Pedoman Umum

Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kementerian Pertanian
2011

TIM PENYUSUN

Pengarah : Haryono (Kepala Badan Litbang Pertanian)

Penanggungjawab : Muhrizal Sarwani (Kepala BB Litbang SDLP)

Wk. Penanggungjawab : Prihasto Setyanto (Kepala Balitklimat)

Penyusun :
1. Popi Rejekiningrum (Balitklimat)
2. Irsal Las (BBSDLP/Balitklimat)
3. Istiqlal Amien (Balitklimat)
4. Nurwindah Pujilestari (Balitklimat)
5. Woro Estiningtyas (Balitklimat)
6. Elza Surmaini (Balitklimat)
7. Suciantini (Balitklimat)
8. Yeli Sarvina (Balitklimat)
9. Aris Pramudia (Balitklimat)
10. Budi Kartiwa (Balitklimat)
11. Sri Muharsini (Puslitbangnak)
12. Sudarmaji (BB Padi)
13. Hardiyanto (Balitjestro)
14. Catur Hermanto (Balitbu)
15. Gatot Ari Putranto (Ditlin Tanaman Pangan)
16. Oswald Marbun (BPTP Jabar)

Nara Sumber/Kontributor:
1. A. Karim Makarim (Puslitbangtan)
2. Rizaldi Boer (IPB-CCROM-SEAP)
3. Supiandi Sabiham (IPB)
4. Hidayat Pawitan (IPB)
5. Budi Tangenjaya (Balitnak)
6. Bambang Prastowo (Puslitbangbun)
7. Nono Sutrisno (Puslitbanghort)

Editor : Hermanto (Puslitbangtan)

Tata letak : Edi Hikmat (Puslitbangtan)

PENGANTAR

Dengan sifat iklim yang dinamis, variabilitas dan perubahan iklim merupakan suatu keniscayaan yang mesti dan telah mulai terjadi di beberapa tempat. Namun karena pemanasan global akibat berbagai aktivitas manusia mempercepat dinamika dan perubahan iklim yang terjadi secara alami. Perubahan iklim berdampak terhadap berbagai aspek kehidupan dan aktivitas manusia.

Walaupun ikut berkontribusi sebagai penyebab, sektor pertanian merupakan korban dan paling rentan (*vulnerable*) terhadap perubahan iklim, terutama Ketahanan Pangan Nasional. Dampak perubahan iklim terhadap ketahanan pangan nasional terjadi secara runtut, mulai dari pengaruh negatif terhadap sumberdaya (lahan dan air), infrastruktur pertanian (irigasi) hingga sistem produksi melalui produktivitas, luas tanam dan panen. Petani juga memiliki sumberdaya yang lebih terbatas untuk dapat beradaptasi pada perubahan iklim.

Berdasarkan konsekuensi dan dampak dari perubahan iklim tersebut, diperlukan arah dan strategi antisipasi dan penyiapan program aksi adaptasi dengan dukungan teknologi inovatif dan adaptif. Untuk mencapai tujuan tersebut, perlu suatu panduan atau pedoman umum, baik dalam rangka antisipasi untuk menyiapkan strategi dan program adaptasi maupun dalam rangka pelaksanaan atau aksi adaptasi.

Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian ini menguraikan beberapa dampak perubahan iklim pada masing-masing sub sektor, arah dan strategi serta program aksi adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian. Pedoman umum adaptasi perubahan iklim sektor pertanian diharapkan menjadi acuan bagi seluruh pemangku kepentingan dalam menyusun program dan petunjuk operasional terkait upaya adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian.

Kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian ini disampaikan penghargaan dan terimakasih

Desember 2011

Kepala Badan,

Dr. Haryono, MSc.

DAFTAR ISI

PENGANTAR iii

I. PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Tujuan 2

1.3. Pendekatan 2

1.4. Sasaran 3

II. DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA SEKTOR PERTANIAN 4

2.1. Dampak Perubahan Pola Curah Hujan dan Kejadian Iklim Ekstrim 4

2.2. Peningkatan Suhu Udara 15

2.3. Dampak Kenaikan Muka Air Laut dan Rob 20

III. STRATEGI ADAPTASI 24

3.1. Ketersediaan Informasi dan Teknologi (Baseline Data) 26

3.2. Pengarusutamaan Program dan Kebijakan Adaptasi Perubahan Iklim 39

3.3. Membangun Kepedulian Masyarakat 40

IV. SASARAN PENGEMBANGAN PROGRAM ADAPTASI 45

4.1. Riset dan Pendidikan 45

4.2. Kebijakan dan Perencanaan Pertanian 47

4.3. Sistem Pendukung Kelembagaan Pertanian 48

4.4. Pelaku Usaha Pertanian 50

V. PENUTUP 52

DAFTAR PUSTAKA 53

GLOSSARY 55

LAMPIRAN 57

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sektor pertanian dalam periode 2004-2008 berhasil meningkatkan produksi padi dari 54,1 juta ton GKG pada tahun 2004 menjadi 60,3 juta ton GKG pada tahun 2008 atau meningkat dengan laju 2,8% per tahun. Bahkan laju peningkatan produksi padi dalam periode 2006-2008 mencapai 5,2% per tahun. Keberhasilan dalam meningkatkan produksi padi nasional ini menjadikan Indonesia kembali berswasembada beras pada tahun 2008. Dalam periode yang sama, produksi jagung dan kedelai juga mengalami peningkatan masing-masing dengan laju 9,5% dan 3,14% per tahun (Ditjen Tanaman Pangan, 2009; Apryantono *et al*., 2009).

Di balik keberhasilan itu, pembangunan pertanian ke depan akan dihadapkan kepada berbagai kendala dan masalah biofisk, diantaranya perubahan iklim yang disebabkan oleh pemanasan global akibat peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK). Hal ini berdampak terhadap perubahan sistem fisik dan biologis lingkungan seperti peningkatan intensitas badai tropis, perubahan pola presipitasi, salinitas air laut, perubahan pola angin, masa reproduksi hewan dan tanaman, distribusi spesies dan ukuran populasi, dan frekuensi serangan hama penyakit tanaman. Indonesia sebagai negara kepulauan yang terletak di kawasan khatulistiwa rentan terhadap perubahan iklim. Beberapa unsur iklim yang mengalami perubahan antara lain pola curah hujan, muka air laut, suhu udara, dan peningkatan kejadian iklim ekstrim yang menyebabkan banjir dan kekeringan. Pertanian adalah sektor yang paling serius terkena dampak perubahan iklim.

