

CLIMATE-SMART AGRICULTURE (CSA) DI LAHAN SAWAH TADAH HUJAN



Prihasto Setyanto | A Wihardjaka | Helena Lina Susilawati | Ali Pramono |
Eni Yulianingsih | Rina Kartikawati | Miranti Ariani | Anggri Hervani |
Terry Ayu Adriany | Ika Ferry Yunianti | Hesti Yulianingrum

Climate-Smart Agriculture (CSA) di Lahan Sawah Tadah Hujan

Climate-Smart Agriculture (CSA) di Lahan Sawah Tadah Hujan



IAARD
PRESS

Climate Smart Agriculture (CSA) Di Lahan Sawah Tadah Hujan
@2018 IAARD PRESS

Edisi 1: 2018

Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang
@IAARD Press

Katalog dalam terbitan (KDT)

Climate Smart Agriculture (CSA) Di Lahan Sawah Tadah Hujan
/ Prihasto... [dkk.]-Jakarta : IAARD Press, 2018.
xiii, 99 hlm.; 21 cm.

ISBN 978-602-344-247-8

551.583

1. Perubahan iklim
 2. Lahan sawah tadah hujan
- I. Setyanto, Prihasto
-

Penulis: Prihasto Setyanto
A Wihardjaka
Helena Lina Susilawati
Ali Pramono
Eni Yulianingsih
Rina Kartikawati
Miranti Ariani
Anggri Hervani
Terry Ayu Adriany
Ika Ferry Yuniarti
Hesti Yulianingrum

Editor: Achmad M Fagi
Prihasto Setyanto
A Wihardjaka

Perancang Cover dan Layout: Tim Kreatif IAARD Press

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

PRAKATA

Pada dekade terakhir ini, perubahan iklim menjadi perhatian serius masyarakat global, regional, nasional, dan lokal. Perubahan iklim merupakan dampak pemanasan global akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca *antropogenik* di atmosfer bumi. Dampak perubahan iklim terjadi juga di sektor pertanian termasuk di agroekologi sawah tadah hujan. Penerapan *Climate-Smart Agriculture* dalam mengoptimalkan lahan sawah tadah hujan merupakan salah satuantisipasi dampak perubahan iklim yang mensinergiskan upaya adaptasi dan mitigasi dalam memperbaiki produktivitas dan pendapatan masyarakat melalui inovasi teknologi ramah lingkungan. Inovasi teknologi ramah lingkungan yang diterapkan harus memenuhi prinsip dasar peningkatan produktivitas, konservasi tanah dan air, rendah emisi gas rumah kaca, adaptif terhadap perubahan iklim, penerapan pengendalian hama terpadu, rendah cemaran pestisida dan logam berat, pengelolaan pertanian minimum limbah, pemanfaatan sumberdaya lokal, pelestarian keanekaragaman hayati, dan integrasi tanaman-ternak.

Buku *Climate-Smart Agriculture* mengulas upaya adaptasi-mitigasi perubahan iklim yang bermuara terhadap peningkatan produktivitas dan pendapatan masyarakat serta mewujudkan ketahanan pangan yang berkelanjutan. Kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan buku ini disampaikan terima kasih.

Harapannya, semoga buku ini bermanfaat bagi pengguna dan tentunya dapat menambah wawasan pentingnya kelestarian lingkungan bagi kehidupan di bumi.

Jakenan, Desember 2018

Tim Editor

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1. DAMPAK PERUBAHAN IKLIM	1
BAB 2. PERAN MULTIDIMENSI PERTANIAN DALAM PERUBAHAN IKLIM.....	
Pertanian sebagai Sumber Emisi GRK.....	7
Pertanian sebagai Penerima Dampak Perubahan Iklim	10
Penurunan Produktivitas.....	11
Pertanian sebagai Peluang Penurunan Emisi GRK.....	14
Lahan sawah irigasi.....	14
BAB 3. KALENDER TANAM TERPADU DALAM PERSPEKTIF <i>CLIMATE SMART AGRICULTURE</i> DI LAHAN TADAH HUJAN.....	21
Karakteristik dan Potensi Lahan Sawah Tadah Hujan...	22
Tantangan Pengelolaan Lahan Sawah Tadah Hujan.....	24
Strategi Pengembangan Teknologi untuk Pengelolaan Lahan Tadah Hujan	25

BAB 4. PEMANFAATAN SUMBER DAYA LOKAL UNTUK PENGENDALIAN ORGANISME PENGGANGGU TANAMAN.....	33
BAB 5. PENGEMBANGAN <i>CLIMATE SMART AGRICULTURE</i> DI LAHAN TADAH HUJAN.....	59
Permasalahan, Tantangan dan Strategi Pertanian di Lahan Tadah Hujan.....	60
Model <i>Climate Smart Agriculture</i> di Lahan Tadah Hujan	63
Bab 6. KAWASAN RUMAH PANGAN LESTARI (KRPL) : SEBAGAI UPAYA ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM	73
Ketahanan Pangan dan Perubahan Iklim	75
Pemahaman KRPL	76
Peran Strategis KRPL.....	79
KRPL dan Adaptasi terhadap Perubahan Iklim.....	81
Bab 7. PENDEKATAN INTEGRASI PENGELOLAAN PERTANIAN.....	83
DAFTAR BACAAN	97
INDEKS	95
TENTANG PENULIS	97

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Emisi GRK dari sektor pertanian tahun 2000-2005	10
Tabel 2. Perbandingan penggunaan lahan dengan teknologi embung dan tanpa embung	28
Tabel 3. Perbandingan keuntungan usaha tani dari luas lahan 0,5 ha, sebelum vs setelah pembangunan embung 10 m x 10 m x 2 m.....	39
Tabel 4. Hasil gabah padi gogo rancah di lahan tadah hujan pada musim hujan 2003/2004 (Pane <i>et al.</i> , 2006).....	30
Tabel 5. Hasil gabah padi gogo rancah dengan varietas unggul baru pada MH 2006/2007 dengan alat tanam <i>dry seeder</i> dan manual 20 x 20 cm (Deptan, 2008).....	31
Tabel 6. Varietas padi gogorancah dan tadah hujan (Badan Litbang Pertanian, 2008).....	32
Tabel 7. Hasil padi beberapa varietas yang ditanam di lahan tadah hujan Jakenan, Pati, Jawa Tengah.....	64
Tabel 8. Neraca karbon pada SITT di Kebun Percobaan Jakenan, Pati-Jawa Tengah, 2014-2015	70
Tabel 9. Rata-rata keuntungan budidaya padi di lahan tadah hujan, KP Balingtan, 2014-2015.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses pembentukan dan pembuangan GRK dalam ekosistem yang dikelola	8
Gambar 2. Kontribusi emisi dari berbagai sektor terhadap emisi GRK Nasional (SNC, 2009)	9
Gambar 3. Proses penanaman padi di lahan tadah hujan (Ket : a. Penanaman padi dengan <i>seeder</i> di lahan tadah hujan, b. Penanaman padi secara tradisional di lahan sawah tadah hujan).....	23
Gambar 4. Halaman depan website katam Badan Litbang Pertanian yang bisa diakses melalui situs www.katam.litbang.pertanian.go.id	25
Gambar 5. Proses olah tanah dan penambahan bahan organik ke lahan sawah tadah hujan.....	26
Gambar 6. Embung di lahan tadah hujan dan saluran irigasi yang baik.....	27
Gambar 7. Lokasi penelitian varietas padi di lahan tadah hujan KP Balingtan, Jakenan.....	29
Gambar 8. Mahkota dewa.....	36
Gambar 9. Sereh wangi.....	37
Gambar 10. Kacang babi	38
Gambar 11. Tembelean.....	39
Gambar 12. Legetan.....	40

Gambar 13. Babadotan	41
Gambar 14. Kapasan.....	41
Gambar 15. Kemangian/Selasih.....	42
Gambar 16. Biji mahoni.....	43
Gambar 17. Kapang	44
Gambar 18. Akar tuba	45
Gambar 19. Mimba	46
Gambar 20. Bengkuang.....	47
Gambar 21. Brotowali.....	48
Gambar 22. Ajeran	49
Gambar 23. Bawang putih.....	50
Gambar 24. Bayam duri	51
Gambar 25. Tomat	51
Gambar 26. Cabai merah	52
Gambar 27. Kunyit.....	53
Gambar 28. Lengkuas.....	53
Gambar 29. Lidah buaya.....	54
Gambar 30. Putri malu	54
Gambar 31. Sirsak	55
Gambar 32. Srikaya.....	55
Gambar 33. Lahan tadah hujan sering kekurangan air di musim tanam padi kedua.....	61
Gambar 34. Beberapa gulma jahat yang biasa tumbuh di lahan tadah hujan (dari kiri ke kanan: <i>Eleusine indica</i> , Grintingan (<i>Paspalum distichum</i>), Jajagoan leutik (<i>Echinochloa colona</i> L)	62

Gambar 35. Penyakit bercak daun coklat (<i>Helminthosporium oryzae</i>) (kiri) dan Bercak daun bergaris (<i>Cercospora oryzae</i>) (kanan).....	62
Gambar 36. Varietas Ciherang di lahan tadah hujan.....	64
Gambar 37. Teknologi embung untuk memanen air hujan dan penataan saluran irigasinya	65
Gambar 38. Penggunaan bagan warna daun (BWD).....	66
Gambar 39. <i>Light trap</i> , untuk monitoring serangan hama	67
Gambar 40. Filter inlet outlet (FIO) yang berisi karbon aktif, penyaring residu pestisida.....	67
Gambar 41. Pemanfaatan bahan alam untuk biopestisida (kiri) dan kompos (kanan)	68
Gambar 42. SITT di lahan tadah hujan	69
Gambar 43. Pemanfaatan pekarangan dengan menanam sayuran dan buah-buahan.....	77
Gambar 44. Pemanfaatan pekarangan dengan budidaya ikan dan ternak unggas	78
Gambar 45. Pilar penerapan CSA dalam stabilitas ketahanan pangan.....	85

Bab 1.

DAMPAK PERUBAHAN IKLIM

Perubahan iklim merupakan ancaman bagi kehidupan di bumi, karena dapat mempengaruhi semua aspek kehidupan. Perubahan iklim adalah berubahnya iklim yang diakibatkan oleh aktivitas manusia (*antropogenik*) baik langsung ataupun tidak langsung, sehingga menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global dan selain itu juga berupa perubahan variabilitas iklim alamiah yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan (UU No. 32 tahun 2009). Perubahan iklim terjadi akibat pemanasan global dimana suhu di bumi mengalami kenaikan dan pergeseran musim akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer.

GRK adalah gas-gas yang terkandung di atmosfer, yang terbentuk baik secara alami maupun *antropogenik*, yang dapat menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Konsentrasi GRK yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya populasi penduduk dan pesatnya pertumbuhan teknologi dan industri, serta maraknya pembukaan lahan baru atau alih fungsi lahan memberikan kontribusi yang besar pada peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer. Peningkatan konsentrasi CO₂ pada tahun 2005 – 2014 sebesar 2,1 ppm per tahun. Konsentrasi CO₂ di atmosfer pada tahun 2013 sebesar 393,51 ppm meningkat menjadi 397,64 ppm di tahun 2015 dan akhir tahun 2017 telah mencapai lebih dari 400 ppm, sedangkan

batas atas konsentrasi CO₂ atmosferik yang aman bagi kehidupan bumi adalah 350 ppm ([www.CO₂Now.org](http://www.CO2Now.org))

Indonesia sebagai negara agraris, sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim. Sektor pertanian berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer sebesar 13,5% dari total emisi global (IPCC, 2007). Metana (CH₄), dinitrogen oksida (N₂O) dan karbon dioksida (CO₂) merupakan GRK utama yang dihasilkan dari sektor pertanian. *Ministry of Environment* (2010) dalam *Indonesian Second National Communication* (SNC) menyatakan bahwa CH₄ berkontribusi sekitar 65% dari total emisi di sektor pertanian, N₂O 31%, dan CO₂ 4%. GRK tersebut dihasilkan dari aktivitas pertanian seperti dari pertanaman padi, pemupukan dan pengolahan tanah, pengelolaan kotoran ternak, *fermentasi enterik*, serta pembakaran biomassa limbah pertanian.

Dampak perubahan iklim di sektor pertanian telah mempengaruhi stabilitas dan ketahanan pangan dengan berubahnya musim, curah hujan, cuaca ekstrim *El Nina* dan *El Nino* yang dapat mempengaruhi waktu tanam dan produktivitas tanaman pangan. Perubahan dan peningkatan suhu serta frekuensi curah hujan dapat menyebabkan ledakan hama penyakit tanaman dan migrasi organisme pengganggu tanaman (OPT) sehingga akan menurunkan produktivitas pertanian. Hasil penelitian yang dilakukan bahwa perubahan iklim berdampak menurunkan kesuburan tanah sekitar 2-8% dalam jangka panjang yang akan berakibat pada penurunan produksi tahunan padi sebesar 4%, kedelai sebesar 10% dan jagung sebesar 50% (*World Bank*, 2009). Upaya pelestarian dan peningkatan ketahanan pangan memerlukan sistem produksi pertanian sebagai model atau pendekatan untuk mengubah ke arah produktivitas yang lebih tinggi dan adaptif terhadap dampak perubahan iklim yang bersifat agro-ekologi dan sosial-ekonomi.

Salah satu upaya antisipasi dampak perubahan iklim adalah dengan pendekatan *Climate-Smart Agriculture* (CSA) atau Pertanian Ramah Iklim (PRI). CSA adalah sebuah pendekatan untuk mengatasi tantangan yang saling terkait antara ketahanan pangan dan perubahan iklim. Secara sederhana CSA merupakan sistem pertanian yang mampu mengurangi pengaruh dan dampak perubahan iklim dan mampu meningkatkan produktivitas melalui upaya adaptasi dan mitigasi dengan dukungan inovasi teknologi pertanian. Tujuan CSA adalah (1) meningkatkan produktivitas pertanian berkelanjutan, untuk mendukung peningkatan pemerataan pendapatan pertanian dan ketahanan pangan, (2) beradaptasi dan membangun ketahanan sistem keamanan pangan dari perubahan iklim, dan (3) mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor pertanian serta (4) meningkatkan pencapaian pangan nasional, keamanan pangan dan sasaran pembangunan (ICRAF, 2011; FAO, 2013; *Stabinsky*, 2014).

CSA dapat dikembangkan dengan memanfaatkan sumberdaya lokal spesifik lokasi yang meliputi kegiatan baik *on-farm* dan *off-farm* dengan menggabungkan inovasi teknologi yang ramah lingkungan. CSA memiliki prinsip untuk meningkatkan produktivitas, berkelanjutan, mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan serapan karbon (*carbon sequestration*). Penyerapan karbon merupakan konsep yang diterapkan sebagai upaya mitigasi dan adaptasi untuk mengurangi emisi GRK serta peningkatan produktivitas tanaman.

Upaya yang dapat dilakukan dalam penerapan CSA yaitu dengan menerapkan teknologi budidaya tanaman yang tepat sesuai dengan agro-ekologi, integrasi tanaman dan ternak, penerapan kawasan rumah pangan lestari (KRPL), pemanfaatan sumberdaya lokal dan kearifan lokal untuk pengendalian hama terpadu (PHT), penggunaan kalender tanam terpadu (katam), dan konservasi sumberdaya tanah dan air. Melalui upaya tersebut, penerapan CSA dapat dijadikan model untuk pertanian berkelanjutan, berbasis

sumberdaya lokal, ramah lingkungan dan rendah emisi GRK. CSA diharapkan mampu meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani, terbentuknya kemandirian pangan dan mengatasi dampak perubahan iklim.

Bab 2.

PERAN MULTIDIMENSI PERTANIAN DALAM PERUBAHAN IKLIM

Kegiatan pertanian menyumbang 10-12% dari emisi GRK global, setara dengan sekitar 5 milyar ton karbon dioksida setiap tahun (FAO, 2015). FAO juga melaporkan bahwa emisi GRK dari pertanian, kehutanan dan perikanan telah meningkat hampir dua kali lipat selama 50 tahun terakhir dan dapat bertambah sebesar 30% pada tahun 2050, tanpa adanya upaya nyata untuk menguranginya.

Sumber emisi pertanian terutama yang berasal dari budidaya tanaman dan ternak meningkat dari 4,7 milyar ton setara karbon dioksida (CO₂e) pada tahun 2001 menjadi lebih dari 5,3 milyar ton pada 2011 atau terjadi peningkatan sebesar 14%. Peningkatan terjadi terutama di negara-negara berkembang, karena adanya perluasan areal pertanian. Sementara itu, emisi gas rumah kaca akibat perubahan penggunaan lahan dan *deforestasi* tercatat mengalami penurunan hampir 10% selama periode 2001-2010, rata-rata sekitar 3 milyar ton CO₂e/tahun selama dekade tersebut. Hal ini adalah dampak dari upaya penurunan tingkat *deforestasi* dan peningkatan jumlah serapan karbon yang dilakukan oleh beberapa negara.

Rata-rata selama periode 2001-2010, emisi GRK dari pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lainnya (AFOLU) adalah sebagai berikut (FAO, 2014) :

- 5 milyar ton CO₂e/tahun berasal dari tanaman dan ternak
- 4 milyar ton CO₂e/tahun dari konversi hutan menjadi penggunaan lain (*proxy* untuk *deforestasi*)
- 1 milyar ton CO₂e/tahun dari lahan gambut yang terdegradasi
- 0,2 milyar ton CO₂e/tahun dari pembakaran biomassa.

Peningkatan jumlah penduduk menuntut peningkatan ketersediaan bahan pangan, karena itu produksi pertanian harus terus ditingkatkan. Peningkatan produksi pertanian tidak dipungkiri akan diikuti dengan makin intensifnya peningkatan konsentrasi GRK yang disebabkan oleh sumber *antropogenik*. Perubahan dalam budidaya pertanian dan perbaikan rantai pasokan bahan pangan dapat membantu dunia untuk mencapai target penurunan emisi GRK dan perubahan iklim yang pada akhirnya diharapkan dapat mengatasi masalah keamanan pangan dan keberlangsungan pembangunan berkelanjutan. Berbagai teknik budidaya pertanian yang diyakini mampu menurunkan emisi GRK telah banyak dikaji dalam segala aspek dan perspektif baik di tingkat global maupun nasional. Sistem budidaya pertanian yang dikelola menggunakan pendekatan *Climate-Smart* adalah sistem budidaya yang rendah emisi GRK yang mampu menyerap karbon secara signifikan, dan menjadi lebih produktif serta tangguh dalam menghadapi perubahan iklim.

Masyarakat global dalam konferensi para pihak (*Conference of Parties - COP*) telah sepakat untuk membatasi kenaikan suhu global sampai 2°C di atas level pra-industri. Kenaikan suhu di atas 2°C diyakini akan menyebabkan semakin meningkatnya dampak tak terduga yang berbahaya bagi manusia dan ekosistem, terutama untuk sistem pertanian. Pada dasarnya sektor pertanian sangat sensitif terhadap variabilitas dan perubahan

iklim. Perubahan iklim yang disebabkan oleh emisi GRK akan berdampak langsung terhadap kualitas dan kuantitas hasil panen. Dampak pada sektor pertanian yang sudah terjadi dan diharapkan dapat diatasi sejak dini, meliputi peningkatan kebutuhan air irigasi, peningkatan penyebaran hama dan penyakit pada hewan dan tanaman, penurunan kualitas pakan, dan penurunan hasil panen (*Easterling et al.*, 2007; Wheeler dan Braun, 2013). Dampak tersebut berasal dari perubahan suhu bumi, pergeseran musim, dan kejadian iklim ekstrim yang makin meningkat frekuensinya seperti kekeringan, banjir, dan gelombang panas. Selain sebagai korban akibat perubahan iklim, pertanian juga merupakan sumber atau penyumbang terhadap emisi GRK serta mempunyai peran juga dalam upaya penurunan emisi GRK.

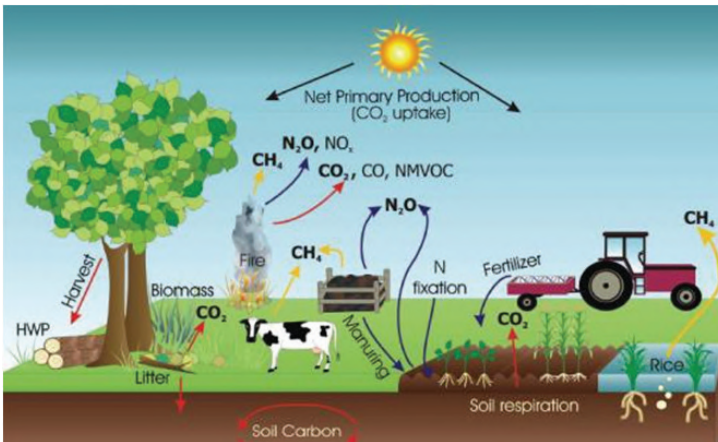
Pertanian sebagai Sumber Emisi GRK

Sumber emisi utama GRK dari sektor pertanian adalah CO_2 , N_2O and CH_4 . CO_2 diserap dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan dilepaskan melalui respirasi, dekomposisi, dan pembakaran bahan organik. N_2O terutama diemisikan sebagai hasil samping dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi, sedangkan CH_4 diemisikan melalui proses metanogenesis pada kondisi tanah anaerob dan penyimpanan pupuk kandang, melalui proses *fermentasi enterik*, dan akibat pembakaran tidak sempurna dari bahan organik (Gambar 1). Gas lainnya yang dihasilkan dari proses pembakaran adalah NO_x , NH_3 , dan CO yang disebut emisi tidak langsung. Gas-gas tersebut merupakan pemicu (*precursor*) dalam pembentukan GRK di atmosfer. Emisi tidak langsung juga terjadi dari proses pencucian atau aliran permukaan yang membawa senyawa nitrogen, terutama NO_3 yang dapat dikonversi menjadi N_2O melalui proses denitrifikasi (IPCC, 2006).

