Ramakrishna. 2018. Smart Irrigation Sistem Based On Soil Moisture Using IoT. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 05(06): 2003-2007.
- Falkenmark, M J Rockström. 2006. The New Blue and Green Water Paradigm: Breaking New Ground for Water Resources Planning and Management. Journal of Water Resources Planning and Management © ASCE / May/June 2006 / 129.
- Ghosh S dan H A Hingoliwala. 2016. Smart Irrigation : A Smart Drip Irrigation Sistem Using Cloud , Android And Data Mining. IEEE International Conf.on Adv. in Electronic Communication and Computer Technology (ICAECCT). pp. 236–239.
- Hadimoeljono MB. 2015. Peningkatan ketahanan air sebagai dukungan terhadap pencapaian kedaulatan pangan.<http://musrenbangnas.bappenas.go.id/>. Diakses 12 September 2015
- Hafied A, A Gany. 2011. Prospek Pengembangan Irigasi Mikro Pada Lahan Kering Berbasis Kearifan Lokal Untuk Menjaga Ketahanan Pangan. Seminar sehari dalam rangka pengukuhan kepengurusan Komite Provinsi NTT untuk KNI-ICID. KNI-ICID bekerjasama Komprov NTT untuk KNI-ICID, ber-thema “Potensi Lahan Kering Menjaga Ketahanan Pangan yang Berbasis Kearifan Lokal”. Kupang, Februari 2011.
- Hakim I. 2012. Memperkuat Kelembagaan Agroforestry Dalam Mendukung Ketahanan Pangan Nasional Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan Kehutanan. Buku: Prospek Pertanian Lahan Kering Dalam Mendukung Ketahanan Pangan. Eds: Dariah A, Sutrisno N, Suradisatra K, Sarwani M, Haryono, Pasandaran E. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian
- Hauck GS. 1987. *Shifting Cultivation Some Soil Management Aspects for Its Improvement*. Food and Agriculture of the United Nation (FA). Rome.

- HydroPoint. What is Smart Irrigation?. <https://www.hydropoint.com/what-is-smart-irrigation/> Diakses 1 Mei 2019.
- Karsun SP. 2014. Peranan Kawasan Hutan Dalam Mendukung Ketahanan Pangan (Desa Jatiluwih Sebagai Salah Satu Lumbung Pangan di Bali). Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Unda Anyar. <http://bpdas-undaanyar.net/artikel/peranan-kawasan-hutan-dalam-mendukung-ketahanan-pangan.html>
- Koeh R, P Langat. 2018. Improving Irrigation Water Use Efficiency: A Review of Advances, Challenges and Opportunities in the Australian Context. *Water*. 10:1771-1786. doi:10.3390/w10121771
- Kurnia U, N Sutrisno, I Sungkawa. 2010. Perkembangan Lahan Kritis. Buku: Membalik Kecenderungan Sumber Daya Lahan dan Air. Eds. K Suradisastra, S Pasaribu, B Sayaka, A Dariah, I Las, Haryono, E Pasandaran. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Masaba K, A Ntakirutimana, TS Utun. 2016. Design and Implementation of a Smart Irrigation Sistem for Improved Water-Energy Efficiency. Instructions for preparing and transferring final paper to CVMP.
- Munir MS, I S Bajwa, M A Naeem, B Ramzan. 2018. Design and Implementation of an IoT Sistem for Smart Energy Consumption and Smart Irrigation in Tunnel Farming. *Energies*, 11, 3427. <https://www.researchgate.net/publication/329468558>.
- Nugroho AP. 2018. Strategi Implementasi Pertanian Presisi pada Pertanian Konvensional. Laboratorium Energi dan Mesin Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada. <https://smart-farming.tp.ugm.ac.id/2018/11/07/strategi-implementasi-pertanian-presisi-pada-pertanian-konvensional/>

- Nugroho AP. 2018. Memahami Konsep Pertanian Presisi dan Implementasinya di Indonesia. Laboratorium Energi dan Mesin Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada. <https://smart-farming.tp.ugm.ac.id> oleh Smart Farming | Smart Farming
- Pasandaran E, Sarwani M, Haryono. 2012. Fase-Fase Perkembangan Pertanian: Implikasi Bagi Kebijakan Investasi Lahan Kering. Buku: Prospek Pertanian Lahan Kering Dalam Mendukung Ketahanan Pangan. Eds: Dariah A, Sutrisno N, Suradisastra K, Sarwani M, Haryono, Pasandaran E. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Perry C, P Steduto, F Karajeh. 2017. Does Improved Irrigation Technology Save Water? A Review Of The Evidence. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Cairo, 2017
- Setiadi D, M Nurdin, A Muhaemin. 2018. Penerapan *Internet Of Things (Iot)* Pada Sistem Monitoring Irigasi (*Smart Irigasi*). Jurnal Infotronik. 3(2): 95-102.
- Sugiono, T Indriyani, M Ruswiansari. 2017. Kontrol Jarak Jauh Sistem Irigasi Sawah Berbasis *Internet Of Things (IoT)*. Journal of Information Technology. 2(2): 41-48.
- Sutrisno N. 2002. Pendugaan Erosi Skala Daerah Aliran Sungai Berdasarkan Erosi Pada Lahan. Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Sutrisno N, E Pasandaran, Suherman. 2012. Manajemen Sumber daya Lahan dan Air Mendukung Keberlanjutan Ketersediaan Pangan. Buku: Kemandirian Pangan Indonesia Dalam Perspektif Kebijakan MP3EI. Eds. E Pasandaran, F Kasryno, Haryono, N Sutrisno, M Ariani, K Suradisastra. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

Warstek Media. 2018. Agriculture 4.0: Revolusi Pertanian Tahap Keempat. Majalah Warstek. 4 (22) Mei 2018. <https://warstek.com/2018/05/22/agri/>

Wu Yin. 2017. The implementation of the IOT in agriculture industry in China. CAICT.

# **TATA KELOLA LAHAN SAWAH MENUJU PERTANIAN PRESISI DAN MODERN MENDUKUNG PRODUKSI PANGAN BERKELANJUTAN**

**Anny Mulyani, Sri Asih Rohmani dan Haryono Soeparno**

## **PENDAHULUAN**

Lahan sawah menjadi tumpuan harapan dalam memproduksi pangan nasional terutama beras, untuk memenuhi kebutuhan 261 juta jiwa penduduk Indonesia (BPS 2018). Dengan laju pertumbuhan penduduk 1,34% per tahun, penduduk Indonesia bertambah sekitar 3,5 juta jiwa per tahun atau diperlukan tambahan setara beras sekitar 413.000 ton/tahun. Di sisi lain, lahan sawah menjadi incaran untuk dikonversi oleh berbagai pihak (pemerintah dan swasta) dan berbagai kepentingan seperti untuk infrastruktur (jalan tol dan bandara), kawasan industri, perkantoran, perumahan mewah, pemukiman penduduk yang sulit dikendalikan. Akibatnya luas baku lahan sawah semakin menciut dari tahun ke tahun. Mulyani et al. (2016) yang mengkaji laju alih fungsi lahan periode 2002/2006 sampai 2012/2014 di sembilan provinsi sentra produksi padi menunjukkan angka laju konversi lahan 96.500ha/tahun. Angka ini lebih rendah dibandingkan hasil kajian Sutomo (2004) dan Irawan (2005) yang menyatakan konversi lahan sekitar 110.160 ha/tahun pada periode 1999-2003. Kajian lebih detil di beberapa daerah telah dilakukan oleh Hidayat (2017) dan Sopanudin (2017), memperoleh

luasan konversi lahan akibat pengembangan Bandara Internasional Jawa Barat (BIJB) dan pengembangan bandara Adisucipto Yogyakarta ke lokasi baru di Kabupaten Kulon Progo, masing-masing sebesar 7.500 ha dan 4.278 ha. Konversi lahan sawah di daerah peri urban tidak hanya terjadi di Indonesia saja tetapi juga di negara lain seperti disampaikan oleh Kuang et al. (2016) bahwa hal serupa juga terjadi di Tiongkok. Perluasan perkotaan dan kawasan industri merupakan faktor penyebab utama terkonversinya lahan pertanian. Faktor ekonomi, politik dan kebijakan pemerintah, baik di tingkat nasional, maupun provinsi dan kabupaten mempengaruhi laju dan arah konversi penggunaan lahan (Munteanu et al. 2014).

Regulasi terkait pengendalian alih fungsi lahan telah terbit sejak tahun 2009 melalui Undang-undang Nomor: 41 tahun 2009 tentang Pengendalian Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (Republik Indonesia 2009), lengkap dengan empat peraturan pemerintah (PP) turunannya. Meskipun demikian, regulasi tersebut tidak efektif dalam pencegahan dan pengendalian konversi lahan, terbukti dari terus berlanjutnya alih fungsi lahan, tidak hanya di kota-kota besar tetapi sudah merambah ke daerah-daerah terutama pada kabupaten pemekaran yang memerlukan infrastruktur dan pengembangan kota.

Perubahan iklim global yang terjadi dalam 10 tahun terakhir terutama kejadian iklim ekstrim yang semakin sering terjadi, bencana banjir, longsor dan kekeringan, pergeseran dan perubahan pola hujan, peningkatan suhu udara dan peningkatan tinggi muka air laut dan salinitas tanah, berdampak langsung terhadap sektor pertanian khususnya sub sektor tanaman pangan (Syahbuddin et al. 2015). Adaptasi terhadap perubahan iklim perlu diupayakan lebih serius dengan didukung oleh inovasi teknologi maju maupun memanfaatkan kearifan lokal setempat yang dimodifikasi dengan teknologi maju.

## Tata Kelola Lahan Sawah Menuju Pertanian Presisi dan Modern mendukung Produksi Pangan Berkelanjutan

Selain perubahan dan kejadian iklim ekstrim, kondisi sawah terutama di Jawa telah terjadi pelandaian peningkatan produktivitas (*leveling off*), terutama pada lahan sawah intensif. Hal ini di antaranya disebabkan oleh penggunaan pupuk anorganik takaran tinggi dan terus-menerus mengakibatkan gangguan keseimbangan hara, menurunkan efisiensi pupuk, dan berdampak negatif terhadap kesehatan tanah dan lingkungan (Nursyamsi 2018; Husnain et al. 2014). Berbagai tekanan dan permasalahan yang dihadapi pada lahan sawah tersebut di atas, ke depan perlu dilakukan tata kelola lahan sawah yang lebih tepat. Terobosan mekanisasi pertanian perlu dilakukan di era industri 4,0 yang sedang tren saat ini, karena hal tersebut relevan dan menjadi agenda dunia dalam upaya mewujudkan *Sustainable Development Goals*-SDGs serta sebagai strategi responsif menghadapi *megatrend* global (Mohieldin 2017).

Pertanyaannya, mampukah Indonesia mengelola lahan sawah ini dengan tepat menuju pertanian presisi dengan tren teknologi di era revolusi industri 4.0, sehingga lahan sawah dapat berproduksi optimal dan dapat memenuhi kebutuhan pangan nasional secara berkelanjutan? Prasyarat apa yang perlu dipenuhi untuk menuju pertanian presisi khususnya di lahan sawah?

Konsep ideal pertanian presisi dapat diartikan sebagai salah satu bentuk teknologi pertanian yang mentransformasi dari pertanian tradisional ke teknologi pertanian maju untuk mengelola hara tanaman secara spesifik sehingga dapat memberikan hasil tinggi dengan biaya rendah, serta risiko dan dampak lingkungan rendah (Soeparno 2019). Tidak hanya itu, pengelolaan lahan sawah mulai dari penyiapan lahan, penanaman, panen hingga pasca panen, harus menggunakan alat mekanisasi pertanian yang serba modern dan tangguh, untuk mengurangi biaya produksi dan dapat meningkatkan kesejahteraan petani. Makalah ini menyajikan kondisi lahan sawah saat ini, prasyarat dan tantangan menghadapi pertanian untuk beradaptasi di era revolusi insustri 4.0, serta saran kebijakan tata kelola lahan sawah ke depan yang lebih efisien dan produktif.

## KONDISI LAHAN SAWAH SAAT INI

### Luas Baku dan Konversi Lahan

Luas baku lahan sawah terus mengalami penurunan dan secara kasat mata alih fungsi lahan terjadi di mana-mana, tidak hanya di wilayah penyangga ibukota negara atau ibukota provinsi, tetapi juga di kabupeten-kabupaten, terutama pada kabupaten yang baru dimekarkan. Pembangunan jalan tol sepanjang pantai Utara Jawa dan lokasi tol lainnya, hampir seluruhnya mengalihfungsikan lahan sawah. Hasil kajian Mulyani et al. (2016) menunjukkan bahwa laju alih fungsi lahan nasional sekitar 96.500 ha/tahun. Angka ini sedikit lebih tinggi dibandingkan hasil analisis Irawan et al. (2001) yang memperkirakan laju konversi lahan sawah nasional antara tahun 1981 dan 1999 sekitar 90.417 ha/tahun, dan lebih rendah dibandingkan hasil kajian Sutomo (2004) dan Irawan (2005) yang menyatakan konversi lahan sekitar 110.160 ha/tahun pada periode 1999-2003. Badan Pertanahan Nasional (BPN 2018), pada bulan Oktober 2018 telah mengeluarkan angka luas baku sawah yaitu 7,1 juta ha, turun sekitar 1,0 juta ha dibandingkan dengan luas baku sawah 2013 (BPN 2013) yang masih 8,1 juta ha. Artinya dalam kurun waktu 5 tahun telah kehilangan sawah seluas 1,0 juta ha atau hilang 200.000 ha/tahun.

Hasil penelitian Hidayat (2017) menunjukkan bahwa alih fungsi lahan sawah untuk pembangunan Bandar Udara International Jawa Barat (BIJB) seluas 7.500 ha. Harian Pikiran Rakyat (2019) mengulas bahwa lahan sawah yang dikonversi untuk Bandara Internasional Jawa Barat (BIJB) di Kabupaten Majalengka seluas 5.000 ha, dan konversi lahan di Jawa Barat sekitar 22.000 ha/tahun dan akan mengurangi produksi padi sekitar 75.000 ton gabah kering giling per tahun (disitir 4 Februari 2019, <https://www.pikiran-rakyat.com/jawa-barat/2016/05/16/majalengka-akan-kehilangan-75000ton-gabah-kering-gilingtahun-369201>). Hal serupa terjadi untuk pengalihan bandara Adisucipto Jogjakarta ke Kabupaten

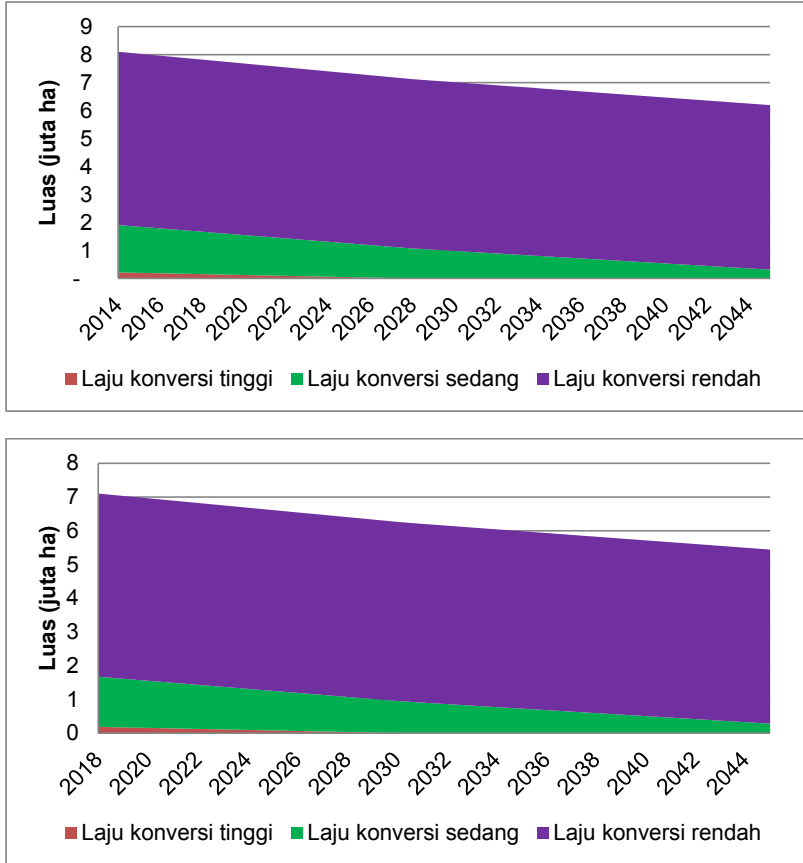


**Tata Kelola Lahan Sawah Menuju Pertanian Presisi dan Modern mendukung  
Produksi Pangan Berkelanjutan**

Kulon Progo, mengkonversi lahan sawah seluas 4.278 ha (Republika, 2018, <https://republika.co.id/berita/ekonomi/pertanian/18/04/09/p6wxs384-lahan-sawah-kulonprogo-berkurang-4000-ha-untuk-bandara>, 4 Februari 2019). Sopanudin (2017) menyatakan dampak alih fungsi lahan tersebut adalah bergesernya lahan pertanian menjadi bandara, hilangnya lahan pertanian sebagai sumber mata pencaharian masyarakat sekitar, munculnya sikap pro dan kontra di masyarakat, dan munculnya konflik sosial.

Gambar 1 menunjukkan laju konversi 1,19%/tahun atau 96.500 ha/tahun, pada kondisi luas baku lahan 8,1 juta ha (atas), seharusnya pada tahun 2018 luas baku lahan sawah masih seluas 7,8 juta ha dan pada tahun 2045 masih tersisa 6,2 juta ha. Luas baku lahan sawah tersebut dikoreksi hanya tinggal 7,1 juta ha pada tahun 2018 (BPN 2018). Penurunan satu juta hektar lahan sawah akan berpengaruh terhadap produksi pangan nasional. Dengan skenario luas baku lahan sawah terkoreksi tersisa 7,1 juta ha pada tahun 2018, jika konversi lahan dapat dipertahankan sebesar 1,19%, maka pada tahun 2045 tersisa hanya 5,2 juta ha. Luasan ini apakah akan mencukupi kebutuhan pangan terutama beras untuk 318 juta jiwa penduduk Indonesia pada tahun 2045.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**



**Gambar 1.** Proyeksi penurunan luas lahan sawah akibat konversi dengan asumsi konversi berjalan seperti tren yang berlaku antara tahun 2000 sampai 2015, versi luas baku 8,1 juta ha (Mulyani et al. 2016, gambar atas) dan versi luas baku 7,1 juta ha (gambar bawah)

**Tata Kelola Lahan Sawah Menuju Pertanian Presisi dan Modern mendukung  
Produksi Pangan Berkelanjutan**

Sebagai upaya membendung konversi lahan sawah, pemerintah telah mengeluarkan Undang-undang (UU) Nomor: 41 tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B). Undang-undang ini diharapkan dapat berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan laju konversi lahan sawah. Untuk mengimplementasikan UU tersebut, pemerintah telah menyusun 4 Peraturan Pemerintah (PP) turunannya yang diharapkan lebih bersifat operasional, yaitu Peraturan Pemerintah (PP) Nomor: 1 tahun 2011 tentang Penetapan dan Pengaturan Konversi LP2B, PP Nomor: 12 tentang Insentif Perlindungan LP2B, PP Nomor: 25 tahun 2012 tentang Sistem Informasi LP2B, dan PP Nomor: 30 tahun 2012 tentang Pembiayaan Perlindungan LP2B. Selain itu juga telah diterbitkan Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) Nomor: 07 tahun 2012 tentang Pedoman Teknis Kriteria dan Persyaratan Kawasan Lahan dan Lahan Cadangan Pertanian Pangan Berkelanjutan. Namun berbagai peraturan tersebut belum mampu membendung laju konversi lahan sawah secara efektif. Zakaria dan Rachman (2016) menyatakan bahwa untuk mendukung program LP2B ini diperlukan kebijakan konsolidasi lahan (*consolidated farming*) yang diarahkan pada lahan sawah beririgasi dengan pertimbangan fragmentasi dan alih fungsi lahan sawah semakin masif dan cepat, serta pemilikan lahan sawah semakin sempit.

Kebutuhan lahan untuk non pertanian seperti infrastruktur (jalan dan bandara), perumahan, industri, perkantoran lebih dominan di lahan sawah, akan terus mengancam keberadaan lahan sawah ke depan, jika tidak ada terobosan dan tata kelola lahan sawah secara masif. Irawan (2005) menyatakan bahwa alokasi konversi lahan sawah untuk pembangunan perumahan sangat dominan di Pulau Jawa (74,96%) sedangkan di luar Pulau Jawa konversi lahan sawah tersebut sebagian besar ditujukan untuk pembangunan sarana publik (43,59%) dan pembangunan perumahan (31,92%).

## Degradasi Lahan Sawah

Lahan sawah yang telah diusahakan ratusan tahun silam secara turun temurun telah dimanfaatkan untuk usaha padi dan pangan lainnya baik secara rotasi maupun tumpangsari. Lahan sawah intensif terutama pada sawah beririgasi teknis dan semi teknis terutama di Pulau Jawa, sebagian telah mengalami pelandaian produktivitas (*leveling off*), yang disebabkan oleh penggunaan pupuk anorganik takaran tinggi dan terus menerus (Nursyamsi et al. 2018). Selain itu, kandungan bahan organik tanah umumnya rendah. Hasil penelitian Kasno et al. (2003) menunjukkan bahwa sebagian besar sawah-sawah di Jawa mempunyai bahan organik rendah kurang dari satu persen, sehingga lahan sawah irigasi ini telah mengalami degradasi. Akibatnya peningkatan produktivitas sulit ditingkatkan dengan penambahan pupuk, sehingga dianjurkan untuk memberikan pupuk secara berimbang antara unsur hara makro dan mikro, yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk organik dan pupuk hayati.

## PRASYARAT INOVASI PERTANIAN PRESISI DI LAHAN SAWAH

Keberadaan lahan sawah sebagai salah satu tumpuan harapan dalam memenuhi bahan pangan nasional, ke depan mempunyai tantangan semakin besar terutama dalam menghadapi alih fungsi lahan yang sulit dihindari, sementara penambahan luas lahan sawah belum sebanding dengan laju alih fungsi lahan. Pertanyaannya adalah bagaimana mengelola lahan sawah yang ada agar tetap dapat berproduksi optimal, efisien dan efektif, sehingga dapat mempertahankan swasembada pangan berkelanjutan? Apakah terobosan baru melalui pertanian presisi yang didukung oleh kemajuan teknologi maju, mampu menjawab tantangan yang dihadapi lahan sawah dalam memenuhi kebutuhan bahan pangan ke depan.

Di satu sisi, sistem produksi pertanian melalui pengelolaan lahan sawah bagi sistem pertanaman padi, telah berhasil dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi antara lain melalui perbaikan genetik, pemupukan berimbang, irigasi yang lebih efisien dan pemanfaatan alat dan mesin pertanian. Namun demikian populasi penduduk terus tumbuh sedangkan sumber daya untuk produksi pertanian semakin berkurang, bahkan degradasi sumber daya dan lingkungan ke depan akan mengancam produksi lahan sawah secara berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan terobosan strategi dan upaya mengembangkan pendekatan inovatif untuk produksi tanaman berkelanjutan. Berpijak pada hal tersebut, kebutuhan mendesak akan perubahan teknologi menuju sistem produksi yang lebih berkelanjutan menjadi hal yang sangat penting. Prasyarat yang perlu dilakukan untuk mewujudkan pertanian presisi di lahan sawah secara nasional, ditinjau dari aspek biofisik lahan dan ketersediaan hara tanaman, sebagai berikut:

## **Karakteristik Lahan Sawah**

Pada tahap awal perlu peta luas baku lahan sawah pada skala sangat detil (1:5.000-10.000), berdasarkan kepemilikan lahan dengan minimal luas sawah 2.500 m<sup>2</sup> atau 0,25 ha. Lahan dipilah lebih lanjut berdasarkan luas hamparan, jenis irigasi, jenis tanah, dan bentuk wilayah. Hanya saja peta jenis irigasi, jenis tanah dan bentuk wilayah pada skala sangat detil ini belum tersedia, dan memerlukan upaya khusus untuk menyediakan data ini. Melalui koordinasi dan kerjasama dengan Kementerian dan Lembaga terkait, yaitu antara Kementerian Pertanian dengan Badan Pertanahan Nasional (kepemilikan lahan), Badan Informasi Geospasial (batas administrasi), Kementerian PUPR (jenis irigasi), Kementerian Dalam Negeri (kepemilikan lahan), dan seterusnya.

Beragam karakteristik lahan sawah tersebut, akan memerlukan pengelolaan dan cara pengolahan yang berbeda sesuai dengan variabilitas kondisi lahan dan heterogenitas spesifik lokasi. Lahan sawah

berteras dengan bidang olah sempit atau lahan sawah berteras dan berbatu seperti banyak ditemukan di Bima dan Lombok Timur, harus diberlakukan khusus karena dapat menyulitkan dalam penggunaan alsintan, apalagi pada lahan berbatu akan menyebabkan rusaknya alsintan. Oleh karena itu, pertanian presisi ini tidak bisa diberlakukan sama di seluruh wilayah, tetapi harus berdasarkan spesifik lokasi sesuai dengan karakteristiknya. Artinya, prasyarat utama untuk tata kelola lahan sawah berbasis pertanian presisi adalah tersedianya basisdata tanah yang detil dan akurat, sehingga dapat digunakan untuk berbagai tujuan.

## **Peta Tingkat Kesuburan Tanah Sawah**

Unsur hara primer C, N, P dan K merupakan hara esensial yang mutlak diperlukan dalam mempertahankan tingkat produktivitas padi agar dapat berproduksi optimum. Oleh karena itu, selain peta karakteristik tanah, perlu dilengkapi dengan peta tingkat kesuburan tanah pada tingkat sangat detil dengan skala 1:5.000. Peta ini dapat berupa peta status hara sendiri-sendiri seperti peta hara N, peta hara P, peta hara K dan peta kandungan bahan organik, atau sudah gabungan menjadi Peta Tingkat Kesuburan Tanah. Peta ini yang akan dijadikan acuan dalam menentukan rekomendasi pemupukan pada setiap hamparan sawah masing-masing, tentunya diperlukan dana sangat besar untuk menyusun peta tersebut, yang saat ini belum tersedia.

## **Perangkat uji tanah**

Jika peta karakteristik tanah dan peta tingkat kesuburan tanah belum tersedia, salah satu cara penentuan kebutuhan hara adalah dengan menggunakan perangkat uji tanah sawah (PUTS), yang dilakukan pada saat akan mulai tanam, sehingga diketahui rekomendasi pemupukan untuk N, P, K dan bahan organik secara tepat. Alat ini harus disiapkan untuk masing-masing hamparan lahan per satuan unit lahan. Selain itu, saat ini sedang dikembangkan alat digital pendeteksi unsur hara secara

langsung (*soil sensing kit*). Alat ini diharapkan dapat mengukur langsung unsur hara tanah dengan cara sangat mudah, sehingga dengan satu kali mengukur dapat langsung mengukur kandungan berbagai unsur hara dan keluar rekomendasi pemupukannya. PUTS hanya bisa mengukur secara manual satu jenis unsur hara dengan cara menggabungkan berbagai bahan kimia untuk sekali pengukuran, sehingga kurang praktis dibandingkan dengan alat digital. Alat ini masih dalam proses penyempurnaan yang dikembangkan oleh Kementerian Pertanian dan Universitas of Sydney-Australia.

## **Pemetaan dan zonasi penggunaan teknologi budidaya**

Lahan sawah yang ada di Indonesia terdapat pada berbagai tipologi lahan, di antaranya lahan sawah irigasi (teknis, semi teknis, dan sederhana), sawah tadah hujan, sawah pasang surut, dan sawah lebak. Masing-masing tipologi lahan tersebut memerlukan teknologi budidaya yang berlainan, termasuk di antaranya varietas unggul baru, jenis pupuk, alsintan (pengolahan dan penyiapan lahan, alat tanam, alat panen dan pasca panen). Varietas padi yang sudah berkembang baik itu Inpari ataupun Inpara, atau VUB lainnya harus dipetakan sesuai dengan peruntukannya, sehingga harus dibuat peta sebaran kesesuaian varietas unggul baru. Demikian juga dengan jenis pupuk baik itu pupuk anorganik (pupuk tunggal N, P, K atau pupuk majemuk NPK), pupuk organik, pupuk hayati maupun amelioran (kapur dan dolomit). Pada wilayah yang mempunyai pH tanah masam yang tersebar luas di Sumatera dan Kalimantan, maka kapur atau dolomit perlu ditambahkan. Sebaliknya pada tanah alkalis yang banyak tersebar di wilayah timur, amelioran kapur/dolomit tidak diperlukan, dan penggunaan pupuk ZA dianjurkan untuk menurunkan sifat alkalisnya. Ini merupakan salah satu contoh, perlu adanya pemetaan jenis pupuk sesuai karakteristik dan variabilitas kondisi hara tanah. Alat mesin pertanianpun harus disesuaikan dengan

kondisi lahan, di mana lahan pasang surut dan lebak yang mempunyai kondisi jenuh air dan tanahnya berlumpur dan lembek, sehingga alat pengolah tanah harus berbeda jika dibandingkan dengan tanah-tanah sawah di jalur Pantura yang umumnya mempunyai tapal bajak yang keras sehingga alsintan berat bisa dioperasikan baik untuk pengolahan tanah, alat tanam (*transplanter*), maupun alat panen (*combine harvester*). Alat-alat ini tidak bisa digunakan optimal pada lahan sawah berteras dengan bidang olah sempit 1-2 m yang banyak ditemukan pada lahan sawah dengan bentuk wilayah berbukit dan bergunung, demikian juga pada lahan sawah berteras dan berbatu alsintan ini harus dirancang khusus.

## Kalender tanam

Jumlah dan pola curah hujan di Indonesia bervariasi, di wilayah barat beriklim basah dengan curah hujan umumnya >2.000 mm per tahun dan sebaliknya di timur beriklim kering dengan jumlah curah hujan <2.000 mm per tahun. Meskipun sawah mempunyai irigasi teknis dan semi teknis, namun sebagian sumber air irigasi berupa waduk atau DAM sangat tergantung pada volume curah hujan. Oleh karena itu, kalender tanam untuk masing-masing kawasan hamparan lahan sawah harus memiliki kalender tanam yang cukup detil, sesuai dengan pola hujan mikro di wilayah tersebut. Artinya bahwa basis data tanah, air dan iklim harus tersedia dan menjadi prasyarat utama dalam mendukung pertanian presisi di era industri 4.0. Dengan keberadaan basis data sumber daya pertanian baik sumber daya lahan, air dan iklim akan menjadi pijakan bagi petani dalam melakukan praktik pengelolaan tanaman di lahan mereka mulai dari pemilihan varietas, persiapan lahan, pengolahan, pemberian pupuk dan praktik budidaya lainnya yang sesuai dengan keberadaan sumber daya tersebut. Dengan demikian, pertumbuhan optimal dan produksi berkelanjutan dapat dicapai melalui penggunaan input dan biaya produksi yang efisien.



Kementerian Pertanian telah mengeluarkan Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) Nomor: 18 tahun 2018 tentang Pembangunan Kawasan Pertanian Berbasis Korporasi (Kementan 2018). Permentan ini dapat menjadi acuan awal dalam pengelompokan kawasan sebagai platform inovasi tata kelola lahan sawah, yang dapat dipadukan dengan basisdata lainnya membentuk *Big Data* sehingga saling melengkapi satu sama lain, dalam mewujudkan pertanian presisi yang lebih efisien dan produktif (Soeparno et al. 2017)

## **Alat Mesin Pertanian Modern**

Alat mesin pertanian modern menjadi prasyarat selanjutnya yang tidak bisa diabaikan dalam menuju pertanian presisi dan modern. Alsintan serba modern dan digital merupakan penciri utama pertanian presisi dan modern, mulai dari pengolahan tanah dan penyiapan lahan (traktor digital), penanaman (*transplanter*), pemupukan dan penyemprotan (*drone*), panen (*combine harvester*), pengeringan dan lainnya.

## **Sumber Daya Manusia**

Sumber daya manusia tidak kalah penting dalam menuju pertanian presisi di lahan sawah. BPS (2014) menunjukkan bahwa jumlah rumah tangga petani (RTP) sekitar 26,1 juta yang bergerak di seluruh sektor, sedangkan yang bergerak di tanaman pangan khususnya padi sekitar 14,1 juta. Sebagian besar RTP bergerak di tanaman pangan yang mengindikasikan prioritas untuk memenuhi kebutuhan pangan sendiri (Simatupang 2018). Artinya bahwa sebagian besar rumah tangga petani tersebut harus punya kemampuan dan keterampilan dalam mengelola lahan sawahnya. Hal ini akan menjadi titik ungit utama dalam mewujudkan pertanian presisi pada platform inovasi kawasan lahan sawah (Soeparno et al. 2018) atau sering disebut sebagai pertanian 4.0 atau *farming 4.0* (Braun et al. 2018). Orientasi pembangunan pertanian presisi adalah meningkatkan efisiensi dan produktivitas lahan sawah untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat petani sebagai pelaku utama pembangunan pertanian.

Jika ditinjau dari jumlah angkatan kerja bahwa sekitar 50,6% merupakan angkatan kerja > 40 tahun atau 26,9% berumur >50 tahun (BPS 2018). Kondisi ini menjadi tantangan cukup berat untuk mewujudkan pertanian presisi, sehingga perlu diciptakan para petani muda milenial yang mempunyai jiwa petani tangguh dan inovatif, berwawasan dan berkompeten, serta mampu menjalankan roda pertanian serba digital (*digital farming*). Pertanian berbasis digital ini diharapkan dapat memanfaatkan teknologi pertanian yang tersedia, didukung oleh tersedianya alat dan pengelola data, jaringan (*networking*), sehingga semua data dapat dimanfaatkan secara optimal dan menghasilkan produksi yang optimal dan berkelanjutan (Rohmani dan Soeparno 2018). Masalah sumber daya manusia ini yang agak sulit diperoleh dalam waktu singkat, perlu terobosan baru yang dapat menarik minat para generasi muda milenial untuk menjadi petani profesional dan dapat bersaing secara sosial dan ekonomi dengan komoditas lainnya.

## **Kelembagaan Masyarakat**

Permasalahan lain untuk meningkatkan produksi pangan di lahan sawah adalah kelembagaan petani atau dikenal dengan kelompok tani. Tidak sedikit kelompok tani yang hanya aktif ketika akan ada bantuan benih dan pupuk, setelah itu kelompok tani mati suri. Dalam mewujudkan pertanian presisi di lahan sawah, diperlukan kelembagaan masyarakat yang aktif dan dapat dikelola dengan baik, serta profesional. Oleh karena itu perlu dorongan kuat dari seluruh *stakeholders* untuk membangun kelembagaan masyarakat berbasis pertanian modern.

## **STRATEGI TATA KELOLA LAHAN SAWAH DAN PENCAPAIAN PERTANIAN PRESISI**

Di masa yang akan datang lahan sawah eksisting akan terancam keberadaannya untuk memenuhi berbagai kebutuhan lahan di berbagai sektor. Di satu sisi sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan pangan strategis nasional, di sisi lain lahan sawah menjadi incaran semua pihak baik pemerintah maupun swasta terutama untuk infrastruktur, perkantoran dan pemukiman. Oleh karena itu, perlu strategi tata kelola lahan sawah ke depan, yang relevan dengan implementasi pertanian presisi, terutama untuk meningkatkan produktivitas dan pendapatan masyarakat petani agar dapat bersaing dengan komoditas lainnya, serta ada dorongan masyarakat untuk tetap mempertahankan lahan sawahnya di masa yang akan datang.

Menurut Batte dan van Buren (1999), implementasi pertanian presisi mengacu pada sistem pengelolaan pertanian yang mempromosikan variable-variabel praktek pengelolaan dalam suatu bidang lahan menurut kondisi dan situs (lokasi spesifik) lahan sehingga juga dikenal sebagai sistem pertanian spesifik lokasi. Penerapan pertanian presisi bukan berbasiskan pada teknologi tunggal, tetapi sebuah integrasi teknologi yang memungkinkan dilakukannya: (i) pengumpulan data pada skala yang sesuai dan waktu yang cocok; (ii) interpretasi dan analisis data mendukung pengambilan keputusan manajemen; dan (iii) Implementasi tanggapan manajemen pada skala dan waktu yang sesuai. Pengalaman dari penerapan pertanian presisi di banyak negara telah menunjukkan diperolehnya berbagai keuntungan dan nilai tambah yaitu:

1. Peningkatan hasil (produksi) dari serangkaian tindakan berupa pemilihan varietas tanaman yang tepat, penerapan jenis dan dosis pupuk yang tepat, pestisida dan irigasi yang tepat sesuai kebutuhan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang optimal.

2. Peningkatan efisiensi dan mengurangi biaya produksi, dengan penerapan teknologi canggih, termasuk alat dan mesin serta informasi.
3. Pengambilan keputusan yang lebih baik dalam manajemen pertanian. Dengan mesin cerdas, peralatan dan alat pertanian membantu petani memperoleh informasi yang akurat, dan dianalisis untuk pengambilan keputusan yang tepat dalam hal persiapan lahan, pembibitan, pupuk, aplikasi pestisida, irigasi dan drainase hingga ke kegiatan pasca produksi.
4. Mengurangi dampak lingkungan, hal ini antara lain karena dilakukannya aplikasi agrokimia secara tepat waktu pada tingkat yang akurat dapat dihindari residu berlebih baik dalam tanah dan air sehingga dapat mengurangi polusi lingkungan.
5. Akumulasi pengetahuan petani dan manajemen waktu menjadi lebih baik. Semua aktivitas pertanian presisi di lapangan akan menghasilkan informasi yang berkaitan dengan sistem pertanian dan manajemen yang berharga yang keseluruhan datanya dapat disimpan dalam alat dan komputer. Dengan demikian, petani dapat mengumpulkan pengetahuan tentang pertanian mereka dan sistem produksi untuk mencapai sistem pengelolaan yang lebih baik.

Dalam rangka mewujudkan tata kelola lahan sawah yang terintegrasi dengan pencapaian pertanian presisi mendukung sistem produksi pertanian yang berkelanjutan, diperlukan strategi khusus dengan beberapa langkah sebagai berikut:

## **Adaptasi atau transformasi pertanian saat ini ke pertanian presisi dan modern**

Adaptasi atau transformasi menuju pertanian presisi di lahan sawah dapat diartikan sebagai perpindahan secara bertahap dari pertanian tradisional menjadi pertanian presisi, sehingga lahan sawah dapat

berproduksioptimal, efisien dan efektif, menguntungkan petani dan dikelola secara profesional dan serba digital. Transformasi sistem pertanian tradisional ke pertanian presisi sudah dimulai sejak beberapa dekade terakhir meskipun belum menyeluruh di seluruh Indonesia, di antaranya dengan dimanfaatkannya varietas unggul baru (VUB) spesifik lokasi, penggunaan alsintan berupa traktor dengan berbagai ukuran roda dua dan roda empat, alat mesin tranplanter, mesin alat panen (*combine harvester*), mesin pengering padi, meskipun baru di beberapa wilayah sentra produksi. Pada lahan sawah berteras dengan bidang olah sempit, penggunaan alsintan roda empat tidak bisa digunakan. Tradisi tandur (tanam padi) dengan 20-25 orang tenaga wanita masih dipertahankan, begitu juga panen dengan sistem bagi hasil masih dijumpai di Kabupaten Karawang dan Subang, sehingga perlu pendekatan untuk merubah tradisi tersebut. Adaptasi atau transformasi penggunaan varietas unggul baru nampaknya bisa lebih cepat dibandingkan inovasi lainnya. Meskipun demikian, penggunaan varietas unggul baru ini tidak mudah diterima oleh masyarakat di lahan rawa yang terbiasa dengan varietas lokal yang tahan terhadap kondisi genangan dan hama penyakit, meskipun harus 3 kali pindah tanaman dan berumur panjang 7-8 bulan. Nilai budaya dan citra rasa pera sulit ditinggalkan oleh petani asli, yang sudah terbiasa mengkonsumsi beras pera tersebut. Banyak hal yang bersifat tradisional dan budaya setempat yang sulit untuk bertransformasi, sehingga butuh waktu dan upaya khusus untuk merubahnya.

## **Dukungan data dan inovasi teknologi terkini**

Pertanian presisi di lahan sawah dapat dilaksanakan jika prasyaratnya terpenuhi, yaitu tersedianya basis data lahan, hara, air, iklim, teknologi budaya, alsintan, kelembagaan dan tingkat kemampuan SDM. Basis data tersebut harus lengkap baik secara tabular maupun spasial pada skala sangat detil, sehingga penguasaan dan kepemilikan lahan sawah diketahui pada masing-masing kawasan, termasuk tingkat kesuburan tanah, waktu tanam, teknologi budidaya dan alsintan yang cocok pada kawasan tersebut.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

Selain basis data, dukungan teknologi terkini harus tersedia dan cocok dengan tipologi lahan sawah tersebut, tidak bisa disamaratakan, karena sawah irigasi berbeda dengan sawah lebak atau pasang surut. Oleh karena itu, basis data yang lengkap dan detil ini mutlak diperlukan untuk mendukung pertanian presisi di lahan sawah. Untuk memudahkan pengguna, basis data tersebut bisa dikelompokkan berdasarkan tipologi lahan sawah, yaitu lahan sawah irigasi datar, sawah irigasi berteras, sawah tadah hujan datar, sawah tadah hujan berteras, sawah tadah hujan berteras dan berbatu, sawah pasang surut dan sawah lebak. Sawah tadah hujan perlu dilengkapi dengan penyediaan air permukaan (embung, air sungai, waduk/DAM, dam parit) atau sumur air tanah dangkal. Kebutuhan teknologi pada masing-masing tipologi lahan berlainan, sebagai contoh disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Pengelompokan kebutuhan teknologi budidaya berdasarkan tipologi lahan sawah untuk mendukung pertanian presisi

Jenis teknologi	Sawah irigasi		Sawah tadah hujan			Sawah rawa	
	Datar	Teras	Datar	Teras	Berbatu	Pasang surut	lebak
Basis data lahan/ iklim	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu
Jenis VUB	Inpari	Inpari	Inpari	Inpari	Inpari	Inpara	Inpara
Jenis Pupuk	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK
Amelioran/kapur	-	-		-	-	Dolomit	Dolomit
Cara tanam	Semai	Semai	Semai	Tugal	Tugal	semai	semai
Transplanter	Bisa	Tidak	Bisa	Tidak	Tidak	-	-
Transplanter rawa	-	-	-	-	-	bisa	bisa
Traktor roda 2	Bisa	Bisa	Bisa	Bisa	Bisa	Bisa	Bisa
Traktor roda 4	Bisa	tidak	bisa	tidak	tidak	Bisa	Bisa
Drone pupuk cair dan pestisida	Bisa	Bisa	Bisa	Bisa	Bisa	Bisa	Bisa
Penyediaan air (waduk, dam, embung) di MK	Tidak	Tidak	Perlu	Perlu	Perlu	tidak	tidak

**Tata Kelola Lahan Sawah Menuju Pertanian Presisi dan Modern mendukung  
Produksi Pangan Berkelanjutan**

**Tabel 1.** Pengelompokan kebutuhan teknologi budidaya berdasarkan tipologi lahan sawah untuk mendukung pertanian presisi (lanjutan)

Jenis teknologi	Sawah irigasi		Sawah tadah hujan			Sawah rawa	
	Datar	Teras	Datar	Teras	Berbatu	Pasang surut	lebak
Pengaturan tata air mikro	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Perlu	Perlu
<i>Combine harvester</i>	Bisa	Tidak	Bisa	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
<i>Combine harvester</i> rawa						Bisa	Bisa
Lantai jemur	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu
Kelembagaan							
- Kelompok tani	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu
- P3A	Perlu	Perlu	Tidak	Tidak	Tidak	Perlu	Perlu
- Sarana produksi	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu
- Pemasaran hasil	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu
- Gapoktan	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu
Keterampilan petani	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu
Korporasi	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu	Perlu

Berdasarkan rincian di Tabel 1 perlu disusun skala prioritas wilayah atau kawasan mana yang telah siap untuk melaksanakan pertanian presisi, yang disajikan dalam Peta Potensi Pengembangan Pertanian Presisi di Lahan Sawah. Potensi tinggi untuk prioritas pertama, potensi sedang untuk prioritas kedua, dan potensi rendah untuk prioritas ketiga. Perkiraan kriteria untuk menentukan potensi tinggi, sedang dan rendah untuk pertanian presisi di lahan sawah disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan tabel tersebut bahwa untuk melaksanakan pertanian presisi ini, masih lemah di basis data sumber daya lahan, hara, air, iklim pada skala sangat detil, sehingga perlu waktu panjang untuk melengkapi data data tersebut, terutama untuk memperoleh data dan informasi secara

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

digital pada setiap kawasan lahan sawah. Lahan sawah yang mempunyai data sangat lengkap dan berpotensi tinggi untuk pertanian presisi, dapat dilakukan uji coba semacam demplot atau demfarm, sekitar 100-200 ha dalam satu hamparan.

**Tabel 2.** Pengelompokan tingkat potensi lahan sawah untuk pertanian presisi

Uraian	Potensi lahan sawah untuk pertanian presisi		
	Potensi tinggi	Potensi sedang	Potensi rendah
Basisdata lahan, hara, air, iklim	Sangat lengkap	Lengkap	Kurang lengkap
Jenis Sawah	Irigasi teknis dan datar	Tadah hujan datar, Pasang surut dan lebak	Irigasi teras, tadah hujan teras, berbatu
Teknologi budidaya dapat diterapkan	100%	75%	50%
Alsintan diterapkan	100%	75%	50%
Sumber daya manusia	Terampil 76-100%	50-75%	< 50%
Kelembagaan	Aktif 76-100%	50-75%	< 50%
Dukungan pemda	Respon 76-100%	50-75%	< 50%
Dukungan regulasi	Sesuai 76-100%	50-75%	< 50%

## Perangkat dan Peralatan Baru

Penerapan sistem pertanian presisi memerlukan dukungan infrastruktur sarana dan prasarana yang memadai, selain mekanisasi dan peralatan lainnya yang telah biasa digunakan antara lain: 1) Sistem penentuan posisi global (GPS) memungkinkan petani untuk menemukan posisi yang tepat dari fitur dan kondisi di lapangan, seperti jenis tanah, kejadian hama penyakit, invasi gulma, dan berbagai kendala lain dalam sistem pertanian. Dengan sistem ini memungkinkan petani untuk mengidentifikasi lokasi di lapangan secara handal sehingga input produksi dapat diterapkan secara individual; 2) Teknologi sensor, misalnya dengan menggunakan



penginderaan jauh atau drone digunakan untuk membedakan spesies tanaman, menemukan kondisi stres air (kekeringan), menemukan hama dan gulma dan memantau kondisi tanah dan tanaman secara lebih spesifik. Sensor memungkinkan pengumpulan sejumlah besar data tanpa analisis laboratorium seperti: (i) karakteristik tanah: tekstur, struktur, karakteristik fisik, kelembapan, dan tingkat nutrisi tanah (Chen et al. 1997); (ii) memahami kondisi yang berkaitan dengan populasi tanaman, kekurangan air (kelembapan tanaman), nutrisi tanaman dan berbagai variabel lainnya; serta (iii) monitor hasil panen; 3) Sistem informasi geografis (SIG), yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, dan prosedur yang dirancang untuk mendukung kompilasi, penyimpanan, pengambilan dan analisis fitur atribut dan data lokasi untuk menghasilkan peta. Database GIS pertanian bisa memberikan informasi tentang topografi, jenis tanah, drainase permukaan, drainase bawah permukaan, irigasi, tingkat aplikasi bahan kimia dan hasil panen; dan 4) Tingkat variabel teknologi yang bersifat otomatis dan diterapkan pada berbagai operasi pertanian berdasarkan pengiriman *input* tipe tanah menjadi informasi yang diekstrapolasi untuk dapat mengontrol proses, seperti penyemaian, aplikasi pupuk dan pestisida dan sistem produksi lainnya tingkat variabel (sesuai) di suatu lokasi pada waktu yang tepat.

Dalam perkembangannya, aplikasi *tool* dan peralatan pertanian presisi yang berkaitan dengan pengelolaan lahan mendukung produksi hasil dan manajemen tanaman spesifik lokasi melalui lima proses utama, yaitu: (1) Referensi spasial, untuk mengumpulkan variasi data spasial/fitur tanah dan tanaman secara akurat di lapangan menggunakan GPS; (2) Tindakan diferensial, yang berupa tanggapan yang sesuai dengan variabilitas spasial dalam operasi pertanian yang dapat divariasikan secara *real time* dari sebuah bidang lahan; (3) Pemantauan tanah dan tanaman; (4) Prediksi dan pemetaan spasial, di mana nilai tanah dan atribut tanaman dapat diprediksi untuk lokasi yang tidak terbatas dan memungkinkan representasi terperinci dari variabilitas spasial dalam seluruh bidang lahan melalui pembuatan peta detail; dan (4) Dukungan keputusan

berdasarkan pada variabilitas di lapangan, tingkat pertumbuhan tanaman dan tanggapan agronomis yang sesuai sehingga dapat digabungkan menjadi rumusan strategi pengelolaan yang berbeda.

## **Kepemilikan lahan sawah pemerintah**

Alih fungsi lahan sulit dikendalikan terutama di Pulau Jawa, di mana lahan sawah tersebut merupakan sawah irigasi dan berproduksi optimal dengan indeks pertanaman lebih dari 2 kali tanam setahun. Salah satu upaya untuk menghindari alih fungsi lahan adalah dengan merubah status kepemilikan lahan. Pemerintah harus membeli sebagian besar lahan sawah produktif dengan pengelolaan lahan tetap memberdayakan masyarakat, sehingga petani tetap mengusahakan lahan sawahnya tetapi tidak boleh menjual asset tersebut. Pertanian presisi dan modern bisa diterapkan lebih mudah pada lahan milik pemerintah karena dapat mengatur lahan menjadi kawasan-kawasan yang mempunyai karakteristik sama. Namun untuk mewujudkan hal ini, diperlukan investasi pemerintah yang sangat besar dan ada keinginan kuat dari pemerintah yang dilengkapi dengan mekanisme pengaturannya dalam tata kelola lahan sawahnya.

## **Dukungan regulasi**

Setelah basis data tanah, hara, air, iklim, dan lainnya lengkap, begitu juga peta-peta yang dibutuhkan sudah memadai, maka tahapan berikutnya adalah memilah wilayah mana yang telah siap untuk pertanian presisi secara bertahap. Setelah itu, tahap berikutnya adalah menyiapkan dukungan regulasi. Di satu sisi lahan sawah mendapat tekanan untuk memproduksi padi tinggi dengan efisien, efektif dan ramah lingkungan, di sisi lain lahan sawah juga menjadi incaran utama untuk dialihfungsikan. Oleh karena itu, perlu beberapa regulasi untuk mendukung terlaksananya pertanian presisi di lahan sawah, di antaranya: a) Regulasi yang mengatur dan melindungi lahan potensi untuk pertanian presisi dari ancaman alih fungsi lahan, b) Regulasi yang mengatur pelaksanaan pertanian presisi

dilengkapi dengan dukungan biaya dan anggaran baik untuk implementasi maupun meningkatkan kemampuan SDM, c) Regulasi yang mengatur kelembagaan di tingkat pusat, daerah dan masyarakat petani sebagai pelaksana di lapangan dan d) Regulasi yang mengatur mekanisme dan tahapan pelaksanaan pertanian presisi.

## **PENUTUP**

Indonesia dengan luas hamparan sawah 7,1 juta ha, dengan karakteristik dan tipologi lahan sawah yang beragam dari segi biofisik lahan, kandungan hara, tingkat kesuburan tanah, iklim, jenis sawah, dan berbagai adat istiadat secara turun temurun dalam mengelola lahan sawahnya. Tingkat kepemilikan lahan sawah relatif kecil, fragmentasi lahan sawah akibat sistem waris, sebagian besar petani sawah berumur tua, kemampuan dan penguasaan petani untuk memasuki era industri 4.0 yang serba digital, serta derasnya alih fungsi lahan sawah, menjadi tantangan yang menarik jika akan mewujudkan pertanian presisi yang terintegrasi dengan sistem tata kelola lahan agar berkelanjutan. Agar lahan sawah tetap mampu memproduksi optimal secara berkelanjutan di masa depan dan dapat memenuhi kebutuhan pangan nasional, perlu terobosan tata kelola lahan sawah secara baik dan benar, terhindar dari alih fungsi lahan, serta menguntungkan petani. Salah satu kuncinya adalah melalui pertanian presisi yang melibatkan generasi muda milenial dan profesional serta terpenuhinya beberapa prasyarat. Hal tersebut dapat dilaksanakan apabila ada keinginan kuat dari pemerintah untuk mengelola dan melindungi lahan sawah yang ada serta mengoptimalkan potensinya untuk mendukung ketahanan pangan berkelanjutan. Tata kelola lahan sawah yang menjadi hajat hidup nasional, tidak dapat hanya dibebankan kepada Kementerian Pertanian, karena pemanfaatan lahan sawah banyak melibatkan Kementerian dan Lembaga terkait lainnya. Pemilikan sebagian lahan sawah oleh pemerinah merupakan solusi terhindarnya alih fungsi lahan menjadi non pertanian, meskipun

memerlukan biaya yang cukup besar untuk membeli lahan sawah tersebut. Petani tetap diberdayakan dalam menggarap lahan sawahnya dengan model korporasi dan modern di bawah naungan pemerintah dalam mekanisme tata kelola lahan sawahnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- BPN (Badan Pertanahan Nasional). 2013. Keputusan Kepala BPN-RI No. 3296/Kep.100-18/IV/2013 tentang Penetapan Luas Lahan Baku Sawah Nasional Tahun 2013. Badan Pertanahan Nasional, Jakarta
- BPN (Badan Pertanahan Nasional/Kementrian ATR. 2018. Keputusan Menteri ATR/Kepala BPN-RI No. 399/Kep-23.3/X/2018 tentang Penetapan Luas Lahan Baku Sawah Nasional Tahun 2018. Badan Pertanahan Nasional, Jakarta
- BPS. 2013. Statistik Indonesia 2013. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- BPS. 2014. Potensi Pertanian Indonesia: Analisis Hasil Pencacahan lengkap Sensus Pertanian 2013. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- BPS. 2015. Statistik Indonesia 2015. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- BPS. 2018. Indonesia Dalam Angka 2018. Badan Pusat Statistik, Jakarta
- Batte MT & Van Buren FN. 1999. Precision farming – Factor influencing productivity. Paper presented at the Northern Ohio Crops Day meeting, Wood County, Ohio, 21 Jan. 1999.
- Hidayat Y. 2017. Analisis Dampak Alih fungsi Lahan Pertanian terhadap Rumah Tangga Petani (studi kasus Kecamatan Kertajati Kabupaten Majalengka). Tesis S2, Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor. (<https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/88550>)

- Hidayat Y, A Ismail, dan M Ekayani. 2017. Dampak Konversi Lahan Pertanian Terhadap Ekonomi Rumah Tangga Petani Padi (Studi Kasus Kecamatan Kertajati Kabupaten Majalengka Jawa Barat). *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 20 (2): (2017).
- Husnain, Nursyamsi D, dan Purnomo J. 2014. Penggunaan Bahan Agrokimia dan Dampaknya terhadap Pertanian Ramah Lingkungan. Hal. 7-45. Dalam *Pengelolaan Lahan pada Berbagai Ekosistem Mendukung Pertanian Ramah Lingkungan* (Husnain et al. eds). IAARD Press.
- Irawan B. 2005. Konversi lahan sawah: potensi dampak, pola pemanfaatannya dan faktor determinan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 23(1): 1-18.
- Kasno, A D Setyorini, dan Nurjaya. 2003. Status C-organik Lahan Sawah di Indonesia. *Prosiding Seminar dan Kongres Himpunan Ilmu Tanah Indomesia (HITI), Bidang II: Kimia, Biologi, dan Kesuburan Tanah. Kongres Nasional VIII HITI. Padang, 21-23 Juli 2003.*
- Kementan. 2018. Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) Nomor: 18 tahun 2018 tentang Pembangunan Kawasan Pertanian Berbasis Korporasi. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Kuang W, J Liu, J Dong, W Chi, C Zhang. 2016. The rapid and massive urban and industrial land expansions in China between 1990 and 2010: A CLUD-based analysis of their trajectories, patterns, and drivers. *Landscape and Urban Planning* 145 (2016) 21–33. [Journalhome page: www.elsevier.com/locate/landurbplan](http://www.elsevier.com/locate/landurbplan)
- Mulyani A, Kuncoro D, Nursyamsi D, Agus F. 2016. Analisis Konversi Lahan Sawah: Penggunaan Data Spasial Resolusi Tinggi Memperlihatkan Laju Konversi yang Mengkhawatirkan. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 40(2):43-55.

- Munteanua C, T Kuemmerleb, M Boltziar, Van Butsic, U Gimmig, L Halada, D Kaimh, G Királyi, ÉK Gyuró, J Kozakh, J Lieskovsk, M Mojses, D Müller, K Ostafin, K Ostapowicz, O Shandrak, P Stychl, S Walker, VC Radeloff. 2014. Forest and agricultural land change in the Carpathian region— A meta-analysis of long-term patterns and drivers of change. *Land Use Policy* 38 (2014): 685–697. journal homepage: [www.elsevier.com/locate/landusep](http://www.elsevier.com/locate/landusep)
- Nurpita A, L Wihastuti dan IY Andjani. 2017. Dampak Alih Fungsi Lahan terhadap Ketahanan Pangan Rumah Tangga Petani Di Kecamatan Temon, Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Gama Societa*. 1 (1): 103 – 110
- Nursyamsi D. 2017. Inovasi Pemupukan Berbasis Keseimbangan Hara Terintegrasi Untuk Mendukung Swasembada Pangan Nasional. Naskah Orasi Profesor Riset, 14 Agustus 2017. Badan Litbang Pertanian, IAARD Press.
- Pikiran rakyat. 2016. Majalengka Akan Kehilangan 75.000 Ton Gabah Kering Giling/Tahun. <https://www.pikiran-rakyat.com/jawabarat/2016/05/16/majalengka-akan-kehilangan-75000-ton-gabah-kering-gilingsahun-369201>, disitir 4 Feb 2019)
- Republik Indonesia. 2009. Undang-Undang No. 41 Tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan. (<https://www.atrbpn.go.id/Publikasi/Peraturan-Perundangan/Undang-Undang/undang-undang-nomor-41-tahun-2009-888>)
- Republika. 2018. Lahan sawah Kulonprogo berkurang 4.000 ha untuk Bandara (<https://republika.co.id/berita/ekonomi/pertanian/18/04/09/p6wxs384-lahan-sawah-kulonprogo-berkurang-4000-ha-untuk-bandara>, disitir 4 Feb 2019)
- Rohmani, A dan H Soeparno. 2018. *Pertanian Digital dalam Membangun Pertanian Modern di Era Industri 4.0. Sinergi Inovasi Kebijakan dan Teknologi Menuju Kesejahteraan Petani*. IAARD Press. Hal 227-275.

- Sopanudin A. 2017. Konflik Lahan Pertanian dalam Pembangunan Bandara Internasional Di Kulon Progo. Jurusan Pendidikan Sosiologi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta 2016. Jurnal skripsi. 6(1) (2017).
- Sutomo S. 2004. Analisa Data Konversi dan Prediksi Kebutuhan Lahan. Hal 135-149 Dalam Hasil Round Table II Pengendalian Konversi dan Pengembangan Lahan Pertanian. Direktorat Perluasan Areal, Ditjen Bina Produksi Tanaman Pangan, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Simatupang P. 2018. Arah Kebijakan Mendorong Peningkatan Kesejahteraan Petani. Buku Sinergi Inovasi Kebijakan dan Teknologi Menuju Kesejahteraan Petani. IAARD Press. Hal 9-41.
- Soeparno H. 2019. Strategi Adaptasi dan Transformasi Pertanian di Industri 4.0. Makalah disampaikan pada Pertemuan Koordinasi Anjak 2019 dengan tema Membangun Pertanian Modern Era Industri 4.0 yang Menyejahterakan Petani. Bogor, 9 Maret 2019.
- Soeparno H, TD Soedjana, IW Arsanti, N Argosubekti. 2018. Memperkuat et al. Sinergi Sistem Inovasi Penelitian Nasional. Buku Sinergi Sistem Penelitian dan Inovasi Pertanian Berkelanjutan. IAARD Press. Hal. 111-155.
- Syahbuddin, H E Surmaini, dan W Estinityas. 2015. Pembangunan pertanian berbasis ekoregion dari perpekstif keragaman iklim. Buku Pembangunan Pertanian Berbasis Ekoregion. Jakarta: IAARD Press, 2015. 358 halaman
- Winoto J. 2005. Kebijakan Pengendalian alih fungsi tanah pertanian dan implementasinya. Seminar Sehari Penanganan Konversi Lahan dan Pencapaian Lahan Pertanian Abadi. Jakarta, 13 Desember 2005.
- Zakaria AK dan B Rachman. 2013. Implementasi Sosialisasi Insentif Ekonomi dalam Pelaksanaan Program Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B). Forum Penelitian Agro Ekonomi. 31(2): Desember 2013, halaman 139-149





# **MANAJEMEN AIR DI LAHAN RAWA BERBASIS MINI-POLDER DALAM MENDUKUNG PENGEMBANGAN PERTANIAN MODERN**

**Muhammad Noor, Nono Sutrisno, dan Hendri Sosiawan**

## **PENDAHULUAN**

Pemerintah melalui Kementerian Pertanian telah merencanakan sejak tahun 2016 program perluasan pemanfaatan (optimasi) lahan rawa sebagai sumber pertumbuhan baru produksi padi dalam mendukung target tercapainya kedaulatan pangan dan tekad menjadikan Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia tahun 2045. Untuk mencapai target tersebut, Kementerian Pertanian sejak tahun 2018 telah meluncurkan Program SERASI (Selamatkan Rawa dan Sejahterakan Petani) yang difokuskan pada optimalisasi satu juta hektare lahan rawa khususnya pada enam provinsi yang meliputi Sumatera Selatan, Kalimantan Selatan, Lampung, Jambi, Kalimantan Tengah, dan Sulawesi Selatan (Ditjen Tanaman Pangan 2018).