Hampir semua sub-sektor pertanian, terutama hortikultura dan ternak, mempunyai risiko tinggi terancam dampak perubahan iklim. Di sisi lain, sektor pertanian dituntut untuk berperan dalam pengembangan bahan bakar nabati (BBN) atau bioenergi seperti biodiesel, bioetanol, dan biogas. Sumber utama biodiesel adalah kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, dan kemiri. Sumber bioetanol adalah komoditas penghasil pati (sagu dan ubi-ubian), gula (tebu, nira), dan selulose (limbah kayu, bagas tebu). Sementara sumber penghasil biogas adalah kotoran ternak. Walaupun tujuan utamanya adalah untuk mitigasi atau penurunan emisi GRK dan ketahanan energi, tetapi pengembangan BBN memerlukan upaya adaptasi, terutama dalam sistem produksi bahan bakunya.

Untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian diperlukan arah dan strategi antisipasi dan penyiapan program aksi adaptasi dengan dukungan teknologi inovatif dan adaptif. Bahkan kebijakan sektor pertanian dalam menghadapi perubahan iklim memposisikan upaya adaptasi sebagai strategi dan prioritas utama. Upaya adaptasi dipandang sebagai langkah penyelamatan agar ketahanan pangan dan sasaran pembangunan

pertanian dapat dicapai. Upaya adaptasi dilakukan melalui pengembangan pertanian yang toleran (*resilience*) terhadap variabilitas dan perubahan iklim saat ini dan di masa yang akan datang.

Upaya yang sistematis dan terintegrasi dengan strategi yang handal, serta komitmen dan tanggung jawab bersama dari berbagai pemangku kepentingan dan para pihak sangat diperlukan dalam mengantisipasi dampak perubahan iklim. Untuk dapat diimplementasikan dengan mudah di lapangan, upaya antisipasi dampak perubahan iklim memerlukan sosialisasi dan pedoman yang jelas, termasuk strategi dan program aksi adaptasi. Pedoman umum ini menguraikan beberapa dampak perubahan iklim terhadap masing-masing sub-sektor serta arah, strategi, dan program aksi adaptasi sektor pertanian.

1.2. Tujuan

Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim di Sektor Pertanian bertujuan untuk:

1. Memberikan arahan dan meningkatkan pemahaman dalam mengidentifikasi dampak perubahan iklim.
2. Mendorong dan mengarahkan upaya dan program aksi adaptasi pertanian untuk mengurangi atau memanfaatkan variabilitas dan dampak perubahan iklim.
3. Mendorong dan mengarahkan upaya identifikasi teknologi *existing* dan sederhana (*indigenous technology dan local wisdom*), serta perakitan teknologi yang adaptif terhadap perubahan iklim.
4. Mengembangkan sistem informasi iklim dan diseminasi teknologi yang inovatif dalam menghadapi dampak perubahan iklim.

1.3. Pendekatan

Pedoman umum ini disusun berdasarkan "Road Map Strategi Sektor Pertanian Menghadapi Perubahah Iklim" yang sudah diterbitkan oleh Kementerian Pertanian pada tahun 2010 (juncto revisi, 2011), hasil diskusi dalam Rapat Kerja Badan Litbang Pertanian pada 26-28 April 2011, hasil penelitian, dan berbagai referensi, antara lain:

1. Renstra Departemen Pertanian 2010-2014 (2010) dan Renstra Badan Litbang Pertanian (2010).
2. Strategi dan Teknologi Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim (Badan Litbang Pertanian, 2007).
3. Rencana Aksi Nasional Perubahan Iklim (Kementerian Lingkungan Hidup, 2007).

4. Technology Need Assessment for Adaptation to Climate Change in Agricultural Sector (2009).
5. Rumusan Raker Badan Litbang Pertanian pada 26-28 April 2011.

1.4. Sasaran

Sasaran utama penyusunan pedoman umum ini antara lain adalah:

1. Meningkatnya pemahaman terhadap dampak dan upaya adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian oleh pemangku kebijakan dan para pihak, terutama di lingkungan Kementerian Pertanian, Pemerintah Daerah, dan institusi terkait.
2. Pengarus-utamaan (*main streaming*) program adaptasi perubahan iklim dalam program Kementerian Pertanian, termasuk program penelitian dan pengembangan.
3. Peningkatan kepedulian dan pemahaman petani atau masyarakat pertanian terhadap informasi iklim dan upaya implementasi teknologi adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian.

Sebagai sasaran akhirnya adalah terselenggara dan tercapainya seluruh sasaran program pembangunan pertanian secara optimal, sebagaimana yang tertuang dalam empat sukses pembangunan pertanain, dan meminimaliasasi dampak perubahan iklim terhadap ketahanan pangan nasional dan sistem produksi pertanian.

II. DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA SEKTOR PERTANIAN

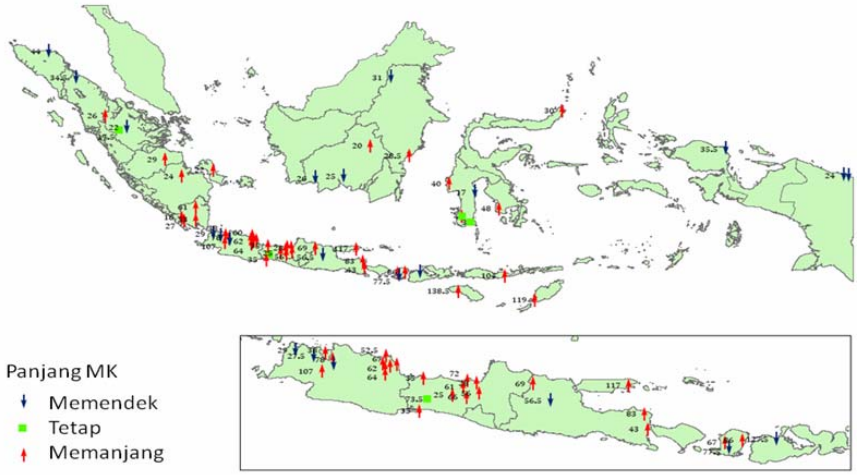
Perubahan iklim merupakan salah satu ancaman yang sangat serius terhadap sektor pertanian dan potensial mendatangkan masalah baru bagi keberlanjutan produksi pangan dan sistem produksi pertanian pada umumnya. Perubahan iklim adalah kondisi beberapa unsur iklim yang *magnitude* dan/atau intensitasnya cenderung berubah atau menyimpang dari dinamika dan kondisi rata-rata, menuju ke arah (*trend*) tertentu (meningkat atau menurun). Penyebab utama perubahan iklim adalah kegiatan manusia (antropogenik) yang berkaitan dengan meningkatnya emisi gas rumah kaca (GRK) seperti CO_2, methana (CH_4), CO_2, NO_2, dan CFCs (*chlorofluorocarbons*) yang mendorong terjadinya pemanasan global dan telah berlangsung sejak hampir 100 tahun terakhir.

