

Perubahan Iklim dan Inovasi Teknologi Produksi Tanaman Pangan



Kementerian Pertanian
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
2012



Pengantar



Pemanasan global yang disertai oleh perubahan iklim dapat mengancam berbagai aspek kehidupan. Perubahan pola hujan, misalnya, telah meningkatkan frekuensi dan intensitas banjir dan kekeringan, sementara naiknya permukaan laut telah menyebabkan semakin luasnya lahan yang terpengaruh oleh salinitas atau kegaraman di wilayah pesisir.

Beragam kegiatan manusia di berbagai sektor pembangunan telah memicu laju peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) seperti karbon dioksida (CO_2), metan (CH_4), dan dinitrogen-oksida (N_2O) di atmosfer. Dalam konsentrasi tinggi, gas itu menyebabkan naiknya suhu udara yang memicu pemanasan global yang disertai oleh perubahan iklim.

Meskipun kontribusi sektor pertanian terhadap emisi GRK nasional relatif kecil, sektor ini ternyata mengalami dampak yang relatif besar dari perubahan iklim. Perubahan cuaca ekstrem yang menyebabkan banjir dan kekeringan serta kenaikan muka air laut dikhawatirkan akan secara nyata menurunkan produksi pertanian, terutama tanaman pangan. Padahal konversi dan degradasi lahan masih terus berlangsung, sementara kebutuhan akan pangan dan energi terus pula meningkat sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk.

Pemerintah telah berkomitmen untuk memberikan prioritas tinggi terhadap upaya pencapaian swasembada pangan berkelanjutan yang tercermin dari diluncurkannya program peningkatan produksi dan surplus beras 10 juta ton pada tahun 2014. Sasaran tersebut diharapkan dapat dicapai melalui strategi yang mengintegrasikan upaya adaptasi (pengelolaan dampak perubahan iklim) serta penanganan konversi lahan dan pembukaan lahan baru.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, melalui berbagai institusi yang bernaung di bawahnya, senantiasa berupaya untuk menghasilkan inovasi teknologi yang dapat mendukung tercapainya swasembada pangan berkelanjutan. Publikasi ini memuat berbagai inovasi yang diharapkan dapat mengurangi dampak perubahan iklim dan menekan laju emisi GRK dari tiga komoditas utama tanaman pangan yaitu padi, jagung, dan kedelai. Saya berharap agar publikasi ini dapat diacu sebagai salah satu rujukan dalam menghadapi dampak perubahan iklim.

Jakarta, September 2012

Kepala Badan,

Dr. Haryono



Daftar Isi

Pengantar	iii
Perubahan Iklim dan Ketahanan Pangan	1
Emisi GRK Sektor Pertanian	2
Dampak Perubahan Iklim terhadap Produksi	3
Perubahan Pola Curah Hujan dan Iklim Ekstrim	4
Kenaikan Suhu Udara	5
Kenaikan Muka Air Laut	6
Teknologi Produksi Padi	9
Model Simulasi untuk Perkiraan Dampak Banjir dan Rendaman	9
Varietas Unggul untuk Menghadapi Cekaman Perubahan Iklim	10
Pengurangan Laju Emisi GRK dari Lahan Sawah	12
Pengairan Berselang	13
Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi (PHSL)	14
Penanaman Varietas Rendah Emisi	16
Pengelolaan Residu Tanaman Padi	17
Suhu Gelatinisasi dan Waktu Tanak Nasi	18
Antisipasi Menghadapi Banjir dan Kekeringan	18
Teknologi Produksi Jagung	20
Varietas Toleran Kekeringan	20
Varietas Genjah dan Super Genjah	21
Varietas Toleran Genangan	22
Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi	22
Budi Daya Tanam Legowo	23
Teknologi Produksi Kedelai	24
Varietas Genjah dan Toleran Kekeringan	24
Varietas Genjah dan Toleran Jenuh Air	25
Varietas Toleran Naungan	26
Teknologi Budi Daya	27
Arah Penelitian ke Depan	28
Diseminasi Hasil Penelitian	30
Rujukan	33



Perubahan Iklim dan Ketahanan Pangan

Peningkatan emisi (pelepasan) gas rumah kaca (GRK) akibat kegiatan manusia telah menyebabkan terjadinya pemanasan global yang diiringi oleh perubahan iklim. Dampak yang ditimbulkan antara lain terlihat dari perubahan pola hujan, peningkatan suhu udara, dan naiknya permukaan laut. Perubahan pola hujan, misalnya, telah meningkatkan frekuensi dan intensitas banjir dan kekeringan, sementara naiknya permukaan laut telah menyebabkan semakin luasnya lahan yang terpengaruh oleh salinitas atau kandungan garam tinggi di wilayah pesisir.

Beragam kegiatan manusia di sektor industri, energi, kehutanan, transportasi, pertanian, dan perubahan penggunaan lahan telah memicu laju peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer. GRK umumnya terdapat dalam bentuk karbon dioksida (CO_2), metan (CH_4), dinitrogen-oksida

Padi tidak hanya menjadi makanan pokok penduduk Indonesia, tetapi juga merupakan sumber penghasilan sebagian besar petani di pedesaan.



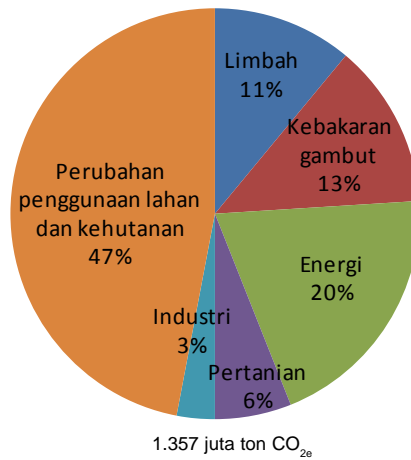
(N₂O), sulfurheksaflorida (SF₆), perflorokarbon (PFCs), dan hidroflorokarbon (HFCs). Dalam konsentrasi tinggi, gas itu menyebabkan naiknya suhu udara yang mengakibatkan semakin panasnya atmosfer bumi yang memicu pemanasan global. Dalam periode 1995-2007, telah terjadi kenaikan suhu hingga 0,76°C dan sepanjang tahun 1961-2003 muka air laut naik rata-rata 1,8 mm per tahun (IPCC-*Intergovernmental Panel on Climate Change* 2007).

Emisi GRK Sektor Pertanian

Secara nasional, kontribusi sektor pertanian terhadap emisi GRK nasional relatif kecil. Akan tetapi sektor ini, terutama subsektor tanaman pangan, mengalami dampak yang cukup besar dari perubahan iklim. Perubahan cuaca ekstrim yang menyebabkan banjir dan kekeringan serta kenaikan muka air laut dapat menurunkan produksi tanaman pangan secara nyata. Padahal sektor pertanian berperan penting dalam kehidupan dan perekonomian nasional, terutama sebagai penghasil utama bahan pangan, bahan baku industri, dan bioenergi.

Sektor pertanian juga menghasilkan jasa lingkungan dan berbagai fungsi lainnya seperti penyedia lapangan kerja bagi sekitar 40% angkatan kerja Indonesia, penyumbang pertumbuhan ekonomi, dan menjaga ketahanan pangan. Selain itu, sektor ini juga memberikan kesegaran dan keindahan di pedesaan (*rural amenity*), dan menjaga tata air daerah aliran sungai. Dari aspek emisi GRK pun sektor pertanian memiliki peran yang sangat penting sebagai penyerap GRK dan mitigator dari fungsi tanaman yang mengolah CO₂ menjadi O₂, sebagai sekuester/penambat karbon dari fungsi lahan seperti pada kasus lahan gambut, dan sebagai penyeimbang ekologi (mencegah erosi dan banjir) dari fungsi hidrologi.

Tanpa memperhitungkan aspek perubahan penggunaan lahan dan kehutanan, emisi GRK nasional dewasa ini diperkirakan sebesar 536 juta ton CO_{2e}, sekitar 14% di antara emisi tersebut berasal dari sektor pertanian. Apabila aspek perubahan penggunaan lahan dan kehutanan diperhitungkan, sektor pertanian hanya menghasilkan 6% emisi GRK (Gambar 1). Sumber emisi utama dalam bentuk gas metan (CH₄) dan dinitrogen-oksida (N₂O) dari sektor pertanian (Tabel 1) berasal dari sawah (70%) dan peternakan (29,9%).

