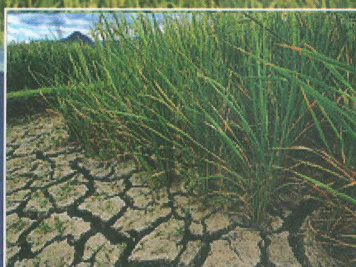
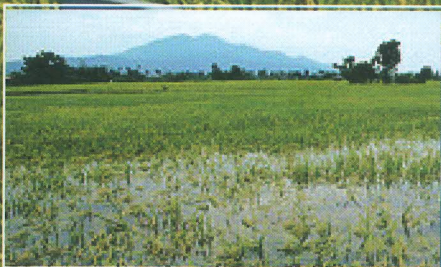


Teknologi Tanaman Pangan Menghadapi Perubahan Iklim



Kementerian Pertanian
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

Teknologi Tanaman Pangan Menghadapi Perubahan Iklim



Kementerian Pertanian
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

Dr. Hasil Sembiring

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Jalan Merdeka 147 Bogor 16111
Telp. 0251-8334089, 8332537/ Fax. 0251-8312755
E-mail: crifc1@indo.net.id; crifc3@indo.net.id
<http://pangan.litbang.deptan.go.id>

Dr. Made Jaya Mejana

Kepala Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jalan Raya 9, Sukamandi, Subang, Jawa Barat
Telp. 0260-520157/Fax.0260-520158
E-mail: balitpa@telkom.net
<http://bbpadi.litbang.deptan.go.id>

Dr. M. Yasin

Kepala Balai Penelitian Tanaman Sereal
Jalan Ratulangi No. 274 Maros, Sulawesi Selatan
Telp. 0411-371016 /Fax. 0411-371961
E-mail: balitsereal@yahoo.com
<http://balitsereal.litbang.deptan.go.id>

Dr. M. Muchlish Adie

Kepala Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-umbian
Jalan Raya Kendal Payak, Malang, Jawa Timur
Telp. 0341-801468 /Fax. 0341-801496
E-mail: blitkabi@telkom.net
<http://balitkabi.litbang.deptan.go.id>

Ir. Syahril Pakki, MS

Kepala Loka Penelitian Penyakit Tungro
Jalan Bulu Lanrang Rappang Sidrap, Sulawesi Selatan
Telp. 0421-93702/Fax.0421-93701
E-mail: lokatungro@plasa.com
<http://lolitungro.litbang.deptan.go.id>

Penyunting

Zulkifli Zaini
A. Karim Makarim
Hermanto

Pengantar



Perubahan iklim yang mengancam berbagai aspek kehidupan telah menjadi isu global. Cuaca ekstrem dalam bentuk badai topan, kekeringan, dan banjir makin sering terjadi sementara naiknya suhu udara dan permukaan laut sudah menjadi kenyataan yang tak terbantahkan. Oleh karena itu, masyarakat dunia sepakat mencegah peningkatan suhu rata-rata global untuk tidak melebihi 2°C pada tahun 2050 dengan menurunkan laju emisi (pelepasan) gas rumah kaca (GRK) secara nyata.

Sebagai salah satu negara penyumbang emisi GRK terbesar di dunia, Indonesia juga termasuk negara yang rentan terhadap dampak negatif perubahan iklim. Sebagai negara kepulauan, misalnya, naiknya permukaan laut akan mengancam kehidupan penduduk yang sebagian besar bermukim di wilayah pesisir. Bagi sektor pertanian, terutama subsektor tanaman pangan, kenaikan frekuensi dan intensitas cuaca ekstrem, suhu, dan permukaan laut secara langsung mengancam program peningkatan produksi sementara jumlah penduduk terus bertambah. Padahal tantangan lain dalam bentuk konversi, degradasi, dan fragmentasi lahan masih terus pula berlangsung.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan telah menghasilkan berbagai inovasi teknologi 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 publikasi ini dapat dipakai sebagai salah satu acuan dalam menghadapi fenomena perubahan iklim. Kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penerbitan publikasi ini saya sampaikan penghargaan dan terima kasih.

Bogor, Mei 2011

Kepala Pusat,

Dr. Hasil Sembiring

Daftar Isi

Pengantar	iii
Kemandirian Pangan Berkelanjutan	1
Dampak Perubahan Iklim	5
Banjir dan Kekeringan	5
Kenaikan Muka Air Laut	8
Salinitas	8
Karbondioksida dan Suhu Tinggi	9
Ketersediaan Teknologi Padi	10
Varietas Adaptif Perubahan Iklim	10
Pengurangan Laju Emisi GRK dari Areal Pertanaman Padi ...	14
Ketersediaan Teknologi Jagung	18
Varietas Toleran Kekeringan	18
Varietas Umur Genjah	19
Varietas Toleran Genangan	20
Varietas Tahan Hama dan Penyakit	20
Jagung Bergizi Tinggi untuk Daerah Rawan Pangan	21
Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi	22
Budi Daya Tanam Legowo	23
Ketersediaan Teknologi Kedelai	24
Varietas Toleran Kekeringan dan Umur Genjah	24
Varietas Umur Genjah dan Toleran Genangan	25
Varietas Tahan Hama Utama	25
Teknologi Budi Daya	27
Arah Penelitian ke Depan	28
Diseminasi Hasil Penelitian	30
Rujukan	33

Kemandirian Pangan Berkelanjutan

'Tiada hari tanpa pangan' adalah kenyataan yang tak terbantahkan bagi setiap manusia untuk dapat menjalani hidup secara normal. Bagi Indonesia dengan jumlah penduduk keempat terbesar di dunia, penyediaan pangan dalam jumlah yang cukup sepanjang tahun merupakan suatu keniscayaan yang tak dapat ditawar. Mengandalkan impor untuk menutupi kekurangan produksi domestik, apalagi dalam jangka waktu lama, akan berimplikasi terhadap berbagai aspek kehidupan, terutama sosial, ekonomi, dan politik.

Padi, jagung, dan kedelai merupakan komoditas pangan utama dan menjadi sumber penghasilan bagi jutaan petani di pedesaan. Upaya untuk meningkatkan produksi pangan terus dilakukan melalui berbagai program. Dalam kurun waktu lima tahun terakhir, produksi padi terus

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



meningkat dan pada tahun 2008 Indonesia kembali meraih swasembada beras untuk kedua kalinya setelah tahun 1984. Produksi jagung juga terus meningkat dan pada tahun 2007 telah melampaui kebutuhan nasional.