Pengaruh perubahan iklim terhadap sektor pertanian bersifat multi-dimensional, mulai dari sumberdaya, infrastruktur pertanian, dan sistem produksi pertanian, hingga aspek ketahanan dan kemandirian pangan, serta kesejahteraan petani dan masyarakat pada umumnya. Pengaruh tersebut dibedakan atas dua indikatior, yaitu kerentanan dan dampak. Secara harfiah, kerentanan (*vurnerable*) terhadap perubahan iklim adalah "kondisi yang mengurangi kemampuan (manusia, tanaman, dan ternak) beradaptasi dan/atau menjalankan fungsi fisiologis/biologis, perkembangan/fenologi, pertumbuhan dan produksi serta reproduksi secara optimal (wajar) akibat cekaman perubahan iklim". Dampak perubahan iklim adalah "gangguan atau kondisi kerugian dan keuntungan, baik secara fisik maupun sosial dan ekonomi yang disebabkan oleh cekaman perubahan iklim".

2.1. Dampak Perubahan Pola Curah Hujan dan Kejadian Iklim Ekstrim

Perubahan pola hujan sudah terjadi sejak beberapa dekade terakhir di beberapa wilayah di Indonesia, seperti pergeseran atau galau awal musim hujan dan perubahan pola curah hujan. Selain itu terjadi kecenderungan perubahan intensitas curah hujan bulanan dengan keragaman dan deviasi yang semakin tinggi serta peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrim, terutama curah hujan, angin, dan banjir robb.

Beberapa ahli menemukan dan memprediksi arah perubahan pola hujan di Bagian Barat Indonesia, terutama di Bagian Utara Sumatera dan Kalimantan, dimana intensitas curah hujan cenderung lebih rendah, tetapi dengan periode yang lebih panjang. Sebaliknya, di Wilayah Selatan Jawa dan Bali intensitas curah hujan cenderung meningkat tetapi dengan periode yang lebih singkat (Naylor, 2007). Secara nasional, Boer *et al.* (2009) mengungkapkan tren perubahan secara spasial, di mana curah hujan pada musim hujan lebih bervariasi dibandingkan dengan musim kemarau.



Gambar 1. Perubahan panjang musim kemarau di seluruh Indonesia. (Sumber: Boer *et al.,* 2009).

Perubahan iklim juga berdampak terhadap peningkatan hujan musiman DJF secara signifikan di sebagian besar wilayah di Jawa, Kawasan Timur Indonesia, dan Sulawesi. Sebaliknya, perubahan iklim berdampak terhadap penurunan hujan musiman JJA secara signifikan di sebagian besar wilayah Jawa, Papua, Bagian Barat Sumatera, dan Bagian Timur Selatan Kalimantan. Perubahan iklim mengakibatkan musim kemarau memanjang di sebagian besar wilayah Jawa, Bagian Selatan Sumatera, Kalimantan Tengah, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara (Gambar 1).

Keragaman iklim antar-musim dan tahunan, terutama yang menyebabkan munculnya iklim ekstrim akibat fenomena ENSO dan Osilasi Antlantik atau Osilasi Pasifik, juga semakin meningkat dan menguat. Menurut Timmerman *et al*. (1999) dari Max Planck Institute dan Hansen *et al.* (2006), pemanasan global cenderung meningkatkan frekuensi El-Nino (Gambar 4) dan menguatkan fenomena La-Nina. Peningkatan siklus ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) dari 3-7 tahun sekali menjadi 2-5 tahun sekali (Ratag, 2001).

2.1.1. Sumber Daya Lahan dan Air

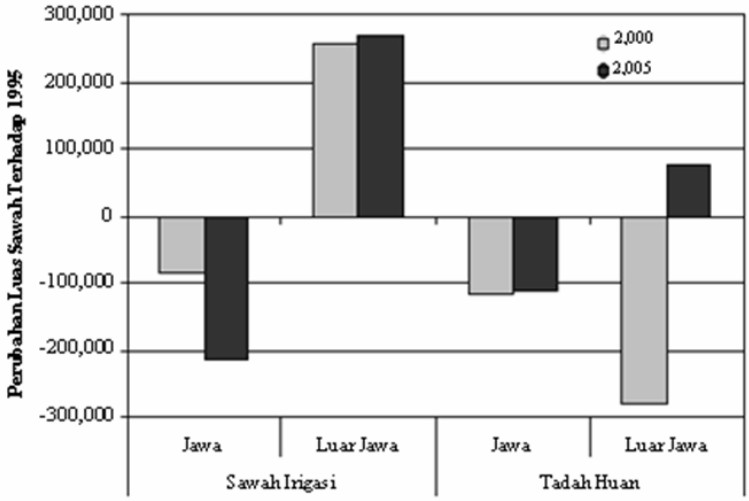
Secara umum, perubahan iklim akan berdampak terhadap penciutan dan degradasi (penurunan fungsi) sumberdaya lahan, air dan infrastruktur terutama irigasi, yang menyebabkan terjadinya ancaman kekeringan atau banjir. Di sisi lain, kebutuhan lahan untuk berbagai penggunaan seperti pemukiman, industri, pariwisata, transportasi, dan pertanian terus meningkat, sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kemajuan zaman. Secara absolut, lahan yang tersedia relatif tetap, bahkan cenderung menciut dan terdegradasi,

baik akibat tidak tepatnya pengelolaan maupun dampak perubahan iklim. Kondisi tersebut menyebabkan laju konversi lahan akan semakin sulit dibendung dan sistem pengelolaan lahan akan semakin intensif, bahkan cenderung melebihi daya dukungnya.