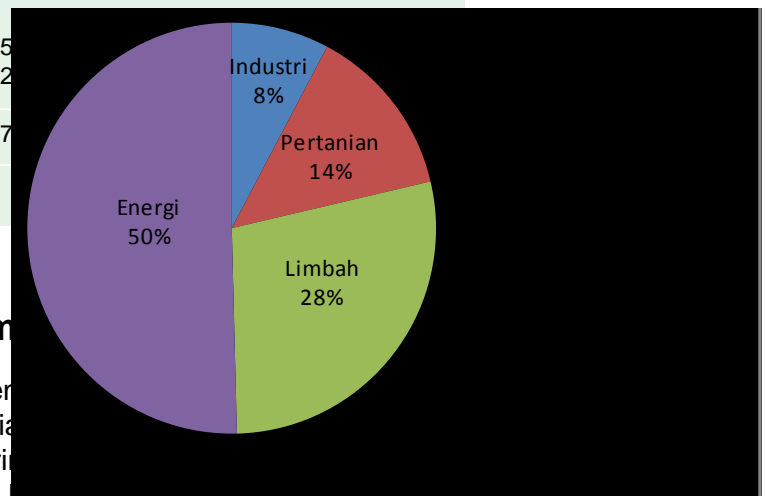


Gambar 1. Volume emisi gas rumah kaca (GRK) nasional dengan dan tanpa perubahan penggunaan lahan dan kehutanan (Sumber: KLH 2009).

Tabel 1. Emisi GRK dari sektor pertanian, 2000-2005 (juta ton CO_{2e}).

Gas	2000	2001	2002	2003	2004	2005
CO ₂	2.178	3.232				
CH ₄	50.800	50.677	5			
N ₂ O	22.441	23.592	2			
Total	75.420	77.501	7			

Sumber: UNFCCC 2010.



Dampak Perubahan Iklim

Tiga faktor utama yang terkait dengan perubahan iklim yang berdampak terhadap sektor pertanian adalah (1) peningkatan suhu rata-rata global, (2) peningkatan frekuensi dan iklim ekstrem (banjir dan kekeringan), dan (3) peningkatan muka laut. Menurut (IPCC, 2007), jika kenaikan CO₂ tidak diperhitungkan, dampak pemanasan global dan perubahan iklim di Indonesia dapat menurunkan produksi padi di Jawa sebesar 1,8 juta ton pada tahun 2025 dan 3,6 juta ton pada tahun 2050. Bila diperhitungkan dengan konversi lahan sawah yang sulit dibendung,

penurunan produksi padi menjadi lebih tinggi lagi, sekitar 5 juta ton pada tahun 2025 dan 10 juta ton pada tahun 2050.

Perubahan Pola Curah Hujan dan Iklim Ekstrim

Perubahan pola hujan sudah terjadi di beberapa wilayah di Indonesia sejak beberapa dekade terakhir, seperti awal musim hujan yang mundur di beberapa lokasi, dan maju di lokasi lain (Ibrahim 2004). Penelitian Aldrian dan Djamil (2006) menunjukkan jumlah bulan dengan curah hujan ekstrim cenderung meningkat dalam 50 tahun terakhir, terutama di kawasan pantai.

Di Jawa, dari sekitar 3,5 juta ha lahan sawah, 4,5% tergolong sangat rawan banjir dan sebagian besar terdapat di Jawa Timur dan Jawa Tengah. Hanya 33% di antara lahan sawah ini yang tergolong tidak rawan banjir (Tabel 2). Dengan kondisi perubahan iklim yang dapat meningkatkan frekuensi dan intensitasnya, kerugian yang dapat ditimbulkannya akan semakin besar di masa mendatang.

Tabel 2. Luas lahan sawah rawan banjir/genangan di Jawa (ha).

Propinsi	Sangat rawan	Rawan	Kurang rawan	Tidak rawan	Jumlah
Jawa Barat	27.654	205.304	324.734	409.984	967.676
Banten	7.509	53.472	89.291	42.259	192.531
Jawa Tengah	49.569	503.803	188.688	303.346	1.045.406
D.I.Yogyakarta	-	15.301	34.459	13.622	63.382
Jawa Timur	105.544	306.337	533.447	359.630	1.304.958
Total	162.622	1.084.217	1.170.619	1.128.841	3.573.953
Persen	4,5	30,3	32,7	32,5	100,0

Catatan:

Sangat rawan = frekuensi banjir 4-5 kali/5 th; dan luas tanaman padi puso >30%

Rawan = frekuensi banjir 3 kali/5 th; dan luas tanaman padi puso 20-29%.

Kurang rawan = frekuensi banjir 1-2 kali/5 th dan luas tanaman padi puso 10-19%

Tidak rawan = tidak ada banjir dalam 5 th, kekeringan yang lebih luas terjadi pada tahun-tahun El Nino.

Sumber: ICCSR 2010.

Tabel 3. Luas lahan sawah yang rawan terhadap kekeringan (ha).

Provinsi	Sangat rawan	Rawan	Luas baku sawah
Jawa Barat	-	30.863	971.474
Banten	-	26.588	192.904
Jawa Tengah	2.322	142.575	1.053.882
DI Yogyakarta	-	3.652	69.063
Jawa Timur	1.580	70.802	1.313.726
Bali	-	14.758	85.525
Nusa Tenggara	38.546	105.687	214.576
Lampung	29.378	168.887	278.135
Sumatera Selatan	-	184.993	439.668
Sumatera Utara	2.055	342.159	524.649
Jumlah	73.881	1.090.964	5.143.602

Dalam periode 1991-2006, luas tanaman padi yang dilanda kekeringan berkisar antara 28.580-867.930 ha per tahun dan puso 4.614-192.331 ha (Direktorat Perlindungan Tanaman 2007).

Sementara itu, dari sekitar 5,1 juta ha lahan sawah yang terdapat di sejumlah provinsi di Indonesia, 74 ribu ha di antaranya tergolong sangat rawan kekeringan sedangkan 1,1 juta ha termasuk rawan. Nusatenggara dan Lampung memiliki lahan sawah terluas yang tergolong sangat rawan kekeringan, sedangkan Sumatera Utara memiliki angka tertinggi untuk kategori rawan (Tabel 3).

Kenaikan Suhu Udara

Peningkatan suhu udara global selama 100 tahun terakhir rata-rata 0,57°C (Runtunuwu dan Kondoh 2008). Boer (2007) melaporkan bahwa selama 100 tahun terakhir, suhu udara di Jakarta meningkat 1,4°C pada bulan Juli dan 1,04°C pada bulan Januari. Peningkatan suhu menyebabkan naiknya transpirasi dan konsumsi air, mempercepat pematangan buah/biji yang selanjutnya menurunkan produktivitas dan mutu hasil tanaman pangan, serta berkembangnya berbagai hama penyakit (Las 2007).

Penelitian KP3I (Boer 2008) menunjukkan bahwa peningkatan suhu akibat naiknya konsentrasi CO₂ dapat menurunkan hasil tanaman. Penurunan hasil pertanian dapat mencapai lebih dari 20% apabila suhu

Tabel 4. Dampak perubahan suhu udara akibat perubahan iklim terhadap potensi hasil padi di Jawa Barat diduga dengan model RENDAMAN.CSM.

Tahun	Suhu naik °C ¹⁾	Potensi hasil dugaan (t/ha) ²⁾	Hasil dugaan (t/ha) ²⁾
2006	0	9,24	7,09
2020	0,7	9,00	6,95
2050	2,0	8,32	6,56
2100	6,4	6,91	5,77

Sumber: ¹⁾IPCC (2007); ²⁾Makarim dan Ikhwan (2011)

naik melebihi 4°C (Tschirley 2007). Dengan menggunakan model simulasi tanaman, John Sheehy (IRRI 2007) menyatakan bahwa kenaikan hasil akibat kenaikan konsentrasi CO₂ sebesar 75 ppm adalah 0,5 t/ha, sedangkan penurunan hasil akibat kenaikan suhu 1°C adalah 0,6 t/ha. Menurut Peng *et al.* (2004), setiap kenaikan suhu minimum sebesar 1°C akan menurunkan hasil tanaman padi sebesar 10%.

Dengan menggunakan model RENDAMAN.CSM dan dugaan kenaikan suhu udara hingga tahun 2100 (IPCC 2007), maka potensi dan tingkat hasil padi di Jawa Barat terus menurun hingga tahun 2100 (Tabel 4), sejalan dengan peningkatan suhu udara, kecuali ditemukannya varietas padi toleran suhu tinggi dan rendaman.