Pemerintah Kabinet Indonesia Bersatu memberikan prioritas yang tinggi terhadap upaya peningkatan produksi pangan dengan sasaran swasembada berkelanjutan. Pada akhir tahun 2011, produksi padi ditargetkan mencapai 70,6 juta ton dan pada tahun 2015 surplus beras 10 juta ton.

Produksi kedelai yang merupakan sumber protein murah bagi masyarakat juga terus dipacu sehingga pada tahun 2014 diharapkan telah mencapai swasembada. Sasaran ini akan menghadapi tantangan yang tidak ringan mengingat sebagian areal produksi kedelai adalah lahan sawah. Hal ini tentu memerlukan kerja keras dari semua pihak, terutama Kementerian Pertanian dan Pemerintah Daerah mengingat makin beragamnya kendala dan masalah yang dihadapi dalam berproduksi.

Di satu sisi, konversi lahan untuk berbagai kegiatan pembangunan lainnya belum dapat dibendung sedangkan degradasi lahan masih terus terjadi dan fragmentasi lahan menyebabkan makin sempitnya lahan yang dimiliki petani. Konversi lahan telah menyusutkan areal tanam, degradasi lahan menyebabkan turunnya produktivitas sehingga memerlukan masukan yang lebih tinggi, sedangkan fragmentasi lahan menyebabkan makin sulitnya penerapan teknologi produksi dalam skala luas. Di sisi lain, perubahan iklim dalam bentuk cuaca ekstrim serta naiknya suhu udara dan permukaan laut juga merupakan ancaman yang memerlukan upaya penanganan khusus dalam program peningkatan produksi padi, jagung, dan kedelai.

Komitmen Pemerintah dalam meraih kemandirian pangan berkelanjutan tercermin dari berbagai pernyataan dan arahan Presiden RI, Susilo Bambang Yudhoyono. Dalam rapat pimpinan nasional dengan Gubernur, Bupati, Walikota, DPRD Provinsi, Kabupaten, dan Kota serta pelaku usaha, misalnya, Presiden menekankan bahwa *“Meskipun dalam sistem perdagangan kita bisa membeli atau menjual, tetapi untuk pangan kita harus menuju kemandirian pangan, apa pun harus kita produksi dari dalam negeri”*. Sehubungan dengan arahan tersebut, sasaran produksi tanaman padi, jagung, dan kedelai dalam periode 2011-2014 disesuaikan seperti terlihat pada Tabel 1.

Pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) yang diadopsi Direktorat Jenderal Tanaman Pangan melalui program SL-PTT menjadi salah satu andalan dalam mencapai sasaran produksi padi, jagung, dan kedelai. Untuk tahun 2011, SL-PTT padi sawah diharapkan dapat mencakup areal 2,2 juta ha, padi hibrida 230 ribu ha, dan padi gogo 350 ribu ha, sedangkan untuk SL-PTT jagung dan kedelai masing-masing 207 ribu ha dan 300 ribu ha.

Selain pendekatan PTT, pembukaan areal sawah baru juga telah dicanangkan oleh Pemerintah. Dengan mempertimbangkan areal lahan sawah yang tersedia saat ini dan perkiraan konversi lahan sawah untuk keperluan pembangunan lainnya, pada tahun 2020 diperlukan penambahan areal sawah seluas 1,6 juta ha. Angka ini meningkat menjadi 6 juta ha pada tahun 2050 (Tabel 2). BB SDLP (2011) memperkirakan perluasan areal lahan sawah masih bisa dilakukan karena cukup

Tabel 1. Sasaran produksi komoditas utama tanaman pangan 2011-2014 (juta ton).

Komoditas	Tahun					Pertumbuhan (%/tahun)
	2010	2011	2012	2013	2014	
Padi	66,68	70,60	74,13	77,84	81,73	5,22
Jagung	19,80	22,00	24,00	26,00	29,00	10,02
Kedelai	1,30	1,56	1,90	2,25	2,70	20,05

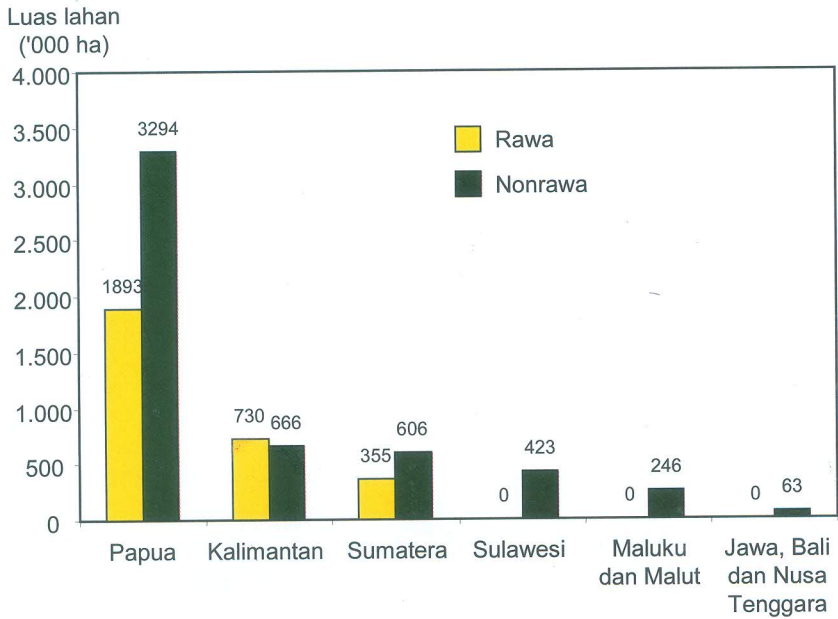
Sumber: Direktorat Jenderal Tanaman Pangan

Tabel 2. Kebutuhan perluasan areal sawah baru untuk mendukung kemandirian pangan (beras), 2010-2050.

Tahun	Kebutuhan beras ('000 ton)	Kebutuhan lahan sawah ('000 ha)		Sawah yang telah ada ('000 ha)	Prediksi konversi lahan sawah ('000 ha)	Kebutuhan penambahan sawah kumulatif ('000 ha)
		Beras/padi	Total			
2010	33.065	7.164	7.474	7.386		88
2020	37.021	8.021	8.400	7.386	600	1.614
2030	40.183	8.706	9.163	7.386	1.200	2.977
2040	44.500	9.631	10.172	7.386	1.800	4.586
2050	48.182	10.439	11.069	7.386	2.400	6.083

Sumber: BB SDLP (2011)

tersedianya sebagian lahan rawa dan nonrawa, masing-masing 3 dan 5 juta ha (Gambar 1). Sebagian besar dari lahan tersebut tersedia di Papua dan Kalimantan.