Dalam IPCC (2006), sumber GRK dari aktivitas pertanian dikelompokkan menjadi 1) *Fermentasi enterik*, 2) Pengelolaan limbah ternak, 3) Pembakaran pada aktivitas pertanian, 4) Pembakaran

padang rumput, 5) Penggunaan kapur pertanian, 6) Pemupukan urea, 7) Emisi langsung dan tidak langsung N_2O dari tanah, 8) Emisi tidak langsung N_2O dari limbah ternak, dan 9) Lahan sawah irigasi.

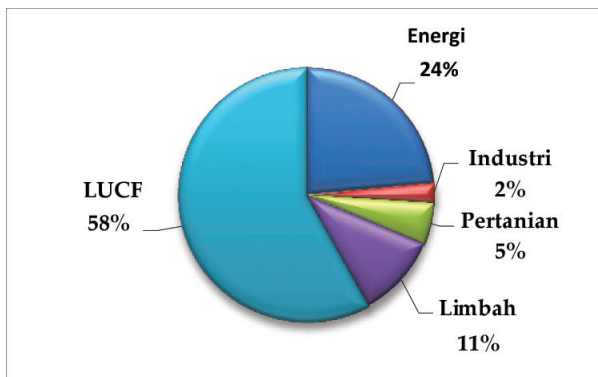
Proses fermentasi enterik mengemisikan CH_4 , sedangkan pengelolaan limbah ternak menghasilkan emisi CH_4 dan N_2O . Emisi N_2O dari lahan pertanian bersumber dari pupuk N, pengelolaan sisa tanaman, bahan organik dan konversi lahan yang mempercepat mineralisasi bahan organik tanah. Emisi CO_2 bersumber dari pengapuran dan pemupukan urea. Emisi non CO_2 dihasilkan dari pembakaran sisa pertanian seperti jerami padi, jagung, tebu dan dari pembakaran yang dilakukan pada saat konversi lahan. Sawah irigasi mengemisikan CH_4 akibat proses dekomposisi bahan organik anaerobik pada tanah sawah yang tergenang dan dilepaskan ke atmosfer melalui tanaman (Conrad, 1989; Nouchi et al., 1990). Jumlah gas CH_4 dari lahan sawah dipengaruhi oleh umur tanaman, jenis irigasi, pupuk organik dan anorganik, jenis tanah, suhu, dan varietas (Minami, 1995).



Gambar 1. Proses pembentukan dan pembuangan GRK dalam ekosistem yang dikelola

Second National Communication (2009) menyatakan bahwa sektor pertanian berkontribusi sebesar 5% terhadap total emisi nasional dengan asumsi emisi dari kebakaran gambut dan dari drainase lahan gambut belum diperhitungkan (Gambar 2). Total emisi nasional pada tahun 2000 sebesar 1.415.998 Gg dan emisi sektor pertanian hanya sebesar 75.420 Gg CO₂e. Berdasarkan jenis gasnya, CH₄ merupakan GRK terbesar dari sektor pertanian (79,2%) dan yang kedua adalah N₂O (21,5%). Pada tahun 2000, total emisi dari 3 GRK sektor pertanian (CO₂, CH₄ dan N₂O) mencapai 75.420 Gg; dan pada tahun 2005 meningkat 6,3% mencapai 80.179 Gg CO₂e (Tabel 1). Metana (CH₄) berkontribusi sekitar 65% dari total emisi, N₂O sebesar 31% dan CO₂ berkontribusi sebesar 4% (Tabel 1).

Emisi yang diperkirakan dalam SNC lebih rendah daripada yang dilaporkan oleh studi yang dilakukan PEACE, World Bank dan DFID (Agus *et al.*, 2007) yang menyatakan bahwa Indonesia merupakan negara dengan emisi tertinggi ke-3 di dunia. Penelitian tersebut memperkirakan total emisi sebesar 3.014.000 Gg CO₂ dimana sektor LUCF berkontribusi sebesar 85% atau sekitar 2.563.000 Gg CO₂ (dua kali lebih tinggi daripada perkiraan SNC).



Gambar 2. Kontribusi emisi dari berbagai sektor terhadap emisi GRK Nasional (SNC, 2009)

Lebih jauh, penelitian yang dilakukan oleh the World Bank (2008) menyatakan bahwa rata-rata emisi CO₂ dari LUCF mencapai 2.398.000 Gg, dengan asumsi 53% dari kebakaran gambut, 20% dari drainasi gambut (oksidasi gambut) 22% dari *deforestasi* dan 5% dari pembukaan perkebunan kelapa sawit dan karet. Penelitian McKinsey (2009) menyatakan bahwa total emisi GRK pada tahun 2005 mencapai 1.880.000 Gg CO₂e dan 55% merupakan emisi dari gambut.

Kisaran yang besar dari emisi GRK Indonesia terutama disebabkan perbedaan perkiraan emisi dari LUCF terutama dari gambut (SNC, 2009). *Van der Werf et al.* (2008) mengembangkan perhitungan emisi yang disebabkan oleh kebakaran gambut dengan menggunakan beberapa sumber data satelit dengan pemodelan biogeokimia dan atmosfer. Hasil penelitian tersebut memperkirakan bahwa emisi dari kebakaran gambut sekitar 172.000 Gg CO₂e, dan apabila menggunakan rata-rata emisi kebakaran gambut tahun 1997-2007 sebesar 466.000 Gg CO₂e.

Tabel 1. Emisi GRK dari sektor pertanian tahun 2000-2005

Gas	2000	2001	2002	2003	2004	2005
 Gg CO ₂ e					
CO ₂	2.178	3.232	3.215	3.457	3.692	3.837
CH ₄	50.800	50.677	50.833	52.547	49.342	50.670
N ₂ O	22.441	23.592	22.982	23.825	24.828	25.672
Total	75.420	77.501	77.030	79.829	77.863	80.179

Sumber: SNC (2009)

Pertanian sebagai Penerima Dampak Perubahan Iklim

Dampak perubahan iklim bukan hanya persoalan naiknya permukaan laut atau perubahan suhu permukaan bumi. Lebih penting lagi dampak perubahan iklim yang dapat dirasakan secara

dekat dan nyata adalah dapat menyebabkan kerentanan pangan. Perubahan iklim merupakan tantangan dan ancaman nyata sektor pertanian dalam menjaga keberlangsungan produksi pangan. Tidak hanya menjadi perhatian pada forum internasional, perubahan iklim telah menjadi isu strategis nasional berbagai negara dalam menghadapi fenomena tersebut.

Dampak perubahan iklim menjadi isu strategis karena persoalan ini dapat mengancam kepentingan nasional suatu bangsa. Beberapa hasil penelitian mengindikasikan bahwa perubahan iklim membawa pengaruh negatif terhadap produktivitas pertanian. Perubahan suhu secara global memicu terjadinya musim kemarau yang berkepanjangan, hujan badai ekstrim menyebabkan terjadinya banjir besar di beberapa lokasi di belahan bumi.

Perubahan iklim juga memicu adanya perubahan cuaca secara ekstrim. Terjadinya pergeseran musim akan berpengaruh pada perencanaan aktivitas kegiatan pertanian, sehingga jadwal tanam akan terganggu yang mengakibatkan menurunnya angka produksi dan bahkan kegagalan panen, munculnya sumber penyakit-penyakit baru pada tanaman, angin kencang dan badai yang merusak tanaman.

Penurunan Produktivitas

Kejadian musim kemarau berkepanjangan dan banjir di musim hujan membuat produktivitas pertanian menurun. Naiknya suhu permukaan bumi akan membuat pola hidup tanaman pertanian menjadi terganggu. Beberapa hal tersebut merupakan contoh yang dapat dirasakan akibat dari perubahan iklim di sektor pertanian. Dengan demikian ancaman gagal panen yang berdampak pada ketahanan pangan menjadi semakin nyata.

Di sisi lain, pertumbuhan jumlah angka penduduk yang semakin meningkat patut menjadi suatu kekhawatiran besar,

yang berimbang pada kebutuhan pangan juga akan tinggi, sementara produktivitas hasil pertanian menurun oleh pengaruh perubahan iklim. Menurut *Delgado et al.* (2011), perubahan iklim juga berkontribusi terhadap peningkatan evapotranspirasi dan penurunan curah hujan di beberapa wilayah yang nantinya akan mempengaruhi ketersediaan air irigasi sehingga dapat menimbulkan kekhawatiran serius terhadap hasil panen karena rata-rata hasil panen di wilayah irigasi dua kali lipat dibandingkan non irigasi. Peluang terjadinya krisis pangan secara global, bukan hal mustahil dapat terjadi, jika persoalan perubahan iklim tidak disikapi sejak dini. Menurut informasi dari organisasi *Food Agriculture Organisation* (FAO) yang dirilis pada 2010, memprediksikan bahwa mulai 2030 mendatang akan terjadi bencana kelaparan global yang dialami oleh beberapa negara berkembang di kawasan Asia, Afrika, dan Amerika latin. Kondisi tersebut merupakan dampak dari produksi pangan yang lebih rendah dari permintaan yang kemudian makin diperparah oleh fenomena perubahan iklim global.

Menurut laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) yang dirilis pada April 2007, menyebutkan bahwa penurunan curah hujan akan terjadi di kawasan selatan di Indonesia, sebaliknya di kawasan utara akan mengalami peningkatan curah hujan. Artinya kawasan yang menurun curah hujannya sangat berpotensi merusak sistem tanam pertanian, khususnya tanaman yang tidak memiliki potensi resistensi terhadap kekeringan dan krisis air yang menopang kehidupan (air bersih) dan infrastruktur listrik turbin. Di sisi lain, peningkatan curah hujan potensial menjadi ancaman banjir yang merusak sarana dan prasarana pendukung pertanian.

Kementerian Pertanian (Kementan) Indonesia telah memetakan dampak perubahan iklim di Indonesia. Di antaranya adalah degradasi sumberdaya lahan dan air, infrastruktur (irigasi), banjir dan kekeringan dan penciptaan serta degradasi lahan berpotensi mengancam penurunan produktivitas, produksi, mutu hasil, efisiensi dan lainnya yang berujung kepada ketahanan pangan

dan pada akhirnya terhadap kehidupan sosial dan ekonomi serta kesejahteraan petani dan masyarakat petani. Fenomena perubahan iklim secara global telah banyak dan meruntuhkan infrastruktur vital yang menopang kekuatan ekonomi nasional merusak lahan pertanian di berbagai belahan bumi tidak terkecuali Indonesia. Perubahan pola curah hujan dan iklim ekstrim mengakibatkan areal padi sawah di beberapa wilayah/daerah mengalami kekeringan. Luas areal yang mengalami kekeringan meningkat dari 0,3-1,3% menjadi 3,1-7,8% (Kementan RI, 2012).

Tingkat kerentanan lahan pertanian terhadap kekeringan cukup bervariasi antar wilayah dan dari 5,14 juta hektar lahan sawah yang dievaluasi, 74 ribu hektar di antaranya sangat rentan dan sekitar satu juta hektar rentan terhadap kekeringan (Wahyunto, 2005). Dalam periode 1991-2006, luas pertanaman padi yang dilanda kekeringan berkisar antara 28.580-867.930 hektar per tahun dan puso 4.614-192.331 hektar (Ditjen Tanaman Pangan, 2011). Kekeringan yang lebih luas terjadi pada tahun-tahun *El Nino*. Tim SNC (2009) mengidentifikasi luas rata-rata wilayah pertanaman padi yang mengalami kekeringan pada tahun *El Nino* dalam periode 1989-2006, lebih dari 2.000 hektar per kabupaten di Pantai Utara Jawa Barat, terutama Kabupaten Indramayu, sebagian Pantai Utara Nanggroe Aceh Darusalam, Lampung, Kalimantan Timur, Sulawesi Barat, Kalimantan Selatan, dan Lombok.

Dampak lain perubahan iklim di sektor pertanian adalah peningkatan suhu udara yang mengakibatkan penurunan produksi pangan seperti padi, jagung dan kedelai yang diperkirakan akan menurun sekitar 10,0-19,5% selama 40 tahun yang akan datang. Penciutan lahan dan degradasi sawah produktif sekitar 292-400 ribu hektare (3,7%) di Jawa akibat peningkatan muka air laut diproyeksikan sampai dengan 2050. Menurut hasil kajian CCAFS (*Climate Change, Agriculture and Food Security*), pada tahun 2050, lahan gandum irigasi terutama di negara berkembang produksinya akan menurun sampai 13%, sementara lahan padi irigasi akan turun sampai 15% dan produksi jagung di negara-negara Afrika akan menurun antara 10-20%.

Kondisi tersebut, tentunya, berdampak serius terhadap pertanian sebagai penyedia pangan. Oleh karena itu tidak dapat dipungkiri bahwa perubahan iklim membawa dampak yang signifikan terhadap sektor pertanian. Persoalan ini penting dibahas karena persoalan tersebut dapat mengancam ketahanan pangan baik dalam skala global maupun nasional.

Pertanian sebagai Peluang Penurunan Emisi GRK

Pertanian merupakan sektor yang mengalami dampak paling serius akibat perubahan iklim. Oleh karenanya peran aktif sektor pertanian untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim melalui strategi adaptasi dan mitigasi merupakan suatu tantangan tersendiri. Berdasarkan hasil kajian USEPA (2006), strategi mitigasi dari budidaya padi memiliki potensi ekonomi tertinggi untuk pengurangan emisi di negara berkembang. *Smith et al.* (2007a,b) telah melaporkan bahwa penyerapan karbon tanah menawarkan potensi ekonomi tertinggi, dan dengan prospek terbaik di negara-negara berkembang. Namun demikian, peluang penurunan emisi dari sektor pertanian tergantung dari banyak faktor, antara lain tingkat emisinya, ketersediaan teknologi, dukungan sumberdaya dan adanya insentif (*Rosegrant et al.*, 2008). Negara-negara berkembang diperkirakan mempunyai peluang hingga 75% dalam hal penurunan emisi GRK sektor pertanian dengan dukungan teknologi (*Smith et al.*, 2007a). Berikut ini adalah beberapa teknologi mitigasi GRK dari sektor pertanian yang telah dilakukan di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian sesuai dengan tipologi iklim tropis.

Lahan sawah irigasi

Varietas padi

Emisi GRK yang dikeluarkan oleh tanaman padi terutama adalah CH_4 . Sekitar 90% gas CH_4 dilepaskan melalui pembuluh aerenkima tanaman. Namun kemampuan dalam melepaskan gas

CH_4 berbeda-beda tergantung karakteristik varietas padi seperti sifat, umur dan aktivitas akar. Padi yang mempunyai jumlah anakan lebih banyak akan meningkatkan jumlah aerenkima sehingga emisi gas CH_4 yang dikeluarkan juga semakin besar. Sedangkan varietas berumur dalam menghasilkan emisi gas CH_4 yang lebih besar daripada varietas yang berumur genjah. Hal ini berhubungan dengan siklus hidup tanaman padi tersebut. Semakin lama periode tumbuh tanaman akan semakin banyak pula eksudat dan biomassa akar yang terbentuk sehingga emisi gas CH_4 menjadi tinggi. Eksudat merupakan senyawa organik yang mengandung gula, asam amino dan asam organik sebagai substrat sumber energi bagi bakteri penghasil gas CH_4 . Semakin banyak dan merata perakaran tanaman maka akan semakin besar pula distribusi eksudat ke dalam tanah. Pembentukan gas CH_4 tidak terlepas dari kemampuan akar sebagai pengoksidasi dalam tanah. Varietas-varietas yang memiliki kapasitas pengoksidasi akar yang baik mempunyai potensi sebagai varietas yang dapat menekan emisi CH_4 . Melalui kapasitas pengoksidasi akar tersebut, pertukaran gas akan menyebabkan peningkatan konsentrasi gas O_2 , sedangkan konsentrasi CH_4 akan teroksidasi secara hayati oleh bakteri metanotrofik. Beberapa varietas yang telah diteliti menghasilkan emisi GRK yang rendah adalah Way apoburu, Dodokan, Tukad Balian, Batanghari, Ciherang dan Inpari 1.

Keunggulan varietas dalam hal penekanan terhadap emisi GRK dan hasil tinggi pada suatu kawasan yang tidak bermasalah, harus dilihat dari ketahanannya terhadap hama/penyakit tertentu di kawasan lain yang endemik hama/penyakit itu. Varietas Ciherang cukup banyak menekan emisi GRK, tetapi masih kalah dibanding IR 64, tetapi Ciherang konsisten berdaya hasil tinggi. Maka, potensi varietas dalam menekan emisi GRK (dalam bentuk faktor emisi/aktor koreksi) masih harus dievaluasi lebih lanjut.

Pupuk anorganik dan organik

- Pemberian pupuk kandang yang telah matang menurunkan emisi CH_4 ; pemberian 5,0 ton/ha jerami meningkatkan emisi

CH₄. Informasi ini mendorong digalakkannya penerapan integrasi tanaman padi dan ternak sapi: (i) jerami padi segar untuk pakan ternak sapi, (ii) kotoran sapi segar untuk pembuatan biogas (keperluan energi rumah tangga) dan (iii) pupuk kandang yang telah matang untuk pupuk organik tanaman padi.

- Pemupukan ZA dengan dosis 86,0–115,0 kg N/ha yang diberikan tiga kali menurunkan emisi CH₄ secara konsisten pada MH dan MK pada tanah Aluvial (*Planosol*) dan tanah Vertisols. Pupuk ZA adalah sumber unsur N dan S. Unsur S diperlukan pada tanah aluvial dari endapan pantai yang jauh dari gunung api aktif. Maka, kombinasi pemupukan urea atau ZA dengan pupuk organik perlu dikaji lebih luas pada berbagai kondisi tanah.
- Teknik lain yang diketahui dapat mengurangi emisi CH₄ adalah mengkombinasikan penggunaan pupuk organik dengan pupuk N, mengaplikasikan pupuk N dengan cara membenamkan (cara tersebut juga dapat mengurangi hilangnya N dari proses volatilisasi). Penggunaan pupuk anorganik agar lebih efisien dan efektif didasarkan pada kebutuhan tanaman. Hal ini dapat dilihat dari warna daun padi dengan menggunakan bagan warna daun (BWD). Sedangkan pupuk organik diberikan pada saat pengolahan tanah setara 2 t/ha.

Adapun penggunaan BWD adalah sebagai berikut:

- a. Pengukuran hijau daun padi dengan BWD dimulai pada saat tanaman berumur 25- 28 hst dan dilanjutkan setiap 7-10 hari sekali sampai fase primordia tanaman.
- b. Pilih secara acak 10 rumpun tanaman yang sehat, letakkan bagian tengah daun di atas BWD dan bandingkan dengan warna BWD. Jika lebih dari 5 dari 10 daun yang diamati

menunjukkan warna di bawah skala 4 BWD, pupuk yang digunakan sebanyak 75-100 kg urea/ha pada musim hasil tinggi dan 50-75 kg/ha pada musim hasil rendah. Pada saat pengukuran sebaiknya pengukur tidak menghadap sinar matahari karena akan berpengaruh terhadap hasil pengukuran.

Teknik pengairan

Pengaturan air selain berpengaruh terhadap hasil padi juga berpengaruh pada besarnya emisi gas CH₄. Pada kondisi tergenang emisi gas CH₄ lebih tinggi daripada kondisi kering. Upaya menekan besarnya emisi gas CH₄ dari sistem pengairan perlu dilakukan karena selain dapat menurunkan emisi gas CH₄ juga dapat menghemat penggunaan air yang berlebihan. Penggunaan pengairan secara terputus-putus (*intermittent*) merupakan manajemen pengairan yang paling efisien untuk mampu mengurangi emisi gas CH₄ dari lahan sawah.

Tanam benih langsung pada tanah yang diolah sempurna dengan pengairan berselang menekan emisi CH₄ dengan hasil yang relatif tinggi selama 4 musim tanam berturut-turut.

Teknologi tanpa olah tanah

Tanpa olah tanah merupakan salah satu praktek pengelolaan lahan sawah yang mampu mengurangi emisi GRK dibandingkan dengan olah tanah sempurna karena kemampuannya untuk menyerap karbon dalam tanah.

Olah tanah sempurna dengan menggunakan peralatan mekanisasi pertanian akan banyak mengganggu keseimbangan karbon yang tersimpan didalam tanah. Oleh karena itu olah tanah sempurna akan mengemisi karbon lebih besar dibandingkan tanpa olah tanah.

Tujuan utama tanpa olah tanah adalah untuk meminimalkan gangguan pada unsur hara tanah, mencegah terjadinya degradasi lahan dan sebagai salah satu bentuk pengelolaan lahan berkelanjutan.