Berdasarkan analisis Irawan *et al.* (2001), dalam periode 1981-99 telah terjadi alih fungsi lahan sawah seluas 1.002.055 ha, sementara penambahan luas lahan sawah hanya 518.224 ha. dalam periode 1999-2002 telah terjadi konversi lahan sawah seluas 167.150 ha, yang menyebabkan penciutan lahan sawah seluas 107.482 ha (Gambar 2) (Sutomo, 2004). Data penciutan lahan sawah ini masih menjadi kontroversial, tetapi fakta di lapangan mengindiaksikan bahwa intensitas konversi lahan semakin tinggi dan sulit dikendalikan.

Penciutan lahan sawah tadah hujan di Jawa relatif kecil setelah tahun 2000. Sementara di luar Jawa cenderung meningkat tajam, sekitar 300.000 ha selama kurun waktu 1995-2000, terutama akibat beralih fungsi menjadi areal perkebunan kelapa sawit (Gambar 2).

Pengusahaan lahan kering perbukitan atau lahan berlereng padat penduduk pada umumnya kurang memperhatikan aspek lingkungan dan seakan mendorong perluasan lahan kritis yang umumnya berada di kawasan DAS penyangga. Selain menurunkan produktivitas, kerusakan lahan tersebut juga menurunkan fungsi hiodrlogis dan potensi sumberdaya air akibat penurunan daya serap dan daya tampung air, meningkatnya ancaman banjir,



Gambar 2. Perubahan luas lahan sawah irigasi dan tadah hujan pada tahun 2000 dan 2005 dibandingkan dengan tahun 1995.
(Sumber: Diolah dari Data Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian)

dan kekurangan air atau bahkan kekeringan. Ancaman banjir dan kekeringan akan diperparah oleh perubahan pola curah hujan dan kejadian iklim ekstrim akibat perubahan iklim.

Selain itu, tingkat kerusakan jaringan irigasi juga cukup tinggi. Diperkirakan saat ini jaringan irigasi yang tidak berfungsi dengan baik mencapai 70%, sehingga mengurangi efisiensi penggunaan air (Ditjen PLA 2006). Perubahan pola curah hujan menyebabkan penurunan ketersediaan air pada waduk, terutama di Jawa. Sebagai contoh, selama 10 tahun rata-rata volume aliran air dari DAS Citarum yang masuk ke waduk menurun dari 5,7 milyar m^3 menjadi 4,9 milyard m^3 per tahun (PJT II, 2009). Kondisi tersebut berimplikasi terhadap turunnya kemampuan waduk Jatiluhur mengairi sawah di Pantura Jawa. Kondisi yang sama ditemui pada waduk lain di Jawa, seperti Gajahmungkur dan Kedung Ombo.

Data menunjukkan, tingkat kerentanan lahan pertanian terhadap kekeringan cukup bervariasi antar-wilayah, terutama lahan sawah di beberapa wilayah di Sumatera dan Jawa. Dari 5,14 juta ha lahan sawah yang dievaluasi, 74 ribu ha di antaranya sangat rentan dan sekitar satu juta ha rentan terhadap kekeringan. Kekeringan yang lebih luas terjadi pada tahun-tahun El Nino, dimana rata-rata luas wilayah pertanaman padi yang mengalami kekeringan pada periode 1989-2006 lebih dari 2.000 ha per kabupaten, antara lain di Pantai Utara Jawa Barat, terutama Kabupaten Indramayu, sebagian Pantai Utara Nanggroe Aceh Darusalam, Lampung, Kalimantan Timur, Sulawesi Barat, Kalimantan Selatan, dan Lombok.

Ancaman banjir yang semakin sering terjadi pada lahan sawah juga salah satu dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian. Hal ini menyebabkan berkurangnya luas areal panen dan produksi padi. Peningkatan intensitas banjir secara tidak langsung akan mempengaruhi produksi karena meningkatnya serangan hama dan penyakit tanaman. Peningkatan frekuensi banjir dapat menimbulkan masalah berupa serangan hama keong emas pada tanaman padi. Di samping itu, juga ada indikasi bahwa lahan sawah yang terkena banjir pada musim sebelumnya berpeluang lebih besar mengalami ledakan serangan hama wereng coklat.

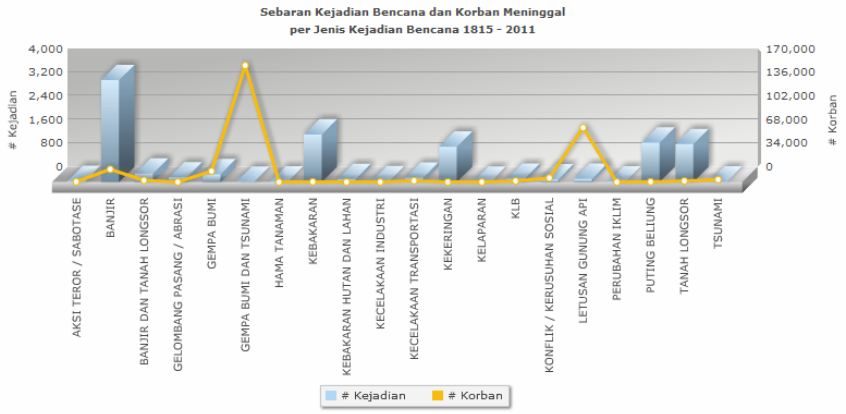
Kebutuhan air di dalam negeri pada tahun 1990 adalah 3.169×10^6 m^3, sedangkan angka proyeksi pada tahun 2000 dan 2015 berturut-turut sebesar 6.114×10^6 m^3 dan 8.903×10^6 m^3. Berarti peningkatan kebutuhan air berkisar antara 10% per tahun dalam periode 1990-2000 dan 6,67% per tahun dalam periode 2000-2015 (Status Lingkungan Hidup Indonesia 2002). Berdasarkan perhitungan kebutuhan air oleh Ditjen Sumber Daya Air, Departemen Pekerjaan Umum, maka Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara Timur telah mengalami defisit air, terutama pada musim kemarau. Defisit air akan bertambah parah di masa yang akan datang akibat pertambahan penduduk, meningkatnya kegiatan ekonomi, dan perubahan iklim (Tabel 1).