Gambar 1. Potensi perluasan lahan sawah pada lahan rawa dan nonrawa.

Dampak Perubahan Iklim

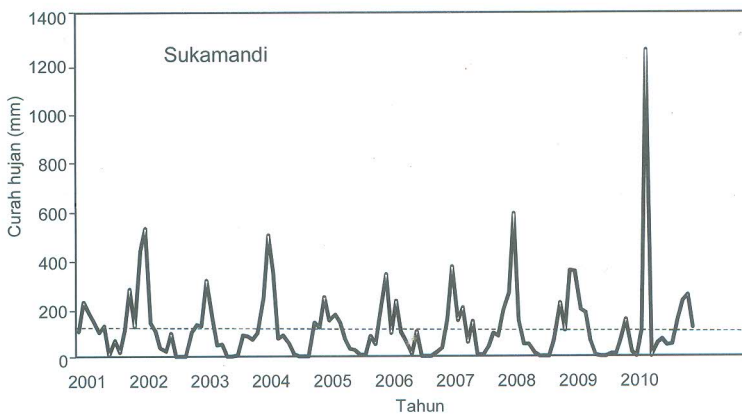
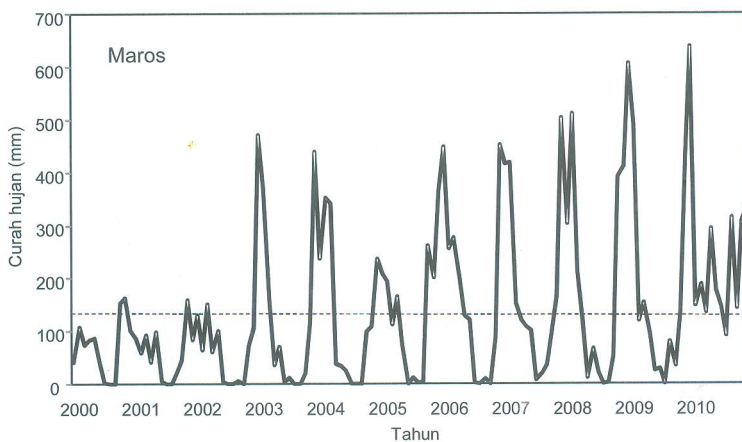
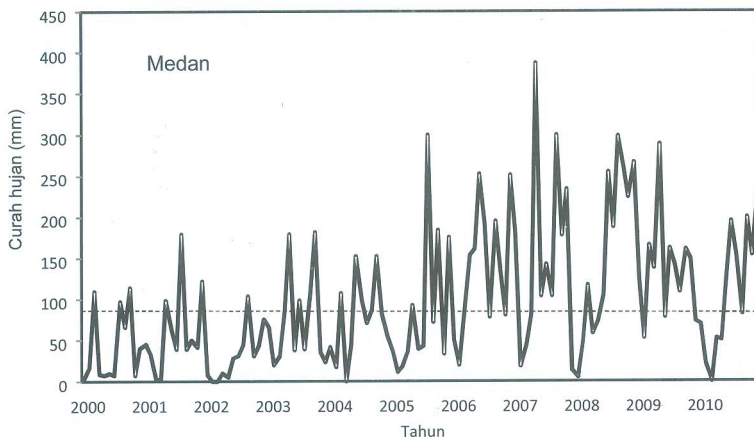
Fenomena perubahan iklim telah menjadi kenyataan yang tercermin dari makin seringnya terjadi cuaca ekstrim yang menghasilkan banjir dan kekeringan dengan intensitas tinggi. Selain itu, permukaan laut pun naik seiring dengan meningkatnya suhu udara.

Dampak yang dikhawatirkan dari perubahan iklim antara lain menurunnya produksi dan kualitas hasil pertanian, terutama tanaman pangan. Di Indonesia, padi memegang peran penting sebagai bahan pangan yang diperlukan oleh lebih dari 237 juta penduduk dan sekitar 13% di antaranya tergolong miskin. Oleh karena itu, dampak negatif perubahan iklim terhadap produksi pangan dan suplai beras bagi sebagian besar penduduk akan mempengaruhi upaya pemantapan ketahanan pangan dan pengentasan kemiskinan.

Meskipun perubahan iklim juga dapat menimbulkan dampak positif terhadap upaya peningkatan produksi, misalnya China berhasil menggandakan intensitas tanam di wilayah utara, dari satu kali menjadi dua kali dalam setahun, karena pemanasan global, perubahan iklim umumnya berdampak negatif terhadap pengadaaan pangan, terutama di wilayah tropis.

Banjir dan Kekeringan

Perubahan pola curah hujan di Indonesia dapat dideteksi sejak 2005-2006 sebagaimana ditunjukkan oleh data curah hujan di Medan-Sumatera Utara, Maros-Sulawesi Selatan, dan Sukamandi-Jawa Barat (Gambar 2). Hal serupa juga terjadi di tempat lain seperti di Malang dan Banyuwangi, Jawa Timur. Curah hujan tinggi pada bulan tertentu menyebabkan pola tanam baku tidak bisa lagi diikuti. Banjir sebagai dampak langsung dari perubahan iklim telah terjadi di berbagai daerah. Dalam dua dekade yang akan datang, luas areal yang rawan banjir diperkirakan akan meningkat dari 0,75-2,68% menjadi 0,97-2,99% sedangkan areal lahan sawah yang puso naik dari 0,24-0,73% menjadi 8,7-13,8%.



Gambar 2. Pola curah hujan tahunan (2000-2010) di Medan Sumatera Utara, Maros Sulawesi Selatan, dan Sukamandi Jawa Barat.



Padi merupakan tanaman unik karena bisa tumbuh pada kondisi lahan sawah tergenang maupun lahan kering (gogo). Meski demikian tanaman padi tidak bisa tumbuh optimal kalau terendam air dalam waktu cukup lama (inset).

Di sisi lain, cuaca ekstrim dalam bentuk kekeringan juga dapat menurunkan produksi dan intensitas tanam. Sekitar 1 juta ha dari 5,14 juta ha lahan di Sumatera dan Jawa tergolong rentan terhadap kekeringan. Dalam satu atau dua dekade yang akan datang akan terjadi peningkatan areal padi sawah yang terkena kekeringan dari 0,3-1,4% menjadi 3,1-7,8%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkembangan dan dinamika hama dan penyakit dipengaruhi oleh perubahan iklim. Pada tanaman padi, pola curah hujan tidak beraturan dan cekaman kekeringan meningkatkan intensitas beberapa penyakit, antara lain penyakit bercak coklat dan blas. Namun kondisi lingkungan baru tanaman padi karena perubahan cara bercocok tanam yang diadopsi petani untuk mengantisipasi perubahan iklim dapat menyebabkan penurunan intensitas penyakit busuk pelepah batang, hama lalat bibit, dan hama pemotong daun.