Kenaikan Muka Air Laut

Hasil analisis untuk lima wilayah pembangunan menunjukkan bahwa hingga tahun 2050 luas baku lahan sawah akan menyusut akibat tergenang atau tenggelam oleh kenaikan muka air laut. Penyusutan lahan sawah di Jawa dan Bali diperkirakan sekitar 182.556 ha, Sulawesi 79.701 ha, Kalimantan 25.372 ha, Sumatera 3.170 ha, dan Nusatenggara, khususnya Lombok 2.123 ha (Tabel 5). Menurut Boer (2011), kehilangan produksi padi akibat berkurangnya luas lahan dan salinitas karena kenaikan muka air laut berkisar antara 160 ribu ton di Jawa Barat, 80 ribu ton di Jawa Tengah, dan 40 ribu ton di Jawa Timur (Gambar 2).

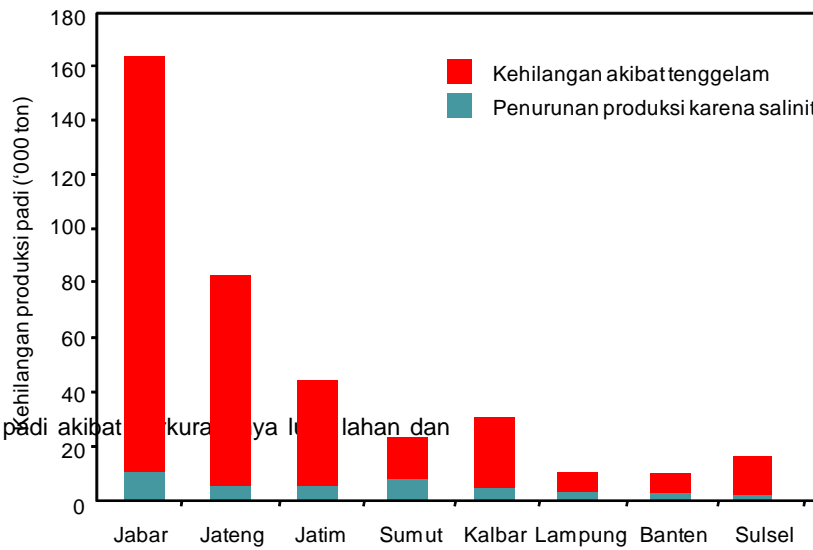
Potensi kehilangan luas lahan sawah dan lahan kering tanaman pangan akibat kenaikan tinggi muka air laut berturut-turut antara 113.000-146.000 ha dan 16.600-32.000 ha, sedangkan kehilangan lahan kering

Tabel 5. Dampak kenaikan muka air laut terhadap penurunan luas baku lahan sawah dan produksi padi/beras hingga tahun 2050.

Wilayah	Luas baku sawah (ha)	Penurunan luas lahan sawah (ha)	Kerugian setara GKG (juta ton)	Kerugian setara beras (juta ton)
Jawa dan Bali	3.309.264	182.556	3,067	1,932
Kalimantan	995.919	25.372	0,190	0,119
Sumatera	2.340.642	3.170	0,038	0,024
Sulawesi	892.256	79.701	0,956	0,602
Nusatenggara	341.304	2.123	0,025	0,016

Sumber: ICCSR 2010.

Gambar 2. Perkiraan kehilangan produksi padi akibat kurangnya lahan dan peningkatan salinitas.



Pendugaan berdasarkan hasil kajian Foerster *et al.* (2011)

areal perkebunan antara 7.000-9.000 ha. Menjelang tahun 2050, tanpa upaya adaptasi perubahan iklim secara nasional, diperkirakan produksi tanaman pangan strategis akan menurun 20,3-27,1% untuk padi, 13,6% untuk jagung, 12,4% untuk kedelai, dan 7,6% untuk tebu dibandingkan dengan kondisi tahun 2006. Potensi penurunan produksi padi tersebut terkait dengan berkurangnya lahan sawah di Jawa seluas 113.003-146.473 ha, di Sumatera Utara 1.314-1.345 ha, dan di Sulawesi 13.672-17.069 ha (Handoko *et al.* 2008).

Sepanjang tahun 1993-2008 Boer (2010) mencatat setiap tahun muka air laut naik 0,2-0,6 cm, sementara suhu muka laut meningkat 0,020-0,023°C. Untuk mengatasi penurunan produksi disarankan adanya upaya peningkatan indeks pertanaman (IP), areal tanam, dan produktivitas tanaman (Boer 2011).

Teknologi Produksi Padi

Dalam menghadapi perubahan iklim, pendekatan untuk mempertahankan dan meningkatkan produksi padi diarahkan pada (1) upaya adaptasi melalui perbaikan varietas padi yang mampu mengatasi cekaman lingkungan seperti banjir, kekeringan, dan salinitas, serta (2) mitigasi melalui perbaikan varietas, pengelolaan tanaman dan lahan yang akan menghasilkan sistem produksi padi yang mampu mengurangi laju emisi GRK.

Berbagai pendekatan untuk menghasilkan varietas padi yang lebih baik melalui perbaikan sumber daya genetik terbukti dapat mengurangi kerentanan tanaman terhadap cekaman yang timbul karena dampak perubahan iklim. Perbaikan hasil dan ketahanan tanaman terus dilakukan agar tetap bisa berproduksi tinggi pada lingkungan yang mengalami cekaman biotik dan abiotik.

Program penelitian padi, khususnya pemuliaan tanaman, telah dikaji ulang dan disesuaikan dengan upaya untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim. Upaya tersebut antara lain melalui perakitan varietas toleran rendaman, kekeringan, suhu tinggi, dan salinitas. Sementara itu, penelitian lain yang berkaitan dengan upaya mengurangi emisi GRK terus pula diupayakan antara lain melalui teknik pengelolaan tanaman yang lebih baik seperti pengelolaan air dan pupuk.

Model Simulasi untuk Perkiraan Dampak Banjir dan Rendaman

Berulangnya kejadian El-Nino (kemarau panjang) yang diikuti oleh La-Nina (bulan-bulan basah) sejak beberapa dekade yang lalu, telah mendorong Badan Litbang Pertanian untuk menghasilkan teknologi yang mampu mengurangi dampak kekeringan dan banjir yang ditimbulkannya. Perubahan iklim diperkirakan telah meningkatkan frekuensi dan intensitas kedua fenomena tersebut.

Data tahun 2008 menunjukkan lebih dari 300 ribu ha lahan padi mengalami kekeringan dan lebih dari 100 ribu ha yang mengalami puso. Di sisi lain, banjir yang diakibatkan oleh curah hujan tinggi dalam

beberapa hari, sering menyebabkan tanaman padi sawah terendam selama 1-2 minggu. Hal ini mengakibatkan turunnya hasil dan bahkan menggagalkan panen (puso) di beberapa lokasi. Data tahun 2009, misalnya, menunjukkan lebih dari 300 ribu ha lahan sawah terkena banjir dan 80 ribu ha di antaranya mengalami puso.

Pengaruh banjir pada lahan sawah makin buruk yang tercermin dari bertambah luasnya areal pertanaman padi yang terendam sehingga menurunkan produksi padi. Untuk mengetahui dampak banjir terhadap hasil dan produksi padi, Badan Litbang Pertanian mengembangkan model simulasi dinamik RENDAMAN.CSM. Model ini memasukkan parameter sifat ketahanan varietas terhadap lama rendaman, selain suhu udara maksimum, suhu udara minimum dari radiasi. Besarnya hasil dan penurunan hasil akibat banjir dari perubahan suhu dapat diduga. Data dan informasi dikumpulkan dari enam sentra produksi padi sawah di Jawa Barat dan Jawa Tengah pada tahun 2010. Hasil analisis menunjukkan, banjir dan rendaman selama tahun 2006-2010 menurunkan hasil padi di Jawa Barat 2,5 t/ha dan di Jawa Tengah 3,0 t/ha. Kerugian yang dialami petani di Jawa Barat dan Jawa Tengah berkisar antara Rp 6,5- 7,0 juta/ha. Kehilangan produksi padi akibat banjir 10-46 ribu ton GKP, atau setara Rp 24-112 milyar per tahun (Makarim dan Ikwani 2011). Kehilangan produksi padi akibat banjir atau rendaman diduga akan terus meningkat jika tidak ada tindakan pengendalian.