Lahan sawah tadah hujan

Pada lahan sawah tadah hujan fokus penelitian ditujukan pada pengaruh teknik budidaya terhadap emisi N₂O. Rejim air basah dan kering secara tidak teratur (*intermittent wet and dry soil moisture regime*) terjadi secara alami, kecuali embung dibangun untuk mengubah *intermittent* menjadi *rotational soil moisture regimes*.

Cara tanam dan tata air

- Tanam benih langsung dengan air tergenang terus menerus dapat menekan emisi N₂O dan memberi hasil cukup tinggi secara konsisten
- Embung memfasilitasi penggenangan air (*continuous flooding*)
- Keunggulan tanam benih langsung adalah tanam benih dan panen lebih awal, dan meningkatkan intensitas tanam.

Pemupukan organik

- Pemberian pupuk kandang menaikkan emisi N₂O; makin tinggi takaran pupuk kandang, makin tinggi juga emisi N₂O
- Sebaliknya pemberian pupuk kandang matang menurunkan emisi CH₄. Karena emisi CH₄ lebih banyak dari emisi N₂O, maka pemilihan teknologi lebih diprioritaskan pada penekanan emisi CH₄ sehingga keputusan dalam menentukan pengurangan emisi GRK, seyogyanya dalam satuan GWP (*Global Warming Potential* atau potensi pemanasan global).

Pemupukan anorganik

- Pemupukan urea pril meningkatkan hasil gabah secara linier dengan tanam secara langsung, tetapi emisi N_2O juga naik secara linier. Pada tanam pindah kenaikan hasil kuadratik dengan makin tingginya takaran urea pril, sementara kenaikan emisi N_2O masih linier.
- Pemupukan S menurunkan emisi N_2O ; dari penelitian pada lahan sawah irigasi pemupukan ZA menurunkan emisi CH_4 (ZA mengandung unsur N dan S); jadi, ZA adalah jenis pupuk N yang perlu dipertimbangkan (sulfur – *coated* urea perlu dikaji)

Lahan pasang surut

Ameliorasi tanah

- Dolomit dan pupuk kandang konsisten menekan emisi GRK (dalam GWP)
- Pemberian dolomit dan pupuk kandang menaikkan serapan C oleh tanaman padi
- Terak baja juga potensial menurunkan emisi GRK, tetapi belum tersedia di pasar dan mempertimbangkan aspek lingkungan.

Bab 3.

KALENDER TANAM TERPADU DALAM PERSPEKTIF *CLIMATE* *SMART AGRICULTURE* DI LAHAN TADAH HUJAN

Sektor pertanian merupakan tumpuan utama penyediaan pangan penduduk Indonesia, penyedia bahan baku industri, penyumbang PDB negara, menyerap tenaga kerja dan sebagai sumber utama pendapatan di rumah tangga perdesaan. Di masa yang akan datang, sektor pertanian akan menjadi andalan ketahanan pangan sebagai pilar utama stabilitas nasional sehingga sektor pertanian sebagai salah satu sasaran utama pembangunan nasional.

Pencapaian target ketahanan pangan nasional dibayangi-bayangi oleh ancaman dan kendala biofisik seperti alih fungsi lahan sawah produktif dan perubahan iklim sebagai bagian dari pemanasan global, degradasi sumberdaya lahan, air dan lingkungan, serta meluasnya lahan terdegradasi dan terlantar yang harus diantisipasi dan ditanggulangi.

Lahan sawah saat ini luasnya menciut akibat konversi lahan, terjadi juga alih fungsi lahan sawah menjadi lahan perkebunan sawit, lahan sawah juga mengalami ancaman nyata alih fungsi, terkait dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten/Kota seluruh Indonesia.

Secara kuantitas, Indonesia mempunyai sumberdaya lahan yang cukup luas dengan berbagai keragaman dan karakteristik. Namun dari daratan seluas 189,1 juta hektar sekitar 157,2 juta hektar di antaranya merupakan lahan suboptimal (LSO), sedangkan sisanya seluas 31,9 juta hektar adalah lahan subur (optimal) dengan berbagai tingkat kesuburan dan 2,1 juta hektar merupakan lahan tadah hujan. Data dalam BPS (2004) menunjukkan penyebaran lahan sawah tadah hujan, antara lain Jawa (777.029 ha), Sumatra (550.940 ha), Kalimantan (339.705 ha), Sulawesi (279.295 ha), Bali dan Nusa Tenggara (70.673 ha).

Sebagai salah satu andalan di masa depan, lahan tadah hujan yang secara alamiah mempunyai produktivitas rendah dan ringkih (*fragile*) dengan berbagai kendala akibat faktor inheren (tanah, bahan induk) maupun faktor eksternal akibat iklim yang ekstrim, termasuk lahan terdegradasi akibat eksploitasi yang kurang bijak perlu penerapan intensifikasi teknologi.

Produktivitas padi di lahan sawah tadah hujan di tingkat petani baru mencapai 2,9 ton/ha gabah kering giling, sementara di tingkat penelitian mencapai 5,2 ton/ha (cybex.pertanian, 2015). Untuk meningkatkan produktivitas lahan tadah hujan perlu penerapan intensifikasi pertanian ke lahan tadah hujan tersebut.

Karakteristik dan Potensi Lahan Sawah Tadah Hujan

Lahan sawah tadah hujan merupakan kawasan pertanian yang memiliki kendala berupa sumber ketersediaan air hanya bergantung dari hujan saja sehingga perlu upaya ekstra dalam pengelolaan air di musim penghujan agar dapat dimanfaatkan secara optimal untuk budidaya tanaman. Dengan keterbatasan air untuk pertanaman padi, petani yang mengusahakan sawah tadah hujan hanya dapat panen satu kali dengan sistem gora (gogo

rancha) untuk wilayah dengan jumlah bulan basah 4-5 bulan dalam setahun (Fagi, 1995; Djaenudin., dkk, 2011).



(a)

(b)

Gambar 3. Proses penanaman padi di lahan tadah hujan

Keterangan :

- a. Penanaman padi dengan seeder di lahan tadah hujan,
- b. Penanaman padi secara tradisional di lahan sawah tadah hujan)

Karakteristik lain dalam lahan tadah hujan adalah tingginya kadar garam mudah larut dalam tanah (*salinitas*) berkisar 2-6 dS/m yang dapat menyebabkan keracunan pada tanaman (Djaenuddin., dkk, 2011). Gejala tanaman keracunan garam ditandai dengan tanaman padi tumbuh kerdil, anakan berkurang, ujung daun keputih-putihan dan terjadinya klorosis (Hardjowigeno dan Rayes, 2005).

Luas lahan sawah tadah hujan di Indonesia mencapai 2 juta hektar merupakan lumbung padi setelah sawah irigasi. Lahan sawah tadah hujan memiliki prospek untuk dikembangkan dalam rangka menyokong ketahanan pangan di Indonesia. Luas areal sawah irigasi yang semakin menyempit dan tingkat kesuburannya yang semakin menurun maka lahan sawah tadah hujan dapat dimaksimalkan fungsinya sebagai penyokong kedua untuk swasembada pangan khususnya padi di musim penghujan dan komoditas palawija di musim kemarau. Permasalahan yang menonjol dari lahan sawah tadah hujan adalah produktivitasnya yang masih rendah, sekitar 3,0-3,5 t/ha. Padahal hasil penelitian konsorsium CRIFC-IRRI sejak tahun 1992 menunjukkan bahwa produksi padi lahan tadah hujan (padi gogo rancah) sudah

mencapai 6,5-7,5 t/ha. Jika dilihat dari tingkat selisih yang cukup tajam, sekitar 3,0-4,0 ton/ha, maka inovasi teknologi belum efektif diadopsi petani di lahan tadah hujan oleh petani yang seharusnya dapat meningkatkan produksi padi sawah tadah hujan (Deptan, 2008).

Tantangan Pengelolaan Lahan Sawah Tadah Hujan

Faktor pembatas dalam pengembangan padi di lahan tadah hujan merupakan tantangan yang kompleks dibandingkan dengan pertanaman padi di lahan sawah irigasi. Kondisi curah hujan yang tidak menentu sehingga pasokan air dari curah hujan sulit diprediksi, tingkat kesuburan tanah yang rendah, banyaknya gulma yang tumbuh dan introduksi varietas padi spesifik lahan tadah hujan belum maksimal sehingga menyebabkan kendala produksi rendah di lahan tadah hujan, di tambah dengan harus menghadapi fenomena *El-nino* dan *La-nina* yang semakin rapat dari tahun ke tahun selalu mengancam sistem produksi padi nasional (Balitpa, 2002).

Petani lahan tadah hujan umumnya adalah petani miskin, kurang pengetahuan mengenai teknologi terbaru dan masih menggunakan teknologi tradisional dalam mengusahakan pertanaman padi serta dengan infrastruktur yang terbatas menyebabkan peningkatan produksi padi lahan tadah hujan kurang optimal, maka perlu intensifikasi teknologi anjuran terutama percepatan penyampaian hasil-hasil penelitian yang mendukung peningkatan produksi padi sawah tadah hujan. Penurunan tingkat kesuburan tanah lahan tadah hujan juga telah terjadi (Mamaril *et al.*, 1995; Wade, 1998; Wihardjaka *et al.*, 1998, Kasno *et al.*, 2016), pH tanah yang rendah, tanahnya yang padat/kompak telah banyak dilaporkan melanda sawah tadah hujan. Berdasarkan hasil survey yang dilaksanakan di Kabupaten Rembang dan Pati, didapatkan bahwa pertumbuhan gulma sangat banyak, ditemukan sekitar 156 jenis gulma di lahan sawah padi gogo rancah (Pane *et al.*, 2000).

Strategi Pengembangan Teknologi Untuk Pengelolaan Lahan Tadah Hujan

Katam Terpadu

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian hadir dengan aplikasi Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu atau yang lebih dikenal dengan KATAM terpadu versi 2.6. Sistem informasi kalender tanam terpadu yang bersifat dinamis dan real time pada masing-masing musim.

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 (Gambar 30). Sistem teknologi informasi kalender tanam terpadu bersifat dinamis.



Gambar 4. Halaman depan website katam Badan Litbang Pertanian yang bisa diakses melalui situs www.katam.litbang.pertanian.go.id

Dengan adanya aplikasi ini maka akses informasi tanam dan budidaya tanaman padi di seluruh kecamatan sudah bisa diakomodasi. Informasi mengenai input ke sawah sudah tersedia spesifik lokasi, baik itu tingkat penggunaan pupuk, varietas,

bahkan kewaspadaan mengenai informasi hama penyakit sudah tersedia dalam aplikasi ini. Peran penyuluh pertanian sebagai ujung tombak pengenalan aplikasi ini ke tingkat petani binaanya sehingga petani dapat mengaplikasikan teknologi spesifik lokasi.

Perbaikan Sifat Fisika, Kimia dan Biologi Tanah

Proses penanaman padi musim gogo rancah memerlukan sistem olah tanah yang harus disesuaikan dengan waktu hujan. Prediksi musim hujan biasanya oleh petani tradisional menggunakan patokan sistem *pranoto mongso*, atau untuk petani yang lebih modern akan menggunakan sistem KATAM terpadu dari Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) sebagai tolok ukurnya. Dengan prediksi turunnya hujan ini maka sistem gogo rancah yang diusahakan oleh petani akan memberikan peluang keberhasilan yang baik.

Dengan adanya sistem olah tanah, tanah dibalik menggunakan traktor maka akan terjadi perbaikan sifat fisika tanah yang sebelumnya padat menjadi berpori. Hal ini akan membantu petani saat tanam gogo rancah dan juga akan berimbas baik ke pertumbuhan tanaman.



Gambar 5. Proses olah tanah dan penambahan bahan organik ke lahan sawah tadah hujan

Pemberian bahan organik ke dalam lahan tadah hujan akan mampu menambah tingkat kesuburan tanah. Penambahan bahan organik ke lahan sawah akan sangat baik apabila dilakukan bersamaan dengan olah tanah kedua sehingga bahan organik akan

bercampur maksimal dalam tanah. Penambahan bahan organik ke dalam tanah akan memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah sawah tadah hujan.

Perbaikan Pengairan dengan Pemanfaatan Embung dan Saluran Irigasi

Embung adalah waduk berukuran mini atau bisa disebut sebagai tandon air yang berada di lahan pertanian (*small farm reservoir*) yang dibangun untuk menampung kelebihan air hujan pada musim hujan dan menggunakan air dalam embung pada musim kemarau. Kata embung berasal dari Nusa Tenggara. Di sana umumnya embung adalah cekungan lahan secara alamiah; air yang masuk ke dalam cekungan ditahan dengan membendung jalan keluarnya air. Setelah dirasakan manfaat embung, maka embung sengaja dibangun (*by design*) dengan menggali tanah. Berbagai ukuran embung dijumpai di lahan tadah hujan. Air hujan hanya menyumbang 30% dari air yang ada di dalam embung; 70% sisanya berasal dari air limpasan, sebab itu diperlukan daerah tangkapan hujan yang memadai untuk memenuhi kapasitas tampung embung (Syamsiah dan Fagi, 1997).



Gambar 6. Embung di lahan tadah hujan dan saluran irigasi yang baik.

Ketersediaan air pada lahan tadah hujan merupakan faktor pembatas utama. Keadaan akan bertambah semakin parah apabila daerah aliran sungai (DAS) rusak, sehingga air hujan yang jatuh di permukaan tanah tidak mampu mengisi cadangan air dalam tanah. Sungai meluap saat hujan besar dan terjadi kekeringan pada musim kemarau. Untuk mengurangi air limpasan air permukaan perlu adanya penerapan konservasi tanah secara terintegrasi dengan pengelolaan DAS. Penerapan teknik konservasi tanah harus dikaitkan dengan upaya untuk mengisi embung dalam rangka mengantisipasi kekeringan pada musim kemarau dan cekaman kekeringan air pada fase kritis pertumbuhan tanaman di musim hujan.

Dari Tabel 2 dan 3 terlihat bahwa dengan adanya embung akan meningkatkan hasil produksi pertanian yang secara langsung akan berimbas kepada bertambahnya pendapatan petani.

Tabel 2. Perbandingan penggunaan lahan dengan teknologi embung dan tanpa embung.

Penggunaan lahan	Tanpa embung	Dengan embung
Lahan kering (upland)		
Pola tanam	Kacang tanah + ubi kayu + bera	Kacang tanah + jagung + ubi kayu; Kacang tanah + jagung + sayuran
Hasil setara padi	3,5 t/ha	4,3 t/ha – 6,3 t/ha
Tegalan (<i>rainfed</i>)		
Pola tanam	Padi + bera	Padi + tembakau + jagung
Hasil (setara gabah)	4,2 t/ha	11,7 t/ha

Sumber : Irawan et al. (1999)

Tabel 3. Perbandingan keuntungan usaha tani dari luas lahan 0,5 ha, sebelum vs setelah pembangunan embung 10 m x 10 m x 2 m

Komponen usaha tani	Sebelum embung		Setelah embung		Selisih (Rp)
	Hasil (kg)	Nilai (Rp)	Hasil (kg)	Nilai (Rp)	
MH : padi gogo rancah	2.500	625.000	2.450	612.500	-12.500
MK 1 : padi walik jerami	1.000	250.000	960	24.000	-10.000
MK 2 : biji semangka kuaci	0	0	200	400.000	400.000
MH-MK : -pisang (tandan)	0	0	20	40.000	40.000
- ikan	0	0	20	30.000	30.000
Total	-	875.000	-	1.322.500	447.000

Sumber: Syamsiah et al. (1993)

Pengembangan Jenis dan Varietas Adaptif

Peningkatan hasil gabah di lahan tadah hujan dapat berhasil dengan jenis varietas padi yang ditanam di lahan sawah tadah hujan. Faktor genetik tiap jenis padi berbeda akan berpengaruh terhadap performa potensi hasil gabah panen.



Gambar 7. Lokasi penelitian varietas padi di lahan tadah hujan. KP Balingtan, Jakenan.

Hasil gabah tanaman padi dari berbagai varietas yang ditanam di lahan tadah hujan memberikan hasil yang berbeda seperti ditunjukkan pada Tabel 4. Penelitian dilakukan di Desa

Tanjung Sekar Kabupaten Pati Jawa Tengah dan di desa Ujung Jaya Kabupaten Sumedang Jawa Barat menggunakan pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu di lahan tadah hujan dengan varietas padi yang di tanam adalah IR 64, Ciherang, Fatmawati, Singkil, Gilirang, Situ Bagendit, Situ Patenggang (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil gabah padi gogo rancah di lahan tadah hujan pada musim hujan 2003/2004 (Pane *et al.*, 2006)

Varietas	Desa Ujung Jaya		Desa Tanjung Sekar	
	PTT	Non PTT	PTT`	Non PTT
t/ha			
IR 64	6,31	4,44	5,82	5,63
Ciherang	6,57	-	5,70	-
Fatmawati	5,82	-	6,66	-
Singkil Gilirang	7,35	-	6,43	-
Situ Bagendit	5,34	-	5,80	-
Situ Patenggang	-5,09	-	6,16	-
Rata rata	6,08	-	- 6,10	-
		-		-
Keuntungan R/C ratio	5.068.000	1.852.357	4.626.286	2.824.357
	2,35*	1,53	2,37**	1,72

*) dasar perhitungan varietas Singkil

**) dasar perhitungan varietas Fatmawati

Hasil padi gogo rancah dengan varietas unggul baru juga diujikan dengan menggunakan alat tanam *dry seeder* dan manual di lahan sawah tadah hujan desa Kemiri dan Bergolo Kabupaten Blora telah diujikan (Tabel 5).

Perbaikan produktivitas lahan sawah tadah hujan melalui pendekatan teknologi PTT dengan aplikasi varietas adaptif di lahan tadah hujan ternyata mampu memberikan hasil gabah yang mendekati dengan hasil gabah lahan sawah irigasi. Pengalaman BB Padi dalam penerapan PTT padi gogo rancah di desa Tanjung Sekar Kabupaten Pati dan di desa Ujung Jaya Kabupaten Sumedang pada musim penghujan 2003/2004 menunjukkan hasil mencapai 6,10 dan 6,08 ton/ha gabah kering giling dibandingkan

dengan di tingkat petani konvensional dengan hasil gabah sebesar 5,63 dan 4,44 ton/ha dengan tingkat keuntungan masing masing mencapai Rp. 4.626.286; dan Rp. 5.068.000; dibandingkan dengan cara konvensional petani hanya mendapatkan keuntungan Rp. 2.824.357; dan Rp. 1.852.357; (Tabel 4). Hasil penelitian pada musim hujan 2006/2007 di Kabupaten Blora menunjukkan bahwa rata rata hasil 10 varietas di daerah lahan tadah hujan dengan menggunakan *dry seeder* dan manual di desa Kemiri masing masing mencapai 6,92 dan 6,69 ton/ha gabah kering giling sedangkan cara manual petani sebesar 5,33 ton/ha, terjadi peningkatan hasil gabah sebesar lebih dari 1 ton/ha. Sedangkan di desa Bergolo, cara konvensional petani menghasilkan gabah kering giling sebesar 4,82 ton/ha sedangkan dengan introduksi teknologi PTT dengan *dry seeder* dan manual masing masing menghasilkan gabah kering giling sebesar 6,30 dan 6,24 ton/ha (Tabel 5).

Tabel 5. Hasil gabah padi gogo rancah dengan varietas unggul baru pada MH 2006/2007 dengan alat tanam *dry seeder* dan manual 20 x 20 cm (Deptan, 2008)

Pengelolaan dan Varietas	Kemiri		Bergolo	
	<i>Dry seeder</i>	Manual		<i>Dry seeder</i>
<u>PTT :</u>			<u>PTT :</u>	
Mekongga	7,35	7,75	Mekongga	7,35
Ciherang	6,54	7,03	Ciherang	6,54
Cibogo	5,48	6,97	Cibogo	5,48
Cigeulis	8,25	8,64	Cigeulis	8,25
Singkil	6,48	5,47	Singkil	6,48
Gilirang	6,22	6,77	Gilirang	6,22
S. Patenggang	6,71	7,48	S. Patenggang	6,71
Limboto	5,33	5,25	Limboto	5,33
Tukad Petanu	6,87	6,93	Tukad Petanu	6,87
Batutegi	7,18	6,92	Batutegi	7,18
Rata rata	6,69	6,92	Rata rata	6,69
<u>Petani :</u>			<u>Petani :</u>	
Ciherang	-	5,19	Ciherang	-
Cibogo	-	5,46	Cibogo	-
Rata rata		5,33	Rata rata	

Tabel 6. Varietas padi gogorancah dan tadah hujan (Badan Litbang Pertanian, 2008)

NO	Varietas	Tahun dilepas	Umur (hari)	Kisaran Hasil (t/ha) ¹⁾	Rasa Nasi	Ketahanan/Toleransi
1	Towuti	1999	120	3-5/5-7 ⁵⁾	Pulen	B,HDB,WC23
2	Limboto	1999	105	3-5	Sedang	KrAI
3	Batu Tegi	2001	116	3	Pulen	B,BDC,KrAI
4	Situ Patenggang	2002	115	3,6-5,6	Sedang	B,Ngn
5	Situ Bagendit	2002	115	3 - 5/5 - 6 ⁵⁾	Pulen	B,HDB
6	IR 64	1986	115	5-6	Pulen	WC123,HDB
7	Ciliwung	1988	120	4,8-6,5	Pulen	WC12,HDB
8	Way Apo Buru	1988	120	5,5-8,0	Pulen	WC2,HDB
9	Widas	1999	120	5,0-7,0	Pulen	WC12,HDB
10	Ciherang	2000	120	6,0-8,0	Pulen	WC2,HDB
11	Cisantana	2000	118	5,0-7,0	Pulen	WC23,HDB
12	Tukad Petanu	2000	120	4,0-78,0	Pulen	WC3,HDB,Tungro
13	Kalimas	2000	125	6,0-9,0	Pulen	WC3
14	Silugonggo	2001	90	4,5-5,5	Agak Pulen	WC12,B,HDB
15	Singkil	2001	120	5,0-7,0	Pulen	WC23,HDB
16	Konawe	2001	115	5,0-8,0	Pulen	WC123,HDB
17	Conde	2001	120	6,0-7,5	Pulen	WC123,HDB
18	Sunggal	2002	120	5,0-8,0	Pulen	WC23,HDB
19	Cigeulis	2002	120	5,0-8,0	Pulen	WC23,HDB
20	Cibogo	2003	125	7,0-8,0	Pulen	WC23,HDB,Tungro
21	Pepe	2003	130	6,0-8,4	Pulen	WC2,HDB
22	Mekongga	2004	120	6,0-7,5	Pulen	WC23,HDB
23	Cimelati	2001	120	6,0-7,6	Pulen	WC123,HDB
24	Gilrang	2002	120	6,0-7,7	Pulen	WC123,HDB
25	Ciapus	2003	100	6,5-8,2	Pulen	WC23,HDB

1. Hasil gabah kering giling

2. Pemutihan varietas lokal

3. Introduksi dari Philipina

4. Hasil penelitian Batan

5. Introduksi dari Kenya (Afrika)

B = Blas, BB = Bacterial leaf blight

WC 123 = Wereng coklat biotipe 1, 2, 3

BD = Bakteri daun bergaris

KrAI, Fe = keracunan AI, Fe

Ngn = Tahan naungan

Bab 4.