Perubahan iklim berpengaruh terhadap dinamika kesehatan tanaman. Kompetisi antara pertumbuhan gulma dan tanaman

diperkirakan akan meningkat dan merupakan tantangan dalam upaya mempertahankan keberlanjutan produksi tanaman pangan.

Kenaikan Muka Air Laut

Pemanasan global menyebabkan gunung es di Kutub Utara dan Selatan mencair sehingga permukaan air laut diperkirakan meningkat sekitar 1 m pada akhir abad ke-21. Di Indonesia, lebih dari 50% produksi padi berasal dari daerah pesisir yang umumnya rawan genangan akibat naiknya permukaan air laut.

Naiknya muka air laut akan mengurangi luas lahan pertanian di pesisir pantai Jawa, Bali, Sumatera Utara, Lampung, NTB, dan Kalimantan, merusak infrastruktur, dan meningkatkan salinitas tanah dan hidrologi yang akan mengganggu pertumbuhan tanaman. Potensi pengurangan luas lahan sawah akibat kenaikan muka air laut di Jawa berkisar antara 113.000-146.000 ha, Sulawesi 14.000-17.000 ha, dan Sumatera Utara 1.300 ha. Sedangkan potensi pengurangan luas lahan kering berkisar antara 16.600-32.000 ha.

Apabila tidak ada upaya adaptasi perubahan iklim maka sebelum tahun 2050 diperkirakan produksi padi akan menurun 20-27%, jagung 14%, dan kedelai 12% dibandingkan dengan kondisi iklim pada 2006. Potensi penurunan produksi tersebut terkait dengan berkurangnya luas lahan sawah.

Hasil analisis menunjukkan hingga tahun 2050 luas baku lahan sawah akan menurun karena tergenang atau tenggelam akibat naiknya muka air laut. Di Jawa dan Bali luas lahan sawah yang akan tenggelam oleh air laut mencapai 183.000 ha, Sulawesi 79.000 ha, Kalimantan 25.000 ha, Sumatera 3.000 ha, dan Nusatenggara, khususnya Lombok 2.000 ha.

Penurunan produksi padi pada tahun 2050 akibat penyusutan lahan sawah karena naiknya muka air laut diperkirakan mencapai 4,3 juta ton GKG atau 2,7 juta ton beras. Angka itu didasarkan pada tingkat penurunan produktivitas dan indeks pertanaman dibandingkan dengan kondisi saat ini.

Salinitas

Salinitas terjadi akibat meningginya muka air laut yang kemudian mengalir ke areal tanam di kawasan pesisir sehingga tanaman terpapar oleh

air berkadar garam tinggi (>4 mm hos/cm). Tanaman padi dan palawija umumnya tidak toleran terhadap salinitas, sehingga produksi pada lokasi yang teraliri air laut akan menurun. Kalau air laut sudah mengalir jauh ke daratan maka akan terjadi perubahan sistem hidrologi setempat.

Karbon Dioksida dan Suhu Tinggi

Penyebab perubahan iklim antara lain meningkatnya emisi karbon dioksida (CO₂) dan suhu yang akan mempengaruhi produksi tanaman. Pada tanaman padi, kandungan CO₂ pada tingkat tertentu meningkatkan produksi biomas, tetapi tidak selalu meningkatkan hasil gabah. Suhu tinggi dapat menurunkan hasil dengan terbentuknya bunga steril pada tanaman. Pada suhu yang lebih tinggi, respirasi meningkat sehingga tanaman kurang produktif. Prediksi perbedaan peningkatan suhu, kandungan CO₂, perubahan kelembaban udara, dan interaksi dari ketiga faktor ini menjadikan produksi padi lebih sukar diramalkan. Hasil penelitian IRRI menunjukkan bahwa peningkatan suhu rata-rata 1°C dapat menurunkan hasil padi sekitar 10%.

Peningkatan kadar CO₂ yang terkait dengan pemanasan global akan mempengaruhi interaksi antara tanaman dengan serangga hama dan mengubah arah evolusi tanaman.



Karbon dioksida yang tinggi dapat mempengaruhi evolusi tanaman dengan mengubah “tekanan seleksi” serangga pemakan tanaman. Perbedaan basis genetik pada mekanisme pertahanan tanaman dan perubahan interaksi tanaman-serangga akan mempengaruhi tanaman untuk beradaptasi dengan perubahan iklim.

Ketersediaan Teknologi 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, dan (2) mitigasi melalui perbaikan varietas dan pengelolaan tanaman yang akan menghasilkan sistem produksi padi yang mampu mengurangi laju emisi GRK.

Varietas Adaptif terhadap Perubahan Iklim

Program penelitian padi, khususnya pemuliaan tanaman, telah dikaji ulang dan disesuaikan dengan upaya untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim. Upaya tersebut antara lain dilakukan melalui perakitan varietas toleran rendaman, kekeringan, suhu tinggi, dan salinitas.



Inpara 4, varietas unggul baru padi toleran rendaman.

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 abiotik.

Toleran rendaman. Bekerja sama dengan IRRI, BB Padi telah merakit varietas dengan memasukkan Gen Sub1 (*submergence 1*) ke dalam varietas padi yang sudah berkembang di Indonesia. Gen Sub1 adalah *ethylene-response-factor*, semacam gen yang memberi sifat toleran rendaman melalui pengurangan sensitivitas tanaman padi terhadap etilen, 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. Galur Swarna-Sub1 (IR05F102) dilepas dengan nama Inpara 4 dan galur IR64-Sub1 (IR07F102) dilepas dengan nama Inpara 5 toleran terhadap rendaman. Varietas Ciherang yang banyak ditanam petani juga sudah ditingkatkan toleransinya terhadap rendaman dengan memasukkan gen Sub1 yang sekarang sedang dalam uji daya hasil.

Toleran kekeringan. Untuk mengantisipasi dampak kemarau panjang, BB Padi telah melepas varietas unggul toleran kekeringan. Inpago 5 merupakan varietas unggul padi gogo toleran kekeringan dan mampu berproduksi 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 mendominasi lahan kering masam.