Penelitian dan pengembangan tentang lahan rawa, khususnya pertanian baru mulai berkembang pesat sekitar tahun 1970, walaupun pembangunan polder sejak tahun 1930. Lahan rawa menjadi perhatian setelah adanya Proyek Pembukaan Persawahan Pasang-Surut dan Rawa (P3S) untuk transmigrasi di Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, Sumatera Selatan,

Jambi dan Riau (Ismail et al. 1993). Pada tahun 1986 telah dilaksanakan *Symposium Lowland Development in Indonesia* di Jakarta; antara tahun 1985-1995 telah dilaksanakan serangkaian Seminar Nasional Lahan Rawa Pasang-Surut dan Rawa Lebak antara lain di Palembang, Bogor, dan Banjarmasin; tahun 2006 telah diselenggarakan Seminar Lahan Rawa Terpadu di Banjarbaru; dan tahun 2011 yang lalu telah diselenggarakan Pekan Pertanian Rawa Nasional (PPRN) I di Banjarbaru; kemudian pada tahun 2012 telah diselenggarakan *International Workshop on Sustainable Management of Lowland for Rice Production* di Banjarmasin; dan pada tahun 2013 telah dilaksanakan *International Workshop on Biochar Promotion in Wetland of Indonesia* di Bogor. Dalam rangka optimalisasi lahan rawa pada tahun 2018 telah diadakan Pekan Pertanian Rawa Nasional (PPRN) II di Banjarbaru dan Seminar Internasional tentang Wetland di Banjarmasin, di antaranya membahas tentang manajemen (pengelolaan) air di lahan rawa. Hasil PPRN di Banjarbaru, Kalimantan Selatan dan Gelar Teknologi Lahan Rawa pada Peringatan Hari Pangan Sedunia (HPS) 2018 yang dipusatkan di lahan rawa pasang-surut Desa Jejangkit Muara, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan menjadi inspirasi Kementerian Pertanian untuk menginisiasi munculnya Program Serasi.

Program Serasi ditetapkan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 40.1/Permentan/ RC.010/10/2018 tentang Pedoman Program Selamatkan Rawa dan Sejahterakan Petani Berbasis Pertanian Tahun 2019. Tujuan Program Serasi di atas adalah peningkatan produksi, produktivitas, pendapatan petani yang dilakukan melalui program pengembangan pertanian di lahan rawa pasang-surut dan lebak dengan tetap memperhatikan fungsi pelestarian lingkungan. Dalam mendukung program di atas pada tahun 2018 telah dilakukan survei investigasi dan rancang bangun (SID) pada daerah irigasi rawa (DIR) yang sudah terbangun jaringan irigasinya di Kalimantan Selatan, Sumatera Selatan, Lampung dan Sulawesi Selatan. Rencana SID tahun 2018 seluas 500 ribu hektare, baru tercapai 200 ribu hektare karena waktu pelaksanaannya

**Managemen Air di Lahan Rawa**  
**Berbasis Mini-Polder dalam Mendukung Pengembangan Pertanian Modern**

pada penghujung tahun 2018. Rencana SID tahun 2019 dilaksanakan oleh konsultan ahli bersama dengan kelompok tani untuk lokasi yang belum sempat disurvei sebelumnya (BBSDLP 2018).

Dalam Program Serasi di atas telah ditetapkan dua lokasi *Demfarm* lain yaitu Desa Telang di Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan (100 hektare), Desa Jejangkit di Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan (100 hektare), dan *pilot project* di Desa Tajau Landung, Kabupaten Banjar dan Desa Puntik Luar, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan serta Desa Wajo di Kabupaten Wajo, Sulawesi Selatan (500 ha) sehingga terdapat 5 (lima) lokasi percontohan. Dari lokasi *demfarm* tersebut ditunjukkan cara pengelolaan air, penataan lahan dan teknologi budaya padi, ikan, dan itik di lahan rawa. Kegiatan Program Serasi yang diinisiasi oleh Kementerian Pertanian ini dihadapkan dengan tiga hal pokok, yaitu (1) status lahan yang dijadikan lokasi pengembangan, sebagian besar lahan merupakan kepemilikan petani sehingga implementasi teknologi memerlukan kesepakatan yang utuh dan mengikat dengan semua petani/kelompok taninya; (2) infrastruktur yang memerlukan dukungan dari sektor lainnya, dan (3) kelembagaan petani yang memerlukan pembentukan dan pembinaan secara berkelanjutan sehingga terbentuknya kemandirian untuk menuju pertanian korporasi yang diharapkan.

Dari pengalaman yang lalu berdasarkan komunikasi dengan beberapa petani lahan rawa di Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan dan Kabupaten Kapuas Kalimantan Tengah tentang perihal pembukaan dan pemanfaatan lahan rawa dikatakan bahwa pada awal-awalnya antara 2-3 tahun setelah pembukaan hasil produksi tanaman seperti padi, sayuran dan buah-buahan cukup memuaskan dan meningkat setelah tahun ke-2 sampai 3 dari awal pembukaan, tetapi ada juga baru menghasilkan setelah tahun ke-4 atau ke-5. Namun berangsur-angsur seterusnya terjadi penurunan produktivitas. Khusus padi di lahan lebak yang jauh di pedalaman seperti di Cinta-Puri, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan petani setempat mengatakan setelah reklamasi saluran-saluran

mengalami pendangkalan, lahan yang tadinya dapat ditanami dua kali setahun (IP 200) karena adanya infrastruktur saluran yang masih baik, setelah pendangkalan kembali hanya bisa ditanami satu kali setahun (IP 100). Dikatakan terjadi penurunan muka air atau kekeringan akibat menurunnya kinerja pengelolaan air akibat endapan yang tebal karena di sekitarnya terdapat penambangan batu bara sehingga pasokan air tidak lagi cukup akibat pendangkalan saluran. Berawal dari sinilah kemudian lahan berubah menjadi masam yang kemudian produktivitas turun dan akhirnya lahan ditinggalkan tidak lagi ditanami.

Pada beberapa lahan rawa, kekeringan menjadi ancaman karena dapat menurunkan produktivitas dan produksi di lahan rawa. Kekeringan terjadi karena infrastruktur jaringan tata air mulai mengalami kemerosotan fungsi dimulai dengan proses pendangkalan saluran, penurunan muka air serta drainase yang berlebihan (*over drainage*) yang juga diikuti penurunan muka tanah (*subsidence*) dan kering tidak balik (*irreversible drying*), khususnya pada lahan gambut. Lebih parah lagi, kekeringan bagi lahan gambut karena akan berakibat fatal yaitu sebagian gambut menjadi *hidrofobik* dan rawan terbakar. Hal ini menunjukkan pentingnya pengelolaan air (*water management*) sejak awal hingga sampai dicapainya produksi yang berkelanjutan. Tulisan ini menganalisis masalah manajemen (pengelolaan) air di lahan rawa berbasis sistem polder (*mini-polder*). Selain itu juga tentang sistem pertanian di lahan rawa yang sedang berkembang (eksisting) dan sistem polder yang menjadi dasar dalam pengelolaan air.

## DINAMIKA SISTEM PERTANIAN DI LAHAN RAWA

Sistem pertanian yang berkembang di lahan rawa berawal dari kearifan lokal setempat yang terjewantahkan dari generasi ke generasi dalam bentuk tradisi. Bangunan infrastruktur sebagai pendukung seperti *handil*, *tabat*, *pematang (tanggul)* dibuat dengan sangat sederhana

**Managemen Air di Lahan Rawa**  
**Berbasis Mini-Polder dalam Mendukung Pengembangan Pertanian Modern**

dengan menggunakan tenaga tangan. Penggunaan alat-alat pertanian masih sangat sederhana seperti *tajak* untuk memotong rumput dalam penyiapan lahan, *tatujak* untuk bertanam, dan *ganggaman* (ani-ani) untuk panen. Ketersediaan alsintan (alat dan mesin pertanian) secara swadaya. Umumnya petani bekerja sendiri-sendiri atau bersama-sama dalam kelompok taninya secara terbatas dari mulai penyiapan lahan, pengelolaan air, penataan lahan, penanaman, pemupukan, pengendalian hama dan penyakit, panen dan pascapanen bahkan sampai pemasaran.

Berdasarkan jenis komoditas yang dibudidayakan, pertanian di lahan rawa dapat dipilah antara (1) pertanian tanaman pangan dan hortikultura, dan (2) pertanian perkebunan. Pertanian tanaman pangan dan hortikultura umumnya dikelola secara swadaya oleh penduduk setempat/transmigrasi bersifat perorangan, sedangkan tanaman perkebunan, khususnya kelapa sawit yang mendominasi lahan rawa akhir-akhir ini, sebagian besar dikelola oleh perusahaan swasta bersifat korporasi dan/atau masyarakat sebagai plasma dari perusahaan swasta (Rina dan Subagio 2016).

Menurut catatan sejarah, pembukaan lahan rawa untuk pertanian dimulai sejak awal kemerdekaan dengan dibangunnya jaringan reklamasi sistem anjir dan sistem polder pada era tahun 1956-1969. Disusul pembukaan persawahan pasang-surut melalui Proyek Pembukaan Persawahan Pasang-Surut (P4S) yang mengenalkan jaringan tata air yang disebut dengan sistem garpu untuk wilayah Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah dan sistem sisir untuk wilayah Sumatera umumnya dan Kalimantan Barat pada tahun era 1969-1985. Masing-masing sistem di atas mempunyai keunggulan dan kelemahan (Noor 1996; Noor 2001). Dalam beberapa diskusi secara terbatas diwacanakan ke depan sistem pengembangan lahan rawa didasarkan pada agroekosistem dimulai sejak tahun 1982 sehingga muncul istilah pertanian agroekosistem lahan kering, tadah hujan dan rawa (KEPAS 1985; Syam et al. 1990; Noor 1996). Sistem pertanian yang dimaksudkan di sini adalah pertanian rakyat yang umumnya adalah sistem usaha tani tanaman pangan dan hortikultura.

Berdasarkan corak atau tingkat teknologi dan model pengelolaan yang diterapkan, pertanian di lahan rawa dapat dibagi dalam tiga bentuk, yaitu (1) pertanian ekstensif, (2) pertanian semi intensif, dan (3) pertanian intensif. Masing-masing mempunyai kapasitas, orientasi, tujuan, dan sistem pengelolaan yang berbeda satu sama lain sebagaimana dikemukakan berikut.

## Pertanian Ekstensif

Pertanian ekstensif adalah pertanian yang dikerjakan menurut adat kebiasaan yang turun-temurun sehingga bersifat tradisional atau konvensional. Sistem pertanian ekstensif ini di lahan rawa masih sangat luas yang sebetulnya adalah hasil dari sistem budaya atau adat-istiadat yang dianut para pionir rawa dalam menjinakkan lahan rawa dengan mekanisme menghindar (*escape mechanism*) yaitu mengikuti dinamika gerakan pasang dan surutnya sungai/laut yang memengaruhi tinggi-rendahnya genangan di permukaan lahan. Ciri-ciri sistem pertanian ini adalah sistem penyiapan lahan, pengelolaan air, penggunaan varietas, khususnya padi, pola tanam, cara tanam, cara panen dan penyimpanan dikenal sebagai kearifan lokal. Misalnya penggunaan *tajak* dalam penyiapan lahan dan pengolahan tanah; *sistem handil* atau sistem dua arah dalam pengelolaan air, dan pembuatan *tabat* untuk konservasi air; penggunaan varietas lokal *siam* yang berumur panjang (9-11 bulan) atau sejenisnya; pola tanam sekali setahun (IP 100); sistem tanam dengan semai beberapa kali bertahap sampai tiga kali yaitu meliputi *taradak*, *ampak*, *lacak*; dan sistem panen dengan *ganggaman* (ani-ani) atau sabit serta masih kuat untuk menentukan tanam dengan melihat tanda-tanda alam seperti bintang atau binatang seperti buaya, ikan, dan lainnya (Noor 1996; Noor dan Achmadi 2006).

Kegiatan pertanian di atas sangat memerlukan banyak tenaga sehingga dalam pengelolaan tanaman padi keseluruhan seluas 1 hektare lahan usaha dan 0,25 hektare lahan pekarangan memerlukan tenaga kerja

sebanyak 724 Hari Orang Kerja (Noor 1996). Oleh karena itu, dukungan mekanisasi dalam pertanian di lahan rawa mutlak diperlukan. Selain itu, hasil panen yang dicapai rendah karena potensi dari varietas lokal hanya sekitar 2-3 t GKG/ha. Namun pemilihan varietas lokal ini oleh petani mempunyai beberapa alasan antara lain: (1) sistem budidaya cukup longgar dan perawatan tanaman mudah, termasuk daya tahan/adaptasi tanaman terhadap kondisi rawa cukup baik; (2) cita rasa nasi dari varietas lokal ini *pera* (*karau* = bahasa Banjar, Kalimantan Selatan) disenangi oleh orang lokal etnis Banjar sehingga tidak sukar dijual; (3) mempunyai harga jual lebih mahal dibandingkan varietas unggul (Subagio et al. 2015). Pertanian ekstensif atau sistem Banjar ini berkembang didukung oleh penguasaan/pemilikan lahan umumnya oleh pedagang/pegawai sehingga penyakap (penggarap) tidak mempunyai kekuasaan untuk mengubah pola usaha taninya misalnya untuk mengganti varietas menjadi berdaya hasil tinggi (VUB) atau meningkatkan intensitas pertanamannya menjadi dua kali setahun (IP 180-200) karena kekuasaan berada di tangan pemilik lahan, bukan petani yang menggarap lahan.

## **Pertanian Semi Intensif**

Pertanian semi intensif ini pola pertanian yang mulai memanfaatkan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi baru. Ciri-ciri sistem pertanian ini walaupun terkesan masih bersifat pertanian ekstensif, tetapi beberapa komponen teknologi sudah mulai diterapkan. Misalnya pengolahan tanah sudah menggunakan traktor, memanen sudah menggunakan *combine harvester*, tetapi penggunaan varietas masih mempertahankan varietas lokal dan/atau masih hanya menanam setahun sekali (IP 100).

Selain itu, pada sistem pertanian semi intensif ini umumnya petani masih terkendala dengan infrastruktur pengelolaan air yang belum operasional secara penuh atau masih sederhana dengan memanfaatkan gerakan pasang untuk irigasi atau memasukkan air ke petakan sawah dan gerakan surut harian untuk drainase dan perliindiang (*leaching*). Kondisi alami ini

sangat berpengaruh pada waktu tanam karena di beberapa lokasi yang keadaan drainasenya buruk masih terjadi genangan yang lama sehingga petani menunda waktu tanamnya. Teknologi budidaya masih menerapkan tanam pindah dengan tenaga manusia/keluarga, belum ada intervensi untuk memanfaatkan pintu air permanen dan pompa besar agar ketersediaan air terjamin untuk dapat dua kali tanam setahun (IP 200). Pengembangan atau memajukan pertanian di lahan rawa memerlukan investasi infrastruktur pengelolaan air, termasuk jalan-jalan usaha tani agar pengendalian air dan pengangkutan hasil panen, termasuk alsintan dapat kemudahan.

## **Pertanian Intensif**

Pertanian intensif adalah pertanian yang menerapkan “panca usaha” atau lima upaya yaitu (1) perbaikan irigasi atau pengelolaan air, (2) perbaikan teknologi budidaya, (3) pengolahan tanah dengan mekanisasi, (4) penggunaan varietas unggul, dan (5) pengendalian hama dan penyakit secara terpadu berbasis pada ambang batas pengendalian. Sekaligus peningkatan intensitas pertanaman dari satu kali (IP 100) menjadi dua atau tiga kali setahun (IP 200-300). Introduksi varietas unggul baru sebagai hasil persilangan sejak tahun 1970-an yang dilakukan oleh Balai Penelitian Tanaman Pangan (BALITTAN) Banjarbaru (sekarang menjadi BALITTRA), BALITTAN Sukmandi (sekarang menjadi BB Padi), BALITTAN Bogor (sekarang menjadi BB BIOGEN) memberikan hasil nyata dan mendorong pertanian intensif di lahan rawa (Noor 2004). Varietas lokal (siam) yang umum ditanam dan dikenal adaptif di lahan rawa diperbaiki produktivitasnya (2-3 t GKG/ha) dengan melakukan penyilangan dengan varietas unggul baru (cisokan dan dodokan) yang sejak tahun 1970-an menghasilkan varietas baru spesifik lahan rawa berupa varietas Margasari dan Martapura dengan potensi hasil lebih tinggi (4-5 t GKG/ha). Disusul, kemudian dari tahun 2008-2012 dihasilkan varietas unggul baru yang disebut inihybrid padi rawa (disingkat Inpara) seperti Inpara 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 dengan potensi hasil 5,1-6,6 t GKG/ha (Koesrini et al. 2014).



**Managemen Air di Lahan Rawa**  
**Berbasis Mini-Polder dalam Mendukung Pengembangan Pertanian Modern**

Penerapan pertanian intensif di lahan rawa diintroduksi sejak tahun 1995 saat pemerintah melakukan Pembukaan Lahan Gambut (PLG) Sejuta Hektare di Kalimantan Tengah untuk mendukung peningkatan produksi beras (swasembada pangan) dengan pembangunan infrastruktur berupa jaringan tata air “satu arah” pada lahan rawa/gambut seluas sekitar 1,4 juta hektare di Kalimantan Tengah yang dibuka secara mekanis dengan alat-alat berat. Juga untuk penyiapan lahan dan pengolahan tanah disediakan bantuan traktor roda 2, traktor roda 4, juga bantuan bibit padi unggul/VUB, herbisida, pupuk dan pestisida. Walaupun Proyek PLG Sejuta hektare di atas dinyatakan dihentikan atau “gagal”, beberapa daerah rawa pasang-surut dan rawa lebak berhasil menerapkan tanam dua kali setahun (IP 200) secara swadaya mandiri maupun dengan bantuan program dari pemerintah seperti daerah Telang, Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan; daerah Terantang, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan, daerah Terusan dan Belanti, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah (Subagio et al. 2015). Dalam Program Serasi 2019, selain penerapan pertanian intensif untuk padi dan hortikultura, juga dilakukan integrasi tanaman dengan ikan dan ternak itik sehingga diharapkan petani mendapatkan tambahan pendapatan untuk dapat lebih sejahtera (BBSDLP 2018).

Demontrasi petani (*demfarm*) disiapkan di daerah Telang untuk wilayah Sumatera, daerah Jejangkit Muara untuk wilayah Kalimantan, dan daerah Wajo untuk wilayah Sulawesi. Daerah yang menjadi lokasi demfarm tersebut dapat diharapkan menjadi perintis bagi pelaksanaan sistem pertanian modern sebagai bentuk pertanian di lahan rawa pada masa depan dalam mendukung tercapainya Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia pada tahun 2045.

## MENUJU SISTEM PERTANIAN MODERN

Dalam uraian di atas dikemukakan bahwa pertanian lahan rawa ke depan melalui Program Serasi diinisiasi menuju pertanian modern atau pertanian era industrial 4.0. Pertanian di lahan rawa diarahkan untuk menerapkan sistem korporasi yang dibedakan dalam dua bentuk: (1) korporasi perusahaan murni dan (2) korporasi petani. Korporasi perusahaan murni merupakan model korporasi yang dikelola oleh sebuah perusahaan (swasta) dari hulu sampai hilir, dengan kepemilikan lahan secara utuh oleh perusahaan sehingga petani tidak memiliki akses lagi ke lahan usaha taninya. Petani dikerjakan sebagai tenaga kerja yang diberikan imbalan atau gaji sebagai tenaga kerja harian atau borongan. Adapun korporasi petani merupakan korporasi yang dikelola oleh sebuah lembaga yang dibentuk dari dan untuk petani yang diberi wewenang dalam pengelolaan usaha tani dari hulu sampai hilir dengan lahan kepemilikan tetap berada pada petani. Selain itu, dalam mendukung kegiatan baik secara teknis operasional maupun manajemen menjadi tanggung jawab dari pemerintah sehingga diperlukan pendampingan dari pihak pemerintah yang kredibel.

Dalam pelaksanaan sistem pertanian modern menuju pertanian era industri 4.0 diperlukan beberapa komponen pendukung antara lain (1) infrastruktur, (2) saprodi, (3) modal, (4) alsintan, (5) kelembagaan, dan (6) sumber daya manusia (petani). Uraian berikut mengemukakan komponen dukungan dalam terbentuknya pertanian korporasi. Tulisan ini didasarkan pada hasil diskusi dan kajian terhadap perkembangan yang terjadi saat pelaksanaan gelar teknologi pada peringatan HPS di Desa Jejangkit Muara sebagai model *demfarm* dalam menuju pertanian korporasi.

## **Dukungan Infrastruktur**

Infrastruktur yang dimaksudkan adalah infrastruktur pengelolaan air yang terdiri atas tanggul keliling, saluran-saluran untuk memasukkan air, mengeluarkan air, dan pintu-pintu air, termasuk jalan-jalan usaha tani dan pompa-pompa. Selama ini dukungan infrastruktur pengelolaan air seperti pintu-pintu air yang tersedia belum memadai sehingga waktu tanam petani sangat bergantung pada kondisi air yang belum bisa dikendalikan secara penuh. Petani yang tanam pada musim hujan sering menunggu air turun dulu sehingga terlambat dari jadwal yang semestinya. Sebaliknya pada musim kemarau tanaman padi petani sering mengalami kekeringan karena kelangkaan air akibat pada musim hujan tidak ada upaya untuk menyimpan air karena tidak tersedianya infrastruktur yang memadai. Peningkatan intensitas pertanaman yang menjadi target tujuan dalam program Serasi memerlukan dukungan infrastruktur yang memadai antara lain tanggul, pintu air, saluran, dan pompa (Gambar 1).

Dalam operasional pembangunan mini polder dan pengelolaan air ini diperlukan dukungan lembaga tersendiri sehingga efisien dan efektif. Tentunya lembaga atau kelompok P3A (Perkumpulan Petani Pemakai Air) yang dapat menjadi cikal-bakal dalam korporasi, tetapi tidak cukup seperti yang sudah ada sehingga diperlukan pemahaman, peningkatan kapasitas sumberdaya manusia pengelolanya dan mekanisme operasional. Investasi modal dalam memenuhi bangunan infrastuktur pengelolaan air yang efektif merupakan tuntutan yang selama ini dipandang mungkin “pemborosan”. Pengembangan infrastruktur yang direncanakan bertahap, pada akhirnya tidak terpenuhi dan akibatnya terlanjur lahan mengalami drainase berlebihan (*over drainase*). Dukungan infrastruktur untuk optimalisasi lahan pada Program Serasi dalam demfarm di lahan petani terdiri atas bangunan pintu beserta pompa axial, perbaikan jaringan saluran tata air dan tanggul keliling. Gambar 1 menunjukkan sistem polder (mini) di Desa Jejangkit Muara, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan yang menjadi lokasi gelar teknologi HPS 2018 dan acuan dalam Program Serasi.

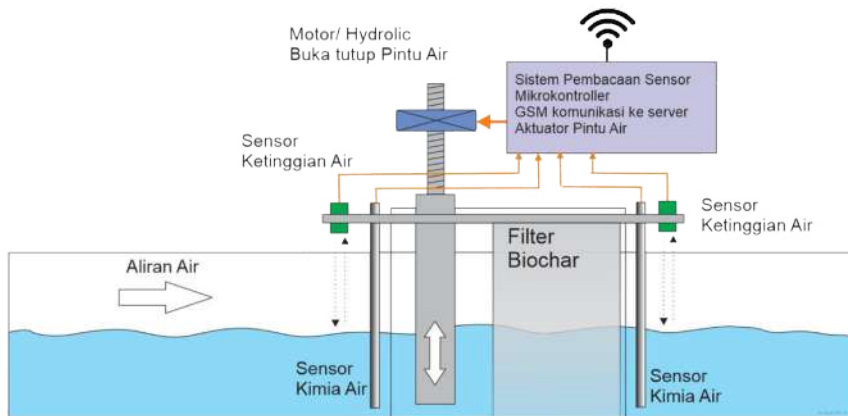
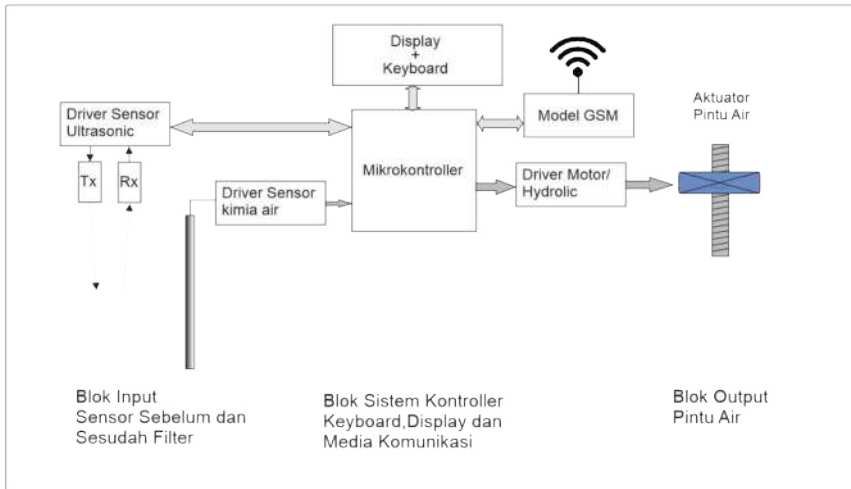
**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern (2019)**



**Gambar 1.** Bangunan mini polder di rawa lebak di Desa Pamalutatan, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan dan Desa Jejangkit Muara, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan

Dalam upaya mendukung pertanian era industri 4.0, telah direncanakan penelitian pengembangan infrastruktur pintu air yang digerakan dengan sistem sensor dan perbaikan kualitas air dengan penggunaan “*filter box biochart*”. Gambar 2 menunjukkan sketsa operasional pintu air (tabat) yang digerakan dengan sistem sensor yaitu membuka dan menutup pintu secara otomatis melalui gerakan air pasang, pintu membuka saat ketinggian air tertentu. Pada sistem sensor yang lain pintu air (tabat) membuka didasarkan pada kualitas air tertentu. Misalnya apabila kemasaman air disalurkan berada pada pH 4, pintu membuka secara otomatis dan menutup apabila terjadi perubahan kualitas air dengan  $pH < 4.0$ .

**Managemen Air di Lahan Rawa  
Berbasis Mini-Polder dalam Mendukung Pengembangan Pertanian Modern**



**Gambar 2.** Sketsa pengembangan penggerakan pintu air dengan sistem sensor berdasarkan tinggi muka air (atas) dan sistem sensor berdasarkan kualitas air saluran (bawah)

## Dukungan Sarana dan Prasarana Produksi

Sarana dan prasarana produksi (saprodi) yang dimaksudkan di sini meliputi bibit padi/ikan/itik, pupuk anorganik, pupuk organik/pupuk kandang/pupuk kompos/pupuk hayati, bahan amelioran, dan pestisida. Sementara ini kebutuhan bibit, pupuk dan sarana lainnya di atas dikelola dan diajukan oleh kelompok tani dengan bantuan petugas Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL) berdasarkan permintaan atau kebutuhan petani dengan rekomendasi dari dinas pertanian setempat. Permasalahan yang dihadapi petani antara lain ketersediaan bibit atau pupuk tersebut sampai di tempat acap kali terlambat, jumlah yang tersedia kurang, dan kualitas (bibit) kurang baik. Istilah tepat waktu, tepat jumlah, dan tepat pelaksanaan masih belum sepenuhnya tercapai.

Dalam pertanian korporasi ke depan, masalah sarana dan prasarana ini akan dikelola dan diatur oleh lembaga tersendiri sehingga sarana dan prasarana produksi ini tidak menjadi kendala dalam tercapainya sistem pertanian korporasi dengan tujuan meningkatkannya kesejahteraan petani. Dalam Program Serasi keluarga petani masing-masing mendapatkan bibit padi varietas unggul (VUB) sebanyak 80 kg untuk sistem tanam sebar langsung, 1.000 kg kapur pertanian, pupuk didasarkan Rencana Definitif Kebutuhan Kelompok (RDKK), dan pestisida (obat-obatan) sebanyak 50 liter (Ditjen Tanaman Pangan 2018).

## Penggunaan Alat Mesin Pertanian

Kementerian Pertanian telah mendistribusikan bantuan kepada petani dalam bentuk alat dan mesin pertanian (alsintan) seperti traktor roda 2, traktor roda 4 (*john deer*), pompa air, alat panen (*combine harvester*) untuk petani melalui kelompok-kelompok tani atau kepala desanya masing-masing di berbagai daerah. Dalam uraian di atas dikemukakan bahwa dalam pengembangan lahan rawa ke depan mutlak diperlukan

**Managemen Air di Lahan Rawa**  
**Berbasis Mini-Polder dalam Mendukung Pengembangan Pertanian Modern**

alsintan seperti traktor dalam memenuhi tuntutan kebutuhan tenaga kerja karena secara umum diperlukan tenaga kerja 350 HOK per hektare usaha tani (Noor 1996).

Sejak tahun 2017 hingga 2019, pemerintah telah memberikan bantuan alsintan berupa 515 unit ekskavator, di antaranya sebanyak 150 unit ke lahan rawa. Selain itu dalam rangka optimalisasi, pemerintah juga memberikan bantuan untuk tahun 2018-2019 sebanyak 60.000 unit traktor roda 2 dan 6.800 unit traktor 4; pompa 70.000 unit pompa air dan 8.500 unit alat tanam padi (*rice transplanter*) (Sulaiman et al. 2018). Dalam Program Serasi penerapan mekanisasi menjadi keharusan (Gambar 3). Namun sangat disayangkan sebagian alsintan yang diserahkan ke petani melalui dinas-dinas provinsi/kabupaten/kota tersebut dilaporkan sebagian *mangkrak* karena tidak bisa difungsikan, tidak tersedia bahan bakar operasional, tidak ada operator, dalam keadaan rusak sejak diterima, tidak cocok dengan kondisi lahan yang tersedia, dan lain sebagainya.

Usaha Pelayanan Jasa Alsintan (UPJA) yang dibentuk di daerah-daerah sebagai lembaga yang mengelola alsintan merupakan ujung tombak dalam mekanisasi belum banyak berperan dalam pengembangan dan optimalisasi di lahan rawa. Sementara ini, kebanyakan alsintan dimiliki secara pribadi/perorangan dan/atau kelompok tani yang penggunaannya masih terkendala dengan bengkel, perawatan, dan otoritas pengelola. Dalam pertanian korporasi ke depan, masalah pengelolaan alsintan ini diatur oleh lembaga tersendiri (atau UPJA yang telah direvitalisasi) sehingga dapat dipergunakan secara optimal dan dilengkapi dengan tenaga terlatih, bengkel dan perawatan secara profesional.



**Gambar 3.** Alsintan pendukung kegiatan optimalisasi lahan rawa, yaitu alat tanam (kiri atas), traktor roda 2 (kanan atas), alat panen (kiri bawah), dan traktor roda 4 -Jhon deer (kanan bawah)

## Rekayasa Kelembagaan Petani

Kelembagaan petani yang dimaksudkan adalah kelembagaan yang terdiri atas urusan (1) sarana produksi; (2) sistem produksi; (3) pengolahan hasil; (4) pemasaran hasil, dan (5) pendukung lainnya yang terdiri atas penyuluhan dan permodalan. Kelembagaan sarana produksi mengurus tentang bibit, pupuk, pestisida dan sejenisnya. Di Sumatera Selatan dalam penanganan sarana produksi ini adalah pengusaha penggilingan



(*rice milling unit*) bekerja sama dengan petani. Adapun kelembagaan produksi menangani sistem produksi meliputi petani dengan kelompok taninya, termasuk P3A yang khusus menangani masalah air. Kelembagaan pengolahan hasil mengurus masalah panen dan penanganan pascapanen, dalam penggunaan mesin untuk panen, penyimpanan, penggilingan dan pengemasan hasil berada di tangan UPJA (Usaha Pelayanan Jasa Alsintan). Kelembagaan pemasaran mengurus penjualan atau pembelian oleh pedagang/konsumen terhadap gabah hasil produksi berada di tangan Badan Logistik (BULOG), termasuk KUD (Koperasi Unit Desa).

Kelembagan pendukung yang mengurus tentang penyuluhan, pelatihan dan permodalan atau investasi tidak kalah pentingnya dibandingkan kelembagaan lainnya. Dalam bentuk riel, kelembagaan di atas ada pada organsiasi petani atau kelompok tani atau sejenisnya. Dalam hal permodalan ada BRI (Bank Rakyat Indonesia), penggilingan, rentenir/peminjam uang. Menurut Sulaiman et al. (2018), kelembagaan petani yang terdiri atas antara lain kelompok tani, P3A, UPJA sebagai organisasi yang sudah melekat di petani perlu dikembangkan menjadi kelembagaan agribisnis yang menyatu berbagai kegiatan di atas dalam satu kesatuan terpadu.

## **Kelembagaan Penyuluhan**

Kelembagaan penyuluhan pertanian dalam lima tahun terakhir ini banyak mengalami reorganisasi diharapkan ke depan dapat menopang kegiatan pengembangan pertanian di lahan rawa dalam menuju sistem pertanian korporasi. Kesan petani bahwa “ada tidak adanya penyuluh, petani tetap tanam” yang menunjukkan lemahnya peran penyuluhan dalam membantu dan meningkatkan pertanian di desa-desa perlu perbaikan. Perbaikan juga menyangkut penguasaan tentang ilmu pengetahuan dan inovasi teknologi dalam memecahkan permasalahan pertanian di lahan rawa sehingga peran serta penyuluh dalam perbaikan produksi dan kesejahteraan petani dalam Program Serasi tercapai.

Dalam pembinaan kelompok tani (poktan) dan gabungan kelompok tani (gapoktan) dimungkinkan percepatan untuk mendukung tercapainya kelembagaan agribisnis. Menurut Sulaiman et al. (2018) status petani, kelompok tani dan gapoktan dalam pengembangan lahan rawa ke depan perlu di tingkat agar menjadi petani mandiri. Walaupun sebagian besar sekarang masih sebagai petani pemula, tetapi dengan pembinaan dan pelatihan dapat dipercepat untuk meningkat menjadi petani mandiri. Kelompok tani pemula sistem usaha taninya masih belum/tidak *feasible* dan belum/tidak *bankable* sehingga terkendala dalam mengadopsi teknologi maju. Kementerian Perindustrian, Kementerian Perdagangan dan organisasi vertikal di tingkat provinsi/kabupaten/kota mestinya bertanggung jawab dalam pembinaan untuk mengubah perilaku dan sikap dari kelompok tani pemula hingga menjadi kelompok tani utama atau mandiri.

## **Kelembagaan Permodalan**

Permodalan dan investasi merupakan salah satu pendukung penting dalam usaha agribisnis dalam pertanian korporasi. Dalam sistem usaha pertanian umumnya petani menggantungkan modal atau investasi dari hasil panen yang dikurangi dengan biaya produksi dan pemenuhan kebutuhan keluarga sehari-hari. Penggunaan jasa BRI (Bank Republik Indonesia) atau bank lainnya sangat terbatas dan petani umumnya segan berurusan dengan bank karena dipandang merepotkan dan rumit, khususnya perlu adanya jaminan dan administrasi sehingga banyak yang memilih rentenir. Keterbatasan modal yang dipunyai petani sehingga sarana produksi yang digunakan sangat terbatas. Oleh karena itu, hasil panen jauh dari optimal karena input yang diberikan terbatas bahkan sangat minim. Dalam pertanian korporasi kebutuhan sarana produksi dioptimalkan dan disediakan secara tertib dan optimal. Oleh karena itu menyangkut modal dan investasi dikelola oleh lembaga korporasi tidak lagi diserahkan kepada masing-masing petani atau kelompok taninya, tetapi dikelola oleh badan otonomi dalam pertanian korporasi.

Dari uraian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa *pertama* adalah penetapan komitmen atau kesepakatan dengan petani untuk menerima atau kesediaannya dalam penerapan sistem pengelolaan secara utuh oleh korporasi petani; *kedua* pembenahan infrastruktur jaringan tata air yang tidak dapat ditawar menjadi faktor utama dan mutlak, *ketiga* pembentuk kelembagaan agribisnis korporasi melalui penyuluhan dan pembinaan karakter dan kapasitas petani secara terstruktur, sistematis, dan masif.

## **MANAJEMEN AIR PADA SISTEM MINI POLDER**

Sistem polder adalah sistem pengeloaan air yang digagas awalnya oleh Schophuys (1952, 1986), seorang ahli pertanian dan lingkungan Belanda yang ditugas pada masa tahun 1930-an untuk penanganan pertanian lahan rawa, di antaranya dengan dibangunnya Polder Alabio di Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kalimantan Selatan pada luas sekitar 6.000 hektare dan Polder Mentaren, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah seluas 3000 hektare, kedua lokasi tersebut menjadi persawahan, hanya saja sebagian besar masih ditanami 1 kali setahun (IP 100), karena pada rawa lebak, khususnya Polder Alabio pada saat musim hujan air masih menggenang tidak dapat dikeluarkan keseluruhan karena masyarakat sekitarnya di luar polder belum atau tidak mengizinkan untuk dibukanya pintu pompa pengeluaran yang dikhawatirkan akan merendam daerah pemukiman mereka (BWS Kal II 2014; Balai Rawa 2015). Juga sebagian tanggul atau pintu air dilepas karena akses masyarakat untuk mencari ikan ke dalam polder. Di wilayah Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU), Kalimantan Selatan sendiri terdapat 6 (enam) polder mini, yaitu Polder Alabio; Polder Bakar; Polder Pakacangan; Polder Murung Bayur; Polder Kaludan dan Polder Padang Gusti (Wahid 2015). Namun, sebagian besar polder tersebut di atas belum menunjukkan hasil yang baik.

Dalam beberapa kajian diusulkan untuk polder Alabio seluas 6.000 hektare di atas untuk dipecah atau dibagi menjadi sub-sub polder atau polder mini dengan unit-unit pengelolaan seluas antara 200 - 500 hektare agar pengelolaan airnya dapat lebih mudah, efektif, dan efisien (FKPR 2011, Kementan 2013, Anwar et al. 2016). Uraian berikut mengemukakan tentang kasus pengembangan sistem polder di Desa Jejangkit Muara dalam rangka mendukung optimalisasi lahan rawa lebak untuk peningkatan produksi padi.

## **Infrastruktur Pengelolaan Air Sistem Polder**

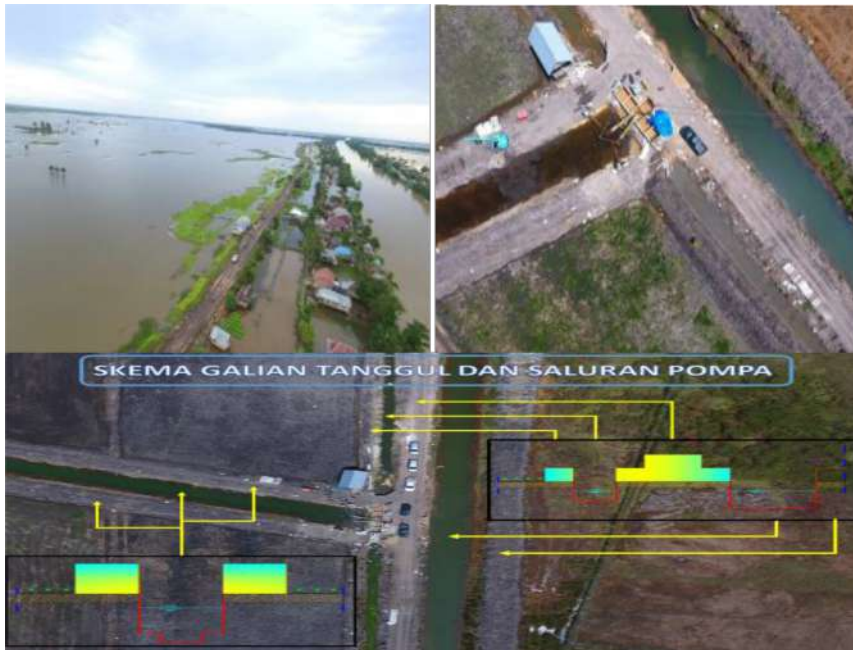
Infrastruktur pengelolaan air dalam sistem mini polder adalah tanggul keliling, galian saluran utama/sekunder dan saluran tersier, pintu air dan pompa (Lihat Gambar 4). Tanggul dibangun keliling yang juga akan dimanfaatkan sebagai jalan usaha tani, dapat dilewati mobil untuk pengangkutan dan mobilitas petugas atau petani. Dalam rancang bangun infrastruktur manajemen (pengelolaan) air sistem mini polder di Desa Pamulitan, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan dibangun pada luas 200 hektare, sedangkan di Desa Jejangkit Muara telah dibangun tanggul keliling untuk kawasan 550 hektare dari rencana keseluruhan seluas 7.000 hektare. Penataan saluran dan tanggul pada sistem mini polder Desa Pamulitan, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan disajikan pada Gambar 4. Dimensi tanggul keliling terdiri atas lebar atas 6–8 m, lebar bawah 8–10 m, dan tinggi 3–5 m, bergantung pada tinggi pasang puncak (Gambar 5 dan 6).

Dimensi saluran utama/sekunder terdiri atas lebar atas 6-10 m, lebar bawah 8-12 m, dan dalam 3-5 m; dan saluran pompa dan pembawa masing-masing tersier terdiri atas lebar atas 3-5 m, lebar bawah 4-6 m, dan dalam 2-3 m (Gambar 6). Secara otomatis perbaikan atau pembuatan

**Managemen Air di Lahan Rawa**  
**Berbasis Mini-Polder dalam Mendukung Pengembangan Pertanian Modern**

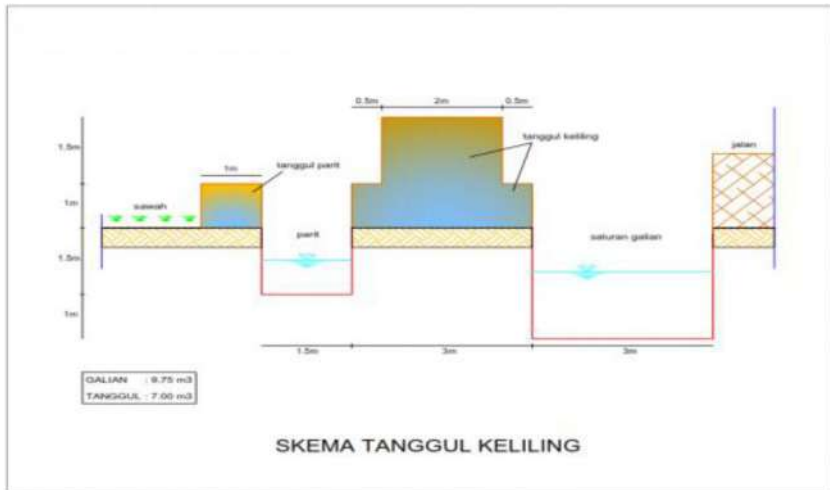
saluran diikuti perbaikan tanggul jalan di sisi saluran. Pintu air atau tabat didasarkan pada besarnya debit yang akan dikeluarkan atau dimasukkan (Gambar 7 dan 8). Jumlah pompa yang disediakan bergantung pada luas wilayah yang dibangun. Misalnya pada *demfarm* Desa Jejangkit Muara yang mempunyai luas 210 hektare diperlukan 7 pintu dan 7 pompa axial, masing-masing 4 pompa untuk mengeluarkan air dari dalam polder apabila terjadi berlebihan dan 3 pompa untuk memasukkan air dari sekunder apabila diperlukan. Namun demikian pompa axial pada setiap pintu mempunyai fungsi ganda dapat memasukkan dan mengeluarkan air (Gambar 8).

Pompa axial merupakan pompa yang mempunyai daya sedot dan kecepatan sekitar 2000 liter per jam sehingga keperluan bahan bakar minyak cukup besar, dan sekarang menggunakan tenaga listrik, tetapi dianggap masih mahal bagi petani. Dalam rangka penghematan, maka operasional pompa betul-betul diperhitungkan hanya diperlukan saat terjadinya hujan deras.

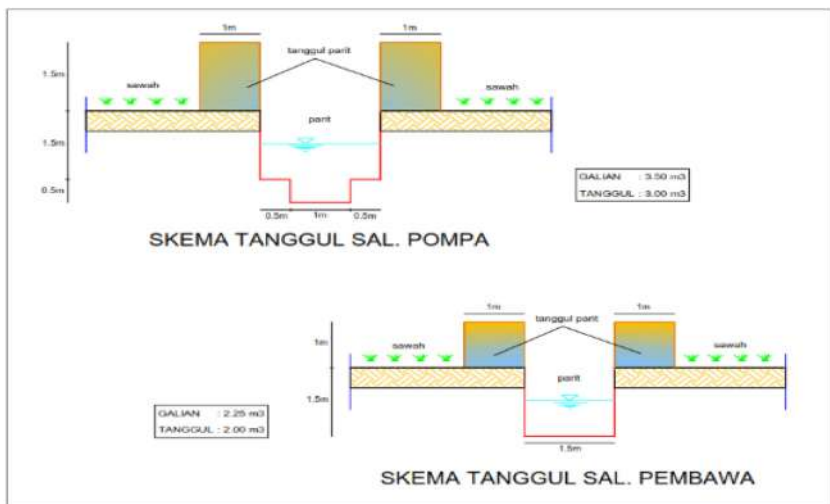


**Gambar 4.** Kondisi sebelum dibangun tanggul keliling (kiri atas) dan sesudah dibangun tanggul keliling (kanan atas). Posisi tanggul keliling dan galian saluran pada sistem mini polder Desa Pamalutan, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan (bawah)

**Managemen Air di Lahan Rawa**  
**Berbasis Mini-Polder dalam Mendukung Pengembangan Pertanian Modern**



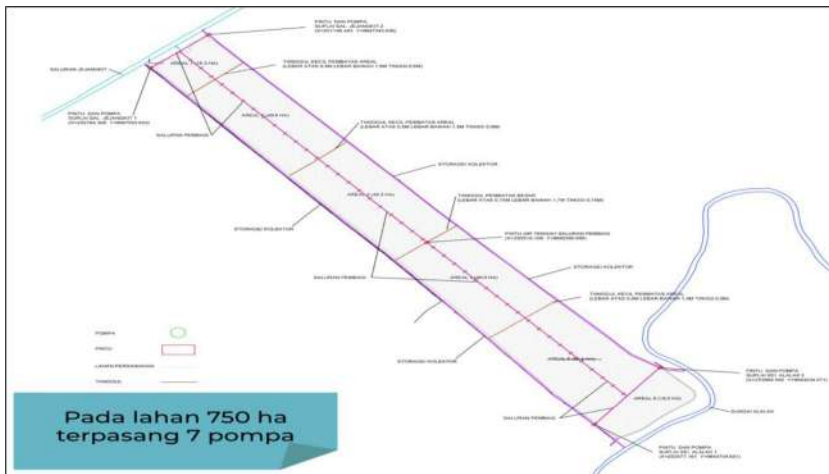
**Gambar 5.** Bentuk dan dimensi tanggul keliling pada sistem polder Desa Pamaltan, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan



**Gambar 6.** Bentuk dan dimensi tanggul dan saluran pompa dan saluran pembawa pada sistem polder Desa Pamalutan, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan



**Gambar 7.** Rancang-bangun pintu air/parit pada sistem polder Desa Pamalutan, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan



**Gambar 8.** Peta wilayah pengembangan pertanian korporasi di Desa Jejangkit Muara, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan



## **Kelembagaan Petani dan Ekonomi Agribisnis**

Kelembagaan dalam pengelolaan air selama ini masih belum mendapatkan perhatian serius. P3A yang dibentuk petani dengan petugas pengairan sebatas hanya melakukan pembersihan saluran dan jalan usaha tani yang bersifat proyek. Dalam pertanian modern, petugas atau kelembagaan pengairan/pengelolaan air ini mempunyai peran sangat penting dan sangat menentukan dalam keberhasilan usaha tani. Kelembagaan pengelolaan air sekaligus sebagai bagian dari kelembagaan secara keseluruhan dalam pertanian korporasi yang bertugas dalam pengaturan air, operasional pompa, pembersihan saluran, perbaikan tanggul, pintu air, dan sebagainya. Sementara ini barang kali tentang infrastruktur pengelolaan air ini masih menjadi wewenang tugas Kementerian PUPR. Penguatan kelembagaan P3A ini sangat diperlukan. Oleh karena itu, pembinaan dan pelatihan dalam peningkatan kapasitas petani agar kelembagaan P3A benar-benar profesional memegang peranan penting.

## **Integrasi dan Sinergitas Sektoral**

Pertanian korporasi bersifat integrasi dan merupakan bentuk sinergitas berbagai sektor meliputi pertanian tanaman pangan, perikanan, dan peternakan, bahkan mungkin juga pariwisata pertanian. Dalam hal ini, tata ruang dalam areal pengembangan perlu diatur sedemikian rupa sehingga menjadi satu kesatuan kawasan pengembangan yang komprehensif dan holistik. Gambar 9 menunjukkan perlunya tata ruang yang jelas dalam integrasi antara pertanian dengan perikanan (keramba, perikanan tangkap) dan peternakan (itik Alabio).



**Gambar 9.** Integrasi tanaman (padi)-ternak (Itik), dan padi - ikan pada Gelar Teknologi Hari Pangan Sedunia (HPS) di Desa Jejangkit Muara, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan

## Sinkronisasi dan Kontinuitas Program

Pengelolaan lahan rawa pada dasarnya menjadi wewenang banyak pihak selain Kementerian Pertanian sebagai *leading vocal*, juga Kementerian PUPR terkait dengan pembangunan infrastruktur pengelolaan airnya seperti tanggul dan bangunan air lainnya (saluran primer dan sekunder), Kementerian Desa Tertinggal dan Transmigrasi terkait dengan pembuatan embung/*long storage*, sumur pompa, dan pembinaan petani/transmigrasi, khususnya pemukiman; Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) terkait dengan pengelolaan lingkungan hidup dan dampak pengembangan terhadap emisi gas rumah kaca (GRK) dan keberlanjutan. Walaupun masing-masing sektor/kementerian

mempunyai masing-masing tugas dan wewenangnya, maka sinkronisasi masing-masing berperan dan mempunyai tanggung jawab “renteng” sehingga semua harapannya dapat tercapai, yaitu keselamatan rawa dan kesejahteraan petani.

## **KEBIJAKAN PERTANIAN BERBASIS SISTEM MINI-POLDER**

Dalam rangka penerapan manajemen air secara tepat yang berbasis mini-polder mendukung pertanian korporasi di lahan rawa untuk mencapai target tercapainya kedaulatan pangan dan menjadikan Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia tahun 2045, diperlukan kebijakan-kebijakan yang bersifat mendukung tujuan dan target tersebut. Kebijakan-kebijakan yang diperlukan adalah:

1. Dukungan Pemerintah Pusat dan Daerah untuk membangun infrastruktur pengelolaan air yang merupakan salah satu dari kebutuhan manajemen air, terdiri atas tanggul keliling, saluran-saluran untuk memasukkan air, mengeluarkan air, dan pintu-pintu air, termasuk jalan-jalan usaha tani dan pompa-pompa. Infrastruktur pengelolaan air akan dapat menentukan produksi yang ditargetkan. Demikian juga jalan usahatani berfungsi untuk akses keluar masuknya hasil panen maupun sarana produksi yang diperlukan untuk meningkatkan produktivitas lahan.
2. Penguatan penerapan pertanian intensif yang mengimplementasikan “panca usaha” dengan intensitas pertanaman dua atau tiga kali setahun (IP 200-300), untuk keberhasilannya diperlukan dukungan semua pihak terkait, baik dengan Kementerian Pertanian sebagai *leading sector* untuk penyediaan varietas unggul baru, pupuk hayati dan pestisida nabati serta dukungan penelitian dan pendampingan teknologi dari Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, termasuk Unit Kerja dan Unit Pelaksana Teknis.

3. Penyediaan sarana dan prasarana produksi (saprodi) secara empat tepat yaitu tepat jumlah, tepat kualitas, tepat waktu, dan tempat baik bibit padi, ikan, itik, ayam maupun pupuk anorganik, pupuk organik/pupuk kandang/pupuk kompos, pupuk hayati, bahan amelioran, dan pestisida nabati.
4. Pengadaan alat mesin pertanian dari pusat dalam arti dari Kementerian Pertanian untuk pertanaman tanaman pangan agar bisa dilakukan dalam skala luas. Sampai saat ini Kementerian pertanian telah mendistribusikan bantuan kepada petani dalam bentuk alat dan mesin pertanian (alsintan) seperti traktor roda 2, traktor roda 4 (*john dree*), pompa air, alat panen (*combine harvester*) untuk petani melalui kelompok-kelompok tani atau kepala desanya masing-masing di berbagai daerah. Dari jumlah alsin yang disampaikan kepada petani, masih perlu ditambah sesuai dengan target luas pertanaman yang akan dicapai.
5. Penguatan kelembagaan yang sudah ada, maksudnya kelembagaan petani yang sudah ada tugasnya dibagi sesuai dengan kebutuhan sistem pertanaman dalam skala luas yang akan berfungsi mengelola (1) sarana produksi; (2) sistem produksi; (3) pengolahan hasil; (4) pemasaran hasil, dan (5) pendukung lainnya yang terdiri atas penyuluhan dan permodalan.

## **PENUTUP**

Pengelolaan air merupakan kunci keberhasilan dalam pengembangan sistem pertanian di lahan rawa dan sistem polder (mini-polder) bentuk atau model pilihan dalam meningkatkan produktivitas dan intensitas tanam di lahan rawa melalui pengelolaan air. Sistem polder adalah bangunan/tanggul yang dibangun sekeliling areal pertanian dilengkapi dengan jaringan tata air yang terdiri atas saluran sekunder masuk dan sekunder keluar, saluran tersier, dan pompa penggerak untuk mengeluarkan air dari dalam polder saat berlebihan dan sebaliknya memasukkan air dari

**Managemen Air di Lahan Rawa**  
**Berbasis Mini-Polder dalam Mendukung Pengembangan Pertanian Modern**

sungai/sekunder (luar) ke dalam polder saat air kekurangan. Untuk menjamin keberhasilan penerapan pengelolaan air berbasis Mini-Polder serta mendukung keberhasilan sistem pertanian korporasi pada lahan rawa diperlukan kerjasama secara terpadu dari berbagai instansi terkait di pusat maupun di daerah serta balai penelitian untuk berkontribusi mewujudkan target yang telah ditetapkan. Dalam pelaksanaannya, diterapkan pertanian intensif dan modern yang mengimplementasikan “panca kelola lahan rawa” dengan intensitas pertanaman dua atau tiga kali setahun (IP 200-300). Untuk keberhasilannya diperlukan dukungan dan pendampingan teknologi dari BB Padi; BB Biogen untuk menyediakan varietas unggul baru; Balingtan yang akan menyediakan bioprotektor berupa pupuk hayati dan pestisida nabati; dan BALITTRA yang menyediakan paket pengelolaan lahan dan teknologi budidaya, termasuk pola tanam untuk peningkatan produktivitas; serta balai-balai penelitian lainnya yang terkait dengan pengembangan lahan rawa ke depan. Dalam pencapaian target, diperlukan: 1) infrastruktur pengelolaan air yang merupakan faktor kunci pertanian pada lahan rawa seperti tanggul keliling, pematang, saluran-saluran untuk memasukkan air, mengeluarkan air, dan pintu-pintu air. Infrastruktur pengelolaan air akan dapat menentukan produksi yang ditargetkan, 2) diperlukan penyediaan sarana dan prasarana produksi (saprodi) yang baik kualitasnya dan tepat waktu, meliputi bibit padi, bibit ikan, anak itik, pupuk anorganik, pupuk organik/pupuk kandang/pupuk kompos, pupuk hayati, bahan amelioran, dan pestisida nabati, 3) diperlukan dukungan pengadaan alat mesin pertanian dari pusat untuk pertanaman tanaman pangan agar bisa dilakukan dalam skala luas, 4) diperlukan peningkatan kelembagaan yang sudah ada, kelembagaan petani yang sudah ada tugasnya dibagi sesuai dengan kebutuhan sistem pertanaman dalam skala luas, yang akan berfungsi mengelola (a) sarana produksi, (b) sistem produksi, (c) pengolahan hasil, (d) pemasaran hasil, dan (5) pendukung lainnya yang terdiri atas penyuluhan dan permodalan dan kebijakan pemerintah, baik pusat maupun daerah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar K, M Noor, dan H Subagio. 2016. Revitalisasi lahan rawa lebak berbasis "STARBAK". Dalam E Pasandaran, R heriawan, dan M Syakir (eds). Sumber Daya Lahan dan Air: Prospek Pengembangan dan Pengelolaanan. IAARD Press. Jakarta. Hlm. 128-152.
- Balai Rawa. 2015. Revitalisasi & optimalisasi tata air Polder Alabio. Makalah disampaikan pada FGD Revitalisasi Pertanian Polder Alabio, Banjarbaru, 16 Juni 2015. Balai rawa, Pusat Litbang Air, Kementerian PU.
- BWS Kalimantan II. 2014. Polder Alabio. Bala Wilayah Sungai Kalimantan II, Direktorat Jendral Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Balitbangtan. 2015. Lumbung Pangan di Musim Kemarau. *Press Conference* Kepala Badan Litbang Pertanian, Jakarta, 23 September 2015.
- BBSDLP (Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian). 2015. Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia. IAARD-Press. Bogor. 100 hlm.
- BBSDLP (Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian). 2018. Laporan Kegiatan SID Program Serasi. Makalah Rakor Program Serasi di Banjarmasin, 17 Desember 2018.
- Dirjen TP. 2018. Pengembangan Lahan Rawa Program Serasi. Makalah Rakor Program Serasi di Banjarmasin, 17 Desember 2018.
- Darmanto. 2000. Kilas Balik Pengembangan Lahan Rawa di Indonesia: Sejarah Ilmu Reklamasi Lahan Rawa. Pidato Pengukuhan Lektor Kepala Ilmu Teknik Sipil pada Fakultas Teknik. Univ. Gajah Mada. Yogyakarta. 40 hlm.

**Managemen Air di Lahan Rawa  
Berbasis Mini-Polder dalam Mendukung Pengembangan Pertanian Modern**

- Idak. 1982. Perkembangan dan sejarah persawahan di Kalimantan Selatan. Pemerintah Daerah Provinsi Kalimantan Selatan. Banjarmasin. 40 Hlm.
- Ismail IG, T Alihamsyah IPG, Widjaja-Adhi, Suwarno, H Tati, T Ridwan & DE Sianturi. 1993. Sewindu Penelitian Pertanian di Lahan Rawa (1985-1993). Kontribusi dan Prospek Pengembangan. Dalam. Syam M, Soetjipto, Z Harahap (Ed). Proyek Penelitian Pertanian Lahan Pasang-surut dan Rawa Swamps II. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Kementan 2017. Sukses Swasembada: Indonesia Menjadi Lumbung Pangan Dunia 2045. Kementerian Pertanian. Rep. Indonesia. Jakarta. 272 Hlm.
- KEPAS 1985. Tidal Swamp Agro ecosystem of Southern Kalimantan. Workshop Report on the Sustainable Intensification of Tidal Swamplands in Indonesia. Held at Banjarmasin, July 18-24 2083. Balitbangtan. Jakarta.
- Koesrini, E William, dan I Khairullah. 2014. Varietas padi adaptif lahan rawa pasang-surut. Dalam Dedi Nursyamsi et al. (eds). Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang-surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. IAARD Press. Bogor. Hlm 97-118.
- Noor M. 1996. *Padi Lahan Marjinal*. Penebar Swadaya. Jakarta. 213 hlm.
- Noor M. 2004. *Lahan Rawa: Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam*. Raja Grafindo Persada. Rajawali Pers. Jakarta. 241 hlm.
- Noor M. 2007. *Rawa Lebak: Ekologi, Pemanfaatan, dan Pengembangannya*. RajaGrafindo Persada. Rajawali Pers. Jakarta. 213 hlm.
- Noor M. 2010. *Lahan Gambut: Pengembangan, Konservasi dan Perubahan Iklim*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 212 Hlm.

- Noor M. 2012. Sejarah Pembukaan Lahan Gambut untuk Pertanian di Indonesia. Dalam Edi Husien et al (eds.) pros. Sem Nas. Pengelolaan Lahan Gambut. Balitbangtan, Kementan. Jakarta. Hlm. 399-412.
- Noor M. 2014. Teknologi pengelolaan air menunjang optimasi lahan dan intensifikasi pertanian di lahan rawa pasang-surut. Majalah Pengembangan Inovasi Pertanian. 7 (2): 95-104. Badan Litbang Pertanian, Kementan. Jakarta
- Noor M dan Jumberi. 2006. kearifan lokal dalam perspektif pengembangan pertanian di lahan rawa. Dalam Mukhlis *et al.* (eds). kearifan Lokal pertanian di Lahan Rawa. Balitbangtan. Bogor. Hlm 1-9.
- Rina Y D dan H Subagio. 2017. Usaha Tani Lahan Rawa: Analisis dan Implementasi. IAARD Press-GMU Press. Bogor/Yogyakarta. 238 Hlm.
- Rusmayadi G. 2011. Dinamika kandungan air tanah di areal perkebunan kelapa sawit dan karet dengan pendekatan neraca air tanaman. *Agroscientie*. 18(2):25-29.
- Schophuys HJ. 1952. Bentuk dan tudjuan rentjana polderplant Kalimantan: Rentjana semula, keadaan sekarang, dan pertumbuhan selanjutnya. *Insinyur Indonesia* 10 Oktober 1952.
- Schophuys HJ. 1986. Lowland development in Kalimantan and Sumatera as stepping stone for land and water resources development projects, Dalam Symp. and Exhibitions Lowland Development in Indonesia—Pengembangan Daerah Rawa Pasang-surut di Indonesia, ILRI Netherland & PU Jakarta. Pp. 172-190.
- Setiawan, B Indra. 2015. Konsepsi dan strategi pengembangan Polder Alabio. Makalah disampaikan pada FGD Revitalisasi Pertanian Polder Alabio, Banjarbaru, 16 Juni 2015
- Sinar Tani. 2018. Panen Air Tetap Jadi Perhatian Utama. Sinar Tani edisi 28 Februari-6 Maret 2018. Hlm 18.