PEMANFAATAN SUMBER DAYA LOKAL UNTUK PENGENDALIAN ORGANISME PENGGANGGU TANAMAN

Perubahan iklim dapat memacu perubahan perilaku serangga hama tanaman pangan dan meningkatkan populasi dan tingkat serangan hama. Perubahan iklim mengubah kehidupan biologis hama misalnya wereng coklat seperti perilaku, reproduksi, kelimpahan populasi, penyebaran, dan perubahan biotipe yang akan menjadi ancaman terhadap peningkatan produksi padi nasional. Sebagai contoh, *La-nina* tahun 2010 menyebabkan areal sawah 4.602 ha mengalami puso di Jawa (Manti, 2015). Pengendalian hama dengan bahan kimiawi merupakan pilihan terakhir dalam menerapkan pengendalian hama terpadu (PHT). Bahan alami yang potensial sebagai pengganti pestisida kimiawi tersedia melimpah di sekitar lingkungan tumbuh tanaman pangan. Pengendalian hama dengan menggunakan pestisida alami dapat dijadikan pilihan paling murah dan lestari. Pestisida organik yang bersifat mudah terurai merupakan alternatif dalam pengendalian hama lestari yang ramah lingkungan yang dapat pula digunakan sebagai bahan pengusir/*repelen* terhadap serangga dan hama tertentu (Octavia *et al.*, 2008).

Pemakaian pestisida sintetik yang tidak selektif dan tidak tepat dosisnya dapat berdampak terhadap gangguan kesehatan manusia dan mencemari lingkungan. Dampak negatif ini dapat dikurangi dan dicegah dengan tidak menggunakan pestisida sintetik tetapi mengutamakan pestisida alami yang relatif aman terhadap lingkungan. Dalam Peraturan Pemerintah (PP) No. 6 tahun 1995 pasal 3 ditetapkan bahwa perlindungan tanaman dilaksanakan melalui sistem pengendalian hama terpadu (PHT); selanjutnya dalam pasal 19 dinyatakan bahwa penggunaan pestisida dalam rangka pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT) merupakan alternatif terakhir dan dampak yang ditimbulkan harus ditekan seminimal mungkin. Oleh karena itu, perlu dicari cara pengendalian yang efektif terhadap hama sasaran namun aman terhadap organisme bukan sasaran dan lingkungan. Salah satu golongan *insektisida* yang memenuhi persyaratan tersebut adalah *insektisida* yang berasal dari tumbuh-tumbuhan (*insektisida nabati*) (Martono *et al.*, 2004).

Biopestisida merupakan pestisida alternatif yang dapat menggantikan pestisida sintetis, yang bersumber pada bahan-bahan alami seperti tumbuhan, hewan, dan mikroba yang umumnya mudah terurai dan bersifat spesifik, sehingga lebih aman dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan (Laba *et al.*, 2014).

Pestisida nabati merupakan pestisida yang dapat menjadi alternatif untuk mengurangi penggunaan pestisida sintetis. Pestisida nabati adalah pestisida yang ramah lingkungan serta tanaman-tanaman penghasilnya mudah dibudidayakan salah satunya seperti sereh dapur, sereh wangi dan mimba yang dapat dibuat menjadi bentuk minyak tanaman (Heyne, 1987; Isman, 1994 dalam Adnyana *et al.*, 2012).

Bahan aktif pestisida nabati adalah produk alam yang berasal dari tanaman yang mempunyai kelompok metabolit sekunder yang mengandung beribu-ribu senyawa bioaktif

seperti *alkaloid*, terpenoid, fenolik dan zat-zat kimia sekunder lainnya (Setiawati *et al.*, 2008).

Grainge et al. (1985) dalam Martono *et al.* (2004) melaporkan bahwa ada lebih dari 1000 spp. tumbuhan yang mengandung *insektisida*, lebih dari 380 spp. mengandung zat pencegah makan (*antifeedant*), lebih dari 35 spp. mengandung akarisida, lebih dari 270 spp. mengandung zat penolak (*repellent*), dan lebih dari 30 spp. mengandung zat penghambat pertumbuhan. Potensi bahan nabati untuk pengendalian organisme pengganggu tanaman cukup besar dan mempunyai prospek yang menjanjikan. Secara umum tumbuhan yang mengandung pestisida memiliki ciri-ciri sebagai berikut: memiliki/mengeluarkan bau yang menyengat; tidak mudah rusak akibat hama dan penyakit; digunakan sebagai obat tradisional untuk menyembuhkan penyakit; telah digunakan oleh masyarakat untuk mengendalikan hama dan penyakit (Lasut, 2011).

Jumlah tanaman yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati, tidak kurang dari 2.000 jenis, tersebar di seluruh dunia. Tanaman yang cukup dikenal sebagai tanaman yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati antara lain akar tuba, mimba, cengkeh, serai, bengkuang, srikaya, *pyrethrum*, nilam, tembakau dll. Tanaman tersebut mempunyai sebaran yang spesifik misalnya akar tuba banyak ditemukan di Sumatera, Kalimantan dan Jawa. Tembakau ditanam di 9 provinsi, mimba banyak ditanam di daerah beriklim kering antara lain di NTB, Jawa Timur, Bali dan NTT (Haryono, 2011). Banyak tanaman saat ini yang tidak dikenal secara luas ternyata memiliki manfaat dan nilai ekonomis yang cukup tinggi, khususnya tanaman-tanaman yang memiliki khasiat, baik sebagai obat tradisional maupun sebagai *insektisida* alami (Fornswort, 1966 dalam Suirta *et al.*, 2007). Indonesia dengan floranya yang sangat beragam, tentunya mengandung cukup banyak jenis-jenis tumbuhan yang merupakan sumber bahan yang dapat dimanfaatkan untuk pengendalian serangga hama.

Pestisida bisa dibuat dari berbagai bahan, baik alami maupun hasil sintesis di laboratorium.

1. Mahkota dewa



Gambar 8. Mahkota dewa

Mahkota dewa merupakan salah satu jenis tanaman obat yang sebagian besar dikonsumsi masyarakat Indonesia. Buah mahkota dewa terdiri dari kulit, daging buah, cangkang buah, dan biji buah. Selama ini masyarakat Indonesia memanfaatkan kulit mahkota dewa sebagai bahan baku obat guna menyembuhkan berbagai macam penyakit. Biji mahkota dewa dapat dimanfaatkan sebagai biopestisida dan sebagai bahan obat-obatan. Satu biji mahkota dewa mengandung 0,55% *alkaloid*, 20,4% *saponin*, 0,23% *polifenol* dan 0,44% *flavonoid*. Zat *axytosin* dan *sintosinon* yang merangsang kerja otot rahim untuk mempermudah proses melahirkan selama persalinan dan *saponin* yang menghasilkan zat racun bagi serangga tertentu (Sumastuti, 2009 dalam Arsyadana, 2014)

Berdasarkan hasil penelitian Lugito (2012) dalam Arsyadana, 2014, kandungan senyawa aktif yang terdapat pada biji mahkota dewa dapat dimanfaatkan sebagai biopestisida dalam

mengendalikan populasi organisme parasit kutu kebul (*Bemisia tabachi*) dan semut merah (*Formica ruva*), karena kedua organisme parasit tersebut mengganggu kelangsungan pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman.

2. Sereh dapur



Gambar 9. Sereh wangi

Formulasi minyak atsiri sereh dapur yang telah masuk dan bereaksi di dalam tubuh serangga uji dapat mempengaruhi, mengganggu kesehatan, bahkan mengakibatkan kematian. Efek dari minyak atsiri sereh dapur dalam tubuh serangga uji menimbulkan gejala di antaranya: (1) Perubahan warna, yaitu tubuh larva menjadi berwarna kuning keputih-putihan, selanjutnya warnanya berubah lagi menjadi coklat dan pada akhirnya seluruh tubuhnya menjadi hitam (mati); (2) Gagal pupa, ulat yang telah menjadi pupa memperlihatkan warna hitam, bahkan sebagian serangga uji mati sebelum selesai membentuk pupa; (3) Diduga minyak sereh dapur dapat memperlambat pertumbuhan serangga uji.

Menurut Jumar (2000) dalam Adnyana *et al.* (2012), mekanisme kematian *P. xylostella* oleh minyak atsiri sereh dapur yaitu

dengan menghancurkan (lisis) dinding sel pada larva, sehingga minyak sereh dapur akan masuk dan menyebar keseluruh sel-sel tubuh. Dalam proses ini minyak sereh dapur akan merusak kerja metabolisme sel-sel yang berdampak pada terbukanya spirakel larva, akibatnya air (H_2O) dalam tubuh larva akan keluar (menguap) bebas ke udara. Disisi lain larva akan mati yang disebabkan oleh kekurangan unsur O_2 dan H_2O (*dehidrasi*) dalam tubuh.

3. *Kacang babi (T. candida)*



Gambar 10. Kacang babi

Efektivitas ekstrak kasar daun *T. candida* (kacang babi) karena kandungan biotoksin tefrosin dan deguel in, keduanya isomer, dan *rotenon* yang model kerjanya sebagai penghambat tumbuh serangga. *Azadirachta indica* (nimba) mengandung bioaktif *azadirachtin* yang multikerja, baik sebagai biotoksin (racun), pencegah makan (*antifeedant*), maupun penolak (*repellent*). Proses metamorfosis serangga dapat terganggu oleh senyawa *bioaktif azadirachtin*. *Nicotina tabacum* (tembakau) mengandung *alkoloid*

nikotin sedangkan *A. nardus* (serai wangi) mengandung berbagai macam zat bioaktif bekerja sebagai biotoksin dan zat penolak. *Alpinia galanga* (lengkuas) mengandung senyawa aktif yang bermacam-macam dan bersifat multi cara kerja, baik sebagai racun, pencegah makan, pengganggu proses perkembangan hidup, maupun zat penolak (Suryaningsih, 2008).

4. Tembelean (*Lantana camara* Linn.)



Gambar 11. Tembelean

Daun tembelean berfungsi sebagai *insektisida*. Penelitian Lukitasari (2007) dalam Octavia *et al.* (2008) membuktikan bahwa tembelean dapat membasmi larva nyamuk *A. aegypti*. yang menjadi faktor utama penyebab penyakit demam berdarah dengue (DBD) dan chikungunya.

Daun tanaman ini mengandung terpenoid, steroid, *saponin*, minyak atsiri dan *alkaloid*, yang digunakan sebagai pestisida *-insektisida* sehingga dapat meringankan atau mengobati hasil dari gigitan serangga. Karakteristik Tembelean adalah: herba dengan tinggi 2 m; batang berbulu dan berduri. Daun tergolong tunggal, berhadapan, bulat telur, meruncing, kasap, beraroma, tepi daun bergerigi. Memiliki cabang banyak, ranting bentuk segi empat. Bunga dalam rangkaian, warna putih, merah muda, jingga kuning. Buah buni, warna hitam mengkilap (Rajashekar. 2014).

Riska (2014) menyebutkan dalam daun tembelean terkandung minyak atsiri, protein, karbohidrat, fenol, *flavonoid*, *alkaloid*, oligosakarida, *saponin*, quinin, steroid, triterpin, glikosida, glikosida iridoid, sesquiterpenoid, etanol fenil dan *tanin* yang dapat berfungsi sebagai racun pada serangga. Suwertayasa (2013) juga menyebutkan bahwa *flavonoid* mampu menghambat prostaglandin sehingga memiliki sifat antipiretik. Minyak atsiri pada daun tembelean (*Lantana camara* L.) bersifat antiseptik dan dapat membunuh kuman (Tikupasang, 2014). Penelitian Darwiati (2005) dalam Octavia *et al.* (2008) membuktikan bahwa tembelean ternyata juga mampu membasmi hama penggerek pucuk mahoni (*Lepidoptera: Pyralidae*).

5. *Legetan (Synedrella nodiflora Gaertn.)*



Gambar 12. Legetan

Legetan berfungsi sebagai *insektisida*. Penelitian Rathi dan Gopalakrishnan (2005) dalam Octavia *et al.* (2008) membuktikan bahwa legetan mampu membasmi hama *Spodoptera litura*, yaitu semacam ngengat, yang telah resisten terhadap beberapa pestisida sintetik.

6. Babadotan (*Ageratum conyzoides* Linn.)



Gambar 13. Babadotan

Babadotan memiliki senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai *insektisida* dan *nematisida*. Kandungan senyawa bioaktif di antaranya *saponin*, *flavanoid*, *polifenol*, dan minyak atsiri mampu mencegah hama mendekati tanaman (penolak) dan menghambat pertumbuhan larva menjadi pupa (Samsudin, 2008).

Penelitian Darwiati (2005) dalam Octavia *et al.*, 2008 membuktikan bahwa babadotan ternyata mampu membasmi hama penggerek pucuk mahoni (*Lepidoptera: Pyralidae*) yang tentunya akan berdampak positif untuk suatu ekosistem hutan.

7. Kapasan (*Abelmoschus moschatus* [L.] Medic.)



Gambar 14. Kapasan

Daun, bunga, dan biji bisa digunakan sebagai *insektisida* (membasmi serangga). Minyak atsiri yang terdapat dalam akar kapasan berfungsi sebagai *insektisida* dan larvasida (Dalimartha, 1999 dalam Octavia *et al.*, 2008).

Daun, bunga, dan biji bisa digunakan sebagai *insektisida* (membasmi serangga).

8. Kemangi/Selasih (*Ocimum basilicum* Linn.)



Gambar 15. Kemangian/Selasih

Ocimum merupakan salah satu genus terna tahunan yang termasuk famili Labiatae, terdiri dari beberapa jenis baik yang telah dibudidayakan maupun liar. Menurut Guenther 1952 dalam Martono *et al.* (2004), terdapat 50-60 jenis *ocimum* banyak dijumpai tumbuh di dataran rendah hingga ketinggian 1100 m dpl. Beberapa jenis mempunyai nilai ekonomis penting dan berpotensi untuk dikembangkan sebagai penghasil minyak atsiri yang digunakan untuk obat-obatan, pengharum, bumbu, dan bahan baku pestisida nabati.

Daun kemangi/selasih mengandung minyak atsiri dengan bahan aktif *eugenol* 46 % (Kardinan, 2007) *kamfor osimen*, *pinen*, *linalool*, *terpen*, *sineol* 66% (Martono *et al.*, 2004) yang mempunyai potensi sebagai larvasida dan hormon juvenil yang menghambat perkembangan larva nyamuk (*Anopheles aconitus*). Abu kemangi

bisa digunakan untuk menghalau serangan nyamuk (Fatimah, 1997 dalam Octavia *et al.*, 2008). Selain nyamuk, daun kemangi juga dapat digunakan untuk membasmi lalat buah, kutu daun, laba-laba merah, dan tungau (Simon *et al.*, 1990; Panhwar, 2005 dalam Octavia *et al.*, 2008).

9. Tanaman mahoni (*Swietenia mahagoni*)

Biji mahoni mengandung senyawa *flavonoid*, *saponin*, *alkaloid*, *steroid*, dan *terpenoid*. Kelompok *flavonoid* yang bersifat *insektisida* alam yang kuat adalah *isoflavan*. *Isoflavan* memiliki efek pada reproduksi, yaitu antifertilitas. Senyawa *flavonoid* yang lain bekerja sebagai *insektisida* ialah *rotenon*. *Rotenoid* merupakan racun penghambat metabolisme dan sistem saraf yang bekerja perlahan. Serangga yang mati diakibatkan karena kelaparan akibat kelumpuhan pada alat mulutnya. *Saponin* menunjukkan aksi sebagai racun yang dapat menyebabkan hemolisis sel darah merah. Pada biji mahoni juga terdapat senyawa *sweetenin* yang termasuk senyawa *limonoid* yang bersifat sebagai *antifeedant* dan penghambat pertumbuhan. Ekstrak sederhana biji mahoni dapat menyebabkan mortalitas pada hama *Aphis* jantan dan menghambat reproduksi serangga betina (www.ditjenbun.pertanian.go.id).



Gambar 16. Biji mahoni

Serangan berat pada fase pembungaan atau pembentukan polong dapat menurunkan hasil panen. Pengendalian hama *Aphis* dapat dilakukan dengan menerapkan konsep Pengendalian Hama Terpadu (PHT) dengan menggunakan bahan-bahan nabati yang tersedia di Alam, salah satunya adalah ekstrak biji mahoni. yang mengandung bahan aktif *Swietenin* dan *Limonoid* (Soenandar M , 2010 dalam www.ditjenbun.pertanian.go.id). Pestisida nabati mampu merusak perkembangan telur, larva hingga pupa dengan cara spesifik sehingga tidak mengganggu organisme lain. Selain itu mampu mengurangi nafsu makan bagi serangga, menghambat reproduksi pada serangga betina, hingga bersifat *reppellent* (mengusir).

10. *Kapang T. lignorum*

Salah satu jenis biopestisida adalah *biofungisida* berbahan aktif mikroorganisme sel jamur antagonis *Trichoderma spp.*, yang merupakan *fungisida* penghambat pertumbuhan kapang patogen penyebab penyakit pada tanaman budidaya. *Fungisida* tersebut diharapkan efektif mengendalikan serangan kapang patogen *Phytophthora infestans* pada tanaman kentang serta aman bagi tanaman budidaya yang bukan sasaran. Jamur antagonis *Trichoderma spp* dapat diisolasi dari tanah lokal, termasuk jamur selulolitik sejati karena mampu menghasilkan komponen selulase secara lengkap (Salma dan Gunarto, 1999 dalam Purwatisari *et al.*, 2008).



Gambar 17. Kapang *T. lignorum*

Kapang *T. lignorum* dapat digunakan sebagai agen pengendali hayati terhadap kapang *S. rolfsii* penyebab busuk batang pada tanaman kacang tanah. Konsentrasi propagul *T. lignorum* yang paling efektif dalam penelitian ini untuk mengendalikan *S. rolfsii* adalah $9,0 \times 10^9$ propagul/ml. Waktu pemberian propagul *T. lignorum* yang paling efektif dalam penelitian ini adalah 0 hari sebelum bibit tanaman kacang tanah ditanam.

11. Akar Tuba (*Derris elliptica* Benth)



Gambar 18. Akar tuba

Tanaman derris termasuk famili *Leguminosae*; genus *derris* terdiri dari 70 spesies, jumlah spesies terbanyak ditemukan di Asia Tenggara (Purseglove, 1987 dalam Martono *et al.*, 2004). Tidak semua genus *Derris* memiliki aktivitas sebagai racun; ada empat spesies yang telah digunakan sebagai *insektisida*, yaitu *D. elliptica* Benth.,

D. trifolia Lour, *D. malaccensis* Prain., dan *D. ferruginea* Benth. (Burkill, 1935; Kochhar, 1981 dalam Martono *et al.*, 2004).

Disamping *rotenon* sebagai bahan aktif utama, bahan aktif lain yang terdapat pada akar tanaman *Derris* adalah *deguelin*

(0,2-2,9%), *elliptone* (0,4-4,6%), dan *toxicarol* (0-4,4%) (Hamid, 1999 dalam Martono *et al.*, 2004). Selain sebagai racun ikan, derris juga dapat digunakan sebagai *insektisida*, yaitu untuk pemberantasan hama pada tanaman sayuran (terutama kol), tembakau, kelapa, kina, kelapa sawit, lada, teh, coklat, dan lain-lain (Martono *et al.*, 2004).