Inpari 10 adalah varietas unggul baru padi sawah yang toleran terhadap kekeringan dengan potensi hasil 7 t/ha. Memiliki batang kokoh, Inpari 10 tahan rebah dan agak tahan terhadap hama wereng batang coklat (WBC) dan penyakit hawar daun bakteri (HDB) strain III.

Di samping dua varietas tersebut, BB Padi juga telah melepas varietas berumur sangat genjah yaitu Inpari 1, Inpari 11, Inpari 12, dan Inpari 13. Penggunaan varietas sangat genjah ini dapat membebaskan tanaman dari ancaman kekeringan.

Toleran salinitas. varietas Banyuasin toleran terhadap lahan berkadar garam tinggi (salinitas), dan telah berkembang di beberapa



Inpari 10, varietas unggul baru padi sawah toleran kekeringan.

daerah pasang surut, antara lain di Sumatera Selatan. Varietas unggul ini tahan terhadap penyakit 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.

Tahan wereng batang coklat dan tungro. Ada kecenderungan ledakan hama WBC dan perkembangan hama penyakit lainnya yang mengancam pertanaman padi di beberapa daerah akhir-akhir ini terkait dengan dampak perubahan iklim, terutama akibat meningkatnya suhu dan kelembaban. BB Padi terus berupaya menghasilkan varietas unggul berdaya hasil tinggi dan tahan terhadap hama dan penyakit. Varietas Inpari 13 yang dilepas pada tahun 2010 tahan terhadap WBC, umur genjah (103 hari), dan toleran kekeringan dengan potensi hasil 8 t/ha. Kini varietas Inpari 13 sudah mulai berkembang di beberapa sentra produksi padi. Selain itu telah tersedia pula dua calon varietas unggul padi sawah yang tahan terhadap hama WBC, keduanya akan dilepas dengan nama Inpari 18 dan Inpari 19.

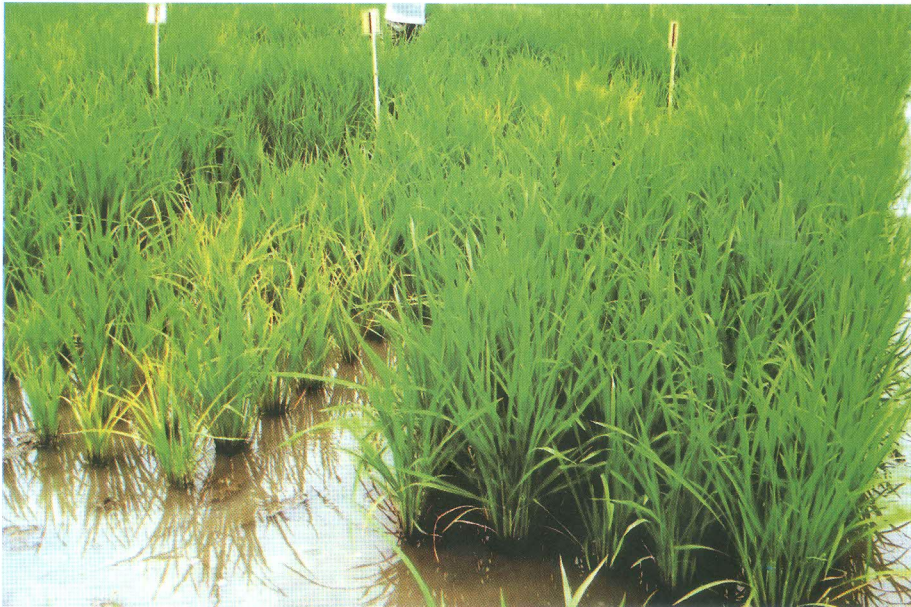
Tungro, penyakit utama padi sawah, pernah merusak pertanaman padi, terutama di Sulawesi, Bali, sebagian Jawa dengan kerugian yang cukup besar. Hasil pengujian Loka Penelitian Penyakit Tungro di Lanrang, Sulawesi Selatan, menunjukkan varietas unggul baru Inpari 7 dan Inpari

9 lebih tahan terhadap penyakit tungro dibanding varietas tahan yang dilepas sebelumnya, seperti Tukad Unda dan Tukad Petanu. Inpari 7 dan Inpari 9 berdaya hasil masing-masing 8,7 t dan 9,9 t/ha.

Beberapa galur generasi lanjut OBSTG-02 137, 124, 130, 154, 37, 56, 139, 138, 134, dan 156 dipersiapkan sebagai calon varietas unggul baru tahan tungro. Pada uji multilokasi dapat diidentifikasi galur yang memiliki kesesuaian dengan agroekosistem setempat. Dalam waktu dekat akan diusulkan salah satu dari beberapa galur tersebut untuk dilepas sebagai varietas unggul tahan tungro dengan daya hasil yang sama atau lebih tinggi dari varietas Ciherang yang saat ini mewarnai sebagian areal pertanaman padi.

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 3).

Varietas Inpari 9 memperlihatkan tingkat penularan virus tungro yang rendah, sementara galur dan varietas lain di sekelilingnya terinfeksi berat. Penggunaan varietas Inpari 9 diharapkan dapat menekan tingkat kehilangan hasil padi akibat penyakit tungro.



Tabel 3. Galur-galur harapan padi untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim.

Galur	Keunggulan	Keterangan
TB409-TB-14-3, B1249E-MR-1, TB368-TB-25-MR-2, B11597C-TB-2-24, dan UNSOED G10	Padi gogo toleran kekeringan dan tahan blas	Dua galur pertama dalam proses pelepasan varietas
IPB 1R Dadahup, dan IPB 2R Batola	Toleran rendaman	Berasal dari galur-galur IPB Bogor
B105310 KN-15-2-D-LR, BP1352-1G-KN-14, BP1178-2F-26, dan BP1550-1G-21-1	Tahan wereng batang coklat (WBC)	Galur pertama 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 dari Vietnam

Pengurangan Laju Emisi GRK dari Areal Pertanaman Padi

Dari sekitar 1,35 Gt emisi GRK secara nasional, sektor pertanian menyumbang sekitar 75 juta t per tahun yang sebagian besar (70%) berasal dari lahan sawah. GRK yang dilepas dari lahan sawah umumnya dalam bentuk CH_4 (metana) dan N_2O (dinitro oksida).

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

Pengairan berselang. Salah satu opsi yang dapat menekan emisi GRK adalah melalui 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 pengairan tanaman dapat dihemat sampai 30%.