Varietas Unggul untuk Menghadapi Perubahan Iklim

Varietas unggul berumur pendek atau genjah berperan penting dalam menghindarkan tanaman dari cekaman kekeringan. Untuk lahan sawah telah berhasil dilepas beberapa varietas unggul berumur genjah seperti Dodokan dan Silugonggo yang diharapkan mampu membantu petani padi di wilayah dengan curah hujan relatif singkat. Beberapa waktu lalu, Badan Litbang Pertanian juga telah melepas varietas berumur genjah lainnya (sekitar 103 hari) yaitu Inpari 1, Inpari 11, Inpari 12, Inpari 13, Inpari 18, Inpari 19, dan Inpari 20. Dengan demikian petani mempunyai beberapa pilihan akan karakteristik tanaman yang mereka sukai sesuai kondisi setempat.

Selain varietas padi berumur genjah tersebut, Badan Litbang Pertanian juga telah menghasilkan varietas yang toleran kekeringan, yaitu



Pengujian galur/varietas padi toleran rendaman.

Inpari 10. Varietas dengan potensi hasil 7 t/ha ini memiliki batang kokoh, tahan rebah, dan agak tahan terhadap hama wereng batang coklat (WBC) dan penyakit hawar daun bakteri (HDB) strain III.

Dalam rangka membantu petani untuk mengurangi risiko gagal panen akibat banjir, melalui kerja sama Badan Litbang Pertanian dengan IIRI telah dihasilkan varietas padi yang toleran terhadap rendaman. Kegiatan ini diawali dengan memasukkan Gen Sub1 (*submergence 1*) ke dalam varietas padi yang sudah berkembang di Indonesia dan beberapa negara lain, yaitu IR64. Gen Sub1 adalah *ethylene-response-factor*, semacam gen yang memberi sifat toleran rendaman melalui pengurangan sensitivitas tanaman padi terhadap ethilen, yang merupakan hormon yang mendorong proses perpanjangan tanaman, pelepasan energi yang disimpan, dan penguraian klorofil. Introduksi gen ini memungkinkan tanaman bertahan dalam keadaan terendam selama 10-14 hari. Varietas IR64 yang telah disisipi gen Sub1 dan disebut juga IR64 Sub1 ini telah dilepas dengan nama Inpara 5. Pelepasannya bersamaan dengan Inpara 4 yang merupakan varietas introduksi yang dikenal dengan nama Swarna-Sub1 (IR05F102). Varietas Ciherang yang

dewasa ini paling banyak ditanam petani juga sudah ditingkatkan toleransinya terhadap cekaman rendaman dengan memasukkan gen Sub1 yang disebut Ciherang Sub1 (Inpari 30).

Naiknya permukaan laut diperkirakan akan mengakibatkan semakin luasnya lahan sawah di pesisir mengalami kegaraman atau salinitas. Dalam mengantisipasi hal tersebut, Badan Litbang Pertanian sebelumnya telah melepas dua varietas yang toleran terhadap kondisi salinitas. Varietas Banyuasin toleran terhadap lahan berkadar garam tinggi (salinitas <4 mm hos/cm), dan telah berkembang di beberapa daerah pasang surut, antara lain di Sumatera Selatan. Varietas unggul ini tahan terhadap blas, agak tahan terhadap WBC biotipe 3 dan penyakit HDB strain III. Varietas Lambur yang dilepas berikutnya untuk lahan salin juga memiliki ketahanan terhadap blas dan toleran terhadap keracunan Fe dan Al. Pada saat ini sedang dirakit varietas yang toleran terhadap lahan berkadar garam lebih tinggi dari 8 mm hos/cm.

Untuk padi gogo yang luas tanamnya lebih dari satu juta ha per tahun, Badan Litbang Pertanian juga telah melepas varietas unggul toleran kekeringan Inpago 5 dan Inpago 6 dengan potensi hasil 6 t/ha. Keunggulan lainnya dari varietas unggul baru ini adalah tahan terhadap beberapa ras penyakit blas yang merupakan penyakit utama padi gogo dan agak toleran keracunan Al yang umumnya dijumpai di lahan kering masam.

Melalui konsorsium penelitian dengan perguruan tinggi, LIPI, BATAN, dan IRRI telah dihasilkan sejumlah galur harapan padi yang siap dilepas untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim (Tabel 6).

Pengurangan Laju Emisi GRK dari Lahan Sawah

Dari sekitar 1,35 Gt emisi GRK secara nasional, sektor pertanian menyumbang sekitar 75 juta ton per tahun yang sebagian besar (70%) berasal dari lahan sawah. GRK yang dilepas dari lahan sawah umumnya dalam bentuk CH₄ (metan) dan N₂O (dinitrooksida).

Mitigasi pada sistem pertanaman padi difokuskan pada upaya integrasi berbagai pendekatan pemanfaatan sumber daya lahan dan hara secara efisien. Melalui pendekatan ini, produksi padi diupayakan tetap tinggi dengan tingkat emisi GRK yang lebih rendah.

Tabel 6. Galur-galur harapan padi untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim.

Galur	Keunggulan	Keterangan
Padi sawah		
IPB 1R Dadahup IPB 2R Batola	Toleran rendaman	Berasal dari galur-galur IPB Bogor
B105310 KN-15-2-D-LR BP1352-1G-KN-14 BP1178-2F-26 BP1550-1G-21-1	Tahan wereng batang coklat (WBC)	Dalam proses pelepasan varietas
OM2395 OM5240 OM1490 B10970C-MR-4-2-1-1-1-Si-3-2-4-1 B11283-6C-PN-5-MR-2-3-Si-1-2-1-1	Toleran kekeringan dan sangat genjah	Galur introduksi OM dari Vietnam
Padi gogo		
TB409-TB-14-3 B1249E-MR-1 TB368-TB-25-MR-2 B11597C-TB-2-24 UNSOED G10	Toleran kekeringan	Dua galur pertama dalam proses pelepasan varietas

Pengairan Berselang

Salah satu opsi yang dapat menekan emisi GRK adalah pengelolaan air. Pilihan ini paling tepat untuk sistem produksi padi pada lahan sawah irigasi. Sekalipun teknik pengairan berselang memiliki risiko menghasilkan N_2O , tetapi bila diikuti oleh pengelolaan hara spesifik lokasi (PHSL) yang benar maka emisi bisa ditekan.

Salah satu metode pengairan berselang yang dapat diukur secara praktis adalah pengairan basah-kering, yaitu mengatur kondisi air pada lahan sawah melalui penggenangan dan pengeringan secara bergantian. Dengan cara ini pemakaian air untuk tanaman padi dapat dihemat sampai 30%.

Metode pengairan basah-kering dipraktekkan sejak tanam sampai satu minggu sebelum tanaman berbunga. Sawah diairi apabila kedalaman muka air tanah telah turun mencapai ± 15 cm dari permukaan tanah. Metode ini dapat diketahui dengan bantuan alat sederhana yang terbuat dari paralon berlubang yang ditanamkan ke dalam tanah.



Paralon berlubang merupakan alat sederhana untuk mengukur ketersediaan air di permukaan lahan dalam upaya efisiensi pemakaian air pada tanaman padi di lahan sawah.

Teknologi penghematan air dengan cara irigasi berselang mengurangi periode sawah tergenang sehingga dapat menekan emisi gas CH_4 dari lahan sawah sebesar 30-50%.

Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi

Pupuk memegang peranan penting dalam program peningkatan produksi padi sehingga pemerintah berupaya menyediakan subsidi agar petani dapat menggunakan pupuk dengan harga terjangkau. Semakin tingginya harga pupuk di pasar dunia menyebabkan semakin tinggi pula subsidi yang harus disediakan oleh pemerintah. Oleh karena itu, pupuk perlu digunakan secara efektif dan efisien dengan mempertimbangkan ketersediaan hara dalam tanah, sisa tanaman, dan air irigasi. Pemberian pupuk yang lebih rendah dari kebutuhan tanaman akan menyebabkan berkurangnya hasil panen, sedangkan pemberian pupuk berlebihan, selain merupakan pemborosan juga dapat menyebabkan tanaman mudah rebah, berisiko terhadap serangan hama dan penyakit, dan mengganggu kelestarian lingkungan.

Di antara beberapa macam pupuk yang tersedia saat ini, urea merupakan pupuk yang paling banyak digunakan petani. Data tahun 2011 menunjukkan bahwa realisasi penyaluran pupuk urea bersubsidi mencapai 4,5 juta ton, meningkat dari 4,3 juta ton pada tahun sebelumnya. Dengan harga subsidi Rp 1.800 per kg (kurang dari separuh harga nonsubsidi yang rata-rata Rp 4.000 per kg) petani sering menggunakan pupuk urea dalam takaran berlebihan. Padahal urea merupakan salah satu sumber emisi GRK dalam bentuk N_2O dan CO_2 .