**Managemen Air di Lahan Rawa  
Berbasis Mini-Polder dalam Mendukung Pengembangan Pertanian Modern**

- Subagio H, M Noor, Wahida A Yusuf, dan Izhar Khairullah. 2016. Perspektif Pertanian Lahan Rawa: Mendukung Kedaulatan Pangan. IAARD Press. Jakarta/Bogor. 108 Hlm.
- Subagio H dan M Noor. 2017. Perspektif Lahan Rawa dalam Mendukung Lumbung Pangan Dunia. *Dalam* Masganti *et al.* (eds) Agroekologi Rawa. IAARD Press-Rajawali Pers. Jakarta/Bogor. Hlm 653-677.
- Sulaiman A A, K Subagyo, T Alihamsyah, M Noor, Hermanto, A Muharam, IGM Subiksa, dan IW Suwastika. 2018. Lahan Rawa: Masa Depan Lumbung Pangan Indonesia “Membangkitkan Raksasa Tidur”. Kementerian Pertanian. Rep. Indonesia. Jakarta. 156 Hlm.
- Susanto R H. 2010. Strategi Pengelolaan Lahan Rawa untuk Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Fak Pertanian. Univ Sriwijaya. Palembang. 172 Hlm.
- Suwanda M H dan M Noor. 2014. Kebijakan pemanfaatan lahan rawa pasang-surut untuk mendukung kedaulatan pangan nasional. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. Edisi Khusus Desember 2014: 31-40 Hlm. BBSDLP. Balitbangtan. Kementan. Bogor.
- Syam M. 1990. Sistem Usahatani di Lima Agro-Ekosistem. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Puslitbangtan), Balitbangtan Bogor.
- Wahid A. 2015. Kebijakan dan dukungan pemerintah daerah Kabupaten Hulu Sungai Utara terhadap pengembangan Polder Alabio. Makalah disampaikan pada FGD Revitalisasi Pertanian Polder Alabio, Banjarbaru, 16 Juni 2015
- Waluyo, Suparwoto, Sudaryanto. 2008. Fluktuasi genangan air lahan rawa lebak dan pemanfaatannya bagi budidaya pertanian di Ogan Komiring Ilir. *J. Hidrosfer Indonesia*. 3(2): 57-66.
- Widjaya Adhi, IPG K Nugroho, DA Suriadikarta dan A Syarifuddin. 1992. Sumber Daya Lahan Rawa: Potensi, Keterbatasan, dan Pemanfaatan. Dalam pros. Seminar Nasional Pengembangan terpadu Pertanian Lahan Rawa Pasang-surut dan Lebak. SWAMPS II. Bogor.



# **PENGEMBANGAN PERTANIAN DIGITAL DI LAHAN RAWA: SEBUAH KONSEP PERTANIAN 4.0 LAHAN RAWA**

**Arif Surahman**

## **PENDAHULUAN**

Sektor pertanian mempunyai tantangan yang berat di masa mendatang untuk memenuhi kebutuhan pangan seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Diperkirakan pada tahun 2050 jumlah penduduk dunia akan mencapai 9,6 miliar sehingga dibutuhkan peningkatan produksi pangan sekitar 70% dari kondisi tahun 2007 (FAO 2009). Permasalahan serupa juga dihadapi Indonesia yang merupakan negara dengan jumlah penduduk nomor 4 di dunia. Haryono (2013) menyatakan bahwa pada tahun 2045 diperlukan tambahan lahan sekitar 14,8 juta hektare dalam rangka memenuhi ketahanan pangan penduduk Indonesia, termasuk di dalamnya adalah pengembangan lahan rawa seluas 1,2 juta hektare. Optimalisasi lahan menjadi lahan produktif menjadi salah satu langkah pemerintah dalam peningkatan produksi khususnya lahan pertanian. Dengan proyeksi Indonesia menjadi lumbung pangan dunia di tahun 2045, pemenuhan kebutuhan pangan dalam negeri menjadi tujuan utama yang nantinya akan berkembang pada ekspor pangan.

Potensi lahan rawa tersebut cocok untuk pertanian lahan basah mempunyai potensi sekitar 14,18 juta hektare, namun sebagian besar sudah digunakan untuk pertanian lahan basah dan tanaman tahunan. Menurut Ritung et al. (2015) lahan rawa pasang-surut dan lebak yang berpotensi untuk perluasan lahan pertanian khususnya lahan sawah adalah sekitar 5,12 juta hektare. Lahan rawa sebagai lahan alternatif untuk pengembangan pertanian mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan agroekosistem lainnya seperti lahan kering atau tadah hujan (Noor 2001). Keunggulan lahan rawa antara lain: (1) ketersediaan lahan cukup luas, (2) sumber daya air melimpah, (3) topografi relatif datar, (4) akses ke lahan dapat melalui sungai dan sudah banyak jalan darat, (5) lebih tahan deraan iklim, (6) rentang panen panjang, khususnya padi bahkan dapat mengisi masa paceklik di daerah bukan rawa, (7) keanekaragaman hayati dan sumber plasma nutfah cukup kaya, dan (8) mempunyai potensi warisan budaya dan kearifan lokal mendukung (Haryono 2013). Namun, pengembangan lahan rawa lebak untuk usaha pertanian memerlukan pengelolaan lahan dan air serta penerapan teknologi yang sesuai dengan kondisi wilayah agar diperoleh hasil yang optimal. Di samping itu, diperlukan kondisi sosial ekonomi masyarakat dan kelembagan serta prasarana pendukung yang memadai.

Pembangunan pertanian ke depan juga berhubungan erat dengan kondisi nasional dan global yang tengah menghadapi berbagai masalah persaingan yang makin ketat dalam era perdagangan bebas sehingga memerlukan modernisasi dan/atau efisiensi usahatani. Sebagian pertanian di dunia sudah mulai memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk membantu pengelolaan lahan pertanian seiring dengan era industri 4.0. Ide mengintegrasikan pertanian ke arah digital mulai didorong yang dikenal dengan istilah "Pertanian Digital". Bagi banyak pihak inovasi ini cukup responsif dengan perkembangan zaman yang akrab dengan sistem internet.

**Pengembangan Pertanian Digital di Lahan Rawa:  
Sebuah Konsep Pertanian 4.0 Lahan Rawa**

Secara umum, pertanian digital ini akan mempermudah akses bagi petani untuk lebih terlibat dalam mengawal seluruh proses pertanian termasuk produksi dan ekonominya. Mereka bisa mengetahui rantai produksi bahkan bisa mengetahui kinerja tengkulak yang bermain dalam pasar. Di tingkat yang lebih maju dengan bantuan Artifisial Intelijen (AI), petani akan mengetahui lebih detail kondisi tanaman termasuk hama, prediksi hujan, dan segala yang berkaitan dengan aktivitas pertanian. Dampak pertanian digital di lapangan perlu dicermati dengan baik. Di masa depan, pembuatan data, analisis, dan pengambilan keputusan hampir pasti akan meningkat di tingkat lapangan, seperti saran rekomendasi kebijakan pertanian yang berbasis data dan input yang lebih akurat. Perangkat lunak dikembangkan untuk membantu mendorong petani berkembang ke arah praktik pertanian modern. Indonesia sebagai negara agraris perlu segera melakukan akselerasi dan transformasi inovasi untuk meningkatkan daya tarik pertanian bagi kaum generasi muda (generasi milenial/digital) dan memberikan insentif dan kemudahan bagi petani milenial berinovasi untuk meningkatkan produktivitas. Tulisan ini bertujuan untuk menganalisis pengembangan pertanian digital di lahan rawa dan kebijakan strategi operasionalnya.

## **PERTANIAN DIGITAL**

Pertanian digital didefinisikan sebagai penggunaan teknologi baru dan canggih, diintegrasikan ke dalam satu sistem untuk memungkinkan petani dan pemangku kepentingan lainnya dalam rantai nilai pertanian untuk meningkatkan produksi pangan yang dicirikan oleh pemanfaatan teknologi *artificial intelligence*, robot, *internet of things*, *drone*, *block-chain* dan *big data* analitik untuk menghasilkan produk unggul, presisi, efisien, dan berkelanjutan (CEMA 2017, Trendov et al. 2019, De Clercq et al. 2018). Pertanian digital pada sisi *on-farm* dicirikan dengan pertanian presisi (*precision farming*), dimulai dengan menghasilkan benih unggul

berbasis *bioinformatics*, pengendalian hama terpadu secara cerdas dengan *artificial intelligence*, pemupukan presisi, penggunaan *smart autonomous tractor*, penyemaian benih dengan robot (Satria 2019). Ada tiga langkah untuk pertanian digital *on farm* yaitu: (1) Pengumpulan data dengan resolusi maksimum pada plot pertanian yang dikelola; (2) Analisis data (seringkali memerlukan integrasi berbagai sumber data) untuk merencanakan serangkaian tindakan atau perawatan terhadap pertanaman yang ada; (3) Tindakan atau perawatan tersebut dilakukan dengan kontrol dan presisi (sekali lagi bergantung pada sensor dan kondisi peralatan). Tiga bidang penerapan metode pertanian digital ini telah dikembangkan pada komoditas tanaman pangan, hortikultura dan peternakan.

Pertanian digital menggunakan navigasi satelit global (GPS) untuk kontrol alat mesin pertanian, awalnya sebagian besar untuk memastikan jalur yang paling efisien pada proses pengolahan tanah tetapi sekarang sudah terintegrasi dengan proses penyemprotan hama maupun pemupukan yang dikontrol oleh sensor data satelit (Grisso et al. 2009). Aplikasi penginderaan jarak jauh (*remote sensing*) sekarang memungkinkan untuk melakukan analisis senyawa spesifik dan interaksi molekuler, mengukur stres tanaman, maupun karakteristik tanaman yang lainnya. Penginderaan jarak jauh ini juga dapat membantu dalam mengukur hasil panen dan biomassa, kondisi nutrisi tanaman, tekanan air, hama dan penyakit tanaman, kelembapan, struktur tanah dan salinitas (Mulla 2013), bahkan apabila diintegrasikan dengan sensor proksimal akan memberikan akurasi yang lebih besar dan rentang data yang lebih luas (mis. Nilai pH, data kelembapan terperinci, data serangan hama spesifik).

Semua sumber data tersebut merupakan *input* pada aplikasi sistem informasi manajemen pengelolaan pertanian terpadu yang dikelola oleh petani yang berbasis *smartphone* atau berbasis web. Dalam aplikasi ini juga terdapat *decision support system* yang membantu petani untuk

**Pengembangan Pertanian Digital di Lahan Rawa:  
Sebuah Konsep Pertanian 4.0 Lahan Rawa**

mengambil keputusan tindakan yang diperlukan pada kondisi pertanaman yang ada. Pada sisi *off-farm* dicirikan tidak saja dengan agroindustri cerdas, tetapi juga sistem logistik pertanian digital. Teknologi *blockchain* kini mulai diaplikasikan untuk menjamin transparansi dan *traceability* aliran produk pertanian sehingga para pelaku hulu-hilir bisa saling mengontrol. Saat ini pelaku hulu dalam posisi lemah karena informasi yang asimetris. Ke depan informasi akan simetris dan pelaku hulu-hilir akan lebih setara (Satria 2019).

*Blockchain* dapat mengurangi ketidakefisienan dan penipuan serta meningkatkan keamanan pangan, pembayaran petani, dan waktu transaksi. Dengan meningkatkan keterlacakan dalam rantai pasok, memungkinkan regulator untuk dengan cepat mengidentifikasi sumber makanan yang terkontaminasi dan melakukan eliminasi produk yang terkena dampak selama insiden kontaminasi. Selain itu, teknologi ini dapat mengurangi limbah dengan mendeteksi titik kritis dalam rantai pasokan yang berkontribusi terhadap kerusakan makanan. Transparansi *blockchain* juga dapat membantu memerangi penipuan produk makanan. Saat ini permintaan konsumen akan makanan organik, transgenik, dan bebas antibiotik melonjak, sehingga memberikan peluang bagi orang yang tidak bertanggung jawab untuk melakukan kecurangan dengan memasang label palsu untuk jenis-jenis produk di atas. Dengan pemasangan tag RFID atau sensor pada produk makanan tersebut maka semua transaksi dapat dipantau dan di-*share* ke seluruh tahapan rantai pasok.

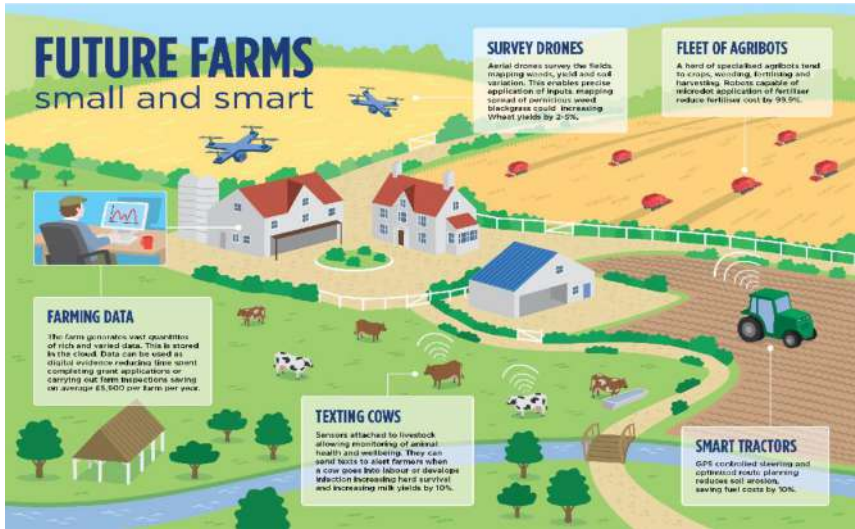
Pemasaran digital dan konsumen cerdas yang melek digital akan mewarnai konsumen masa depan. Pola pemasaran ke depan tidak lagi konvensional seperti sekarang, tetapi akan berbasis *platform*. Konsumen produk pertanian akan menggunakan *platform* melalui *smart phone* dalam membeli produk baik untuk memilih produk atau menelusuri asal-usul produk. Pemasaran digital memiliki dampak penting dalam menghubungkan petani dengan pasar yang merupakan tahapan-tahapan

kunci dari rantai pasok. Sebuah penelitian terbaru terhadap petani yang dilakukan di Bangladesh, China, India, dan Vietnam menemukan bahwa 80 persen petani di negara-negara ini memiliki telepon seluler dan menggunakannya untuk terhubung dengan agen dan pedagang untuk memperkirakan permintaan pasar dan harga jual (Reardon et al. 2012). Kecanggihan dan pengetahuan yang berkembang tentang rantai nilai juga berarti bahwa petani dapat berkomunikasi secara langsung dengan konsumen sehingga dapat memperluas jaringan mereka dan menjalin kontak langsung dengan pembeli lain. Salah satu contoh pengembangan model pertanian digital seperti pada Gambar 1. Ada tiga elemen utama yang berkaitan dengan pertanian digital menurut Satria (2019), yaitu:

1. Teknologi - Ini termasuk sensor, jaringan komunikasi, Sistem Penerbangan Tidak Berawak (drone), Kecerdasan Buatan (AI), robotika, dan *Internet of Things* (IoT).
2. Potensi - Pertanian digital berupaya meningkatkan efisiensi dan potensinya adalah menjadikan pertanian produktif dan memungkinkan penggunaan waktu dan sumber daya yang lebih baik dengan cara yang efisien.
3. Hambatan - Adopsi teknologi ini masih baru dan biayanya sangat tinggi. Tantangan lainnya adalah agar teknologi ini dapat diadopsi, ada kebutuhan untuk berkolaborasi dengan pemangku kepentingan lain dan lintas rantai nilai.



## Pengembangan Pertanian Digital di Lahan Rawa: Sebuah Konsep Pertanian 4.0 Lahan Rawa



Gambar 1. Konsep pertanian digital

Sumber: Nesta.org, Precision Agriculture

## POTENSI PENGEMBANGAN LAHAN RAWA

Secara umum lahan rawa dibagi menjadi dua tipe yaitu lahan rawa pasang-surut dan lahan rawa lebak. Lahan rawa pasang-surut digolongkan sebagai wilayah rawa yang dipengaruhi oleh adanya luapan pasang (*spring tide*) dan surut (*neap tide*) dari sungai atau laut, baik langsung maupun tidak langsung (Haryono et al. 2013). Semakin dekat jarak dari muara laut/sungai semakin tinggi permukaan pasang. Ketinggian permukaan pasang pada musim hujan nisbi lebih besar dibanding musim kemarau, khususnya pasang purnama. Wilayah yang jauh dari muara mengalami luapan pasang nisbi lebih kecil daripada yang dekat dengan muara sungai/laut.

Menurut Widjaja Adhi (1986), berdasarkan tinggi luapan pasang (hidrotopografi) dan tinggi muka air tanah, wilayah rawa pantai dan rawa pasang-surut dibagi ke dalam empat tipologi sebagai berikut: 1) Tipe luapan A: wilayah pasang-surut yang selalu mendapat luapan pasang, baik pasang tunggal (purnama) maupun pasang ganda (perbani), dan mengalami pengatusan secara harian. Wilayah tipe luapan ini meliputi pesisir pantai dan sepanjang tepian sungai; 2) Tipe luapan B: wilayah pasang-surut yang mendapat luapan hanya saat pasang tunggal (purnama), tetapi mengalami pengatusan secara harian. Wilayah tipe luapan ini meliputi wilayah pedalaman <50–100 km dari tepian sungai; 3) Tipe luapan C: wilayah pasang-surut yang tidak mendapat luapan pasang dan mengalami pengatusan secara permanen. Pengaruh ayunan pasang diperoleh hanya melalui resapan (*seepage*) dan mempunyai muka air tanah pada jeluk <50 cm dari permukaan tanah, dan 4) Tipe Luapan D: wilayah pasang-surut yang tidak mendapat pengaruh ayunan pasang sama sekali dan mengalami pengatusan secara terbatas. Muka air tanah mencapai jeluk >50 cm dari permukaan tanah.

Tipe lahan rawa lebak berdasarkan kedalaman dan kurun waktu genangan dikelompokkan menjadi empat tipologi lebak (Sulaiman et al. 2018), yaitu: 1) Lebak dangkal: daerah rawa lebak yang mempunyai tinggi genangan airnya <50 cm dan lamanya genangan <3 bulan; 2) Lebak tengahan: daerah rawa lebak yang mempunyai tinggi genangan airnya antara >50 sampai 100 cm dan lama genangan >3 sampai 6 bulan; 3) Lebak dalam: daerah rawa lebak yang mempunyai tinggi genangan airnya >100 cm dan lama genangan selama 6 bulan, dan 4) Lebak sangat dalam: daerah rawa lebak yang mempunyai genangan airnya 200-300 cm dan lama genangan >6 bulan atau hampir sepanjang tahun. Menurut Haryono et al. (2013) lahan rawa di Indonesia tersebar pada 17 provinsi yang luasnya sekitar 34 juta hektare terdiri atas 20.707 juta hektare lahan rawa pasang-surut dan 13.296 juta hektare lahan rawa lebak, sedangkan luas lahan rawa pasang-surut terdiri atas: (1) lahan potensial (2,1 juta ha), sulfat masam (6,7 juta ha), gambut (10,9 juta ha), dan lahan salin (0,4 juta ha) dan lahan rawa lebak seluas 13,3 juta hektare, terdiri atas lebak

**Pengembangan Pertanian Digital di Lahan Rawa:  
Sebuah Konsep Pertanian 4.0 Lahan Rawa**

dangkal (4,2 juta ha), lebak tengahan (6,1 juta ha), dan lebak dalam (3,0 juta ha). Berdasarkan peta ketersediaan lahan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, lahan rawa yang potensial untuk perluasan area sebesar 5,12 juta hektare (Ritung et al. 2015). Hasil proyeksi dengan mengandalkan lahan rawa yang pada sepuluh provinsi dari 17 provinsi yang memiliki lahan rawa dengan optimalisasi lahan melalui peningkatan intensitas tanam (IP) menjadi 200 dan pemanfaatan lahan terlantar menunjukkan dapat diperoleh tambahan produksi padi sekitar 3,5 juta ton gabah (Haryono et al. 2013).

## **KONSEP PENGEMBANGAN PERTANIAN DIGITAL PADA LAHAN RAWA**

Melihat potensi lahan rawa yang sangat prospektif untuk pengembangan pertanian dan perkembangan teknologi yang mendukung pertanian semakin maju maka pengembangan pertanian digital lahan pada lahan rawa sangat prospektif. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengembangan pertanian digital di lahan rawa adalah sebagai berikut:

### **Pengelolaan lahan rawa berbasis kawasan dan korporasi**

Sistem usaha pertanian lahan rawa diperlukan dalam skala luas bersifat lintas administratif, pemerintahan, tetapi bersifat kawasan berdasarkan kesamaan karakteristik agroekosistem. Manajemen korporasi yang lintas kabupaten/provinsi harus dirancang karena menyangkut penataan sumber air dan lingkungan (Sulaiman 2018). Pengembangan kawasan pertanian merupakan gabungan sentra-sentra pertanian yang terkait secara fungsional, baik dalam faktor sumber daya alam, sosial budaya, maupun infrastruktur, sedemikian rupa sehingga memenuhi batasan luasan minimal skala ekonomi dan efektivitas manajemen pembangunan wilayah. Pengembangan kawasan pertanian diarahkan untuk memadukan

serangkaian program dan kegiatan pertanian menjadi suatu kesatuan yang utuh, baik dalam perspektif sistem maupun kewilayahan sehingga dapat dicapai peningkatan daya saing komoditas dengan tetap menjamin kelestarian sumber daya alam, fungsi lingkungan, kesejahteraan masyarakat. Sedangkan Kurnia (2004) mengartikan *corporate farming* atau pertanian korporasi sebagai kegiatan penggabungan lahan usahatani untuk dikelola secara bersama-sama oleh para petani dan terpadu di dalam satu manajemen.

Salah satu keunggulan lahan rawa dalam prospek pengembangan wilayah berbasis pengelolaan bersama adalah ketersediaan lahan cukup luas serta topografinya yang relatif datar. Hal ini memungkinkan pengembangan areal padi dalam suatu kawasan yang luas dengan pengelolaan bersama. Penerapan pengembangan lahan rawa berbasis wilayah dengan pengelolaan bersama agar terpenuhi skala ekonomi dalam pengusahannya. Dalam pelaksanaannya pertanian korporasi mengombinasikan rekayasa sosial, ekonomi, teknologi dan nilai tambah yang dikoordinasikan secara vertikal dan horizontal yang dalam pelaksanaannya melibatkan petani, swasta, dan pemerintah. Untuk menjalankan usaha bersama ini dipilih seorang manajer (*farm manager*) dari anggota kelompok tani dan merupakan petani andalan berdasarkan musyawarah para pemilik saham. Melalui korporasi juga dapat diperoleh kemudahan dalam akses informasi, modal, dan *bargaining position* di pasar. Pengembangan sistem korporasi berarti upaya konsolidasi usaha tani antara petani dengan manajemen perusahaan milik petani dapat berlangsung untuk mencapai efektivitas dan efisiensi yang tinggi.

## Manajemen pengelolaan air dengan sensor berbasis *Internet of Thing* (IoT)

Jaringan tata air pada lahan rawa memiliki arti penting antara lain, sebagai saluran drainase untuk membuang kelebihan air, membuang unsur beracun yang berpengaruh buruk terhadap pertumbuhan tanaman,

**Pengembangan Pertanian Digital di Lahan Rawa:  
Sebuah Konsep Pertanian 4.0 Lahan Rawa**

jaringan irigasi untuk menyuplai kebutuhan air tanaman dan sebagai jalur transportasi masyarakat dan logistik. Selain empat fungsi tersebut, jaringan tata air juga untuk konservasi air rawa dan sebagai pendukung bagi proses reklamasi. Agar berfungsi dengan baik, jaringan tata air harus dilengkapi dengan pintu air untuk mengendalikan jumlah air yang masuk maupun keluar, sesuai kebutuhan. Fungsi pintu air yang utama adalah mengatur tinggi muka air di saluran, menahan air di saluran, mencegah air salin masuk ke lahan, mengatur aliran satu arah dan fungsi-fungsi lainnya. Pintu air pada umumnya dipasang pada saluran sekunder dan saluran tersier. Jaringan tata air mikro berperan penting dalam penataan air di tingkat petani, baik dengan sistem aliran satu arah maupun sistem tabat.

Pengelolaan air pada pertanian digital lahan rawa dilakukan dengan pemasangan sensor untuk memantau tinggi air pada jaringan tata air lahan rawa, kemudian pintu air akan otomatis terbuka untuk membuang air apabila tinggi air lahan melebihi ketinggian yang dikehendaki. Kelebihan sistem ini yaitu pengontrolan sistem irigasi sawah dapat dilakukan di manapun dan kapanpun ketika kita terkoneksi dengan jaringan internet bahkan bias menggunakan aplikasi android. Sistem ini akan mempunyai akses untuk membuka dan menutup portal saluran irigasi yang telah dibuat dan cara mengendalikan sistem tersebut dari jarak jauh melalui jaringan internet yang sekarang ini dinamakan *Internet of Things* (IoT), sehingga dapat memudahkan para petani dalam mengontrol sistem saluran irigasinya. Dengan menggunakan teknologi internet sebagai media pengirim data, sensor ultrasonik dan sensor water level akan memberikan informasi ketinggian air dan motor servo sebagai penggerak pintu air untuk membuka tutup pintu air.

## **Pengolahan tanah dengan traktor otonom**

Persiapan lahan sawah merupakan salah satu langkah terpenting untuk penanaman padi. Tahap ini merupakan tahapan yang paling berat dan membutuhkan waktu lama dan tenaga kerja yang banyak apabila

masih dikerjakan secara manual. Saat ini pertanian modern dengan memanfaatkan traktor besar dalam mengolah tanah diperkirakan menyerap 80-90% energi dari total energi yang digunakan dalam budidaya tanaman. Oleh karena itu diperlukan inovasi teknologi bidang robotik yang cerdas dengan memanfaatkan prinsip *Internet of Thing* (IoT) (Duckett et al. 2018). Dengan lebih banyak inovasi dalam teknologi modern, aplikasi pertanian yang lebih canggih yang akan memungkinkan otomatisasi dan menyederhanakan pekerjaan di lapangan akan sangat diperlukan. Salah satunya adalah *autonomous tractor* atau traktor otonom. Petani dapat menerapkan pertanian pintar menggunakan sensor IoT untuk navigasi di traktor otonom yang akan memungkinkan petani untuk memprogram ulang jalur traktor mereka di lapangan.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian sudah membuat prototype traktor otonom yang merupakan traktor roda 4 tanpa awak yang dikendalikan oleh sistem navigasi berbasis IoT dan dapat melakukan pengolahan tanah sesuai dengan peta perencanaan menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Traktor otonom ini dapat melakukan pengolahan lahan sesuai dengan peta perencanaan dengan akurasi 5-25 cm. Sistem kontrol pada traktor terdiri atas pengendalian stir, gas, gear, rem dan kopling. Selain unggul dalam hal efektivitas waktu, traktor otonom ini juga mudah digunakan dan relatif praktis. Hanya perlu menyalakan mesin saja, kemudian traktor akan bekerja secara otomatis. Inovasi ini dapat diterapkan di lahan rawa dengan modifikasi alat yang disesuaikan dengan kondisi agroekosistem lahan rawa. Salah satu keuntungannya adalah topografi lahan rawa yang relatif datar dan luas sehingga alat ini sesuai untuk diterapkan sehingga pengelolaan lahan yang berbasis kawasan dan korporasi sangat mendukung penggunaan alat ini. Namun salah satu masalah utama penggunaan traktor otonom ini adalah harga yang masih terlalu mahal bagi petani sehingga ke depan perlu dirancang traktor otonom yang mini yang harganya dapat terjangkau oleh petani atau korporasi petani dalam pengelolaan lahan rawa yang berbasis kawasan.

## Drone untuk penebaran benih, pemupukan dan pengendalian hama penyakit

Drone sebenarnya bukan teknologi baru akan tetapi penggunaan alat ini dalam bidang pertanian digital belum lama dikenal namun sangat menjanjikan dalam mendukung pertanian digital. Drone adalah pesawat ringan tanpa pilot yang dapat dikendalikan dari jarak jauh. Dalam mendukung pertanian digital drone dapat digunakan untuk melakukan deteksi hara tanah, penebaran benih, memantau kesehatan tanaman dan serangan hama, melakukan pemupukan tanaman dan penyemprotan hama dan penyakit tanaman (European Commission 2018). Salah satu inovasi yang sudah dikembangkan oleh Balitbangtan melalui Balai Besar Mekanisasi Pertanian adalah drone penebar benih, drone penebar benih ini mampu menebar lahan seluas satu hektare dalam waktu 1 jam dengan kapasitas 50-60 kilogram per hektare. Drone penebar benih tersebut mampu bekerja mandiri sesuai pola dan alur yang sudah dibuat pada perangkat android dan dipandu oleh GPS. Alat ini mampu menebar benih satu hektare lahan dalam waktu 1 jam dengan kapasitas 50-60 kg per hektare secara mandiri sesuai pola/alur yang sudah dibuat pada perangkat android dan dipandu oleh GPS. Drone ini mampu melakukan *resume operation*, sehingga operasi yang tertunda dapat dilanjutkan kembali secara otomatis tanpa *overlap* terhadap operasi sebelumnya. Ketahanan batere mampu operasi selama 20 menit dengan kapasitas angkut maksimal 6 kg benih padi. Alat ini dimaksudkan untuk mengurangi biaya tenaga kerja tanam dalam usahatani padi dan cocok dilakukan di lahan rawa.

Drone juga dapat digunakan untuk memantau tanaman yang lebih akurat karena memberikan data berkualitas lebih tinggi yang diperbarui secara bertahap untuk memberikan gambaran kondisi dan perkembangan

tanaman (European Commission 2018). Kemudian drone juga dapat dirancang untuk aplikasi pestisida cair, pupuk dan herbisida secara presisi (Sylvester 2018). Teknologi ini berguna di mana intervensi manusia tidak memungkinkan untuk penyemprotan bahan kimia pada tanaman dan mengatasi kelangkaan tenaga kerja. Alat ini juga membantu pekerjaan penyemprotan lebih mudah dan lebih cepat. Dalam satu penerbangan kamera mengambil gambar dan menganalisis dengan indikator geografis. Berdasarkan hasil itu bisa mudah untuk menemukan daerah tempat untuk menyemprotkan pestisida. Sistem ini otomatis dinavigasi dengan koordinat GPS untuk menyemprotkan pestisida hanya pada area yang terinfeksi sehingga bisa mengurangi pemborosan penggunaan pestisida dan mengurangi kerusakan lingkungan akibat penggunaan pestisida yang berlebihan (Mogili and Deepak 2018).

## **PENUTUP**

Lahan rawa mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi sentra pertanian yang berbasis tanaman pangan. Pengembangan lahan rawa ini mempunyai beberapa keuntungan mengingat topografinya yang datar dan luas, sumber air melimpah, lebih tahan terhadap deraan iklim serta memungkinkan ditanami saat daerah lain sedang mengalami kekeringan. Sesuai dengan potensi yang ada pengelolaan lahan rawa untuk pertanaman padi mampu menghasilkan tambahan produksi padi sebanyak 3,5 juta ton GKP. Seiring dengan kemajuan teknologi dan memasuki era industri 4.0, pengembangan rawa memungkinkan dilakukan secara modern dengan prinsip pertanian digital dengan menerapkan beberapa peralatan berbasis sensor dan *Internet of Thing* (IoT). Namun dalam pelaksanaannya harus berbasis kawasan dalam kerangka pertanian korporasi.



## DAFTAR PUSTAKA

- FAO. 2009. Global agriculture towards 2050. High Level Expert Forum - How to Feed the World in 2050, Office of the Director, Agricultural Development Economics Division Economic and Social Development Department. Rome, Italy. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issuespapers/HLEF2050Global\\_Agriculture.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issuespapers/HLEF2050Global_Agriculture.pdf) diakses pada tanggal 4 April 2019.
- Haryono, M Noor, M Sarwani, dan H Syahbuddin. 2012. Lahan Rawa: Penelitian dan Pengembangan. IAARD Press, Jakarta. 102 hlm
- Haryono. 2013. *Lahan Rawa: Lumbung Pangan Masa Depan Indonesia*. IAARD Press, Jakarta. 141 hlm.
- Ritung, Sofyan, Suryani, Erna, Subardja S, D, Kartawisastra, Sukarman, Nugroho, Kusumo, Suparto, Hikmat, Hikmatullah, Mulyani, Anny, Tafakresnanto, Chendy, Sulaeman, Yiyi, E. Subandiono, Rudi, Wahyunto, Wahyunto. 2015. *Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan*. IAARD Press, Jakarta.
- Noor M. 2001. *Pertanian Lahan Gambut: Kendala dan Potensi*. Kanisius. Yogyakarta. 174 halaman.
- CEMA. 2017. Digital Farming: what does it really mean?, European Agricultural Machinery, Brussel. [https://www.cema-agri.org/images/publications/position-papers/CEMA\\_Digital\\_Farming\\_Agriculture4.013022017\\_0.pdf](https://www.cema-agri.org/images/publications/position-papers/CEMA_Digital_Farming_Agriculture4.013022017_0.pdf) diakses tanggal 5 September 2018.
- Trendov N M, Varas NM, Zeng M. 2019. Digital technologies in agriculture and rural areas. Status Report. Food and Agriculture Organization, Rome. Licence: cc by-nc-sa 3.0 igo

- De Clercq M, Vats A, Biel A. 2018. Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology. WORLD GOVERNMENT SUMMIT. <https://www.worldgovernmentsummit.org/api/publications/document?id=95df8ac4-e97c-6578-b2f8-ff0000a7ddb6>. Diakses tanggal 5 september 2019.
- Satria A. 2019. Pertanian 4.0, Opini. Media Indonesia, 25 Januari 2019.
- Grisso R B, Alley M, Groover G. 2018. *Precision Farming Tools: GPS Navigation*. Virginia Cooperative Extension, Publication 442-5.
- Mulla D J. 2013. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: key advances and remaining knowledge gaps. *Biosys. Eng.* 114: 358–371. 10.1016/j.biosystemseng. 2012.08.009
- Reardon T, Chen K, Minten B and Adriano L. 2012. The Quiet Revolution in Staple Food Value Chains: Enter the Dragon, the Elephant, and the Tiger. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank (ADB); International Food Policy Research Institute (IFPRI). <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/quiet-revolution-staple-food-val-ue-chains.pdf>. Diakses tanggal 1 September 2019
- Widjaja-Adhi I P G. 1986. Pengelolaan Lahan Rawa Pasang-surut dan Lebak. J. Litbang Pertanian Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Sulaiman A A, Subagyono K, Alihamsyah T, Noor M, Hermanto Muharam A, Subiksa, IGM, Suwastika IW. 2018. *Membangkitkan Lahan Rawa, Membangun Lumbung Pangan Indonesia*. IAARD Press.
- Kurnia, Ganjar. 2004. *Petani: Pejuang yang Terpinggirkan*. Universitas Padjajaran, Bandung.
- European Commission. 2018. Digital Transformation Monitor Drones in agriculture. [https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/Drones\\_vf.pdf](https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/Drones_vf.pdf). Diakses tanggal 5 September 2018.

**Pengembangan Pertanian Digital di Lahan Rawa:  
Sebuah Konsep Pertanian 4.0 Lahan Rawa**

Sylvester G. 2018. E-agriculture in Action: Drones for Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Telecommunication Union Bangkok.

Mogili U M R and Deepak B B V L. 2018. Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. Procedia Computer Science 133 (2018): 502–509. Doi:10.1016/j.procs.2018.07.063



# STRATEGI PENGELOLAAN TANAMAN DI LAHAN RAWA DALAM MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM

Indrastuti A. Rumanti, Nurwulan Agustiani,  
Ade Ruskandar dan Priatna Sasmita

## PENDAHULUAN

Target *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang telah dicanangkan pada 2015 adalah menuntaskan seluruh indikator (*zero goals*) termasuk target penurunan prevalensi kelaparan hingga 2030. SDGs bertujuan untuk memberantas kemiskinan dan kelaparan, mengurangi kesenjangan ekonomi di dalam dan antar negara, memperbaiki manajemen air dan energi serta mengambil langkah-langkah penting dalam mengatasi perubahan iklim. Hasil proyeksi Bappenas, Badan Pusat Statistik dan *United Nations Population Fund* (2013), walaupun terjadi penurunan laju pertumbuhan penduduk dari 1,38 persen pada periode 2010-2015 menjadi 0,62 persen pada tahun 2030-2035, namun secara kuantitatif jumlah penduduk Indonesia akan mengalami peningkatan yaitu dari 238,5 juta pada tahun 2010 menjadi 305,6 juta pada tahun 2035. Peningkatan jumlah penduduk ini tentu akan berdampak pada peningkatan jumlah pangan yang harus disediakan untuk kebutuhan konsumsi masyarakat (Las et al. 2018).

Salah satu langkah Kementerian Pertanian dalam mendukung peningkatan jumlah pangan adalah dengan mencanangkan intensifikasi lahan rawa yang potensinya cukup besar di Indonesia. Program selamatkan rawa, sejahterakan petani atau dikenal dengan SERASI dimulai pada 2019 dan baru difokuskan di dua provinsi, yaitu Sumatera Selatan dan Kalimantan Selatan. Program ini akan diperluas di beberapa provinsi lain yang memiliki tipologi lahan rawa pada 2020. Luas lahan rawa di Indonesia yang tersebar di empat pulau besar, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua, mencapai 33,4 juta ha; yang terdiri atas 20,1 juta ha lahan pasang-surut dan 13,3 juta ha lahan non pasang-surut atau lebak (Widjaja-Adhi et al. 1998). Namun, potensi lahan rawa yang besar ini dihadapkan pada berbagai masalah fisiko-kimia lahan, dinamika kondisi tanah dan air serta beragamnya kesuburan alami tanah (Alihamsyah et al. 2003), sehingga baru sekitar 14,2 juta hektare yang dinyatakan berpotensi untuk dikembangkan untuk lahan sawah (Nursyamsi 2017). Luasan ini mungkin akan terus bertambah jika perbaikan dan pembangunan infrastruktur terkait dengan pengelolaan tanah dan air telah dibangun.

Permasalahan utama yang menghambat peningkatan produksi padi di lahan rawa pasang-surut antara lain terjadinya dinamika luapan air pasang maupun sungai besar, kemasaman tanah, keracunan Fe, Aluminium (Ar-Riza et al. 2014), defisiensi hara Ca, Mg, dan P (Widjaya Adhi et al. 1990). Tingkatan kendala-kendala tersebut beragam antartipologi lahan, seperti gambut, salin, dan 4 tipe lahan pasang-surut. Lahan rawa lebak seringkali mengalami cekaman rendaman. Cekaman rendaman tersebut dibagi menjadi dua tipe, yaitu rendaman sesaat atau "*flash flooding*" maupun rendaman dengan ketinggian beberapa meter dan dalam jangka waktu yang cukup lama atau "*deepwater flood*" (Hattori et al. 2011).

Selain itu, cekaman biotik berupa serangan hama dan penyakit juga menjadi faktor pembatas produksi padi di area ini. Beberapa hama penting di lahan rawa antara lain tikus, penggerek batang, kepinding tanah, ulat, orong-orong, wereng batang cokelat, wereng hijau, belalang

dan walang sangit. Sedangkan penyakit utama antara lain blas daun dan blas leher, tungro, hawar daun bakteri atau yang dikenal sebagai kresek oleh petani, serta hawar pelepah (Asikin 2015). Berbagai cekaman ini berfluktuasi pada musim yang berbeda dan berefek negatif terhadap pertumbuhan padi dan produktivitasnya di lahan ini.

Oleh karena itu, dibutuhkan *effort* besar dan terpadu untuk mengembangkan lahan rawa, baik varietas, teknik pengelolaan lahan dan air, teknik budidaya dan pengendalian hama penyakit. Terlebih lagi untuk menyongsong era industri pertanian 4.0, upaya perbaikan pascapanen dan pemanfaatan alat-alat pertanian untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas budidaya padi akan menjadi hal penting untuk diperhatikan. Bantuan mekanisasi pertanian yang luar biasa deras pada beberapa tahun terakhir, seperti traktor roda dua maupun roda 4, *combine harvester*, dan sebagainya dirasa merupakan salah satu langkah penting dalam mendukung efisiensi *input* dalam menghasilkan produktivitas lahan yang optimal. Suriadikarta (2012) menyampaikan bahwa penerapan alat mesin pertanian (Alsintan) pra dan pascapanen di lahan rawa, memerlukan persyaratan tertentu, baik teknis maupun sosial-ekonomi. Pengembangan alsintan di lahan rawa ditentukan oleh faktor biofisik lahan, seperti kekerasan tanah, sisa tunggul kayu, jenis vegetasi permukaan, kedalaman gambut, dan lapisan pirit, bekas parit alam atau bekas nipah dan lain-lain.

Pendekatan pengelolaan lahan, air dan teknik budidaya yang ramah lingkungan juga terus dibenahi dan diperbaharui untuk mendukung sistem pertanian ramah lingkungan, yang menjadi salah satu ciri industri pertanian 4.0. Penerapan budidaya tanaman pangan ramah lingkungan pada prinsipnya menghindari eksploitasi sumber daya alam dan penggunaan masukan sarana produksi secara bijaksana (terutama bahan agrokimia seperti pupuk anorganik dan pestisida). Penerapan model pertanian ramah lingkungan untuk tanaman pangan yang mengintegrasikan komponen teknologi spesifik lokasi menjadi efektif dengan melibatkan peran penyuluh dan partisipasi aktif petani baik pada

skala petak percontohan, *demfarm*, dan hamparan. Wihardjaka (2018) menyampaikan beberapa komponen teknologi dalam sistem pertanian ramah lingkungan mampu memberikan hasil tanaman tinggi, emisi gas rumah kaca rendah, dan rendah kontaminan, antara lain pengairan berselang, penggunaan bahan organik matang (nisbah C/N rendah) dengan bantuan biodekomposer, pemupukan berimbang, pengendalian hama secara terpadu dengan mengandalkan pestisida nabati, jarak tanam legowo, dan varietas padi unggul rendah emisi.

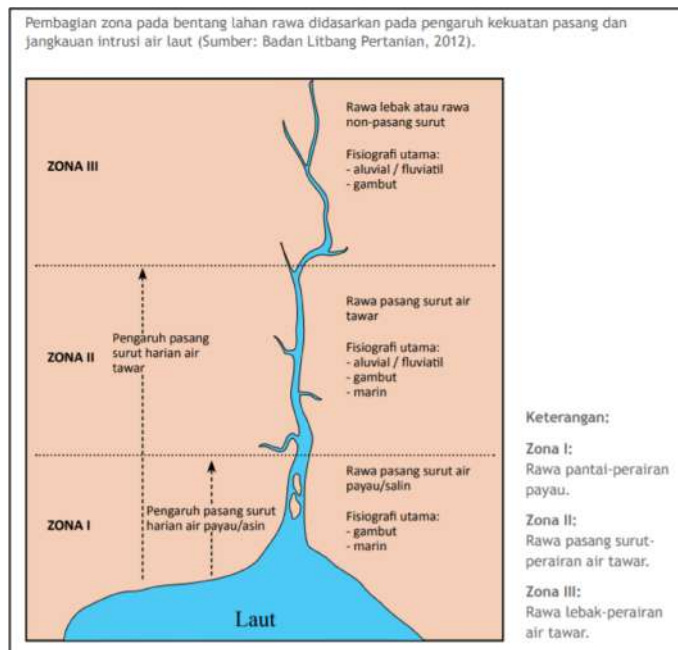
## PEMBAGIAN DAN KARAKTERISTIK LAHAN RAWA

Pembagian zona pada bentang lahan rawa didasarkan pada pengaruh kekuatan pasang dan jangkauan intrusi air laut (Haryono 2013). Berdasarkan pengaruh air pasang-surut, terutama pada musim hujan dan pasang besar, maka daerah aliran sungai bagian bawah (*down stream area*) dapat dibagi menjadi tiga zona, yang dijelaskan pada Gambar 1. Ketiga zona itu adalah: Zona I, yang merupakan wilayah pasang-surut air asin/payau, Zona II, merupakan wilayah pasang-surut air tawar, dan Zona III, adalah wilayah rawa lebak, atau daerah bukan pasang-surut. Wilayah zona I adalah daratan yang berbatasan langsung dengan laut, sehingga sangat terpengaruh air pasang-surut dan salinitas menjadi masalah utama. Daerah ini sering disebut lahan pasang-surut atau tidak *wetland*. Sudiakarta (2012) menyampaikan bahwa pada wilayah zona II, gerakan aliran sungai ke arah laut, bertemu dengan energi pasang-surut, yang terjadi umumnya dua kali dalam sehari (semidiurnal). Pengaruh pasang-surut masih dominan, tetapi sudah tidak mengalami cekaman salinitas karena intrusi air laut tidak terjadi langsung di zona ini. Pengaruh salinitas hanya terjadi saat kemarau cukup panjang, sehingga pengaruh air laut merambat lebih jauh ke daerah hulu. Air pasang membawa fraksi debu dan pasir halus ke pinggir sungai sehingga mengendapkan bahan tersebut dalam jangka waktu yang lama dan periodik maka terbentuklah



## Strategi Pengelolaan Tanaman di Lahan Rawa dalam Menghadapi Perubahan Iklim

tanggul sungai alam (*natural levee*). Wilayah zona III, adalah wilayah yang sudah jauh masuk ke dalam dan pengaruh pasang-surut sudah tidak terlihat lagi. Pengaruh sungai besar yang dominan adalah banjir besar musiman yang menggenangi dataran kiri-kanan sungai. Lamanya genangan bergantung posisi lahan di *landscape*, bisa satu bulan sampai enam bulan.



**Gambar 1.** Pembagian zona pada bentang lahan rawa didasarkan pada pengaruh kekuatan pasang dan jangkauan intrusi air laut (Haryono 2013)

Berdasarkan penyebab genangannya, lahan rawa dibagi menjadi tiga, yaitu rawa pasang-surut, rawa lebak dan rawa lebak peralihan.

## Rawa Pasang-surut

Rawa pasang-surut merupakan lahan rawa yang genangannya dipengaruhi oleh pasang-surutnya air laut. Tingginya air pasang dibedakan menjadi dua, yaitu pasang besar dan pasang kecil. Pasang kecil, terjadi secara harian (1-2 kali sehari).

Berdasarkan pola genangannya (jangkauan air pasangnya), lahan pasang-surut dibagi menjadi empat tipe:

1. Tipe A, tergenang pada waktu pasang besar dan pasang kecil;
2. Tipe B, tergenang hanya pada pasang besar;
3. Tipe C, tidak tergenang tetapi kedalaman air tanah pada waktu pasang kurang dari 50 cm;
4. Tipe D, tidak tergenang pada waktu pasang air tanah lebih dari 50 cm tetapi pasang-surutnya air masih terasa atau tampak pada saluran tersier.

## Rawa Lebak

Rawa lebak adalah lahan rawa yang genangannya terjadi karena luapan air sungai dan/atau air hujan di daerah cekungan di pedalaman. Oleh sebab itu, genangan umumnya terjadi pada musim hujan dan menyusut atau hilang di musim kemarau. Rawa lebak dibagi menjadi tiga:

1. Lebak dangkal atau lebak pematang, yaitu rawa lebak dengan genangan air kurang dari 50 cm. Lahan ini biasanya terletak di sepanjang tanggul sungai dengan lama genangan kurang dari 3 bulan.
2. Lebak menengah, yaitu lebak dengan kedalaman genangan 50-100 cm. Genangan biasanya terjadi selama 3-6 bulan.
3. Lebak dalam, yaitu lebak dengan genangan air lebih dari 100 cm. Lahan ini biasanya terletak di sebelah dalam menjauhi sungai dengan lama genangan lebih dari 6 bulan.

## Rawa Lebak Peralihan

Lahan rawa lebak yang pasang-surutnya air laut masih terasa di saluran primer atau di sungai disebut rawa lebak peralihan. Pada lahan seperti ini, endapan laut yang dicirikan oleh adanya lapisan pirit, biasanya terdapat pada kedalaman 80 - 120 cm di bawah permukaan tanah.

Tanah di lahan rawa dapat berupa aluvial atau gambut. Tanah aluvial merupakan endapan yang terbentuk dari campuran bahan-bahan seperti lumpur, humus, dan pasir dengan kadar yang berbeda-beda. Sedangkan gambut merupakan hasil pelapukan bahan organik seperti dedaunan, ranting kayu, dan semak dalam keadaan jenuh air dan dalam jangka waktu yang sangat lama (ribuan tahun). Di alam, gambut sering bercampur dengan tanah liat. Tanah disebut gambut apabila memenuhi salah satu persyaratan berikut (Soil Survey Staff 1996):

1. Apabila dalam keadaan jenuh air mempunyai kandungan C-organik paling sedikit 18% jika kandungan liatnya >60% atau mempunyai kandungan C-organik 12% jika tidak mempunyai liat (0%) atau mempunyai kandungan C-organik lebih dari  $12\% + \% \text{ liat} \times 0,1$  jika kandungan liatnya antara 0 - 60%;
2. Apabila tidak jenuh air mempunyai kandungan C-organik minimal 20%.

Lahan rawa yang tidak memiliki lapisan tanah gambut dan tidak memiliki lapisan pirit (kadaranya <0,75%), atau memiliki lapisan pirit pada kedalaman lebih dari 50 cm disebut sebagai lahan rawa potensial. Lahan ini merupakan rawa paling subur dan potensial untuk pertanian. Pirit ( $\text{FeS}_2$ ) merupakan senyawa yang terbentuk dalam suasana payau. Pada kondisi tergenang, pirit tidak berbahaya, tetapi dalam keadaan kering, senyawa pirit akan teroksidasi. Bila terkena air, pirit yang teroksidasi akan menjadi asam sulfat yang sangat asam. Akibatnya, akar tanaman akan terganggu, unsur hara sulit diserap oleh tanaman, serta unsur besi dan aluminium akan terlarut sehingga meracuni tanaman. Lahan yang

lapisan piritnya sudah teroksidasi sering disebut sebagai lahan bersulfat atau lahan sulfat masam aktual. Sedangkan lahan rawa yang tidak memiliki lapisan gambut dan kedalaman lapisan piritnya kurang dari 50 cm disebut sebagai lahan alluvial bersulfida dangkal atau sering disebut lahan sulfat masam potensial, serta masih dapat direkomendasikan untuk dimanfaatkan sebagai lahan pertanian.

## POTENSI DAN LUASAN LAHAN RAWA

### Lahan Rawa Pasang-surut

Suwanda dan Noor (2014), menyampaikan bahwa potensi lahan rawa pasang-surut di Indonesia sangat luas, tersebar di Sumatera, Kalimantan, Papua, dan Sulawesi, diperkirakan total luas lahan sebesar 20,13 juta ha, dan 9,53 juta ha di antaranya dinyatakan sesuai untuk dimanfaatkan sebagai lahan pertanian (Tabel 1 dan Tabel 2). Luas wilayah dataran rendah rawa pasang-surut mencapai 23,24 juta ha terdiri atas rawa pasang-surut sekitar 8,35 juta ha dan rawa gambut sekitar 14,89 juta ha (Tabel 2). Lahan rawa pasang-surut yang telah dibuka oleh penduduk setempat mencapai 3,0 juta hektare, dan direklamasi oleh pemerintah untuk mendukung program transmigrasi sekitar 2,7 juta hektare sehingga keseluruhan lahan rawa pasang-surut yang telah dimanfaatkan baru sekitar 5,7 juta hektare.

**Tabel 1.** Luasan lahan rawa pasang-surut berdasarkan sebaran tipologi lahan

No	Tipologi Lahan	Luas
1	Gambut dangkal dan gambut sedang	4.261.900
2	Asosiasi gambut dangkal dan gambut sedang serta agak salin	103.000
3	Gambut dalam	3.720.650
4	Asosiasi gambut dalam dan gambut sangat dalam	2.817.000
5	Lahan potensial	30.130

**Tabel 1.** Luasan lahan rawa pasang-surut berdasarkan sebaran tipologi lahan (lanjutan)

No	Tipologi Lahan	Luas
6	Asosiasi lahan potensial dengan lahan agak salin	1.205.430
7	Asosiasi lahan potensial dengan lahan salin	832.400
8	Sulfat masam potensial	1.132.750
9	Asosiasi sulfat masam potensial dengan gambut dangkal dan gambut sedang	66.000
10	Asosiasi sulfat masam potensial dengan lahan agak salin	1.017.430
11	Asosiasi sulfat masam potensial dengan lahan salin	2.127.800
12	Asosiasi sulfat masam aktual dengan lahan salin	2.374.000
13	Lahan agak salin	304.000
14	Lahan salin	140.300
	Total lahan rawa pasang-surut	20.132.790

**Tabel 2.** Sebaran lahan rawa pasang-surut dan gambut dataran rendah di Indonesia

Pulau	Dataran Rendah (DR)Pasang Surut					Dataran Rendah (DR) Gambut				Total Gambut
	Iklim Basah (IB)			Iklim Kering (IK)	Total Rawa Pasang Surut	Iklim Basah (IB)			Iklim kering (IK)	
	MA	TM	Sub Total IB	MA		MA	TM	Sub Total IB	M A	
	ha									
Sumatera	2.495.470	6.417	2.501.887	0	2.501.887	6.428.907	354	6.429.261	0	6.429.261
Jawa	42.350	853.772	896.122	0	896.122	0	0	0	0	0
Kalimantan	2.301.410	0	2.301.410	0	2.301.410	4.778.005	0	4.778.005	0	4.778.005
Sulawesi	256.232	59.083	315.315	2.715	318.029	23.844	0	23.844	0	23.844
Maluku	33.155	41.241	74.396	0	74.396	0	0	0	0	0
Papua	2.077.316	27.687	2.105.003	157.399	2.262.402	3.627.339	0	3.627.339	36.786	3.664.125
Indonesia	7.205.934	988.199	8.194.133	160.114	8.354.246	14.858.095	354	14.858.448	36.786	14.895.234

Keterangan: IB = Iklim basah, IK = Iklim kering, MA = Masam, TM = tidak masam

Sumber: Suwanda dan Noor (2014)

## Lahan Rawa Lebak

Rawa lebak tergolong lahan yang subur karena adanya luapan banjir sehingga terjadi pengkayaan unsur hara. Keadaan ini membuat amelioran dan beberapa pupuk dibutuhkan dalam jumlah relatif sedikit. Namun

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

demikian, pemberian pupuk dan bahan amelioran memberikan respons pada tanaman padi dan berproduksi lebih tinggi (Alwi dan Tapakrisnanto 2014).

Luas lahan rawa lebak di Indonesia menurut Husen et al. (2014) berkisar 11,64 juta hektare, yang tersebar di 5 pulau, (1) Sumatera 3,99 juta hektare, (2) Kalimantan 2,94 juta hektare, (3) Sulawesi 0,71 juta hektare, (4) Maluku 0,09 juta hektare dan (5) Papua 3,92 juta hektare sehingga luas lahan rawa lebak bertanah mineral seluruhnya 11,64 juta hektare yang sebagian besar berada di dataran rendah, kecuali di Sulawesi sekitar 0,03 juta hektare (Tabel 3). Berdasarkan tinggi dan lamanya genangan, lahan rawa lebak dibagi dalam tiga tipe, yaitu (1) lebak dangkal, terdapat sekitar 4,17 juta hektare; (2) lebak menengah dan asosiasinya terdapat masing-masing sekitar 3,44 juta hektare dan 2,63 juta hektare; (3) lebak dalam dan asosiasinya terdapat masing-masing sekitar 0,68 juta hektare dan 2,36 juta hektare (Nugroho et al. 1992 *dalam* Alwi dan Tapakrisnanto 2014). Luas rawa lebak berdasarkan tipe dan jenis tanahnya disampaikan pada Tabel 4. Lahan rawa lebak terbentuk dari tanah aluvial dan gambut. Tanah aluvial berasal dari endapan sungai atau endapan marin, sedangkan tanah gambut dapat berupa lapisan gambut secara kontinu atau berselang-seling dengan tanah aluvial. Dari ketiga tipologi lahan di atas, Suwanda dan Noor (2014) menyatakan bahwa terdapat 14,99 juta hektare yang berpotensi untuk digunakan sebagai lahan sawah dan layak untuk budidaya padi (Tabel 5).

**Tabel 3.** Luas potensi lahan lebak di Indonesia

Pulau	Dataran Rendah (DR)				DT		Total Rawa Lebak
	Iklim Basah (IB)			Iklim Kering (IK-MA)	Subtotal DR	Iklim Basah (IB-MA)	
	MA	TM	Subtotal IB				
Sumatera	3.892.422	66.434	3.958.856	-	3.958.856	29.445	3.988.301
Kalimantan	2.944.084	-	2.944.084	-	2.944.084	-	2.944.084
Sulawesi	316.812	388.794	705.606	-	705.606	614	706.220

**Tabel 3.** Luas potensi lahan lebak di Indonesia (lanjutan)

Pulau	Dataran Rendah (DR)				Subtotal DR	DT Iklim Basah (IB-MA)	Total Rawa Lebak
	Iklim Basah (IB)			Iklim Kering (IK-MA))			
	MA	TM	Subtotal IB				
Maluku	86.908	1.251	88.159	-	88.159	-	88.159
Papua	3.576.096	-	3.576.096	336.162	3.912.258	3.865	3.916.123
Indonesia	10.816.322	456.479	11.272.801	336.162	11.608.963	33.924	11.642.887

Keterangan: IB = Iklim basah, IK = Iklim kering, MA = Masam, TM = tidak masam

**Tabel 4.** Luas lahan rawa lebak berdasarkan tipe dan jenis tanah

Tipe dan Jenis Tanah	Luas (juta hektare)	Proporsi (%)
Lebak dangkal	4,168	31,4
Lebak tengahan		
- Aluvial	3,445	25,95
- Bergambut	2,631	19,82
Lebak dalam		
- Aluvial	0,668	5,03
- Gambut dangkal	2,361	17,80
Jumlah	13,273	100,00

**Tabel 5.** Potensi lahan rawa untuk budidaya padi di Indonesia

Pulau	Padi Sawah (PS)		
	Pasang Surut	Lebak	Gambut
Sumatera	1.655.646	3.620.561	1.575.770
Jawa	896.122	0	0
Bali dan Nusa Tenggara	0	0	0
Sulawesi	9.263	671.611	0
Kalimantan	566.994	2.684.111	17.604
Maluku	11.552	88.785	0
Papua	286.277	1.818.828	1.083.298
Indonesia	3.425.854	8.883.895	2.676.672

Sumber: BBSDLP dalam Suwanda dan Noor (2014)

Potensi tersebut terdiri atas 3,43 juta hektare di lahan pasang-surut, 8,88 juta hektare di lahan lebak dan 2,68 juta hektare di lahan gambut. Hal ini menunjukkan bahwa lahan rawa berpotensi untuk digunakan sebagai lumbung pangan alternatif setelah padi sawah irigasi. Perubahan iklim global yang sering dikambinghitamkan sebagai faktor utama stagnansi bahkan penurunan produksi padi, tampaknya justru cukup menguntungkan ketika terjadi di lahan rawa. Tabel 5 di atas, menunjukkan bahwa potensi lahan terluas adalah lahan lebak, yang merupakan lahan rawa pedalaman di mana kondisi topografinya relatif cekung dan air tidak dapat mengalir ke luar. Alwi dan Tapakrisnanto (2014) menyampaikan bahwa lahan ini setiap tahun mengalami genangan minimal selama tiga bulan dengan tinggi genangan minimal 50 cm. Pada musim hujan lahan ini tergenang dan pada musim kemarau surut. Sumber air utama berasal dari curah hujan, dan surutnya air mengandalkan perkolasi serta penguapan pada musim kemarau. Oleh karena itu, pada kondisi kemarau panjang yang terjadi pada beberapa tahun terakhir, justru memperluas potensi lahan lebak.

Lahan rawa lebak mempunyai keunggulan spesifik antara lain dapat diusahakan sebagai lahan pertanian saat El-Nino, sementara agroekosistem lain (sawah irigasi dan tadah hujan) mengalami cekaman kekeringan, sehingga dipaksa bera. Oleh karena itu, rawa lebak disebut juga sebagai tongga prodi (kantong penyangga produksi padi) pada musim kemarau atau El-Nino. Selain padi, tanaman sayuran seperti tomat, cabai, terung, mentimun dan sayuran lainnya dapat ditanam pada *off season* atau diluar musim, sehingga mempunyai harga jual lebih tinggi karena ditempat lain sedang kekeringan atau puso (Noorganayuwati at al. 2007). Lebak dangkal dan menengah, yang semula hanya dapat digunakan untuk IP100, dapat digunakan menjadi IP200 dengan sistem padi-padi atau padi-palawija. Pemanfaatan lahan rawa lebak menjadi semakin strategis, dengan menyempitnya lahan pertanian di lahan irigasi sebagai akibat konversi lahan dari pertanian (sawah) menjadi nonpertanian, serta meningkatnya permintaan pangan dan



hasil pertanian lainnya akibat jumlah penduduk yang terus bertambah. Perbaikan infrastruktur, penyediaan teknologi, mekanisasi pertanian dan pendampingan terhadap kondisi sosial dan budaya bagi masyarakat setempat diyakini mampu mendongkrak pemanfaatan lahan rawa ke depan guna mendukung peningkatan produktivitas padi di Indonesia.

## **GEJALA PERUBAHAN IKLIM DAN EFEKNYA TERHADAP LAHAN RAWA**

Perubahan iklim merupakan dampak dari peningkatan jumlah berbagai senyawa dalam jumlah yang melebihi ambang batas akibat dari perubahan pola kehidupan, antara lain: karbondioksida sebagai akibat dari pembakaran, khlorofluorocarbon (CFC) sebagai akibat pemanfaatannya yang semakin tinggi dan tentu saja berbanding lurus dengan padatnya pemukiman dan pertumbuhan penduduk, serta khususnya dari sektor pertanian menyumbang tambahan akumulasi metan akibat proses dekomposisi, penggenangan dan aktivitas pertanian lainnya, serta tentu saja dari perubahan pola budidaya dengan intensifnya pemanfaatan bahan-bahan kimia (Najamuddin 2014). Dukungan berbagai teknologi pada ekosistem lahan rawa menurut Arsyad et al. (2014) seperti pemanfaatan varietas unggul yaitu penggunaan alsintan (traktor tangan, mesin perontok, pengering), penataan/perbaikan tata air mikro, ameliorasi dan pemupukan berimbang dan tepat waktu, peningkatan indeks pertanaman menjadi 200, dan pengembangan sistem integrasi tanaman-ternak, menjadikan lahan rawa mampu dibudidayakan secara intensif dan optimal. Namun di sisi lain, fenomena pembakaran hutan untuk pembukaan lahan dan pemanfaatan lahan gambut, intensifikasi pola budidaya juga memberikan sumbangsih terhadap perubahan iklim. Jawa Barat dan Jawa Tengah sebagai provinsi lumbung beras nasional memberikan kontribusi masing-masing sebesar 14,44% dan 13,56% terhadap peningkatan persentase gas rumah kaca (GRK) di Indonesia.