Paralon berlubang merupakan alat sederhana untuk mengukur ketersediaan air di permukaan lahan dalam upaya penerapan sistem pengairan berselang pada tanaman padi di lahan sawah.

Metode pengairan basah-kering dipraktekkan sejak tanam sampai satu minggu sebelum tanaman berbunga. Sawah diairi apabila kedalaman muka air tanah telah menurun menjadi +15 cm dari permukaan tanah. Metode ini dapat diketahui dengan bantuan alat sederhana yang terbuat dari paralon berlubang yang ditanamkan ke dalam tanah. Teknologi penghematan air dengan cara irigasi berselang mengurangi periode sawah tergenang sehingga dapat menekan emisi CH_4 dari lahan sawah sebesar 30-50%.

Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi (PHSL). Teknik pengairan basah kering dapat meningkatkan emisi gas N_2O dan GRK lain, yang tingkat kerusakannya 310 kali lebih hebat dari CO_2 . Terbentuknya N_2O dipicu oleh kondisi hara N yang berlebihan di tanah pada kondisi tidak jenuh air. Keuntungan dari penerapan PHSL di antaranya adalah menekan secara langsung emisi N_2O dan CH_4 dan meningkatkan serapan karbon dengan meningkatnya biomas tanaman padi.



Perangkat lunak PHSL untuk menentukan takaran pupuk pada padi sawah.

Untuk mengurangi terbentuknya N_2O , teknik pengairan basah-kering harus diikuti oleh pengelolaan hara yang baik. Pemberian N yang sesuai dengan kebutuhan tanaman akan mengurangi kelebihan sisa N dalam tanah. Agar aplikasi pupuk sesuai dengan kebutuhan tanaman kini sudah tersedia alat berupa perangkat lunak PHSL padi dalam bahasa Indonesia.

Pengurangan emisi gas metana. Pada lahan sawah tergenang dengan kondisi tanah anaerob, emisi gas metana terjadi pada saat bahan organik dalam tanah mengalami proses dekomposisi. Metana adalah gas rumah kaca yang 21 kali lebih berbahaya dari CO_2 . Metana

menyumbang 20% terhadap pengaruh gas rumah kaca, dan tanaman padi menyumbang 10% terhadap peningkatan emisi gas metana dari lahan sawah. Volume emisi gas metana dapat dikurangi melalui penanaman varietas berdaya hasil tinggi dengan emisi rendah (Tabel 4).

Pengelolaan residu tanaman padi. Setelah padi dipanen dan gabah digiling menjadi beras akan menyisakan jerami dan sekam. Sisa tanaman ini biasanya dikembalikan ke lahan sawah atau dibakar. Apabila sisa tanaman padi ini dimasukkan ke dalam tanah akan menghasilkan gas metana akibat terjadinya dekomposisi pada kondisi tanah jenuh air. Apabila jerami dan sekam padi dibakar, metana dan asap yang terbentuk mengandung CO_2 dan CO yang akan berkontribusi terhadap perubahan iklim.

Residu sekam setengah bakar bila dikembalikan ke lahan sawah akan menekan emisi gas metana 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. Sedangkan teknologi sederhana pembuatan arang dari jerami belum diketahui.

Mengurangi waktu tanak nasi. Setiap hari jutaan ibu rumah tangga menanak nasi dan untuk itu diperlukan bahan bakar minyak, gas, atau

Tabel 4. Emisi gas metan dari lahan sawah yang ditanami beberapa varietas unggul padi.

Varietas	Emisi CH ₄ (kg/ha/musim)	Hasil padi (t GKG/ha)	Hasil padi (GKG) per kg CH ₄	Indeks emisi (kg CH ₄ /t GKG)
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	27,7
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: BB SDLP (2010)

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 Sibundong, 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.

Ketersediaan Teknologi Jagung

Untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim terhadap penurunan produksi sereal, khususnya jagung, diperlukan teknologi adaptasi yang meliputi varietas toleran kekeringan, umur genjah, toleran genangan, tahan hama penyakit, 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 8 toleran kekeringan mampu berproduksi 11,7 t/ha.



Tabel 5. Varietas dan galur harapan jagung toleran kekeringan.

Varietas/Galur	Umur (hari)	Hasil (t/ha)
Bima 4 (hibrida)	102	11,7
Lamuru (komposit)	90	7,6
ST201007	<90	9,71
ST201039	<90	9,24
ST201006	<90	9,14
ST201035	<90	9,12
ST201037	<90	9,05

Balitsereal telah menghasilkan jagung toleran kekeringan, yaitu varietas Bima 4 untuk jenis hibrida dan Lamuru untuk jenis komposit, masing-masing dengan potensi hasil 11,7 t dan 7,6 t/ha. Kedua varietas ini telah dikembangkan di daerah kering beriklim kering, antara lain di Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tengah, dan Sulawesi Selatan. Hingga saat ini telah dihasilkan pula galur harapan jagung komposit toleran kekeringan dengan potensi hasil 9,1-9,7 t/ha (Tabel 5).

Varietas Umur 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. Jagung umur genjah dan super genjah 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.

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.



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

Varietas Toleran Genangan

Selain kekeringan, perubahan iklim juga mengakibatkan terjadinya hujan berkepanjangan yang berpotensi mengganggu pertumbuhan tanaman jagung, terutama pada stadia vegetatif awal. Untuk mengantisipasi kondisi ini telah dilakukan skrining galur dengan tingkat toleransi tinggi terhadap genangan. Saat ini terdapat lima galur yang toleran terhadap genangan dengan potensi hasil 8-9 t/ha, yaitu GM 226, GM 228, GM 291, GM 327, dan GM 338.

Varietas Tahan Hama dan Penyakit

Penyakit bulai merupakan penyakit utama tanaman jagung yang apabila tidak dikendalikan akan menyebabkan kehilangan hasil, bahkan tanaman mengalami puso. Peningkatan suhu dan kelembaban akhir-akhir ini diperkirakan makin mempercepat perkembangbiakan dan penyebaran spora. Beberapa daerah, antara lain Bengkayang di Kalimantan Barat dan Kediri di Jawa Timur, telah menjadi daerah endemik penyakit bulai. Untuk menanggulangi penyakit ini telah dilakukan pencarian gen-gen

Tabel 6. Varietas dan galur jagung tahan hama dan penyakit utama.