Pemupukan hara spesifik lokasi (PHSL) padi sawah adalah panduan yang ditujukan untuk memberikan rekomendasi pemupukan tanaman padi sesuai kondisi setempat, kebutuhan tanaman, dan tingkat hasil yang dapat dicapai. Berdasarkan ketiga aspek tersebut, pupuk perlu diberikan dalam jumlah, waktu, cara, dan jenis yang tepat. Panduan yang berbasis komputer ini dikembangkan melalui kerja sama Badan Litbang Pertanian dengan IRRI dan tersedia dalam Bahasa Indonesia, Jawa, Sunda, Bugis, dan Bali. PHSL menggunakan jawaban dari sejumlah pertanyaan tentang spesifikasi lahan sawah petani sebagai dasar untuk menghitung dan memberikan rekomendasi pemupukan spesifik lahan sawah tersebut melalui internet dan telepon genggam (HP).

Pendekatan PHSL memiliki tiga langkah yang perlu diperhatikan agar petani dapat memupuk tanaman padinya secara optimal dengan unsur hara esensial. Ketiga langkah tersebut adalah (1) menetapkan target hasil yang realistis berdasarkan musim tanam, varietas, dan pengelolaan tanaman, (2) mendorong penggunaan hara yang ada di tanah, bahan organik, sisa tanaman, pupuk kandang, dan air irigasi secara efektif, (3) menggunakan pupuk untuk mengisi kekurangan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dari pasokan hara dalam tanah.

PHSL melalui internet diluncurkan di Indonesia pada Januari 2011 oleh Menteri Pertanian, sedangkan PHSL melalui HP diluncurkan pada Agustus 2012. Evaluasi lapang untuk menguji sejauh mana efektivitas rekomendasi PHSL dibandingkan dengan pemupukan yang biasa dipraktikkan petani dilakukan di delapan provinsi. Hasilnya menunjukkan penerapan rekomendasi PHSL oleh petani meningkatkan hasil 0,2 t/ha di Jawa dan 0,6 t/ha di luar Jawa. Peningkatan hasil ini diperoleh dari penggunaan pupuk dalam waktu yang tepat dan dosis yang lebih rendah daripada yang biasa dipraktikkan petani setempat. Keuntungan yang diperoleh petani dengan menerapkan rekomendasi PHSL mencapai Rp 1,13 juta di Jawa dan Rp 2,08 juta di luar Jawa.

Rekomendasi PHSL dapat diperoleh melalui tiga cara yaitu: (1) akses internet melalui situs <http://webapps.irri.org/nm/id>, (2) HP atau telpon genggam dengan mengontak no. 135, dan (3) *smartphone* berbasis android (segera tersedia).

Pertanyaan yang perlu dijawab dalam formulir yang diakses melalui internet dan *smartphone* antara lain menyangkut lokasi dan luas sawah, frekuensi tanam padi dalam setahun, musim tanam yang memerlukan rekomendasi pemupukan, sumber air irigasi, cara tanam, umur bibit, varietas yang akan ditanam, informasi status P dan K, rata-rata hasil GKP dalam dua tahun terakhir, tinggi tunggul jerami yang tersisa di sawah sebelum tanah diolah, ketersediaan air sepanjang pertumbuhan tanaman, penggunaan pupuk organik dan atau pupuk kandang, penggunaan BWD (bagan warna daun), dan pupuk majemuk yang akan digunakan.

Setelah semua pertanyaan terjawab, rekomendasi pemupukan akan diterima dalam bentuk tercetak, lengkap dengan nama petani, luas lahan, serta jenis, takaran, dan waktu pemberian pupuk untuk lahan sawah petani tersebut.

Dewasa ini sedang diupayakan integrasi rekomendasi pemupukan dengan komponen penting lainnya seperti varietas unggul dan pengendalian hama dan penyakit. Dengan demikian, kelak petani akan dapat memperoleh informasi yang lebih lengkap yang mencakup aspek penting dalam upaya peningkatan produksi padi.

Penanaman Varietas Rendah Emisi

Pada lahan sawah tergenang dengan kondisi tanah anaerob, emisi gas metan terjadi pada saat bahan organik dalam tanah mengalami proses dekomposisi. Metan adalah gas rumah kaca yang 21 kali lebih berbahaya dari CO₂. Metan menyumbang 20% terhadap pengaruh gas rumah kaca, dan tanaman padi menyumbang 10% terhadap peningkatan emisi gas metan dari lahan sawah. Volume emisi gas metan dapat dikurangi melalui penanaman varietas berdaya hasil tinggi dengan emisi rendah (Tabel 7).

Tabel 7. Emisi gas metan (CH₄) dari lahan sawah yang ditanami beberapa varietas unggul padi.

Varietas	Emisi CH ₄ (kg/ha/musim)	Hasil padi		Indeks emisi (kg CH ₄ /t GKG)
		t GKG/ha	kg GKG per kg CH ₄	
Maros	74	3,68	49,8	20,1
Dodokan	74	3,32	44,6	22,3
IR36	95	4,50	47,4	21,1
Way Apo Buru	109	5,14	47,3	21,2
Tukad Balian	116	4,63	40,1	25,1
Muncul	127	4,58	36,1	27,2
Cisadane	131	5,16	39,5	25,4
Cisantana	133	4,95	37,2	26,9
Memberamo	140	5,23	37,4	26,8
IR64	169	5,29	31,3	31,9
Tukad Unda	244	4,91	20,1	49,7
Inpari-1	271	4,50	26,6	60,2
Inpari-6	272	5,10	28,6	53,3
Ciherang	312	5,42	17,4	57,6
Fatmawati	321	5,29	16,5	60,7
Inpara-3	337	4,70	23,9	71,7
Inpari-9	359	5,20	24,5	69,0

Sumber: BBSDLP (2010).

Pengelolaan Residu Tanaman Padi

Setelah padi dipanen dan gabah digiling menjadi beras akan menyisakan jerami dan sekam. Jerami padi biasanya dikembalikan ke lahan sawah atau dibakar. Apabila sisa tanaman padi ini dimasukkan ke dalam tanah jenuh air, maka akan terbentuk gas metan hasil dekomposisi. Apabila jerami dan sekam padi dibakar, metan dan asap yang terbentuk mengandung CO₂ dan CO yang juga berkontribusi terhadap perubahan iklim.

Residu sekam setengah bakar bila dikembalikan ke lahan sawah akan menekan emisi gas metan sebesar 80%. Arang sekam sangat stabil dan dapat tersimpan dalam tanah sampai ratusan bahkan ribuan tahun. Penggunaan arang sekam dalam budi daya tanaman dapat memperbaiki kesuburan tanah yang telah menurun. Arang sekam juga dapat digunakan sebagai sumber energi dan teknologinya sudah mulai berkembang.

Suhu Gelatinisasi dan Waktu Tanak Nasi

Setiap hari jutaan ibu rumah tangga menanak nasi dan untuk itu diperlukan bahan bakar minyak, gas, atau listrik yang juga menghasilkan emisi GRK. Panjang pendeknya waktu menanak nasi ditentukan oleh suhu dimana struktur kristal karbohidrat meleleh yang dikenal sebagai suhu gelatinisasi. Beras dengan suhu gelatinisasi rendah akan cepat masak menjadi nasi dan sebaliknya untuk beras dengan suhu gelatinisasi tinggi. Suhu gelatinisasi dari beberapa varietas padi yang ada saat ini berkisar antara 55-85°C.

Varietas padi dengan suhu gelatinisasi tinggi (> 74°C) adalah IR64, Sintanur, Batang Gadis, Situ Patenggang, Ciherang, Mekongga, Widas, Sarinah, Aek Sibudong, Fatmawati, Inpari 2, Inpari 4, Inpari 13, Hipa 6, dan Hipa 7. Varietas padi dengan suhu gelatinisasi sedang (70-74°C) meliputi Gilirang, Inpari 12, Maro, Rokan, dan Hipa 3, sedangkan yang memiliki suhu gelatinisasi rendah (< 70°C) adalah IR42, Inpari 3, dan Hipa 8.