Meskipun sektor pertanian termasuk sektor yang memberikan kontribusi terhadap emisi GRK, namun sektor ini juga merupakan sektor paling terdampak akibat perubahan iklim. Sektor pertanian yang memberikan kontribusi sebesar 60% terhadap kegiatan perekonomian di Indonesia akan mendapat risiko penurunan produksi padi nasional sebesar 1,37 % per tahun akibat perubahan iklim global (Ruminta et al. 2018). Hal-hal yang dirasakan oleh petani sebagai indikasi dari perubahan iklim di antaranya temperatur yang semakin tinggi terutama pada musim kemarau, air yang tersedia semakin terbatas, datangnya musim hujan semakin tidak menentu (sulit diprediksi), kekeringan, banjir, peningkatan muka air laut, peningkatan kejadian iklim ekstrem yang dijelaskan oleh Maftuah et al. (2016) bahwa periode terjadinya *El Niño* dan/atau *La Niña* semakin pendek menjadi 2-3 tahun di mana sebelumnya siklusnya terjadi 5 tahunan, merebaknya intensitas gangguan organisme pengganggu tanaman (OPT) serta makin tingginya peluang gagal panen (Wakhid dan Syahbuddin 2013; Hafif 2014; Ruminta et al. 2018). Lebih lanjut, khusus pada lahan rawa lebak, kondisi ini berpengaruh terhadap pergeseran pola tanam dan produktivitas tanaman (Haris dan Syahbuddin 2013). Tinggi genangan air pada lahan rawa lebak merupakan pengaruh dari intensitas curah hujan dan tinggi muka air sungai di mana satu satuan curah hujan akan memengaruhi 4 hingga 5 kali tinggi genangan yang lebih besar terutama pada lebak tengahan dan dalam dibanding lebak dangkal (Wakhid dan Syahbuddin 2013). Naiknya muka air laut juga memberikan dampak langsung terhadap hamparan lahan rawa pasang-surut yang semakin intens dengan interusi salinitas ke dalam lahan (Maftu'ah et al. 2016).

## PERKEMBANGAN BUDIDAYA PADI DI LAHAN RAWA

### Budidaya Lahan Rawa Secara Tradisional

Petani tradisional banyak memerhatikan tanda alam untuk memprediksi kecepatan datangnya air dan ketinggiannya, seperti a) puncak populasi jenis ikan seluang (*Resbora* sp.) di sungai/rawa, b) tinggi peletakan telur keong rawa (*Pila* spp.), c) berkembangnya rumput jenis putri malu rawa (*Mimosa* spp.). Pertanda biologis tersebut memberikan isyarat bahwa genangan air rawa akan datang lebih cepat, dan letak ketinggian telur keong rawa mengisyaratkan ketinggian genangan air yang akan terjadi (Ar-Riza et al. 2000). Masyarakat rawa lebak tradisional juga mampu membaca tanda astronomi. Bintang baur bilah yang muncul merupakan pertanda datangnya musim kemarau. Bintang baur bilah adalah bintang yang muncul berderet tiga membentuk garis lurus di ufuk barat. Apabila bintang paling atas terlihat terang, maka akan terjadi musim kemarau panjang. Sebaliknya, jika bintang paling bawah terlihat terang, maka rentang waktu musim kemarau akan lebih pendek (Noorginayuwati et al. 2007).

Pengelolaan air primitif yang saat ini masih diadopsi oleh sebagian petani lahan rawa adalah sistem tabak bertingkat. Tabat yang dibuat tidak hanya satu, tetapi dua sampai empat buah di sepanjang saluran. Tabat pertama dibuat dekat dengan muara saluran, kemudian dibuat lagi tabat pada saluran yang lebih ke arah dalam, demikian seterusnya. Jarak antar tabat 50-150 m, yang ketinggiannya disesuaikan dengan tinggi lahan. Dimensi saluran dapat disepadankan dengan saluran sekunder di lahan rawa pasang-surut. Tujuan pembuatan tabat adalah untuk menahan agar air di saluran tetap menggenang, sehingga bisa difungsikan sebagai: a) Sarana transportasi hasil pertanian, b) Sebagai upaya mempertahankan kelembapan tanah di sekitar saluran.

Persiapan lahan dilakukan dengan olah tanah sederhana menggunakan alat tradisional seperti tajak dan sabit. Petani mempunyai kearifan lokal cara persiapan lahan yang cukup unik, murah dan cepat, yaitu memanfaatkan tumbuhan kiambang (*Salvinia mollesta* DS. Mitchel) atau dalam bahasa daerah Banjar disebut kayapu (Ar-Riza et al. 2007). Jenis tumbuhan yang akan memenuhi permukaan air ini, akan dimanfaatkan sebagai mulsa saat air surut. Lahan rawa lebak kaya akan gulma yang sangat potensial sebagai sumber pupuk organik, karena mengandung C organik cukup tinggi, berkisar antara 35 – 50% dan C/N rasio sedang hingga tinggi (Ar riza et al. 2014). Pesemaian juga dilakukan dengan dua cara, yaitu 1) pesemaian apung menggunakan kumpulan rumput atau batang pisang, sehingga bibit di pesemaian akan mengapung dan mengikuti tinggi muka air tanpa terendam, 2) pesemaian kering yang dilakukan di pematang yang subur, lembap dan cukup sinar matahari. Selanjutnya, bibit akan dipindahkan ke daratan yang lebih rendah dan basah pada 10-15 hari setelah tanam (HSS) sembari dibelah dan diperbanyak. Bibit akan siap ditanam pada umur 25–30 HSS.

## **Instensifikasi Lahan Rawa melalui Perbaikan Teknik Budidaya**

Produktivitas di lahan rawa, baik di lahan lebak maupun pasang-surut masih tergolong rendah karena sebagian besar petani menanam padi lokal dengan potensi produksi yang berkisar 2-3 t/ha dan umur dalam (6-8 bulan). Guna mempertahankan kearifan lokal, dan melakukan pendekatan sosial agar petani setempat mau mengadopsi teknologi baru, seperti varietas unggul baru Inpara, maka dikenalkan satu sistem yang disebut Sawit Dupa (Sekali mewiwit dua kali panen). Sistem ini dikenalkan untuk meningkatkan indeks pertanaman, yang semula hanya satu kali tanam (IP100) menjadi dua kali tanam namun indeks pertanaman (IP)<200. Sawit Dupa mempunyai nilai IP 175-180 (Ar Riza

et al. 2014) karena hanya sekitar 75–80% total lahan saja yang dapat dimanfaatkan sebagai pertanaman varietas unggul baru, sedangkan 20–25% lahan sisanya menjadi tempat pesemaian padi lokal yang memerlukan pesemaian 3–4 bulan. Sawit Dupa merupakan metode transisi pengenalan varietas unggul baru tanpa meninggalkan padi lokal yang menjadi sumber pangan utama bagi masyarakat setempat.

## **Varietas Unggul di Lahan Rawa**

Faktor pembatas utama pada pengelolaan lahan rawa pasang-surut, antara lain genangan air, tingginya kemasaman tanah (pH tanah rendah), adanya zat beracun seperti pirit, aluminium dan besi, serta rendahnya kesuburan tanah. Di lahan lebak, terutama adalah datangnya genangan air banjir yang tidak menentu dan mendadak. Kendala biotik juga sering terjadi di lahan rawa, terutama blast daun dan cendawan lain, tikus, burung dan tungro di beberapa lokasi seperti di pulau Kalimantan. Kompleksnya permasalahan di lahan rawa, mendorong pemulia tanaman untuk melakukan pemuliaan varietas unggul rawa berdasarkan kebutuhan di masing-masing ekosistem.

Varietas yang dirakit untuk lahan rawa secara umum memiliki toleransi terhadap keracunan Fe, beberapa juga toleran terhadap pirit, serta rendaman (Tabel 6 dan 7). Karakter toleransi diperoleh dari padi-padi lokal yang telah lama beradaptasi di lahan rawa dan disilangkan dengan berbagai padi budidaya, untuk memperoleh potensi hasil yang baik. Cekaman biotik yang banyak diakomodasi pada perakitan varietas unggul, adalah blast daun dan blast leher yang menjadi problem utama pada budidaya padi di lahan rawa baik pasang-surut, lebak maupun tipologi lainnya. Penyakit yang disebabkan oleh cendawan menjadi endemik karena kelembapan yang tinggi serta kondisi lahan yang kahat K dan P, sehingga pemberian kapur pertanian dan penambahan KCl sering kali menjadi solusi pertama dalam menghasilkan tanaman padi yang sehat.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

**Tabel 6.** Beberapa jenis keracunan yang terjadi di lahan rawa

Jenis Keracunan	Gejala serangan	Cara penanggulangan
Alumunium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem perakaran menebal dan tidak berkembang</li> <li>• Warna hijau tulang daun berubah menjadi oranye diikuti dengan bercak coklat</li> </ul>	Meningkatkan pH tanah melalui pengapuran dan penggenangan
Besi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Warna daun bercak coklat (berkarat)</li> <li>• Perakaran kasar</li> <li>• Pertumbuhan dan pembentukan anakan tertekan</li> </ul>	Meningkatkan pH tanah melalui pengapuran dan pengaturan drainase
Sulfida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanaman mudah terkena penyakit</li> <li>• Sistem perakaran kurang berkembang dan berwarna hitam</li> <li>• Tanaman kerdil dan anakan sedikit</li> </ul>	Meningkatkan pH tanah melalui pengapuran dan penggenangan serta penambahan unsur mikro dan mineral (terusi, abu).
Garam-garam (salin)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanaman menjadi kering</li> <li>• Anakan berkurang</li> <li>• Ujung daun menjadi putih</li> </ul>	Pencucian garam melalui pengaturan air satu arah, menanam padi varietas tahan salin

Sumber: Anonim (2013)

Tabel 7. Varietas adaptif lahan rawa dan karakteristiknya

No	Varietas	Tahun Dilepas	Tinggi tanaman (cm)	Umur Panen (hss)	Hasil (t/ha)		Bentuk Gabah	TA	TK	Quality		Ketahanan Hama/ Penyakit	Toleransi Cekaman Abiotik
					Rerata	Potensi Hasil				Tektur	KA (%)		
1	Inpara 3	2008	108	127	4,6	5,6	M	M	M	K	28,6	MR BPH 3, R Blast ras 101, 123, 141, & 373	MT to submergence for 14 days; MT to Fe and Al toxicity
2	Inpara 4	2010	94	135	4,7	7,6	M	M	T	K	29,1	MR BPH 3, R BLB IV & VIII	T to submergence for 14 days in vegetative stage
3	Inpara 5	2010	92	115	4,5	7,2	S	M	M	M	25,2	R BLB IV & VIII	T to submergence for 14 days in vegetative stage
4	Inpari 29 rendaman	2012	103	110	6,5	9,5	LS	M	M	P	21,1	-	T to submergence for 14 days in vegetative stage
5	Inpari 30 Ciharang Sub-1	2012	101	111	7,2	9,6	LS	M	M	P	22,4	-	T to submergence for 14 days in vegetative stage

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

**Tabel 7.** Varietas adaptif lahan rawa dan karakteristiknya (lanjutan)

No	Varietas	Tahun Dilepas	Tinggi tanaman (cm)	Umur Panen (hss)	Hasil (t/ha)		Bentuk Gabah	TA	TK	Quality		Ketahanan Hama/ Penyakit	Toleransi Cekaman Abiotik
					Rerata	Potensi Hasil				Tektur	KA (%)		
6	Inpara 8 Agritan	2014	107	115	4,7	6	M	M	T	K	28,5	R BLB III; MR BLB IV & VIII; MR Blast 133	Tolerant to submergence and Fe toxicity
7	Inpara 9 Agritan	2014										R tungro	T to Fe tox
8	Inpara 10 BLB	2017										R BLB, R Blast	T to Fe toxicity
9	Purwa	2017					S	M	T	St	3,75	R Blast,	T to Fe tox, Sub1

Keterangan: T= toleran, TA= thresability, TK= toleransi terhadap kerebahan, LS= long slender, S= slender, M= medium/moderate, K= pera, P= pulen, K= pera, K= pera, St= ketan



## Intensifikasi Mekanisasi Pertanian

Pemanfaatan alat dan mesin pertanian di lahan rawa merupakan alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya manusia yang secara kuantitas, sangat terbatas. Modernisasi pertanian dilakukan dengan mengoptimalkan pemanfaatan mesin pertanian dari sejak pengolahan tanah hingga panen dan pascapanen. Menurut data yang tercatat di Direktorat Jenderal (Ditjen) Prasarana dan Sarana Pertanian (PSP) Kementan, Alsin traktor roda empat yang telah didistribusikan ke petani sejak 2015 hingga 2018 sebanyak 9.605 unit, traktor roda dua sebanyak 130.097 unit, dan ekskavator mini serta standar sebanyak 869 unit (Kompas 2018). Mekanisasi diharapkan mampu mempercepat proses perbaikan infrastruktur lahan rawa, pengolahan tanah, hambur untuk sistem tanam benih langsung (TABELA), panen dan pascapanen.

Djamhari (2009), menyampaikan bahwa Pemerintah harus berusaha untuk menumbuhkan minat para pemilik modal di tingkat pedesaan untuk berusaha di bidang mekanisasi pertanian, meningkatnya mekanisasi pertanian akan menciptakan potensi dalam kemampuan meningkatkan produksi pertanian, dan memberikan keringanan atau subsidi dalam hal pajak pembelian, mengembangkan alat dan mesin pertanian di pedesaan-pedesaan yang potensi pertaniannya besar. Selanjutnya, disampaikan bahwa terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam mengembangkan dan diseminasi mekanisasi pertanian, antara lain: (1) Pengadaan alsintan dengan rekayasa prototipe alat yang sesuai dengan kondisi daerah dan terjangkau harga jualnya, (2) Pada tingkat pedesaan perlu dilakukan kemitraan antarpengrajin pembuat alat dan mesin pertanian dengan petani pemakai alat. Prototipe yang tepat dan penggunaan materi yang ringan, akan membantu keberhasilan adopsi alat pertanian di lahan rawa yang memiliki kecenderungan lumpur dalam.

## ASPEK SOSIAL-EKONOMI PERTANIAN PADI LAHAN RAWA

Pengembangan lahan rawa untuk pertanian dihadapkan pada masalah fisik, kimia, dan biologi lahan. Selain hal tersebut, terdapat pula masalah sosial-ekonomi seperti tingkat pengetahuan dan keterampilan petani yang rendah, sarana dan prasarana yang kurang mendukung, serta keterbatasan modal petani yang menyebabkan produktivitas lahan dan pendapatan petani rendah (Herman dan Rina 2017). Untuk meningkatkan produktivitas lahan dan pendapatan petani diperlukan adopsi inovasi teknologi yang memadai. Namun, tidak jarang terjadi stagnasi tingkat teknologi yang diterapkan petani sehingga diperlukan adanya percepatan tingkat adopsi inovasi teknologi. Akselerasi adopsi inovasi teknologi dapat disebabkan beberapa hal antara lain efektif atau tidak efektifnya cara penyebaran informasi teknologi, jarak tempat tinggal petani dari sumber informasi, tingkat pendidikan/pengetahuan petani, motivasi, keterlibatan dalam organisasi, komunikasi interpersonal, kebijakan pemerintah, peran tokoh informal dan tokoh agama serta faktor lingkungan strategis (Adri dan Endrizal 2015). Hal tersebut menunjukkan bahwa usaha diseminasi teknologi agar diadopsi petani merupakan hal yang kompleks dan membutuhkan kerja sama multisektoral.

Musyafak dan Ibrahim (2005) mengemukakan bahwa inovasi teknologi mempunyai tiga komponen, yaitu a) ide atau gagasan, b) metode atau praktik, dan c) produk (barang dan jasa). Untuk dapat disebut inovasi ketiga komponen tersebut harus mempunyai sifat “baru”. Sifat baru tersebut tidak selalu berasal dari hasil penelitian mutakhir. Hasil penelitian yang telah lalu pun disebut inovasi jika diberikan kepada petani yang belum pernah mengenal sebelumnya. Hal yang penting ditekankan di sini adalah hilirisasi inovasi. Tanpa penerapan oleh petani, hasil penelitian mutakhir tidak akan berguna bagi masyarakat luas.

## Aspek Sosial Pertanian di Lahan Rawa

### Karakteristik petani

Sumber daya yang dimiliki petani merupakan salah satu pertimbangan dalam mengambil keputusan untuk melaksanakan suatu usahatani. Sumber daya tersebut meliputi tingkat pendidikan, kepemilikan lahan, ketersediaan tenaga kerja dan keterampilan yang dimiliki (Herman dan Rina 2017). Kelangkaan/ketersediaan tenaga kerja di daerah rawa baik pasang-surut maupun lebak menjadi salah satu faktor permasalahan yang dihadapi petani. Untuk mengatasi hal tersebut peran mekanisasi yang sesuai kebutuhan lahan akan sangat membantu dalam proses produksi. Namun demikian, ada beberapa kendala yang dihadapi dalam pengembangan alat dan mesin pertanian (alsintan) di lahan rawa, antara lain tingginya harga alsintan, terbatasnya modal/fasilitas kredit pengadaan alsintan, di samping kepemilikan lahan yang sempit (Umar dkk. 2017). Selanjutnya dikemukakan pula bahwa dari segi kelembagaan masalah yang dihadapi dalam pengembangan alsintan adalah: a) lemahnya dukungan eksternal seperti langkanya kelembagaan sosial/ekonomi di pedesaan yang dapat menunjang pengembangan alsintan seperti penjual alsintan, bengkel alsintan, lembaga perkreditan, koperasi kelompok tani dan penyuluh alsintan, kelembagaan jasa sewa alsintan, b) belum/tidak tersedianya fasilitas bengkel di lokasi, c) pengadaan alsintan dihadapkan pada ketidaktersediaan kredit dari dealer. Menurut Herman dan Rina (2017), bahwa pendidikan masyarakat di lahan rawa lebak rata-rata 6,68 tahun sedangkan di lahan rawa pasang-surut rata-rata 7,53 tahun sehingga rata-rata pendidikan masyarakat di lahan rawa adalah 7,10 tahun seperti terlihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Karakteristik petani lahan rawa pasang-surut dan rawa lebak, Kalimantan Selatan 2010

No	Karakteristik Petani	Rawa Pasang-surut	Rawa Lebak	Rata-rata
1	Umur (tahun)	46,20	42,74	45,34
2	Pendidikan (tahun)	7,53	6,68	7,10
3	Pengalaman bertani (tahun)	20,95	18,48	19,21
4	Jumlah anggota kel (orang)	3,95	3,87	3,91
5	Luas pemilikan lahan (ha)	2,63	0,97	1,75

Sumber: Herman dan Rina (2017)

Dari Tabel di atas terlihat bahwa pendidikan petani lahan rawa telah lulus SD (kelas 1 SLTP), sedangkan mulai bertani sejak usia sekitar 26 tahun. Dilihat dari pemilikan lahan, bahwa pemilikan lahan petani rawa lebak lebih sempit dibandingkan dengan kepemilikan lahan petani pasang-surut. Hal ini menggambarkan sebagai salah satu pencari kesejahteraan petani. Sejalan dengan hasil penelitian Ruskandar dkk. (2019) di daerah Sumatera Selatan (Kabupaten Ogan Ilir dan Banyuasin), bahwa usia responden di daerah Lebak rata-rata berusia 43,2 tahun sedangkan di daerah pasang-surut rata-rata berusia 44,3 tahun. Dari segi pemilikan lahan tampaknya petani di Kalimantan Selatan luas pemilikannya lebih luas dibandingkan dengan petani di Sumatera Selatan dengan rata-rata pemilikan 1,3 ha.

## Penguatan kelembagaan

Untuk mendukung lancarnya pelaksanaan kegiatan usahatani yang berorientasi agribisnis diperlukan partisipasi pelaku dan dukungan kelembagaan. Menurut Syahyuti (2003) kelembagaan pertanian terdiri atas lima kelompok, yakni (1) kelembagaan sarana produksi, (2) kelembagaan produksi, (3) kelembagaan pengolahan hasil, (4) kelembagaan pemasaran, dan (5) kelembagaan pendukung berupa kelembagaan permodalan dan penyuluhan. Kelembagaan petani agribisnis di lahan rawa pasang-surut perlu penguatan melalui

pengembangan antara lain kelompok tani mandiri, P3A, koperasi, penyedia sarana produksi, pemasaran hasil, jasa pelayanan alsintan dan perbengkelan, serta kelembagaan keuangan pedesaan.

Aspek pemasaran merupakan salah satu hal yang paling penting dalam menjalankan suatu usaha komersial. Sistem pemasaran yang efisien memerlukan: (1) bantuan modal (dalam bentuk pinjaman) yang cukup untuk memperbesar volume usahanya, (2) pemasaran secara kelompok diperlukan untuk meningkatkan daya tawar petani, dan (3) pengolahan hasil untuk meningkatnya nilai tambah. Kinerja penyuluh juga dapat ditingkatkan melalui: (1) kunjungan penyuluh ke kelompok tani secara terjadwal dan kontinu, (2) peningkatan ilmu pengetahuan dan teknologi inovasi lahan rawa, (3) pembuatan demplot oleh penyuluh, (4) dukungan kelengkapan sarana dan prasarana yang mencukupi, (5) penambahan jumlah penyuluh sesuai luas wilayah binaan, dan (6) peningkatan kesejahteraan penyuluh (Susilawati dkk. 2016)

Dalam mengoptimalkan dan memanfaatkan lahan pasang-surut dihadapkan kepada masalah dan kendala utama, meliputi aspek biofisik lahan dan aspek sosial-ekonomi. Masalah dan kendala biofisik lahan antara lain: tekstur tanah yang liat pada tanah mineralnya sehingga berat dalam pengolahan tanah, dan struktur atau kematangan pada tanah gambut, kemasaman tanah yang bersumber dari lapisan pirit, asam-asam organik, status hara atau ketersediaan hara rendah. Tingkat kemasaman tanah pasang-surut tinggi ( $\text{pH} < 4$ ), kandungan besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) cukup tinggi dan lapisan pirit yang dangkal. Sehubungan dengan hal tersebut, maka dalam mengelola lahan pasang-surut harus diketahui sifat dan karakteristiknya yang khas tersebut, karena jika salah kelola akan berakibat fatal dan memerlukan biaya dan waktu yang lama untuk memperbaikinya.

Masalah dan kendala aspek sosial-ekonomi, meliputi nilai tukar produksi yang relatif rendah, modal atau investasi petani terbatas, dan sarana produksi yang ketersediaannya, baik kuantitas maupun kualitas belum

tepat. Sementara masalah teknis yang dihadapi dalam pengelolaan pertanian di lahan rawa pasang-surut meliputi: manajemen tata air dan lahan (pengelolaan air, penataan lahan, penyiapan lahan dan pengolahan tanah yang memerlukan mekanisasi), ameliorasi dan pemupukan yang cukup, penanaman, panen dan pascapanen yang memerlukan alsintan, tingkat pendidikan petani yang relatif rendah, umur petani rata-rata cukup tua (>45 tahun), bersifat tradisional dan masih sangat kental dengan adat istiadat yang kurang mendukung kepada efisiensi seperti masih menggunakan varietas lokal berdaya hasil rendah berumur panjang, penyiapan lahan dan pengolahan tanah dengan tangan (tajak/cangkul) orientasi pertanian subsisten (Suwanda dan Noor 2014). Selanjutnya diungkapkan oleh Aminah dkk (2008) bahwa aspek sosial-ekonomi dan teknis lingkungan sangat berperan pada pengambilan keputusan petani dalam kegiatan usahatani.

## Adopsi varietas

Rina (2012) dalam Herman dan Rina (2017), mengungkapkan bahwa keberhasilan adopsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: 1) urgensi teknologi terhadap kebutuhan petani, 2) peluang keberhasilan panen, 3) permodalan petani, 4) kecukupan tenaga kerja, 5) kualitas kelembagaan pelayanan pertanian (kelompok tani, KUD, penyuluh, pemasaran), 6) kemudahan memperoleh *input*, 7) dukungan dan perhatian pejabat pemerintah setempat, 8) sistem pemasaran hasil. Varietas mempunyai peran dalam peningkatan produksi. Beberapa varietas yang umum ditanam responden di daerah Banyuwangi antara lain Ciherang, Mekongga, Inpari 29, IR42, Ragas, Inpara 2, Inpara 8, Ciliwung. Alasan pemilihan varietas antara lain produksi tinggi (78 %), umur pendek (77%), tahan hama penyakit (56%) (Ruskandar dkk. 2019). Di daerah Kalimantan Selatan varietas yang umum ditanam petani antara lain Ciherang, Mekongga, Margasari. Dari kedua daerah tersebut (Kalimantan Selatan dan Sumatera Selatan), tampaknya varietas Ciherang dan Mekongga menjadi pilihan petani.

## Aspek Ekonomi Lahan Rawa

Pada tahun 2018, Widyantoro telah melakukan penelitian tentang usahatani lahan rawa pasang-surut pada petak *demfarm* di daerah Sumatera Selatan. Dari hasil penelitian tersebut, besaran biaya upah mencapai sekitar 69%, sedangkan sisanya (31%) pengeluaran untuk sarana seperti terlihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Analisis usahatani *demfarm* padi rawa pasang-surut di Desa Sukaraja, Kecamatan Tungkal Ilir, Banyuasin (November 2018)

No	Uraian Kegiatan	Petani <i>demfarm</i> (n = 33)			Petani non- <i>demfarm</i> (n = 15)		
		Satuan/ha	Rp/ satuan	Jumlah Rp/ha	Satuan/ ha	Rp/ satuan	Jumlah Rp/ha
A	Biaya sarana produksi						
1	Benih padi	40 kg	10.000	400.000	62 kg	10.000	620.000
2	Pupuk urea	200 kg	1.800	360.000	168 kg	1.800	302.400
3	Pupuk NPK	150 kg	2.400	360.000	256 kg	2.000	512.000
4	Pupuk KCL	50 kg	9.000	450.000	98 kg	9.000	882.000
5	Pupuk hayati/Biotara	25 kg	30.000	750.000	-	-	-
6	Kaptan	500 kg	750	375.000	225 kg	750	168.750
7	Herbisida	-	-	180.000	-	-	360.000
8	Insek-Fungi-Rodent	-	-	480.000	-	-	630.000
Jumlah biaya bahan		-	-	3.355.000	-	-	3.475.150
B	Biaya tenaga kerja						
1	Olah tanah: Traktor	-	-	1.200.000	-	-	1.200.000
2	Orang	4 HOK	80.000	320.000	4 HOK	80.000	320.000
3	Tanam	1 HOK	80.000	80.000	2 HOK	80.000	160.000
4	Pemupukan	4 HOK	80.000	320.000	4 HOK	80.000	320.000
5	Penyiangan	16 HOK	80.000	1.280.000	18 HOK	80.000	1.440.000
6	Penyemprotan	8 HOK	80.000	640.000	8 HOK	80.000	640.000
7	Panen	-	-	3.739.800	-	-	3.146.400
Jumlah biaya tenaga kerja		-	-	7.579.800	-	-	7.226.400

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

**Tabel 9.** Analisis usahatani demfarm padi rawa pasang-surut di Desa Sukaraja, Kecamatan Tungkal Ilir, Banyuasin. November 2018 (lanjutan)

No	Uraian Kegiatan	Petani <i>demfarm</i> (n = 33)			Petani <i>non-demfarm</i> (n = 15)		
		Satuan/ha	Rp/ satuan	Jumlah Rp/ha	Satuan/ ha	Rp/ satuan	Jumlah Rp/ha
C	Total biaya	-	-	10.934.800	-	-	10.701.550
D	Penerimaan kotor	5.420 kg	4.600	24.932.000	4.560 kg	4.600	20.976.000
E	Pendapatan bersih	-	-	13.997.200	-	-	10.274.450
	B/C rasio	-	-	1,28	-	-	0,96

Sumber: Widyantoro et al. (2018)

## STRATEGI KEBIJAKAN PENGELOLAN LAHAN

### Pengelolaan Lahan dan Manajemen Budidaya

Penurunan produktivitas akibat perubahan iklim merupakan korelasi dari perubahan suhu dan curah hujan (Ruminta et al. 2018). Peningkatan suhu akan memberikan dampak terhadap kegagalan perkembangan tanaman, ledakan hama dan penyakit, dan penurunan kemampuan tanah memegang air. Berdasarkan kajian Ruminta et al. (2018) dan Salampessy et al. (2018) menyatakan bahwa strategi pengelolaan lahan dan manajemen budidaya bergantung pada kemampuan sumber daya manusia pertanian dalam mengantisipasi, menanggulangi, mempertahankan dan menyelamatkan diri dari fenomena perubahan iklim itu sendiri yang dinilai dari analisis dari karakteristik lahan, karakteristik sosial-ekonomi SDM yang bersangkutan, serta fasilitas infrastruktur yang ada. Perubahan pola pengelolaan budidaya padi petani perlu diarahkan menuju pola budidaya rendah emisi dengan pergiliran



varietas, pemanfaatan suplemen irigasi, pergeseran pola tanam, perbaikan cara budidaya (metode gogo rancah karena keterbatasan air), dan mekanisasi (Hafif 2014). Najmuddin (2014) mengingatkan pula bahwa mengembalikan biomassa ke tanah dalam bentuk pupuk organik dapat meningkatkan suplai hara jangka panjang, peningkatan kemampuan tanah mengikat air, dan secara langsung dapat mengurangi kadar CO<sub>2</sub> di udara. Ditambahkan pula oleh Wakhid dan Syahbuddin (2013) bahwa alat bantu penentuan waktu tanam dan pola tanam yang tepat berdasarkan tiga kondisi iklim (kering, normal dan basah) telah disusun spesifik untuk lahan rawa lebak sehingga dapat meningkatkan peluang peningkatan indeks pertanaman dari satu menjadi dua kali tanam dalam setahun. Santoso (2005) dan Setyanto (2008) juga menjabarkan empat komponen wajib dalam upaya mitigasi pada kegiatan budidaya yaitu: pengelolaan air melalui irigasi berselang, pengelolaan hara pemilihan varietas rendah emisi, dan perbaikan teknik budidaya lainnya seperti aplikasi herbisida spesifik dengan bahan aktif paraquat dan glifosat. Di samping itu, hal fundamental yang perlu digalakkan kembali adalah sekolah lapang iklim untuk para petani dan penyuluh sehingga adanya peningkatan kapasitas SDM untuk mampu mengidentifikasi dan mengantisipasi kondisi iklim aktual kaitannya dengan aktivitas usaha taninya dan program konservasi serta reboisasi lingkungan (Najmuddin 2014; Maftu'ah et al. 2016).

## Kebijakan Pengelolaan Lahan

Teknologi budidaya di lahan rawa sangat beragam, namun teknologi tersebut kurang berkembang karena diperkenalkan secara satu per satu dan berpotensi terjadinya *miss-deliver* teknologi tersebut kepada petani secara luas. Oleh karena itu, pemilahan teknologi dan menyatukannya menjadi satu kesatuan paket teknologi budidaya menjadi salah satu terobosan penting yang harus dilakukan untuk memudahkan *delivery* teknologi baru kepada *stakeholder*, termasuk di dalamnya petani sebagai pelaku budidaya.

Diseminasi varietas unggul dan teknologi lainnya perlu terus dilakukan tidak hanya bagi petani, tetapi juga perlu dilakukan kepada para pelaku pasar lainnya seperti tengkulak, penangkar, penggilingan beras dan sebagainya. Dengan demikian, teknologi yang dikenalkan sekaligus menghubungkan antara petani dan *stakeholder* lainnya dapat tetap dilakukan agar petani mau dan menerima teknologi tersebut. Sehingga produksi dan pendapatan akan meningkat. Kelembagaan (kelompok tani, jasa alsintan, permodalan, kredit, pelatihan) yang masih minim mengakibatkan petani kurang berdaya, sehingga perlu adanya campur tangan aparat dalam pembentukan kelembagaan dimaksud. Harga alsintan yang mahal mengakibatkan petani tidak mampu untuk membeli secara tunai. Untuk mengatasinya, diperlukan adanya fasilitas kredit untuk pengadaan alsintan atau jika perlu diberikan bantuan alsintan.

Dari sisi kebijakan, optimalisasi produktivitas padi di lahan-lahan suboptimal terus dititikberatkan pada perbaikan infrastruktur dan bantuan sarana, yang menjadi lebih penting untuk dilakukan dibandingkan memberikan bantuan berupa loan, benih, pupuk dan sebagainya, yang dinilai justru memanjakan petani sehingga sangat bergantung pada berbagai bantuan. Petani yang tidak mandiri, menyebabkan daya saing yang rendah, rentan secara sosial dan budaya. Pendampingan dan bantuan berupa infrastruktur dan fasilitas mekanisasi dirasa lebih tepat sasaran karena dapat digunakan pada suatu kawasan, tidak hanya perorangan. Secara teknis, masih banyak masalah yang dihadapi dalam pengelolaan lahan rawa. Namun demikian sudah banyak juga hasil-hasil penelitian untuk peningkatan produksi padi di lahan rawa. Agar informasi teknologi tersebut dapat sampai di petani, maka peran penyuluh menjadi dominan, karena mereka yang mengetahui kondisi lingkungan sekitar.

## PENUTUP

Teknologi budidaya di lahan rawa sangat beragam, namun teknologi tersebut kurang berkembang karena diperkenalkan secara satu per satu dan berpotensi terjadinya *miss-deliver* teknologi tersebut kepada petani secara luas. Oleh karena itu, pemilahan teknologi dan menyatukannya menjadi satu kesatuan paket teknologi budidaya, RAISA sebagai contoh, menjadi salah satu terobosan penting yang harus dilakukan untuk memudahkan *delivery* teknologi baru kepada *stakeholder*, termasuk di dalamnya petani sebagai pelaku budidaya. Diseminasi varietas unggul dan teknologi lainnya perlu terus dilakukan tidak hanya bagi petani, tetapi juga perlu dilakukan kepada para pelaku pasar lainnya seperti tengkulak, penangkar, penggilingan beras dan sebagainya. Dengan demikian, teknologi yang dikenalkan sekaligus menghubungkan antara petani dan *stakeholder* lainnya. Agar petani tetap mau menerima teknologi tersebut, sehingga produksi dan pendapatan akan meningkat. Kelembagaan (kelompok tani, jasa alsintan, permodalan, kredit, pelatihan) yang masih minim mengakibatkan petani kurang berdaya sehingga perlu adanya campur tangan aparat dalam pembentukan kelembagaan dimaksud. Harga alsintan yang mahal mengakibatkan petani tidak mampu untuk membeli secara tunai. Untuk mengatasinya diperlukan adanya fasilitas kredit untuk pengadaan alsintan atau jika perlu diberikan bantuan alsintan. Dari sisi kebijakan, optimalisasi produktivitas padi di lahan-lahan suboptimal terus dititikberatkan pada perbaikan infrastruktur dan bantuan sarana yang menjadi lebih penting untuk dilakukan dibandingkan memberikan bantuan berupa loan, benih, pupuk dan sebagainya, yang dinilai justru memanjakan petani sehingga sangat bergantung pada berbagai bantuan. Petani yang tidak mandiri, menyebabkan daya saing yang rendah, rentan secara sosial dan budaya. Pendampingan dan bantuan berupa infrastruktur dan fasilitas mekanisasi dirasa lebih tepat sasaran karena dapat digunakan pada suatu kawasan, tidak hanya perorangan. Secara teknis, masih banyak masalah yang

dihadapi dalam pengelolaan lahan rawa. Namun demikian sudah banyak juga hasil-hasil penelitian untuk peningkatan produksi padi di lahan rawa. Agar informasi teknologi tersebut dapat sampai di petani, maka peran penyuluh menjadi dominan karena mereka yang mengetahui kondisi lingkungan sekitar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adri dan Endrizal. 2015. Tingkat adopsi petani terhadap varietas unggul baru padi di provinsi Jambi. Prosiding Seminar Nasional 2014 Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Badan Litbangtan. BUKU 2. Hal 875-884).
- Aminah S, E L Hastuti, dan Basuno E. 2008. Aspek sosial budaya dalam penyelenggaraan penyuluhan: Kasus petani di lahan marjinal. *Jurnal Transdisiplin sosiologi, komunikasi, dan ekologi manusia*. Desember 2008: hal 301-320
- Arsyad D M, B B Saidi, dan Enrizal. 2014. Pengembangan inovasi pertanian di lahan rawa pasang-surut mendukung kedaulatan pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 7(4): 169-176p
- Ar-Riza I, Rumanti I A, Alwi M. 2014. *Padi Lahan Rawa: Keunikan Sistem Budidaya dan Pengembangannya*. IAARD Press, Jakarta. 162p.
- Djamhari S. 2009. Kajian penerapan mekanisasi pertanian di lahan rawa lebak Desa Putak - Muara Enim. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. 11 (3): 157-161
- Hafif B. 2014. Dampak perubahan iklim terhadap pola pengelolaan lahan pertanian di Lampung. Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Barat: 1466-1470.

- Herman dan Rina. 2017. Karakteristik sosial-ekonomi petani di lahan rawa. *Dalam Agroekologi Rawa*. PT. RajaGrafiKa Persada-Depok. Hal. 565-629
- Irsal Las et al. 2018. Sinergi Sistem Penelitian dan Inovasi Pertanian Berkelanjutan. Heriawan R, Las I, Soedjana TD, Soeparno H. (Editor). IAARD Press, Jakarta. 178p.
- Kurniawan A. 2018. Penggunaan Alsintan Modern Dapat Tekan Kebakaran Lahan Rawa di Sumsel. <https://money.kompas.com/read/2019/09/02/103405526/penggunaan-alsintan-modern-dapat-tekan-kebakaran-lahan-rawa-di-sumsel?page=all> [1 Oktober 2019].
- Maftu'ah E, W Annisa, dan M Noor. 2016. Teknologi pengelolaan lahan rawa untuk tanaman pangan dan hortikultura dalam konteks adaptasi terhadap perubahan iklim. *Jurnal Sumber daya Lahan*. 10 (2): 103-114
- Musyafak A dan Ibrahim TM. 2005. Strategi dan percepatan adopsi dan difusi inovasi pertanian mendukung prima tani. *Analisis Kebijakan Pertanian*. 3(1): 20-37.
- Najamuddin M. 2014. Strategi mitigasi emisi gas metan pada budidaya padi sawah. *Jurnal Agribisnis*. 8 (2): 171 – 188.
- Noorginayuwati, A Rafieq, M Noor dan A Jumberi. 2007. Kearifan lokal dalam pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian di Kalimantan. Dalam Mukhlis et al. (eds.) *Kearifan Lokal Pertanian di Lahan Gambut*. BBSDLP, Bogor.
- Ruminta, Handoko, dan T 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.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

- Ruskandar A, Widyantoro, Septian D W Putra, A Rifki, dan Rumanti I A. 2019. Identifikasi tingkat adopsi varietas unggul baru padi di lahan rawa. Laporan tengah tahun 2019 (unpublish)
- Salampessy Y A, D P Lubis, I Amien, dan D Suhardjito. 2018. Menakar kapasitas adaptasi perubahan iklim petani padi sawah (kasus Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur). *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 16 (1): 25-34.
- Susilawati A, Nursyamsi D, dan Syakir M. 2016. Optimalisasi Penggunaan Lahan Rawa Pasang-surut Mendukung Swasembada Pangan Nasional. *Jurnal Sumber daya Lahan*. 10(1): 51-64
- Suwanda M H dan Noor M. 2014. Kebijakan Pemanfaatan Lahan Rawa Pasang-surut untuk Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. *Jurnal Sumber daya Lahan Edisi Khusus, Desember 2014*: 31-40
- Umar S, Alihamsyah T, dan Suprpto A. 2017. Dampak penggunaan alsintan terhadap pengelolaan lahan dan sosial-ekonomi petani di lahan pasang-surut. *Dalam Agroekologi Rawa*. PT Raja Grafiika persada Depok. Hal.371 – 408.
- Wakhid, Nur dan H Syahbuddin, 2013. Peta kalender tanam padi lahan rawa lebak di Kalimantan Selatan di tengah perubahan iklim global. *Jurnal Ilmiah Geomatika* 19(1): 32-39.
- Widyantoro, Ruskandar A, dan Agustian N. 2018. Analisis Komparasi pengelolaan Ushatani Padi Lahan Pasang-surut. Laporan akhir Tahun 2018. Balai Besar penelitian tanaman padi (unpublish)
- Wihardjaka A. 2018. Penerapan Model Pertanian Ramah Lingkungan sebagai Jaminan Perbaikan Kuantitas dan Kualitas Hasil Tanaman Pangan. *PANGAN* 27 (2): 155 – 164

# **KESIAPAN IMPLEMENTASI TEKNOLOGI PADI HIBRIDA MEMASUKI ERA INDUSTRI PERTANIAN 4.0 DI INDONESIA**

**Yuni Widyastuti, Nita Kartina, Bayu Pramono Wibowo,  
Satoto, Indrastuti A. Rumanti**

## **PENDAHULUAN**

Isu penting terkait pembangunan pertanian saat ini adalah masalah demografi, penurunan sumber daya alam, perubahan iklim global, dan kelangkaan pangan. Beberapa dekade yang akan datang, populasi dunia diperkirakan akan tumbuh sebesar 33%, menjadi hampir 10 miliar pada tahun 2050. Pertumbuhan populasi dunia akan meningkatkan kebutuhan akan pangan. Di sisi lain, menurunnya sumber daya alam ditandai dengan semakin luas lahan pertanian yang terdegradasi, sumber daya air terbatas, dan kesuburan tanah menurun. Permasalahan ini disebabkan oleh konversi lahan pertanian ke industri dan pengelolaan pertanian yang tidak berimbang sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan. Selain itu, sektor pertanian dianggap sebagai penyumbang utama efek gas rumah kaca yang secara tidak langsung mengurangi produktivitas melalui peningkatan curah hujan, frekuensi kekeringan, dan suhu ekstrem (FAO 2014). Kondisi ini apabila tidak diantisipasi akan menyebabkan kelangkaan pangan, tidak hanya di Indonesia tetapi juga tingkat dunia.

Konsumsi beras nasional pada 2017 mencapai angka 119 kg/kapita/tahun dengan jumlah penduduk sebanyak 255.708.000 jiwa. Sementara itu, produksi padi di Indonesia tahun 2017 mencapai 81.400.000 ton gabah kering giling (GKG) dengan luas panen sekitar 15.800.000 ha dan rata-rata hasil 5,32 ton/ha (BPS 2018). Permintaan akan beras setiap tahun meningkat. Ritung (2010) menyatakan bahwa permintaan beras di tahun 2010 sebesar 33.065 juta ton, dan pada tahun 2050 meningkat menjadi sebesar 48.182 juta ton atau meningkat sebesar 45%. Jumlah ini menjadi fokus utama dalam upaya peningkatan produktivitas padi nasional dalam rangka penyediaan pangan secara berkelanjutan.

Pertanian merupakan roda penggerak ekonomi nasional yang harus mengikuti perkembangan zaman. Karena pada dasarnya pembangunan pertanian adalah proses transformasi dan modernisasi, yaitu proses perubahan berbagai aspek di bidang pertanian. Perubahan tersebut tidak hanya berupa mekanisasi dan teknologi namun juga berhubungan dengan kelembagaan ekonomi dan sosial pertanian. Padi hibrida mewakili teknologi yang dapat menjembatani peneliti dan sektor swasta menghasilkan kolaborasi investasi yang menguntungkan secara ekonomi dan bermanfaat secara sosial. Padi hibrida dianggap sebagai salah satu teknologi yang dapat meningkatkan hasil padi, menumbuhkan perekonomian petani, dan merangsang investasi dari sektor swasta (Spielmen et al. 2013). Transformasi di era industri pertanian dari hulu sampai hilir harus semakin efektif dan efisien supaya teknologi ini dapat dimanfaatkan secara optimal.

Teknologi padi hibrida dapat digunakan sebagai alternatif peningkatan produktivitas padi nasional melalui pemanfaatan vigor hibrida yang merupakan fenomena heterosis. Benih padi hibrida berbeda dengan inbrida dari segi genetik, harga benih, dan status biji hasil panen turunan ( $F_2$ ) yang tidak dapat dibudidayakan kembali. Potensi hasil yang lebih tinggi dibanding padi inbrida, menjadi alasan utama pemanfaatan hibrida. Potensi hasil padi hibrida berfluktuatif, dengan kisaran standar heterosis antara 10–30% lebih tinggi dibanding varietas inbrida.



Tingkat adopsi petani terhadap padi hibrida di Indonesia tercatat masih di bawah lima persen. Beberapa penelitian menyampaikan bahwa faktor yang memengaruhi pengembangan padi hibrida di tingkat petani, antara lain: (1) Produktivitas varietas padi hibrida dan tingkat ketahanan terhadap penyakit yang bervariasi dan kualitas gabah serta beras belum sesuai preferensi petani; (2) Informasi kepada petani mengenai padi hibrida baik dari segi varietas hingga teknik budidaya yang optimal masih terbatas; (3) Jalur distribusi yang belum siap untuk menyerap teknologi padi hibrida dari produsen sampai ke petani (Firohmatillah dan Nurmalina 2012). Tulisan ini akan *me-review* mengenai kesiapan penerapan teknologi padi hibrida dalam memasuki era Industri Pertanian 4.0 ditinjau dari tiga aspek yaitu *invenisi/diskoveri* (perakitan varietas padi hibrida), *development* (regulasi dan dukungan kebijakan), dan *delivery* (pemanfaatan pada masyarakat luas).

## PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PADI HIBRIDA DUNIA

Penelitian padi hibrida di Tiongkok diinisiasi oleh Prof. Yuan Longping pada tahun 1964. Kesuksesan komersialisasi varietas padi hibrida di Tiongkok, menghasilkan revolusi produksi padi menjadi 5 ton ha<sup>-1</sup> pada tahun 1983, dan mencapai 6 ton ha<sup>-1</sup> pada tahun 1995 (Li dan Yuan 2009). Luas area padi hibrida mencapai 63,2% dari total area lahan padi. Yuan (2017) melaporkan bahwa program padi hibrida telah melalui empat fase, dari perakitan varietas padi hibrida dengan hasil 10,5 ton ha<sup>-1</sup> pada fase pertama hingga pada tahun 1996, Tiongkok sukses mengkomersialisasikan teknologi padi hibrida sistem dua galur melalui metode PGMS (*photoperiod genic male sterile*) dan TGMS (*thermo-sensitive genic male sterile*) mendapatkan varietas dengan hasil gabah 13-14 ton ha<sup>-1</sup> (Cheng et al. 2014). Dominansi Tiongkok terhadap teknologi semakin kokoh dengan tercapainya padi hibrida super dengan hasil 15 ton ha<sup>-1</sup> pada fase keempat.

Perkembangan teknologi padi hibrida di Tiongkok yang semakin meningkat ini, belum diimbangi oleh negara-negara di Asia lainnya. Berbagai tantangan teknis, kegagalan pasar, dan kebijakan pemerintah yang kurang mendukung, menjadi kendala pengembangan padi hibrida di luar Tiongkok. Tahun 1979, *International Rice Research Institute* (IRRI) memulai program penelitian padi hibrida dengan tujuan mengembangkan padi hibrida untuk daerah tropis. Selain itu, FAO juga memperluas dukungannya untuk penyebaran teknologi padi hibrida di Asia melalui pertemuan konsultasi, pembangunan kapasitas dan bantuan teknis terkait perakitan, produksi benih, dan pengembangan padi hibrida. Sejumlah negara di luar Tiongkok mulai mengadopsi teknologi ini dari tahap penelitian hingga komersialisasi antara lain: Vietnam, India, dan Bangladesh, yang diikuti oleh Indonesia, Pakistan, Filipina, dan Myanmar. Secara umum, persentase luas penanaman padi hibrida terhadap total luas di masing-masing negara masih marjinal, berkisar dari di bawah 1 persen hingga 10% (Tabel 1).

Vietnam merupakan negara pertama yang melakukan penelitian padi hibrida setelah Tiongkok, dan diperkirakan akan mengikuti kisah sukses Tiongkok dalam pengembangan dan adopsi padi hibrida. Inisiasi penelitian padi hibrida di Vietnam dilakukan oleh *Institute of Agricultural Science* pada akhir tahun 1970. Pemerintah Vietnam memberikan perhatian lebih pada komoditas ini dengan meluncurkan program pengembangan padi hibrida pada tahun 1992. Sebelas ribu hektare lahan disiapkan untuk pertanaman padi hibrida. Seiring waktu persentase luas tanam padi hibrida di negara ini meningkat. Padi hibrida tumbuh subur, terutama di wilayah bagian utara. Pemerintah Vietnam memberikan dukungan terhadap program pengembangan padi hibrida dengan memberikan subsidi. Subsidi padi hibrida per hektare sebesar VND 4 juta atau setara dengan US\$250 di wilayah Delta, sedangkan subsidi di wilayah pegunungan sebesar VND 6 juta atau setara dengan US \$375. Di Vietnam, keunggulan padi hibrida dibanding inbrida sekitar

**Kesiapan Implementasi Teknologi Padi Hibrida  
Memasuki Era Industri Pertanian 4.0 di Indonesia**

20 persen. Kelebihan hasil (produktivitas) yang diberikan padi hibrida, mampu menutupi kenaikan biaya produksi, sebab harga beras padi hibrida lebih tinggi dibanding inbrida.

**Tabel 1.** Areal tanam padi hibrida terhadap total luas tanam padi di lima Negara di Asia, 2000-2010 (%)

Tahun	Negara					
	China	Bangladesh	India	Indonesia	Philippine	Vietnam
1992	45,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1993	41,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
1994	42,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
1995	43,3	0,0	0,1	0,0	0,0	1,1
1996	46,1	0,0	0,2	0,0	0,0	1,8
1997	47,7	0,0	0,3	0,0	0,0	2,6
1998	47,4	0,0	0,4	0,0	0,0	2,7
1999	44,0	0,0	0,4	0,0	0,0	3,0
2000	45,3	0,0	0,4	0,0	0,0	5,7
2001	49,6	0,0	0,4	0,0	0,3	6,4
2002	50,2	0,2	0,5	0,0	1,2	6,7
2003	49,4	0,3	0,7	0,0	3,3	8,1
2004	51,2	0,8	1,4	0,0	3,2	7,7
2005	51,4	1,9	1,8	0,0	4,6	9,0
2006	52,1	3,7	2,3	0,2	8,8	8,0
2007	50,3	9,5	2,5	2,4	4,7	8,5
2008	54,1	8,9	3,2	2,6	4,5	8,8
2009	52,1	7,5	3,7	5,2	4,3	9,4
2010	51,8	6,8	4,6	4,9	4,6	10,0

Sumber: Spielmen et al. (2012)

Penelitian dan pengembangan padi hibrida di Bangladesh dimulai tahun 1990. Pada tahap awal diinisiasi, capaian yang diperoleh hanya sedikit. Pada tahun 1996, terjadi peningkatan pencapaian penelitian padi hibrida melalui kolaborasi antara Bangladesh *Rice Research Institute* (BRRI) dengan *International Rice Research Institute* (IRRI). Dukungan lebih lanjut diberikan oleh Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa (FAO) melalui proyek Program Kerja Sama Teknis (TCP). Pemerintah mengidentifikasi penelitian padi hibrida sebagai area prioritas dan membentuk jaringan penelitian dan pengembangan nasional di seluruh negeri yang melibatkan organisasi sektor publik dan swasta serta LSM.

Di India, varietas padi hibrida yang telah dilepas memiliki kelebihan hasil 1,0-1,5 ton ha<sup>-1</sup> lebih tinggi dari varietas inbrida tertinggi. Luas area pertanaman padi hibrida di India mencapai 42,86 juta hektare (Jannaiah and Debdudd 2017). Tingkat adopsi di India yang masih relatif rendah disebabkan oleh kualitas gabah dan pasar yang kurang tersedia, keuntungan (profit) yang dirasakan kurang, ketahanan padi hibrida terhadap hama dan penyakit (Pandey dan Bhandari 2009), kurangnya pengetahuan mengenai teknik budidaya dan tingkat pendidikan petani, serta kemurnian benih yang rendah.

Penelitian padi hibrida di Filipina, dimulai pada tahun 1998 oleh Kementerian Pertanian Filipina dan PhilRice. Pemerintah Filipina mengharapkan kontribusi nyata dari program padi hibrida terhadap produktivitas padi nasional. Organisasi Pangan Perserikatan Bangsa-Bangsa (FAO) pada tahun 1998, memberikan proyek kerja sama teknis berjudul “Memperkuat Kapasitas Nasional Pengembangan dan Penggunaan Padi Hibrida” yang bertujuan untuk memperkuat kapasitas negara dalam mengembangkan dan adopsi teknologi padi hibrida untuk meningkatkan produktivitas. Dua varietas hibrida, yaitu Magat dan Mestizo, telah dirilis di negara ini. Pemerintah Filipina melalui PhilRice yang berkolaborasi dengan International Rice Research Institute (IRRI)

berupaya mengadakan pelatihan berbagai aspek teknologi padi hibrida mulai dari hulu sampai hilir yang melibatkan peneliti, penyuluh, pelaku industri perbenihan. Pemerintah berupaya membangun demonstrasi *farm* yang men-*display* teknologi padi hibrida di berbagai daerah sebagai upaya diseminasi (Malabanan et al. 2006), sejak tahun 2001 hingga 2004. Pemerintah Philipina telah membuat 2.618 area demonstrasi teknologi. Namun, masih banyak yang harus dilakukan agar padi hibrida menjadi teknologi kuat yang diadopsi dalam meningkatkan produktivitas padi nasional.

## KILAS BALIK TEKNOLOGI PADI HIBRIDA DI INDONESIA (TAHUN 2009 – 2019)

### Perakitan Tetua dan Varietas Padi Hibrida

Perakitan padi hibrida di Indonesia mengadopsi metode tiga galur, yang membutuhkan tiga galur tetua berbeda untuk mendapatkan  $F_1$  hibrida, yaitu galur mandul jantan (GMJ/*cytoplasmic male sterile*-CMS), galur pelestari (*maintainer*), dan galur pemulih kesuburan (*restorer*). Kegiatan pemuliaan padi hibrida di Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi) telah menghasilkan sejumlah galur tetua hibrida yang memiliki kemampuan daya gabung baik (Widyastuti et al. 2017a), tahan terhadap hawar daun bakteri, tahan terhadap wereng batang coklat, dan memiliki ketahanan terhadap tungro, begitu pula dengan perbaikan kualitas gabah GMJ dan kemampuan persilangan alami. Perakitan galur mandul jantan selain tipe *Wild Abortive* juga telah diinisiasi sebagai upaya untuk memperkaya keragaman dalam perakitan varietas padi hibrida (Widyastuti et al. 2016a; Rumanti et al. 2017). Salah satunya, perakitan GMJ dengan menggunakan sumber sitoplasma Kalinga dan Gambiaca (Widyastuti et al. 2017b). Upaya pemuliaan padi hibrida saat ini tidak hanya fokus untuk lahan sawah irigasi, namun sudah diinisiasi untuk mendapatkan galur-galur tetua yang toleran terhadap kekeringan

(Widyastuti et al. 2016b; Widyastuti et al. 2017c). Perbaikan galur-galur tetua padi hibrida ini dilakukan baik secara konvensional maupun bioteknologi melalui kultur anter (Dewi et al. 2011).

Capaian besar teknologi padi hibrida oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) di Indonesia dimulai pada tahun 2002 ditandai dengan dilepasnya varietas unggul hibrida (VUH) Maro dan Rokan. Selanjutnya, pelepasan hibrida varietas hibrida Hipa 3 dan Hipa 4 pada tahun 2004. Kedua varietas tersebut memiliki potensi hasil yang sebanding dengan varietas Maro dan Rokan, dengan tingkat ketahanan terhadap hama dan penyakit yang lebih baik. Pada tahun 2007 dilepas dua padi hibrida varietas Hipa 5 Ceva dan Hipa 6 Jete, yang memiliki potensi hasil setara dengan varietas hibrida terdahulu, tetapi lebih tahan terhadap hama dan penyakit. Pada tahun 2009 dilepas varietas Hipa 7 dan Hipa 8, yang memiliki potensi hasil cukup baik, tahan terhadap hama penyakit dan mutu gabahnya lebih baik. Varietas Hipa 8 merupakan varietas pertama yang dirakit menggunakan galur pemulih kesuburan asal Indonesia. Pada tahun 2010 dilepas enam varietas padi hibrida, dua di antaranya menggunakan GMJ nasional pertama, yaitu GMJ 6 dan 7. Perakitan padi hibrida di BB Padi pada tahun 2011 menghasilkan VUH agak tahan terhadap WBC, yaitu Hipa12 SBU, guna mengantisipasi fluktuasi populasi wereng batang cokelat (WBC) sebagai akibat perubahan iklim secara ekstrem. Satoto et al. (2016a) melaporkan bahwa varietas Hipa 18 dan Hipa 19 memiliki kemudahan untuk produksi benih dan ketahanannya terhadap hawar daun bakteri (HDB) serta WBC pada tahun 2019 berhasil dilepas Hipa 20 dan Hipa 21 dan potensi hasil tinggi, tahan WBC dan HDB dengan potensi produksi benih lebih dari 2 ton/ha. Berbagai pengujian menunjukkan bahwa padi hibrida di Indonesia memiliki keunggulan hasil gabah sebesar 10-25% lebih tinggi dibanding varietas padi unggul inbrida yang populer saat ini, seperti Ciherang, Mekongga, IR64 dan lain-lain (Kartina et al. 2016; Satoto et al. 2016a). Perbaikan dari segi potensi hasil, ketahanan terhadap hama dan penyakit serta kualitas gabah dan beras telah berhasil dilakukan oleh BB Padi yang tercermin dari varietas yang dihasilkan (Tabel 2).

**Kesiapan Implementasi Teknologi Padi Hibrida  
Memasuki Era Industri Pertanian 4.0 di Indonesia**

**Tabel 2.** Varietas unggul padi hibrida rakitan BB Padi, Balitbangtan periode 2002-2019

Nama VUH	SK Pelepasan varietas	Potensi hasil (ton ha <sup>-1</sup> )	Ketahanan terhadap hama & penyakit	Tekstur nasi
Maro	145/Kpts/TP.240/2/2002	8,9	Tidak memiliki ketahanan	Pulen
Rokan	146/Kpts/TP.240/2/2002	9,2	Tidak memiliki ketahanan	Pulen
HIPA 3	433/Kpts/LB.420/7/2004	11,7	Agak tahan WBC biotipe 2, Agak tahan HDB patotipe IV dan VIII, agak tahan tungro	Sedang
HIPA 4	434/Kpts/LB.420/7/2004	10,4	Agak tahan WBC biotipe 2, Agak tahan HDB patotipe IV dan VIII, Agak tahan tungro	Pera
HIPA 5 CEVA	71/Kpts/SR.120/2/2007	8,4	Tahan WBC biotipe 2, Agak tahan virus Tungro	Pulen, aromatik
HIPA 6 JETE	72/Kpts/SR.120/2/2007	10,6	Tidak memiliki ketahanan	Pulen
HIPA 7	2534/Kpts/SR.120/6/2009	11,4	Tahan virus Tungro	Pulen
HIPA8 PIONEER	2535/Kpts/SR.120/6/2009	10,4	Agak tahan HDB patotipe IV	Pulen, aromatik
HIPA 9	2557/kpts/SR.120/7/2010	10,4	Agak tahan HDB patotipe III	Pulen
HIPA 10	2558/Kpts/SR.120/7/2010	9,4	Agak tahan HDB patotipe III	Pulen
HIPA 11	2559/Kpts/SR.120/7/2010	10,6	Agak tahan HDB patotipe III	Pulen
HIPA12 SBU	2010/Kpts/SR.120/4/2011	10,5	Agak tahan WBC biotipe 2 dan 3, Agak tahan HDB patotipe III	Pulen
HIPA 13	2011/Kpts/SR.120/4/2011	10,5	Agak tahan WBC biotipe 2 , Agak tahan HDB patotipe III	Pulen
HIPA14 SBU	2012/Kpts/SR.120/4/2011	12,1	Agak tahan WBC biotipe, Agak tahan HDB patotipe III	Pulen
HIPA JATIM1	2007/Kpts/SR.120/4/2011	10,0	Tidak memiliki ketahanan	Pulen

**Tabel 2.** Varietas unggul padi hibrida rakitan BB Padi, Balitbangtan periode 2002 – 2019 (lanjutan)

Nama VUH	SK Pelepasan varietas	Potensi hasil (ton ha <sup>-1</sup> )	Ketahanan terhadap hama & penyakit	Tekstur nasi
HIPA JATIM2	2008/Kpts/SR.120/4/2011	10,9	Agak tahan HDB patotipe III	Pulen
HIPA JATIM3	2009/Kpts/SR.120/4/2011	10,7	Tidak memiliki ketahanan	Pulen
HIPA 18	4998/Kpts/SR.120/12/2013	10,3	Agak tahan WBC biotipe 1, Agak tahan HDB patotipe IV dan VIII, Tahan blas 073 dan 173 serta agak tahan blas 133.	Agak pulen, Aromatik
HIPA 19	4999/Kpts/SR.120/12/2013	10,1	Agak tahan WBC biotipe 1,2 dan 3, Tahan blas ras 033 dan agak tahan blas ras 073, 133 dan 173	Pulen
HIPA 20	Dalam proses SK Pelepasan Varietas	12,08	Agak tahan WBC biotipe 1, 2 dan 3 Tahan HDB patotipe IV dan VIII (vegetatif), Agak Tahan Blas ras 073, dan Potensi Produksi Benih F1 2.72 t/ha	Remah dan Pulen
HIPA 21	Dalam proses SK Pelepasan Varietas	11,11	Agak tahan WBC biotipe 1 Tahan HDB patotipe VIII (vegetatif), Agak Tahan Blas ras 073, dan potensi produksi benih F1 2,94 t/ha	Remah dan Pulen

Sumber: BB Padi (2019)



## Optimasi Teknologi Budidaya dan Produksi Benih F<sub>1</sub> Padi Hibrida

Penggunaan paket teknologi padi hibrida dengan pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) dilaporkan mampu meningkatkan hasil hingga 22,1% (Zaini dan Erythrina 2008). Padi hibrida yang memiliki citra buruk sebagai padi rakus pupuk, telah terbantahkan dari beberapa hasil penelitian. Suyamto et al. (2015) melaporkan bahwa padi hibrida memiliki efisiensi pemupukan lebih tinggi dibanding inbrida terutama terhadap kandungan nitrogen. Hal ini dipertegas dengan aplikasi rekomendasi pemupukan hara spesifik lokasi (PHSL) pada padi hibrida yang terbukti mampu menghemat penggunaan pupuk tanpa menurunkan hasil (Suyamto dan Saeri 2018).