12. *Mimba* (*Azadirachta indica* A. Juss)



Gambar 19. Mimba

Pohon mimba dapat dimanfaatkan sebagai *insektisida*, sabun, pupuk, pakan ternak, obat medis, dan cat. Kandungan bahan aktif *insektisida* biji mimba lebih banyak dibandingkan daun. Biji mimba mengandung beberapa komponen aktif pestisida antara lain *azadirachtin*, *salannin*, *azadiradion*, *salannol*, *salanolacetate*, *3-deacetyl salannin*, *14-epoxy-azadiradion*, *gedunin*, *nimbenin*, dan *deacetyl nimbinen* (Schmutterer, 1990 dalam Martono *et al.*, 2004). Dari beberapa komponen aktif tersebut ada empat senyawa yang diketahui sebagai pestisida yaitu *azadirachtin*, *salannin*, *nimbinen*, dan *meliantriol*. Komponen lainnya belum diketahui secara pasti (Martono *et al.*, 2004).

Ekstrak biji mimba dengan bahan aktif utama *azadirachti*, *salanin* dan *meliantriol* (Rukamana dan Yuniarsih, 2003 dalam Sinaga *et al.*, 2015) yang efektif mengendalikan hama dapat

menimbulkan berbagai pengaruh pada serangga, seperti hambatan aktivitas makan, gangguan perkembangan, dan ketahanan hidup serta hambatan aktivitas peletakan telur (*Schmutterer*, 1990 dalam Martono *et al.*, 2004). Jenis serangga yang aktivitas hidup atau perkembangannya dapat dihambat oleh ekstrak mimba kini dilaporkan telah mencapai lebih dari 200 spesies (*Jacobson*, 1986; *Saxena*, 1989, dan *Warthen*, 1989 dalam Martono *et al.*, 2004). Daun dan biji mimba dapat digunakan untuk mengendalikan hama ulat, kumbang, serta kutu daun yang selalu menyerang tanaman pangan dan hortikultura (*Soenandar dan Tjachjono*, 2012). Hasil penelitian *Kassimi dan El watik* (2012) tentang perbandingan efek insektisida ekstrak tanaman *Azadirachta indica*, *Thymussatureoides* (Thyme) dan *Origanum compactum* (oregano) serta campuran ketiga tanaman tersebut pada hama aphid (*family Aphididae*) pada tanaman semangka (*Citrullus lanatus*) dan alfalfa (*Medicago sativa*), menunjukkan bahwa ekstrak tanaman sangat efektif dalam membasmi hama. *Estrada et al, Angulo, Argaez dan Sanchez* (2012) juga meneliti bahwa ekstrak tanaman *Acalypha gaumeri*, *Annona squamosa*, *Azadirachta indica*, *Carlwrightia myriantha*, *Petiveria alliace* dan *Trichilia arborea* pada konsentrasi 10 mg/mL menimbulkan kematian 95-100% pada telur serangga *Bemisia tabaci* ("whitefly").

13. Bengkuang (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban)



Gambar 20. Bengkuang

Serbuk atau tepung biji bengkuang dapat digunakan untuk melindungi benih tanaman dari gangguan hama gudang (Kardinan, 1999 dalam Martono *et al.*, 2004). Tepung biji bengkuang juga dapat mengendalikan hama utama kacang hijau dan kacang tunggak, yaitu *Callosobruchus maculatus* (Ibadurrahman, 1993 dalam Martono *et al.*, 2004), serta kepik *Lophobaris serratipes* Marsh. yang merupakan salah satu hama utama tanaman lada (Mustikawati dan Martono, 1993 dalam Martono *et al.*, 2004). Selain itu, bahan ini juga dapat mengakibatkan mortalitas yang tinggi pada ulat daun kubis, *Plutella xylostella* (L.); dan juga bersifat toksik terhadap beberapa jenis serangga dari ordo *Coleoptera*, *Diptera*, *Hemiptera*, *Lepidoptera*, dan *Orthoptera* (Grainge dan Ahmed, 1988 dalam Martono *et al.*, 2004).

14. *Brotowali* (*Tinospora tuberculata* BEUMEE).



Gambar 21. Brotowali

Salah satu tumbuhan yang diindikasikan secara etnobotani dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati adalah brotowali (*Tinospora tuberculata* BEUMEE). Bagian batang tumbuhan ini rasanya pahit, sehingga tidak ada binatang yang menyentuhnya (Heyne, 1987 dalam Sukadana *et al.*, 2007). Batang brotowali dapat

juga digunakan untuk pengendalian penyakit keriting pada cabai, yaitu dengan mencampur batang tumbuhan ini dengan kapur, kunyit, dan air secukupnya (Sutomo, 2004 dalam Sukadana *et al.*, 2007).

Informasi etnobotani ini memberikan dugaan bahwa dalam batang tumbuhan brotowali mengandung senyawa pestisida nabati khususnya yang bersifat anti makan. Tumbuhan ini diketahui mengandung senyawa pikoretin, berberin, dan palmatin, yang termasuk senyawa golongan *alkaloid*; *pikroretosid* dan *tinokrisposid* yang merupakan suatu senyawa *glikosida*; serta senyawa *triterpenoid* (Krenady, 2003 dalam Sukadana *et al.*, 2007).

15. Ajeran (*Bidens pilosa* L.)



Gambar 22. Ajeran

Tumbuhan Ajeran, ketul, atau ketulan mengandung *flavonoid terpen*, *fenilpropanoid*, lemak dan *benzenoid* (Setiowati *et al.*, 2008). Dapat digunakan untuk mengendalikan hama serangga (insekta). Bagian tumbuhan yang digunakan adalah biji, batang, daun dan seluruh bagian tanaman yang berada diatas permukaan tanah.

16. Bawang putih (*Allium sativum* L)



Gambar 23. Bawang putih

Bawang putih mengandung beberapa senyawa kimia, antara lain *tanin*, minyak *atsiri*, *dialilsulfida*, *aliin*, *alisin*, enzim *aliinase*. Bagian tumbuhan yang digunakan sebagai pestisida alami adalah seluruh bagian tanaman, yaitu umbi, daun dan bunga. Bawang putih bekerja sebagai penolak hama (*repellent*) dan bersifat sebagai *insektisida*, *nematisida*, *fungisida* dan *antibiotik* (<https://mitalom.com/>)

17. Bayam duri (*Amaranthus spinosus* Linn.)

Bayam duri diketahui mengandung beberapa senyawa kimia, yaitu *amarantin*, *rutin*, *spinasterol*, *hentriakontan*, *tanin*, *kalium nitrat*, *kalsium oksalat*, *garam fosfat*, *zat besi*, serta vitamin. Bagian tanaman yang digunakan sebagai bio pestisida adalah daunnya. Ekstrak daun bayam duri merupakan salah satu agen penginduksi ketahanan sistemik tanaman cabai merah terhadap serangan *Cucumber Mosaik Virus* (CMV) dan virus kuning Gemini (<https://mitalom.com/>).



Gambar 24. Bayam duri

18. Tomat (*Lycopersicon esculentum*)



Gambar 25. Tomat

Buah tomat mengandung *alkaloid* solanin (0,007%), *saponin*, asam folat, asam malat, asam sitrat, *bioflavonoid* dan tomatin. Bagian tanaman tomat yang digunakan sebagai bahan pestisida nabati adalah daun, batang dan ranting. Ekstrak daun, batang dan ranting tanaman tomat bersifat sebagai *insektisida* dan sebagai penolak hama (*repellent*).

19. Cabai merah (*Capsicum annuum*)



Gambar 26. Cabai merah

Senyawa kimia yang terdapat pada buah cabai adalah *kapsaisin*, *dihidro-kapsaisin*, vitamin (A, C), damar, zat warna *kapsantin*, *karo ten*, *kapsarubin*, *zeasantin*, *kriptosantin* dan *clan lutein*. Selain itu juga mengandung mineral, seperti zat besi, kalium, kalsium, fosfor dan niasin. Zat aktif kapsaisin berkhasiat sebagai stimulan. Bagian yang digunakan sebagai pestisida nabati adalah buah dan biji. Ekstrak buah dan biji cabai bersifat sebagai *insektisida* dan penolak hama (*repellent*).

20. Kunyit (*kunir/turmeric*) (*Curcuma domestica* Val. *Curcuma longa* *koenin*)

Bagian tanaman yang digunakan sebagai pestisida organik adalah rimpang. *Rhizome* (batang dalam tanah) kunyit dapat digunakan sebagai *insektisida* untuk mengendalikan serangga hama ataupun sebagai *fungisida* untuk mengendalikan jamur yang merusak tanaman.



Gambar 27. Kunyit

21. Lengkuas (*Alpinia galanga* (L) Wild)



Gambar 28. Lengkuas

Rimpang lengkuas mengandung lebih kurang 1% minyak *essensial* terdiri atas *metil-sinamat* 48%, *sineol* 20–30%, *eugenol*, *kamfer* 1 %, *seskuiiterpen*, *d-pinen*, *galangin*, *galanganol* dan beberapa senyawa *flavonoid*. Bagian senyawa *flavonoid*. bagian tumbuhan yang digunakan sebagai pestisida nabati adalah rimpang. Ekstrak rimpang lengkuas bersifat sebagai *fungisida* (anti jamur).

22. Lidah buaya (*Aloe barbadensis* Milleer)



Gambar 29. Lidah buaya

Senyawa kimia yang terkandung dalam tanaman lidah buaya antara lain *saponin*, *flavonoida*, *polifenol* dan *tanin*. Bagian tanaman yang digunakan sebagai bahan pestidida nabati adalah

daging daun. Ekstrak lidah buaya bersifat sebagai *insektisida*, *bakterisida*, dan *fungisida*. Selain itu lidah buaya dapat digunakan sebagai perekat alami/perata dalam aplikasi pestisida.

23. Putri malu (*Mimosa pudica*)



Gambar 30. Putri malu

Putri malu mengandung senyawa mimosin, asam pipekolinat, tannin, *alkaloid*, dan *saponin*. Selain itu, juga mengandung triterpenoid, sterol, *polifenol* dan *flavonoid*. Bagian tanaman yang

digunakan sebagai pestisida nabati adalah daun, akar, seluruh bagian tanaman. Ekstrak tanaman putri malu bersifat sebagai *fungisida*.

24. Sirsak (*Annona muricata*, Linn.)



Gambar 31. Sirsak

Senyawa yang terkandung dalam sirsak antara lain senyawa *tanin*, fitosterol, *ca*-oksalat dan *alkaloid* murisine. Bagian tanaman yang digunakan adalah daun dan biji. Ekstrak daun dan biji sirsak bersifat *insektisida*, *antifeedant* (penghambat makan), *repellent* (penolak hama) dan racun kontak.

25. Srikaya (*Annona squamosa*)



Gambar 32. Srikaya

Kandungan kimia yang terkandung dalam tanaman ini antara lain *asetogenin*, *squamocin*, *bullatacin*, *annonacin* dan *neoannonacin*. Bagian tanaman yang digunakan sebagai bahan bio pestisida adalah akar, daun, buah dan biji. Senyawa kimia yang terkandung dalam srikaya dapat bersifat sebagai *insektisida*, racun kontak, penolak (*repellent*) dan penghambat makan (*antifeedant*).

Tumbuhan yang berfungsi sebagai pestisida nabati untuk dibudidayakan hendaknya memiliki karakteristik sebagai berikut (Panhwar, 2005 dalam Octavia *et al.*, 2008):

- Efektif, maksimum 3-5% material tumbuhan yang didasarkan pada berat kering.
- Mudah tumbuh, memerlukan waktu dan ruang yang sedikit untuk penanaman dan pengadaan.
- Merupakan tumbuhan yang tetap hijau sepanjang tahun, pemulihan cepat setelah material dipanen.
- Tidak menjadi rumput liar atau inang untuk tanaman patogen atau hama serangga.
- Memiliki nilai ekonomi yang komplementer.
- Tidak bersifat racun terhadap organisme yang bukan target, manusia atau lingkungan.
- Mudah dalam persiapan pemanenan, persiapan harus sederhana, tidak membutuhkan banyak waktu atau input teknis yang berlebihan.

Keunggulan penggunaan pestisida nabati adalah: (1) mengalami degradasi/penguraian yang cepat oleh sinar matahari, (2) memiliki efek atau pengaruh yang cepat yaitu menghentikan nafsu makan serangga walaupun jarang menyebabkan kematian, (3) toksisitasnya umumnya rendah terhadap hewan dan relatif lebih aman pada manusia (*lethal dosage*(LD) >50 Oral), (4) memiliki *spectrum* pengendalian yang luas (racun lambung dan syaraf) dan bersifat selektif, (5) dapat dindalkan untuk mengatasi OPT yang telah kebal terhadap pestisida sintesis, *fitotoksitas* rendah yaitu

tidak meracuni dan merusak tanaman dan (7) murah dan mudah dibuat oleh petani (Setiowati *et al.*, 2008).

Penggunaan *biopestisida*, khususnya pestisida nabati merupakan kearifan lokal bangsa Indonesia. Pemanfaatan pestisida nabati mendapat perhatian penting seiring dengan munculnya dampak negatif penggunaan pestisida sintetis terhadap kesehatan dan lingkungan. Permintaan akan pestisida nabati meningkat seiring dengan berkembangnya pertanian organik maupun adanya larangan penggunaan pestisida kimia sintetis. Indonesia merupakan negara kedua terbesar di dunia setelah Brasil yang memiliki kekayaan keanekaragaman hayati, termasuk tanaman bahan pestisida nabati.

Bab 5.

PENGEMBANGAN CLIMATE SMART AGRICULTURE DI LAHAN TADAH HUJAN

Perubahan iklim telah terjadi. Dampak perubahan iklim di sektor pertanian adalah nyata, seperti peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan, ledakan hama dan penyakit sehingga meningkatkan risiko budidaya pertanian. Suatu realita bahwa sektor pertanian berperan sebagai korban perubahan iklim. Di sisi lain, sektor pertanian harus berupaya menyesuaikan perubahan-perubahan tersebut dan berpotensi untuk memitigasi dampak perubahan iklim. Upaya tersebut mengarah ke suatu konsep yang disebut “*climate smart agriculture*”. Organisasi Pangan dan Pertanian PBB (FAO) mendefinisikan *climate smart agriculture* (CSA) adalah suatu sistem yang mampu meningkatkan produktivitas yang mendukung keberlanjutan dan pendapatan (keamanan pangan); mampu menyesuaikan terhadap perubahan iklim (*adaptasi*); dan mampu mencegah dan mengurangi emisi gas rumah kaca (*mitigasi*) (Neate, 2013).

Adaptasi dan peningkatan ketahanan (*resilience*) terhadap perubahan iklim sangat penting untuk memastikan kecukupan pangan pada kondisi yang kurang cocok. Peningkatan ketahanan merupakan kemampuan sistem ekologi dan sosial untuk menahan tekanan dan perubahan (IPCC, 2007). CSA meningkatkan

kesuburan tanah melalui peningkatan bahan organik tanah (*Blanco-Canqui & Lal, 2004*). Praktek pengelolaan tanah dalam CSA antara lain tanam benih langsung baik tanpa maupun dengan olah tanah minimum (*Zheng et al., 2014*); perlindungan tanah dengan tanaman penutup tanah, seresah tanaman dan mulsa (*Muzangwa et al., 2013*); dan diversifikasi melalui rotasi tanaman (*Davis et al., 2012*). Pengelolaan kesuburan tanah yang terintegrasi dengan pemberian pupuk organik dan anorganik dapat mencegah defisiensi hara makro dan mikro (FAO, 2013).

Permasalahan, Tantangan dan Strategi Pertanian di Lahan Tadah Hujan

Lahan sawah mempunyai peran yang sangat penting dalam pemenuhan pangan nasional. Dengan luas lahan sawah 8,1 juta hektar, pemerintah bertekad untuk terus meningkatkan produksi beras nasional 5% per tahun (Haryono, 2013). Penyediaan pangan menjadi prioritas utama pembangunan nasional karena pertanian di Indonesia dihadapkan pada masalah konversi lahan sawah, degradasi sumberdaya lahan akibat pencemaran dan eksploitasi berlanjut yang menyebabkan penurunan produktivitas lahan.

Lahan sawah merupakan lahan pertanian yang berpetak-petak dan dibatasi oleh pematang (galengan), saluran untuk menahan / menyalurkan air. Lahan sub-optimal misalnya tadah hujan, merupakan alternatif, namun terkendala oleh rendahnya tingkat kesuburan dan ketersediaan air. Pemenuhan bahan pangan terutama bera terkendala oleh penyusutan luasan lahan sawah optimal, maka optimalisasi lahan-lahan suboptimal harus digalakkan termasuk lahan sawah tadah hujan.

Lahan sawah tadah hujan merupakan penyedia pangan ke-2 setelah lahan sawah irigasi. Lahan tadah hujan adalah sawah yang sumber air utamanya berasal dari curah hujan. Produksi rata-rata padi di lahan sawah tadah hujan antara 3,0-3,5 t/ha (Fagi, 1995;

Setiobudi dan Suprihatno, 1996). Luas lahan tadah hujan di Jawa mencapai 777.029 hektar, 550.940 hektar di Sumatera, 339.705 hektar di Kalimantan, 279.295 hektar di Sulawesi, 70.673 hektar di Bali dan Nusa Tenggara (Setiobudi dan Suprihatno, 1996). Permasalahan yang dijumpai pada ekosistem lahan tadah hujan meliputi:

1. Ketidakpastian intensitas dan distribusi hujan. Datang dan berakhirnya hujan, intensitas dan jumlah hari hujan sulit diprediksi yang mengakibatkan sawah kekeringan atau bahkan kebanjiran dan meningkatnya *salinitas* tanah (Gambar 33).



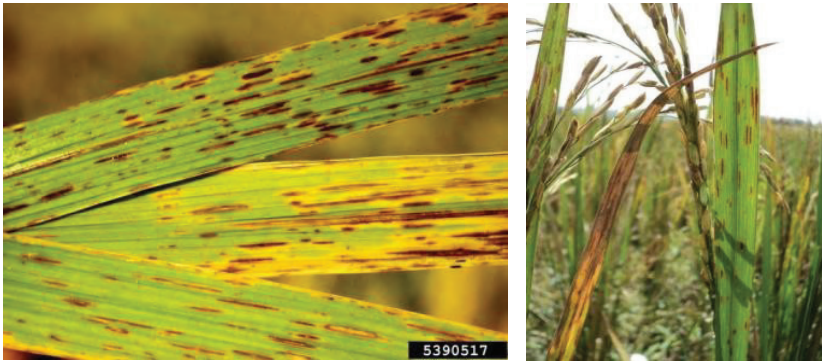
Gambar 33. Lahan tadah hujan sering kekurangan air di musim tanam padi kedua

2. Tanah sawah tadah hujan umumnya miskin unsur hara sehingga produktivitasnya rendah.
3. Pada permulaan musim tanam, kondisi kering dan basah memacu tumbuhnya gulma rerumputan dan gulma berdaun sempit. Gulma yang dominan: Jajagoan leutik (*Echinochloa colona* L), Jajagoan (*E. Crusgalli* L), Dengkean (*Leptochloa chinensis* L (Ness), Grintingan (*Paspalum distichum*), Alang-alang air (*Ischaemum rugosum* Salisb), Teki (*Fimbristylis milicea*) (Gambar 34). Gulma tersebut merupakan gulma yang sulit diberantas dan mengurangi produktivitas serta menambah biaya penyiangan.



Gambar 34. Beberapa gulma jahat yang biasa tumbuh di lahan tadah hujan (dari kiri ke kanan: *Eleusine indica*, Grintingan (*Paspalum distichum*), Jajagoan leutik (*Echinochloa colona* L)

4. Penyakit yang dominan menyerang tanaman padi di lahan tadah hujan adalah bercak daun coklat (*Helminthosporium oryzae*), dan bercak daun bergaris (*Cercospora oryzae*) (Gambar 35). Tanaman padi lebih mudah terserang penyakit tersebut pada tanah-tanah yang kekurangan unsur hara Kalium.



Gambar 35. Penyakit bercak daun coklat (*Helminthosporium oryzae*) (kiri) dan Bercak daun bergaris (*Cercospora oryzae*) (kanan)

5. Kepemilikan lahan sawah tadah hujan yang sempit dan kualitas produk rendah.

Tantangan usahatani di lahan tadah hujan adalah pemenuhan kebutuhan pangan dan peningkatan daya saing produk pertanian di pasar global. Strategi yang dapat dilakukan pada ekosistem ini adalah:

- a. Prediksi iklim yang akurat,
- b. Peningkatan kesuburan tanah,
- c. Peningkatan indeks pertanaman (IP),
- d. Pemanfaatan air tanah atau limpasan air hujan melalui teknologi embung.