Varietas/galur	Hama/penyakit	Hasil (t/ha)
Bima 3 Bantimurung (hibrida)	bulai	10,0
Lagaligo (komposit)	bulai	7,5
G10104428, G101044-46, Mal 01-2, Mal 04-1, dan G-193-1	bulai	8,0
G1 – G21	penggerek batang	8,5
EG1 – EG51	kumbang bubuk	7,6

tahan hama dan penyakit. Karakterisasi molekuler berbasis marka SSR (*Single Sequence Repeats*) dan SNP (*Single Nucleotide Polymorphisms*) untuk perakitan varietas jagung toleran cekaman abiotik juga telah dilakukan melalui proses penelusuran gen secara molekuler dan pengurutan DNA. Sejak tiga tahun terakhir telah teridentifikasi beberapa galur jagung dengan ketahanan spesifik terhadap hama dan penyakit (Tabel 6).

Jagung Bergizi Tinggi untuk Daerah Rawan Pangan

Penurunan produksi dapat terjadi akibat perubahan iklim, sehingga di beberapa daerah, terutama daerah beriklim kering, dikhawatirkan akan terjadi rawan pangan dan gizi. Balitsereal telah mengembangkan jagung protein bermutu tinggi (QPM) dan jagung berkadar pro-vitamin A tinggi untuk menanggulangi masalah gizi buruk.

Jagung protein bermutu tinggi (QPM). Program pemuliaan jagung QPM dimulai sejak 2003 melalui pertukaran materi genetik bersari bebas dan hibrida dengan CIMMYT. Tujuh tahun kemudian telah dihasilkan dua varietas jagung QPM yang dilepas dengan nama Srikandi Kuning-1 dan Srikandi Putih-1. Keduanya memiliki kandungan lisin dan triptofan lebih tinggi dari jagung biasa (Tabel 7).

Asam amino lisin dan triptofan jagung QPM berperan dalam mengantisipasi penyakit busung lapar pada anak balita, menjaga keseimbangan bobot badan agar tidak terlalu berlemak atau untuk diet, memperbaiki nilai nutrisi pada ibu hamil, di samping dapat meningkatkan kualitas pakan ternak.

Tabel 7. Kandungan asam amino (%) jagung QPM.

Varietas	Protein	Lisin	Triptofan
Bima 13Q (hibrida)	10,69	0,46	0,09
Bima 12Q (hibrida)	10,51	0,52	0,46
Srikandi Kuning-1 (komposit)	10,28	0,46	0,85
Srikandi Putih-1 (komposit)	7,81	0,36	0,07
Jagung biasa	8,69	0,35	0,06

Dewasa ini jagung QPM bersari bebas telah berkembang di Nangroe Aceh Darussalam, Sumatera Barat, Lampung, Jawa Barat, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Bali, Gorontalo, Sulawesi Tengah, dan Sulawesi Selatan. Pada tahun 2010 Balitsereal juga telah menghasilkan dua jagung hibrida QPM yang akan dilepas dengan nama varietas Bima 12Q dan Bima 13Q, dengan potensi hasil 10-11 t/ha.

Jagung provitamin-A. Jagung kaya akan karbohidrat, namun kekurangan nutrisi mikro penting seperti vitamin A (beta karoten). Vitamin A adalah nutrisi yang diperlukan dalam tubuh. Kekurangan vitamin A dapat menghambat pertumbuhan, meningkatkan risiko penyakit anemia, rabun senja, dan bahkan dapat menyebabkan gangguan reproduksi.

Pada tahun 2010 telah dihasilkan dua varietas jagung komposit provit A yaitu Srikandi Kuning-2 dan Srikandi Kuning-3 masing-masing dengan kandungan beta karoten 0,08 dan 0,15 ppm atau 2-4 kali lebih tinggi dari jagung biasa. Ciri fisik yang menonjol dari jagung provit-A adalah biji berwarna orange-merah yang tidak hanya dapat dilihat pada *pericarp* tetapi juga pada endosperm.

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. Aplikasi pupuk dengan cara



Galur jagung provit-A kaya beta karoten, hasil penelitian Balitsereal

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.

Ketersediaan Teknologi Kedelai

Perakitan varietas ditujukan untuk menghasilkan varietas unggul dengan berbagai sifat yang menguntungkan, antara lain toleran kekeringan, toleran genangan, berumur genjah, dan tahan hama utama. Penanaman varietas umur genjah memberikan peluang bagi tanaman kedelai untuk memanfaatkan sisa air dari pertanaman padi musim kemarau.

Varietas Toleran Kekeringan dan Umur Genjah

Balitkabi telah menghasilkan dua varietas kedelai toleran kekeringan dan umur genjah, yaitu Argomulyo dan Grobogan, masing-masing dengan umur 82 dan 76 hari dan potensi hasil 3,1 dan 3,4 t/ha dengan rata-rata 2,0 dan 2,8 t/ha. Pengujian di berbagai lokasi menunjukkan galur SHR-W-60 dan Aochi/W-60 toleran kekeringan, umur 73 hari, potensi hasil 3,3 t/ha dengan rata-rata 2,5 t/ha.

SHR/W-60, galur harapan kedelai super genjah (73 hari) dengan potensi hasil 3 t/ha.





Galur harapan kedelai toleran jenuh air.

Varietas Umur Genjah dan Toleran Genangan

Untuk mengantisipasi tanah jenuh air 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. Balitkabi 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.

Varietas Tahan Hama Utama

Perubahan iklim berimplikasi terhadap peningkatan populasi hama. Ulat grayak *Spodoptera litura* dan pengisap polong merupakan hama penting kedelai yang dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 80% dan bahkan puso apabila tidak dikendalikan. Hasil pengujian menunjukkan varietas Ijen tahan terhadap ulat grayak, umur 83 hari, potensi hasil 2,5 t/ha dengan rata-rata 1,8 t/ha. Sementara itu telah dihasilkan pula tiga galur yang tahan terhadap serangan ulat grayak (IAC100/Burangrang-94P, IAC100/Burangrang-95P, IAC 100/Burangrang/Kaba-89P) dengan potensi hasil 2,3-2,7 t/ha dan dua galur tahan hama pengisap polong (G 100 H/SHRW=34, SHRW-60-G 100H/G100H) dengan potensi hasil 3,1 t dan 3,5 t/ha.

Kutu kebul (*Bemisia tabaci*) kini mengancam tanaman kedelai di sentra produksi di Jawa Timur dan tidak tertutup kemungkinan menyebar ke daerah lain. Kehilangan hasil akibat serangan hama ini dapat mencapai 80%, dan bahkan puso apabila tidak dikendalikan. Varietas Gepak Kuning, Gepak Ijo, Wilis, Kaba, dan Argomulyo tahan terhadap kutu kebul, sedangkan varietas Anjasmoro tergolong rentan (Tabel 8).