Dampak perubahan iklim terhadap sektor yang berkaitan dengan sumber daya air antara lain meningkatnya kejadian cuaca dan iklim ekstrim yang berpotensi menimbulkan banjir, tanah longsor, dan kekeringan. Kondisi tersebut diperparah oleh semakin menurunnya daya dukung lahan akibat meningkatnya tekanan terhadap lahan. Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menunjukan bahwa kejadian bencana di Indonesia dalam periode 1815-2011 didominasi oleh faktor hidrometeorologi dan interaksinya (Gambar 3). Data inventarisasi kejadian banjir menunjukkan kejadian antar-musim mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dengan pertumbuhan eksponensial. Data kekeringan berdasarkan pemantauan pada tahun 2002 menunjukkan bahwa fluktuasi kejadian kekeringan terjadi antar-musim dan mengalami peningkatan walaupun belum terlihat *trend* yang nyata (Gambar 5).

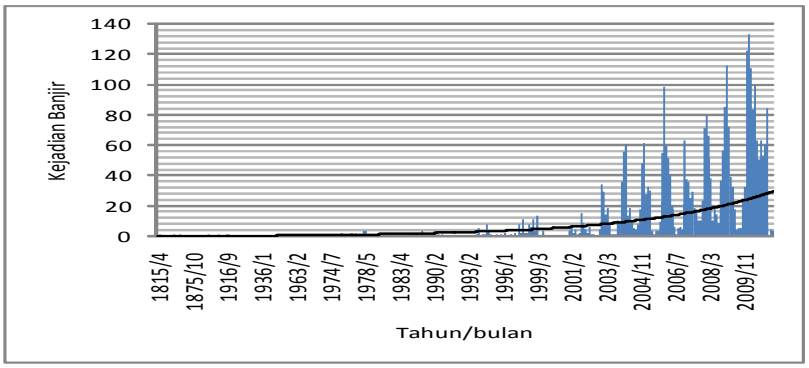
Tabel 1. Neraca ketersediaan air pada musim kemarau di Indonesia pada tahun 2003 dan 2020.

Pulau	Ketersediaan (milyar m^3)	Kebutuhan (milyar m^3)			
		2003	Neraca	2020	Neraca
Sumatera	96.2	11.6	Surplus	13.3	Surplus
Jawa-Bali	25.3	38.4	Defisit	44.1	Defisit
Kalimantan	167	2.9	Surplus	3.5	Surplus
Nusa Tenggara	4.2	4.3	Defisit	4.7	Defisit
Sulawesi	14.4	9	Surplus	9.7	Surplus
Maluku	12.4	0.1	Surplus	0.1	Surplus
Papua	163.6	0.1	Surplus	0.2	Surplus

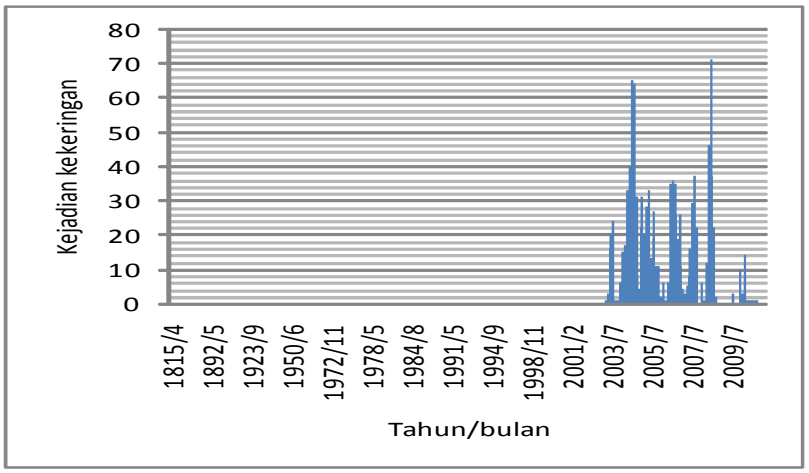
Sumber: Sub Direktorat Hidrologi, Direktorat Pemanfaatan Sumberdaya Air, Dep. Kimpraswil (2003).



Gambar 3. Data dan informasi bencana di Indonesia (Sumber: Badan Nasional Penanggulangan Bencana).

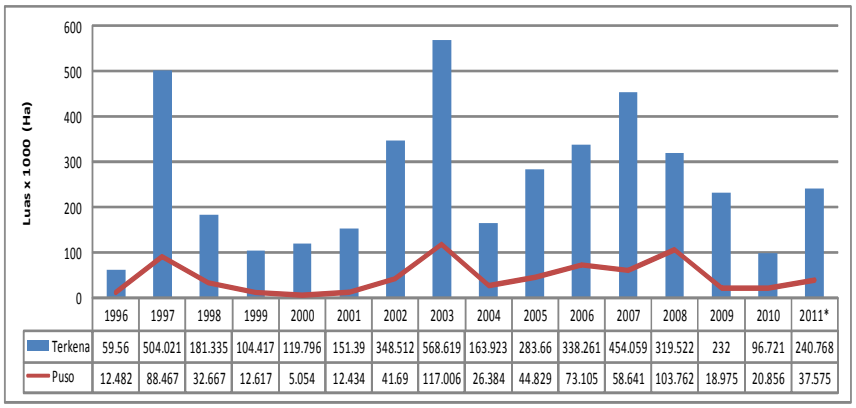


Gambar 4. Kejadian banjir dalam periode 1815-2011.



Gambar 5. Kejadian kekeringan dalam periode 1815-2011.

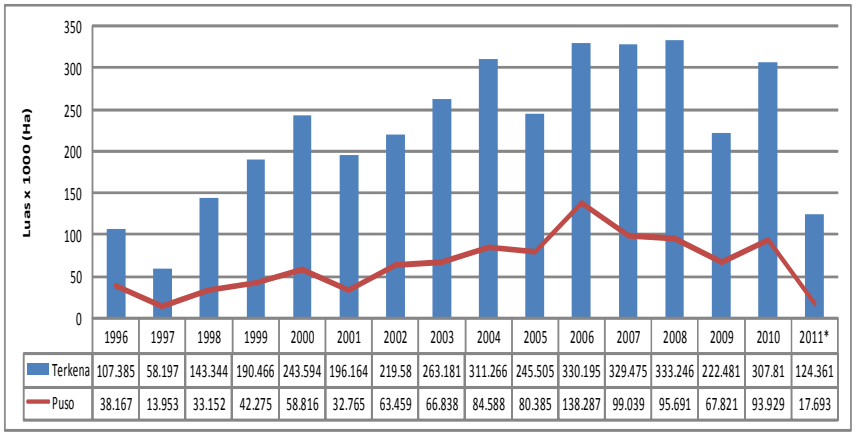
Data pemantauan luas kekeringan dan kebanjiran pada lahan sawah disajikan pada Gambar 6 dan 7. Pada Gambar 5 terlihat bahwa puncak kekeringan tertinggi terjadi pada tahun 1997 (El-Nino), 2003, dan 2007. Kejadian kekeringan yang terpantau sejak tahun 1996 hingga 2011 memiliki tren peningkatan luasan. Khusus untuk padi sawah, hasil pemantauan menunjukkan bahwa luasan banjir dalam periode 1996-2011 berfluktuasi dengan kejadian dan penambahan luas wilayah terkena banjir cenderung meningkat dari tahun ke tahun.