Model *Climate Smart Agriculture* di Lahan Tadah Hujan

Petani memerlukan inovasi teknologi untuk dapat memenuhi kebutuhan pangan dunia yang terus meningkat. Inovasi teknologi tersebut selain dapat meningkatkan produksi, proteksi terhadap lingkungan khususnya tanah dan air, juga meminimalkan kontribusi terhadap perubahan iklim. Untuk itu diperlukan suatu model pertanian yang ramah lingkungan di lahan tadah hujan, meliputi:

- Peningkatan produktivitas melalui penggunaan varietas unggul dan pemupukan. Varietas unggul yang diperlukan adalah varietas yang adaptif terhadap variabilitas curah hujan dan berpotensi hasil tinggi. Tabel 7 menunjukkan hasil beberapa varietas padi yang ditanam di lahan tadah hujan Jakenan, Pati, Jawa Tengah dengan sistem pengelolaan tanaman terpadu (PTT). Pemupukan yang diterapkan adalah pemupukan berimbang dengan takaran 3-5 t/ha pupuk organik atau pupuk kandang, 200 kg urea/ha, 100 kg SP36/ha, 100-150 kg KCl/ha, Pengembalian jerami dapat mensuplai unsur K sehingga defisiensi K pada tanah dapat diatasi. Hasil penelitian di KP Balingtan pada skala lapang (2013-2016) menunjukkan bahwa aplikasi Biokompos (biochar dan kompos dengan perbandingan 1:4) pada setiap musim tanam dapat meningkatkan hasil gabah, sekaligus dapat menurunkan emisi gas rumah kaca. Aplikasi Biokompos meningkatkan hasil GKP hingga 21% dan menurunkan emisi CH₄ sebesar 5% dibandingkan cara konvensional petani (Pramono *et al.*, 2017a).



Gambar 36. Varietas Ciherang di lahan tadah hujan

- Konservasi tanah dan air, yang dapat dilakukan dengan pemberian bahan organik sebagai pembenah dan ameliorasi tanah dan teknologi embung untuk memanen air hujan dan penataan jaringan irigasi (Gambar 37).

Tabel 7. Hasil padi beberapa varietas yang ditanam di lahan tadah hujan Jakenan, Pati, Jawa Tengah

Perlakuan	Hasil GKP (ton/ha/musim)						Rata-rata
	WJ 2013	GR 2013	WJ 2014	GR 2014	WJ 2015	GR 2015	
Membramo	6,7	5,1	5,1	-	-	-	5,7
IR64	5,6	5,8	5,0	6,8	5,5	-	5,7
Situ Bagendit	5,3	5,1	5,1	-	-	-	5,2
Ciherang	6,1	5,7	5,8	7,8	5,4	5,9	6,1
Way Apo Buru	6,1	5,7	5,0	-	-	-	5,6
Inpari 13	4,8	6,2	4,9	-	-	-	5,3
Cibogo	-	-	-	7,2	5,0	-	6,1
Cigeulis	-	-	-	7,2	5,0	-	6,1
Mekongga	-	-	-	6,7	5,1	5,2	5,7
Ciliwung	-	-	-	6,9	4,7	-	5,8
Inpari 18	-	-	-	-	-	7,6	7,6
Inpari 24	-	-	-	-	-	7,4	7,4
Inpari 30	-	-	-	-	-	6,1	6,1

Perlakuan	Hasil GKP (ton/ha/musim)						Rata-rata
	WJ 2013	GR 2013	WJ 2014	GR 2014	WJ 2015	GR 2015	
Dandang	-	-	-	-	-	7,1	7,1
IPB3S	-	-	-	-	-	6,4	6,4
Konvensional	4,6	5,3	4,2	6,6	4,5	5,2	5,0
	5,8	5,6	5,0	7,0	5,0	6,4	6,1

Keterangan : GR = Gogo rancah, WJ = Walik Jerami

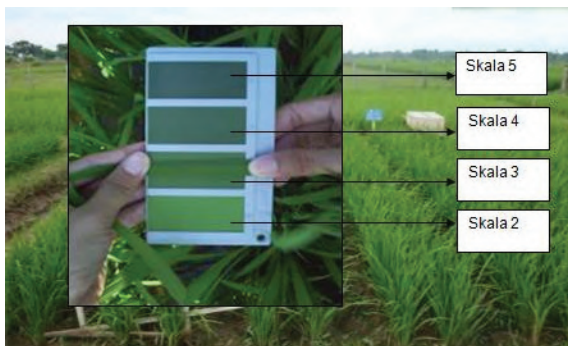
Sumber : Pramono et al. (2017a)



Gambar 37. Teknologi embung untuk memanen air hujan dan penataan saluran irigasinya

- Rendah emisi gas rumah kaca (GRK). Budidaya padi yang rendah emisi GRK antara lain dengan pengelolaan air, penggunaan varietas padi yang mengemisi GRK rendah dan ameliorasi. Pengairan berselang dapat menurunkan emisi GRK di lahan tadah hujan sebesar 63% dan meningkatkan hasil padi sebesar 5-9%. Teknik *alternate wetting and drying* (AWD) dapat menurunkan emisi GRK sebesar 35-38% dibanding cara tergenang (Setyanto et al., 2018). Penerapan Bagan Warna Daun (BWD) dapat digunakan dalam pemupukan selain bertujuan untuk menghemat pupuk, juga untuk mengurangi emisi N₂O. Pupuk yang diberikan harus tepat cara, tepat waktu dan tepat dosis (Gambar 8). Pemupukan berlebihan akan menyebabkan peningkatan konsentrasi gas N₂O ke atmosfer dan residu nitrat ke dalam badan air.

- Adaptif terhadap perubahan iklim. Upaya ini dapat dilakukan melalui penggunaan varietas tanaman yang tahan terhadap cekaman iklim, misalnya varietas tahan kekeringan, genangan, *salinitas*, dll. Selain itu, upaya lain adalah pemanfaatan air tanah dengan sistem pompa dan teknologi bio-pori, pemanfaatan ruang kosong dan pekarangan untuk KRPL, pemanfaatan teknologi *water harvesting* (embung) untuk memanen air pada musim hujan (Gambar 37), dan pemanfaatan Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu.



Gambar 38. Penggunaan bagan warna daun (BWD)

- Penerapan pengendalian hama terpadu (PHT) dapat dilakukan dengan peningkatan daya tahan tanaman dengan pemberian unsur hara yang tepat, lengkap dan berimbang, penggunaan biopestisida dan monitoring rutin untuk mencegah serangan hama dan penyakit dengan menggunakan *light trap* (Gambar 39).
- Rendah cemaran pestisida dan logam berat, melalui penggunaan bioremediator pemanfaatan biochar dan arang aktif. Pestisida kimia meninggalkan residu di dalam tanah, air dan tanaman. Beberapa teknologi untuk mengurangi residu bahan agrokimia (pupuk dan pestisida) adalah dengan pemanfaatan biochar dan agensia hayati pedegradasi residu pestisida dan *persistent organic pollutant* (POPs). Penggunaan

filter inlet outlet (FIO) yang berisi arang aktif di lahan sawah dapat menurunkan residu pestisida (Gambar 40).



Gambar 39. *Light trap*, untuk monitoring serangan hama



Gambar 40. Filter inlet outlet (FIO) yang berisi karbon aktif, penyaring residu pestisida

- Pengelolaan pertanian minimum limbah (*zero waste*) dapat dilakukan dengan memanfaatkan limbah pertanian dan peternakan sebagai bahan pupuk kompos (Gambar 11).
- Pemanfaatan sumberdaya lokal meliputi pemanfaatan limbah pertanian untuk pakan ternak dan kompos, pemanfaatan bahan lokal (urin ternak, mimba, babandotan, kemangi, kenikir, dll.) untuk biopestisida dan pestisida nabati (Gambar 41). Hasil penelitian di Balingtan, pestisida nabati yang diaplikasikan pada petak perlakuan ramah lingkungan setiap 2 minggu

sekali dapat mengurangi intensitas serangan hama dan penyakit tanaman serta penggunaan pestisida kimia, bahkan selama penelitian ini hampir tidak digunakan pestisida kimia (Pramono *et al.*, 2017b).



Gambar 41. Pemanfaatan bahan alam untuk biopestisida (kiri) dan kompos (kanan)

- Pelestarian keanekaragaman hayati dapat dilakukan melalui pemanfaatan ruang kosong untuk menanam berbagai tanaman pangan (sukun, talas, ketela pohon, ubi); sayuran (kangkung, sawi, kubis, bunga kol, kacang panjang, bayam, terong, tomat, cabe, labu, pare, gambas, buncis, bawang daun, mentimun); dan buah-buahan (kelapa, mangga, nangka, pisang, pepaya, belimbing, kedondong, sirsak, jambu, jeruk, kelengkeng, sawo, buah naga dan matoa).
- Integrasi tanaman-ternak. Salah satu model budidaya tanaman padi yang menghasilkan emisi GRK rendah adalah Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT/*Integrated Crop Management*). Pada sektor peternakan, kendala utama yang dihadapi petani dalam meningkatkan produktivitas hewan ternak adalah tidak tersedianya pakan secara memadai terutama pada musim kemarau di wilayah yang padat ternak. Untuk itu di beberapa lokasi di Indonesia telah mengembangkan sistem integrasi tanaman-ternak (SITT). Usaha ternak sapi

akan efisien jika manajemen pemeliharaan diintegrasikan dengan tanaman sebagai sumber pakan bagi ternak itu sendiri, terutama di wilayah tadah hujan. Ternak sapi menghasilkan kotoran hewan yang dapat diolah menjadi pupuk untuk meningkatkan produksi tanaman, sedangkan tanaman dapat menyediakan pakan hijauan untuk produksi ternak (Gambar 12). Sistem ini merupakan sistem tertutup agar karbon tidak terlepas ke atmosfer bumi dan dapat dimanfaatkan seefisien mungkin.

Penerapan sistem PTT pada budidaya padi dapat meningkatkan serapan karbon 29% lebih tinggi dibandingkan sistem konvensional, sedangkan dengan SITT meningkatkan serapan karbon 2,4 kali dibandingkan sistem konvensional (Tabel 3).



Gambar 42. SITT di lahan tadah hujan

Tabel 8. Neraca karbon pada SITT di Kebun Percobaan Jakenan, Pati- Jawa Tengah, 2014-2015

Parameter	Ton CO ₂ e/tahun	
Budidaya padi (8.6 ha)		
Emisi	(A)	114,5
Sekuestrasi	(B)	217,2
Budidaya ternak sapi (17 ekor)		
Emisi	<i>Fermentasi enterik</i> (C)	18,3
	Pengelolaan kotoran (D)	0,12
Sekuestrasi	Biogas (E)	207,2
	Pupuk kandang (F)	13,6
Karbon netto SITT	(B+E+F)-(A+C+D)	288,4
Karbon netto sistem konvensional	(B)-(A+C+D)	84,3

Catatan: Komponen SITT di lokasi terdiri dari lahan sawah seluas 8,6 ha dengan 2 kali musim tanam padi. Jumlah sapi 17 ekor. Biodigester dengan volume 18 m3 untuk pembuatan biogas. Sumber: Pramono et al. (2014)

Tabel 9. Rata-rata keuntungan budidaya padi di lahan tadah hujan, KP Balingtan, 2014-2015

Perlakuan	Biaya UT/ha (C) (Rp/ha)	Hasil GKP (ton/ ha)	Pendapatan (Rp/ha)	Keuntungan (B) (Rp/ha)	B/C
Ciherang	12.020.000	6,25	24.316.094	12.296.094	1,02
IR64	12.192.800	6,13	23.858.760	11.665.960	0,96
Cibogo	12.365.600	6,09	23.700.318	11.334.718	0,92
Cigeulis	12.020.000	6,09	23.691.494	11.671.494	0,97
Mekongga	12.020.000	5,93	23.062.356	11.042.356	0,92
Ciliwung	12.192.800	6,13	23.844.362	11.651.562	0,96
CSA	12.135.200	6,10	23.745.564	11.610.364	0,96
Konvensional	11.838.800	5,56	21.648.618	9.809.818	0,83

Sumber : Pramono et al. (2014)

Selain ramah lingkungan, sistem budidaya padi dengan konsep CSA juga meningkatkan keuntungan sebesar Rp. 1.800.000 per ha atau 18% dibandingkan cara konvensional (Tabel 4). Usaha peternakan juga menguntungkan karena pakan utama jerami tersedia dan mengurangi input eksternal. Pada lahan tadah hujan, kelangkaan pakan ternak terjadi pada musim kemarau. Dengan cara integrasi, keuntungan yang didapatkan dari peternakan juga lebih besar, karena sumber pakan berasal dari lahannya sendiri, serta dihasilkan produk samping berupa biogas dan pupuk kandang.

Budidaya padi di lahan tadah hujan dapat dilakukan secara intensif dengan konsep CSA. Konsep CSA di lahan tadah hujan dicirikan oleh produksi yang meningkat melalui teknologi PTT, rendah emisi GRK, adaptif terhadap perubahan iklim, pengendalian hama secara terpadu, limbah yang dihasilkan minimal, pemanfaatan sumberdaya lokal, terjaganya keanekaragaman hayati dan penerapan sistem integrasi tanaman dan ternak. Keuntungan Dengan menggunakan teknologi PTT, varietas unggul baru yang di tanam secara gogo rancah pada lahan tadah hujan mampu menghasilkan gabah setara dengan hasil gabah varietas unggul baru di lahan sawah irigasi. Dengan demikian, penerapan CSA di lahan tadah hujan selain meningkatkan produksi, langkah adaptasi dan mitigasi GRK juga dapat dilakukan.

Bab 6.

KAWASAN RUMAH PANGAN LESTARI (KRPL) : SEBAGAI UPAYA ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM

Perubahan iklim telah menjadi salah satu masalah global terpenting saat ini. Indonesia sebagai negara agraris, sektor pertanian merupakan tulang punggung bagi pemenuhan

kebutuhan pangan, namun perubahan iklim yang terjadi dapat mengancam stabilitas pangan nasional. Berbagai upaya dilakukan untuk mengurangi dampak perubahan iklim, yaitu melalui adaptasi dan mitigasi baik di tingkat daerah, nasional maupun internasional. Perubahan iklim memang tidak dapat dihindari dan akan terus berlangsung. Oleh karena itu, kewajiban kita bersama untuk melakukan tindakan mengurangi dampak negatif perubahan iklim tersebut.

Indonesia mempunyai luas lahan sawah sekitar 8.11 juta ha yang harus menyediakan pangan bagi lebih dari 250 juta jiwa penduduk (BPS, 2015). Pesatnya pertumbuhan penduduk yang tidak diimbangi dengan penyediaan pangan menjadi salah satu faktor terjadinya krisis pangan di Indonesia, diperparah dengan alih fungsi lahan sawah untuk pemukiman, infrastruktur dll. Hal ini dimungkinkan Pemerintah melakukan impor pangan untuk memenuhi kebutuhan pangan tersebut. Upaya pemenuhan pangan bukan hanya sepenuhnya menjadi tanggung jawab dari

negara tetapi juga dari rumah tangga keluarga dalam menyediakan pangan terutama bagi rumah tangganya sendiri. Pola pikir masyarakat yang selalu menganggap bahwa pangan adalah identik dengan beras harus diluruskan. Bahwa pangan yang harus dikonsumsi bukan hanya beras saja namun dapat digantikan dengan bahan lain yang fungsinya dapat menggantikan fungsi beras, seperti umbi-umbian.

Ketersediaan pangan selain jumlahnya mencukupi juga harus memenuhi syarat B2SA (beragam, bergizi, seimbang dan aman) (Haryono *et al.*, 2013). Beras atau bahan pangan lainnya memang harus tersedia sebagai sumber karbohidrat, namun harus diimbangi dengan sayur dan buah sebagai sumber vitamin dan mineral agar syarat B2SA dapat terpenuhi dengan baik. Hampir sebagian besar masyarakat Indonesia kurang mengkonsumsi makanan yang beragam secara rutin sehingga berdampak pada rendahnya Pola Pangan Harapan (PPH). Menurut Saliem (2011), pada tahun 2009 PPH Indonesia hanya mencapai 75.7 dan harus ditingkatkan untuk mencapai sasaran PPH sebesar 95 pada tahun 2014. Ketersediaan keanekaragaman jenis pangan dapat dilakukan dengan memanfaatkan lahan pekarangan rumah. Melalui cara tersebut, kebutuhan pangan diharapkan dapat tercukupi dengan baik dan mudah sehingga kebutuhan pangan masyarakat dapat terpenuhi dan dengan sendirinya ketahanan pangan nasional dapat terwujud.

Pemanfaatan lahan pekarangan dengan menanam berbagai tanaman (sayur, buah, tanaman obat, dsb.) selain secara ekonomi menguntungkan juga bermanfaat bagi penyelamatan lingkungan, yaitu dapat meningkatkan serapan karbon. Pada lahan yang tidak dimanfaatkan (tanpa hijauan tanaman), CO₂ dapat dengan bebas terlepas ke atmosfer. Namun dengan adanya tanaman, CO₂ dapat digunakan oleh tanaman untuk proses fotosintesis. Dengan demikian, pemanfaatan lahan pekarangan turut berkontribusi terhadap penurunan emisi karbon di atmosfer.

Melihat pentingnya peran pekarangan, Kementerian Pertanian telah menginisiasi optimalisasi pemanfaatan pekarangan melalui konsep Rumah Pangan Lestari (RPL). RPL dijabarkan sebagai rumah penduduk yang mengusahakan pekarangan secara intensif dengan berbagai sumberdaya lokal secara bijaksana sehingga dapat menjamin kesinambungan penyediaan bahan pangan rumah tangga yang berkualitas dan beragam (Kementerian Pertanian, 2011). Pemanfaatan pekarangan dalam kegiatan RPL juga merupakan salah satu upaya adaptasi terhadap perubahan iklim.

Ketahanan Pangan dan Perubahan Iklim

FAO (2001) mendefinisikan ketahanan pangan sebagai kesempatan semua orang pada setiap waktu untuk mendapatkan akses secara fisik dan ekonomi terhadap kebutuhan pangan yang cukup, aman dan bergizi untuk aktivitas dan kehidupannya yang sehat. Ketahanan pangan menjadi isu terpenting di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia yang mempunyai jumlah penduduk yang besar. Saptana *et al.* (2013) menyatakan bahwa pembangunan ketahanan pangan nasional saat ini menghadapi tantangan, yaitu adanya ketidakseimbangan antara permintaan dengan produksi. Tingginya permintaan didorong oleh pertumbuhan penduduk, pertumbuhan industri, daya beli masyarakat dan perubahan preferensi masyarakat. Sedangkan kapasitas produksi terkendala oleh kompetisi dalam penggunaan lahan, perubahan iklim ekstrim, fenomena degradasi alam dan lingkungan dan terbatasnya infrastruktur pertanian.

Perubahan iklim merupakan salah satu kendala terpenting yang memberikan dampak signifikan terhadap ketahanan pangan. Perubahan iklim yang mempunyai pengaruh dominan terhadap ketahanan pangan adalah pergeseran pola musim penghujan dan kemarau yang ditandai dengan curah hujan yang tidak menentu sehingga berpengaruh pada pola dan waktu tanam

tanaman semusim. FAO (2001) menyatakan bahwa perubahan iklim global akan menyebabkan turunnya produksi sereal sebesar 280 juta ton di 65 negara berkembang. Menurut Arifin (2010), produksi pangan di Indonesia akan berkurang sampai 20% akibat perubahan iklim tersebut. Konsorsium Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim (KP3I, 2009) Badan Litbang Pertanian memprediksi bahwa *El-Nino* akan meningkatkan peristiwa kekeringan pada areal pertanaman padi sawah dari 0,3 – 1,4% menjadi 3,1 – 7,8%, sedangkan *La Nina* menyebabkan peningkatan luas areal pertanaman rawan banjir dari 0,75 – 2,68% menjadi 0,97 – 2,99%. Secara keseluruhan, perubahan iklim dapat mengakibatkan penurunan produksi nasional dari 2,45 – 5,0% menjadi lebih dari 10%.

Terganggunya sistem produksi nasional akan berpengaruh langsung terhadap ketahanan pangan karena kemampuan penyediaan pangan juga terganggu. Menurut Boer (2008), ketersediaan pangan nasional akan mengalami penurunan yang cukup serius. Hasil tanaman mengalami penurunan akibat naiknya suhu dan *salinitas* terutama di daerah pantai, kegagalan panen sering terjadi karena iklim yang ekstrim dan adanya serangan hama dan penyakit baru.

Pemahaman KRPL

KRPL pertama kali dikembangkan oleh Kementerian Pertanian melalui Badan Litbang Pertanian yang melihat prospek besar pada pemanfaatan pekarangan untuk pemenuhan pangan alternatif, khususnya rumah tangga keluarga. Secara nasional, luas lahan pekarangan 10,3 juta hektar atau 14% dari keseluruhan luas lahan pertanian (Saptana *et al.*, 2013). Melihat kenyataan tersebut, merupakan langkah yang tepat bagi Badan Litbang Pertanian untuk mencetuskan program memanfaatkan pekarangan sebagai salah satu upaya untuk menciptakan kemandirian pangan dan meningkatkan kesejahteraan rumah tangga.



Gambar 43. Pemanfaatan pekarangan dengan menanam sayuran dan buah-buahan

KRPL merupakan gabungan dari minimal 30 RPL atau dalam skala lain yang memungkinkan penerapan prinsip RPL (Haryono *et al.*, 2013). Dalam perencanaan dan pelaksanaan pengembangan KRPL, dibutuhkan 9 (sembilan) tahapan kegiatan (Kementerian Pertanian, 2011), yaitu: (1) Persiapan, (2) Pembentukan kelompok, (3) Sosialisasi, (4) Penguatan kelembagaan kelompok, (5) Perencanaan kegiatan, (6) Pelatihan, (7) Pelaksanaan, (8) Pembiayaan dan (9) Monitoring dan evaluasi. Kesembilan tahapan kegiatan tersebut saling terkait dan menentukan keberhasilan pengembangan KRPL. Tahap pelaksanaan merupakan tahapan terpenting dalam penerapan KRPL. Pada tahap ini berbagai kegiatan pemanfaatan pekarangan dilakukan, tidak hanya budidaya tanaman seperti sayur, buah tanaman obat tetapi juga budidaya ikan dan ternak unggas. Menurut Saptana *et al.* (2013), teknologi yang diintroduksikan untuk mendukung keberhasilan pada tahapan ketujuh ini meliputi pembibitan, budidaya, pasca panen dan pengolahan hasil.