Antisipasi Menghadapi Banjir dan Kekeringan

Berdasarkan pengamatan lapang dan ketersediaan teknologi dewasa ini, beberapa langkah yang dapat diambil segera untuk menghadapi banjir adalah:

1. konservasi dan perbaikan daerah aliran sungai (DAS) hulu hingga hilir secara intensif;
2. perbaikan infrastruktur saluran irigasi dan drainase dari hulu ke hilir oleh pemerintah pusat dan daerah, termasuk pengerukan endapan lumpur dalam saluran;
3. gerakan gotong royong pemeliharaan saluran berupa pembersihan tumbuhan air dalam saluran (eceng gondok dsb.) oleh kelompok tani dan masyarakat;
4. mengevaluasi kembali pola rotasi tanaman dalam setahun termasuk awal musim tanam;
5. penyediaan pompa-pompa pembuang air banjir; dan
6. pembangunan sistem pemantauan dan peringatan dini pada bagian sungai yang sering menimbulkan banjir.

Perubahan teknologi yang diperlukan sebagai tindakan adaptasi terhadap banjir adalah:

1. penggunaan varietas toleran rendaman lebih dari 10 hari, dengan kualitas gabah dan harga jual sesuai dengan keinginan petani;
2. perbaikan pupuk dan pemupukan, seperti penggunaan pupuk N lepas lambat (*slow release*), atau briket, hara lain dan waktu pemberian yang tepat;
3. penyiapan bibit sehat dan kuat yang siap disulamkan apabila terjadi kerusakan pertanaman akibat banjir;
4. perbaikan budi daya seperti pengaturan jarak tanam/populasi untuk mengurangi kerusakan/kerugian akibat banjir/rendaman; dan
5. pengendalian keong mas dan hama penyakit lain yang berkembang cepat akibat banjir.

Strategi yang dapat diterapkan untuk mengantisipasi bencana kekeringan adalah:

1. konservasi DAS agar hujan dapat meresap ke dalam tanah sebanyak mungkin;
2. pemeliharaan dam parit, embung, dan waduk secara periodik agar daya tampungnya dapat ditingkatkan;
3. pengaturan komposisi luas tanam komoditas yang akan diusahakan di hamparan pertanian;
4. penyiapan varietas padi toleran kekeringan, berumur genjah, dan tahan OPT musim kemarau;
5. pengembangan *early warning system* untuk mengetahui akan terjadinya kekeringan secara lebih awal;
6. penyiapan sarana dan prasarana produksi untuk daerah-daerah yang mulai terancam kekeringan;
7. pemanfaatan biomas tanaman yang mengalami kekeringan/puso untuk pakan ternak; dan
8. pelestarian sumber mata air.

Teknologi Produksi Jagung

Untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim terhadap penurunan produksi tanaman sereal, khususnya jagung, diperlukan teknologi adaptasi yang meliputi varietas toleran kekeringan, toleran genangan, umur genjah, dan pengelolaan hara dan tanaman.

Varietas Toleran Kekeringan

Pada lahan sawah irigasi, jagung ditanam dengan pola tanam padi-padi-jagung atau padi-jagung-jagung. Pada lahan kering beriklim basah, jagung bisa ditanam dua kali dalam setahun. Pada lahan kering beriklim kering, jagung hanya dapat diusahakan satu kali setahun. Dengan pola tanam demikian, tanaman jagung berpotensi mengalami penurunan hasil bila menghadapi curah hujan yang tidak menentu. Pada musim kemarau panjang, pilihan terbaik adalah menanam varietas toleran kekeringan.

Jagung hibrida varietas Bima 4, selain toleran kekeringan juga mampu berproduksi 11,7 t/ha.



Tabel 8. Varietas dan galur jagung toleran kekeringan dan umur genjah.

Varietas/galur	Umur (hari)	Hasil (t/ha)
Bima 3 (Hibrida)	100	10,50
Bima 4 (Hibrida)	102	11,70
Lamuru (Komposit)	90	7,60
ST201007	< 90	9,71
ST201039	< 90	9,24
ST201006	< 90	9,14
ST201035	< 90	9,12
ST201037	< 90	9,05

Badan Litbang Pertanian telah menghasilkan jagung toleran kekeringan, yaitu varietas Bima 3 dan Bima 4 untuk jenis hibrida dan Lamuru untuk jenis komposit, masing-masing dengan potensi hasil 10,5 t, 11,7 t, dan 7,6 t/ha. Varietas Lamuru dengan umur panen lebih genjah (90 hari) telah berkembang di daerah kering beriklim kering, antara lain di Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tengah, dan Sulawesi Selatan. Selain itu telah dihasilkan pula beberapa galur harapan jagung komposit toleran kekeringan dengan umur panen kurang dari 90 hari dan potensi hasil berkisar antara 9,1-9,7 t/ha (Tabel 8). Keuntungan dari penggunaan jagung komposit adalah petani dapat menggunakan benih dari hasil panen tanaman sebelumnya tanpa penurunan hasil. Dengan demikian, petani tidak perlu membeli benih baru setiap akan tanam.

Varietas Genjah dan Super Genjah

Perakitan varietas unggul jagung umur genjah (80-90 hari) dan super genjah (70-80 hari) merupakan salah satu upaya untuk meminimalisasi kegagalan panen akibat pendeknya periode hujan yang merupakan dampak dari perubahan iklim. Varietas unggul jagung berumur genjah dan super genjah diperlukan oleh petani untuk menyesuaikan pola tanam dan ketersediaan air bagi tanaman. Varietas genjah dan super genjah berperan penting dalam menghindari (*escape*) kekeringan dan dapat diintegrasikan ke dalam sistem Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) untuk meningkatkan Indeks Pertanaman (IP) dari 1-2 kali setahun menjadi 3-4 kali jagung dengan sistem tanam sisip.

Tabel 9. Varietas dan galur jagung umur genjah dan super genjah.

Varietas/galur	Umur (hari)	Hasil (t/ha)
Genjah		
Bima 7 (hibrida)	89	12,0
Bima 8 (hibrida)	88	11,7
Gumarang (komposit)	82	8,0
Super genjah		
ST201054	< 80	10,74
ST201043	< 80	9,36

Hingga kini telah dilepas beberapa varietas jagung hibrida dan komposit berumur genjah, seperti Bima 7 dan Bima 8 (hibrida), dan Gumarang (komposit) dengan umur panen masing-masing 89, 88, dan 82 hari dengan potensi hasil 8-12 t/ha. Dua galur harapan jagung (ST201054 dan ST 201043) juga telah teridentifikasi berumur super genjah (< 80 hari) dengan potensi hasil 9,4-10,7 t/ha (Tabel 9).

Varietas Toleran Genangan

Selain kekeringan, perubahan iklim juga berdampak terhadap tinggi dan panjangnya periode hujan sehingga berpotensi mengganggu pertumbuhan tanaman jagung, terutama pada stadia vegetatif awal. Jagung tidak tahan terhadap genangan karena akan mengganggu proses aerasi tanah dan respirasi akar tanaman. Untuk mengantisipasi masalah ini telah dilakukan skринing galur dengan tingkat toleransi tinggi terhadap genangan. Melalui pengujian di lapangan terdapat empat galur yang toleran terhadap genangan dengan potensi hasil 8-9 t/ha.

Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi

Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi (PHSL) adalah teknik pemupukan jagung sesuai kebutuhan tanaman dan status hara tanah yang merupakan teknologi utama dalam implementasi sistem Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT). Agar pendapatan dapat maksimal diperlukan populasi tanaman optimal melalui pengaturan jarak tanam, jumlah bibit per lubang, takaran pupuk yang sesuai dengan hasil yang dapat dicapai, dengan waktu dan cara aplikasi yang tepat.



Pengujian galur harapan jagung toleran genangan. Maros, Sulawesi Selatan, MH 2010.

Aplikasi pupuk dengan cara dibenamkan ke dalam tanah akan mengurangi jumlah pupuk yang terbang karena menguap dan terbawa air hujan, sehingga emisi gas N_2O dapat ditekan. Kini telah tersedia perangkat lunak untuk menentukan takaran pupuk bagi tanaman jagung yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Perangkat lunak tersebut dipopulerkan dengan nama PuJS versi 1.0 dalam bahasa Indonesia.

Budi Daya Tanam Legowo

Prinsip budi daya jagung dengan cara legowo adalah menyiasati kanopi daun tanaman agar dapat memanfaatkan energi matahari seefisien mungkin sehingga fotosintesis berjalan maksimal. Dengan jarak tanam antarbaris tanaman bagian luar lebih lebar maka pemeliharaan tanaman menjadi lebih mudah dan pengendalian hama penyakit lebih praktis. Sekalipun jarak antarbaris tanaman bagian luar lebih lebar tetapi dengan jarak antardua baris tanaman bagian dalam lebih sempit dan jarak tanam di dalam baris tetap, maka populasi optimal tanaman jagung dalam satuan luas dapat dipertahankan.