	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011*
Terkena	59.56	504.021	181.335	104.417	119.796	151.39	348.512	568.619	163.923	283.66	338.261	454.059	319.522	232	96.721	240.768
Puso	12.482	88.467	32.667	12.617	5.054	12.434	41.69	117.006	26.384	44.829	73.105	58.641	103.762	18.975	20.856	37.575

Keterangan: *data s/d bulan Oktober 2011
Sumber: Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan

Gambar 6. Luas areal pertanaman padi yang mengalami kekeringan di Indonesia dalam periode 1996-2011.



	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011*
Terkena	107.385	58.197	143.344	190.466	243.594	196.164	219.58	263.181	311.266	245.505	330.195	329.475	333.246	222.481	307.81	124.361
Puso	38.167	13.953	33.152	42.275	58.816	32.765	63.459	66.838	84.588	80.385	138.287	99.039	95.691	67.821	93.929	17.693

Keterangan: *data s/d bulan Oktober 2011
Sumber: Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan

Gambar 7. Luas areal pertanaman padi yang didera banjir di Indonesia dalam periode 1996-2011.

2.1.2. Tanaman

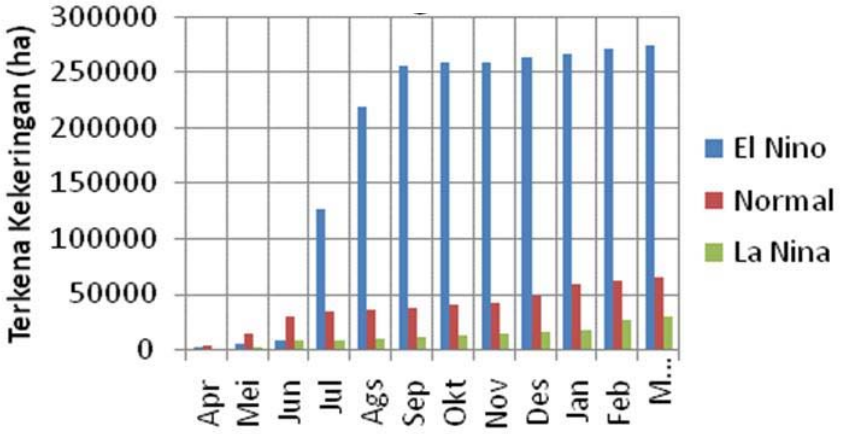
Pertanian, terutama subsektor tanaman pangan, paling rentan terhadap perubahan pola curah hujan, karena tanaman pangan umumnya merupakan tanaman semusim yang relatif sensitif terhadap cekaman (kelebihan dan kekurangan) air. Secara teknis, kerentanan tanaman pangan sangat berhubungan dengan sistem penggunaan lahan dan sifat tanah, pola tanam, teknologi pengelolaan tanah, air, tanaman, dan varietas (Las *et al*., 2008b).

Oleh sebab itu, kerentanan tanaman pangan terhadap pola curah hujan akan berimbas pada luas areal tanam dan panen, produktivitas, dan kualitas hasil.

Kejadian iklim ekstrim, terutama El-Nino atau La-Nina, antara lain menyebabkan: (a) kegagalan panen, penurunan IP yang berujung pada penurunan produktivitas dan produksi; (b) kerusakan sumberdaya lahan pertanian; (c) peningkatan frekuensi, luas, dan bobot/intensitas kekeringan; (d) peningkatan kelembaban; dan (e) peningkatan intensitas gangguan organisme pengganggu tanaman (OPT) (Las *et al.*, 2008).

a. Tanaman Pangan dan Kekeringan

Tingkat kerentanan lahan pertanian terhadap kekeringan cukup bervariasi antar-wilayah dan dari 5,14 juta ha lahan sawah yang dievaluasi, 74 ribu ha di antaranya sangat rentan dan sekitar satu juta ha rentan terhadap kekeringan (Tabel 1) (Wahyunto, 2005). Dalam periode 1991-2006, luas pertanaman padi yang dilanda kekeringan berkisar antara 28.580-867.930 ha per tahun dan puso 4.614-192.331 ha (Direktorat Perlindungan Tanaman, 2007). Kekeringan yang lebih luas terjadi pada tahun-tahun El Nino. Tim SNC (2009) mengidentifikasi luas rata-rata wilayah pertanaman padi yang mengalami kekeringan pada tahun El Nino dalam periode 1989-2006, lebih dari 2.000 ha per kabupaten di Pantai Utara Jawa Barat, terutama Kabupaten Indramayu, sebagian Pantai Utara Nanggroe Aceh Darusalam, Lampung, Kalimantan Timur, Sulawesi Barat, Kalimantan Selatan, dan Lombok. Frekuensi kejadian kekeringan pada pertanaman padi sawah khususnya di Jawa tiga kali dalam empat tahun dan umumnya meningkat tajam pada tahun El Nino (Boer *et al.*, 2009) (Gambar 8).



Gambar 8. Frekuensi kejadian kekeringan pada pertanaman padi sawah.