Gambar 44. Pemanfaatan pekarangan dengan budidaya ikan dan ternak unggas

Sistem budidaya yang diterapkan dalam kegiatan KRPL diarahkan pada budidaya ramah lingkungan. Sebagai contoh, pemanfaatan sabut kelapa sebagai media tanam, perangkat rumah tangga yang tidak terpakai juga dapat digunakan sebagai pot, limbah rumah tangga (sisa makanan) dan daun-daun kering dapat diproses menjadi kompos dan digunakan sebagai pupuk organik. Pada budidaya ikan, pakan dapat dibuat dari sisa ikan-ikan kecil yang dikumpulkan dari tempat pelelangan ikan (TPI) terdekat. Sedangkan pakan ternak unggas dapat diperoleh dari sisa makanan rumah tangga. Pada budidaya tanaman, penggunaan pestisida dalam bentuk apapun untuk memberantas hama dan penyakit harus dihindari. Biopestisida merupakan pilihan pertama untuk mencegah dan memberantas hama dan penyakit tanaman.

Pengembangan KRPL tidak hanya di pedesaan tetapi juga di perkotaan. Oleh karena itu menurut Haryono *et al.* (2013) dalam pengembangannya, KRPL dikelompokkan menjadi dua, yaitu KRPL untuk pekarangan pedesaan dan perkotaan. Pengelompokkan KRPL di rumah tangga perkotaan berdasarkan pada tipe rumah hunian, yaitu 1) Rumah tipe 21, luas lahan 36 m² atau tanpa halaman, 2) Rumah tipe 36, luas lahan 72 m² atau halaman sempit, 3) Rumah tipe 45, luas lahan 90 m² atau halaman sedang dan 4) Rumah tipe 54 atau 60, luas tanah 120 m² atau halaman luas. Sedangkan pengelompokkan di pedesaan berdasarkan pada luasnya pekarangan, yaitu 1) Pekarangan sangat sempit atau tanpa halaman, 2) Pekarangan sempit (120 m²), 3) Pekarangan sedang (120-400 m²) dan 4) Pekarangan luas (>400 m²).

Peran Strategis KRPL

KRPL merupakan salah satu ragam dari pengembangan model pertanian berbasis lingkungan dan terintegrasi yang berperan sangat strategis (Haryono, 2013). Pada prinsipnya KRPL dikembangkan untuk (1) Ketahanan dan kemandirian pangan keluarga, (2) Diversifikasi pangan berbasis sumberdaya lokal, (3) Konservasi sumberdaya genetik tanaman pangan, dan (4) Peningkatan kesejahteraan masyarakat (Haryono *et al.*, 2013). Adapun tujuan pengembangan model KRPL (Kementerian Pertanian, 2011) adalah:

- Memenuhi kebutuhan pangan dan gizi keluarga serta masyarakat melalui optimalisasi pemanfaatan pekarangan secara lestari.
- Meningkatkan kemampuan keluarga serta masyarakat dalam pemanfaatan lahan pekarangan di perkotaan maupun pedesaan untuk budidaya tanaman, pemeliharaan ternak dsb.
- Mengembangkan sumber bibit/benih untuk menjaga keberlanjutan pemanfaatan pekarangan dan melakukan konservasi tanaman pangan lokal untuk masa depan.
- Mengembangkan kegiatan ekonomi produktif sehingga mampu meningkatkan kesejahteraan keluarga dan menciptakan lingkungan hijau, bersih, indah, sehat dan mandiri.

Sasaran yang ingin dicapai dalam pengembangan Model KRPL adalah berkembangnya kemampuan keluarga dan masyarakat secara ekonomi dan sosial dalam memenuhi kebutuhan pangan dan gizi secara lestari menuju keluarga dan masyarakat yang sejahtera.

Berdasarkan prinsip, tujuan dan sasaran tersebut, KRPL nyata memperlihatkan peran sangat strategis dalam menjaga dan menciptakan stabilitas dan kemandirian pangan bagi

masyarakat dengan tetap memperhatikan kelestarian fungsi lingkungan hidup. Diversifikasi pangan yang menjadi salah satu prinsip KRPL merupakan salah satu upaya untuk menjaga keanekaragaman sumberdaya hayati. Menurut the UN and UNEP (2007) melalui pengelolaan sumberdaya hayati yang tepat seperti mempertahankan dan memulihkan ekosistem alami, melindungi dan meningkatkan simbiosis mutualisme dan mengelola habitat bagi spesies yang langka merupakan kegiatan yang mendukung mitigasi dan adaptasi yang dapat mengurangi dampak terhadap perubahan iklim. Dengan meningkatkan keanekaragaman hayati berarti turut memberikan habitat bagi pollinator untuk berkembang biak. Setidaknya 35% dari produksi tanaman di dunia ini tergantung dari pollinator seperti lebah, burung dan kelelawar.

Berdasarkan hasil penelitian Saptana *et al.* (2011), penerapan KRPL membawa pengaruh positif bagi rumah tangga pelaksana. Studi kasus KRPL di desa Kayen, kecamatan/kabupaten Pacitan menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi energi, protein dan PPH meningkat sedangkan pengeluaran rumah tangga untuk konsumsi pangan, terutama dari kelompok pangan sayur-sayuran, umbi-umbian, ikan dan produk unggas menjadi berkurang. Tingkat pendapatan rumah tangga pelaksana KRPL juga meningkat karena selain dikonsumsi sendiri bahan pangan juga dijual. Berdasarkan studi kasus tersebut dapat dikatakan bahwa KRPL mampu meningkatkan ketahanan pangan rumah tangga dan kawasan atau wilayah sekitarnya. Hasil yang sama juga disampaikan oleh Saptana *et al.* (2012), bahwa pelaksanaan KRPL di Kabupaten Karawang, Magetan dan Timor Tengah Selatan (TTS) mampu mengurangi pengeluaran pangan, meningkatkan produksi sayuran dan PPH.

Menurut Hanifah *et al* (2014), dampak positif pemanfaatan lahan pekarangan untuk KRPL terlihat signifikan terhadap rumah tangga, yaitu adanya penghematan belanja sayuran dan buah-buahan. Kontribusi KRPL terhadap penghematan belanja rumah tangga tersebut sebesar 2,7% untuk pekarangan dengan luas ≤ 50 m²; 4,26% untuk luasan 51-170 m² dan 8,85% untuk luasan > 170 m²

dan < 300 m². Hal ini senada dengan yang dinyatakan oleh Igwe *et al* (2014) bahwa semakin luas lahan yang dimanfaatkan untuk home gardening (HG) semakin tinggi pula pendapatan yang diterima oleh rumah tangga penerap. Kontribusi HG juga dijumpai di Ethiopia. Legesse *et al* (2016) menyatakan bahwa HG berkontribusi antara 25-50% untuk sumber pendapatan.

Melihat peran strategis dari KRPL, tidak seharusnya hanya sebatas kegiatan top down yang mendapatkan dukungan dana sepenuhnya dari pemerintah. Bantuan finansial dan teknis pada awal pelaksanaan memang dibutuhkan sebagai pemacu pelaksanaan kegiatan. Namun sudah saatnya kemandirian pengembangan KRPL diciptakan oleh masing-masing kawasan pelaksana untuk menciptakan KRPL yang berkelanjutan. Menurut Saliem (2011), faktor kunci yang harus dipahami untuk keberhasilan dan keberlanjutan KRPL secara lestari adalah 1) Partisipasi aktif antara petugas pendampingan dan ketua kelompok, 2) Ketersediaan benih/bibit, penanganan pasca panen dan pengolahan serta pasar bagi produk yang dihasilkan, 3) Mengembangkan model diversifikasi yang dapat memenuhi kebutuhan kelompok pangan, 4) Adanya komitmen dan dukungan serta fasilitasi dari pengambil kebijakan untuk mendorong penerapan model inovasi teknologi.

KRPL dan Adaptasi terhadap Perubahan Iklim

Adaptasi merupakan kegiatan mengurangi dampak dan mengantisipasi risiko terjadinya perubahan iklim. Menurut UU No. 32 tahun 2009 mengenai Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH), adaptasi diartikan sebagai upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kemampuan dalam menyesuaikan diri terhadap perubahan iklim, termasuk keragaman iklim dan kejadian iklim ekstrim sehingga potensi kerusakan akibat perubahan iklim berkurang, peluang yang ditimbulkan oleh perubahan iklim dapat dimanfaatkan, dan konsekuensi yang timbul akibat perubahan iklim dapat diatasi. Upaya adaptasi perlu

dilakukan karena dampak perubahan iklim dapat mempengaruhi tingkat kehidupan masyarakat. Pada dasarnya, masyarakat telah melakukan adaptasi terhadap perubahan iklim secara sederhana seperti melakukan rotasi jenis dan pola tanaman dan menggunakan bibit tanaman yang toleran terhadap kekeringan.

Kegiatan lain yang dapat dilakukan dalam adaptasi adalah memanfaatkan pekarangan menjadi apotik hidup dan lumbung pangan untuk pemenuhan kebutuhan pangan. Kegiatan ini sejalan dengan kegiatan yang dikembangkan dalam KRPL. Kegiatan KRPL yang sangat berkaitan dengan adaptasi perubahan iklim adalah diversifikasi pangan. Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 15 Tahun 2013, diversifikasi atau penganeekaragaman pangan diartikan sebagai upaya peningkatan ketersediaan dan konsumsi pangan yang beragam, bergizi seimbang dan berbasis pada potensi sumberdaya lokal.

Diversifikasi pangan atau penganeekaragaman pangan non-beras adalah upaya peningkatan konsumsi aneka ragam pangan non-beras dengan prinsip gizi seimbang. Beberapa sumber pangan alternatif yang dapat dikembangkan yaitu jagung, sagu, singkong, dan ubi. Menurut Setyanto *et al.* (2013), diversifikasi pangan merupakan salah satu langkah dalam adaptasi perubahan iklim. Ketergantungan terhadap beras sebagai makanan pokok harus dikurangi karena luas lahan potensial semakin berkurang sehingga produktivitas menurun. Selain itu, tanaman padi sangat rentan terhadap perubahan iklim. Diversifikasi pangan sebagai alternatif pengganti beras sebagai sumber karbohidrat dapat berasal dari jagung, umbi-umbian, pisang, sukun, sagu dan lain-lain.

Selain sebagai penyedia pangan dalam rangka menghadapi perubahan iklim, KRPL juga berperan dalam penyimpanan karbon. Mattson *et al* (2013) menyebutkan bahwa HG secara signifikan menyimpan karbon. Simpanan karbon pada biomas atas berkisar antara 10-55 Mg C ha⁻¹ (HG di daerah kering) dan 48-145 Mg C ha⁻¹ (HG di daerah basah).

Bab 7. PENDEKATAN INTEGRASI PENGELOLAAN PERTANIAN

Dampaknya bagi sektor pertanian, perubahan iklim akan mendatangkan masalah baru bagi keberlanjutan produksi pertanian, terutama tanaman pangan yang paling rentan terhadap perubahan iklim. Ancaman dan krisis pangan dunia tidak terpisahkan dari perubahan iklim. Oleh karena itu, pembangunan pertanian tidak hanya memprioritaskan aksi adaptasi perubahan iklim, namun perlu disinergiskan dengan aksi mitigasi melalui penerapan inovasi teknologi untuk meningkatkan penyerapan gas rumah kaca (GRK) termasuk di lahan sub-optimal sawah tadah hujan. Sektor pertanian khususnya subsektor tanaman pangan harus menjadi penggerak ramah iklim (*climate-smart*) dalam mensukseskan penanggulangan tantangan perubahan iklim dan ketahanan pangan.

Lahan sub-optimal sawah tadah hujan merupakan ekosistem lebih kompleks dan tidak menentu dibandingkan ekosistem irigasi atau tanaman lainnya. Optimalisasi lahan sawah tadah hujan adalah tantangan unik atas berbagai kendala peningkatan produktivitas tanaman pangan dalam mendampingi pemenuhan kebutuhan pangan nasional selain dari lahan optimal sawah beririgasi. Berbagai kendala tersebut antara lain deraan perubahan iklim terutama cekaman kekeringan, curah hujan erratic dengan jumlah rata-rata kurang dari 1500 mm, kesuburan tanah rendah, serangan organisme pengganggu tanaman (hama, penyakit tanaman,

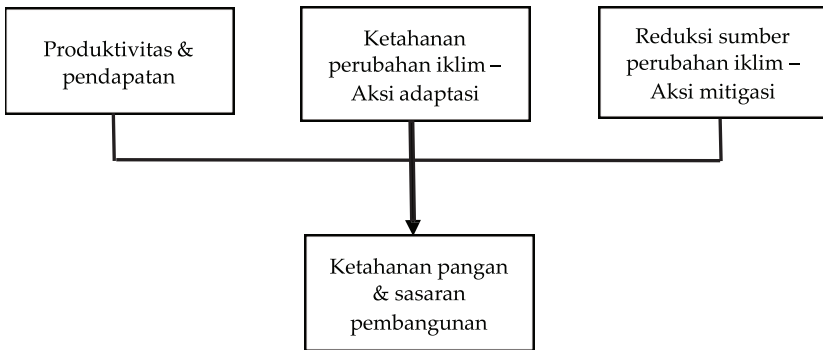
gulma). Berbagai kendala tersebut harus ditanggulangi melalui inovasi teknologi pengelolaan lahan sawah tadah hujan yang ramah lingkungan dalam berkontribusi terhadap pemantapan ketahanan pangan.

Sistem produksi pertanian adalah dasar perbaikan pendapatan dan ketahanan pangan untuk menjamin kesejahteraan masyarakat. Perbaikan sistem produksi pertanian merupakan sumber nyata mitigasi dan adaptasi terhadap dampak perubahan iklim yang terjadi di agroekologi sawah tadah hujan. Berbagai inovasi teknologi seperti penggunaan katam dalam penentuan waktu tanam, pengembalian limbah pertanian ke dalam tanah, penggunaan varietas unggul rendah emisi, penggunaan pupuk anorganik secara efisien, penyediaan penampung air hujan dan air limpasan permukaan atau embung, pengendalian organisme pengganggu tanaman secara terpadu, olah tanah secara minimum dan pemanfaatan lahan pekarangan untuk KRPL adalah komponen-komponen upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di sektor pertanian.

Pendekatan integrasi pengelolaan tanaman yang dipadukan dengan sumberdaya lain seperti pengelolaan ternak merupakan wujud nyata upaya peningkatan produktivitas, perbaikan pendapatan petani, perbaikan kesuburan tanah melalui inovasi teknologi budidaya sawah tadah hujan berkelanjutan. Pendekatan sistem integrasi tanaman pangan-ternak mensinergiskan upaya adaptasi dan mitigasi terhadap dampak perubahan iklim yang merupakan *Climate-Smart Agriculture (CSA)* pada agroekologi sawah tadah hujan. Sistem tersebut mendukung keamanan pangan dan keberlanjutan melalui memberikan keuntungan secara ekonomi seperti peningkatan produktivitas dan perbaikan ekonomi petani dan juga menawarkan keuntungan lain yaitu secara lingkungan seperti peningkatan karbon dalam tanah, peningkatan retensi air, perbaikan ketahanan terhadap kekeringan, menyediakan bahan pangan, bahan non pangan seperti energi terbarukan dan pembenah tanah yang telah diulas dalam bab-bab terdahulu. Inovasi teknologi dalam penerapan sistem integrasi tanaman

pangan-ternak harus dapat diadopsi petani di agroekologi lahan sawah tadah hujan melalui efektivitas diseminasi.

Sasaran CSA adalah keberlanjutan peningkatan produktivitas dan pendapatan masyarakat, penguatan ketahanan/ketahanan terhadap perubahan dan keragaman iklim, dan mengurangi sumber-sumber penyebab perubahan iklim seperti emisi gas rumah kaca dan cadangan karbon dalam tanah, seperti terlihat dalam Gambar 45. Berdasarkan sasaran tersebut, target CSA adalah meningkatkan capaian ketahanan pangan nasional dan sasaran pembangunan nasional khususnya pembangunan pertanian. Pendekatan CSA yang diterapkan Balai Penelitian Lingkungan Pertanian di agroekologi lahan sawah tadah hujan dengan sistem integrasi tanaman ternak telah memperbaiki produktivitas tanaman padi, ternak dan menurunkan emisi gas rumah kaca melalui pengelolaan tanah, tanaman dan kotoran serta penyediaan energi terbarukan melalui pemanfaatan biogas.



Gambar 45. Pilar penerapan CSA dalam stabilitas ketahanan pangan

Penerapan pertanian konservasi dalam CSA dilakukan dengan tanpa olah tanah atau olah tanah minimum yang dikombinasikan dengan pengembalian sisa tanaman baik dibenamkan atau sebagai mulsa untuk mengurangi kikisan tanah permukaan, meningkatkan retensi air, memperbaiki struktur dan aerasi tanah, mempertinggi

cadangan karbon dalam tanah. Kajian atau penelitian lebih lanjut diperlukan dalam optimalisasi lahan sawah tadah hujan berkelanjutan yang meliputi aspek biofisik lahan, kesuburan fisik, kimia, dan hayati tanah, dan dinamika dan neraca karbon dari sistem yang diterapkan. Sebagai sistem yang ramah lingkungan, CSA hendaknya memenuhi beberapa prinsip dasar antara lain: peningkatan produktivitas tanaman, konservasi tanah dan air, pelestarian keanekaragaman hayati, bebas residu pestisida dan logam berat, penerapan good agricultural processes, penggunaan varietas tanaman rendah emisi GRK, penerapan pengendalian hama terpadu, penanaman varietas adaptif terhadap perubahan iklim, penerapan teknik irigasi yang efektif dan efisien, dan penerapan sistem terpadu.

Sebagai konsep yang holistik, CSA menjamin ketahanan pangan melalui dimensi ketersediaan dan aksesibilitas pangan, kecukupan nutrisi dalam bahan pangan, dan stabilitas pasokan pangan dengan melibatkan keragaman pendekatan dan sumberdaya. FAO mengembangkan konsep CSA dengan beberapa kegiatan kunci, yaitu: (i) mengembangkan dukungan aksi perubahan iklim melalui kerjasama global, regional dan lokal termasuk masyarakat dan sektor swasta, kelompok masyarakat, dan organisasi non pemerintah; (ii) membangun berbasis pengetahuan lokal, nasional, dan internasional terkait adaptasi dan mitigasi perubahan iklim terutama di sektor pertanian; (iii) mengidentifikasi dan implementasi aksi mitigasi perubahan iklim tingkat global, regional, dan nasional; (iv) mengidentifikasi strategi adaptasi terhadap perubahan iklim yang efektif ; (v) menginisiasi proses

pembelajaran dan pelatihan dalam mengkaji respon perubahan iklim yang lebih efektif melalui alat spesifik termasuk pengembangan strategi dan praktek yang terbaik; dan (vi) mengembangkan dan mengimplementasikan strategi komunikasi dalam adaptasi dan mitigasi perubahan iklim yang terencana dan terkoordinasi dengan baik.

DAFTAR BACAAN

- Adnyata, M.O. IGM. Subiksa, DKS Swastika, H. Pane. 2005. Analisis kebijakan pengembangan tanaman pangan di lahan marginal : Lahan Rawa. Laporan. Jakarta (ID). Badan Litbang Pertanian.
- Alihamsyah, T., D. Nazemi, Mukhlis, I. Khairullah, H.D. Noor, M. Sarwani, H. Sutikno, Y. Rina, F.N. Saleh, S. Abdussamad. 2002. Empat puluh tahun Balittra : perkembangan dan program penelitian ke depan. Banjarbaru (ID): Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa.
- Alihamsyah T, M. Sarwani, A. Jumberi, I. Ar Riza, I. Noor, dan H. Sutikno, 2003. Lahan rawa pasang surut: pendukung ketahanan pangan dan sumber pertumbuhan agribisnis. Banjarbaru (ID): Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa.
- Alihamsyah, T. 2004. Hasil penelitian pertanian pada lahan pasang surut. Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian dan Pengkajian Teknologi Spesifik Lokasi; 2003 Des 18-19. Jambi, Indonesia.
- . 2005. Pengembangan lahan rawa lebak untuk usaha pertanian. Banjarbaru (ID): Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. 53 hal.
- . 2013. Pembelajaran Pengembangan Lahan Rawa dan Strategi Pengembangan Pertaniannya Kedepan. Prosiding Seminar Inovasi Teknologi Mendukung Sistem Pertanian Bioindustri di Lahan Rawa; 2013 Des 18; Palembang, Indonesia.