Produksi benih F<sub>1</sub> padi hibrida merupakan komponen yang tidak terpisahkan dan sangat penting dalam pengembangan padi hibrida di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian mengenai produksi benih F<sub>1</sub> hibrida menjadi salah satu fokus utama di BB Padi. Berbagai paket teknologi yang terkait upaya peningkatan potensi produksi benih F<sub>1</sub> padi hibrida telah dilakukan antara lain, aplikasi GA<sub>3</sub> dan beberapa jenis larutan kimia terhadap bunga dan karakter morfologis tetua padi hibrida (Widyastuti et al. 2016c), identifikasi perbedaan waktu tanam tetua padi hibrida dan zat pengatur tumbuh (Wahyuni et al. 2013), optimasi rasio tanam tetua (Mulsanti et al. 2017), untuk produksi benih yang optimal. Pada tahun 2016-2018, melalui program Kerjasama dan Kemitraan Penelitian, Pengkajian, dan Pengembangan Pertanian (KP4S), peneliti BB Padi bekerja sama dengan Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP) telah melakukan penelitian mengenai pemetaan lokasi yang sesuai untuk produksi benih padi hibrida berdasarkan kondisi klimatologi, terutama komponen jenis tanah, didukung oleh budidaya yang efektif dan efisien, serta pemilihan wilayah yang tepat, diharapkan mampu meningkatkan benih yang dihasilkan.

## Aplikasi Bioteknologi pada Perakitan Padi Hibrida

Sistem pemuliaan konvensional memiliki kelemahan terkait lamanya waktu yang diperlukan untuk melakukan seleksi sampai mendapatkan galur murni yang akan digunakan sebagai material genetik bagi perakitan varietas unggul baru. Aplikasi bioteknologi merupakan salah satu cara untuk mempercepat proses di atas. Pada pemuliaan padi hibrida, telah dilakukan beberapa penelitian terkait hal ini. Dewi dan Purwoko (2012) berhasil mengidentifikasi tetua padi hibrida tahan hawar daun bakteri, dan toleran cekaman kekeringan menggunakan teknik kultur antera. Teknik mutasi guna meningkatkan keragaman genetik juga digunakan untuk membuat galur pemulih kesuburan melalui iradiasi biji GMJ menggunakan sinar gamma dosis 0,2 kGy (Sobrizal 2007). Penggunaan marka molekuler juga telah diterapkan untuk menguji kemurnian genetik tetua dan  $F_1$  padi hibrida (Mulsanti et al. 2013) serta mengidentifikasi gen pemulih kesuburan (Widyastuti et al. 2017d).

## Adopsi dan Lisensi Padi Hibrida

Berbagai kajian telah dilakukan oleh beberapa peneliti untuk mengetahui tingkat penerimaan teknologi padi hibrida di Indonesia. Satoto et al. (2017c) mengidentifikasi beberapa faktor yang memengaruhi pengembangan dan adopsi varietas padi hibrida antara lain, kualitas genetik padi hibrida, teknik budidaya tepat, informasi teknis di tingkat petani, kemitraan pemerintah dengan mitra swasta, dan dukungan kebijakan pemerintah. Tingkat pemahaman petani terhadap padi hibrida dari tahun ke tahun menunjukkan tren positif. Adnyana dan Wardana (2016), menyampaikan adanya peluang dalam menciptakan pasar. Hal ini dilihat dari respons produsen dan konsumen berdasar nilai WTA (*Willingness to Accept*) dan WTP (*Willingness to Pay*) dalam menerima teknologi padi hibrida. Konsumen bersedia membayar lebih mahal

**Kesiapan Implementasi Teknologi Padi Hibrida  
Memasuki Era Industri Pertanian 4.0 di Indonesia**

beras padi hibrida dan produsen bersedia membeli lebih mahal benih padi hibrida dibandingkan inbrida. Hal ini dipertegas dengan kondisi di lapangan bahwa produsen benih baik dari perusahaan nasional, BUMN, maupun multinasional yang berminat untuk mengembangkan padi hibrida di Indonesia masih cukup banyak.

Proses pemuliaan padi hibrida dari skala penelitian hingga pelepasan varietas unggul hibrida, memerlukan waktu yang cukup lama, investasi besar baik tenaga, pikiran, dan dana. Perlu mekanisme khusus untuk melindungi hak pemulia yang telah melakukan rangkaian perakitan varietas tersebut. Pemerintah Republik Indonesia telah mengundang UU No. 29 Tahun 2000 tentang Perlindungan Varietas Tanaman (PVT) yang tujuan utamanya untuk membangun pertanian melalui pembangunan industri perbenihan yang mampu membuat varietas unggul bermutu. Sejumlah varietas unggul padi hibrida telah mendapatkan hak PVT setelah melalui pengujian lapang BUSS (Beda, Unik, Stabil, dan Seragam). Adanya hak PVT ini diikuti dengan proses lisensi sebagai upaya komersialisasi padi hibrida dengan menggandeng mitra swasta. Lisensi merupakan perjanjian untuk memberikan hak milik ataupun hak istimewa kepada seseorang/perusahaan untuk melakukan produksi dan komersialisasi dalam jangka waktu tertentu. Pemberian lisensi difasilitasi oleh Badan Alih Teknologi Pertanian (BPATP). Dua belas varietas unggul hibrida telah dilisensikan ke mitra swasta sejak tahun 2006 sampai dengan 2019 dengan beragam respon dan durasi waktu hak lisensi tersebut (Tabel 3).

**Tabel 3.** Daftar varietas hibrida yang telah dilisensi oleh mitra swasta

Nama VUH	Sertifikat Hak PVT	Mitra Pelisensi
HIPA 5 CEVA	Tidak ada	Pemprov Jateng
HIPA 6 JETE	Tidak ada	Pemprov Jateng
HIPA 8 PIONEER	002021/PPVT/S/2013	PT Dupont Indonesia
HIPA 9	00252/PPVT/S/2014	PT Metahelix

**Tabel 3.** Daftar varietas hibrida yang telah dilisensi oleh mitra swasta (lanjutan)

<b>Nama VUH</b>	<b>Sertifikat Hak PVT</b>	<b>Mitra Pelisensi</b>
HIPA 10	00203/PPVT/S/2013	PT Petrokimia Gresik
HIPA 11	002988/PPVT/S/2014	PT Petrokimia Gresik
HIPA12 SBU	00299/PPVT/S/2014	PT Saprotan Benih Utama
HIPA14 SBU	00295/PPVT/S/2014	PT Saprotan Benih Utama
HIPA JATIM1	00253/PPVT/S/2014	Pemprov Jatim
HIPA JATIM2	00254/PPVT/S/2014	Pemprov Jatim
HIPA JATIM3	00255/PPVT/S/2014	Pemprov Jatim
HIPA 18	00391/PPVT/S/2017	PT Petrokimia Gresik
HIPA 19	00392/PPVT/S/2017	PT Pertani, PT Syang Hyang Seri

Sumber: Kerjasama BB Padi

Perjalanan penelitian padi hibrida mengerucut pada berbagai perbedaan yang terlihat mulai dari proses pemuliaan sampai dengan proses pengembangan dengan padi inbrida. Perbedaan ini menjadi poin penting untuk keberlanjutan teknologi padi hibrida berkembang di Indonesia (Tabel 4).

**Tabel 4.** Perbedaan padi hibrida dengan inbrida

<b>Keterangan</b>	<b>Padi hibrida</b>	<b>Padi inbrida</b>
Persilangan	Persilangan antara dua tetua yang berbeda	Galur murni
Konstruksi genotipe	Komposisi genetik heterozigot homogen. Tanaman lebih seragam (homogenos)	Komposisi genetik homozigot homogen. Ketidakseragaman lebih mungkin terjadi
Benih	Hasil Panen dari pertanaman sebelumnya jika ditanam lagi akan bersegregasi	Hasil Panen dari pertanaman sebelumnya jika ditanam lagi tidak bersegregasi
Cara penyerbukan	Produksi benih dihasilkan dari persilangan dua galur yang berbeda	Produksi benih dihasilkan penyerbukan sendiri

**Kesiapan Implementasi Teknologi Padi Hibrida  
Memasuki Era Industri Pertanian 4.0 di Indonesia**

**Tabel 4.** Perbedaan padi hibrida dengan inbrida (lanjutan)

Keterangan	Padi hibrida	Padi inbrida
Cara perbanyakan benih	Benih yang digunakan untuk pertanaman konsumsi berupa benih F <sub>1</sub>	Benih yang digunakan berupa benih turunan generasi lanjut (bukan F <sub>1</sub> )
Kemungkinan terjadi <i>inbreeding depression</i>	Tidak ada, vigor tanaman bertambah	Ada, sehingga dapat menurunkan vigor
Penggunaan mandul jantan sistem	Menggunakan galur mandul jantan	Tidak menggunakan
Efek heterosis (kelebihan dibanding tetua atau varietas inbrida)	Ada keunggulan yang disebabkan oleh fenomena heterosis	Tidak ada
Metode produksi benih	Kompleks, menggunakan tiga galur tetua	Sederhana, menggunakan varietas itu sendiri
Keberadaan produsen benih	Institusi penelitian, BUMN, mitra swasta dengan standar khusus	Instansi penelitian, BUMN, penangkar benih lokal, mitra swasta
Harga benih sebar per kg (Rp.)	>Rp 60.000 per kg	Rp 8.000 per kg
Penggunaan tenaga kerja	Pada industri benihnya lebih padat karya karena metode tiga galur	Produksi benih hanya menggunakan satu varietas yang sama

## TEKNOLOGI PADI HIBRIDA MENUJU PERTANIAN 4.0

Revolusi 4.0 di dunia industri telah mengubah kemampuan produksi berbagai bidang termasuk salah satunya pertanian. Revolusi industri 4.0 di sektor pertanian salah satunya bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pertanian secara lebih efektif dan efisien. Hal ini menyebabkan fokus pengembangan sektor pertanian masih berupa produk fisik. Padahal pertanian juga harus didukung oleh sumber daya manusia yang memiliki keahlian. Pada era 4.0 ini, sumber daya manusia

diharapkan memiliki kemampuan untuk mengembangkan pertanian dengan peralatan-peralatan berbasis digital demi memaksimalkan pekerjaan di bidang pertanian. Untuk mengetahui kesiapan teknologi padi hibrida menuju industri pertanian 4.0 maka pembahasan mengenai faktor-faktor kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman akan dibahas secara lengkap pada bagian ini. Pada akhirnya, diharapkan strategi yang optimal dapat disusun.

## **Kekuatan Teknologi Padi Hibrida Menuju Industri Pertanian 4.0**

Keunggulan potensi hasil berbasis fenomena heterosis memungkinkan padi hibrida memberikan hasil 20–30 persen lebih tinggi dibanding padi inbrida. Proses pemuliaan semakin berkembang dan target perakitan tidak hanya pada potensi hasil namun juga pada ketahanan terhadap hama dan penyakit utama serta kualitas gabah dan beras yang selama ini menjadi preferensi utama konsumen. Pemanfaatan plasma nutfah lokal dalam perakitan padi hibrida menghasilkan banyak galur tetua yang lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan di Indonesia. Penggunaan tetua dengan latar belakang genetik berbeda, memungkinkan perakitan padi hibrida untuk lahan-lahan suboptimal dengan kondisi cekaman abiotik yang beragam.

Apabila pada awal pengembangan padi hibrida, harga benih tinggi disebabkan oleh hasil produksi benih  $F_1$  rendah maka secara teknologi, tetua dengan daya gabung dan tingkat silang alami tinggi menyebabkan produksi benih  $F_1$  hibrida sudah dapat mencapai 2 ton ha<sup>-1</sup>. Pemetaan wilayah produksi benih yang sesuai klimatologi diharapkan turut mendukung terbentuknya industri perbenihan padi hibrida yang kuat dan tangguh. Inisiasi perakitan hibrida dengan sifat khusus dan adaptif di lingkungan suboptimal menjadi salah satu potensi pengembangan padi hibrida di luar ekosistem sawah irigasi. Teknologi padi hibrida dihasilkan

Balitbangtan ini, dapat dijadikan kekuatan untuk menuju industri pertanian 4.0. Tergabungnya Indonesia sebagai salah satu anggota *Hybrid Rice Development Consortium* juga menjadi salah satu kekuatan untuk berkiprah di dunia internasional dalam rangka pertukaran teknologi dan informasi.

## Kelemahan Teknologi Padi Hibrida

Varietas padi hibrida yang dilepas di Indonesia, hampir seluruhnya berbasis sumber sitoplasma *Wild Abortive* (WA). Keragaman sumber sitoplasma ini ditambah dengan penanaman secara monokultur pada lahan luas dan jangka waktu lama dikhawatirkan dapat mengakibatkan kerapuhan genetik dan rentan terhadap ledakan hama dan penyakit. Potensi, ketahanan terhadap hama dan penyakit, dan kualitas varietas hibrida berfluktuasi antara satu varietas dengan varietas lainnya. Penggunaan benih  $F_1$  hanya satu kali yang tidak seperti kebiasaan petani (menggunakan benih berulang) menjadi salah satu kelemahan dalam mengembangkan padi hibrida. Selain itu, proses produksi padi hibrida rumit dan memerlukan areal penanaman dengan syarat tumbuh tertentu terutama terkait klimatologi.

## Peluang Teknologi Padi Hibrida pada Industri Pertanian 4.0

Secara genetik, padi hibrida dapat ditingkatkan kualitasnya melalui berbagai teknologi baru seperti bioteknologi, pemanfaatan *marker assisted selection* untuk mendapatkan tetua sesuai kebutuhan, *rapid generation advance* (RGA) untuk mempercepat proses pemuliaan padi hibrida, penggunaan lingkungan terkontrol untuk memungkinkan penelitian padi hibrida sistem dua galur berbasis perbedaan suhu di wilayah tropis dan lain sebagainya.

Teknologi padi hibrida berpeluang menjadi bagian dari *smart farming*, di mana semua kontrol dan *monitoring* terhadap pertumbuhan tanaman dihubungkan secara IoT (*Internet of Things*) yang akan sangat mempermudah dalam pengelolaan budidaya mulai dari penyiraman, pemupukan, hingga pascapanen. Adanya pengembangan *digital agriculture* yang menjadi ciri khas pada modernisasi pertanian 4.0 memberikan peluang industri perbenihan padi hibrida untuk berkembang secara lebih baik melalui penggunaan teknologi dan mesin produksi. Ke depannya, identifikasi lokasi yang sesuai untuk produksi benih padi hibrida dapat dilakukan dengan aplikasi GPS.

Bonus demografi yang akan dialami oleh Indonesia, memberikan peluang bagi industri padi hibrida untuk merekrut generasi muda turut mengembangkan teknologi ini sesuai dengan karakter pertanian modern. Pembentukan jaringan pemasaran secara digital, kerja sama produksi hingga distribusi produk menjadi lebih efektif dan efisien melalui sistem ini.

## Ancaman terhadap Keberlangsungan Pengembangan Padi Hibrida

Jumlah lembaga yang melakukan penelitian dan pengembangan padi hibrida di Indonesia masih sangat terbatas. Sedikitnya jumlah sumber daya manusia yang terlibat dalam penelitian padi hibrida dapat menjadi ancaman keberlangsungan teknologi ini di Indonesia, begitupula dengan minimnya kolaborasi antara lembaga penelitian, industri benih, dan penyuluhan yang terlibat dalam pengembangan padi hibrida. Generasi muda yang tertarik membangun pertanian semakin berkurang, sehingga SDM handal dan aktif semakin terbatas. Perlu strategi khusus dalam sistem pertanian modern, agar kembali menarik para milenial. Mitra swasta yang masih mengandalkan hibrida introduksi, cenderung hanya melakukan komersialisasi di Indonesia tanpa disertai dengan pengawalan



dan bimbingan yang tepat pada petani akan menjadi ancaman berupa ketidakpercayaan masyarakat tani akibat satu VUH yang memiliki penampilan yang tidak bagus (anggapan semua hibrida sama).

## **INDUSTRI PERBENIHAN PADI HIBRIDA PINTU MASUK PENERAPAN PERTANIAN 4.0**

Perkembangan industri benih padi hibrida di Indonesia berjalan lambat. Sejak VUH Maro dan Rokan di lepas pada tahun 2002, BB Padi bekerja sama dengan PT Sang Hyang Sri untuk melakukan proses produksi benih. Pemain utama produksi benih padi hibrida di Indonesia sampai saat ini masih didominasi oleh perusahaan swasta dan BUMN. Namun demikian, tidak semua perusahaan swasta memiliki kemampuan dan sumber daya manusia yang cakap untuk mengembangkan padi hibrida. BPATP menerapkan standar yang cukup ketat untuk sebuah perusahaan swasta dan BUMN mendapatkan lisensi pengembangan padi hibrida rakitan BB Padi Balitbangtan.

Saat ini kendala yang dihadapi oleh industri benih di antaranya minat inovasi industri benih rendah diakibatkan inkonsistensi aturan, pengetahuan petani yang rendah dan keraguan akan benih bersertifikat, pemenuhan permintaan petani untuk penyediaan benih tepat varietas, mutu, jumlah dan tepat waktu. Pemerintah diharapkan terbuka pada inovasi teknologi, membangun kemandirian benih yang ramah investasi, serta memberikan perlindungan terhadap investasi perbenihan. Penggunaan benih unggul secara bebas dengan mutu yang baik dapat memotivasi pengguna petani dan memberikan peluang industri benih untuk berinvestasi dalam meningkatkan perannya. Berikut adalah hal-hal yang menjadi tantangan industri benih padi hibrida memasuki era pertanian 4.0:

1. Percepatan proses perakitan padi hibrida. Sebelum masuk pada tahap perbenihan  $F_1$  padi hibrida, maka perlu didorong upaya pemuliaan secara lebih cepat, tepat, efektif, dan efisien. Pemuliaan molekuler dan aplikasi bioteknologi sangat tepat untuk mendukung upaya ini. Berbagai metode seperti *moleculer assisted selection* (MAS) untuk mengidentifikasi galur-galur tetua yang memiliki daya gabung tinggi, *rapid generation advance* (RGA) untuk menyeleksi galur-galur tetua minim lahan dan durasi lebih pendek, penggunaan transgenik untuk perakitan galur tetua dengan karakter khusus seperti tahan herbisida, penggerak batang, efisiensi nitrogen, dan sebagainya.
2. Metode *grow out test* membutuhkan waktu yang lama karena harus melalui satu siklus tanaman. Sementara itu industri perbenihan memerlukan metode pengujian kemurnian benih yang cepat dan akurat, serta memiliki tingkat reproduibilitas yang tinggi. Pada industri benih modern, uji kemurnian benih lebih intens menggunakan bantuan marka molekuler (marka mikrosatelit atau marka *simple sequens repeat*) sehingga mempercepat informasi yang didapatkan.
3. Wilayah yang sesuai secara klimatologi untuk produksi benih padi hibrida sangat diperlukan untuk mengidentifikasi daerah yang tepat. Saat ini hal tersebut masih menggunakan peta kesesuaian lahan. Konsep *Big Data* pada industri 4.0 ini dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi suatu wilayah melalui satelit berdasarkan klimatologi yang dibutuhkan untuk produksi benih padi hibrida, sehingga dalam sekali klik dapat teridentifikasi kesesuaian lahan di suatu tempat.
4. Produksi benih  $F_1$  hibrida metode tiga galur memiliki kompleksitas dan kerumitan tinggi. Pada industri benih modern, peran digitalisasi pada mekanisasi pertanian sangat diperlukan. Mesin tanam

**Kesiapan Implementasi Teknologi Padi Hibrida  
Memasuki Era Industri Pertanian 4.0 di Indonesia**

dirancang untuk produksi benih hibrida yang memerlukan beberapa kali periode tanam. Bantuan penyerbukan yang selama ini masih menggunakan tali atau bamboo, dapat difasilitasi oleh sistem robotik yang canggih. Aplikasi hormon  $GA_3$  dapat memanfaatkan drone. Bahkan mesin pemanen pun didesain untuk dapat memisahkan proses panen dari galur *restorer* dan benih  $F_1$  hibrida secara lebih efektif dan efisien.

5. Pembentukan kawasan terintegrasi pengembangan padi hibrida. Harus diakui bahwa padi hibrida hanya berkembang di wilayah-wilayah tertentu. Dari sisi positif, padi hibrida dapat dikembangkan wacana pembentukan kawasan dengan luasan tertentu, baik bagi petani konsumsi  $F_1$  hibrida maupun petani plasma dari mitra swasta yang akan memproduksi benih  $F_1$  hibrida. Pertanian modern harus memiliki sinergitas tinggi sehingga dalam pembentukan kawasan ini semua institusi terkait baik dari lembaga pemerintah, universitas, maupun swasta harus intens terlibat di dalamnya.
6. Penggunaan teknologi informasi melalui *Internet of Things* untuk penyebaran informasi mengenai mulai dari pengenalan teknologi padi hibrida, varietas yang tersedia, anjuran teknik budidaya untuk mendapatkan potensi hasil terbaik, sampai dengan jangkauan distribusi dalam penjualan benih, semua dilakukan melalui aplikasi internet yang ramah pengguna untuk petani di Indonesia.

Keseluruhan poin di atas menjadi tantangan bagi seluruh pelaku produksi benih padi hibrida di Indonesia supaya industri perbenihan padi hibrida di era 4.0. Pelaku benih harus dapat memenuhi kriteria enam tepat, yaitu tepat jenis (varietas), tepat jumlah, tepat mutu, tepat waktu, tepat lokasi, dan tepat harga bisa terpenuhi.

## **STRATEGI PENGEMBANGAN PADI HIBRIDA DI ERA INDUSTRIAL**

Permasalahan dalam dunia pertanian, seperti perubahan iklim ekstrem, menurunnya sumber daya alam, tekanan populasi penduduk yang semakin besar yang dapat bermuara pada kelangkaan dan penyediaan pangan secara berkelanjutan, menjadi alasan utama konsep Pertanian 4.0 menjadi hal yang penting. Transformasi dari pertanian konvensional menuju modern, menawarkan peluang besar bagi pemerintah untuk mengambil posisi terdepan di era pertanian 4.0. Permasalahan utama pengembangan padi hibrida terkait tingkat adopsi petani yang masih rendah, menjadi prioritas untuk segera diselesaikan memasuki era pertanian modern. Oleh karena itu, beberapa strategi yang dapat dilakukan oleh pemerintah, mitra swasta, dan petani di Indonesia, antara lain :

### **Perbaikan Kualitas Varietas dan Potensi Hasil Padi Hibrida**

Potensi hasil lebih tinggi dibanding varietas inbrida dengan ketahanan terhadap hama dan penyakit utama padi, serta memiliki kualitas gabah dan beras yang sesuai dengan pilihan petani, menjadi poin utama untuk meningkatkan adopsi petani. Perakitan padi hibrida yang mampu beradaptasi pada lahan suboptimal dan perubahan iklim global dapat menjadi nilai tambah. Beberapa teknologi yang dapat ditempuh oleh para pemulia dan peneliti untuk mencapai tujuan antara lain: meningkatkan keragaman genetik sumber sitoplasma, hibrida intersubspesies, inisiasi metode dua galur dan aplikasi pemuliaan modern melalui bioteknologi. Proses pemuliaan ini harus dilakukan secara presisi dengan waktu yang lebih cepat.

## Perbaikan Sistem Produksi Benih F<sub>1</sub> Padi Hibrida

Hal yang dapat dilakukan dalam memperbaiki sistem produksi benih padi hibrida di antaranya: (1). Perlunya dilakukan penelitian secara intensif mengenai pengembangan teknologi produksi benih hibrida inovatif di tingkat nasional dan internasional, (2). Pemilihan galur tetua dengan tingkat persilangan alami tinggi dan sinkronisasi pembungaan antar galur tetua padi hibrida, (3). Identifikasi lahan dan musim yang sesuai untuk produksi benih, (4). Kemurnian genetik benih, (5). Perbaikan dalam pengelolaan teknologi benih mulai dari pengeringan benih, pemrosesan, penyimpanan, dan pengemasan benih, (6). Peningkatan kualitas SDM perbenihan, (7). Sertifikasi dan kualitas benih. Aspek yang dapat diperhatikan dalam mengembangkan sistem produksi benih padi hibrida ialah penerbitan prosedur teknis produksi benih padi hibrida, standar kualitas benih hibrida dan benih tetua, serta (8). Pemasaran dan promosi sesuai mekanisme undang-undang perbenihan.

## Optimalisasi Teknik Budidaya Padi Hibrida

Produktivitas padi hibrida tidak hanya tergantung pada potensi genetiknya tetapi juga teknik budidayanya. Perlu dilakukan integrasi teknik budidaya sesuai dengan prinsip *Agriculture Practices* yang dipromosikan oleh FAO di bawah panji *Save and Grow* dan *Climate Smart Agriculture* yang berfokus pada: (1). Peningkatan efisiensi manajemen nutrisi terintegrasi, (2). Pengelolaan hama terpadu (PHT) dan (3). Penerapan teknologi hemat air.

## Dukungan terhadap Petani dalam Adopsi Padi Hibrida

Perkembangan adopsi padi hibrida di Indonesia sampai saat ini masih rendah dan bahkan terjadi penurunan luas areal penanaman. Pada sentra produksi padi hibrida di pulau Jawa misalnya, tingkat adopsi padi hibrida tampak beragam. Berbagai penelitian berhasil mengidentifikasi faktor yang memengaruhi pengembangan padi hibrida di tingkat petani, di antaranya tingkat pendidikan petani yang masih rendah, harga jual gabah rendah akibat rendemen beras yang rendah dan kualitas gabah tidak sesuai standar, dan informasi teknis padi hibrida belum banyak menyentuh petani (Satoto et al. 2017). Dukungan pemerintah dan swasta kepada petani sangat penting sebagai langkah awal adopsi padi hibrida. Dukungan yang dapat diberikan, antara lain: (1) Subsidi harga dan kemudahan untuk mendapatkan benih; (2) Penyediaan kredit bagi petani kecil agar memiliki akses untuk mendapatkan sarana (*input*); (3) Pelatihan petani tentang teknik budi daya dan teknik produksi benih padi hibrida; (4) Bimbingan pada tingkat kelompok tani untuk pengembangan padi hibrida; (5) Informasi pasar dan perluasan pasar hasil padi hibrida; (6) Pengenalan skema asuransi bagi petani kecil yang menanam padi hibrida atau memproduksi benih padi hibrida, dan (7) Investasi untuk meningkatkan basis infrastruktur di tingkat masyarakat.

## Penguatan Transfer Teknologi Padi Hibrida

Sistem penyuluhan publik, baik dari pemerintah maupun swasta, yang dilakukan secara efektif memegang peran penting sebagai penguatan transfer teknologi padi hibrida. Penyuluhan di tingkat petani membantu mempercepat laju adopsi dan keberlanjutan di tingkat masyarakat. Metode penyuluhan yang dapat diterapkan pada padi hibrida, ialah pendekatan *Farmer Field School* (FFS) atau Sekolah Lapang Terpadu, di mana penyuluh secara khusus memberikan panduan teknik budi daya, bimbingan secara intensif bagi petani yang menanam padi hibrida.

Modernisasi rantai nilai industri padi hibrida dapat menarik lebih banyak petani muda agar terlibat dalam produksi padi hibrida atau bisnis benih padi hibrida. Pembentukan kawasan padi hibrida melalui model *Small Farmer Large Field*, diharapkan mampu meningkatkan adopsi padi hibrida secara lebih terarah.

## **Dukungan terhadap Kemitraan Pemerintah-Swasta**

Kerjasama pemerintah dan swasta (PPP = *public-private partnership*) berperan penting dalam mendukung pengembangan padi hibrida di Indonesia. Pemerintah memiliki peran penting dalam penelitian ilmiah, pengkajian, dan pelatihan serta menyediakan dasar pengembangan industri padi hibrida, sedangkan sektor swasta terutama melakukan produksi dan distribusi benih hibrida. Pemerintah dituntut menyediakan lingkungan yang menarik agar pihak swasta bersedia berinvestasi pada industri benih hibrida. Beberapa dukungan yang dapat diberikan pemerintah terhadap swasta untuk meningkatkan produksi benih hibrida adalah sebagai berikut: (a) Penyediaan plasma nutfah (galur-galur tetua hibrida) yang dikembangkan oleh lembaga-lembaga publik untuk menghasilkan benih berdasarkan perjanjian MoU, (b) Fasilitasi peruntukan lahan milik negara berupa kebun benih dalam jangka panjang untuk produksi benih, (c) Investasi infrastruktur, termasuk prasarana irigasi dan transportasi pada wilayah yang diperuntukkan khusus produksi benih, (d) Penguatan organisasi kelembagaan petani sebagai mitra penangkar benih hibrida berbasis masyarakat (konsep Plasma dan Inti), (e) Pembentukan skema asuransi untuk petani mitra penangkar benih, dan (f) Pengurangan pajak bagi perusahaan benih, (g) Transfer teknologi padi hibrida melalui sistem penyuluhan yang kuat, (g) Dukungan kelembagaan dan mekanisme hukum untuk menciptakan lingkungan yang menguntungkan bagi sektor swasta agar terlibat pada industri padi hibrida, (h) Perlindungan varietas tanaman (PVT) dan

peraturan internasional lainnya seperti Internasional (UPOV), dan (i) Pembentukan zona produksi benih khusus atau investasi infrastruktur manajemen pascapanen.

## Kerjasama Nasional dan Internasional

Tersedianya platform nasional sebagai mekanisme untuk mensinergikan para pemangku kepentingan, yaitu pihak pemerintah, swasta, lembaga swadaya masyarakat, masyarakat lokal dan petani. Di tingkat internasional, tersedianya *platform* internasional yang merumuskan mekanisme penelitian dan pengembangan padi hibrida untuk semua jejaring, misal Konsorsium padi hibrida Internasional (HDRC) yang diprakarsai oleh IRRI. Lembaga internasional, seperti FAO, IRRI, APSA, dan ISF bekerja sama dengan ASEAN dan SAARC yang mensponsori dialog regional mengenai harmonisasi dan standardisasi prosedur teknis pengembangan padi hibrida, termasuk di antaranya pengujian varietas, pelepasan varietas komersial, sanitasi, fitosanitasi dan karantina tumbuhan untuk benih hibrida.

## PERCEPATAN INVENSI MENUJU INOVASI

Rangkaian kegiatan penelitian senantiasa bermuara pada invensi dan inovasi. Menurut Branscomb dan Auersald (2002), invensi (penemuan) merupakan hasil kreasi manusia yang belum pernah ada sebelumnya yang ditemukan berdasarkan ide, perspektif, dan teknologi sehingga dihasilkan produk atau proses yang benar-benar baru dan memicu perubahan, sedangkan inovasi didefinisikan sebagai proses berpikir kreatif tentang sesuatu yang sudah ada. Suatu invensi menjadi inovasi ketika penemuan tersebut banyak diterapkan dan digunakan di masyarakat. Inovasi dianggap berhasil saat suatu invensi bermanfaat dari berbagai sudut pandang teknis, sosial dan ekonomi (Jacobsen et al. 2011).



**Kesiapan Implementasi Teknologi Padi Hibrida  
Memasuki Era Industri Pertanian 4.0 di Indonesia**

Beberapa dekade yang lalu, revolusi hijau ditandai oleh struktur inovasi bersifat terbuka. Inovasi tidak dilindungi oleh Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dan dapat dimanfaatkan dengan mudah oleh semua orang. Teknologi padi hibrida merupakan contoh dari inovasi linier di mana temuan ilmiah ditransfer ke pasar melalui proses penelitian dasar - (universitas), strategis - (lembaga penelitian), penelitian terapan - (lembaga terapan), baru ke pasar terbuka. Inovasi berupa padi hibrida ini menunjukkan bahwa hak pemulia tanaman telah menjadi faktor yang berhasil untuk merangsang penemuan baru. Teknologi padi hibrida memiliki kemampuan untuk melindungi benihnya secara alami karena ketidakmungkinan menggunakan kembali benih  $F_1$  nya. Hal ini merupakan salah satu penyebab industri perbenihan baik tanaman pangan ataupun sayur-sayuran berkembang pesat.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian melalui Balai Alih Teknologi Pertanian (BPATP) telah memberikan wadah bagi inovasi hasil penelitian untuk dapat didistribusikan ke masyarakat luas sehingga menjadi teknologi inovatif yang berdampak besar. Secara jelas, BPATP telah menyediakan alur kerangka alur alih teknologi dari proses inovasi menuju inovasi (Gambar 1). Alih teknologi secara komersial merupakan alur yang paling tepat untuk padi hibrida bertransformasi dari sebuah inovasi menjadi teknologi inovatif.



**Gambar 1.** Alur proses dari inovasi menjadi inovasi

Sumber: BPATP

Salah satu ciri pertanian modern 4.0 adalah cepatnya proses suatu invensi menuju teknologi inovatif yang dapat diserap dan mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Terdapat tantangan yang besar dalam mentransformasikan teknologi seperti padi hibrida menjadi faktor produksi yang relevan secara ekonomi secara efektif dan efisien. Untuk mempermudah mengatasi tantangan ini, perlu adanya pemahaman yang lebih baik mengenai faktor-faktor pembentuk teknologi, seperti pengetahuan ilmiah, teknis, material genetik, hingga sistem produksi benih padi hibrida. Kerangka konseptual ST&I (*Science, Technology, and Innovation*) yang dijabarkan Spielmen et al. (2013) secara lebih jelas menerjemahkan ilmu ke dalam teknologi yang layak dan, pada akhirnya, ke dalam produk komersial yang dapat dimanfaatkan oleh konsumen.

Kerangka kerja ini menggambarkan proses penemuan (*Discovery*), pengembangan (*Development*), dan pengiriman (*Delivery*) sebagai proses menghasilkan teknologi inovatif sampai dengan diseminasi. Penemuan menjelaskan investasi, kolaborasi, dan strategi manajemen risiko yang terkait dengan ilmu pengetahuan dan teknis dalam mencari inovasi terbaru. Pengembangan menjelaskan terjemahan sains ke dalam teknologi dan peluang pasar, hambatan, regulasi, dan kendala lain yang terkait dengan proses ini. Pengiriman mengacu pada adopsi dan penggunaan teknologi melalui berbagai saluran distribusi pasar dan non-pasar yang dipengaruhi oleh perilaku ekonomi individu, perusahaan, dan pemerintah.

Tabel 5 merangkum tiga tahap ini transformasi teknologi terkait investasi, kolaborasi, dan strategi manajemen risiko yang dapat diambil oleh para inovator dan penentu kebijakan untuk mendukung percepatan sebuah invensi menjadi inovasi. Gambaran ini dapat diaplikasikan dalam pengembangan teknologi padi hibrida.

**Kesiapan Implementasi Teknologi Padi Hibrida  
Memasuki Era Industri Pertanian 4.0 di Indonesia**

**Tabel 5.** Tahapan dan strategi dalam kerangka konseptual ST&I.

Tahapan	Produk <i>Discovery</i>	Produk <i>Development</i>	Produk <i>Delivery</i>
Fungsi	Penelitian dasar dan pengetahuan	Penelitian terapan dan adaptif; pengenalan produk	Pemasaran produk dan distribusi
Strategi investasi	Identifikasi penelitian yang relevan; identifikasi strategi teknis penelitian	Transformasi penelitian ke produk komersial; Mengembangkan sistem produksi dan model bisnis untuk komersialisasi	Mengembangkan strategi pemasaran dan sistem distribusi
Strategi kolaborasi	Identifikasi jaringan dan kerjasama kemitraan; Mendapatkan hak kekayaan intelektual untuk melengkapi lisensi dan prioritas kerja sama	Identifikasi dan jalur pengembangan jaringan produk dan kemitraan	Mengatur produksi baik secara internal maupun eksternal; identifikasi mitra pemasaran dan strategi bermitra
Strategi manajemen risiko	Identifikasi isu regulasi yang berkaitan dengan penelitian	Identifikasi risiko pasar yang berhubungan dengan produk; Mengidentifikasi keamanan lingkungan, hayati dan regulasi lainnya	Mengatur produksi dan keamanan produk; risiko pasar, identifikasi struktur industri dan konsentrasi masalah-masalah; Memastikan adanya perlindungan hak kekayaan intelektual dan sistem bisnis yang terpadu

Kebijakan pemerintah untuk mempercepat sebuah invensi yang dihasilkan dari proses penelitian menjadi teknologi inovatif yang diadopsi secara komersial dalam skala besar, harus mempertimbangkan dua hal, yaitu penemuan teknologi (dalam hal ini teknologi padi padi) dan komersialisasi teknologi (benih hibrida). Kelemahan di salah satu dari dua komponen ini atau di kedua komponen tentu membatasi tingkat adopsi teknologi padi hibrida. Oleh karena itu, pilihan kebijakan harus difokuskan pada peningkatan kekuatan nasional dalam skala penelitian dan komersialisasi teknologi padi hibrida. Oleh karena itu, hal-hal yang dapat dilakukan untuk melakukan percepatan dari invensi menuju inovasi memasuki era industri pertanian 4.0, antara lain:

*Pertama*, peningkatan investasi di bidang penelitian, pengembangan, dan penyuluhan mengenai teknologi padi hibrida. Pemerintah diharapkan membangun kapasitas sumber daya manusia dan infrakstruktur yang dapat memfasilitasi penelitian perakitan padi hibrida secara lebih cepat dan tepat. Penelitian padi hibrida semakin difokuskan pada multidisiplin melibatkan semua aspek yang terlibat dari genetika sampai dengan sosial-ekonomi. Pendanaan terhadap penelitian yang terkait dengan bioteknologi untuk mempercepat dan meningkatkan ketepatan dalam proses perakitan padi hibrida, agar dapat menjadi prioritas. Pada bidang pengembangan, kerja sama penelitian dan promosi dengan mitra swasta dalam bentuk yang lebih sederhana dan terarah. Pada bidang penyuluhan, penyampaian informasi mengenai padi hibrida harus dilakukan secara efektif dan efisien tanpa memerlukan rantai informasi yang terlalu panjang.

*Kedua*, pemerintah harus memberikan insentif bagi sektor swasta, khususnya untuk meningkatkan kemampuan dan efisiensi sistem produksi benih dan peningkatan pasokan benih hibrida dengan biaya terjangkau. Untuk itu, pilihan kebijakan antara lain: (1) Pertukaran plasma nutfah harus transparan dan jelas sehingga program pemuliaan di Indonesia dapat lebih meningkat karena adanya tetua-tetua baru yang memiliki keragaman genetik tinggi, (2) Penerapan peraturan hukum untuk menyederhanakan prosedur terutama terkait regulasi tentang impor atau ekspor galur tetua padi hibrida, dan (3) Perdagangan benih secara komersial, perlindungan Hak Kekayaan Intelektual (HaKI), dan perlindungan varietas tanaman (PVT), serta (4) Formulasi dan implementasi kemitraan pemerintah dengan swasta secara proaktif. Perlu dibentuknya konsorsium padi hibrida yang terdiri dari lembaga-lembaga yang memiliki fokus pada penelitian dan pengembangan padi hibrida, seperti universitas, institusi pemerintah, BUMN, dan sektor swasta.

*Ketiga*, kebijakan penyuluhan harus difokuskan pada peningkatan pemahaman masyarakat dan petani agar mereka lebih mudah menerima teknologi padi hibrida. Bonus demografi di Indonesia harus

dapat dimanfaatkan untuk menggaet petani generasi muda berperan aktif dalam pengembangan padi hibrida ini. Promosi secara proaktif dan intensif sangat diperlukan untuk percepatan transfer informasi mengenai padi hibrida ini. Selain itu, perlu juga upaya penyediaan kredit, pelatihan petani dan penangkar benih padi hibrida, transfer teknologi, asuransi tanaman, dan pemasaran produk, dukungan subsidi melalui benih, pupuk, atau *input* lainnya.

## PENUTUP

Teknologi padi hibrida merupakan salah satu pendekatan untuk peningkatan produktivitas padi. Berdasarkan sistem produksinya, pengembangan padi hibrida di Indonesia sangat prospektif mengingat unsur-unsur pengembangannya telah tersedia. Lima kunci utama untuk mendukung pengembangan padi hibrida yang pertama varietas yang cocok, kedua benih bermutu, ketiga teknologi budidaya yang tepat, keempat wilayah yang sesuai, dan yang kelima adalah kemampuan petani dalam mengadopsi dan menerapkan teknologi. Sampai tahun 2019, tingkat adopsi teknologi padi hibrida masih rendah ditunjukkan dengan persentase luas pertanaman padi hibrida di bawah angka lima persen dibanding luas tanam padi. Perlu usaha lebih intensif untuk meningkatkan adopsi padi hibrida. Beberapa pendekatan yang perlu dilakukan untuk upaya ini. Segi *discovery* berupa teknologi padi hibrida, upaya perakitan untuk padi hibrida potensi hasil 20-30% lebih tinggi dibanding padi inbrida terpopuler, memiliki ketahanan hama dan penyakit, memiliki kualitas gabah dan beras sesuai preferensi petani, serta mudah dalam produksi benih telah dilakukan oleh institusi pemerintah maupun mitra swasta. Dukungan kebijakan dalam hal penelitian dan sinergi kerja sama antar institusi dapat mempercepat perakitan padi hibrida di era pertanian 4.0 ini. Segi *development*, beberapa regulasi dan kebijakan yang telah ditetapkan oleh pemerintah untuk mendukung pengembangan padi hibrida namun demikian perlu

dikaji secara lebih mendalam mengenai penelitian terapan (pendukung teknologi padi hibrida), upaya komersialisasi dari hulu ke hilir, dari varietas yang telah dilepas sampai dengan industri perbenihan yang mandiri. Segi *delivery* harus lebih dilakukan secara efektif dan efisien, memanfaatkan teknologi modern internet untuk memasarkan produk, membentuk sistem terpadu untuk menjalankan bisnis pada industri benih padi hibrida ini. Teknologi padi hibrida masih menjanjikan baik untuk institusi penelitian pemerintah dan universitas, mitra swasta dan BUMN, penangkar benih, dan petani padi. Inovasi teknologi pertanian, sumberdaya manusia dan teknologi informasi pada era pertanian 4.0 diharapkan dapat meningkatkan pemanfaatan teknologi ini untuk mendukung swasembada padi nasional yang berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana M O dan P Wardana. 2016. Willingness to accept dan willingness to pay petani dan konsumen terhadap padi hibrida di sentra produksi Jawa Timur. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 35 (1) :53-62.
- Branscomb L M and P E Auerswald. 2002. Between invention and innovation: an analysis of funding for early-stage technology development. Economic Assessment Office. Advanced Technology Program. National Institute of Standards and Technology, 1–138. [http://:www. Atp.nist.gov](http://www.Atp.nist.gov).
- Cheng S H, Cao Li Y, Yang S H, and Zhai, H Q. 2014. Forty Years' Development of Hybrid Rice: China's Experience. Rice Science 11(5-6): 225–230.
- Dewi I S, I A Rumanti, B S Purwoko, dan T S Kadir. 2011. Karakter agronomi dan ketahanan beberapa galur pelestari dihaploid terhadap hawar daun bakteri. Buletin Plasma Nutfah. 17(2): 88-95.

**Kesiapan Implementasi Teknologi Padi Hibrida  
Memasuki Era Industri Pertanian 4.0 di Indonesia**

- Dewi I S dan B S Purwoko. 2012. Kultur antera untuk percepatan perakitan varietas padi di Indonesia. *Jurnal Agro Biogen*. 8(2):78-88.
- Firohmatillah A R dan R Nurmalina. 2012. Pengembangan padi varietas unggul hibrida: pendekatan metode *quality function development* dan *sensitivity price analysis*. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*. 13 (1) : 29-45.
- Jacobsen E, P J Beers, and A E H Fisher. 2011. Inventions for future sustainable development in agriculture. Latesteijn H.C.V, K. Andeweg (eds.). *The Trans Forum Model: transforming agro innovation toward sustainable development*, DOI 10.1007/978-90-481-9781-1\_2, © Springer Science Business Media B.V.
- Janaiah A and B Debdutt. 2017. The Rice seed system in India: structure, performance and challenges *in* Mohanty S, P.G. Chengappa, Mruthyunjaya, J.K. Ladha, S. Baruah, E. Kannan, A.V. Manjunatha. (eds.). *The Future Rice Strategy in India*. pp 360-82. London: Elsevier Press.
- Kartina N, B P Wibowo, Y Widyastuti, I A Rumanti, dan Satoto. 2016. Korelasi dan sidik lintas karakter agronomi padi hibrida. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 21(2): 76-83.
- Li J, Y Xin and L P Yuan. 2009. Hybrid rice technology development. *Ensuring China's Food Security. 2020 Vision Initiative*.
- Malabanan F M, M I Ahmed, and M H Howlader. 2006. Process and challenges of hybrid rice dissemination in national programs: Philippines, India, and Bangladesh. *Proceeding Of The Regional Workshop For The Development And Dissemination Of Hybrid Rice Technology*. Pp 13-19.
- Mulsanti I W, M Surahman, S Wahyuni, dan DW. Utami. 2013. Identifikasi galur tetua padi hibrida dengan marka SSR spesifik dan pemanfaatannya dalam uji kemurnian benih. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 32 (1): 1-8.

- Mulsanti I W, Y Widyastuti, and Satoto. 2017. Pengujian  $GA_3$  dan rasio tanam tetua terhadap produksi benih hibrida Hipa 14 melalui rancangan petak terbagi. *Jurnal Informatika Pertanian*. 26 (1): 49-56.
- Pandey S and H Bhandari. 2009. Economics of hybrid rice in tropical Asia: major issues and opportunities *in*: Xie F, B Hardy. *Accelerating hybrid rice development* (eds.). IRRI, Los Banos, Philippines.
- Ritung S. 2010. Lahan sawah dan kecukupan produksi bahan pangan. *Jurnal Sumber Daya Lahan*. 4 (1): 27-38.
- Rumanti I A, B S Purwoko, I S Dewi, H Aswidinnoor, and Widyastuti Y. 2017. Combining ability for yield and agronomic traits in hybrid rice derived from wild abortive, gambiaca and kalinga cytoplasmic male sterile lines. *SABRAO Journal Breeding Genetic*. 49: 69-75.
- Satoto, I A Rumanti, and Y Widyastuti. 2016a. Yield stability of new hybrid rice across locations. *Agrivita Journal of Agricultural Science*. 38 (1): 33-39.
- Satoto, Y Widyastuti, N Kartina, dan B P Wibowo. 2016b. Analisis adopsi pengembangan padi hibrida di Indonesia. *Iptek Tanaman Pangan*. 12 (1): 1-8.
- Sobrizal. 2007. Mutasi pada beberapa kandidat galur mutan pemulih kesuburan tanaman padi. *Buletin Agronomi*. 35 (2) : 75-80.
- Spielman D J, D Kolady, P Ward, H A Rashid, and K Gulati. 2012. Public expenditures, private incentives, and technology adoption - the economics of hybrid rice in South Asia. Discussion papers 01233, IFPRI, Washington, DC.
- Spielman D J, D E Kolady and P S Ward. 2013. The prospects for hybrid rice in India. *Food Security*. 5 : 651-665.



- Suyamto, dan M Saeri. 2018. Evaluasi rekomendasi pemupukan hara spesifik lokasi pada padi sawah di Jawa Timur. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 2 (1) : 1-8.
- 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.
- Wahyuni S, T Rustiati, and Y Widyastuti. 2013. Pengaruh perbedaan waktu tanam tetua padi hibrida dan aplikasi zat pengatur tumbuh terhadap hasil benih  $F_1$  Hipa 8. *Agrotrop*. 3 (2): 57-66.
- et Widyastuti Y, B S Purwoko, M Yunus. 2016b. Identifikasi toleransi kekeringan tetua padi hibrida pada fase perkecambahan menggunakan polietilen glikol (PEG) 6000. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 44 (3): 235 – 241.
- Widyastuti Y, S Wahyuni, I A Mulsanti. 2016c. Pengaruh GA3 dan beberapa jenis larutan kimia terhadap bunga dan karakter morfologis tetua padi hibrida. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Indonesia*. 21 (3): 153–158.
- Widyastuti Y, N Kartina, I A Rumanti, and Satoto. 2017a. Prediction of combining ability and heterosis in the selected parents and hybrids in rice (*Oryza Sativa* L). *Jurnal Informatika Pertanian*. 26 (1): 31-40.
- Widyastuti Y, B S Purwoko, M Yunus, N Kartina, B P Wibowo, I A Rumanti, dan Satoto. 2017b. Heterosis  $F_1$  hibrida dan daya gabung tiga tipe sitoplasma mandul jantan pada padi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 1(3): 173-181.
- Widyastuti Y, B S Purwoko, dan I S Dewi. 2017c. Combining ability studies using line \* tester analysis fo germination traits in hybrid rice under stress conditions. *Sabrao Journal Breeding Genetic*. 49 (3) : 237-247.

- Widyastuti Y, M Yunus, B S Purwoko, dan Satoto. 2017d. Diversity and capability analyses of fertility restorer genes of cytoplasmic male sterile rice lines using SSR. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. 18 (2): 43–50.
- Yuan. 2017. Progress in super hybrid rice breeding. *The Crop Journal*. 5: 100-102.
- Zaini Z dan Erythrina. 2008. Pengembangan padi hibrida dengan pendekatan PTT dan penanda padi. *Iptek Tanaman Pangan*. 3 (2): 156-166.

# KESELARASAN DALAM MEMBANGUN PERTANIAN INOVATIF PADI RAMAH LINGKUNGAN

Wasito

## PENDAHULUAN

Pertanian ramah lingkungan menurut Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) adalah sistem pertanian yang mampu meningkatkan produksi dan mampu melestarikan daya dukung sumber daya alam dan lingkungan agar laju kenaikan produktivitas dan produksi berkelanjutan (Kementerian Pertanian 2013, 2014). Penggunaan masukan-masukan eksternal dalam sistem produksi pertanian ramah lingkungan harus memerhatikan produktivitas dan lingkungan, juga kesehatan para masyarakatnya. Beberapa kebijakan melalui program sistem pertanian dan teknologi ramah lingkungan di Indonesia, termasuk konsep pertanian organik dan pengelolaan tanaman terpadu (PTT) padi, dan penanaman padi pola *System of Rice Intensification* (SRI). Sejak tahun 2001/2002 telah dikembangkan konsep *Integrated Crop and Resource Management* (ICM) atau lebih populer PTT dan Sistem Integrasi Padi Ternak (SIPT). Implementasi inovasi teknologi pertanian padi ramah lingkungan melalui program Sekolah Lapang Pengendalian Hama Terpadu (SLPHT), Sekolah Lapang PTT (SLPTT) dan diintroduksi pula SIPT. Tujuan inovasi ini untuk meningkatkan produksi padi dan

daging nasional serta pendapatan petani. Menurut Istiantoro et al. (2013), kesadaran akan produk organik juga telah memacu program pertanian organik melalui penanaman padi pola SRI, *Low External Input Sustainable Agriculture* (LEISA/LISA) dan Pertanian Input organik (IPO).

Guna mewujudkan pertanian padi ramah lingkungan, selaras dengan pertanian padi sehat, atau pertanian selaras dengan alam. Ketiganya berprinsip, yaitu suatu sistem budidaya pertanian sehat dengan masukan rendah yang akan menjamin keberlanjutan usaha pertanian, tetapi bukan sistem usahatani tradisional yang stagnan tanpa masukan input dari luar. Selain itu, menggunakan input luar secara arif berdasarkan pada produktivitas tinggi jangka panjang dengan pertimbangan sosio-ekonomi, budaya dan pemeliharaan sumber daya alam, serta lingkungan secara lestari. Kita perlu mengembangkan pola masukan rendah (*low input sustainable agriculture, LISA*) dengan penggunaan pupuk organik, pupuk hayati dan obat-obatan organik yang sehat dan ramah lingkungan. Artinya pertanian padi ramah lingkungan menciptakan padi sehat.

Analisis faktor-faktor sosial ekonomi sistem pertanian padi ramah lingkungan, reorientasi kebijakan pertanian mengarah pada pertanian berwawasan lingkungan serta pengelolaan lingkungan dalam Revitalisasi Pertanian di Indonesia telah ditelaah Istiantoro et al. (2013); Hermanto (2009); Las et al. (2006). Selain itu, hasil penelitian terkait usahatani padi sawah yang ramah lingkungan yang lebih menekankan aspek teknik budidaya, penanggulangan dampak negatif pertanian konvensional dan evaluasi tingkat penerapan teknologi pada program-program peningkatan produksi padi PTT, SLPTT, PHT, SLPHT, dan metode SRI melalui pengembangan padi organik merupakan implementasi pertanian ramah lingkungan (Saptana dan Ashari 2007, Hesti et al. 2014, Setiawan et al. 2012, Muhidin dan Leomo 2008, Pirngadi 2009, Herawati 2018).

Hal lain, menurut Setiawan (2012), perubahan perilaku petani dalam menerapkan sistem budidaya (padi ramah lingkungan), sebelum terjadi kegagalan dan kerugian perlu dilakukan perbaikan yang

lebih mengedepankan konsep alam dan berbasis kearifan lokal, melalui pemanfaatan dan pengelolaan alam dengan tetap menjaga kelestariannya, serta berorientasi produktivitas, stabilitas, pemerataan dan keberlanjutan, misal PTT padi, pertanian padi sehat, padi sistem SRI. Selain itu, perlu adanya kesadaran dari masyarakat untuk mengubah perilaku dan juga dukungan pemerintah sebagai pembuat kebijakan. Menurut Thamrin (2014), perilaku petani padi berwawasan lingkungan, analisis tren perilaku pemupukan, kecenderungan petani lebih banyak menggunakan pupuk organik dibandingkan dengan pupuk kimia. Untuk perilaku pengendalian hama penyakit padi, petani menggunakan dosis yang lebih rendah mempunyai tren yang meningkat, sedangkan dosis yang lebih besar relatif menurun, selaras pertanian presisi. Penulisan artikel ini bertujuan mendeskripsikan perlunya keselarasan dalam membangun pertanian padi ramah lingkungan dengan membangun karakter dan kapasitas petani untuk mewujudkan pertanian padi ramah lingkungan.

## **MEMBANGUN PERTANIAN INOVATIF PADI RAMAH LINGKUNGAN**

Pertanian modern pada pemerintahan Orde Baru telah terbukti secara meyakinkan mampu menyediakan bahan pangan bagi 250 juta jiwa penduduk Indonesia dengan luasan lahan yang sangat terbatas. Akan tetapi penerapan teknologi modern pada budidaya padi banyak dikritik sebagai teknologi yang tidak ramah lingkungan yang mengancam terhadap keberlanjutan produksi (IRRI 2004; Swaminathan 1997). Sistem pertanian inovatif padi ramah lingkungan, atau padi organik, padi semiorganik, padi sehat dapat menjamin keberlanjutan usaha pertanian mengingat sistem usaha ini mampu menjamin kelestarian kesuburan dan lingkungannya. Salah satu upaya dalam memelihara kesuburan tanah yaitu dengan penggunaan pupuk organik, yang mempunyai kelebihan tidak hanya meningkatkan kesuburan kimia tanah, namun juga

kesuburan fisik (struktur lebih baik), dan biologi tanah serta mengandung senyawa pengatur tumbuh. Penggunaan pupuk organik tidak sekedar mampu memperbaiki kesuburan saja, namun akan menyehatkan tanah, sehingga menjamin terhadap kesehatan tanaman dan hasilnya, serta akan menyehatkan manusia yang mengomsumsinya.

Dalam praktik penerapan sistem pertanian padi ramah lingkungan sekarang ini, masalah utama yang sering timbul di lapangan adalah sumber bahan organik yang dapat digunakan. Untuk itu kita harus mencari sumber bahan organik potensial setempat, yang tersedia dan mempunyai hara tinggi. Misalnya dari sisa dan kotoran hewan (pupuk kandang), sisa tanaman, pupuk hijau, sampah kota, limbah industri, dan kompos. Dalam praktik pertanian organik secara murni, pemupukan organik secara penuh memang sangatlah sulit karena jumlah unsur hara yang dikandung dalam bahan organik memang relatif rendah, sehingga memerlukan bahan yang relatif banyak. Oleh karena itu, selain pupuk organik, penggunaan pupuk anorganik masih dapat diberikan untuk memenuhi kebutuhan hara. Praktik penggunaan variasi pupuk organik dengan anorganik ini, sering kita sebut sebagai semiorganik.

### **Pertanian Padi Sehat**

Salah satu kunci terciptanya pertanian padi sehat adalah tersedianya tanah yang sehat, sehingga akan menghasilkan pangan sehat, yang pada gilirannya akan menghasilkan manusia yang sehat pula. Sementara tanah yang sehat adalah tanah subur dan produktif, yaitu yang mampu menyangga bagi pertumbuhan tanaman dan bebas dari berbagai pencemar. Untuk itu keberadaan bahan organik penting untuk penyediaan hara dan mempertahankan struktur tanah, selaras Tabel 1 di bawah ini dibandingkan tipe pertanian tradisional dan modern.

## Keselarasan dalam Membangun Pertanian Inovatif Padi Ramah Lingkungan

**Tabel 1.** Karakteristik tipe-tipe pertanian padi

Pertanian kuno	Pertanian tradisional	Pertanian modern	Pertanian sehat
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memungut hasil pertanian tanpa menanam</li> <li>• Bertanam di lahan sempit secara sederhana</li> <li>• Pertanian ladang berpindah-pindah</li> <li>a. Pindah tempat baru jika hasil tanaman sudah turun</li> <li>b. Kembali ke tempat semula setelah 7-10 putaran</li> <li>c. Inovasi teknologi masih sederhana</li> <li>d. Hasil bertani untuk keluarga (subsisten)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pertanian dengan sistem menetap</li> <li>• Olah tanah dengan tenaga manusia/ hewan</li> <li>• Menggunakan bibit jenis lokal</li> <li>• Memupuk dengan pupuk organik</li> <li>• Sistem pengairan tadah hujan</li> <li>• Mengendalikan hama penyakit secara manual</li> <li>• Nasi rasanya enak</li> <li>• Bibit dari hasil panen yang baik</li> <li>• Produktivitas padi rendah</li> <li>• Umur padi lama (<math>\pm</math> 6 bulan)</li> <li>• Bibit padi lokal rentan serangan hama &amp; penyakit tanaman (HPT)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Olah tanah secara mekanik (mesin): sewaan/ milik</li> <li>• Bibit unggul: VUB hasil persilangan buatan, selalu beli, butuh unsur hara tinggi</li> <li>• Umum menggunakan pupuk anorganik (pabrik)</li> <li>• Tanah sawah kekurangan bahan organik</li> <li>• Terjadi pencemaran tanah, air udara</li> <li>• Sistem pengairan: irigasi, tadah hujan + infrastruktur air</li> <li>• Pengendalian HPT secara rutin pakai pestisida buatan</li> <li>• Penggunaan hormon tumbuh, herbisida. Makhluk hidup bukan sasaran mati</li> <li>• Ada ledakan hama sekunder</li> <li>• Terjadi polusi pestisida ke tanah &amp; air</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan prinsip-prinsip ekologi – konservasi &amp; berkelanjutan</li> <li>• Terjadi penurunan penggunaan pupuk anorganik dan peningkatan pupuk organik</li> <li>• Menggunakan pestisida organik</li> <li>• Pengendalian HPT secara terpadu</li> </ul>

Sistem pertanian padi ramah lingkungan atau padi sehat dengan prinsip: (1) memproduksi bahan makanan yang berkualitas tinggi (bebas dari senyawa/polutan anorganik racun) dalam jumlah yang cukup, (2) memperbaiki dan mendukung siklus biologis dalam usaha tani padi dengan memanfaatkan mikrobia, flora dan fauna tanah, serta tumbuhan dan tanaman, (3) mengelola dan meningkatkan kelestarian kesuburan tanah, (4) meminimalkan segala bentuk kerusakan dan polusi dalam tanah, serta (5) memanfaatkan dan menghasilkan produk pertanian padi semiorganik atau organik yang mudah dirombak dari sumber yang dapat didaur ulang. Untuk mewujudkan pertanian padi sehat atau padi ramah lingkungan, selaras dengan alam, yaitu suatu sistem budidaya pertanian padi dengan masukan rendah yang akan menjamin keberlanjutan usaha pertanian padi. Selain itu, sistem pertanian ini bukan tanpa masukan *input* dari luar, melainkan dengan menggunakan *input* luar secara arif untuk produktivitas tinggi dan pemeliharaan sumber daya alam serta lingkungan secara lestari. Upaya-upaya strategis dalam menciptakan pertanian padi sehat ramah lingkungan dapat dilakukan antara lain melalui penerapan: (1) pola pertanian padi semiorganik atau organik ramah lingkungan dalam menjaga kesuburan tanah; dan (2) konsep pengendalian hama terpadu (Gambar 1).



**Gambar 1.** Upaya menciptakan padi sehat ramah lingkungan

(Sumber : Google diakses 16 – 09 – 2019)

## **Pertanian Padi Ramah Lingkungan**

Menurut Hendrawati (2001) pertanian ramah lingkungan merupakan sistem pertanian berkelanjutan yang bertujuan meningkatkan dan mempertahankan produktivitas tinggi dengan memperhatikan pasokan hara dari penggunaan bahan organik, minimalisasi ketergantungan



pada pupuk anorganik, perbaikan biota tanah, pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) berdasarkan kondisi ekologi, dan diversifikasi tanaman. Menurut Soemarno (2001) pertanian ramah lingkungan sebagai pertanian yang menerapkan teknologi serasi dengan lingkungan untuk optimasi pemanfaatan sumber daya alam dalam memperoleh produksi tinggi dan aman, serta menjaga kelestarian lingkungan dan sumber daya alam pertanian. Artinya definisi tersebut, pembangunan pertanian diarahkan pada pencapaian ketahanan pangan sekaligus juga memperhatikan keamanan pangan. Menurut Doran dan Parkin (1999) dalam Wihardjaka (2018), konsep pertanian ramah lingkungan bermuara pada kualitas tanah yang memengaruhi: (i) produktivitas tanah untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan aspek hayati lainnya; (ii) memperbaiki kualitas lingkungan dalam menetralisasi kontaminan-kontaminan dalam tanah dan produk pertanian; dan (iii) kesehatan manusia yang mengonsumsi produk pertanian.