Teknologi Produksi Kedelai

Perakitan varietas kedelai ditujukan untuk menghasilkan varietas unggul dengan berbagai sifat yang menguntungkan, antara lain toleran kekeringan, toleran jenuh air, berumur genjah, dan tahan hama utama. Di sebagian sentra produksi, kedelai ditanam di lahan sawah setelah padi. Penanaman varietas genjah memberikan peluang bagi tanaman kedelai untuk memanfaatkan sisa air dari pertanaman padi musim kemarau.

Varietas Genjah dan Toleran Kekeringan

Badan Litbang Pertanian telah menghasilkan empat varietas kedelai genjah yaitu Argomulyo, Grobogan, Tidar, dan Gema masing-masing dengan umur panen 73-82 hari dan potensi hasil 2,0-3,4 t/ha (Tabel 10).

Varietas Gema super genjah (73 hari), potensi hasil 3 t/ha.



Tabel 10. Varietas unggul kedelai umur genjah dan agak toleran kekeringan.

Varietas	Umur panen (hari)	Potensi hasil (t/ha)
Argomulyo	82	2,00
Grobogan	76	3,40
Tidar	78	2,29
Gema	73	2,48

Tabel 11. Varietas dan galur kedelai toleran kondisi basah pada fase vegetatif.

Varietas/galur	Umur (hari)	Potensi hasil (t/ha)
Grobogan	76	3,40
Kawi	83	2,79
Nan/Grob-R172-2-409	75	2,39
Tgm/Anjs-T205-1-750	80	2,87
Sib/Grob-V61-5-127	78	2,59

Selain genjah, keempat varietas juga relatif toleran terhadap kekeringan. Pengembangan varietas unggul ini diperlukan untuk mengantisipasi ancaman kekeringan pada pertanaman kedelai di lahan sawah, terutama dalam pola tanam padi-padi-kedelai.

Varietas Genjah dan Toleran Jenuh Air

Untuk mengantisipasi tanah jenuh air dan genangan akibat hujan berkepanjangan atau banjir, telah teridentifikasi dua varietas toleran genangan, yakni Grobogan dan Kawi dengan potensi hasil masing-masing 3,4 t dan 2,8 t/ha pada umur panen 76 dan 83 hari. Badan Litbang Pertanian juga telah mengidentifikasi tiga galur harapan toleran kondisi basah, yaitu Nan/Grob-R172-2-409 (75 hari), Tgm/Anjs-T205-1-750 (80 hari), dan Sib/Grob-V61-5-127 (78 hari) dengan potensi hasil masing-masing 2,4 t, 2,9 t, dan 2,6 t/ha (Tabel 11).

Varietas Toleran Naungan

Perubahan iklim akan mendorong petani untuk mengubah pola tanam mereka pada lahan sawah dari padi-padi-kedelai menjadi padi-padi-padi, bila air cukup tersedia. Hal ini terutama disebabkan oleh harga kedelai yang relatif rendah sehingga petani lebih memilih padi karena memberi keuntungan yang relatif lebih tinggi.

Salah satu peluang dalam pengembangan kedelai adalah memanfaatkan areal di kawasan hutan tanaman industri. Dalam hal ini diperlukan varietas toleran naungan. Pengujian menunjukkan varietas Grobogan, Pangrango, Argomulyo, dan Malabar toleran terhadap naungan. Dua galur yang telah teridentifikasi toleran naungan adalah IAC100/Burangrang x Malabar dan IAC100/Burangrang x Kaba. Dalam kondisi ternaungi, varietas dan galur tersebut masih mampu berproduksi 1,1-1,9 t/ha (Tabel 12).



Menteri Pertanian, Dr. Suswono, didampingi oleh Kepala Badan Litbang Pertanian, Dr. Haryono MSc, melakukan panen perdana kedelai varietas Grobogan pada kawasan hutan jati di Ngawi, Jawa Timur.

Tabel 12. Varietas kedelai dan galur harapan toleran naungan.

Varietas/galur	Umur (hari)	Potensi hasil (t/ha)	
		Di bawah naungan (t/ha)	Tanpa naungan (t/ha)
Grobogan	76	1,10	3,40
Pangrango	81	1,62	2,75
Argomulyo	82	1,42	2,51
Malabar	87	1,14	2,37
IAC100/Burangrang x Malabar	82	1,88	2,31
IAC100/Burangrang x Kaba	87	1,50	2,94

Budi Daya

Untuk daerah dengan curah hujan relatif tinggi, pola tanam yang semula padi-padi-palawja bisa berubah menjadi padi-padi-padi. Pada daerah dengan curah hujan relatif rendah, pola tanam yang semestinya padi-palawija-palawija berubah menjadi padi-padi-palawija. Perubahan pola tanam ini berdampak terhadap perkembangan hama yang menyerang tanaman.

Pada kondisi tanah jenuh air perlu dibuat saluran drainase yang dalam dan antarsaluran tidak terlalu lebar (4-6 m). Namun dalam kondisi kering dan curah hujan lebih rendah, waktu tanam perlu dimajukan dan dipilih varietas genjah dan toleran kekeringan (varietas Tidar, Argomulyo, dan Grobogan) dan varietas tahan hama ulat grayak (varietas Ijen).

Arah Penelitian ke Depan

Dalam mengatasi dampak perubahan iklim, Badan Litbang Pertanian bekerja sama dengan berbagai perguruan tinggi dan lembaga penelitian nondepartemen seperti LIPI dan BATAN serta lembaga penelitian internasional seperti IRRI, CIMMYT, dan ICRISAT berupaya merakit berbagai varietas unggul baru padi, jagung, dan kedelai yang lebih adaptif pada kondisi kekeringan, suhu tinggi, banjir, salinitas, umur genjah, dan bernilai gizi tinggi.

Untukantisipasi jangka panjang, Badan Litbang Pertanian bekerja sama dengan lembaga penelitian internasional seperti IRRI dan CIMMYT memanfaatkan induk-induk persilangan dengan sifat yang mampu mengatasi dampak perubahan iklim. Ilmu pengetahuan terkini mampu mengidentifikasi gen yang bermanfaat dari koleksi tanaman pangan yang ada saat ini dan memasukkannya ke dalam varietas unggul baru berdaya hasil tinggi. Diversitas gen di luar tanaman pangan juga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat tanaman melalui teknik modifikasi gen.

Strategi untuk meningkatkan potensi hasil padi inbrida dan hibrida dapat dilakukan melalui pemuliaan konvensional seperti eksploitasi plasma nutfah yang beragam, perakitan tanaman berdasarkan ideotypes seperti pemilihan jenis tanaman dengan malai besar, jumlah butir lebih banyak, biomassa lebih tinggi dan lebih tahan rebah. Pendekatan fisiologis adalah melalui identifikasi plasma nutfah yang proses fotosintesisnya lebih efisien dengan mobilisasi fotosintat ke gabah, mengintroduksi lokus peningkatan hasil (*yld1*, *yld2*) dari spesies liar, mengidentifikasi blok gen heterotik untuk mengembangkan hibrida sangat unggul, dan MET-untuk menentukan dan mengeksploitasi $G \times E$.

Saat ini IRRI sedang mengembangkan varietas padi tipe C4 dengan kemampuan fotosintesis lebih cepat daripada varietas padi yang telah berkembang saat ini (tipe C3), dengan potensi hasil 50% lebih tinggi dan efisien dalam memanfaatkan air dan hara. Sedang dipelajari juga kemungkinan persilangan gen tanaman padi yang memiliki suhu gelatinisasi tinggi dengan gen yang memiliki suhu gelatinisasi rendah. Apabila berhasil maka waktu tanak nasi bisa dipercepat sampai 4 menit

sehingga energi yang dihemat menjadi lebih besar. Ini merupakan upaya penghematan energi global dan pengurangan emisi GRK.

Melalui program *Global Rice Science Partnership* (GRiSP), Badan Litbang Pertanian bekerja sama dengan berbagai lembaga penelitian internasional di Asia dan Afrika akan merakit varietas unggul padi dengan tingkat toleransi yang lebih tinggi terhadap kekeringan, suhu panas, suhu dingin, rendaman, dan salinitas.