- Ananto, E.E., H. Subagyo, I.G. Ismail, U. Kusnadi, T. Alihamsyah, R. Thahir, Hermanto, D.K.S. Swastika. 1998. Prospek pengembangan sistem usaha pertanian modern di lahan pasang surut Sumatera Selatan. Proyek Sistem Usaha Pertanian lahan Pasang Surut Sumatra Selatan. Jakarta (ID): Badan Litbang Pertanian. 238 hlm.
- Andriani, R. 2016. Inovasi pertanian di lahan rawa. [diakses 2018 Jan 16]. Tersedia dari:
<http://nad.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/info-teknologi/779-inovasi-pertanian-di-lahan-rawa>.
- Anonim. 2015. Mengapa lahan rawa potensial untuk pertanian?. [diakses 2018 Jan 16]. Tersedia dari:
<http://industri.bisnis.com/read/20150630/99/448766/mengapa-lahan-rawa-potensial-untuk-lahan-pertanian>.
- Ar-Riza, I. 2002. Peningkatan produksi padi lebak. Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Agronomi Indonesia; 2002 Okt 29-30; Bogor, Indonesia.
- Aziz, Abdul dan Basri A. Bakar. 2012. Lahan rawa sangat potensial atasi krisis pangan. [diunduh 2018 Jan 17]. Tersedia dari: <http://nad.litbang.pertanian.go.id>.
- [Balittra] Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. 2011. Setengah abad balittra: rawa lumbung pangan menghadapi perubahan iklim. Banjarbaru: (ID): Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa.
- Bappeda Provinsi Kalteng. 1997. Arah dan strategi pengembangan lahan rawa/gambut satu juta hektar di Kalimantan Tengah untuk mendukung PPLG satu juta hektar. Prosiding Seminar Dan Ekpose Hasil Pengkajian Dan Penelitian Agribisnis Dan Pengembangan Lahan Gambut; 1997 Jan 3-4; Palangka Raya, Indonesia.

- BAPPENAS-WACKLIMAD, 2012. Lowland Definition. Working Paper 1. Water Management for Climate Change Mitigation and Adaptive Management Development (WACLIMAD) in Low Land. Bappenas.-Euroconsult MatMacDonald. GOI-World Bank. Jakarta.
- [BBSDLP] Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 2011. State of the art dan grand desgn pengembangan lahan rawa. Jakarta (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 44 hal.
- [BBSDLP] Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 2014. Sumberdaya lahan pertanian Indonesia: luas, penyebaran dan potensi. Laporan Teknis. Bogor (ID): Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 56 hal.
- [BBSDLP] Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 2015. Sumberdaya lahan pertanian Indonesia: luas, penyebaran dan potensi ketersediaan. Laporan Teknis Bogor (ID): Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 100 hlm.
- [Deptan] Departemen Pertanian. 1992. Presiden Soeharto dan Pembangunan Pertanian. Jakarta (ID): Departemen Pertanian. Jakarta. 256 hlm.
- GOI-TN, 2008. Master plan for rehabilitation and revitalisation of the ex mega rice project in Central Kalimantan. Report for Consultation. Palangka Raya (ID). 189 p.
- Haryono. 2012. Lahan Rawa; Lumbung Pangan Masa Depan Indonesia. IAARD Press. Jakarta. 142 hlm.
- Haryono, M. Noor, H. Syahbuddin, dan M. Sarwani. 2013. Lahan rawa; penelitian dan pengembangan. Jakarta (ID): IAARD Press. 103 hal.

- Hidayat, T. 2000. Studi kearifan budaya petani Banjar dalam pengelolaan lahan rawa pasang surut. *J Kal Agrik.* 7(3): 105-111.
- ICCTF-Bappenas. 2013a. Atlas lahan gambut terdegradasi Pulau Sumatera Skala 1:250.000. Jakarta (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 22 hlm.
- ICCTF-Bappenas. 2013b. Atlas lahan gambut terdegradasi Pulau Kalimantan dan Papua Skala 1:250.000. Jakarta (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Idak, H. 1982. Perkembangan dan sejarah persawahan di Kalimantan Selatan. Banjarmasin (ID): Pemda Tingkat I Kalimantan Selatan.
- Las, I, A. Jumberi. 2007. Strategi pengembangan lahan rawa mendukung ketahanan pangan. Prosiding Seminar Nasional Penelitian Lahan Rawa. BBSDLP.
- Levang, P. 2003. Ayo ke tanah sabrang : transmigrasi di Indonesia (judul asli *La terrad'en face -La Transmigration en Indonesie*). Jakarta (ID): KPG-IRD FJP. 362 hlm.
- Meyer, R.L., G. Nagarayan. 2000. Rural financial market in asia: policy, paradigm and performance. Oxford(UK): Oxford Univ. Press. 401 p
- Mukhlis, Izuddin Noor, Muhammad. Noor, R.S. Simatupang. 2007. Kearifan lokal pertanian di lahan rawa. Banjarbaru (ID): Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. 107 hlm.
- Nazemi D., Y. Rina, I. Ar-Riza dan S. Saragih. 2012. Penerapan Sistem Surjan untuk Mendukung Diversifikasi dan Peningkatan Pendapatan di Lahan Pasang Surut. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Badan Litbang Pertanian
- Nazemi, D., S. Saragih, Y. Rina. 2003. Laporan Akhir Proyek Penelitian Sumberdaya Lahan Rawa. Banjarbaru (ID): Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa.

- Noor, M. 1996. Padi Lahan Marjinal. Jakarta(ID): Penebar Swadaya.
- Noor, M. 2004. Lahan rawa: sifat dan pengelolaan tanah bermasalah sulfat masam. Jakarta(ID): PT Raja Grafindo Persada.
- Noor. M. 2007. Rawa lebak: ekologi, pemanfaatan dan pengembangannya. Jakarta(ID): Penerbit Raja Grafindo Persada.
- Noor, M, K. Nugroho, IGM. Subiksa, Wahyunto, Sukarman, T.Alihamsyah, E. Ananto, R. Shofiyati,D.A. Suriadikarta, I. Ar- Riza, s. Saragih, M.Alwi. 2011. State of the Art dan Grand Design Pengembangan Lahan Rawa. Bogor(ID): Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. 44 hlm.
- Notohadiprawiro, 1996. Contrains to achiving the agricultural potential of tropical peatlands – an Indonesien perspective. In E. Maltby *et al.* (eds). Proc. of A Workshop on Integrated Planning and Management of Tropical Lowland Peatland. IUCN. p.139- 154.
- Nugroho, K. Alkasuma, Paidi, Wahdini, W., Abdurahman A., Suhardjo, H, IPG. Widjaja Adhi, 1992. Peta Areal Potensial untuk Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut, Rawa dan Pantai. Laporan Proyek Penelitian Sumber Daya Lahan. Bogor(ID): Pusat Penelitian Peternanakan.
- Nurmalina, R. 2007. Model ketersediaan beras yang berkelanjutan untuk mendukung ketahanan pangan nasional [disertasi]. [Bogor (ID)]: Institut Pertanian Bogor.
- Nursyamsi D., M. Noor. 2014. Prospek dan strategi pengembangan padi rawa pasang surut. Dalam Nursyamsi *et al.* (Ed.). Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. Jakarta(ID): IAARD Press. hal. 1- 22.
- Pagiola, S, and S. Holden. 2001. Farm household intensification decision and the environment. in trade off or synergies? Agricultural Intensification, Economic Development and the Environment. (ABI Publishing), pp 73-114.

- Pakpahan, T. 2013. Permasalahan dalam pengembangan lahan rawa lebak. [diakses 2018 Jan 17]. Tersedia dari: https://plus.google.com/110944720255165080260/posts/1RU7VA_GYGPS/ April 22, 2013.
- Piggin, C. et.al. 1998a. The IRRI *rainfed* lowland rice research program: directions and achievements. Los Banos(PHI): IRRI.
- . 1998b. The IRRI *rainfed* lowland rice research program: directions and achievements. Los Banos(PHI): IRRI.
- Rina, Y. D, H. Subagio. 2017. Usaha tani lahan rawa: analisis dan implemetasi. Bogor(ID): IAARD Press.
- Saragih, S. 2013. Empat kunci sukses pengelolaan lahan rawa pasang surut untuk usaha pertanian berkelanjutan. [diakses 2018 Jan 17]. Tersedia dari: http://balittra.litbang.pertanian.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=1210&Itemid=5.
- Sinar Tani, 2018 28 Februari-6 Maret 2018. Panen air tetap jadi perhatian utama. Sinar Tani. Hlm. 18.
- Susilawati, A., K. Anwar, M. Noor. 2014. Inovasi teknologi pengelolaan air pada budidaya padi di lahan rawa pasang surut, hal. 73-96, dalam Nursyamsi *et al.* (Ed.). Teknologi Inovasi Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Kedaulatan Pangan Nasional. Jakarta(ID): IAARD Press.
- Subagio, H., M. Noor, W. A. Yusuf, I. Khairullah. 2015. Perspektif pertanian lahan rawa mendukung kedaulatan pangan. Jakarta(ID): IAARD Press.
- . 2016. Perspektif pertanian lahan rawa: mendukung kedaulatan pangan. Jakarta(ID): IAARD Press. 108 Hlm.
- Sunaryo, L. Joshi. 2003. Peranan pengetahuan ekologi lokal dalam sistem agroforestri. Bogor(ID): World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional.

- Supriyo A., A. Jumberi, 2007. Kearifan lokal dalam budidaya padi di lahan pasang surut. dalam kearifan lokal pertanian di lahan rawa. Banjarbaru(ID): Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. hlm 45-62.
- Suriadikarta, D, D. Setyorini. 2002. Teknologi pengelolaan lahan sulfat masam, dalam Subagyo et.al (Eds). Pengelolaan Lahan Rawa. Bogor(ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.
- Sutanto, R. 2002. Tantangan global menghadapi kerawanan pangan dan peranan pengetahuan tradisional dalam pembangunan pertanian. Dalam F. Wahono *et al.* (eds) Pangan, Kearifan Lokal dan Keanekaragaman Hayati. Yogyakarta(ID): CPRC. Hlm. 67- 84.
- Sutikno, H, Y.Rina, 2002. Kondisi sosial ekonomi petani lahan pasang surut. Dalam: Ar-Riza S, Alihamsyah (ed). Monograf. Pengelolaan Air dan Tanah di Lahan Pasang Surut. Banjarbaru(ID): Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa.
- WACLIMAD, 2012. Lowland Definition. Working Paper 1. Water Management for Climate Change Mitigation and Adaptive Management Development (WACLIMAD) in Low Land. Bappenas.-Euroconsult MatMAcDonald. Jakarta(ID): GOI-World Bank.
- Widjaja-Adhi, I P.G., K. Nugroho, Didi Ardi S.,A.S. Karama. 1992. Sumberdaya Lahan rawa: potensi, keterbatasan, dan pemanfaatan. Dalam Sutjipto P. dan M. Syam (Penyunting). risalah pertemuan nasional pengembangan pertanian lahan rawa pasang surut dan lebak; 1992 Mar 3-4; Bogor, Indonesia. hlm 19-38.
- WidjayaAdhiIPG, TAlihamsyah. 1998. Pengembangan lahan pasang surut: potensi dan kendala serta teknologi pengelolaannya untuk pertanian. Prosiding Seminar Himpunan Ilmu Tanah Jawa Timur; 1998 Des 18; Malan, Indonesia.

INDEKS

A

air v, xii, xiii, 3, 7, 12, 13, 17, 18,
21, 22, 24, 27, 28, 38, 49, 60,
61, 63, 64, 65, 66, 84, 85, 86,
92
areal 5, 13, 23, 33, 76

B

budidaya ix, xiii, 3, 5, 6, 14, 18,
22, 25, 44, 59, 68, 69, 70, 71,
77, 78, 79, 84, 92, 93
bumi v, vi, 1, 2, 7, 10, 11, 13, 69

E

ekonomi 2, 13, 14, 56, 74, 75, 79,
84, 93
embung ix, xiii, 18, 27, 28, 29,
63, 64, 65, 66, 84

G

gabah ix, 19, 22, 28, 29, 30, 31,
32, 63, 71
gambut 6, 9, 10, 88, 90

H

hama v, xiii, 2, 3, 7, 15, 26, 33,
34, 35, 40, 41, 43, 44, 46, 47,
48, 49, 50, 51, 52, 55, 56, 59,
66, 67, 68, 71, 76, 78, 83, 86
hayati v, 15, 45, 57, 66, 68, 71,
80, 86
hujan v, ix, xi, xii, xiii, 2, 11, 12,
13, 18, 22, 23, 24, 26, 27, 28,
29, 30, 31, 32, 59, 60, 61, 62,
63, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 75,
83, 84, 85

I

iklim v, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12,
13, 14, 21, 22, 33, 59, 63, 66,
71, 73, 75, 76, 80, 81, 82, 83,
84, 85, 86, 88
industri 1, 6, 21, 75, 88
inovasi v, 3, 24, 63, 81, 83, 84, 88
irigasi vii, xi, 7, 8, 12, 13, 14, 19,
23, 24, 27, 30, 60, 64, 71, 83,
86

K
kawasan 3, 12, 15, 22, 80, 81
komoditas 23

L
lahan v, ix, xi, xii, xiii, 1, 5, 6, 8,
9, 12, 13, 17, 18, 19, 21, 22,
23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31,
60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 69,
70, 71, 73, 74, 75, 76, 78, 79,
80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87,
88, 89, 90, 92, 93
Lahan i, iii, iv, vii, viii, xii, 8, 14,
18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 28,
60, 61, 63, 83, 87, 88, 89, 90,
91, 92, 93

P
padi ix, xi, xii, 2, 8, 13, 14, 15, 16,
17, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 28,
29, 30, 31, 32, 33, 60, 61, 62,
63, 64, 65, 68, 69, 70, 71, 76,
82, 85, 88, 91, 92, 93
pangan v, xiii, 2, 3, 4, 6, 11, 12,
13, 14, 21, 23, 33, 47, 59, 60,
62, 63, 68, 73, 74, 75, 76, 79,
80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87,
88, 90, 91, 92, 93
petani 4, 13, 22, 24, 26, 28, 31,
57, 63, 68, 84, 90, 93

pupuk 7, 8, 15, 16, 17, 18, 19, 25,
46, 60, 63, 65, 66, 67, 69, 71,
78, 84

R
rumah v, 1, 3, 5, 16, 21, 59, 63,
65, 74, 75, 76, 78, 80, 81, 83,
85

S
sawah v, vii, xi, 8, 13, 14, 17, 18,
19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27,
29, 30, 33, 60, 61, 62, 67, 70,
71, 73, 76, 83, 84, 85
Sistem 6, 25, 66, 69, 78, 84, 87,
88, 90
spesies 45, 47, 80
suhu 1, 2, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 59,
76

T
tanah v, xi, 2, 3, 7, 8, 14, 15, 16,
17, 18, 19, 22, 23, 24, 26, 27,
28, 44, 45, 49, 52, 60, 61, 62,
63, 64, 66, 78, 83, 84, 85, 86,
90, 91
tanam ix, xii, 2, 3, 11, 12, 17, 18,
19, 25, 26, 28, 30, 31, 60, 61,
63, 70, 75, 78, 84
tani ix, 29, 92

TENTANG PENULIS

Prihasto Setyanto

Prihasto Setyanto, menyelesaikan gelar S1 di Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jawa Timur pada tahun 1993. Program Magister S2 nya didapatkan dari Bidang Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Putra Malaysia, pada tahun 2000. Program Doktornya/S3 didapatkan dari bidang Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Putra Malaysia, pada tahun 2004. Sejak April 2017 beliau diangkat sebagai Direktur Sayuran dan Tanaman Obat, Direktorat Jenderal Hortikultura, jabatan struktural yang pernah dijabat yaitu Kepala BPTP Jawa Tengah (2016-2017), Kepala Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (2014-2016).

A Wihardjaka

A Wihardjaka, adalah lahir di Klaten, menyelesaikan S1-Ilmu Tanah di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (1990), S2-Ilmu Tanah di Institut Pertanian Bogor (2001), S3-Ilmu Lingkungan di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, sebagai peneliti di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian tahun 1991 hingga kini.

Helena Lina Susilawati

Helena Lina Susilawati, adalah lahir di Klaten menyelesaikan S3- nya dari *Environmental Horticulture Chiba University* pada tahun 2016, bergabung dengan Balai Penelitian Lingkungan Pertanian sejak tahun 2005 di kelompok peneliti Emisi dan Absorpsi Gas Rumah Kaca.

Ali Pramono

Ali Pramono, adalah lahir di Pati 25 Oktober 1973, menyelesaikan S1-Mikrobiologi Pertanian (1997) dan S2- Bioteknologi (2011) di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, sebagai peneliti di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian sejak tahun 2001 hingga kini.

Eni Yulianingsih

Eni Yulianingsih, adalah , lahir di Jepara 30 Juli 1978, menyelesaikan S1-Ilmu Tanah di Universitas Sebelas Maret (2001) dan S2-Ilmu Tanah (2004) di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, bergabung dengan Balai Penelitian Lingkungan Pertanian sejak tahun 2010 di kelompok peneliti Emisi dan Absorpsi Gas Rumah Kaca.

Rina Kartikawati

Rina Kartikawati, adalah lahir di Kulon Progo, Yogyakarta, menyelesaikan S1-Pemuliaan Tanaman di Universitas Brawijaya (2005), S2-*Environmental Resources*, Hokkaido University, Japan (2015), sebagai peneliti di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian tahun 2007 hingga kini.

Miranti Ariani

Miranti Ariani, adalah lahir di Kudus, menyelesaikan s1-Sosek Pertanian di Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta tahun 2002, S2- Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan di Institut Pertanian Bogor (2014), sebagai peneliti di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian tahun 2006 hingga kini.

Anggri Hervani

Anggri Hervani, adalah lahir di Pati, menyelesaikan S1-Ilmu Tanah di Universitas Sebelas Maret Surakarta (2006), bergabung dengan Balai Penelitian Lingkungan Pertanian sejak tahun 2010 di kelompok peneliti Emisi dan Absorpsi Gas Rumah Kaca.

Terry Ayu Adriany

Terry Ayu Adriany, adalah lahir di Jakarta, menyelesaikan S1-Biologi di Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto (2009), sebagai peneliti di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian tahun 2015 hingga kini.

Ika Ferry Yulianti

Ika Ferry Yuliani, adalah lahir di Boyolai, menyelesaikan S1-Ilmu Tanah di Universitas Sebelas Maret Surakarta (2007), sebagai peneliti di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian tahun 2018 hingga kini.

Hesti Yulianingrum

Hesti Yulianingrum, adalah Lahir di Kudus, menyelesaikan S1-Agronomi Hortikultura di Institut Pertanian Bogor (2012), sebagai calon peneliti di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Tahun 2014 hingga kini.

CLIMATE-SMART AGRICULTURE (CSA) DI LAHAN SAWAH TADAH HUJAN

Perubahan iklim berdampak terhadap berbagai sector, tidak terkecuali sector pertanian. Subsector tanaman pangan merupakan salah satu korban dampak perubahan iklim di sector pertanian, yang dapat mengancam ketersediaan dan bahkan ketahanan pangan. Ketersediaan pangan nasional hingga kini masih mengandalkan lahan sawah subur yang tiap tahun menyusut akibat konversi lahan, dan lahan yang belum optimal diberdayakan seperti lahan sawah tadah hujan dan lahan sawah di agroekologi rawa. Keberadaan lahan sawah tadah hujan dengan luasan 2,1 juta hektar rentan terhadap dampak perubahan iklim seperti cekaman kekeringan dan serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Selain itu, agihan curah hujan tidak menentu dan tingkat kesuburan tanah rendah menjadi faktor utama dalam meningkatkan produktivitas dari lahan sawah tadah hujan. Optimalisasi lahan sawah tadah hujan dilakukan dengan mempertimbangkan sinergi antara tata kelola iklim, tanah, air, dan tanaman dengan praktek budidaya yang baik (*good agricultural practices*) yang mensinergiskan teknologi adaptasi dan mitigasi untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan tanah dan pendapatan masyarakat melalui penerapan pertanian ramah iklim (*climate-smart agriculture / CSA*). Sasaran CSA adalah keberlanjutan peningkatan produktivitas dan pendapatan masyarakat, penguatan ketahanan/ketahanan terhadap perubahan dan keragaman iklim, dan mengurangi sumber-sumber penyebab perubahan iklim seperti emisi gas rumah kaca dan cadangan karbon dalam tanah. Sebagai sistem yang ramah lingkungan, CSA hendaknya memenuhi beberapa prinsip dasar antara lain: peningkatan produktivitas tanaman, konservasi tanah dan air, pelestarian keanekaragaman hayati, bebas residu pestisida dan logam berat, penerapan *good agricultural practices*, penggunaan varietas unggul berdaya emisi GRK rendah, penerapan pengendalian hama terpadu, penanaman varietas adaptif terhadap perubahan iklim, penerapan teknik irigasi yang efektif dan efisien, dan penerapan sistem terpadu seperti integrasi tanaman-ternak dan pengelolaan tanaman terpadu. Dalam buku ini diulas antara lain peran multidimensi pertanian lahan sawah tadah hujan dalam perubahan iklim, pengembangan pertanian ramah iklim, pengembangan kawasan rumah pangan lestari, pemanfaatan sumberdaya lokal untuk pengendalian OPT, dan kalender tanam terpadu untuk agroekologi lahan sawah tadah hujan.



Sekretariat Badan Litbang Pertanian
Jl. Ragunan No. 29 Pasar Minggu, Jakarta 12540
Telp. (021) 7806202, Fax. (021) 7800644
Website : www.litbang.pertanian.go.id
email : iaardpress@litbang.pertanian.go.id

Pertanian

ISBN 978-602-344-247-6