Prinsip penggunaan pupuk dan pestisida anorganik secara besar-besaran, dikenal dengan istilah *High External Input Agriculture* (HEIA), yang dianut program intensifikasi produksi padi. HEIA merupakan prinsip inti dari revolusi hijau, memiliki ketergantungan pada *input* kimia, benih unggul dan sistem irigasi yang membutuhkan modal relatif besar. Namun, kenaikan produktivitas padi karena penerapan HEIA sayangnya tidak berkelanjutan. Saat revolusi hijau, penggunaan bahan organik secara berkepanjangan menyebabkan penurunan kandungan bahan organik di dalam tanah yang mengakibatkan kesuburan tanah berkurang. Untuk mengatasi sistem HEIA lahir konsep pertanian ramah lingkungan yang meminimalkan *input* anorganik, dan mengoptimalkan sumber daya organik yang tersedia di lingkungan sekitar yang bernama umum LEISA, perintisan dari pertanian konvensional ke pertanian organik.

Sistem pertanian padi organik sebagai pertanian masa depan, sistem pertanian terintegrasi yang belum banyak diadopsi petani-petani di Indonesia karena tingkat kompleksitas yang relatif tinggi. Integrasi tanaman padi dengan ternak (sapi, kambing, domba, ayam, itik)

diharapkan telah membentuk rantai ekosistem, yaitu pemanfaatan zat-zat makanan dan unsur hara secara tertutup. Sistem pertanian organik menghasilkan produk unggul, nilai tambah, keefisienan dan keamanan. Sistem ini memerlukan keterampilan secara teknis dan nonteknis atau *Standar Operasional Procedure (SOP)* inovasi teknologi yang terintegrasi. Selain itu, sistem ini sebagai salah satu bentuk agribisnis kreatif yang sesuai dengan karakteristik dan geografis Indonesia. Prinsip pertanian padi organik yaitu tidak menggunakan atau membatasi penggunaan pupuk anorganik, serta harus mampu menyediakan hara bagi tanaman dan mengendalikan hama dengan cara lain di luar cara anorganik. Perkembangan luasan lahan padi organik tidak menjamin pemenuhan terhadap permintaan masyarakat. Selain itu, luasan lahan yang bertambah luas tidak diimbangi dengan peningkatan sumber daya petani. Karena petani merasa kesulitan dalam hal budidaya pertanian padi organik, inilah yang menyebabkan produksi padi organik sulit untuk mengejar permintaan masyarakat. Pertanian padi sehat atau semiorganik menjadi alternatif pilihan lain bagi masyarakat, untuk memenuhi permintaan masyarakat akan produk-produk lebih sehat. Pertanian padi sehat dalam proses produksinya masih menggunakan bahan kimia, tetapi dalam jumlah yang lebih sedikit atau dalam kadar yang aman bagi manusia untuk dikonsumsi jangka panjang.

Padi sehat atau semiorganik merupakan suatu langkah awal untuk kembali ke sistem pertanian padi organik. Hal ini dikarenakan perubahan yang ekstrem dari pola pertanian modern yang mengandalkan pupuk kimia menjadi pola pertanian padi organik yang mengandalkan pupuk biomassa akan berakibat langsung oleh usahatani tersebut. Selain itu, penghapusan pestisida sebagai pengendali hama dan penyakit yang sulit dihilangkan karena tingginya ketergantungan mayoritas pelaku usaha terhadap pestisida. Padi sehat dengan prinsip sistem LEISA (Juniarwoko 2014), yaitu hasil produksi yang keluar dari sistem harus diimbangi dengan tambahan unsur hara yang dimasukkan ke dalam sistem tersebut dapat diterapkan pada padi sehat. Dengan model LEISA,

kekhawatiran penurunan produktivitas secara drastis dapat dihindari, sebab penggunaan *input* luar masih diperkenankan dan masih menjaga toleransi keseimbangan antara pemakaian *input* internal dan eksternal, misalnya penggunaan pupuk organik diimbangi dengan pupuk kimia. Sistem pertanian padi sehat (Ginting 2016, Suminta 2016), menjadi salah satu alternatif sistem pertanian yang memiliki sasaran pada aspek; (1) sistem usaha tani, (2) lingkungan, (3) inovasi dan teknologi pertanian, (4) sumber daya manusia, (5) organisasi dan kelembagaan. Sistem ini mengharapkan lingkungan kelembagaan petani memiliki peluang membentuk petani berkarakter wirausaha (*entrepreneur farmer*) dan memiliki kompetensi *skill* yang lebih baik. Keberadaan Gapoktan sangat memberikan pengaruh bagi kegiatan usahatani dan aktivitas kewirausahaan yang dilakukan. Gapoktan harus bekerja sama dengan kelembagaan lain (Koperasi, P3A, UPTG, UPJA, dan P3S) yang memberikan kemudahan bagi petani untuk mendapatkan akses pendanaan, informasi, dan inovasi teknologi pertanian.

Kawasan padi semiorganik adalah wilayah padi semiorganik yang berbasis pada keberagaman fisik dan ekonomi, tetapi memiliki hubungan erat dan saling mendukung satu sama lain secara fungsional, demi mempercepat pertumbuhan ekonomi daerah dan meningkatkan kesejahteraan rakyat. Penentuan kawasan ini dengan mempertimbangkan potensi usaha tani padi dan kondisi yang dimiliki suatu wilayah, harus sesuai dengan kapabilitas, kesesuaian dan daya dukung lahan. Untuk itu, diharapkan hasil produksi dan produktivitas padi semiorganik akan lebih tinggi, tingkat keberhasilan yang dicapai optimum. Hal ini diselaraskan dengan Peraturan Menteri Pertanian No. 50 Tahun 2012 yang berupaya mewujudkan pengembangan padi berbasis kawasan secara berkelanjutan yang membutuhkan perencanaan kinerja pengembangan padi yang dapat mengakselerasi potensi daya saing padi dan wilayah melalui optimalisasi sinergi pengembangan padi, keterpaduan lokasi kegiatan dan keterpaduan sumber pembiayaan.

## Pertanian Organik

Kita telah menyaksikan peningkatan produksi pertanian yang disebabkan oleh revolusi hijau pada beberapa dekade terakhir di Asia dan Amerika Latin pada tahun 1960-1970-an, tetapi tidaklah berkelanjutan. Pertumbuhan di Asia menurun tajam di tahun 1980-an (2,6% tahun 1970-an menjadi 1,5% awal tahun 1981) (FAO 2002), di antaranya disebabkan peningkatan harga pupuk kimia dan pestisida/herbisida. Pada sisi lain hasil revolusi hijau, kemiskinan dan kelaparan masih tetap terjadi, degradasi lahan dan kerusakan lingkungan terjadi secara luas dan tidak dapat ditangani. Perkiraan FAO, 848 juta orang di seluruh dunia menderita kelaparan yang parah antara tahun 2003 dan 2005, 98% di antaranya penduduk dari negara berkembang. Selain itu, revolusi hijau juga dikritik karena menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Sistem pertanian padi sehat dan berkelanjutan menjadi alternatif sistem pertanian untuk menjawab banyak kendala yang dihadapi oleh petani akan sumber daya dan waktu, serta menjamin keberlanjutan lingkungan. Kapasitas pertanian ini memberi sumbangan terhadap kesejahteraan secara optimal dengan menyediakan pangan dan barang lainnya, serta jasa-jasa yang efisien dan menguntungkan secara ekonomi, bertanggung jawab secara sosial, dan layak dari segi lingkungan. Sistem ini melibatkan kombinasi yang saling berkaitan antara tanah, produksi tanaman dan ternak yang bersesuaian dengan tidak dipakainya atau berkurangnya pemakaian *input* eksternal yang mempunyai potensi membahayakan lingkungan dan/atau kesehatan petani dan konsumen.

Perkembangan luas areal pertanian organik Indonesia tahun 2007-2011 (AOI 2013): pada tahun 2007 luas mencapai 40.970 ha, tahun 2008 meningkat tajam menjadi 208.535 ha (409 persen). Selanjutnya tahun 2008 - 2009 tidak signifikan (3 persen), tahun 2010 menjadi 238.872,24 ha (meningkat 10 persen dari tahun 2009). Namun tahun 2011 menurun 5,77 persen dari tahun 2010 menjadi 225.062,65 ha, karena menurunnya luas pertanian organik tersertifikasi (13 persen). Semakin luas pertanian

organik, diharapkan bisa memberikan manfaat yang lebih luas dalam pemenuhan permintaan masyarakat akan pangan yang sehat dan berkelanjutan. Data Aliansi Organik Indonesia (AOI 2013), luas pertanian organik Indonesia tahun 2013 baru mencapai 77.569,07 hektare, angka ini senilai 0,556% dari seluruh total lahan di Indonesia, meningkat 17,82% dibandingkan dengan tahun 2012. Tahun 2015 telah dilakukan sertifikasi lahan pertanian organik 79.884 ha, di mana 31.381 ha dalam proses sertifikasi, 360 ha sertifikasi papor, dan 144.301 ha tanpa sertifikasi. Hal ini mencerminkan minat yang semakin besar konsumen maupun produsen terhadap pertanian organik.

Permintaan produk organik diperkirakan meningkat pada masa mendatang seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat tentang pangan yang aman dan sehat. Namun, tampaknya respons petani untuk mengadopsi teknologi pertanian organik sangat lambat yang ditunjukkan oleh rendahnya tingkat adopsi. Adopsi pertanian organik, baik di negara maju maupun berkembang, menunjukkan faktor penentu adopsinya terdiri atas berbagai aspek, yaitu (1) tersedianya informasi dan pengetahuan, (2) motif ekonomi dan keuangan, (3) keterampilan teknis dan manajemen, (4) pertimbangan sosial, (5) kepedulian lingkungan, (6) lingkungan kelembagaan, dan (7) latar belakang sosial ekonomi dan demografi petani. Untuk mendorong adopsi pertanian organik sejumlah aspek tersebut harus dipertimbangkan dalam perumusan kebijakan dan program. Peran pemerintah sangat penting terutama untuk meyakinkan petani tentang manfaat pertanian organik, penyediaan informasi, maupun bantuan teknis bagi petani. Selain itu, tanpa memenuhi persyaratan SNI 6729: 2016 budidaya organik (BSN 2016), produk yang dihasilkan tidak bias dikatakan sebagai produk organik. Proses sertifikasi berbasis SNI 6729: 2016 memerlukan biaya tinggi, dan terbatasnya kelembagaan pendukung, termasuk promosi dan pemasaran produk organik.

*Review* terhadap 286 proyek pertanian berkelanjutan tahun 1999 dan 2000 (FAO 2002), yang terjadi pada 8 kategori sistem pertanian di 57 negara berkembang di Afrika, Asia dan Amerika. Hasilnya, kenaikan hasil

rata-rata 79% dengan menerapkan praktik pertanian berkelanjutan. Ada tiga perbaikan teknis yang dianggap telah meningkatkan produksi secara signifikan, yaitu: 1) penggunaan air yang lebih efisien baik pada lahan kering maupun beririgasi; 2) peningkatan akumulasi bahan organik di tanah dan pemerangkapan karbon, dan 3) kontrol hama, gulma dan penyakit dengan penekanan pada keanekaragaman hayati di pertanaman dan pengurangan penggunaan pestisida melalui teknik pengelolaan hama terpadu atau teknik lainnya. Selain itu, ketika metode pertanian organik memproduksi hanya 92% dari hasil yang diproduksi sistem pertanian tradisional di negara-negara maju, mereka memproduksi 80% lebih banyak dari pada sistem pertanian konvensional di negara-negara berkembang.

Secara global, pada tahun 1999-2000 (FAO 2002), sekitar 12,6 juta petani telah mengadopsi praktik pertanian berkelanjutan dengan luas sekitar 37 juta hektare. Ini setara dengan 3% dari lahan yang dapat ditanami di Afrika, Asia dan Amerika Latin. Adopsi pertanian berkelanjutan paket teknologi dan paket penghemat sumber daya, meliputi pengelolaan hara terpadu, pengolahan tanah konservasi, agroforestri, pemanenan air di daerah kering, integrasi ternak dan pengelolaan hama terpadu. Sejak tahun 2000 tidak didokumentasi dengan baik, adopsi telah meningkat ketika manfaat dari pertanian berkelanjutan telah semakin dipahami dan dinyatakan dengan baik pada literatur-literatur ilmiah dan dukungan global bagi pertanian yang lebih ramah lingkungan juga semakin meningkat. Misalnya di Brasil, penggunaan metode pengolahan tanah minimum telah meningkat dari semula kurang dari 1.000 hektare pada tahun 1973/74 menjadi 22 juta hektare pada tahun 2003/2004. Di Argentina, terdapat lebih dari 11 juta hektare lahan yang menggunakan pola tanpa olah lahan (*zero tillage*), dari semula kurang dari 100.000 hektare pada tahun 1990. Sebuah studi pada tahun 2005 melaporkan laju adopsi praktik olah tanah konservasi sebesar 10% terjadi di antara petani skala kecil di Zambia. Di Kamboja, pengguna SIP telah bertambah dari hanya 28 petani di tahun 2000 menjadi lebih dari 100.000 di tahun 2008 (Rukmana 2012).

Kawasan pertanian padi organik atau semiorganik pada intinya menciptakan manfaat ganda, menurunnya biaya produksi, manfaat lingkungan, dan pada saat yang sama bisa meningkatkan produksi. Selain itu, sangat penting memahami apa yang menghambat petani mengadopsinya (Riejntjes 2002, Rukmana 2012, Hartatik 2017), antara lain:

1. Kondisi agroklimat lokal, heterogenitas lingkungan mempunyai implikasi tidak terdapat satu pendekatan yang dapat diterapkan di seluruh dunia secara seragam. Teknik dan sistem yang berbeda diterapkan, dan diadaptasikan, dalam kondisi agroekologi yang berbeda, memberikan hasil yang berbeda.
2. Ketersediaan biomassa dalam pertanian berkelanjutan (kontrol erosi, konservasi air, peningkatan kesuburan tanah, pengikatan karbon) berhubungan secara langsung dengan biomassa yang digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah.
3. Insentif ekonomi juga sangat penting dalam menentukan kelayakan ekonomi dari pertanian padi organik yang akan memengaruhi penyebarannya secara luas.
4. Pasar produk, umumnya petani di negara berkembang tidak terintegrasi dengan pasar *input* dan *output*.
5. Akses informasi juga penting dalam menimbulkan kesadaran dan sikap terhadap adopsi teknologi sistem pertanian padi sehat.
6. Ketidakamanan penguasaan lahan telah terbukti menjadi kendala bagi setiap investasi di mana penerimaannya dibobot dengan (akan diterima di) masa depan, ketika uang kontan saat sekarang yang diperlukan.
7. Kelembagaan juga merupakan aspek penting dalam memfasilitasi promosi dan adopsi praktik sistem pertanian padi sehat.
8. Kendala Politik tingkat nasional dan internasional, kebijakan lingkungan mungkin agak kondusif bagi penyebarluasan praktik sistem pertanian padi sehat.

## **Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) Padi Ramah Lingkungan**

PTT salah satu model pertanian ramah lingkungan yang mengintegrasikan berbagai komponen teknologi untuk meningkatkan produktivitas tanaman tanpa merusak lingkungan. Sejak tahun 2015, Pemerintah menggalakkan gerakan penerapan PTT (GP-PTT) untuk mengungkit produktivitas komoditas pangan strategis (padi, jagung, dan kedelai). Pengembangan PTT bersifat spesifik lokasi dilakukan dan digalakkan dengan SL-PTT dan dilanjutkan dengan GP-PTT yang dikemas ke dalam upaya khusus (UPSUS) untuk mewujudkan kedaulatan pangan. Tahun 2014, pengembangan PTT melalui SL-PTT adalah 80,74 persen dari luasan 4.625.000 hektare SL-PTT (Ditjen Tanaman Pangan 2014).

Pendekatan inovatif peningkatan produktivitas dan efisiensi usaha tani melalui PTT bersifat spesifik lokasi dengan melibatkan partisipasi petani terhadap sinergi antar komponen teknologi (Ditjen Tanaman Pangan 2014). Prinsip penerapan PTT adalah: (i) PTT merupakan pendekatan melalui pengelolaan sumber daya tanaman, lahan, dan air; (ii) PTT memanfaatkan teknologi pertanian yang telah berkembang dan diterapkan dengan memerhatikan sinergi antar teknologi; (iii) PTT memperhatikan kesesuaian teknologi dengan lingkungan fisik, sosial-ekonomi petani; dan (iv) PTT bersifat partisipatif melibatkan peran aktif petani dalam memilih teknologi yang sesuai dengan kondisi setempat (Balitbangtan 2007). Komponen teknologi dalam PTT mengungkit produktivitas tanaman sekaligus berkontribusi terhadap penurunan emisi gas rumah kaca sebagai penyebab pemanasan global dan perubahan iklim, serta mengantisipasi terjadinya residu bahan agrokimia dalam tanah dan produk pertanian.



## Sistem integrasi padi – ternak (SIPT) ramah lingkungan

SIPT sebagai sistem pertanian ramah iklim untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim yang menyinergikan teknologi adaptasi dan teknologi mitigasi emisi gas rumah kaca. Menurut Wihardjaka et al. (2013), komponen utama dalam sistem ini adalah budidaya padi ramah lingkungan, pengelolaan ternak, dan perbaikan kualitas tanah dan lingkungan. Bahan organik pada sistem ini dikembalikan ke dalam tanah untuk memperbaiki kesuburan fisik, kimia dan hayati tanah, yaitu jerami yang dikomposkan, kompos kotoran ternak, limbah pascabiodigester berupa padatan (*sludge*) maupun cairan (*slurry*), dan kombinasi kompos kotoran sapi+arang hayati. Energi terbarukan berupa metana dari biodigester dimanfaatkan untuk kebutuhan harian rumah tangga dan sebagai energi dalam proses pirolisis pembuatan arang hayati dari limbah pertanian yang berlignin tinggi. Kompos kotoran sapi yang dihasilkan dari biodigester mampu menurunkan emisi metana dari tanaman padi sebesar 59,1 persen dibandingkan jerami segar yang langsung ditanamkan ke dalam tanah sawah. Menurut Sembiring dan Kusdianan (2008), hasil biomassa berupa jerami padi digunakan sebagai pakan ternak dan sebagian dikomposkan untuk dikembalikan ke dalam tanah. Sebagai pakan ternak, kualitas jerami perlu ditingkatkan melalui fermentasi dengan probiotik starbio untuk menurunkan kadar fraksi serat kasar (NDF, NDS, ADF, dan hemiselulosa. Perbaikan kualitas pakan dari jerami nyata menurunkan produksi metana dari fermentasi enterik ternak ruminansia. Proses dekomposisi jerami dipercepat dengan menggunakan biodekomposer yang mengandung mikroba perombak bahan organik. Kompos jerami dapat mengurangi biaya kebutuhan pupuk KCl. Arang hayati (biochar) dapat digunakan sebagai pelapis pupuk urea untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk nitrogen, sebagai pengikat kontaminan residu bahan agrokimia, dan sebagai bahan filter saluran irigasi.

## **PERTANIAN PRESISI RAMAH LINGKUNGAN YANG MODERN**

Pertanian presisi merupakan upaya untuk meningkatkan produksi pertanian dengan mengurangi input produksi yang dilakukan dengan mengoptimalkan penggunaan *input* produksi sesuai dengan kebutuhan, misalnya pada PTT padi, SIPT, padi organik, padi semiorganik. Menurut Rains dan Thomas (2009), pertanian presisi telah muncul sebagai praktik manajemen dengan potensi untuk meningkatkan keuntungan dengan memanfaatkan informasi yang lebih akurat tentang sumber daya pertanian. Manajemen pertanian presisi sesuai untuk pertanian skala besar melalui pengembangan teknologi baru, di antaranya informasi di lapangan (hasil dan tingkat aplikasi) dapat dikontrol dan diamati setiap tiga *feed* di lapangan dengan biaya yang dijangkau bagi petani. Hal lain, penerapan pestisida di daerah serangan hama dengan mengurangi jumlah penggunaan pestisida yang berpotensi memberikan dampak buruk bagi lingkungan. Pupuk dan kapur dapat diterapkan hanya bila diperlukan. Populasi tanaman dapat dipilih untuk mengoptimalkan nutrisi tanah, dan pemilihan jenis-jenis tanaman untuk memanfaatkan kondisi lahan yang tersedia. Tanaman juga dapat dipetakan untuk mengetahui daerah yang menghasilkan produksi yang tinggi atau rendah yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengambil keputusan dengan manajemen yang baik.

Menurut Arnholt et al. (2001) bahwa pertanian presisi merupakan sistem pertanian yang didesain untuk memberikan data dan informasi bagi petani sehingga dapat membantu dalam membuat suatu keputusan-keputusan pengolahan tanah berdasarkan lokasi. Dengan informasi ini, pertanian dapat menjadi lebih efisien, memungkinkan penggunaan biaya yang lebih kecil dan lebih menguntungkan serta mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan.

Dalam rangka penerapan pertanian presisi dukungan teknologi akuisisi data kesuburan tanah sangat diperlukan. Dengan adanya data sebaran kesuburan tanah yang akurat maka perlakuan spesifik lokasi dapat diterapkan dengan baik. Dari situlah nantinya diharapkan dapat dipetik hasil penerapan pertanian presisi, yaitu: 1) peningkatan produksi sebagai akibat pemberian perlakuan yang tepat, 2) pengurangan biaya sebagai akibat adanya pengurangan biaya pemakaian sarana produksi yang berlebihan, dan 3) pengurangan dampak lingkungan sebagai akibat minimalnya cemaran akibat pupuk yang berlebihan (Astika 2011). Pertanian presisi merupakan aplikasi informasi dan teknologi pada sistem pengelolaan pertanian untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengelola informasi keragaman spasial dan temporal di dalam lahan untuk mendapatkan keuntungan optimum, berkelanjutan, dan menjaga lingkungan. Pengendalian gulma pada kegiatan pertanian presisi dalam kondisi normal dilakukan dua kali, yaitu pengendalian gulma pratanam dan pengendalian gulma pascatumbuh. Kegagalan pengendalian gulma tidak hanya disebabkan oleh kesalahan dalam mengidentifikasi jenis gulma, kepadatan serangan dan pemilihan herbisida. Kondisi cuaca seperti angin, suhu, kelembapan relatif dan curah hujan memengaruhi efektivitas aplikasi penyemprotan dan potensi pemborosan oleh *run-off* dan *drift*. Sistem Supervisor akan memandu pengguna dalam menentukan jenis teknologi dan skenario pengendalian gulma yang paling cocok dengan kebutuhan sebelum kegiatan penyemprotan dilakukan.

Salah satu komponen utama adalah informasi cuaca, misalnya di Jepang, petani yang tidak mengikuti informasi prakiraan cuaca itu bisa jadi celaka. Tanaman rusak karena serbuan hujan badai, salju turun, atau angin kencang. Akurasi prakiraan cuaca *Japan Meteorological Agency* (JMA) menjadi referensi petani untuk melakukan tindakan antisipatif. Tugas JMA adalah merilis informasi, termasuk hujan badai. Serta-merta para petani menyiapkan segala perlengkapan untuk melindungi tanaman. Pemilik *greenhouse* misalnya segera mengerudungkan plastik di atap bangunan supaya tanaman di dalamnya terhindar dari kerusakan akibat guyuran hujan.

# KARAKTER DAN KAPASITAS PETANI PERTANIAN INOVATIF PADI RAMAH LINGKUNGAN

## Karakter

Karakter merupakan nilai-nilai yang khas-baik (tahu nilai kebaikan, mau berbuat baik, nyata berkehidupan baik, dan berdampak baik terhadap lingkungan) yang *terpatri* dalam diri dan terjewantahkan dalam perilaku. Karakter secara koheren memancar dari hasil olah pikir, olah hati, olah raga, serta olah rasa dan karsa seseorang atau sekelompok orang. Karakter merupakan ciri khas seseorang atau sekelompok orang yang mengandung nilai, kemampuan, kapasitas moral, dan ketegaran dalam menghadapi kesulitan dan tantangan (Kemendikbud 2010). Menurut Sigmund Freud, karakter adalah kumpulan tata nilai yang terwujud dalam suatu sistem daya dorong (daya juang) yang melandasi pemikiran, sikap dan perilaku, yang akan ditampilkan secara *mantap*. Kata karakter berasal dari kata Yunani, *charassein*, yang berarti mengukir, dibentuk sebuah pola. Akhlak mulia tidak secara otomatis dimiliki oleh setiap manusia begitu ia dilahirkan, tetapi memerlukan proses yang panjang melalui pengasuhan dan pendidikan “proses pengukiran”. Senada yang diungkapkan oleh Aristoteles “*People do not naturally or spontaneously grow up to be morally excellent or practically wise. They become so, if at all, only as the result of lifelong personal and community effort*” (Megawangi 2007). Karakter yang baik lebih terpuji dibandingkan suatu bakat yang luar biasa. Hampir semua bakat adalah anugerah, namun karakter yang baik bukanlah anugerah namun dibangun sedikit demi sedikit dengan pikiran, pilihan, keberanian dan usaha yang kuat. Karakter dapat dibentuk melalui suatu proses yang terus-menerus dan berulang sepanjang hayat (Gambar 2).



**Gambar 2.** Pembentukan karakter

(Sumber : Google diakses 16 – 09 – 2019)

Menurut Lickona (2013), karakter merupakan perilaku yang baik dalam melakukan tindakan-tindakan yang benar berhubungan dengan diri sendiri maupun orang lain. Karakter merupakan sebuah gerak dialektis dalam proses konsolidasi individu yang dinamis sehingga hasilnya karakter kepribadian stabil. Istilah karakter dianggap sama dengan kepribadian yaitu ciri, karakteristik, atau sifat yang khas dari seseorang yang merupakan bentukan dari lingkungan yang diterimanya. Lickona (2013) memberikan pemikiran bahwa karakter memiliki tiga bagian yang saling berhubungan satu sama lainnya yaitu pengetahuan moral, perasaan moral, dan perilaku moral. Karakter yang baik adalah mengetahui hal-hal yang baik, menginginkan hal-hal yang baik, dan melakukan tindakan yang baik. Ketiga hal tersebut akan mewakili karakter yang kita inginkan sesuai dengan moral.

Tindakan moral (Lickona 2013), merupakan hasil dari dua bagian karakter, terdiri atas kompetensi, kemampuan mengubah penilaian dan perasaan moral dalam tindakan yang moral yang efektif, keinginan, tindakan untuk melakukan yang baik karena gerakan energi moral dalam melakukan yang kita pikirkan, kebiasaan, pengalaman yang diulangi dalam melakukan kebaikan dilakukan secara berulang-ulang sehingga bermanfaat bagi dirinya dan orang lain. Nilai-nilai moral menurut Lickona (2013) adalah rasa hormat yaitu menunjukkan penghargaan terhadap diri orang lain selain diri kita sendiri. Tiga hal yang menjadi pokoknya adalah menghormati diri sendiri, menghormati orang lain, dan menghormati apapun bentuk kehidupan dan lingkungan dengan saling menjaga. Menghormati diri

sendiri, yaitu memperlakukan diri sendiri sebagai manusia yang memiliki nilai sehingga kita akan menjaga diri untuk tidak dirusak oleh sesuatu yang berbahaya.

## **Karakter dan Kapasitas Petani**

Karakter merupakan fondasi penting terbentuknya bangsa yang beradab dan maju. Karakter adalah jati diri yang melekat dalam diri seseorang, terwujud dalam sikapnya dan bersumber dari nilai kebaikan. Karakter yang baik tidak terbentuk dalam jangka waktu yang pendek, tetapi butuh waktu bertahun-tahun, olehnya itu sangat perlu dilakukan internalisasi nilai karakter yang baik kepada anak sejak dini. Internalisasi atau penanaman nilai kebaikan karakter pada anak adalah salah satu tugas dan fungsi keluarga, yang di antaranya dapat dilakukan melalui fungsi keagamaan dan pengkondisian lingkungan. Fungsi keagamaan keluarga artinya, keluarga merupakan tempat bagi seluruh anggotanya memelihara nilai agama dan menjalankan aktivitas keagamaan, selaras program BKKBN 1996. Sedangkan kapasitas petani merupakan kemampuan yang dimiliki petani dari segi teknis budi daya padi sawah yang ramah lingkungan, perencanaan dan evaluasi dalam berusaha tani, kemampuan adaptasi lingkungan dan bermitra sinergis. Proses pembelajaran (orang dewasa) dalam penyuluhan memengaruhi peningkatan kapasitas petani, selaras hasil penelitian Yumi et al. 2011, Yumi 2011, Subagio 2008, Fatchiya 2010, Yunita et al. 2011, Ruhimat 2014, Herawati, 2018. Juga sifat-sifat inovasi akan mudah diadopsi petani jika memiliki unsur sifat inovasi tersebut (Rogers 2003) menjadi peubah yang penting untuk diteliti dalam penerapan inovasi padi sawah yang ramah lingkungan (PTT, SIPT, SL-PTT, SL-PHT, padi organik, padi semiorganik).

Kemampuan petani dalam menerapkan inovasi teknologi padi ramah lingkungan dan berkelanjutan, selain dilihat dari aspek teknik dan lingkungan, juga dapat dilihat dari kapasitas (kemampuan petani merencanakan dan mengevaluasi usahatannya agar diperoleh efisiensi

usaha) (pertanian presisi). Kemampuan beradaptasi berupa daya juang (karakter menurut Freud) dan daya adaptif masyarakat petani umumnya masih rendah. Hal ini dapat dilihat dari kepasrahan pada kondisi yang tidak menguntungkan, seperti melakukan kegiatan budi daya dengan cara-cara turun-temurun (pertanian tradisional), pasrah terhadap keadaan lahan sawah yang kurang subur, keterbatasan ketersediaan air, serangan hama penyakit, produksi rendah maupun masalah lainnya yang dihadapi. Adaptasi terhadap berbagai jenis perubahan yang terjadi, termasuk selera pasar terhadap produk yang aman residu bahan kimia juga masih belum diantisipasi oleh petani dalam melakukan usahatani. Dukungan peningkatan kapasitas dan karakter petani dapat dilihat dari kemampuan bermitra sinergis, berupa upaya membangun komunikasi, berinteraksi dan bekerja sama merupakan proses penting dalam bertukar pengalaman, ide, mengubah pengetahuan dan pandangan. Kemampuan petani dalam bekerja sama baik dengan kelompok maupun organisasi lainnya diharapkan dapat mengatasi masalah-masalah keterbatasan modal dan teknologi, peningkatan mutu produk dan masalah pemasaran.

Menurut Safuwani (2007), pencapaian tujuan kebutuhan hidup utama untuk bahagia dan sejahtera adalah suatu harga mati. Akan tetapi dalam realitas, banyak manusia merasakan tidak pernah dapat mencapai tujuan tersebut, dan sering meleset dari harapan. Hal ini terjadi karena manusia tidak mampu melakukan penyesuaian diri yang baik dengan lingkungan sekitar (modernisasi) dan segala aksesorisnya, seperti gaya hidup, pola konsumsi, sistem pergaulan, interaksi dan komunikasi sosial. Akibatnya, yang dirasakan kebanyakan manusia adalah konfrontasi mental yang tidak berujung dan pada gilirannya mengalami stress psikososial. Masing-masing individu perlu mengkritik dan menelaah kembali sejumlah gejala perilaku ikutan alabar (orang tidak berkarakter) guna memenuhi kebutuhan hidup utamanya. Orang yang berkarakter adalah orang yang dapat merespons segala situasi secara bermoral dan dimanifestasikan dalam bentuk tindakan nyata melalui tingkah laku yang baik (Muchlas

dan Hariyanto 2011). Karakter merupakan serangkaian sikap seseorang yang terbentuk dari hasil internalisasi berbagai kebajikan (virtues) yang diyakini dan digunakan sebagai landasan untuk cara pandang, berpikir, bersikap, dan bertindak sehingga ia dapat hidup dan bekerja sama, baik dalam lingkup keluarga, masyarakat, bangsa, dan negara. Demikian halnya dalam penerapan inovasi padi sawah yang ramah lingkungan.

## **KESELARASAN MEMBANGUN MANUSIA DAN PERTANIAN PADI RAMAH LINGKUNGAN**

Pembangunan pertanian Indonesia atau membangun pertanian inovatif padi ramah lingkungan berbasis manusia berkapasitas dan berkarakter pada saat ini dan terlebih lagi pada masa mendatang, menghadapi masalah dan dilema dalam mencukupi produktivitas dan produksi padi sehat. Pembangunan terkait dengan peningkatan jumlah penduduk yang sangat besar atau jumlah masyarakat miskin, dan terjadi penurunan kualitas lingkungan. Signifikan penambahan jumlah penduduk atau masyarakat miskin selama ini memaksa pemerintah untuk meningkatkan secara signifikan produksi padi (pangan) pada lahan pertanian yang relatif sempit dan bahkan terus berkurang. Artinya, diperlukan secara signifikan penggunaan input produksi agrokimia dalam jumlah tinggi, yang akan berdampak secara signifikan terhadap pencemaran lingkungan dan penurunan keberlanjutan sistem produksi pertanian. Selain itu, perlu peningkatan kesadaran masyarakat (individu, keluarga) akan makanan yang sehat dan aman dikonsumsi, pada kondisi keluarga petani Indonesia yang belum siap untuk memproduksinya. Hal ini akan berakibat Indonesia menjadi pasar terbuka bagi produk bersertifikat jaminan mutu dan aman konsumsi dari negara-negara lain. Permasalahan yang kita hadapi antara lain bisakah kebutuhan bahan pangan yang terus meningkat secara signifikan yang membutuhkan dukungan *input* agrokimia dosis



tinggi, diharmonisasikan dengan produk sehat dan aman dikonsumsi, sekaligus menjadi konservasi lingkungan untuk mencapai keberlanjutan produksi secara signifikan. Pemerintah dan masyarakat tentu harus bisa menjawab hal tersebut, asalkan terdapat partisipasi antara produsen (petani, pengusaha pertanian), pedagang (kecil, menengah, besar), dan konsumen secara aktif dan masing-masing pihak ikut bertanggung jawab untuk mencapai tujuan tersebut. Partisipasi perlu keselarasan yang harus dicapai berlandaskan sikap dan perilaku membangun manusia pertanian padi ramah lingkungan yang berkarakter.

Strategi membangun pertanian inovatif padi ramah lingkungan diharapkan berbasis manusia yang berkapasitas dan berkarakter, yang perlu ditempuh antara lain, (a) meningkatkan kesadaran dan pemahaman permasalahan dan mengadvokasikan tindakan-tindakan manusia sesuai kompetensi dan berkarakter yang perlu dilakukan. Kelemahan dari strategi ini adalah seluruh tanggung jawab dan beban pekerjaan dibebankan pada petani produsen, konsumen bertindak pasif tinggal menerima produk yang aman konsumsi, (b) konsumen dibebani kewajiban untuk membayar produk ramah lingkungan, sehat dan aman konsumsi dengan harga premium, sehingga petani memperoleh insentif atas usahanya menjaga kualitas lingkungan dan kualitas produk yang dihasilkan. Peran pedagang adalah memastikan (*enforcing*) bahwa tindakan proses produksi bersifat ramah lingkungan dan produk yang dihasilkan aman konsumsi melalui sertifikasi proses produksi, benar-benar dilaksanakan. Hal lain, sistem sertifikasi proses produksi di banyak negara maju, diposisikan sebagai perangkat lunak (*software*) dalam sistem produksi pertanian padi ramah lingkungan. Namun di dunia ini terdapat berbagai skema sertifikasi sistem produksi, baik yang dikeluarkan oleh pihak pedagang (*supplier*), maupun oleh pemerintah, yang perlu diperkenalkan kepada petani, pedagang dan konsumen. Pemanfaatan *software* berupa ketentuan sertifikasi proses produksi yang diintegrasikan dengan *hardware* berupa teknologi dan alsintan, menjadi dasar dari pertanian modern yang bersifat ekologis dan berkelanjutan, selaras Sumarno et al. (2000), Sumarno (2007).

Pertanian inovatif padi ramah lingkungan (ekologis-konservatif) merupakan usaha pertanian yang mengintegrasikan inovasi teknologi produksi maju yang produktif-efisien, dengan tindakan pelestarian lingkungan dan mutu sumber daya lahan, sehingga sistem produksi berkelanjutan. Pertanian modern pada dasarnya merupakan usaha pertanian yang menerapkan teknologi terbaru yang sesuai dengan kondisi agroekologi dan sosial ekonomi masyarakat. Inovasi teknologi terbaru tersebut bisa berbasis *digital farming*, dapat berupa alat-alat mesin pertanian, sarana dan prasarana usahatani, dan pengelolaan usahatani. Selain itu, penerapan inovasi teknologi modern di Indonesia, aspek yang terkait dengan pelestarian lingkungan dan sumber daya lahan pada umumnya belum diperhatikan secara saksama oleh masyarakat, bahkan pemerintah. Oleh karena itu, untuk memperoleh kelestarian lingkungan dan sistem produksi yang berkelanjutan, pertanian modern di Indonesia perlu dilengkapi dengan tindakan pelestarian lingkungan dan mutu lahan, selaras Sumarno et al. (2000), Sumarno (2007).

Gerakan ke arah pertanian padi sehat, padi ramah lingkungan, padi organik di Indonesia telah menjadi salah satu program pemerintah, namun sejauh ini program masih berjalan lambat. Dalam realisasinya sebagian besar petani masih memiliki ketergantungan yang tinggi pada masukan bahan kimia dan sulit beralih ke pertanian padi sehat, padi semiorganik, padi organik. Untuk itu diperlukan kebijakan utama, selaras pendapat Sumarno (2000) meliputi:

- Dukungan kebijakan lingkungan pada adopsi – difusi sistem pertanian inovatif padi sehat atau padi ramah lingkungan pada tingkat regional dan nasional.
- Kebijakan mempromosikan adopsi – difusi dan keragaan sistem pertanian padi sehat, padi semiorganik, padi organik yang ditentukan oleh berbagai faktor, seperti kondisi agro-ekologi, tipe rumah tangga, dan institusi pendukung. Selain itu, rangsangan dari pasar produk pertanian inovatif padi ramah lingkungan, dan harga yang menarik akan mendukung produksi.

- Peranan lembaga (formal atau informal) dalam membantu promosi dan adopsi sistem pertanian padi sehat/ramah lingkungan. Perlu menemukan cara untuk menciptakan hubungan yang lebih dekat antara peneliti, penyuluh, dan petani (inovator, adopter) di lapangan.
- Salah satu kendala utama yang dihadapi petani adalah ketersediaan sumber daya. Kebijakan yang harus dikembangkan mendorong pengelolaan hara terpadu, memperkuat dan strukturisasi mekanisme membagi tenaga kerja (gotong-royong), biogas, memproduksi bahan bakar bio secara lokal, listrik perdesaan, mendorong dimasukkannya makanan ternak legum ke dalam sistem pertanian dan siklus rotasi untuk meningkatkan produktivitas ternak. Integrasi inovasi teknologi SIPT, PTT padi, SLPTT, SLPHT, SRI dalam pertanian padi ramah lingkungan.
- Kebijakan yang memperkuat modal sosial, petani berkarakter, misalnya dengan mendukung kelembagaan dan jaringan perdesaan. Juga, kebijakan yang mendukung keamanan penguasaan tanah di antara petani, sehingga menurunkan risiko yang berkaitan pengambilan investasi dalam jangka panjang.

## **PENUTUP**

Sistem pertanian inovatif padi ramah lingkungan belum banyak diadopsi petani di Indonesia karena tingkat kompleksitas yang relatif tinggi. Integrasi antara tanaman padi dengan ternak (SIPT) menjadi awal terbentuknya padi sehat, atau rantai ekosistem, di mana pemanfaatan zat-zat makanan dan unsur hara secara tertutup. Untuk mendorong kawasan adopsi pertanian padi organik, padi semiorganik, padi sehat sejumlah aspek harus dipertimbangkan dalam perumusan kebijakan dan program. Peran pemerintah sangat penting terutama untuk meyakinkan petani tentang manfaatnya, penyediaan informasi, maupun bantuan teknis bagi petani. Selain itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 6729:

2016 budidaya organik dan proses sertifikasi yang memerlukan biaya tinggi, serta terbatasnya kelembagaan pendukung, termasuk promosi dan pemasaran produk organik, sehingga membutuhkan fasilitasi pemerintah. Untuk itu diperlukan kebijakan utama pertanian inovatif padi ramah lingkungan (regional dan nasional), kebijakan adopsi dan keragaannya, peranan lembaga formal dan informal, kebijakan memahami kendala utama ketersediaan sumber daya, dan kebijakan yang memperkuat modal sosial menciptakan petani berkarakter.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Arnholt M, Batte M, Prochaska S. 2001. Adoption and use of precision farming technologies: a survey of Central Ohio precision farmers. AECE-RP-0011-01. Agricultural, Environmental, and Development Economics, Ohio State University, Columbus, USA.
- Astika IW, Solahudin M, Radite PAS, Syuaib MF, Ardiyansah M. 2011. Smart sensor data acquisition, data management, and decision support system. Bogor: Laporan Hibah Penelitian Project I-MHERE IPB Tahun ke-1.
- AOI [Aliansi Organik Indonesia] 2013. *Statistik Pertanian Organik Indonesia 2013*. Bogor (ID): Aliansi Organik Indonesia.
- Balitbangtan 2007. *Pengelolaan Tanaman Terpadu Padi Sawah Irigasi*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- BSN [Badan Standardisasi Nasional] 2016. SNI 6729 : 2016 : Standar Nasional Indonesia Sistem Pertanian Organik. Akarta (ID). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Diana L N 2014. Model Pengembangan Kewirausahaan Petani dan Faktor yang Memengaruhi Adopsi Inovasi Sistem Pertanian Terintegrasi Padi Ternak Ruminansia. Tesis Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

- Ditjen Tanaman Pangan. 2014. Pedoman Teknis Sekolah Lapangan Pengelolaan Tanaman Terpadu (SL-PTT) Padi dan Jagung Tahun 2014. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian.
- Domini Ginting M C 2016. Analisis Pendapatan dan Faktor-faktor Yang Memengaruhi Penerapan Usahatani Padi Sehat di Kecamatan Cigombong Kabupaten Bogor. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- FAO 2002. *General Concepts and Issue in Organic Agriculture*. dalam Scialabba NE, Hattam C, editor. *Organic Agriculture, Environment and Food Security*. Rome: Informantion Divition FAO.
- Fatchiya A. 2010. Tingkat kapasitas pembudi daya ikan dalam mengelola usaha akuakultur secara berkelanjutan. *Jurnal Penyuluhan*. 6(1): 11 – 18.
- Hendrawati T 2001. Pengelolaan lahan sawah tadah hujan berwawasan lingkungan. Prosiding Seminar Nasional Budidaya Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan. Jakenan, 7 Maret 2000. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor. Hlm. 21–35
- Hartatik W 2017. Pengembangan Padi Organik Secara Berkelanjutan : Apa Yang Diperlukan ?. Policy Brief 2017 : Memperkokoh Kebijakan Pembangunan Pertanian. Editor M Husein Sawit dan Hermanto. Forum Komunikasi Profesor Riset : IAARD Press.
- Herawati 2018. Kapasitas Petani Pengelola Usahatani Padi Sawah Ramah Lingkungan di Sulawesi Tengah. Tesis Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Hermanto. 2009. Reorientasi kebijakan pertanian dalam perspektif pembangunan berwawasan lingkungan. *Jurnal Analisis Kebijakan Pertanian*. 7(12): 369 - 383.

- Hesti L, Hamid A, Suyatno A. 2014. Evaluasi penerapan teknologi pada program Sekolah Lapangan Pengelolaan Tanaman Terpadu (SLPTT) Padi di Kecamatan Benua Kayong Kabupaten Ketapang. *Jurnal Litbang Pertanian*. 20(3): 101-112
- Istiantoro, Bambang AN, Soeprbowowati TR. 2013. Analisis faktor-faktor sosial ekonomi yang memengaruhi pengendalian hama dan penyakit padi sawah ditinjau dari sistem pertanian berkelanjutan. *Jurnal Ekosains*. 5(2): 16-20.
- IRRI 2004. IRRI's Environmental Agenda. An approach towards sustainable development. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Juniarwoko D W 2014. Penerapan LEISA pada Usahatani Padi Sehat dan Pengaruhnya terhadap Pendapatan Usahatani di Gapoktan Harapan Maju dan Gapoktan Silih Asih, Kecamatan Cigombong, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [KEMENDIKBUD] Kementerian Pendidikan dan kebudayaan. 2010. Pembangunan Karakter Bangsa Tahun 2010-2025. Buku : Kebijakan Nasional
- [KEMENTAN] Kementerian Pertanian. 2013. Panduan Umum Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (SL-PHT) Padi Sawah. Jakarta (ID): IAARD Press
- [KEMENTAN] Kementerian Pertanian. 2013. Pedoman Umum Pengembangan Model Pertanian Ramah Lingkungan Berkelanjutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta (ID): IAARD Press.
- [KEMENTAN] Kementerian Pertanian. 2014. *Laporan Tahunan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Tahun 2013*. Inovasi Teknologi Pertanian Ramah Lingkungan dan Berdaya Saing. Jakarta (ID): IAARD Press.

- Las IK, Subagyo, Setiyanto AP. 2006. Isu dan pengelolaan lingkungan dalam revitalisasi pertanian. *Jurnal Litbang Pertanian*. 25 (3): 106-114.
- Lickona Thomas 2013. *Educating for Character: How Our Schools Can Teach Respect and Responsibility : Mendidik Untuk Membentuk Karakter: Bagaimana Sekolah dapat Memberikan Pendidikan Sikap Hormat dan Bertanggung Jawab*. (Penerjemah: Juma Abdu Wamaungo. Jakarta: Bumi Aksara).
- Megawangi. 2007. *Semua Berakar pada Karakter*. Depok (ID): UI.
- Megawangi Ratna. 2007. *Semua berakar pada karakter "Isu Permasalahan Bangsa"*, Depok : PT Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia
- Muhidin, Leomo S 2008. Sistem produksi padi ramah lingkungan. *Jurnal WartaWiptek*. 16(1):14-21
- Pirngadi K 2009. Peran Bahan Organik dalam Peningkatan Produksi Padi Berkelanjutan Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian*. 2(1): 48-64.
- PERMENTAN Nomor 50/Permentan/OT.140/8/2012: Pengembangan Komoditas Unggulan Nasional perlu dilaksanakan dengan Pendekatan Kawasan.
- Rains GC, Thomas DL. 2009. Precision farming: an introduction. Bulletin the cooperative extension service the university of georgia college of agricultural and environmental sciences 1186 ([http://www.caes.uga.edu/ppllications/publications/files/pdf/B%201186\\_2.PDF](http://www.caes.uga.edu/ppllications/publications/files/pdf/B%201186_2.PDF)) [17 Mei 2019].
- Reijntjes C B et al. 2002. *Pertanian Masa Depan: Pengantar untuk Pertanian Berkelanjutan dengan Input Luar Rendah*. Yogyakarta (ID): Kasinus
- Rogers EM. 2003. *Diffusion of Innovations (5th ed)*. New York (US): The Free Press.

- Ruhimat IS. 2014. Model peningkatan kapasitas petani dalam pengelolaan hutan rakyat: Studi di Desa Rangrang, Kalimantan Selatan. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea* 4(1): 11-21.
- Rukmana D 2012. Pertanian Berkelanjutan: Mengapa, Apa dan Pelajaran Penting dari Negara lain. Jurusan Sosek Pertanian, Fak. Pertanian, Universitas Hasanuddin : artikel dalam buku : “Gagasan, Pikiran, & Harapan Alumnus Fak Pertanian Unhas Terhadap Pembangunan Pertanian Indonesia”. Diterbitkan dalam rangka Peringatan 50 Tahun Fak. Pertanian Unhas [repository.unhas.ac.id/.../Pertanian%20berkelanjutan-buku%20UIta..](http://repository.unhas.ac.id/.../Pertanian%20berkelanjutan-buku%20UIta..)
- Safuwani. 2007. Gaya Hidup, konsumerisme dan Modernitas. *Jurnal SUWA Universitas Malikussaleh*. 5(1): 39-46.
- Saptana, Ashari. 2007. Pembangunan pertanian berkelanjutan melalui kemitraan usaha. *Jurnal Litbang Pertanian*. 26(4): 123 -130
- Sembiring H. dan D. Kusdianan 2008. Inovasi teknologi padi mendukung usahatani tanaman-ternak. dalam: Widjono, A., Hermanto, Sunihardi (eds.). *Sistem Integrasi Tanaman Pangan-Ternak Bebas Limbah*. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor. Hlm. 74-85.
- Setiawan IG, Adiputra, Jahi A, Susanto D, Asngari PS, Purnaba IG, Sugiyanta. 2012. Belajar mandiri melalui System of Rice Intensification (SRI) di dua belas Subak di Provinsi Bali. *Jurnal Penyuluhan* 8(1): 103-112.
- Soemarno 2001. Konsep usahatani lestari dan ramah lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Budidaya Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan*. Jakenan, 7 Maret 2000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. Hlm. 1-3.
- Subagio H. 2008. Peranan kapasitas petani dalam mewujudkan keberhasilan usahatani: Kasus petani sayuran dan padi di Kabupaten Malang dan Pasuruan Propinsi Jawa Timur [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor



- Sumarno, I.G. Ismail dan Sutjipto, 2000. Konsep usahatani ramah lingkungan. p.55- 74. Dalam A.K. Makarim, dkk (eds). : Tonggak Kemajuan Teknologi Produksi Pangan. Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor.
- Sumarno, 2007. Teknologi Revolusi Hijau Lestari untuk ketahanan pangan Nasional masa depan. IPTEK Tanaman Pangan. 2(2). 131-153
- Suminta B L 2016. Risiko Produksi Padi Sehat dan Padi Anorganik di Kecamatan Cigombong, Kabupaten Bogor Jawa Barat. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Swaminathan, M.S., 1997. Research for sustainable agricultural development in South Asia, opportunities and challenges. Seminar Proc. on Agricultural Research and Development in Bangladesh. BRRI, Gasipur-1701-Bangladesh.
- Thamrin FD. 2014. Model perilaku petani padi yang berwawasan lingkungan untuk menjamin kemandirian pangan kasus Jawa Barat. [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Wihardjaka A 2018. Penerapan Model Pertanian Ramah Lingkungan sebagai Jaminan Perbaikan Kuantitas dan Kualitas Hasil Tanaman Pangan. Balitbangtan Ramah Lingkungan.
- Wihardjaka A. Mulyadi, P Setyanto 2013. Pendekatan pertanian ramah lingkungan berkelanjutan melalui sistem integrasi tanaman-ternak. Prosiding Ekspose dan Seminar Nasional Akselerasi Inovasi Pertanian Ramah Lingkungan. Makassar, 19-21 Juni 2013:653–663
- Yumi, Sumardjo, Darwis SG, Sugihen BG 2012. Model pengembangan pembelajaran petani dalam pengelolaan hutan rakyat lestari (Kasus di Kab. Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah). Jurnal Penyuluhan. 8(2): 17-27.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

- Yunita. 2011. Strategi peningkatan kapasitas rumah tangga petani padi sawah lebak menuju ketahanan pangan rumah tangga (Kasus di Kabupaten Ogan Ilir dan Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan) [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Yunita, Sugihen BG, Asngari PS, Susanto D, Amanah S. 2012. Strategi peningkatan kapasitas rumah tangga petani padi sawah lebak menuju ketahanan pangan rumah tangga (Kasus di Kabupaten Ogan Ilir dan Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan). *Jurnal Penyuluhan*. 8(2): 10-16.

# **MEMBANGUN KEMAMPUAN PRODUKSI BUAH LOKAL DALAM PERSAINGAN GLOBAL ERA INDUSTRI PERTANIAN 4.0**

**Asep Suherman dan Yudhi Mahmud**

## **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan wilayah tropis yang beriklim basah dan berada di wilayah khatulistiwa. Indonesia memungkinkan tumbuhnya berbagai macam tanaman dengan subur, mulai tanaman semusim maupun tanaman tahunan. Berbagai macam buah-buahan seperti: durian, rambutan, nangka dan tanaman buah lainnya tumbuh liar di hutan-hutan pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya serta pulau-pulau kecil lainnya. Namun terlalu sedikit tumbuhan yang berhasil dibudidayakan secara agribisnis. Padahal buah-buahan tersebut merupakan potensi alam yang sangat penting dan berharga untuk dapat menyejahterakan petani-petani hortikultura di wilayah tersebut.

Keanekaragaman jenis buah-buahan ini merupakan sumber genetik yang sulit ditemukan di daerah lain atau di negara lain. Plasma nutfah ini dapat menjadi bahan utama dalam upaya menghasilkan jenis komoditas buah yang unggul atau varietas unggul pada masa kini dan akan datang. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sektor pertanian secara nasional memiliki keragaman komoditas dan produk yang sangat tinggi, baik dalam hal kuantitas (jumlah produksi, jenis komoditas

dan produk olahan) maupun dalam hal kualitas. Keragaman tersebut merupakan tantangan untuk meningkatkan daya saing sektor pertanian melalui seleksi jenis komoditas dan produk buah-buahan serta produk olahannya yang mampu bersaing di pasar global.

Di lain pihak globalisasi ekonomi dan liberalisasi perdagangan antar negara terasa semakin kuat. Hal ini didorong oleh revolusi teknologi telekomunikasi, informasi, transportasi dan deregulasi perdagangan. Globalisasi dan liberalisasi perdagangan memberikan peluang sekaligus tantangan baru yang harus dihadapi dalam pembangunan pertanian ke depan. Dikatakan memberikan peluang karena pasar komoditas pertanian akan semakin luas, sejalan dengan dihapuskannya berbagai hambatan perdagangan antar negara. Namun, di sisi lain akan terjadi persaingan antar negara yang semakin ketat dalam memasok pasar produk pertanian di pasar dalam negeri maupun di pasar dunia. Pada situasi tersebut maka peningkatan daya saing produk merupakan tuntutan yang tak bisa dihindari agar agribisnis buah-buahan nasional dapat tumbuh dan berkembang (Irawan B. dan Ening Ariningsih 2014). Menurut Dimiyati (2014), daya saing sebagai kapasitas suatu perusahaan, subsektor atau negara menunjukkan kemampuan perusahaan, subsektor atau negara tersebut untuk menjual dan memasok barang atau jasa ke pasar tertentu dibandingkan dengan kemampuan perusahaan, subsektor atau negara lain di pasar yang sama.

Dewasa ini, daya saing hortikultura Indonesia masih lemah karena selain kualitasnya kalah bersaing dengan produk-produk impor, juga karena kelemahan sumber daya manusia dan sistem budidaya yang belum siap untuk menggunakan inovasi teknologi pendorong produksi hortikultura. Usahatani hortikultura buah-buahan belum dilakukan secara komersial, masih terpecah-pecah, tradisional dan dilakukan sebagai pekerjaan sampingan bukan pekerjaan utama. Di samping itu kebijakan pemerintah kepada petani hortikultura buah-buahan belum sepenuhnya dilakukan dengan menggunakan konsep agribisnis yang utuh secara sistem.

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

Shwab (2016) melalui *The Fourth Industrial Revolution* menyatakan bahwa dunia telah mengalami empat tahapan revolusi, yaitu: (1) Revolusi Industri 1.0 terjadi pada abad ke-18 melalui penemuan mesin uap, sehingga memungkinkan barang dapat diproduksi secara massal; (2) Revolusi Industri 2.0 terjadi pada abad ke-19 hingga 20 melalui penggunaan listrik yang membuat biaya produksi menjadi murah, (3) Revolusi Industri 3.0 terjadi pada sekitar tahun 1970-an melalui penggunaan komputerisasi, dan (4) Revolusi Industri 4.0 sendiri terjadi pada sekitar tahun 2010-an melalui rekayasa intelegensia dan *internet of thing* (IoT) sebagai tulang punggung pergerakan dan konektivitas manusia dan mesin.

Pertanian era Revolusi Industri 4.0 terdiri atas pertanian presisi (*precision agriculture*) dan sistem pelacakan (*traceability system*) menuntut keakuratan data. Pertanian presisi menggunakan pendekatan dan teknologi yang memungkinkan perlakuan presisi pada setiap simpul proses pada rantai bisnis pertanian dari hulu hingga hilir sesuai kondisi (lokasi, waktu, produk, dan konsumen) spesifik yang dihadapi. Sistem pelacakan mengarahkan kepada perekaman (akuisisi) data yang presisi terkait dengan rantai transformasi produk dan nilai tambah objek (komoditas/ produk pertanian) dari hulu hingga hilir serta dokumentasi proses dan aktor yang terlibat pada rantai produksi tersebut (Seminar 2016).

Dalam era globalisasi dan perdagangan bebas pasar dan konsumen semakin cermat, peduli, dan teliti terhadap produk pertanian yang dibeli maka kemudahan keterlacakan (*treaceability*) menjadi tuntutan utama. Proses dan produk pertanian juga harus memenuhi standarisasi mutu dunia yang terukur dan tertelusur sebagai syarat yang menentukan layak tidaknya suatu produk pertanian itu diekspor atau diimpor dari suatu negara ke negara lain. Tulisan ini bertujuan untuk mengkaji sejauh mana liberalisasi perdagangan dapat memberikan peluang bagi pertumbuhan agribisnis hortikultura nasional khususnya komoditas buah lokal dan

sejauh mana peluang tersebut dimanfaatkan oleh para petani buah sebagai produsen buah-buahan di Indonesia. Dari kajian tersebut diharapkan dapat dirumuskan strategi membangun kemampuan produksi buah lokal sebagai jawaban bagi permasalahan dan tantangan yang dihadapi dalam persaingan global pada era industri pertanian 4.0, khususnya komoditas buah lokal di Indonesia.

## **DINAMIKA PRODUKSI BUAH LOKAL DI INDONESIA**

Ketahanan dan kemandirian pangan merupakan salah satu aspek penting dalam pembangunan ekonomi di setiap negara. Oleh karena itu, setiap negara berusaha memenuhi kebutuhan pangannya secara mandiri dengan memanfaatkan seluruh potensi sumber daya ekonomi yang tersedia. Namun, akibat keterbatasan sumber daya yang dimiliki, beragamnya jenis pangan yang dibutuhkan dan akibat perubahan pola konsumsi pangan, maka tidak seluruh negara mampu memproduksi bahan pangan yang dibutuhkan secara mandiri. Oleh sebab itu, kebijakan impor bahan pangan tertentu (termasuk buah-buahan) tidak dapat dihindari. Terjadinya defisit perdagangan buah segar, pada dasarnya mengindikasikan bahwa produksi buah segar secara nasional tidak mampu memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri sehingga sebagian kebutuhan buah segar dalam negeri harus dipenuhi oleh pasar dunia melalui impor.

Sebagai negara tropis, Indonesia dikenal sebagai produsen buah-buahan dan sayuran tropis. Namun demikian, dilihat dari kinerja subsektor hortikultura nasional sampai saat ini masih sangat jauh dari potensi yang dimilikinya. Subsektor ini belum mampu menjadi sumber devisa ekspor dan memenuhi kebutuhan konsumen domestik terhadap produk buah-buahan, justru sebaliknya pasar domestik dibanjiri oleh berbagai produk buah-buahan impor. Pemerintah, dalam hal ini Kementerian Pertanian, belum berhasil mengembangkan subsektor hortikultura, khususnya

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

buah-buahan tropis baik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun untuk peningkatan devisa ekspor. Pemerintah gagal dalam meningkatkan kualitas buah-buahan tropis sehingga tidak berdaya saing baik di pasar domestik maupun pasar ekspor. Hal ini terjadi karena tidak ada upaya dan program kongkret dari pemerintah untuk meningkatkan kualitas produk hortikultura, khususnya produk buah-buahan lokal (Erwidodo 2014).

Pada saat ini pasar buah-buahan, baik di dalam negeri maupun luar negeri semakin terbuka. Permasalahannya adalah mampukah Indonesia memanfaatkan peluang pasar tersebut agar agribisnis buah-buahan lokal secara nasional dapat tumbuh dan berkembang sehingga mampu bersaing dengan negara-negara lain, baik di tingkat Asia Tenggara, Asia, maupun tingkat dunia? Untuk dapat memanfaatkan peluang tersebut maka peningkatan produksi yang sesuai dengan kebutuhan pasar, baik dari segi kuantitas maupun kualitas merupakan faktor utama yang harus dipenuhi. Apabila pertumbuhan produksi buah lebih lambat dibanding pertumbuhan kebutuhan pasar dalam negeri maka sulit diharapkan bahwa Indonesia mampu memanfaatkan peluang pasar tersebut, baik untuk pasar dalam negeri maupun pasar dunia. Hal ini mencerminkan adanya peluang impor sehingga sebagian kebutuhan di dalam negeri harus dipenuhi melalui impor. Sebaliknya, jika pertumbuhan produksi buah dalam negeri lebih besar dibanding pertumbuhan kebutuhan pasar dalam negeri maka hal tersebut mencerminkan adanya peluang ekspor bagi produksi buah tersebut.