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 di lapangan menunjukkan varietas Grobogan, Pangrango, Argomulyo, dan Malabar toleran terhadap naungan (Tabel 9).

Tabel 8. Beberapa varietas kedelai tahan terhadap serangan hama kutu kebul *Bemisia tabaci*.

Varietas	Hasil (t/ha)	Reaksi
Gepak Kuning	1,56	Tahan
Gepak Hijau	1,46	Tahan
Wilis	1,77	Tahan
Kaba	1,70	Tahan
Argomulyo	1,77	Tahan
Anjasmoro	0,12	Sangat peka

Tabel 9. Varietas kedelai toleran naungan.

Varietas	Umur (hari)	Hasil di bawah naungan (t/ha)	Potensi hasil 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



Tanaman kedelai toleran naungan yang ditanam di antara tanaman jati dan kelapa yang masih muda di Ngawi, Jawa Timur, MH 2011.

Teknologi 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, Puslitbang Tanaman Pangan (BB-Padi, Balitkabi, Balitsereal, dan Lolittungro) 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, Puslitbang Tanaman Pangan bekerja sama dengan lembaga penelitian internasional seperti IRRI dan CIMMYT akan 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.

Secara alamiah tanaman padi mensintesis beta karoten dalam jaringan vegetatif, tidak di dalam endosperm yang menyebabkan bulir padi berwarna putih. Biosintesis beta karoten (provitamin A) dapat berlangsung dalam endosperm padi melalui rekayasa genetika. Padi hasil rekayasa genetika yang mengandung beta karoten dikenal dengan nama padi emas (*golden rice*). Padi emas dihasilkan dengan cara mentransformasi gen yang mengkode *phytoene synthase* (*psy*) dan gen yang mengkode *phytoene desaturase* (*crt I*) dengan promoter 35S melalui vektor *A. tumefaciens* ke dalam genom tanaman padi. Dengan menambahkan dua gen tersebut, pembentukan beta karoten dapat terakumulasi di dalam endosperm, yang merupakan bagian dalam bulir padi, sehingga endosperm dan beras padi emas berwarna kuning. Padi emas akan menjadi andalan dalam memperbaiki gizi masyarakat.

Padi emas generasi kedua (GR2) diusahakan untuk dapat meningkatkan kandungan *carotenoid* lebih tinggi lagi. Akumulasi *carotenoid* dalam padi emas GR2 dapat mencapai 37 µg/g beta karoten. Angka ini 23 kali lebih tinggi dibandingkan dengan beta karoten padi emas generasi pertama (GR1) yang hanya 1,6 µg/g. IRRI telah menyalangkan

padi emas GR2 dengan varietas IR64 dan Ciherang selain dengan varietas lain yang populer di Filipina dan Bangladesh.

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.

IRRI sedang mempelajari 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)*, BB Padi 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.

Puslitbang Tanaman Pangan juga siap menghadapi 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.

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

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 diadopsi petani. Untuk dapat segera dikembangkan, benih sumber dari varietas unggul yang dihasilkan disalurkan kepada berbagai pihak, terutama BPTP. Untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim, BB Padi pada tahun 2009 telah menyalurkan benih sumber ke berbagai daerah sebanyak 49,6 ton, yang terdiri atas varietas toleran kekeringan, umur

Menteri Pertanian RI, Dr Suswono, MM (kedua dari kiri) yang didampingi oleh Kepala Badan Litbang Pertanian Dr Haryono (kanan), Dirjen Tanaman Pangan Ir. Udhoru 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.



sangat genjah, toleran rendaman, toleran salinitas, dan tahan hama wereng batang coklat (WBC). Pada tahun 2010 jumlah benih sumber padi yang disalurkan meningkat menjadi 79,5 ton (Tabel 10). Benih sumber tersebut diharapkan diperbanyak di daerah oleh penangkar yang profesional untuk dikembangkan lebih lanjut.

Pada tahun 2011 Balai Besar dan Balai Penelitian lingkup Puslitbang Tanaman Pangan 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, 61,8 ton di antaranya telah didistribusikan melalui BPTP (Tabel 11).

Tabel 10. Benih sumber padi yang telah disebarakan ke beberapa sentra produksi padi untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim, 2009-2010.

Varietas	Tahun 2009 (ton)	Tahun 2010 (ton)	Sifat penting
Inpari 10	5,2	11,2	Toleran kekeringan
Inpara 3, 4, 5	0,25	2,6	Toleran rendaman
Banyuasin	0,4	0,19	Toleran salinitas
Inpari 2, 3, 4, 6	4,6	38,6	Tahan hama WBC
Inpari 1, 12, 13	27,2	27,1	Umur genjah

WBC = wereng batang coklat

Tabel 11. Distribusi benih tanaman pangan untuk program SL-PTT, Januari-Mei 2011.

Komoditas	Kelas benih	Jumlah (ton)	Varietas yang telah didistribusikan
Padi	FS	9,00	Inpago 6, Inpara 2, Inpara 3, Inpari 1, Inpari 10, Inpari 11, Inpari 12, Inpari 13, Inpari 4, Inpari 6, Inpari 7, Inpari 9, Inpari 9 Elo, Tukad Unda, Cibogo, Cisokan,
	SS	51,36	Inpari 1, Inpari 10, Inpari 13, Inpari 3, Inpari 4, Inpari 6, Inpari 7, Inpari 8, Logawa, Mekongga, Situ Bagendit
Jagung	F1 hibrida	0,86	Bima 2 dan Bima 3
	Komposit	0,38	Lamuru, Sukmaraga, Srikandi Kuning, Srikandi Putih, Lagaligo, Bisma, Gumarang, Arjuna, Anoman
Kedelai	BS	0,18	Argomulyo, Burangrang, Grobogan
Jumlah		61,78	

Rujukan

- Apryantono, A., S.G. Irianto, Suyamto, Irsal Las, T. Sodaryanto, 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 Teknologhi dan Ketahanan Pangan. BB Padi. Sukamandi.

- 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.
- Runtuuwu, E, dan H. Syahbuddin. 2007. Perubahan Pola Curah Hujan dan Dampaknya Terhadap Potensi Periode Masa Tanam. *Jurnal Tanah dan Iklim* N0 26: 1-12.
- Runtuuwu, 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 banjir di Indonesia. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Wiyono, S. 2009. Perubahan iklim, pemicu ledakan hama dan penyakit tanaman. *Salam* 26:22-23.

ISBN 978-979-1159-47-0