Badan Litbang Pertanian juga telah mengantisipasi kemungkinan terjadinya peralihan status hama dari tidak penting menjadi penting melalui pengelolaan berdasar pendekatan ekologi. Strategi ini ditujukan untuk memaksimalkan produktivitas menggunakan varietas tahan, mendapatkan pemahaman dinamika populasi hama, mengembangkan ragam ekosistem agar populasi hama berada pada tingkat tidak membahayakan dan sekecil mungkin menggunakan pestisida.

Penelitian budi daya difokuskan pada integrasi varietas unggul dan pengelolaan tanaman agar mampu menghadapi iklim ekstrim atau menghindarinya. Penelitian terintegrasi dan analisis sistem usahatani untuk mengidentifikasi teknologi dan praktek budi daya sesuai perubahan lingkungan juga penting untuk diimplementasikan.

Diseminasi Hasil Penelitian

Badan Litbang Pertanian memberikan prioritas yang tinggi terhadap diseminasi hasil penelitian sebagaimana halnya kegiatan penelitian itu sendiri. Teknologi yang telah dihasilkan melalui penelitian dipromosikan dan disebarluaskan kepada masyarakat pengguna yang meliputi penentu kebijakan, penyuluh pertanian, pengusaha agribisnis, akademisi, peneliti, dan pihak lain melalui sistem diseminasi multi-channel. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) sebagai ujung tombak Badan Litbang Pertanian di setiap provinsi berperan penting dalam mengkaji dan mengembangkan lebih lanjut inovasi teknologi spesifik lokasi.

Dalam pengembangan inovasi teknologi, Badan Litbang Pertanian memanfaatkan berbagai media untuk dapat segera tersebar dan dimanfaatkan pengguna, antara lain melalui publikasi hasil penelitian, pertemuan berskala nasional seperti Pekan Padi Nasional (PPN), Pekan Sereal Nasional (PSN), dan Pekan Kedelai Nasional (PKN). Pertemuan skala nasional ini dihadiri oleh ribuan masyarakat dari berbagai daerah dan dari berbagai lapisan. Presiden RI bahkan berkesempatan membuka PPN III di Sukamandi, Jawa Barat, Juli 2008, dan memberikan apresiasi yang tinggi terhadap Badan Litbang Pertanian yang telah berperan aktif



Sebagian dari publikasi hasil penelitian yang didistribusikan kepada pengguna teknologi, terutama penyuluh pertanian, akademisi, peneliti, dan penentu kebijakan.

dalam memecahkan masalah yang dihadapi petani dalam memproduksi. Inovasi teknologi juga dipromosikan melalui berbagai media, seperti *open house*, pameran, seminar berskala nasional dan internasional, Sekolah Lapangan Pengelolaan Tanaman Terpadu (SL-PTT), *web site*, dan media massa.

Pengalaman dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan bahwa penentu kebijakan seperti Gubernur dan Bupati merupakan pihak yang berperan penting dalam pengembangan inovasi teknologi di daerah. Oleh karena itu, pendekatan kepada penentu kebijakan di daerah mendapat prioritas dalam pengembangan teknologi spesifik lokasi.

Varietas unggul merupakan teknologi yang relatif mudah dan murah untuk diadopsi oleh petani. Agar dapat segera dikembangkan, benih sumber dari varietas unggul yang dihasilkan disalurkan kepada berbagai pihak, terutama BPTP. Untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim, Badan Litbang Pertanian pada tahun 2009 telah menyalurkan benih sumber ke berbagai daerah sebanyak 49,6 ton, yang terdiri atas varietas toleran kekeringan, umur sangat genjah, toleran rendaman, toleran

Menteri Pertanian RI, Dr Suswono, MM (kedua dari kiri) yang didampingi oleh Kepala Badan Litbang Pertanian Dr Haryono (kanan), Dirjen Tanaman Pangan Ir. Udhoro Kasih Anggoro, MM (kiri), dan Prof Dr M. Yusuf Staf Khusus Presiden Bidang Pangan dan Energi (kedua dari kanan) melakukan panen varietas Inpari 13 dalam acara Open House BB Padi di Sukamandi, Jawa Barat, 23 Februari 2011.



salinitas, dan tahan hama wereng batang coklat (WBC). Pada tahun 2010 jumlah benih sumber padi yang disalurkan meningkat menjadi 79,5 ton. Benih sumber tersebut diharapkan diperbanyak di daerah oleh penangkar yang profesional untuk dikembangkan lebih lanjut.

Pada tahun 2011 Badan Litbang Pertanian juga telah memproduksi benih sumber padi, jagung, dan kedelai untuk mendukung program pengembangan SL-PTT yang kini menjadi tumpuan peningkatan produksi tanaman pangan. Dari 78,7 ton benih sumber padi, jagung, dan kedelai yang diproduksi, sebanyak 61,8 ton di antaranya didistribusikan melalui BPTP.

Rujukan

- Apriyanto, A., S.G. Irianto, Suyamto, Irsal Las, T. Sudaryanto, dan T. Alamsyah. 2009. Indonesia experience: regaining rice self-sufficiency. Indonesian Ministry of Agriculture. Jakarta.
- Bapenas. 2010. Indonesia climate change sectoral roadmap. Jakarta. 84 p.
- Boer, R. 2007. Indonesian country report: climate variability and climate change and their implications. Government of Indonesia, Jakarta.
- Boer, R. 2008. Pengembangan sistem prediksi perubahan iklim untuk ketahanan pangan. laporan akhir konsorsium penelitian dan pengembangan perubahan iklim sektor pertanian. Balai Besar Litbang Sumberdaya Pertanian. Bogor.
- Handoko. I., Y. Sugiarto, dan Y. Syaikat. 2008. Keterkaitan perubahan iklim dan produksi pangan strategis: telaah kebijakan independen dalam bidang perdagangan dan pembangunan. SEAMEO BIOTROP. Bogor.
- IPCC. 2007. Climate change: The physical science basis. summary for policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- IRRI. 2007. Coping with climate change. Climate change threatens to affect rice production across the globe-what is known about the likely impact, and what can be done about it? Rice Today July-September 2007. p. 10-13.
- Las, I., E. Surmaini, dan A. Ruskandar. 2008. Antisipasi perubahan iklim: inovasi teknologi dan arah penelitian padi di Indonesia Prosiding Seminar Nasional Padi. Inovasi Teknologi Padi Mengantisipasi Perubahan Iklim Global Mendukung Ketahanan Pangan. BB Padi. Sukamandi.
- Las, I., H. Syahbuddin, E. Surmaini, A.M. Fagi. 2008. Iklim dan tanaman padi: tantangan dan peluang. Buku Padi: Inovasi Teknologi dan Ketahanan Pangan. BB Padi. Sukamandi.

- Makarim, A.K. dan Ikhwani. 2011. Antisipasi dampak banjir dan tindakan adaptasi pada usahatani padi akibat perubahan iklim global. *J. Tanah dan Lingkungan* 12(2):1-15. IPB.
- Peng, S., J. Huang, J.E. Sheehy, R.C. Laza, R.M. Visperas, X. Zhong, G.S. Centeno, G.S. Khush, and K.G. Cassman KG. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proceeding of National Academy of Science of the United State of America (PNAS)* 101:9971-9975
- Puslitbang Tanaman Pangan. 2008. Laporan tahunan 2007 Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Puslitbang Tanaman Pangan. 2009. Laporan tahunan 2008 Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Puslitbang Tanaman Pangan. 2010. Laporan tahunan 2009 Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Runtunuwu, E, dan H. Syahbuddin. 2007. Perubahan pola curah hujan dan dampaknya terhadap potensi periode masa tanam. *Jurnal Tanah dan Iklim* No 26: 1-12.
- Runtunuwu, E. and A. Kondoh. 2008. Assessing global climate variability and change under coldest and warmest periods at different latitudinal regions. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 9(1): 7-18.
- Timmerman, A., J. Oberhuber, A. Bacher, M. Esch, M. Latif, and E. Roeckner. 1999. Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. *Nature* 398.
- Torriani, D., P. Calanca, M. Lips, H. Ammann, M. Beniston, and J. Fuhrer. 2007. Regional assessment of climate change impacts on maize productivity and associated production risk in Switzerland. *Reg Environ Change* 7:209-221.
- Tschirley, J. 2007. Climate change adaptation: planning and practices. Keynote presentation of FAO environment, climate change. bioenergy division, 10-12 September 2007, Rome.
- Wahyunto. 2005. Lahan sawah rawan kekeringan dan kebanjiran di Indonesia. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Wiyono, S. 2009. Perubahan iklim, pemicu ledakan hama dan penyakit tanaman. *Salam* 26:22-23.