Banyak jenis buah-buahan tropis yang dapat dihasilkan di berbagai wilayah Indonesia, namun buah-buahan tersebut kebanyakan membanjiri pasar lokal hanya pada saat panen raya. Baru sedikit jenis buah yang dapat menempati pasar swalayan atau pasar dunia (internasional). Jenis buah-buahan tropis yang ada di pasar internasional pada saat ini adalah pisang, nanas, mangga, alpukat, rambutan, markisa, sirsak, jambu biji, belimbing dan manggis (Sunarjono 2016). Data hortikultura tanaman buah-buahan yang dikumpulkan mencakup 26 jenis buah-buahan tahunan, yaitu

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

alpukat, belimbing, duku/langsat/kokosan, durian, jambu biji, jambu air, jeruk siam/keprok, jeruk besar, mangga, manggis, nangka/cempedak, nanas, pepaya, pisang, rambutan, salak, sawo, sirsak, markisa, sukun, apel, anggur, strawberry, blewah, semangka dan melon. Pertumbuhan produksi buah lokal secara keseluruhan tiga tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Pertumbuhan produksi buah lokal di Indonesia (2016-2018)

No	Komoditas buah	Produksi (ton/tahun)		
		2016	2017	2018
1	Pisang ( <i>banana</i> )	7.007.125	7.162.680	7.264.383
2	Mangga ( <i>mangos</i> )	1.814.550	2.203.791	2.624.791
3	Jeruk siam/keprok	2.014.214	2.165.189	2.408.043
4	Nanas ( <i>pineapple</i> )	1.396.153	1.795.985	1.805.506
5	Durian ( <i>durian</i> )	735.423	795.204	1.142.102
6	Salak ( <i>salaca</i> )	702.350	953.845	896.504
7	Rambutan ( <i>rambutan</i> )	572.193	523.700	715.935
8	Pepaya ( <i>papaya</i> )	904.284	875.108	887.591
9	Nangka ( <i>jackfruit</i> )	654.914	656.583	775.480
10	Alpukat ( <i>avocado</i> )	304.938	363.148	410.094
11	Duku/Langsat/Kokosan	206.025	138.399	236.754
12	Apel ( <i>apple</i> )	329.781	319.000	481.651
13	Manggis ( <i>mangosteen</i> )	162.864	161.750	228.155
14	Jambu biji ( <i>guava</i> )	206.985	200.487	230.697
15	Sawo ( <i>ppodila/star apple</i> )	132.284	133.605	144.109
16	Sukun ( <i>breadfruit</i> )	108.374	104.962	124.287
17	Markisa ( <i>marquisa</i> )	59.270	77.190	101.964
18	Jeruk besar ( <i>pamelo</i> )	124.260	130.130	102.399
19	Belimbing ( <i>star fruit</i> )	78.762	85.321	101.553
20	Jambu air	88.682	100.919	111.803
21	Sirsak ( <i>sousop</i> )	55.916	62.275	68.497
22	Anggur ( <i>grape</i> )	9.507	11.736	10.867



**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

**Tabel 1.** Pertumbuhan produksi buah lokal di Indonesia (2016-2018)  
(lanjutan)

No	Komoditas buah	Produksi (ton/tahun)		
		2016	2017	2018
23	Strawberry	12.091	12.225	8.531
24	Blewah ( <i>cantaloupe</i> )	19.539	18.522	32.055
25	Semangka ( <i>water melon</i> )	480.897	499.469	481.744
26	Melon	117.344	92.434	118.708

Sumber: Badan Pusat Statistik (2019)

Dari tabel di atas tampak bahwa perkembangan produksi buah-buahan lokal Indonesia dalam tiga tahun terakhir (2016-2018) cenderung ada peningkatan, tetapi sangat fluktuatif (kadang naik dan kadang turun). Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti cara pengelolaan, varietas tanaman, umur tanaman, di samping iklim yang tidak menentu. Sejalan dengan pendapat Sunarjono H (2016) yang menyatakan bahwa fakta di lapangan profil petani buah-buahan Indonesia adalah sebagai berikut: (1) Tanaman buah-buahan masih dikelola dalam skala pekarangan dan kurang mendapat perhatian yang seimbang; (2) Areal tanaman buah-buahan masih dalam skala sempit sehingga produksinya sulit memenuhi permintaan pasar; (3) Sentra produksi tersebar dengan areal pengelolaan pada skala sempit sehingga menyulitkan dalam pengumpulan produk (hasil); dan (4) Pada umumnya mutu buah belum sesuai dengan selera konsumen.

Semua jenis tanaman buah-buahan lokal tersebut hampir ada di setiap pulau di Indonesia. Namun, daerah sentra penghasil buah-buahan lokal tersebut masih di dominasi oleh petani-petani di pulau Jawa. Hal ini menunjukkan bahwa potensi pengembangan produksi buah lokal tersebut masih sangat terbuka, terutama di luar Pulau Jawa, seperti: Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Irian Jaya dan pulau-pulau kecil (kepulauan) yang relatif masih jarang penduduknya. Adapun sebaran produksi buah lokal di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

**Tabel 2.** Produksi buah-buahan tertinggi pada Tahun 2018

No	Komoditas buah	Produksi (ton)	Persentase Nasional (%)	Daerah Penghasil
1	Pisang ( <i>banana</i> )	2.059.922	28,26	Jawa Timur
2	Mangga ( <i>mangos</i> )	1.059.325	40,35	Jawa Timur
3	Jeruk siam/keprok	918.680	38,15	Jawa Timur
4	Nanas ( <i>pineapple</i> )	622.881	34,50	Lampung
5	Durian ( <i>durian</i> )	276.426	24,20	Jawa Timur
6	Salak ( <i>salaca</i> )	416.680	46,50	Jawa Tengah
7	Rambutan ( <i>rambutan</i> )	137.049	19,14	Jawa Timur
8	Pepaya ( <i>papaya</i> )	262.160	29,54	Jawa Timur
9	Nangka ( <i>jackfruit</i> )	141.822	18,20	Jawa Tengah
10	Alpukat ( <i>avocado</i> )	108.381	26,42	Jawa Timur
11	Duku/Langsar/Kokosan	49.784	21,03	Sumatra Selatan
12	Apel ( <i>apple</i> )	480.961	99,86	Jawa Timur
13	Manggis ( <i>mangosteen</i> )	60.773	26,64	Jawa Barat
14	Jambu biji ( <i>guava</i> )	63.716	27,62	Jawa Barat
15	Sawo ( <i>spodila/star Apple</i> )	22.225	15,42	Jawa Barat
16	Sukun ( <i>breadfruit</i> )	30.004	24,14	Jawa Tengah
17	Markisa ( <i>marquisa</i> )	42.364	71,48	Sumatra Barat
18	Jeruk besar ( <i>pamelo</i> )	33.314	32,53	Sulawesi Selatan
19	Belimbing ( <i>star fruit</i> )	50.312	49,54	Jawa Timur
20	Jambu air ( <i>water apple</i> )	24.296	22,27	Jawa Tengah
21	Sirsak ( <i>sousop</i> )	19.584	28,59	Jawa Timur
22	Anggur ( <i>grape</i> )	10.298	94,76	Bali
23	Strawberry	6.296	73,80	Jawa Barat
24	Blewah ( <i>Cantaloupe</i> )	19.303	60,22	Jawa Timur
25	Semangka ( <i>water melon</i> )	126.750	25,31	Jawa Timur
26	Melon	40.823	34,39	Jawa Timur

Sumber: BPS (2019)

Berdasarkan pada data-data di atas maka pengembangan pertanian buah-buahan lokal saat ini dihadapkan pada permasalahan-permasalahan sebagai berikut (a) di mana lokasi dan areal tanamannya (berapa

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

jumlah pohon, varietas apa yang ditanamnya, dan umur tanamannya), (b) bagaimana cara pengelolaan tanaman buah-buahan saat ini, baik pada lahan pekarangan atau perkebunan/lading, (c) bagaimana dengan teknologi yang digunakan petani pengelolaannya, (d) bagaimana peran pemerintah, baik tingkat pusat maupun daerah, perguruan tinggi, investor, terutama dalam hal proses produksi, penanganan pascapanen dan pengolahan hasil panen hingga pemasarannya. Jika dikaitkan dengan upaya membangun kemampuan produksi buah lokal dalam persaingan global era Industri Pertanian 4.0, yang tidak lepas dengan upaya penerapan sistem pertanian presisi (*precision agriculture*) dan sistem pelacakan (*traceability system*), maka upaya ini Indonesia perlu melakukan pemetaan potensi pengembangan dan tantangannya yang akurat baik jenis komoditas, lokasi pengembangan, teknologi digunakan, petani pengelolanya dan tujuan pemasarannya serta merumuskan tujuan pembangunan pertanian buah-buahan pada era industri 4.0 yang akan dikembangkan.

Sejalan dengan pendapat Seminar (2016) bahwa untuk mendukung agroindustri yang berkelanjutan, baik sistem pertanian presisi maupun sistem pelacakan saling menguatkan dan keduanya memerlukan teknologi informasi dan komputasi berkinerja tinggi untuk mendukung akuisisi dan pengolahan data yang cepat, akurat untuk pemantauan, pengambilan keputusan, dan pengendalian berbagai aktivitas produksi dan produk pertanian di setiap mata rantai produksi dan pasok dari hulu ke hilir. Dalam konteks membangun produksi buah lokal era industri pertanian 4.0, yang sangat penting untuk dipetakan adalah kesiapan sumber daya manusianya (petani pengelolanya) dan adanya jaminan ketersediaan lahan pengembangan yang tidak rentan dengan kegiatan alih fungsi lahan. Seperti kita ketahui bahwa sumber daya petani saat ini berusia tua dan berpendidikan rendah; sedangkan sumber daya petani yang dibutuhkan dalam era industri pertanian 4.0 adalah petani yang memahami informasi teknologi berbasis komputer yang mendukung peralatan modern yang telah ada.

Di lain pihak selama ini pembangunan dan pengembangan pertanian bertumpu pada lahan-lahan masyarakat berstatus hak milik yang sangat rentan terhadap kegiatan alih fungsi lahan yang dilakukan oleh para pengembang (*developer*). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Suherman (2013) bahwa pembangunan dan pengembangan pertanian pada lahan-lahan masyarakat dengan status hak milik, sangat rentan terhadap kegiatan alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian. Hal ini terjadi karena kegiatan tersebut sangat menguntungkan bagi keduanya, baik petani pemilik maupun pembeli (*developer/investor*).

## NERACA EKSPOR DAN IMPOR BUAH DI INDONESIA YANG NEGATIF

Membangun struktur perekonomian Indonesia yang kuat dalam tataran persaingan global, semakin menuntut berkembangnya implementasi pembangunan pertanian modern dan berkelanjutan. Tuntutan tersebut selaras dengan arah pembangunan pertanian masa depan yang secara tegas disebutkan dalam Strategi Induk Pembangunan Pertanian (SIPP) 2013-2045, yaitu membangun pertanian bioindustri berkelanjutan. Wujud pembangunan pertanian bioindustri adalah pembangunan industri pertanian (*agroindustri*) yang terintegrasi dalam sebuah sistem keterkaitan yang menyeluruh dari hulu hingga hilir (*from land to table*) secara berkesinambungan (Seminar 2016). Kemudian Rohmani dan Haryono Suparno (2018) menegaskan bahwa agar dalam setiap proses dan transformasi keseluruhan dari rantai produksi dapat terpantau, terukur dan dapat diatur dengan baik, efisien, dan berdaya saing dalam memberikan nilai ekonomi diperlukan pengamatan dan perlakuan secara tepat (*presisi*) pada setiap mata rantai. Perubahan demografi dan ekonomi dunia akan menuntut setiap Negara untuk mempertahankan dan meningkatkan daya saingnya, baik daya saing sektor usahanya, maupun daya saing produk-produknya. Strategi pengembangan ekspor

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

produk hortikultura dapat sekaligus menjadi strategi membendung impornya karena pasar domestik merupakan bagian dari pasar global (Dimiyati 2014). Adapun keadaan neraca perdagangan buah Indonesia menurut jenis komoditas buah dan periode dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Neraca perdagangan buah Indonesia menurut jenis dan periode

Jenis buah	Volume Impor-Ekspor (ton/tahun)			Volume Impor-Ekspor (000 USD/tahun)			Status Neraca perdagangan
	1980- 1990	1990- 2000	2000- 2010	1980- 1990	1990- 2000	2000- 2010	
Buah Segar	8.431	48.724	375.856	3.435	49.995	304.734	Defisit
o Apel	2.265	32.771	118.976	1.377	22.235	87.135	Defisit
o Alpukat	-19	0	-14	-6	6	-7	Surplus
o Pisang	-28	-40.132	-1.521	-48	-6.904	-353	Surplus
o Anggur	650	5.407	23.574	570	7.148	36.571	Defisit
o Mangga, manggis, jambu biji	-208	-606	-466	-173	-544	-721	Surplus
o Melon	0	4	-83	0	25	105	Surplus
o Jeruk	2.046	11.105	25.827	918	6.337	16.797	Defisit
o Pepaya	-36	-15	199	-20	-14	-60	Defisit
o Nanas	-10	-2.154	-1.316	-6	-1.334	-737	Surplus
o Semangka	4	-14	63	0	33	-11	Defisit
o Lainnya	-67	34.100	197.334	-172	20.357	-157.300	Defisit
Buah Olahan	-14.767	-102.948	-188.211	-5.436	-61.009	-110.793	Surplus
o Nanas olahan	-16.712	-98.932	-176.370	-8.229	-60.199	-112.582	Surplus
o Lainnya	1.945	-4.016	-9.841	2.793	-810	1.788	Surplus

Sumber: Diolah dari Statistik FAO dalam Irawan B. dan Ening Ariningsih (2014).

Status neraca perdagangan Indonesia periode 1980-2010 sebagaimana tertera pada Tabel 2, hanya ada 5 (lima) komoditas buah saja yang surplus yaitu: buah mangga, manggis dan jambu biji, alpukat, pisang, melon, nanas. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman-tanaman buah tersebut sesuai dengan kondisi alam Indonesia yang beriklim tropis. Fakta ini menunjukkan bahwa tanaman buah-buah tersebut merupakan

tanaman-tanaman tropis yang dapat menjadi kekuatan dan peluang untuk dikembangkan dalam upaya membangun kemampuan produksi buah lokal yang berdaya saing global pada era Industri Pertanian 4.0. Padahal jumlah komoditas buah-buahan lokal Indonesia yang layak untuk dikembangkan cukup banyak jumlahnya. Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa ada 26 komoditas buah lokal yang potensial untuk dikembangkan dan dapat menyejahterakan petani pengelolanya. Sesungguhnya, kalau kita cermati dengan baik, masih banyak lagi buah-buahan lokal yang layak untuk dikembangkan seperti antara lain: buah matoa, kesemek, buah naga, dan seterusnya.

Namun dalam menghadapi pasar bebas (ekonomi pasar global) sesuai dengan kesepakatan bersama dalam *World Trade Organisation* (WTO) yang berlaku mulai tahun 2003 buah-buahan tropis Indonesia menghadapi banyak kendala yaitu persaingan yang tidak ringan terutama dalam hal kualitas, kuantitas dan kontinuitas. Hal ini karena pasar menghendaki buah-buahan dengan kriteria sebagai berikut: (1) Bermutu tinggi sesuai dengan standar mutu dan bebas residu pestisida; (2) Volume buah bermutu tersebut harus memenuhi kebutuhan pasar; (3) Buah-buahan tersebut harus tiba tepat pada waktunya dan (4) Ketersediaan buah-buahan tersebut harus kontinu.

Untuk keluar dari permasalahan atau kendala di atas, maka pertanian masa depan Indonesia harus tetap merefleksikan perbaikan kesejahteraan masyarakat pertanian rakyat. Pertanian rakyat dewasa ini masih berada pada tahap yang lebih awal dan sangat bervariasi. Dilihat dari penerapan teknologinya, masih ada yang tradisional walaupun di beberapa daerah yang sudah maju sudah menerapkan teknologi modern. Hal ini sejalan dengan Pasandaran (2019) bahwa dewasa ini sebagian wilayah pertanian Indonesia masih berada pada introduksi alat dan mesin pertanian yang merupakan ciri dari Industri Pertanian 2.0. 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. Mereka

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

memperoleh penghasilan dari lahan pertanian yang kecil (sempit) atau sebagai buruh tani. Untuk itu perlu langkah-langkah transformasi kebijakan yang selaras (harmoni) menuju penerapan Industri Pertanian 4.0. di masa depan.

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

## **MEMBANGUN KEMAMPUAN PRODUKSI BUAH LOKAL YANG BERDAYA SAING DALAM PERSAINGAN GLOBAL ERA INDUSTRI PERTANIAN 4.0**

### **Ketimpangan Jumlah Pohon (Tanaman Buah), Sebaran Lahan dan Jumlah Produksi Buah Lokal**

Berdasarkan neraca ekspor dan impor buah di Indonesia yang negatif, maka dalam memasuki era perdagangan bebas (pasar) bersama ASEAN tantangan utama yang dihadapi Indonesia pada agribisnis buah-buahan menurut Irawan dan Ariningsih (2014) adalah “bagaimana Indonesia dapat membendung impor buah-buahan khususnya yang dapat

diproduksi secara lokal dan meningkatkan ekspor tanpa dukungan kebijakan proteksi perdagangan dan kebijakan subsidi harga input dan harga output”.

Sehubungan dengan hal tersebut maka terdapat 6 (enam) tuntutan yang tak bisa dihindari yaitu: (a) meningkatkan kualitas produk buah-buahan yang sesuai dengan preferensi konsumen di dalam negeri dan luar negeri, sesuai dengan standar kualitas produk yang berlaku di negara importir; (b) meningkatkan produksi buah-buahan dalam kuantitas yang sesuai dengan kebutuhan konsumen di dalam negeri dan negara importir; (c) meningkatkan efisiensi produksi yang dapat menekan biaya produksi per unit produk; (d) membangun sistem logistik yang efisien dan mampu mengendalikan pasokan produk secara tepat waktu, tepat kualitas dan kuantitas yang dibutuhkan pasar dengan biaya murah; (e) menciptakan iklim investasi yang kondusif bagi pengembangan agribisnis buah-buahan lokal, dan (f) mengendalikan serta menjaga stabilitas nilai tukar rupiah (Irawan dan Ariningsih 2014).

Selanjutnya Irawan dan Ariningsih (2014) menyatakan bahwa seluruh upaya tersebut di atas perlu dilakukan secara simultan karena masing-masing aspek memiliki fungsi yang berbeda dan saling terkait. Peningkatan kualitas diperlukan agar produk yang dihasilkan dapat diterima pasar sesuai dengan preferensi konsumen. Peningkatan produksi diperlukan agar kuantitas kebutuhan pasar dalam negeri dan kebutuhan ekspor dapat dipenuhi. Penurunan biaya produksi per unit produk diperlukan agar pada segmen pasar yang sama produk yang dipasarkan relatif lebih murah sehingga mampu bersaing dengan produk yang dipasarkan oleh negara produsen lainnya. Pembangunan sistem logistik yang efisien diperlukan agar pasokan produk ke pasar konsumen dapat dilakukan secara tepat waktu, sesuai kualitas dan kuantitas yang dibutuhkan pasar, dan dengan biaya tata niaga relatif murah. Sedangkan menciptakan iklim investasi yang kondusif dan pengendalian nilai tukar rupiah diperlukan untuk menjamin keuntungan usaha para pelaku agribisnis.



**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

Di lain hal, produksi buah-buahan cenderung terkonsentrasi di daerah-daerah tertentu. Setiap daerah produsen buah umumnya memiliki pola produksi bulanan yang relatif sama, dengan kata lain tidak ada harmonisasi pola produksi antar daerah produsen. Konsekuensinya adalah pola produksi buah-buahan cenderung terkonsentrasi pada bulan-bulan tertentu, sehingga kelebihan produksi dan harga jual produk tersebut menjadi turun. Akibatnya petani produsen yang seharusnya mendapat keuntungan, malah sebaliknya mendapat kerugian. Struktur produksi yang terkonsentrasi pada wilayah tertentu dan tidak adanya keterkaitan pola produksi temporer yang harmonis antar daerah produksi menyebabkan harga buah-buahan umumnya sangat fluktuatif. Kondisi demikian tidak kondusif bagi pengembangan agribisnis buah-buahan karena risiko usaha dan ketidakpastian keuntungan usaha menjadi tinggi padahal kepastian keuntungan usaha merupakan salah satu daya tarik bagi para investor.

Fluktuasi harga buah yang relatif tinggi membuka peluang bagi pedagang buah untuk memanipulasi informasi harga dan menekan harga di tingkat petani. Di sisi lain kemampuan petani yang lemah dalam merespons dinamika pasar menyebabkan jenis buah-buahan, kuantitas dan kualitas buah yang dihasilkan petani tidak selalu sesuai dengan kebutuhan pasar, baik di dalam negeri maupun kebutuhan ekspor. Lokollo et al. (2011) mengemukakan bahwa kesinambungan pasokan, kualitas dan kuantitas yang sesuai dengan dinamika permintaan pasar dan preferensi konsumen merupakan permasalahan utama pada agribisnis hortikultura.

Sebagaimana telah diuraikan di atas, data sentra-sentra produksi buah-buahan lokal di Indonesia sudah ada tetapi tidak ditunjang dengan jumlah tanaman dan sebaran lahan serta produksi buah lokal yang akurat untuk setiap wilayah produksi. Sedangkan pertanian era industri 4.0 dituntut data yang akurat dan membutuhkan lahan usaha yang relatif luas untuk menerapkan teknologi industri 4.0. Penerapan industri pertanian 4.0 untuk komoditas buah-buahan sangat sulit dikembangkan pada lahan-lahan pekarangan yang relatif sempit, sebagaimana umumnya

keberadaan tanaman buah-buahan dewasa ini. Dengan demikian potensi pengembangan produksi buah lokal sangat terbuka dikembangkan di luar pulau Jawa karena luas lahan pertanian relatif masih luas dan jumlah penduduknya relatif jarang, sehingga peluang membangun produksi buah lokal di Indonesia pada era industri pertanian 4.0 sangat terbuka lebar dan jika direncanakan dengan baik dan benar. Artinya ketimpangan data mengenai jumlah pohon (tanaman), sebaran lahan dan jumlah produksi buah lokal dapat teratasi, sehingga tidak menutup kemungkinan, upaya ini dapat menyejahterakan petaninya.

Menurut Seminar (2016) ada empat pilar utama dalam pendekatan pertanian presisi, yaitu (1) Memandang aktivitas pertanian secara holistik dan menyeluruh dari hulu ke hilir sebagai rantai proses yang terpadu dan berkesinambungan untuk memastikan aliran konversi produk pertanian (tanaman, ternak, ikan, dan turunannya) dengan aman, efisien, dan efektif dari lahan hingga ke meja makan. (2) Memedulikan keragaman (heterogenitas) dan dinamika lokasi, waktu, objek bio, iklim, geografi, kultur, pasar, dan konsumen. (3) Mendayagunakan teknologi yang memungkinkan pengamatan dan perlakuan presisi. (4) Berbasis kepada data, informasi, dan pengetahuan yang sah.

Untuk memperoleh gambaran tentang pertanian pada umumnya dan pertanian rakyat dewasa ini, ada tiga kategori usaha pertanian yang perlu diperhatikan (Pasandaran dan Haryono 2013). *Pertama*, pertanian industrial yang umumnya diusahakan dalam skala luas, dengan komoditas 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 teknologi revolusi hijau dan bioteknologi. *Kedua*, pertanian keluarga (*family farm*) yaitu usahatani yang berskala kecil, berorientasi lokal dan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga (subsisten) atau pasar lokal, menggunakan teknologi revolusi hijau dan bergantung fase perkembangannya. *Ketiga*, pertanian marginal yang juga berbasis pertanian keluarga adalah pertanian dengan usahatani skala kecil yang

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

dianggap kurang produktif karena diusahakan pada lahan marginal atau submarginal dengan akses terhadap sumber daya produktif baik prasarana maupun sarana produksi yang sangat terbatas.

Berkaitan dengan upaya membangun kemampuan produksi buah lokal yang berdaya saing dalam persaingan global era Industri 4.0, maka kategori kedua dan ketiga akan sangat sulit untuk mewujudkannya. Masalahnya adalah bagaimana mengarahkan pertanian kategori dua dan tiga menjadi kategori pertama pada masa mendatang. Oleh sebab itu, perubahan paradigma pertanian di era 4.0 ini menjadi sangat penting, yaitu mengubah pertanian konvensional menjadi pertanian yang efisien dan efektif dengan menggunakan pendekatan teknologi informasi. Untuk hal ini perlu adanya jaminan penguasaan dan penggunaan lahan bagi petani pengelola dalam luasan yang cukup dan tidak rentan dengan kemungkinan alih fungsi lahan pertanian menjadi non pertanian.

Untuk itu, agar ketimpangan data mengenai jumlah pohon (tanaman buah), sebaran lahan dan produksi buah lokal dapat di atas perlu dipetakan potensi pengembangan buah lokal di luar Pulau Jawa, di luar lahan pekarangan dan direncanakan realisasinya dengan menggunakan teknologi industri 4.0, sehingga dihasilkan kebun-kebun buah lokal baru yang tanamannya seragam, berasal dari bibit unggul bersertifikat, dengan jarak tanam yang teratur pada suatu lokasi tertentu yang sesuai berdasarkan kelas kesesuaian lahannya. Adapun tanaman buah lokal yang lama tetap dipelihara dengan baik sehingga ke depan dapat dipergunakan sebagai plasma nutfah.

## **Produksi dan Kualitas Buah Lokal Rendah dan Kurang Berdaya Saing**

Produktivitas dan efisiensi merupakan capaian keberhasilan proses produksi yang menghasilkan produk sebanyak-banyaknya dengan input produksi seminimal mungkin. Semakin besar rasio antara keluaran dan

asupan, maka semakin produktif dan semakin efisien proses produksi tersebut. Dengan produktivitas dan efisiensi produksi yang tinggi, maka akan dihasilkan harga di tingkat produsen yang murah namun tetap berkualitas sehingga bisa bersaing dengan produk luar (pesaing).

Produktivitas dan efisiensi merupakan hasil dari penerapan teknologi produksi yang sesuai. Dalam hal budidaya tanaman hortikultura, komponen teknologi yang dimaksud meliputi: kualitas benih (varietas), proses penyiapan lahan, cara bertanam, cara memelihara tanaman, cara melindungi tanaman dari kerusakan karena faktor lingkungan baik biotik maupun abiotik, cara panen dan cara penanganan panen serta pengolahan hasil panen.

Kualitas produk merupakan salah satu kriteria penting bagi konsumen dalam memutuskan produk tersebut di samping harga yang murah. Sebagian konsumen memberikan bobot yang besar untuk mutu estetika (penampilan luar produk), sebagian lagi lebih mengutamakan mutu gizi, dan sebagian lagi memberi bobot yang seimbang di antara semua kriteria tersebut. Kontinuitas dan kepastian pasokan sangat penting. Tidak terpenuhinya pasokan pada saat yang dibutuhkan akan mengecewakan konsumen dan membuat mereka berpaling ke rantai pasokan yang lain. Dengan demikian aspek ini sangat penting dalam menjaga keberlangsungan usaha. Kualitas pelayanan sangat besar maknanya dalam menciptakan kepuasan konsumen sehingga mereka setia pada produk yang ditawarkan rantai pasok meliputi: ketepatan penyampaian produk, baik dalam hal waktu, tempat, jumlah, jenis, kualitas, dan harga.

Kelemahan daya saing produk hortikultura menurut Dimiyati (2014), adalah sebagai berikut: (a) Harga di tingkat konsumen relatif tinggi karena harga biaya produksi yang tinggi atau rantai pasokan yang panjang dengan sistem transportasi berjenjang; (b) Mutu produk yang rendah karena varietas yang digunakan tidak jelas (bukan varietas unggul yang bermutu); (c) Cara budidaya tidak memenuhi kaidah GAP antara lain

penggunaan pestisida yang tidak bijaksana, penanganan pascapanen tidak sesuai GHP dalam hal pencucian, pemilahan dan pengemasan; (d) Kemasan sederhana, tidak menarik, tanpa *branding* dan tanpa informasi *traceability*; dan (e) Pasokan tidak kontinu dan tidak konsisten, karena jumlah yang terbatas serta cara budidaya yang masih bergantung iklim. Permasalahan produksi dan kualitas buah lokal yang rendah dan kurang berdaya saing merupakan konsekuensi dari sistem budidaya hortikultura di Indonesia yang terpecah dalam unit-unit yang kecil tanpa didukung infrastruktur budidaya, teknologi pascapanen dan transportasi yang memadai.

Salah satu implementasi pertanian presisi adalah Manajemen Tanaman Spesifik-Lokasi (*Site-Specific Crop Management/SSCM*) di mana keputusan pada aplikasi prasarana dan sarana produksi dan praktik agronomi ditingkatkan kualitas dan akurasi dengan menghitung kebutuhan kesesuaian tanah dan tanaman yang lebih baik karena sifat heterogenitas dari tanah dan tanaman di lapangan (Seminar 2016). Untuk meningkatkan kualitas produksi yang rendah dan kurang berdaya saing dapat ditingkatkan dengan rekayasa kultivar atau genetik. Aplikasi pertanian presisi sangat membantu rekayasa kultivar melalui rekayasa genetik tanaman dan pemilihan bibit yang tepat untuk suatu kebutuhan spesifik pada suatu lahan spesifik. Suatu lahan dengan karakteristik tertentu bisa diintensifkan dengan budidaya varietas tanaman yang cocok dan dihasilkan dari rekayasa genetik.

## **Kualitas Sumber daya Manusia (Petani) Rendah dan Kurang Berdaya Saing dalam Perkembangan Revolusi Industri 4.0**

Perilaku petani yang enggan melakukan perbaikan dalam praktik budidaya dan pascapanennya disebabkan tidak adanya insentif untuk perbaikan karena karakteristik rantai pasoknya. Umumnya nilai tambah

yang tercipta dalam rantai pasokan lebih dinikmati oleh para pedagang, karena posisi tawar petani dalam menentukan harga jual produknya rendah. Perubahan sikap dan perilaku para pelaku usaha dalam rantai pasok produk hortikultura karena adanya kemajuan dalam teknologi informasi dan komunikasi. Posisi tawar petani menjadi lebih baik karena petani bisa memilih menjual produknya kepada pengumpul yang memberikan harga yang lebih baik.

Konsep dasar industri 4.0 ini memberikan ruang seberapa besar sumber daya manusia dapat memanfaatkan peluang kemudahan di segala bidang dengan teknologi digital tinggi yang dapat meningkatkan kinerja. Dengan demikian sangat dibutuhkan sumber daya manusia yang adaptif terhadap perkembangan teknologi yang ditawarkan, bagi petani kecil perlu difasilitasi sehingga mereka terbantu dan dapat memanfaatkannya untuk meningkatkan produksi dan produktivitas hasil usahataniannya. Anak-anak muda merupakan solusi yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas pertanian Indonesia. Selain untuk melakukan regenerasi petani muda, anak-anak muda dipercaya memiliki banyak ide kreatif untuk menciptakan produk inovatif yang bernilai jual tinggi. Saat ini waktunya untuk meningkatkan nilai produk pertanian melalui optimalisasi *value chain*, yakni melakukan hilirisasi hasil panen pertanian.

Sebagai contoh, produk kopi saat ini mulai meningkat setelah banyak kopi lokal yang dijadikan komoditas ekspor bagi perusahaan kopi multinasional asal Amerika Serikat di seluruh dunia. Contoh lainnya, jengkol yang merupakan produk asli Indonesia dengan aroma khasnya mampu menyaingi harga daging sapi setelah diketahui mempunyai kandungan nutrisi yang mampu menjadi antioksidan sebagai obat kanker. Artinya jika potensi pangan Indonesia dimaksimalkan, bukan tidak mungkin tingkat kesejahteraan petani meningkat. Masalah petani seperti permodalan dan akses pasar kini dapat diatasi dengan hadirnya teknologi berbasis internet.

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

Bertani kini tidak perlu lagi sulit, yang paling penting bagaimana caranya untuk memulai karena yang menjadi pertanyaan saat ini adalah bukan masalah kita bisa tetapi apakah kita mau untuk meraih kedaulatan pangan. Oleh sebab itu mari tanamkan dalam benak kita bahwa pertanian adalah masa depan anak-anak muda Indonesia karena petani merupakan profesi yang tidak ada matinya selama manusia masih hidup dan memerlukan makanan dari hasil pertanian.

Nasib Petani Indonesia boleh dibilang tidak berbanding lurus dengan hasil tani mereka. Indonesia merupakan negara yang mendapat julukan Negara Agraris. Julukan ini mengacu pada kenyataan bahwa lahan pertanian Indonesia sendiri sangat luas, dengan sebagian besar mata pencaharian penduduk kita sebagai petani, tetapi kebutuhan pangan utama (sembako) Indonesia masih sangat tergantung pada impor.

Permasalahan utama yang dihadapi Indonesia dalam era pertanian 4.0 (*smart agriculture or digital farming*) dan petani milenial yang bertumpu pada teknologi dan inovasi untuk produktivitas, meningkatkan nilai tambah dan daya saing menurut Simamata (2019) antara lain adalah (1) petani menua (*ageing*) dan minat kaum muda bertani sangat rendah, (2) kualitas sumber daya petani umumnya memiliki tingkat pendidikan sekolah dasar (rendah), (3) pertanian Indonesia masih bertumpu pada teknologi konvensional (*natural resources based agricultural economy*), (4) Produk olahan (agroindustri) masih terbatas, (4) ekspor utama produk pertanian masih bertumpu pada bahan baku sehingga nilai tambah dan benefitnya lebih banyak dinikmati oleh negara pengimpor (negara maju), (5) kontribusi inovasi dalam pertumbuhan ekonomi masih sangat kecil dengan nilai *total productivity factor* (TPF) hanya (1%) jauh di bawah negara di kawasan asia yang sudah mencapai 14-35%.

Apabila pemerintah fokus khusus pada nasib petani, tentu Indonesia tak harus membuka keran impor. Perubahan paradigma pertanian di era 4.0 ini menjadi sangat penting, yaitu mengubah pertanian konvensional menjadi pertanian yang efisien dan efektif dengan menggunakan pendekatan teknologi informasi. Permasalahannya adalah apakah

pertaninya sudah siap atau pada masa mendatang apakah masih ada petaninya, karena profesi petani semakin ditinggalkan oleh generasi muda. Pendekatan persiapan generasi pengelola pertanian era sekarang bukan dengan melahirkan sebanyak-banyaknya buruh tani yang langsung memanggul pacul untuk bertani, tetapi dengan memastikan bahwa di suatu wilayah atau desa terdapat tenaga ahli (petani usia muda) yang mengerti cara-cara menggunakan drone dan manajemen *farm* ataupun lahan-lahan pertanian (Zuhair 2018). Petani usia muda itu adalah petani generasi milenial. Permasalahannya adalah pada lahan siapa mereka bekerja, berapa luas lahan yang akan mereka garap. Banyak generasi muda yang sekarang menimba ilmu pertanian, orang tuanya tidak punya lahan pertanian.

Pada era sekarang, yang penting bagi petani adalah jaminan penguasaan lahan dan pemanfaatan lahan garapan dengan luasan yang cukup. Bagi petani saat ini tidak perlu hak milik; lahan sewa pun mereka garap selama menguntungkan. Walau demikian, dalam hal ini, petani senantiasa berada pada posisi yang lemah. Kapan mereka sejahtera jika selalu pada posisi tawar yang lemah. Solusinya adalah “untuk hal pangan, harus pada lahan negara”, termasuk pertanian hortikultura sehingga mereka tidak dibebani dengan biaya sewa lahan (Suherman dan Suratno 2014).

Ketika petani milenial itu mampu berlari di era yang memaksa kita untuk berlari, sebuah sektor pertanian impian dan berkelanjutan akan dirasakan oleh Indonesia pada masa yang akan datang. Kalau tidak kita siapkan dari sekarang, petani generasi milenial, maka tidak menutup kemungkinan tenaga kerja asing akan bekerja di sektor pertanian kita. Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas pertanian ke depan adalah program pendampingan mahasiswa dan penumbuhan wirausahawan muda pertanian dalam kegiatan pengabdian masyarakat semasa kuliah; atau mengkaji kembali konsep PPL (Penyuluh Pertanian Lapangan), PPM (Penyuluh Pertanian Madya) dan PPS (Penyuluh Pertanian Spesialis) yang telah terbukti berhasil pada masa lalu tahun 1984. Pada tahun 1984 Indonesia berhasil meraih predikat swasembada beras.



## Upaya Meningkatkan Kemampuan Produksi dan Daya Saing Buah Lokal pada Era Industri Pertanian 4.0

Produk hortikultura sebagai komponen bahan pangan, bersifat sebagai *fancy product*, yaitu produk yang mempersyaratkan sifat kenikmatan, keindahan dan keseragaman berbagai aspek. Oleh karena itu persyaratan mutu produk hortikultura dibangun berdasarkan kriteria jamak (*multy criteria*) dari hasil panen buah segar asli dari lapangan. Hal tersebut juga berkaitan dengan bentuk utama pemasaran dan pengonsumsian produknya yang berupa produk segar dari bentuk asli alamiah, seperti yang dipetik dari kebun. Konsekuensi dari persyaratan mutu yang demikian mengharuskan proses produksi di lapang dilakukan secara cermat, mengikuti SPO yang telah ditentukan (Sumarno 2014).

Berdasarkan sifat produk hortikultura yang disebutkan di atas, maka menurut Sumarno (2014) mutu produk segar menjadi sangat penting, yang akan menentukan harga jual, kekuatan pasar dan daya saing produk, baik di pasar lokal, regional, nasional, maupun internasional. Produk hortikultura dari petani skala kecil yang proses produksinya tidak sesuai dengan SPO, akan sangat sulit memenuhi persyaratan mutu yang telah terstandarisasi, yang dampaknya akan menjadi lemah dalam harga jual, penetrasi pasar dan daya saing.

Indonesia sebagai negara tropis dikenal sebagai produsen buah-buahan dan sayuran tropis. Namun, dilihat dari kinerja subsektor hortikultura nasional sampai saat ini masih sangat jauh dari potensi yang dimiliki tersebut. Subsektor ini belum mampu menjadi sumber devisa ekspor dan memenuhi kebutuhan konsumen domestik terhadap produk buah-buahan, sebaliknya pasar domestik dibanjiri oleh berbagai produk buah-buahan impor. Pemerintah, dalam hal ini Kementerian Pertanian, belum berhasil mengembangkan subsektor hortikultura, khususnya buah-buahan tropis baik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri

maupun untuk peningkatan devisa ekspor. Pemerintah dapat dikatakan telah gagal dalam meningkatkan kualitas buah-buahan tropis sehingga tidak berdaya saing, baik di pasar domestik maupun pasar ekspor (dunia). Hal ini terjadi karena tidak ada upaya dan program kongkret dari pemerintah untuk meningkatkan kualitas produk hortikultura, khususnya produk buah-buahan (Erwidodo 2014). Selanjutnya Erwidodo (2014) menyatakan bahwa suatu keharusan bagi pemerintah Indonesia untuk membuat rencana program jangka menengah dan panjang serta *roadmap* peningkatan produksi dan produktivitas hortikultura. Keharusan ini menjadi lebih *urgent* karena telah diberlakukannya MEA 2015 di mana akan berlaku pasar bebas dan pasar tunggal ASEAN.

Pemerintah perlu mengantisipasi potensi dampak MEA 2015, untuk menjawab tantangan dan memanfaatkan peluang yang ada. Pemerintah harus segera menyelesaikan rencana program dan *roadmap* peningkatan produksi dan produktivitas produk pertanian, termasuk produk hortikultura. Program dan *roadmap* ini harus dilaksanakan secara konsisten dengan komitmen politik kuat dan anggaran yang cukup. Agar rencana dan *roadmap* realistis dan *implementable*, Kementan harus menentukan pilihan komoditas utama, baik untuk kelompok sayuran maupun buah-buahan yang akan ditingkatkan produksi dan produktivitasnya. Untuk komoditas buah-buahan (tanaman tahunan), Kementan perlu segera memutakhirkan peta perwilayahan komoditas buah utama yang akan dikembangkan. Selanjutnya, perhatian utama pemerintah dan sumber daya nasional harus dialokasikan untuk peningkatan produksi dan produktivitas dari pilihan komoditas tersebut. Dengan adanya pilihan komoditas utama ini, perhatian pemerintah dapat lebih fokus sehingga pelaksanaan program dan evaluasi keberhasilannya dapat dilaksanakan dengan lebih intensif.

Dalam Era persaingan yang semakin ketat, setiap pelaku agribisnis hortikultura dituntut meningkatkan daya saing produk hortikultura yang dihasilkannya. Daya saing produk dapat ditelaah dari berbagai aspek;

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

mulai dari mutu produk yang lebih baik, harga jual yang lebih rendah, desain kemasan yang lebih menarik, sampai dengan pelayanan purna jual yang lebih terjamin (Yusdar 2014). Di lain pihak Pertanian era Industri 4.0 atau pertanian presisi mengarahkan pada pengamatan dan perlakuan presisi dan tepat di semua rantai produksi dengan berbasis waktu dan fakta keragaman (heterogenitas) lahan (lokasi), iklim, tanaman dan hewan, ketersediaan air dan energi, segmen pasar, preferensi konsumen dan informasi terkait, serta kaidah-kaidah yang sah untuk dijadikan skenario komputasi cerdas berbasis teknologi informasi berkinerja tinggi untuk mendukung praktik-praktik terbaik (*best practices*) di semua mata rantai produksi pertanian.

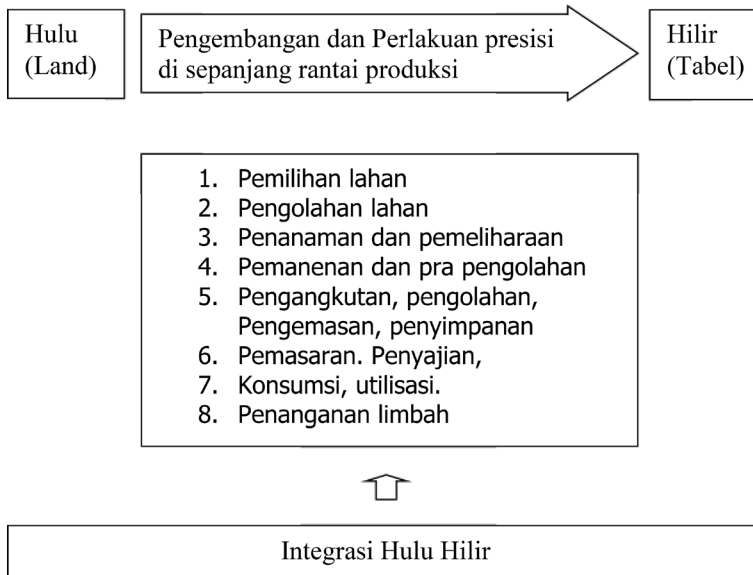
Dengan iklim tropis dan topografi yang beragam, Indonesia merupakan basis produksi untuk aneka macam tanaman hortikultura, baik yang berkarakter tropis maupun subtropis. Kekayaan sumber daya genetik yang dimiliki Indonesia menempati urutan kedua setelah Brasil; bahkan dengan kepadatan per unit area tertinggi. Populasi penduduk Indonesia berada pada urutan keempat terbesar dunia, setelah China, India dan USA, merupakan kekuatan besar yang berperan penting, baik sebagai produsen maupun konsumen (Dimiyati 2014).

Pengelolaan sumber daya alam dimaksudkan untuk mengoptimalkan manfaat sumber daya alam secara berkelanjutan agar fungsinya tetap terpelihara dengan baik sehingga dapat diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya (Kementrian Pertanian 2013). Fokus perhatian pemerintah Indonesia mengingat tantangan ke depan semakin besar menghadapi era industri 4.0 pada pasar global. Menurut Lee et al. (2013) bahwa industri 4.0 ditandai dengan peningkatan digitalisasi manufaktur yang didorong oleh empat faktor: (1) peningkatan volume data, kekuatan komputasi, dan konektivitas; (2) munculnya analisis, kemampuan, dan kecerdasan bisnis; (3) terjadinya bentuk interaksi baru antara manusia dengan mesin; dan (4) instruksi transfer digital ke dunia fisik, seperti robotika dan 3D *printing*.

Lifter dan Tschienner (2013) terdapat prinsip dasar industri 4.0, yaitu penggabungan mesin, alur kerja, dan sistem dengan menerapkan jaringan cerdas di sepanjang rantai dan proses produksi untuk mengendalikan satu sama lain secara mandiri. Hermann et al. (2016) menambahkan, ada empat desain prinsip industri 4.0. sebagai berikut: (1) Interkoneksi (sambungan) yaitu kemampuan mesin, perangkat, sensor, dan orang untuk terhubung dan berkomunikasi satu sama lain melalui *Internet of Things* (IoT) atau *Internet of People* (IoP). Prinsip ini membutuhkan kolaborasi, keamanan, dan standar, (2) Transparansi informasi merupakan kemampuan sistem informasi untuk menciptakan salinan virtual dunia fisik dengan memperkaya model digital dengan data sensor termasuk analisis data dan penyediaan informasi. (3) Bantuan teknis yang meliputi: a) kemampuan sistem bantuan untuk mendukung manusia dengan menggabungkan dan mengevaluasi informasi secara sadar untuk membuat keputusan yang tepat dan memecahkan masalah mendesak dalam waktu singkat; b) kemampuan sistem untuk mendukung manusia dengan melakukan berbagai tugas yang tidak menyenangkan, terlalu melelahkan, atau tidak aman; c) meliputi bantuan visual dan fisik. (4) Keputusan terdesentralisasi yang merupakan kemampuan sistem fisik maya untuk membuat keputusan sendiri dan menjalankan tugas seefektif mungkin.

Data Informasi, pengetahuan dan pakar untuk mendukung pertanian presisi tersebar di berbagai lokasi geografis sehingga diperlukan internet, ekstranet dan intranet teknologi, *Web, mobile and cloud computing technology*). Pengamatan dan perlakuan presisi yang terintegrasi di sepanjang rantai produksi dari hulu (*land*) hingga hilir dapat digambarkan sebagai berikut (Gambar 1) :

Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0



**Gambar 1.** Penerapan Pertanian Presisi (*Precision Agriculture*)

Sumber : Seminar K.B. (dimodifikasi) (2018)

Konsep dasar industri 4.0 ini memberikan ruang seberapa besar sumber daya manusia dapat memanfaatkan peluang kemudahan di segala bidang dengan teknologi digital tinggi yang dapat meningkatkan kinerja. Pada prinsipnya penguatan daya saing adalah transformasi keunggulan komparatif yang dimiliki Indonesia menjadi keunggulan kompetitif. Keunggulan komparatif yang dimiliki Indonesia meliputi : iklim, sumber daya genetik, dan sumber daya manusia. Dengan demikian sangat dibutuhkan sumber daya manusia yang adaptif terhadap perkembangan teknologi yang ditawarkan, bagi petani kecil perlu difasilitasi sehingga mereka terbantu dan dapat memanfaatkannya untuk meningkatkan produksi dan produktivitas hasil usahatani. Hal ini dapat ditempuh melalui: (a) tanaman lama tetap dipelihara dengan baik, ditata dan dilakukan penyulaman pada tanaman yang tidak produktif (mati) dengan varietas unggul, (b) dibuat model pertanaman tanaman buah-buahan

dengan konsep agribisnis sesuai dengan era industri pertanian 4.0, (c) petani belajar dari apa yang dilihat, didengar dan dirasakan, diharapkan terjadi perubahan sesuai kebutuhan era industri pertanian 4.0.

Aplikasi pertanian presisi di rantai hilir mencakup semua rantai tahapan agribisnis mulai dari pascapanen hingga pemasaran dan penyampaian produk pertanian ke pengguna akhir. Menurut Seminar (2016), penerapan dan pencapaian pertanian presisi yang memprioritaskan perbaikan pada dimensi lingkungan, sosial, dan ekonomi. Agroindustri merupakan kegiatan pertanian yang tersistem dan terintegrasi dari hulu ke hilir (*from land to table*) yang berkesinambungan harus terpantau dan terkendali agar perjalanan transformasi produk pada setiap mata rantai pasok berjalan baik, aman, ekonomis, efisien, efektif, dan berkelanjutan. Ketelitian pada setiap proses transformasi produksi pertanian perlu dipastikan agar presisi dalam proses dan produk terjamin sehingga nilai tambah (*added value*) produk pertanian dapat dioptimalkan hingga hilirnya. Dalam era globalisasi dan perdagangan bebas di mana pasar dan konsumen semakin cermat, peduli, dan teliti terhadap produk pertanian yang prima yang dapat secara mudah dilacak (*traceable*) menjadi tuntutan utama. Proses dan produk pertanian harus memenuhi standardisasi mutu dunia yang terukur dan tertelusur sebagai syarat yang menentukan layak tidaknya suatu produk pertanian itu diekspor atau diimpor dari suatu negara ke negara lain.

Agroindustri merupakan kegiatan pertanian yang tersistem, terintegrasi dan berkesinambungan dari hulu ke hilir (*from land to table*), serta harus terpantau dan terkendali agar terjadi transformasi produk pada setiap mata rantai pasok berjalan baik, aman, ekonomis, efisien, efektif, dan terjamin keberlanjutannya. Setiap proses transformasi produksi pertanian harus dipastikan berjalan secara teliti dengan presisi sehingga nilai tambah (*added value*) produk pertanian dapat dioptimalkan hingga hilirnya. Dalam era globalisasi dan perdagangan bebas di mana pasar dan konsumen semakin cermat, peduli, dan teliti terhadap produk pertanian yang dibeli maka kemudahan keterlacakan (*traceability*) menjadi

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

tuntutan utama. Proses dan produk pertanian juga harus memenuhi standarisasi mutu dunia yang terukur dan tertelusur sebagai syarat yang menentukan layak tidaknya suatu produk pertanian itu diekspor atau diimpor dari suatu negara ke negara lain (Seminar 2016).

Tidak banyak pelaku komoditas pertanian Indonesia yang mampu menembus pasar ekspor seperti Amerika Serikat, negara-negara Uni Eropa, dan Jepang karena tidak memiliki sistem pelacakan yang baik sebagai salah satu syarat legalnya sistem pertanian presisi dan sistem pelacakan akan saling menguatkan dan keduanya memerlukan dukungan teknologi informasi dan komputasi berkinerja tinggi untuk menjamin akuisisi dan pengolahan data yang cepat dan akurat dalam pemantauan, pengambilan keputusan, serta pengendalian berbagai aktivitas produksi produk pertanian di setiap mata rantai produksi dan pasok dari hulu ke hilir.

## **Upaya Meningkatkan Kualitas Sumber Daya Manusia dalam Sektor Budidaya Buah Lokal pada Era Industri 4.0**

Pengembangan sumber daya manusia dalam bidang hortikultura tidak hanya dilakukan untuk meningkatkan kemampuan dalam penerapan teknologi hortikultura, tetapi juga untuk meningkatkan motivasi dan persepsi tentang pertanian modern, serta untuk perbaikan moral, transformasi tradisi dan kultur menjadi pertanian berbudaya industri (Renstra Puslitbanghorti 2014-2019). Petani harus memahami bahwa untuk meningkatkan produksi dan produktivitas tanaman dibutuhkan upaya penggunaan input produksi secara berimbang. Petani harus mampu menerapkan teknologi tepat guna yang selaras dengan kondisi ekosistem yaitu biofisik, sosial dan ekonomi (Yusdar 2014). Permasalahannya minat masyarakat, khususnya generasi muda untuk menjadi petani semakin menipis. Rendahnya minat menjadi petani lantaran citra profesi petani yang identik dengan kemiskinan.

Revolusi Industri 4.0 di bidang pertanian antara lain pekerjaan yang biasanya dilakukan oleh manusia secara tradisional dapat dimudahkan atau digantikan oleh adanya sistem *Internet of Things* (IoT) di mana mesin industri otomotif terintegrasi dengan internet. contohnya pengumpulan data mengenai suhu, curah hujan, serangan hama, kecepatan angin serta muatan tanah. kemudian data tersebut digunakan untuk mengotomatisasi teknik pertanian sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas, meminimalkan limbah, serta dapat mengurangi upaya yang lebih merepotkan dalam pengelolaan tanaman. Sebenarnya Revolusi Industri 4.0 sudah cukup populer di Eropa karena adanya bencana demografi, yaitu keadaan di mana jumlah penduduk produktif lebih sedikit dibanding penduduk yang nonproduktif (Velly 2018).

Pertanyaannya adalah pentingkah Revolusi Industri 4.0 dalam bidang pertanian di Indonesia saat ini, karena Indonesia justru sedang mengalami bonus demografi? Salah satu ciri pertanian yang maju adalah memiliki daya saing produk yang kuat. Negara yang memiliki daya saing yang kuat dibuktikan dengan banyaknya mengekspor produk untuk menghasilkan produk yang berstandar pasar global memerlukan kualitas bibit, lahan, serta perawatan yang berkualitas. Untuk mewujudkan hal tersebut diperlukan solusi yang terbaik. Industri 4.0 dengan menggunakan banyak kecanggihan, salah satunya *Artificial Intelligence* mampu memberikan solusi.

Selama ini, menurut Tanaya Ina (2018), yang menjadi hambatan utama dalam dunia pertanian di Indonesia adalah: (a) Semakin sempitnya lahan untuk pertanian karena berubah fungsi dari lahan pertanian menjadi tanah komersial atau perumahan yang dilakukan pengembang. (b) Perubahan cuaca yang tidak dapat prediksi yang membuat petani sering gagal panen karena tiba-tiba hujan dan banjir sehingga panen pun harus dipercepat. (c) Masalah sosial seperti tidak ada regeransi anak muda yang ingin jadi petani karena dianggapnya pekerjaan petani tidak menyejahterakan. (d) Tanah yang berkurang tiap tahun sekitar



**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

96.500 ha karena petani menjual tanahnya kepada pengembang. (e) Berkurangnya atau hilangnya sumber-sumber pertanian tanpa adanya diversifikasi pangan. Masalah yang bertumpuk itu memang seharusnya diselesaikan satu per satu. Namun, kecepatan Revolusi Industri 4.0 dalam dunia pertanian telah ada di depan mata. Sekaligus membuat kita harus secepatnya harus membuat strategi untuk mentransformasikan kekuatan yang berimplikasi besar.

Bagi petani yang terbiasa dengan sistem pertanian konvensional, perlu secepatnya beradaptasi dengan aplikasi dan peralatan modern yang telah dikembangkan berbasis ICT. Namun, terdapat kendala bagi petani yang punya kebiasaan lama atau tradisional atau Revolusi 0.1 untuk berubah ke pola yang baru dengan teknologi internet. Solusinya antara lain Balitbang Pertanian sebaiknya memberikan pelatihan kepada petani lama yang mau belajar teknologi, dengan bersinergi bersama perguruan tinggi, pemerintah daerah dan unsur yang berkepentingan lainnya. Dengan upaya ini diharapkan regenerasi petani pada anak-anak muda yang memiliki banyak ide kreatif untuk menciptakan produk inovatif yang bernilai jual tinggi bisa berhasil. Saat ini waktunya untuk meningkatkan nilai produk pertanian melalui optimalisasi *value chain*, yakni melakukan hilirisasi hasil panen pertanian.

## **Kebijakan Pemerintah dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

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 (*Information and Communication Technology*) yang mampu mewujudkan

keberlanjutan sistem pangan dan pertanian sekaligus menjamin kelestarian sumber daya alam dan lingkungan. Orientasi pembangunan modern adalah meningkatkan kesejahteraan masyarakat petani sebagai pelaku utama pembangunan pertanian (Rochmani 2019). Konsep pembangunan pertanian modern yang diusulkan untuk dibangun adalah *digital farming* yaitu suatu evolusi inovasi berbasis *precision farming* dengan memanfaatkan elemen dan teknologi kunci *Industry 4.0* untuk seluruh praktik pertanian dan proses produksi dari hulu-hilir secara tepat (presisi), efisien dan berdaya saing (CEMA 2017).

Masalah yang selalu dihadapi komoditas pertanian adalah kecenderungan menurunnya harga dalam jangka panjang dan ketidakstabilan harga dalam jangka pendek. Bersama-sama dengan faktor eksternal seperti perubahan iklim dan degradasi sumber daya alam merupakan penyebab tingginya risiko berusaha disektor pertanian. Upaya diversifikasi baik vertikal berupa perbaikan nilai tambah produk olahan ataupun diversifikasi horizontal berupa diversifikasi ke arah produk primer yang luas masih terbatas apalagi diversifikasi ke arah kegiatan ekonomi baru seperti manufaktur dan jasa masih terbatas. Demikian pula pengelolaan risiko berbasis pasar seperti asuransi masih dipraktikkan secara terbatas walaupun disadari bahwa asuransi juga hanya mampu mengatasi persoalan jangka pendek (Pasandaran, Haryono dan Suherman 2014). Selanjutnya dikemukakan bahwa untuk mengatasi masalah-masalah tersebut memang perbaikan produktivitas dan efisiensi merupakan salah satu upaya untuk memperkuat daya saing. Terkait dengan efisiensi adalah masalah skala ekonomi yang diperlukan untuk sesuatu usaha dapat beroperasi secara optimal.

Permasalahan lain adalah umumnya petani di Indonesia tergolong dalam kelompok petani gurem dengan penguasaan lahan yang sempit serta pola manajemen yang individual dan tradisional, menyebabkan usaha pertanian di Indonesia tidak dapat mencapai skala yang diinginkan (Setiawan 2008). Sejalan dengan pendapat Pasandaran dan Syakir (2018)

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

bahwa pertanian di Indonesia dapat digolongkan dalam 2 (dua) bentuk yaitu pertanian besar dan pertanian rakyat. Pertanian rakyat umumnya adalah pertanian keluarga (*family farm*) dengan ciri-ciri usahatani berskala kecil, berorientasi lokal untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga (subsisten) atau pasar lokal.

Dalam kondisi seperti itu maka kontinuitas, kualitas, dan kuantitas suatu produk pertanian akan sulit diwujudkan oleh petani-petani gurem atau pertanian rakyat. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut menurut Suherman (2017) adalah dengan cara kerja sama (kooperatif) antar petani gurem dalam pengelolaan usaha pertanian dengan mengubah struktur manajemen usaha pertanian dari semula secara individual menjadi manajemen bersama (kolektif) yaitu usaha individual ke usaha kolektif (*collective farming*). Dengan pertanian kolektif maka kontinuitas, kualitas, dan kuantitas dapat terwujud sebagaimana diharapkan oleh pasar modern (Setiawan 2003). Di samping itu kerja sama tersebut akan membuat usaha pertanian lebih efisien dan memiliki akses ke pasar yang lebih luas dalam bentuk seperti perusahaan (*corporate farming*). Konsep *corporate farming* ini merupakan suatu langkah strategis agar petani gurem dapat bersaing dalam pasar modern dan global saat ini dengan cara melakukan kontrak dengan pembeli (*buyer*). Dengan demikian dapat dikatakan *corporate farming* merupakan usaha penggabungan kekuatan dari para petani individual untuk membentuk suatu kelompok yang memiliki visi maju bersama. Prinsip usahatani kelompok merupakan usaha dari petani, oleh petani dan untuk petani. Dengan adanya penggabungan kekuatan ini, maka akan terbentuk sinergi dalam peningkatan produksi dan produktivitas yang mampu secara stabil memenuhi kebutuhan pasar, baik dari sisi jumlah, kualitas maupun keberlangsungan usahanya. Secara sederhana keberlanjutan upaya membangun produksi buah lokal dalam persaingan global era industri pertanian 4,0 menurut Suherman A. (2018) dapat dijelaskan melalui Gambar 2.

Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)



**Gambar 2.** Konsep 6 K+1S (kuantitas, kualitas, kontinuitas, kolektivitas, korporasi/ kontrak dan komitmen) dan sinergitas dalam mendukung keberlanjutan produksi dan pemasaran buah lokal (segar dan olahan)

Beberapa kelemahan di sektor pertanian termasuk komoditas hortikultura yang masih dianggap mempunyai peluang untuk diperbaiki antara lain: (a) rendahnya hasil komoditas pertanian di wilayah-wilayah tertentu di luar Jawa, (b) regulasi ekspor dan impor komoditas pertanian tertentu seperti komoditas pangan, dan komoditas hortikultura yang justru menjadi kendala dalam penguatan daya saing, dan (c) luas usahatani yang umumnya kecil-kecil (kurang dari 0,5 ha) menyulitkan terwujudnya skala ekonomi (Pasandaran, Haryono dan Suherman (2014). Untuk memperkuat daya saing ekonomi nasional termasuk daya saing komoditas pertanian diperlukan klaster wilayah yang berbeda yang selain mempertimbangkan pendekatan pulau-pulau besar juga mempertimbangkan wilayah-wilayah perbatasan, baik perbatasan darat maupun perbatasan pulau-pulau kecil terluar, dan pulau-pulau kecil lainnya yang jumlahnya sekitar 17.500 pulau. Posisi geopolitik wilayah perbatasan, baik darat maupun pulau-pulau kecil terluar menjadi sangat strategis dalam memperkuat daya saing bangsa mengingat keterkaitannya dengan negara lain dan perannya untuk menjaga keutuhan NKRI.

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

Adopsi pertanian pintar (*smart farming*) dan pelibatan kaum muda menjadi petani milenial menjadi kunci keberhasilan pertanian Indonesia di masa depan. Generasi petani milenial/digital dengan memanfaatkan teknologi informasi dengan mudah dapat mengakses berbagai teknologi dan inovasi untuk (1) meningkatkan produktivitas, nilai tambah dan daya saing produk pertanian Indonesia, dan (2) memanfaatkan pasar nasional, regional dan internasional. Fokus inovasinya adalah berbasis pemecahan masalah (*market driven*) dengan langkah sebagai berikut: lakukan terobosan yang kreatif (*think the new thing*), kerjakan dan operasionalkan dengan efisien (*doing the new thing*) dan cetak keuntungan (*make benefit from the new thing*), yaitu Konsekuensinya, perguruan tinggi dan *stakeholder* lainnya perlu melakukan transformasi pendidikan untuk menghasilkan lulusan yang menjadi *job creator* atau *agrotechnoprenuer* (Simarmata 2019).

*Social innovation* telah berkembang beberapa waktu yang lalu seiring kompleksnya masalah sosial yang ada. Bahkan menurut Swyngedouw (2005) *social innovation* muncul sebagai “*the third way*” atau jalan tengah untuk menyelesaikan masalah yang ditimbulkan pasar dan kegagalan negara (*state failures*). Upaya penyelesaian dilakukan dengan melakukan integrasi kelompok atau komunitas dan melakukan dinamika agar mencapai standar kesejahteraan. Berbagai masalah yang diakibatkan ketidakpuasan masyarakat terhadap kondisi sosial ekonomi yang dapat dikatakan cukup dilematik. Oleh karena itu, muncul berbagai pandangan untuk melakukan sebuah inovasi dan struktur baru yang disebut *social innovation* dengan memanfaatkan berbagai sumber daya, seperti kreativitas, finansial, organisasi, teknologi, politik, dan budaya.

Kebijakan nasional memiliki peran penting dalam menciptakan lingkungan yang baik bagi pertumbuhan berbagai ide dan implementasi *social innovation*. Terutama ketika pasar konvensional tidak mampu menjadi solusi terhadap berbagai masalah sosial maka di sana dibutuhkan otoritas publik untuk memberikan dukungan agar potensi *social innovation*

dapat berkembang. Peran pemerintah dalam hal ini yaitu membuka data publik sebagai sumber informasi dalam mengembangkan ide dan sebuah inovasi. Selanjutnya melibatkan pihak ketiga untuk memberikan pelayanan publik serta memberikan peluang dan kesempatan kepada *social innovator*.

Indikator lain adalah aspek finansial. Terdapat tiga aspek yang sangat penting, pertama, bagaimana pemerintah mendukung secara anggaran berbagai *social innovation* yang muncul; akses terhadap kredit dalam pengembangan *social innovation* serta total pengeluaran publik untuk mendukung *social innovation*. Selanjutnya indikator *society* atau dukungan masyarakat. Ada empat hal yang dapat menentukan bagaimana dukungan masyarakat yaitu: 1) *volunteerism* yang muncul di masyarakat untuk mengembangkan dan terlibat dalam *social innovation*, 2) partisipasi politik, yaitu bagaimana masyarakat terlibat dalam mendukung *social innovation* dalam hal politik. Selanjutnya bagaimana *civil society* atau anggota masyarakat memiliki kedekatan dengan berbagai kegiatan *social innovation*, 3) modal sosial berupa tingkat kepercayaan antar masyarakat dan 4) kebebasan pers yang menyebarkan berbagai informasi tentang *social innovation*.