Penelitian Konsorsium Litbang Perubahan Iklim (KP3I), Badan Litbang Pertanian, memprediksi bahwa perubahan iklim, terutama akibat El-Nino, akan memperluas areal pertanaman yang terancam kekeringan, khususnya padi sawah, dari 0,3-1,4% menjadi 3,1-7,8%, sementara areal yang mengalami puso akibat kekeringan meningkat dari 0,04-0,41% menjadi 0,04-1,87%.

b. Tanaman Pangan dan Banjir

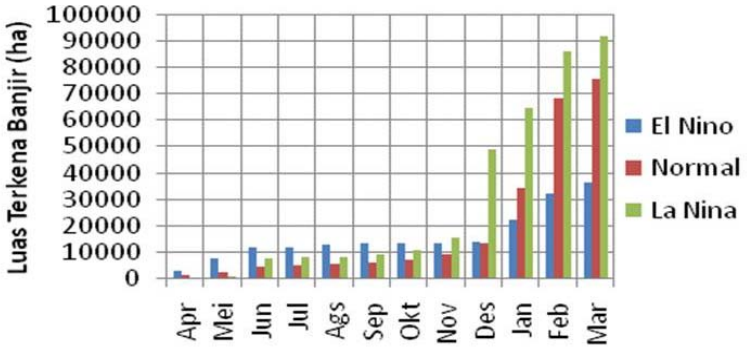
Banjir yang semakin sering terjadi menyebabkan berkurangnya luas areal panen dan turunnya produksi padi secara siginifikan. Lahan sawah di Jawa yang rentan terhadap banjir/genangan disajikan pada Tabel 3.

Identifikasi menunjukkan bahwa frekuensi kejadian banjir pada pertanaman padi sawah berkisar antra 2-3 kali dalam empat tahun dan umumnya meningkat tajam pada tahun La-Nina (Boer *et al*., 2009) (Gambar 9).

Tabel 3. Luas lahan sawah yang rawan banjir/genangan di Jawa.

Propinsi	Sangat rawan (ha)	Rawan (ha)	Kurang rawan (ha)	Tidak rawan (ha)	Jumlah (ha)
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
DI 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
Persentase	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.



Gambar 9. Frekuensi kejadian kekeringan pada pertanaman padi sawah.

Peningkatan intensitas banjir secara tidak langsung akan mempengaruhi produksi karena meningkatnya serangan hama penyakit (OPT). Menurut Wiyono (2009), peningkatan frekuensi kejadian banjir dapat menimbulkan masalah berupa serangan hama keong emas pada tanaman padi. Petani di Desa Tinawun Malo, Bojonegoro, menyatakan tidak ada hama keong emas di daerahnya, namun setelah kejadian banjir besar pada tahun 2007 hama tersebut muncul dalam jumlah yang banyak dan merusak tanaman padi muda.

Terdapat indikasi bahwa lahan sawah yang terkena banjir pada musim sebelumnya berpeluang lebih besar mengalami ledakan hama wereng coklat pada musim berikutnya. Hal serupa dilaporkan oleh Pusat Kajian Pengendalian Hama Terpadu IPB pada tahun 1999 setelah melakukan kajian di 90 titik di tiga kabupaten di Jawa Barat (Karawang, Indramayu, dan Tasikmalaya). Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan (2007) juga melaporkan bahwa serangan wereng coklat meningkat drastis pada tahun kejadian La-Nina 1998.

La-Nina menyebabkan peningkatan luas areal pertanaman yang rawan banjir, dari 0,75-2,68% menjadi 0,97-2,99%, dan areal pertanaman yang mengalami puso akibat banjir meningkat dari 0,24-0,73% menjadi 8,7-13,8%. Secara agregat, perubahan iklim potensial diperkirakan menurunkan produksi padi nasional dari 2,45-5,0% menjadi lebih dari 10% (Las *et al.*, 2010).

c. Tanaman Pangan dan Pergeseran Pola Curah Hujan

Pergeseran pola hujan mempengaruhi sumberdaya dan infrastruktur pertanian yang menyebabkan bergesernya waktu tanam, musim, dan pola tanam, serta degradasi lahan. Adanya kecenderungan pemendekan musim hujan dan peningkatan curah hujan di Bagian Selatan Jawa dan Bali mengakibatkan perubahan awal dan durasi musim tanam, sehingga mempengaruhi indeks penanaman (IP), luas areal tanam, awal waktu tanam dan pola tanam. Mundurnya awal musim hujan selama 30 hari dapat menurunkan produksi padi di Jawa Barat dan Jawa Tengah sebanyak 6,5% dan di Bali mencapai 11% dari kondisi normal.

Sebaliknya, di Bagian Utara Sumatera dan Kalimantan ada kecenderungan perpanjangan musim hujan dengan intensitas yang lebih rendah, yang mengakibatkan pemanjangan musim tanam dan peningkatan IP. Namun produktivitas lahan di Sumatera dan Kalimantan tidak sebaik di Jawa. Perubahan pola curah hujan juga menyebabkan penurunan ketersediaan air pada waduk, terutama di Jawa. Sebagai contoh, selama 10 tahun rata-rata volume aliran air dari DAS Citarum yang masuk ke waduk menurun dari 5,7 milyar m^3 menjadi 4,9 milyard m^3 per tahun (PJT II, 2009). Kondisi tersebut berimplikasi terhadap penurunan kemampuan waduk Jatiluhur mengairi sawah di Pantura Jawa. Kondisi yang sama ditemui pada waduk lain di Jawa, seperti Gajahmugkur dan Kedung Ombo.

d. Tanaman Hortikultura

Dampak perubahan iklim secara ekstrim tidak hanya mengganggu produksi beras, tapi juga hortikultura dan palawija, sehingga memicu kenaikan inflasi nasional (Bisnis Indonesia, 2010). Sebagian tanaman hortikultura dan palawija terancam rusak akibat perubahan iklim, misalnya cabai dan bawang merah di beberapa sentra produksi. Oleh karena itu, antisipasi dapat diupayakan melalui pembuatan sedinet atau parit yang lebih dalam untuk mencegah tanaman dari rendaman air.

Sebaliknya, Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Jawa Timur pada tahun 2009 melaporkan bahwa perubahan iklim juga berdampak positif bagi pertanian. Pada kasus kekeringan tahun 2009, misalnya, terjadi penurunan serangan hama penyakit pada bawang merah, kangkung, sawi, kentang, kacang panjang, cabai rawit, dan cabai merah. Hal serupa juga dialami oleh komoditas buah, berbunga serentak lebat dan waktu berbunga maju, khususnya mangga dan jambu air, dan menghasilkan buah yang bagus karena tidak ada serangan hama penyakit.