Selanjutnya indikator *entrepreneurship*. Hal-hal yang menentukan perkembangan *social innovation* sangat berkaitan dengan individu dan struktur. Seperti bagaimana pandangan seorang *social innovator* tentang pengambilan risiko dan sikapnya dalam mengembangkan usaha. Dari sisi struktur ada hubungannya dengan kemudahan membuat sebuah aktivitas dan usaha. Serta pengembangan kluster usaha. Berdasarkan indikator, Indonesia berada pada peringkat tertinggi dalam aspek *society*. Indonesia masuk dalam 18 besar dengan score 58,9. Capaian tersebut menunjukkan bahwa Indonesia memiliki modal sosial yang tinggi sehingga mendorong munculnya berbagai *social innovation*. Terdapat aspek *volunteerism* yang tinggi sehingga Indonesia dapat berada pada

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

posisi tersebut. Hal ini merupakan potensi yang bagus bagi Indonesia sehingga dapat meningkatkan lagi inovasi dan menyelesaikan masalah-masalah sosial secara berkelompok.

Indonesia secara umum berada pada posisi tengah dalam revolusi industri 4.0 di ASEAN. Kondisi tersebut bukan berarti Indonesia harus merasa tenang karena negara lain, seperti Malaysia, Filipina, Vietnam, dan Brunei Darussalam juga berupaya bergerak lebih cepat. Revolusi industri keempat memungkinkan tiap negara untuk melakukan *leapfrogging*. Oleh karena itu, Indonesia pun perlu memiliki rencana strategis dan segera mengimplementasikannya. Dalam rangka pelaksanaan inovasi era revolusi industri keempat, Indonesia perlu melakukan pemetaan potensi dan tantangannya, serta merumuskan tujuan dari revolusi industri 4.0 yang akan dikembangkan. Selanjutnya seperti Singapura dan Thailand, dibutuhkan kerja sama antara berbagai pihak, baik industri, entrepreneur, pemerintah pusat, pemerintah daerah, serta organisasi kemasyarakatan dalam merumuskan strategi Indonesia menghadapi revolusi industri 4.0.

## **HARMONI TEKNOLOGI DENGAN BUDAYA SEBAGAI STRATEGI UNTUK MEMBANGUN KEMAMPUAN PRODUKSI BUAH LOKAL DALAM PERSAINGAN GLOBAL ERA INDUSTRI 4.0**

Kegiatan pertanian adalah kegiatan yang terbesar dipegang oleh masyarakat di Indonesia. Namun berbagai batasan yang mencakup penguasaan lahan, kesuburan lahan yang beragam, kondisi iklim dan musim sulit diprediksi, dinamika harga produk dan kondisi pasar serta kondisi lainnya masih merupakan hal-hal yang menghambat pertumbuhan produksi pertanian. Tingkat pemilikan dan penguasaan

lahan usahatani yang sempit menyebabkan hasil produksi juga rendah. Dengan hasil yang sedikit dengan kualitas produk yang tidak terlalu bagus, sulit untuk menembus pasar modern, sehingga harga jual hasil pertanian juga rendah. Lebih jauh lagi, modal usaha petani pada umumnya masih kecil, sehingga menghambat proses produksi terutama dalam hal pengadaan sarana produksi. Walaupun saat ini banyak lembaga yang menawarkan peminjaman modal, akan tetapi petani kecil umumnya mengalami kesulitan saat menghadapi masalah birokrasi perbankan. Petani kecil atau petani gurem masih belum sepenuhnya mampu memenuhi syarat perbankan, karena umumnya tidak memiliki jaminan (Suradisastra 2019).

Bila sektor pertanian tetap diandalkan untuk memberi makan dunia, maka pengelolaannya perlu diarahkan untuk berubah ke arah yang menyerupai manajemen industri (perusahaan), sebagaimana dilakukan oleh perusahaan-perusahaan pertanian besar. Usaha komoditas pertanian yang memiliki pasar tinggi adalah usahatani yang sangat menguntungkan; termasuk usaha komoditas pertanian buah-buahan. Pada saat ini beberapa jenis buah-buahan di Indonesia yang telah dimanfaatkan sebagai tambahan sumber penghasilan petani hortikultura belum dapat memenuhi harapan. Komoditas buah tropik (buah lokal) Indonesia masih kalah bersaing dalam menghadapi tantangan pasar sehingga belum mampu mencukupi peluang pasar sesuai dengan kebutuhan konsumen.

Dalam menghadapi era ekonomi global dan perdagangan bebas yang berlaku mulai tahun 2003, maka hasil hortikultura terutama buah-buahan Indonesia, akan menghadapi persaingan ketat yang tidak ringan. Indonesia seharusnya menjadi pelopor persaingan pasar buah yang sulit ditemukan di daerah subtropis. Indonesia harus menghasilkan buah-buahan yang bermutu tinggi dengan volume yang cukup dan tersedia setiap saat secara kontinu yang kelak menjadi kunci keberhasilan dalam persaingan tersebut (Sunarjono 2016). Untuk itu agar berbagai komoditas buah-buahan yang tersebar di seluruh penjuru wilayah Indonesia mampu



**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

bersaing dengan Negara lain, maka diperlukan sistem pemantauan yang handal dari sisi aspek budaya, budidaya, prakiraan cuaca, pembibitan, pemupukan, antisipasi bencana, serangan hama, kalkulasi biaya, harga, hingga sampai ke pemasaran (pendistribusian). Bibit unggul, teknik bercocok tanam yang tepat dan benar secara agribisnis, serta penanganan pascapanen yang baik akan mampu menghasilkan buah yang bermutu tinggi.

Sebagai alternatif pertanian masa depan, sistem pertanian presisi menjanjikan teknik dan pengelolaan pertanian yang lebih baik. Masalah yang timbul dalam setiap program pembangunan sektor pertanian yang mengintroduksi teknologi baru, pada umumnya bukan pada kesalahan teknologinya, melainkan kesiapan petaninya. Petani tidak ingin mengadopsinya karena tidak mampu menyewa atau membeli teknologi baru tersebut. Semakin canggih suatu teknologi, maka semakin tinggi harganya dan semakin rumit aplikasinya. Petani kecil (gurem) sangat sulit untuk mengadopsinya, sehingga terpaksa terikat pada teknologi konvensional atau tradisional. Tetapi bukan berarti yang konvensional atau yang tradisional itu jelek (tidak baik). Pertanian tanpa limbah atau pertanian terpadu atau integrasi tanaman ternak; teknologi itu masih relevan walaupun tergolong konvensional atau tradisional.

Integrasi tanaman ternak, pertanian tanpa limbah, pertanian ramah lingkungan, pertanian berkelanjutan sejatinya yang merupakan budaya masyarakat petani Indonesia masa lampau (nenek moyang Indonesia) yang lebih dikenal dengan pertanian organik masih tetap relevan (selaras, sejalan) dalam pertanian era 4.0., tanpa harus ditinggalkan. Teknik pertanian masa lalu tetap dipertahankan (dilestarikan), teknologi pertanian masa kini terus dikembangkan secara berdampingan (selaras dan harmoni) (Suherman 2017).

Dalam arti luas agribisnis didefinisikan sebagai rangkaian kegiatan usaha yang menghasilkan produk pertanian hingga dikonsumsi oleh konsumen (Downey dan Ericson 1992, Cramer dan Jensen 1994). Secara

umum terdapat tiga kegiatan yang tercakup dalam agribisnis yaitu: (a) kegiatan pengadaan sarana produksi pertanian yang dilakukan oleh pedagang sarana produksi, (b) kegiatan usahatani atau produksi komoditas pertanian yang dilakukan oleh petani, dan (c) kegiatan pemasaran/pengolahan hasil pertanian yang dilakukan oleh pedagang hasil pertanian/industri pengolahan. Ketiga kegiatan tersebut saling terkait secara fungsional dan membentuk suatu sistem agribisnis yang dapat dibagi atas subsisten hulu, subsisten produksi dan subsisten hilir. Keterkaitan antara kegiatan tersebut bersifat hirarkis dalam pengertian kelancaran kegiatan pengadaan sarana produksi akan mempengaruhi kelancaran kegiatan usahatani yang dilakukan petani dan selanjutnya akan mempengaruhi pula kelancaran kegiatan pemasaran yang dilakukan oleh pedagang hasil pertanian.

Secara empirik kemampuan bersaing suatu sistem agribisnis ditunjukkan oleh kemampuan dalam memproduksi dan memasarkan produk yang sesuai dengan preferensi dan kebutuhan konsumen dengan biaya relatif murah (Irawan 2003). Dengan kata lain sistem agribisnis yang berdaya saing tinggi harus bersifat efektif dan efisien. Efektif dalam pengertian bahwa sistem tersebut (menurut waktu) mampu merespons perubahan kebutuhan konsumen (jenis produk, kualitas, kuantitas) sedangkan efisien memiliki makna lain yaitu sistem tersebut mampu menghasilkan produk dan memasarkan produk yang dibutuhkan konsumen dengan biaya relatif murah.

Dalam rangka meningkatkan daya saing agribisnis buah maka pengembangan komoditas buah ke depan perlu lebih diarahkan pada beberapa upaya sebagai berikut:

1. Pembangunan agribisnis buah dilaksanakan dengan berbasis kawasan. Tujuannya adalah untuk mendekatkan seluruh komponen agribisnis terkait (agribisnis hulu hingga hilir) sehingga biaya transaksi di antara para pelaku agribisnis menjadi lebih murah. Penetapan kawasan buah dilakukan dengan memperhitungkan keunggulan

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

setiap wilayah dalam memproduksi dan memasarkan jenis buah tertentu. Pada setiap kawasan dibentuk sentra-sentra produksi yang sedikitnya melibatkan petani, pedagang sarana produksi dan pedagang buah. Pembentukan kawasan tersebut tersebar di seluruh provinsi yang potensial dalam rangka memperkecil risiko fluktuasi harga akibat adanya konsentrasi produksi pada daerah tertentu.

2. Menciptakan keterkaitan pola produksi yang harmonis di antara kawasan dan di antara sentra produksi. Hal ini diperlukan untuk memperkecil fluktuasi produksi menurut musim yang selanjutnya berdampak pada fluktuasi harga yang relatif tinggi. Dalam kaitan ini perlu dibentuk kelembagaan tertentu yang berperan dalam merencanakan dan mengendalikan pola produksi yang disesuaikan dengan kebutuhan pasar.
3. Menciptakan keterkaitan fungsional yang harmonis di antara para pelaku agribisnis pada setiap sentra produksi. Hal ini diperlukan untuk meningkatkan kemampuan agribisnis buah dalam merespon perubahan pasar secara efektif dan efisien baik dalam jenis produk, kuantitas, kualitas dan kontinuitas pasokan pada setiap segmen pasar. Upaya ini dapat ditempuh dengan mengembangkan kemitraan di antara para pelaku agribisnis dengan prinsip yang saling menguntungkan.

Revolusi Industri 4.0 tidak mungkin hanya dihadapi dengan pengembangan teknologi tanpa melibatkan dinamika sosial di dalamnya. Selain menyiapkan daya saing yang unggul, perlu dibangun kesadaran dan kedewasaan masyarakat dalam menyikapi perkembangan dunia saat ini, terutama di zaman *post truth*, ketika informasi yang mengalir deras tanpa kejelasan kebenarannya. Perlu dirumuskan strategi kebijakan nasional melalui kesadaran dan kedewasaan berpikir.

Dalam menghadapi revolusi industri 4.0, maka peneliti berpendapat terdapat dua jalan yang meski ditempuh: *Pertama*, menyiapkan pelaksanaan pendidikan yang *link and match* antara sumber daya manusia

dan kebutuhan zaman di era revolusi industri. *Kedua*, selain menyiapkan pendidikan yang *link and match*, sumber daya manusia yang disiapkan juga harus dibekali dengan pendidikan nilai-nilai kemanusiaan yang diajarkan oleh ilmu sosial humaniora (Prasetyo dan Trisyanti 2018).

Dalam kondisi Indonesia, tampaknya 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 maksimal, produksi tinggi, dan keuntungan yang menarik dalam suatu kegiatan usaha yang berkelanjutan (suradisastra 2019). Akan tetapi bagi petani kaya atau perusahaan besar mungkin saja hal ini tidak masalah.

Kesempatan desentralisasi pembangunan dan kemudahan akses terhadap informasi semakin tinggi dalam revolusi industri 4.0. Revolusi industri sebelumnya, baik revolusi 1.0, 2.0, dan 3.0, belum mampu menyelesaikan berbagai masalah sosial, ketimpangan ekonomi, dan lingkungan. Bahkan dalam beberapa hal memperparah masalah tersebut. Munculnya revolusi industri 4.0 memungkinkan berbagai kelompok kepentingan berkomunikasi dan mengembangkan inovasinya, salah satu bentuk penyelesaian masalah tersebut yaitu *social innovation* (Agustina 2019).

## PENUTUP

Peningkatan daya saing produk hortikultura harus merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari transformasi sektor pertanian dan transformasi ekonomi. Dalam rangka pelaksanaan inovasi teknologi era revolusi industri Pertanian 4.0. Indonesia perlu melakukan pemetaan potensi pengembangan buah lokal dan tantangannya di seluruh Wilayah Indonesia, serta merumuskan tujuan dari penerapan industri pertanian

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

4.0 yang akan dikembangkan pada suatu wilayah dengan komoditas buah lokal tertentu yang tepat menurut kesesuaian lahannya dan budaya masyarakatnya. Proses adopsi inovasi teknologi era Industri Pertanian 4.0 dalam upaya membangun kemampuan produksi buah lokal harus selaras dengan budaya masyarakat petani buah lokal dan perkembangan teknologi pertanian komoditas buah lokal di suatu wilayah, karena setiap daerah memiliki tingkat kesiapan dan penguasaan teknologi yang berbeda-beda. Bagi Daerah yang sudah siap dengan teknologi yang ditawarkan Industri Pertanian 4.0 dipersilahkan untuk segera mengaplikasikannya, tanpa harus menunggu daerah lainnya siap. Untuk daerah yang belum siap, agar mempersiapkan diri sesuai dengan kemampuannya dan tingkat teknologi yang telah dikuasainya. Untuk dapat membangun kemampuan produksi buah lokal dalam persaingan global era Industri Pertanian 4.0 perlu direncanakan dan disiapkan generasi milenial yang aktif dan kreatif sebagai innovator, fasilitator dan motivator bagi petani-petani buah lokal. Saat ini pemenuhan produksi pangan tertumpu pada lahan-lahan milik petani yang relatif sempit dan sangat rentan akan terjadinya alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian, perlu dipertimbangkan kembali adanya lahan pertanian abadi pada lahan-lahan Negara dengan luas yang cukup. Selain itu, perlu dipertimbangkan adanya program pendampingan petani melalui penyuluh swakarsa atau melibatkan perguruan tinggi di mana dosen-dosen pertanian dapat difungsikan sebagai penyuluh karena dosen adalah fungsional, dan mahasiswa pada saat Kuliah Kerja Nyata atau melaksanakan tugas-tugas mata kuliahnya. Perlu dikaji kembali konsep transfer teknologi dan informasi melalui kegiatan penyuluhan yang berjenjang yaitu PPL, PPM dan PPS. PPS dapat dipenuhi oleh dosen dan peneliti yang kompeten di bidangnya sebagai tugas tambahan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina N, Kala A. 2019a. *Peluang Sosial Innovation dalam Revolusi Industri 4.0 di ASEAN. Di mana Posisi Indonesia*. Cetakan pertama. Forbil Institute. Yogyakarta. file:///C:/Users/ACER/Downloads/Forbil\_Ebook\_Series\_Nov-II\_Peluang\_Nitya%20A.pdf.
- Agustina N, Kala A. 2019b. *Persaingan Industri 4.0 di ASEAN. Di mana Posisi Indonesia*. Cetakan pertama. Forbil Institute. Yogyakarta. file:///C:/Users/ACER/Downloads/Forbil\_Ebook\_Series\_Okt-III\_Persaingan\_Nitya%20A.pdf
- BPS. 2019. Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia, 2015.
- CEMA. 2017. Digital Farming : What does it really mean, and what is the vision of Europe's farm machinery industry for digital farming. European Agriculture Machinery.
- Dimiyati A. 2014. Penguatan Daya Saing Produk Hortikultura. Dalam Haryono, Effendi P, Kedi S, Mewa A, Nono S, Sulusi P, M. Prama Y, dan Agung H (editor). Memperkuat daya saing produk pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. Jakarta.
- Downey dan Ericson. 1992. *Manajemen Agribisnis. Edisi ke-2*. Terjemahan R, Ghanda S, dan A Sirait. Erlangga. Jakarta.
- Erwidodo. 2014. Meningkatkan daya Saing Produk Hortikultura: Strategi Menghadapi MEA, 2015. Dalam Haryono, Effendi P, Kedi S, Mewa A, Nono S, Sulusi P, M. Prama Y, dan Agung H (editor). Memperkuat Daya Saing Produksi Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. Jakarta.
- Hermann M, Pentek T, and Otto B. 2016. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. Presented at the 49<sup>th</sup> Hawaiian International Conference on Systems Science.

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

- Irawan. 2003. Agribisnis hortikultura: peluang dan tantangan dalam era perdagangan bebas. *Jurnal Sosial-Ekonomi Pertanian dan Agribisnis, SOCA*, 3 (2). Juli 2003. Fakultas Pertanian Universitas Udayana.
- Irawan B dan Ening A. 2014. Agribisnis Sayuran dan Buah : Peluang Pasar, Dinamika Produksi dan Peningkatan Strategi Daya Saing. Dalam Haryono, Effendi P, Kedi S, Mewa A, Nono S, Sulusi P, M. Prama Y, dan Agung H (editor). *Memperkuat Daya Saing Produksi Pertanian*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. Jakarta.
- Kementerian Pertanian RI. 2013. Strategi Induk Pengembangan Pertanian 2013-2045. Menuju Pertanian Bioindustri Berkelanjutan. Biro Perencanaan. Sekretariat Jenderal Kementerian pertanian, Jakarta.
- Lee J, Lapira E, Bagheri B, Kao H. 2013. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. *Manuf. Lett.* 1 (1): 38–41.
- Liffler M & Tschiesner A. 2013. *The Internet of Things and the Future of Manufacturing*. McKinsey & Company.
- Lokollo EM, B Hutabarat, R Kustiari, Hermanto, K M Noekman dan HJ Purba. 2011. Analisis Daya Saing Produk Hortikultura dalam Upaya Meningkatkan Pasar Ekspor Indonesia. Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. Bogor.
- Martias dan E Mansyah. 2014. Penguatan Daya Saing Manggis di Pasar Domestik dan Global.
- Pasandaran E dan Haryono. 2013. Pengelolaan Ekosistem Mendukung Ketahanan Pangan dan Menuju Ekonomi Biru. Dalam : M. Ariani, K. Suradisastra, N. Sutrisno, R. Hendrayana, Haryono dan E. Pasandaran (Eds.) *Diversifikasi Pangan dan Transformasi Pembangunan Pertanian*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. Jakarta.

- Pasandaran E, Haryono dan Suherman. 2014. Memperkuat Daya Saing Komoditas Pertanian Dalam Perspektif Daya Saing Wilayah. Dalam Haryono, E. Pasandaran, K. Suradisastra, M. Ariani, N. Sutrisno, S. Prabawati, M. P. Yufdy, dan A. Hendriadi (editor). *Memperkuat Daya Saing Produksi Pertanian*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. Jakarta.
- Pasandaran E dan M Syakir. 2018. Kebijakan dan Komitmen Politik Memperkuat Kemampuan Pertanian Rakyat Menuju Kesejahteraan Petani. Dalam E. Pasandaran, Muhammad S dan M P Yufdy (editor). *Sinergi Inovasi Kebijakan dan Teknologi Menuju kesejahteraan petani*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. Jakarta.
- Pasandaran E. 2019. Perspektif Kebijakan Menuju Pertanian Masa Depan. Seminar “Membangun Pertanian Modern Era Industri 4.0 Yang Mensejahterakan Petani”. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hotel Onih, 17-19 September 2019. Bogor.
- Prasetyo B dan Umi T. 2018. Revolusi Industri 4.0 dan Tantangan Perubahan Sosial. Prosiding Semaksos 3 “Strategi Pembangunan Nasional Menghadapi Revolusi Industri 4.0. UPT-PMK Sosial Humaniora. Institut Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Puspitasari dan Sulusi P. 2014. Peluang Memperkuat Daya Saing Hortikultura Dalam Kerangka ASEAN-China Free Trade Agreement, ACFTA. Dalam Haryono, Effendi P, Kedi S, Mewa A, Nono S, Sulusi P, M. Prama Y, dan Agung H (editor). *Memperkuat Daya Saing Produksi Pertanian*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. Jakarta.
- Renstra Puslitbang Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian 2014-2019.



**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

- Rohmani S A. 2019. *Learning Process Menuju Pertanian 4.0 Yang Mensejahterakan Petani*. Seminar “Membangun Pertanian Modern Era Industri 4.0 Yang Mensejahterakan Petani”. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hotel Onih, 17-19 September 2019. Bogor.
- Rohmani S A, Haryono S. 2018. Pertanian Digital Dalam Membangun Pertanian di Era Industri 4.0. Dalam Pasandaran E, Muhammad S dan M Prama Y (editor). Sinergi Inovasi Kebijakan dan Teknologi Menuju Kesejahteraan Petani. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian Indonesia. IAARD Press, Jakarta.
- Seminar K B. 2016. Sistem Pertanian Presisi dan Sistem Pelacakan Rantai Produksi Untuk mewujudkan Agroindustri Berkelanjutan. Orasi Ilmiah Guru Besar IPB. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.
- Seminar KB. 2018. Arah Pengembangan Cyber Physical System Bidang Pertanian di Era Industri 4.0. FGD Peningkatan Pendayagunaan BioIndusti dan Enjiniring Pertanian Dalam Mendukung Kedaulatan Pangan di Era Industri 4.0. Auditorium BBP Mektan Tangerang Banten.
- Setiawan I. 2008. *Collective farming* sebagai Alternatif Strategi Pemberdayaan Petani. Studi Kasus di Desa Rancakasumba, Kabupaten Bandung. Laporan penelitian Jurusan sosial Ekonomi Pertanian Fakultas pertanian Universitas Padjadjaran, 2008.
- Setiawan I, Dika S, Siska R dan M Gunardi J. 2018. *Pertanian Postmodern. Jalan Tengah Vertikal Generasi Era Bonus Demografi membangun Peradaban Nusantara*. Cetakan I. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Shwab K. 2016. *The Fourth Industrial Revolution*. New York : Crown Business.

- Simamarta T. 2019. Percepatan Transformasi Teknologi dan Inovasi Dalam Era Smart Farming dan Petani Milenial Untuk Meningkatkan Produktivitas, Nilai Tambah dan daya Saing Pertanian Indonesia. Seminar/Kuliah Umum 19 Januari 2019 di Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Lombok.
- Suherman A. 2013. Kehidupan Petani Pasca Konversi Lahan Sawah Beririgasi. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Suherman A dan Ujang S. 2014. Efektifitas Kebijakan Pengendalian Alih Fungsi Lahan Sawah Beririgasi. Dalam Dalam Haryono, Effendi Pasandaran, Muchjidin Rachmat, Sudi Mardianto, Sumedi, Handewi P. Salim dan Agung Heriadi (Editor). Reformasi Kebijakan Menuju Transformasi Pembangunan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian Indonesia. IAARD Press, Jakarta.
- Suherman, A. 2017. Prospek pengembangan Integrasi Tanaman Ternak Berbasis Jerami Padi dan Indigofera. Dalam Pasandaran E., Muhammad Syakir, Rusman heriawan dan M. Prama Yufdy (Editor). Pembangunan Pertanian Wilayah Berbasis Kearifan Lokal dan Kemitraan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian Indonesia. IAARD Press, Jakarta.
- Suherman, A. 2018. Budidaya Pertanian Rakyat Berbasis Agribisnis Mangga di Kabupaten Indramayu. Dalam Pasandaran E, Muhammad Syakir dan Muhammad Prama Yufdy (Editor). Sinergi Inovasi Memperkuat Pertanian Rakyat Berbasis Tanaman Pangan dan Hortikultura (Prosising). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian Indonesia. IAARD Press, Jakarta.

**Membangun Kemampuan Produksi Buah Lokal  
dalam Persaingan Global Era Industri Pertanian 4.0**

- Sumarno. 2014. Peningkatan Daya Saing Produk Hortikultura dari Petani Skala Kecil. Dalam Haryono, Effendi Pasandaran, Kedi Suradisastra, Mewa Ariani, Nono Sutrisno, Sulusi Prabawati, M. Prama Yufdy, dan Agung Hendriadi (Editor). Memperkuat Daya Saing Produksi Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. Jakarta.
- Sunarjono H. 2016. Berkebun 26 Jenis Tanaman Buah. Cetakan ke-3. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Supriyanto A, dan Lizia Z. 2014. Memperkuat Daya saing Jeruk di Pasar Domestik dan Global. Dalam Haryono, Effendi Pasandaran, Kedi Suradisastra, Mewa Ariani, Nono Sutrisno, Sulusi Prabawati, M. Prama Yufdy, dan Agung Hendriadi (editor). Memperkuat Daya Saing Produksi Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. Jakarta.
- Suradisastra K. 2019. Kesiapan Menghadapi Pertanian Masa Depan di Indonesia : Suatu Pemikiran Sosio-Teknis. Seminar “Membangun Pertanian Modern Era Industri 4.0 Yang Mensejahterakan Petani”. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hotel Onih, 17-19 September 2019. Bogor.
- Swyngedouw. 2005. Governance Innovation and the Citizen: The Janus Face of Governance Beyond-the-state.
- Tanaya I. 2018. Modernisasi Pertanian di Era Revolusi Industri 4.0. <https://www.kompasiana.com/www.inatanaya.com/5ccafb6d3ba7f7410522a262/modernisasi-pertanian-di-era-revolusi-industri-4-0?page=all>
- Velly A. 2018. Revolusi Industri 4.0 di Sektor Pertanian Indonesia. <https://www.kompasiana.com/vellyapril/5ce300d595760e6b4b488b72/revolusi-industri-4-0-di-sektor-pertanian-indonesia?>

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

- Yusdar H. 2014. Peningkatan Daya saing Hortikultura Berbasis Inovasi teknologi. Dalam Memperkuat Daya Saing Produk Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. IAARD PRESS. Jakarta.
- Zuhair R. 2018. Bukan Kuantitas, Tapi Kualitas Petani 4.0. <https://geotime.co.id/opini/bukan-kuantitas-tapi-kualitas-petani-4-0/>

# MEMBANGUN KERANGKA PENGELOLAAN SUMBER DAYA PERTANIAN MASA DEPAN

**Fadjry Djufry, Effendi Pasandaran, Bambang Irawan, dan Mewa Arini**

Masalah degradasi sumber daya lahan dan air, perubahan iklim, degradasi kualitas lingkungan dan peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan akan terus menjadi isu penting dalam pembangunan pertanian di masa yang akan datang. Dalam menghadapi isu tersebut maka pembangunan pertanian di masa yang akan datang perlu diarahkan pada upaya peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya air, optimalisasi sumber daya lahan yang tersedia, peningkatan kemampuan adaptasi perubahan iklim dan pengendalian degradasi lingkungan. Idealnya upaya yang ditempuh dalam menghadapi isu-isu tersebut dilakukan dengan mengoptimalkan pemanfaatan berbagai inovasi teknologi terkini yang berkembang pada era revolusi industri 4.0 yang dicirikan dengan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi serta berbagai teknologi lainnya. Implementasi berbagai teknologi tersebut lebih lanjut diharapkan dapat mendorong modernisasi pertanian di masa depan.

Sejalan dengan kemajuan teknologi yang berkembang pada era revolusi industri 4.0 pengelolaan produksi pertanian di masa depan perlu dilakukan dengan menerapkan konsep Pertanian Presisi yang pada intinya adalah melakukan kegiatan usahatani dengan cara yang tepat, pada lokasi yang tepat, pada waktu yang tepat dan disesuaikan dengan variasi spasial dan variasi temporal sumber daya pertanian yang tersedia. Pertanian Presisi pada dasarnya merupakan suatu konsep pengelolaan

sumber daya pertanian berbasis data, informasi kunci dan teknologi yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya pertanian. Penerapan konsep pertanian presisi dapat memberikan dampak positif bagi petani dan secara lingkungan. Pemilihan tanaman yang tepat disesuaikan dengan variasi spasial lahan garapan dapat meningkatkan produktivitas tanaman secara keseluruhan dan perlakuan presisi yang dilakukan pada setiap tahap kegiatan usahatani menyebabkan penggunaan sumber daya pertanian tidak berlebihan, sesuai kebutuhan tanaman dan lebih efisien sehingga dapat menekan biaya produksi. Penggunaan bahan kimia yang tepat jumlah pada tempat dan waktu yang tepat juga memberikan manfaat bagi tanaman, memperkecil polusi lahan dan air dan dengan demikian bermanfaat bagi lingkungan.

Banyak teknologi yang berkembang pada era industri 4.0 yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung penerapan konsep pertanian presisi yang secara operasional meliputi tiga tahapan yaitu: (a) pemantauan data geografis, tanah, air, iklim dan tanaman, (b) analisis data dan melakukan pemetaan variasi spasial lahan garapan, dan (c) perumusan rekomendasi spasial kegiatan usahatani. Teknologi GPS (*Global Positioning System*), GIS (*Geographic information system*), teknologi drone dan berbagai stasiun pengamatan iklim dapat dimanfaatkan untuk memetakan variasi spasial kondisi lahan garapan. Teknologi drone juga dapat dimanfaatkan untuk memantau kondisi tanaman yang mengalami kekeringan dan memerlukan pasokan air, mengidentifikasi areal tanaman yang mengalami gangguan hama dan penyakit, memantau pertumbuhan tanaman dan kesehatan tanaman yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki cara pengelolaan tanaman. Teknologi nano dapat menghasilkan pupuk kapsul yang mampu mengatur waktu dan jumlah nutrisi yang dilepas dengan dosis yang tepat sesuai kebutuhan tanaman sehingga dapat menghindari pencemaran lingkungan akibat penggunaan pupuk yang berlebihan. Pemanfaatan biosensor juga dapat mengidentifikasi kandungan pestisida pada tanaman dan informasi tersebut diperlukan untuk perencanaan

dan perlakuan proteksi tanaman. Smartphone yang dilengkapi dengan kamera, GPS dan aplikasi lainnya juga dapat dimanfaatkan untuk pemetaan kontur lahan garapan, mendapatkan informasi cuaca, informasi pasar, dan berbagai informasi lain yang dibutuhkan.

Dalam menghadapi perubahan iklim diperlukan upaya adaptasi dan mitigasi untuk memperkecil dampak negatif yang ditimbulkan. Dalam kaitan ini telah dimanfaatkan berbagai teknologi yang berkembang di era Revolusi Industri 4.0 yang pada intinya berbasis pada pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi, teknologi sensor dan sistem otomatisasi. Salah satunya adalah AWS (*Automatic Weather Station*) yaitu stasiun meteorologi yang melakukan pengamatan dan pengiriman data secara otomatis. Badan Litbang Kementerian Pertanian telah mengembangkan AWS Telemetry untuk mengukur curah hujan, kelembapan udara, suhu udara, intensitas radiasi, dan kecepatan angin. Di samping itu telah dikembangkan pula sistem peringatan dini iklim ekstrem dan penanganan dampak perubahan iklim dan iklim ekstrem di sektor pertanian yang dirancang untuk memberikan informasi dampak perubahan iklim kepada masyarakat, sistem informasi prediksi iklim yang mampu memprediksi kondisi iklim pada periode 6 bulan ke depan, dan sistem informasi kalender tanam terpadu yang memberikan arahan waktu tanam kepada petani sesuai dengan kondisi iklim yang akan dihadapi.

Di masa yang akan datang sumber daya air harus dimanfaatkan secara optimal dan lebih efisien. Sehubungan dengan itu paradigma pengelolaan sumber daya air perlu dilaksanakan secara terpadu mulai dari hulu hingga hilir. Pengelolaan sumber daya air pertanian juga tidak hanya difokuskan pada *blue water* tetapi meliputi pula *green water*. Untuk mendorong penerapan sistem pertanian presisi pengelolaan sumber daya air perlu didukung dengan pengembangan *smart irrigation* dan konservasi air pada DAS hulu agar efisiensi penggunaan air dapat ditingkatkan dan ketersediaan air dapat dipertahankan sepanjang tahun. *Smart Irrigation* merupakan sebuah rancangan teknologi yang dapat

memonitor ketersediaan dan mengendalikan pasokan air irigasi sesuai kebutuhan tanaman secara otomatis melalui pemanfaatan sensor-sensor yang terintegrasi dan jaringan internet pada lingkungan sistem irigasi. Di masa yang akan datang *Smart irrigation* merupakan salah satu komponen penting dalam pertanian modern untuk mendorong peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan melalui peningkatan efisiensi penggunaan air dan peningkatan produktivitas tanaman.

Akibat persaingan dengan sektor ekonomi lain luas lahan pertanian dan pasokan air untuk pertanian di masa yang akan datang akan semakin terbatas. Kondisi seperti ini semakin dipersulit dengan adanya perubahan iklim yang di antaranya berdampak pada ketidakpastian pasokan air untuk irigasi. Pada kondisi yang terbatas tersebut persaingan dalam pemanfaatan lahan pertanian untuk berbagai komoditas pangan, perkebunan, hortikultura dan ternak akan semakin kuat dan komoditas yang kalah bersaing secara ekonomi akan semakin tergeser. Persaingan dalam pemanfaatan lahan dan air untuk pertanian juga dapat terjadi di antara komoditas pangan dan di antara komoditas pertanian lainnya.

Pembangunan pertanian selama ini lebih difokuskan pada komoditas pangan terutama padi. Berbagai fasilitas, infrastruktur pertanian dan bantuan kepada petani disalurkan pemerintah pada daerah sentra produksi pangan sehingga mendorong berkembangnya sistem usahatani monokultur tanaman pangan. Sistem usahatani monokultur tersebut tidak kondusif bagi upaya peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan karena dalam jangka panjang pengelolaan usahatani monokultur yang dilakukan secara intensif dalam penggunaan lahan dan berbagai input kimia akan berdampak pada penurunan kualitas sumber daya lahan dan air sehingga produktivitas tanaman akan cepat menurun. Pengalaman pada era Revolusi Hijau telah menunjukkan adanya fenomena tersebut. Oleh karena itu untuk mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan di masa yang akan datang pengembangan sistem usahatani monokultur sedapat mungkin dihindari dan digantikan dengan sistem usahatani yang



terintegrasi antara tanaman pangan, tanaman perkebunan dan ternak. Sistem intergasi tanaman tersebut umumnya lebih resisten terhadap berbagai goncangan eksternal seperti perubahan iklim dan melalui pendekatan integrasi tersebut pemanfaatan sumber daya lahan dan air juga menjadi lebih optimal, lebih efisien, dan persaingan lahan usahatani antar komoditas dapat diminimalkan.

Untuk mengantisipasi pertumbuhan penduduk dan peningkatan konsumsi pangan di masa yang akan datang peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan harus terus diupayakan. Dalam kaitan ini pengelolaan pertanian pangan di lahan kering dan lahan rawa memiliki potensi besar untuk mendukung peningkatan produksi pangan nasional yang sebagian besar dihasilkan dari lahan sawah. Perluasan tanaman pangan di lahan kering di antaranya dapat ditempuh dengan mengembangkan integrasi tanaman pangan pada lahan perkebunan sebagai tanaman sela. Sementara pengembangan sistem *mini polder* merupakan salah satu opsi yang dapat ditempuh untuk meningkatkan produktivitas dan intensitas tanam di lahan rawa melalui pegelolaan air yang lebih efisien. Untuk keberhasilan penerapan manajemen air yang berbasis *mini polder* tersebut diperlukan kerjasama secara terpadu dari berbagai instansi terkait di pusat maupun di daerah dan beberapa komponen pendukung seperti pengembangan infrastruktur irigasi, dukungan saprodi, modal, dan alsintan di samping pengembangan kelembagaan dan pembinaan petani.

Pengembangan teknologi padi hibrida yang bersifat adaptif terhadap berbagai kondisi iklim juga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk meningkatkan produktivitas padi di masa yang akan datang. Namun demikian informasi padi hibrida di tingkat petani masih sangat terbatas dan sistem distribusi benih padi belum siap untuk menyerap teknologi padi hibrida dari produsen dan menyampaikannya kepada petani. Guna mengatasi hal tersebut diperlukan upaya-upaya untuk mempercepat invensi menjadi inovasi, yaitu: (a) Meningkatkan investasi di bidang

penelitian, pengembangan dan penyuluhan teknologi padi hibrida, (b) Memberikan insentif bagi sektor swasta, khususnya untuk meningkatkan kemampuan dan efisiensi sistem produksi benih dan peningkatan pasokan benih hibrida dengan biaya terjangkau, dan (c) Memperkuat kegiatan penyuluhan yang difokuskan pada peningkatan pemahaman petani tentang padi hibrida agar mereka lebih mudah menerima teknologi padi hibrida.

Dalam menghadapi isu lingkungan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian juga telah mengembangkan konsep pertanian ramah lingkungan yaitu sistem pertanian yang mampu meningkatkan produksi dan mampu melestarikan lingkungan serta daya dukung sumber daya alam agar laju kenaikan produktivitas dan produksi berkelanjutan. Beberapa konsep yang telah dikembangkan untuk mendukung penerapan sistem pertanian ramah lingkungan di antaranya adalah Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) padi, *System of Rice Intensification (SRI)*, *Integrated Crop and Resource Management (ICM)* atau lebih populer dengan Sistem Integrasi Padi Ternak (SIPT). Gerakan ke arah pertanian padi ramah lingkungan atau padi organik juga telah menjadi salah satu program pemerintah namun sejauh ini program tersebut masih berjalan lambat. Oleh karena itu diperlukan beberapa kebijakan yang mencakup: (a) dukungan kebijakan adopsi-difusi sistem pertanian padi ramah lingkungan pada tingkat regional dan nasional, (b) Kebijakan mempromosikan sistem pertanian padi semi organik dengan memberikan rangsangan pasar, (c) Memperkuat peranan lembaga formal dan informal dalam membantu promosi dan adopsi sistem pertanian padi ramah lingkungan, dan (d) Memperkuat modal sosial misalnya dengan mendukung kelembagaan dan jaringan perdesaan.

Uraian di atas menjelaskan bahwa banyak inovasi teknologi yang berkembang pada era revolusi industri 4.0 yang dapat dimanfaatkan untuk menghadapi berbagai masalah pembangunan pertanian di masa yang akan datang. Penerapan inovasi teknologi tersebut yang dibutuhkan

untuk mendukung penerapan konsep pertanian presisi juga dapat mendorong terjadinya proses modernisasi pertanian dari pengelolaan sumber daya pertanian konvensional menjadi pengelolaan sumber daya pertanian yang berbasis inovasi teknologi. Namun harus diakui bahwa penerapan berbagai inovasi teknologi tersebut akan dihadapkan pada berbagai tantangan terutama yang terkait dengan sempitnya penguasaan lahan petani. Kondisi demikian menyebabkan investasi berbagai inovasi teknologi yang diperlukan untuk menerapkan konsep pertanian presisi dan mendorong modernisasi pertanian menjadi tidak efisien akibat kecilnya manfaat yang dapat diperoleh dari investasi tersebut.

Berbagai manfaat yang dapat diperoleh melalui penerapan konsep pertanian presisi yang berbasis inovasi teknologi pada dasarnya akan terwujud apabila seluruh rekomendasi teknologi usahatani yang dirumuskan berdasarkan hasil analisis data lapangan dapat diterapkan oleh petani. Dalam kaitan ini terdapat beberapa faktor yang dapat menghambat penerapan rekomendasi teknologi tersebut yaitu : (1) aksesibilitas petani terhadap berbagai informasi dan produk teknologi umumnya relatif rendah, (2) rendahnya kemampuan modal petani sehingga penerapan rekomendasi teknologi usahatani seringkali tidak dapat dilakukan petani, dan (3) risiko usahatani yang dihadapi petani umumnya relatif tinggi baik akibat faktor iklim maupun pengaruh sistem pasar komoditas yang cenderung merugikan petani sehingga dapat menghadapi penerapan rekomendasi teknologi.

Dengan berbagai permasalahan tersebut di atas maka penerapan berbagai inovasi teknologi tidak mungkin dapat diterapkan secara luas oleh petani secara individu. Dalam mengantisipasi permasalahan tersebut maka penerapan inovasi teknologi perlu dilakukan dengan berbasis kawasan komoditas dan dikelola dengan pola korporasi. Pendekatan berbasis kawasan diperlukan agar manfaat skala ekonomi dapat diraih sehingga berbagai investasi teknologi yang dilakukan untuk mendukung penerapan konsep pertanian presisi menjadi lebih efisien.

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern (2019)**

Adapun pengembangan pola pengelolaan korporasi diperlukan agar pihak eksternal yang terkait dengan penerapan rekomendasi teknologi (pedagang sarana produksi, lembaga bank, dsb.) dapat dikoordinasikan untuk mendukung penerapan rekomendasi teknologi oleh petani.

Upaya untuk mendorong modernisasi yang berbasis teknologi terkini sangat membutuhkan dukungan pemerintah. Dalam kaitan ini diperlukan komitmen kuat dari pemerintah mengingat banyak permasalahan dan tantangan yang harus dihadapi karena tidak mungkin dapat diselesaikan oleh petani secara mandiri. Persamaan persepsi tentang pertanian masa depan yang ingin diwujudkan merupakan langkah awal yang perlu dibangun di kalangan pemerintah terutama pada Kementerian Pertanian, baik yang menyangkut sistem usahatani, maupun strategi yang akan ditempuh termasuk kebijakan pendukung yang diperlukan. Pada tahap operasional perlu diidentifikasi teknologi terkini yang akan diterapkan dengan mempertimbangkan potensi dampak positif dan negatifnya, kelembagaan petani yang perlu dibentuk, basis pengelolaan dan pola pengelolaannya untuk mempercepat implementasinya.

# INDEX

## A

adaptasi 35, 92, 96, 97, 100, 102, 104, 112, 118, 120, 125, 134, 135, 138, 144, 146, 158, 182, 241, 319, 320, 371, 376, 439, 441

adaptif 117, 155, 242, 265, 305, 306, 336, 349, 377, 408, 415, 443

adopsi 144, 146, 182, 200, 307, 308, 312, 318, 319, 320, 323, 324, 326, 332, 342, 344, 345, 348, 349, 351, 354, 367, 368, 369, 380, 381, 382, 431, 444

air irigasi 17, 30, 54, 75, 125, 126, 140, 141, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 157, 160, 161, 162, 172, 173, 184, 185, 188, 189, 190, 198, 199, 218, 442

alat mesin pertanian 93, 183, 262, 263, 272, 289, 380

autonomous tractor 184, 272, 280

## B

basis data 27, 78, 98, 99, 100, 199, 218, 223, 224

berkelanjutan 3, 25, 36, 41, 42, 43, 46, 52, 53, 66, 68, 70, 85, 115, 116, 123, 124, 136, 137, 152, 158, 160, 161, 175, 179, 183, 190, 191, 199, 200, 201, 209, 214, 215, 218, 220, 222, 229, 237, 238, 271, 322, 342, 352, 357, 361, 362, 363, 365, 366, 367, 368, 369, 373, 376, 379, 380, 383, 384, 386, 387, 397, 398, 410, 413, 416, 419, 427, 430, 439, 442, 443, 444

big data 32, 121, 145, 163, 166, 194, 271, 433

blue water 73, 75, 172, 173, 178, 185, 186, 187, 199, 200, 441

BUAH LOKAL 389, 392, 401, 425

budidaya 129, 135, 180, 217, 218, 223, 224, 225, 226, 241, 242, 263,  
267, 280, 289, 296, 297, 299, 303, 314, 315, 317, 319, 323, 326,  
331, 332, 338, 341, 343, 351, 358, 359, 362, 364, 367, 371, 382,  
390, 406, 407, 427

## C

cuaca 79, 91, 97, 109, 119, 182, 192, 196, 197, 198, 201, 373, 418, 427,  
441

curah hujan 12, 15, 46, 53, 54, 71, 73, 74, 77, 81, 91, 92, 97, 98, 103, 110,  
113, 114, 134, 142, 146, 147, 148, 161, 195, 218, 298, 300, 314,  
321, 373, 418, 441

## D

DIGITAL 1, 21, 269, 271, 277

drone 25, 27, 42, 66, 79, 85, 109, 144, 172, 184, 219, 227, 271, 274, 281,  
282, 341, 410, 440

## E

efisien 2, 8, 17, 18, 25, 29, 31, 56, 60, 77, 81, 82, 105, 114, 115, 117, 126,  
133, 137, 138, 160, 173, 183, 184, 186, 187, 188, 190, 191, 192,  
193, 195, 199, 200, 201, 209, 214, 215, 218, 219, 223, 228, 245,  
254, 271, 272, 274, 311, 322, 331, 335, 338, 340, 341, 348, 350,  
352, 366, 368, 372, 380, 398, 402, 404, 405, 406, 409, 420, 421,  
423, 428, 429, 440, 441, 443, 445

El Nino 91

## G

generasi milenial 271, 401, 410, 431

global 88, 100, 102, 124, 125, 127, 135, 143, 155, 156, 167, 180, 208,  
209, 226, 270, 272, 298, 300, 320, 321, 342, 368, 370, 390, 392,  
397, 398, 399, 400, 404, 405, 413, 418, 421, 426, 431

## Indeks

globalisasi 124, 155, 390, 391, 416

GPS 26, 78, 79, 93, 180, 226, 227, 272, 280, 281, 282, 284, 338, 440, 441

green water 73, 75, 85, 87, 88, 172, 173, 178, 185, 186, 187, 199, 200, 441

## H

hidrologi 27, 72, 99, 141

## I

iklim 1, 12, 29, 35, 38, 65, 66, 68, 72, 78, 82, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 125, 134, 135, 149, 155, 156, 159, 161, 185, 193, 208, 209, 218, 223, 224, 225, 226, 228, 229, 233, 270, 282, 287, 298, 299, 300, 314, 315, 318, 319, 320, 321, 328, 342, 370, 371, 395, 402, 404, 407, 413, 415, 420, 425, 439, 440, 441, 442, 443, 445

Industri 4.0 21, 25, 36, 43, 58, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 79, 81, 92, 93, 95, 96, 101, 172, 88, 118, 157, 172, 183, 184, 190, 191, 193, 232, 233, 391, 405, 407, 413, 417, 418, 419, 432, 434, 435, 437, 441

Inovasi 18, 35, 37, 88, 108, 111, 118, 119, 120, 183, 232, 233, 265, 266, 280, 318, 319, 346, 352, 361, 380, 382, 384, 385, 386, 387, 434, 435, 436, 438

Inovatif 34

Internet of Thing (IoT) 184, 278, 280, 282

## K

Kalender Tanam 29, 104, 105, 106, 120, 202

katam 99, 107

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

kawasan 16, 19, 47, 49, 50, 51, 65, 82, 83, 84, 85, 124, 152, 185, 204,  
207, 208, 218, 219, 223, 225, 226, 228, 254, 259, 277, 278, 280,  
282, 316, 317, 341, 345, 365, 381, 409, 428, 429, 445

keanekaragaman 155, 270, 368

kelembagaan 20, 43, 84, 85, 125, 138, 139, 146, 153, 158, 163, 181, 220,  
223, 229, 237, 244, 250, 251, 252, 253, 259, 262, 263, 309, 310,  
311, 312, 316, 317, 322, 345, 365, 367, 381, 382, 429, 443, 444,  
446

kesesuaian lahan 1, 24, 25, 31, 32, 340

konversi lahan 2, 7, 15, 36, 42, 47, 48, 52, 124, 207, 208, 210, 211, 213,  
298, 321

Korporasi 81, 219, 225, 231, 244

## **L**

lahan 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21,  
22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42,  
43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 65, 66,  
67, 68, 69, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87,  
96, 101, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 124, 125,  
126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 140, 141, 149, 155,  
158, 159, 161, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 184, 185,  
186, 189, 191, 195, 198, 201, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213,  
214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226,  
227, 228, 229, 230, 231, 232, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241,  
242, 243, 244, 245, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 260, 261,  
262, 263, 264, 265, 266, 267, 269, 270, 271, 275, 276, 277, 278,  
279, 280, 281, 282, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296,  
297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309,  
310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 323,  
324, 327, 336, 337, 340, 342, 343, 345, 359, 361, 364, 365, 366,



367, 368, 369, 370, 372, 373, 377, 378, 380, 383, 397, 398, 401,  
403, 404, 405, 406, 407, 409, 410, 413, 418, 420, 425, 426, 431,  
439, 440, 441, 442, 443, 445

lahan basah 12, 270

lahan kering 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 31, 34, 35, 36, 37, 41, 42, 43, 44,  
45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 71, 72, 74, 75, 76,  
77, 80, 81, 82, 84, 85, 174, 175, 176, 186, 239, 270, 368, 443

lahan rawa lebak 13, 14, 254, 264, 267, 270, 275, 276, 296, 297, 298,  
300, 309, 315, 318, 320

lahan rawa pasang-surut 13, 19, 33, 38, 236, 265, 266, 267, 270, 275,  
276, 288, 294, 295, 300, 301, 303, 309, 310, 312, 313, 318

lahan sawah 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 15, 18, 30, 31, 34, 36, 41, 42, 44, 45, 46,  
47, 48, 52, 55, 56, 57, 58, 132, 133, 136, 140, 141, 189, 207, 208,  
209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221,  
222, 223, 224, 225, 226, 228, 229, 230, 231, 270, 279, 288, 296,  
327, 377, 383, 443

lingkungan 8, 10, 11, 38, 53, 65, 67, 68, 69, 70, 77, 79, 85, 95, 115, 116,  
124, 134, 136, 153, 155, 158, 159, 171, 173, 174, 175, 178, 179,  
180, 181, 190, 192, 193, 195, 196, 199, 200, 201, 209, 215, 222,  
228, 236, 253, 260, 277, 278, 282, 289, 290, 308, 312, 315, 316,  
318, 321, 336, 337, 345, 349, 357, 358, 359, 360, 362, 363, 365,  
366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378,  
379, 380, 381, 382, 383, 385, 386, 387, 406, 416, 420, 423, 427,  
430, 439, 440, 442, 444

## **M**

Milenial 436

mini polder 245, 246, 254, 256, 443

## P

padi hibrida 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333,  
334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346,  
347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 443, 444

pangan 7, 10, 16, 25, 31, 35, 36, 37, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50,  
51, 52, 53, 54, 65, 70, 71, 72, 74, 75, 77, 80, 81, 82, 84, 85, 94, 100,  
115, 123, 124, 128, 129, 135, 138, 144, 145, 149, 155, 156, 157,  
158, 161, 171, 173, 174, 175, 179, 183, 186, 189, 190, 191, 198,  
199, 201, 203, 204, 207, 208, 209, 211, 214, 219, 220, 221, 229,  
235, 239, 243, 259, 261, 262, 263, 267, 269, 271, 272, 273, 282,  
287, 288, 289, 298, 303, 318, 319, 321, 322, 342, 347, 354, 359,  
360, 363, 366, 367, 370, 378, 387, 388, 392, 408, 409, 410, 411,  
419, 420, 422, 431, 439, 442, 443

pemanfaatan 1, 2, 3, 8, 21, 33, 36, 41, 42, 46, 47, 48, 62, 66, 68, 74, 75,  
76, 77, 85, 112, 124, 136, 141, 145, 149, 152, 157, 158, 160, 174,  
178, 182, 183, 184, 187, 191, 200, 202, 215, 229, 235, 237, 267,  
271, 277, 289, 299, 307, 315, 319, 322, 323, 337, 352, 359, 363,  
364, 381, 410, 439, 440, 441, 442, 443

pengelolaan 1, 2, 8, 10, 17, 19, 21, 25, 26, 31, 32, 35, 36, 38, 43, 53, 64,  
65, 66, 67, 68, 69, 72, 75, 76, 77, 79, 82, 98, 111, 112, 113, 115,  
117, 124, 125, 126, 127, 137, 138, 139, 140, 141, 146, 147, 148,  
149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161,  
162, 163, 172, 173, 178, 179, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 200,  
209, 215, 218, 221, 222, 227, 228, 236, 237, 238, 239, 240, 241,  
242, 244, 245, 249, 253, 254, 259, 260, 261, 262, 263, 266, 270,  
272, 278, 280, 282, 288, 289, 303, 312, 314, 315, 316, 318, 319,  
320, 321, 338, 343, 357, 358, 359, 368, 370, 371, 373, 380, 381,  
385, 386, 387, 395, 397, 418, 420, 421, 427, 439, 440, 441, 442,  
443, 445, 446

penguasaan 14, 15, 38, 52, 55, 56, 81, 130, 131, 133, 158, 162, 188, 223, 229, 241, 251, 369, 381, 405, 410, 420, 425, 431, 445

penyuluh 20, 33, 92, 95, 103, 251, 289, 309, 311, 312, 315, 316, 318, 327, 344, 381, 431

penyuluhan 20, 39, 95, 141, 250, 251, 253, 262, 263, 310, 318, 338, 344, 345, 350, 376, 430, 431, 444

Pertanian 3, 8, 12, 13, 14, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 43, 51, 52, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 76, 77, 79, 81, 82, 83, 85, 87, 89, 90, 91, 93, 94, 97, 98, 100, 101, 102, 108, 115, 118, 119, 120, 128, 132, 139, 143, 149, 163, 164, 166, 167, 168, 172, 174, 179, 181, 182, 183, 184, 187, 190, 195, 199, 200, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 213, 215, 217, 219, 220, 223, 225, 228, 229, 36, 88, 230, 231, 232, 233, 235, 236, 237, 239, 240, 241, 242, 244, 248, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 266, 267, 270, 271, 272, 274, 277, 280, 281, 283, 284, 288, 307, 309, 318, 319, 320, 322, 323, 326, 328, 331, 333, 336, 337, 341, 342, 347, 352, 353, 354, 355, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 364, 365, 366, 372, 373, 380, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 391, 392, 397, 398, 400, 401, 410, 411, 413, 415, 419, 421, 427, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 441, 444, 446

Pertanian 4.0 26, 32, 93, 94, 172, 182, 284, 323, 336, 337, 342, 397, 400, 401, 411, 419, 430, 431, 435

pertanian digital 2, 3, 94, 96, 117, 146, 271, 272, 273, 274, 275, 277, 279, 281, 282

pertanian modern 3, 25, 120, 182, 183, 184, 191, 199, 200, 201, 219, 220, 243, 244, 259, 271, 280, 338, 342, 348, 364, 379, 380, 398, 417, 419, 420, 442

pertanian presisi 2, 25, 32, 43, 70, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 92, 93, 94, 115, 116, 117, 118, 145, 147, 172, 173, 179, 180, 181, 182,

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern (2019)**

184, 191, 198, 199, 200, 209, 214, 215, 216, 218, 219, 220, 221,  
222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 271, 359, 372, 373, 377,  
391, 397, 404, 407, 413, 414, 416, 417, 427, 430, 440, 441, 445

perubahan iklim 29, 35, 72, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102,  
104, 108, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121,  
124, 125, 134, 135, 149, 155, 156, 161, 208, 287, 299, 300, 314,  
318, 319, 320, 321, 328, 342, 370, 371, 420, 439, 441, 442, 443

produksi 1, 2, 6, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 24, 25, 28, 32, 37, 41, 42, 43, 44,  
45, 46, 47, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69,  
70, 71, 72, 74, 77, 79, 81, 82, 83, 85, 91, 93, 94, 115, 116, 124, 126,  
133, 134, 135, 136, 144, 145, 155, 161, 173, 175, 177, 178, 181,  
187, 195, 199, 200, 201, 207, 209, 211, 215, 218, 220, 221, 222,  
223, 225, 226, 227, 235, 236, 237, 238, 243, 248, 250, 251, 252,  
254, 261, 262, 263, 269, 271, 277, 282, 288, 289, 298, 300, 302,  
307, 309, 310, 311, 312, 313, 316, 317, 318, 319, 322, 323, 324,  
325, 328, 330, 331, 333, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 343,  
344, 345, 346, 348, 349, 350, 351, 352, 354, 357, 358, 359, 363,  
364, 365, 366, 368, 369, 371, 372, 373, 377, 378, 379, 380, 385,  
389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 397, 398, 400, 402, 403, 404,  
405, 406, 407, 408, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 420, 421,  
422, 425, 426, 428, 429, 430, 431, 439, 440, 442, 443, 444, 446

## R

ramah lingkungan 11, 171, 173, 174, 181, 199, 200, 228, 289, 290, 357,  
358, 359, 360, 362, 363, 368, 370, 371, 376, 378, 379, 380, 381,  
382, 385, 386, 387, 427, 444

## S

SDM 223, 229, 314, 315, 338, 343

# TENTANG PENULIS

**Ade Ruskandar.** Peneliti Madya bidang Sistem Usaha Pertanian Pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian. Email: aruskandar@gmail.com

**Ai Dariah.** Peneliti Madya bidang Konservasi Tanah pada Balai Penelitian Tanah, Ahli Utama bidang Pengelolaan Lahan dan Iklim pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. E-mail: aidariah@yahoo.com

**Anny Mulyani.** Peneliti Utama bidang Evaluasi Lahan/Pengembangan Wilayah, Bagian Perencanaan pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. E-mail: anny\_mulyani@ymail.com

**Arif Surahman.** Peneliti Muda bidang Sistem Usaha Pertanian dan Kepala Subbagian Data dan Informasi pada Sekretariat Badan Litbang Pertanian, Email: asrahman72@gmail.com”

**Asep Suherman.** Wakil Rektor II Bidang Keuangan, Sumber daya manusia dan sarana prasarana pada Universitas Wiralodra Indramayu. E-mail: Rizqi\_ovie\_suherman@yahoo.co.id

**Bambang Irawan.** Peneliti Utama bidang Kebijakan Pertanian pada Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian. E-mail: irawanbir@yahoo.com

**Bayu Pramono Wibowo.** Peneliti Pertama bidang Pemuliaan Tanaman Pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian. Email: bayu4u@gmail.com

**Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung  
Pertanian Modern di Masa Depan (2019)**

**Effendi Pasandaran.** Profesor Riset (purna bhakti), Bidang Agro Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. E-mail: epasandaran@yahoo.com

**Elza Surmaini.** Peneliti Madya, Bidang Agroklimat dan Pencemaran Lingkungan pada Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. e\_surmaini@yahoo.com

**Haryono Soeparno.** Ketua Komisi Teknis Pangan dan Pertanian, Bidang Sains Komputer dan Sistem Pertanian Dewan Riset Nasional. Kemenristek Dikti. Email : haryono@binus.edu

**Hendri Sosiawan.** Peneliti dan Kepala Balai Penelitian Lahan Rawa. Balai Besar Litbang Sumber daya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. email: balittra@litbang.pertanian.go.id

**Indrastuti A. Rumanti.** Peneliti Madya bidang Pemuliaan Tanaman Pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian. Email: apri.bbjadi@gmail.com

**Muhammad Noor.** Prof.(Riset) bidang Kesuburan Tanah dan Biologi Tanah pada Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Balai Besar Litbang Sumber daya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. Email: m\_noor\_balittra@yahoo.co.id

**Nani Heryani.** Peneliti Madya, Bidang Hidrologi dan Klimatologi pada Balitklimat, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian, Balitbangtan. E-mail: naniheryanids@gmail.com.

**Nita Kartina.** Peneliti Pertama bidang Pemuliaan Tanaman Pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian. Email: nitakartina.nk@gmail.com

**Nono Sutrisno Saad.** Peneliti Madya, Bidang Konservasi tanah dan air, serta Hidrologi pada Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. E-mail: ns.saad85@gmail.com

## Tentang Penulis

**Nurwulan Agustiani.** Peneliti Muda bidang Budidaya Tanaman / Kepala Balai Besar Penelitian Tanaman Padi pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian. Email: wulan\_bbpadi@yahoo.co.id

**Priatna Sasmita.** Peneliti Madya bidang Pemuliaan Tanaman Pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian. Email: priatnasasmita.ps11@gmail.com

**Satoto.** Peneliti Utama bidang Pemuliaan Tanaman Pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian. Email: satoto\_ski@yahoo.com

**Sri Asih Rohmani.** Perencana Madya, Sekretariat Badan Litbang Pertanian, Email: asihnoegroho@yahoo.com

**Sukarman.** Peneliti Utama pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Lahan Pertanian, Balitbangtan. E-mail: sukarmandr@yahoo.co.id

**Sumaryanto.** Peneliti Utama bidang Ekonomi Pertanian pada Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Kementerian Pertanian. E-mail: sumaryantosony@gmail.com

**Wasito.** Peneliti Utama bidang Sistem Usaha Pertanian pada Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Badan Litbang Pertanian. E-mail: wasito63@yahoo.co.id

**Yudhi Mahmud. Ketua LPPM pada** Universitas Wiralodra Indramayu. E-mail: yudhi8527@gmail.com yudhi\_fp@unwir.ac.id

**Yuni Widayastuti.** Peneliti Muda bidang Pemuliaan Tanaman Pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Litbang Pertanian. Email: yuniweicrr@gmail.com





## SINOPSIS

### MANAJEMEN SUMBER DAYA ALAM DAN PRODUKSI MENDUKUNG PERTANIAN MODERN

Degradasi sumber daya lahan dan air, perubahan iklim, kualitas lingkungan dan peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan akan terus menjadi isu penting dalam pembangunan pertanian di masa mendatang. Pembangunan pertanian diarahkan pada peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya air, optimalisasi sumber daya lahan yang tersedia, peningkatan kemampuan adaptasi perubahan iklim dan pengendalian degradasi lahan. Upaya yang ditempuh dilakukan dengan mengoptimalkan pemanfaatan berbagai inovasi teknologi yang berkembang pada era revolusi industri 4.0 yang utamanya dicirikan dengan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi serta berbagai teknologi lainnya. Implementasi berbagai teknologi tersebut lebih lanjut diharapkan dapat mendorong modernisasi pertanian di masa depan.

#### PT Penerbit IPB Press

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251-8355 158 E-mail: [penerbit.ipbpress@gmail.com](mailto:penerbit.ipbpress@gmail.com)

 Penerbit IPB Press  @IPBpress  ipbpress  [www.ipbpress.com](http://www.ipbpress.com)

ISBN : 978-602-440-000-0