Kejadian iklim ekstrim La-Nina atau curah hujan hampir sepanjang tahun selama tahun 2010 telah menyebabkan anjloknya produksi berbagai komoditas hortikultura, baik kuantitats maupun kualitas. Produksi mangga, apel, pisang, dan jeruk turun 20-25%, manggis 15-20%, beberapa jenis tanaman sayuran 20-25%, dan pada tanaman hias sangat beragam (Ditlin Horti, 2011).

e. Tanaman Perkebunan

Dampak perubahan iklim yang menonjol terhadap tanaman perkebunan, terutama kelapa sawit, karet, dan coklat, adalah penurunan produksi akibat perubahan pola curah hujan dan kejadian iklim ekstrim. Kekeringan sangat berpengaruh terhadap produktivitas dan kualitas hasil kelapa sawit, karet, kakao, tebu, kopi, dan tebu. Dampak kekeringan nyata menurunkan produksi tandan sawit. Apabila kelapa sawit mengalami defisit air 200-300 mm/tahun maka produksi TBS menurun sebesar 21-32% dan penurunan produksi TBS mencapai 60% jika defisit air terus berlanjut hingga lebih besar dari 500 mm/tahun (Tabel 4). Kekeringan juga dapat memicu kebakaran lahan, baik langsung maupun tidak langsung, yang berdampak terhadap penurunan produksi.

Sub-sektor perkebunan mempunyai peranan strategis dalam pengembangan bahan bakar nabati (BBN), seperti biodiesel, bioetanol, dan biogas yang juga berfungsi menurunkan emisi GRK, terutama melalui pengurangan penggunaan bahan bakar minyak dari energi fosil. Tanaman utama penghasil biodiesel adalah kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, dan kemiri sutan, sedangkan sumber bioetanol adalah tanaman penghasil pati (sagu, ubi-ubian) dan gula (tebu, nira). Perubahan iklim mempengaruhi sistem produksi komoitas-komoditas tersebut.

Tabel 4. Pengaruh kekeringan terhadap pertumbuhan dan produksi kelapa sawit (Ditjenbun, 2007).

Stadium Kekeringan	Nilai defisit air (mm/thn)	Gejala	Pengurangan produksi tandan buah segar (TBS)
Pertama	200-300	3-4 pelepah daun muda mengumpulkan dan umumnya tidak membuka 1-8 pelepah daun tua patah	21-32%
Kedua	300-400	4-5 pelepah daun muda dan umumnya tidak membuka 5-12 pelepah daun tua patah	33-43%
Ketiga	400-500	4-5 pelepah daun muda mengumpul dan umumnya tidak membuka 12-16 pelepah daun tua patah	44-53%
Keempat	>500	4-5 pelepah daun muda mengumpul dan umumnya tidak membuka 12-16 pelepah daun tua patah Pucuk patah	54-65%

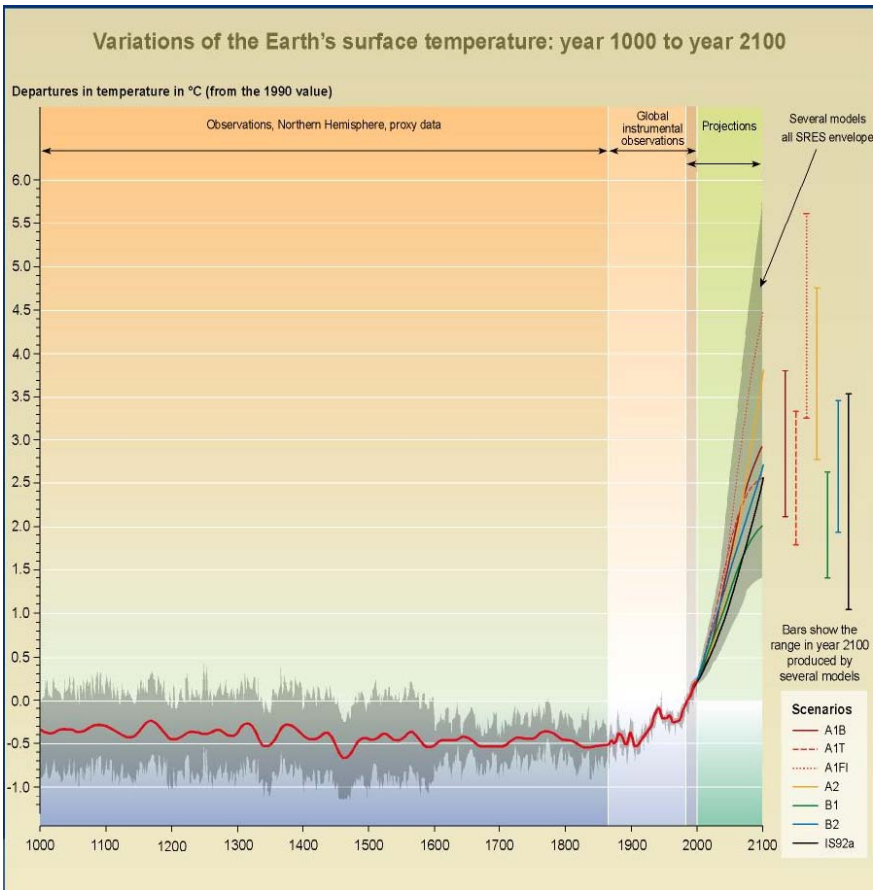
2.1.4. Ternak dan Kesehatan Hewan

Pengaruh perubahan pola hujan dan iklim ekstrim terhadap ternak belum banyak dipelajari. Pengaruh langsung dampak perubahan iklim terhadap ternak adalah pertumbuhan yang tidak optimal dan stres akibat kekeringan. Pengaruh tidak langsung dampak perubahan iklim terhadap ternak lebih serius karena berkurangnya ketersediaan pakan alami. Pada umumnya, penyediaan pakan ternak dipengaruhi oleh pola curah hujan, terutama di daerah beriklim kering. Pada musim kemarau dan/atau pada kondisi iklim ekstrim kering, ketersediaan pakan turun drastis, baik kuantitas maupun kualitas.

Dampak perubahan pola curah hujan dan iklim ekstrim terhadap ternak terjadi akibat dinamika dan pola distribusi penyakit hewan (OPH). Perubahan pola curah hujan, kelembaban, dan gas di atmosfer mempengaruhi pertumbuhan tanaman, jamur, serangga, dan interaksinya dengan *host*. Penyakit hewan cenderung meningkat pada musim hujan dan/atau iklim basah. Peluang kontaminasi berbagai penyakit bawaan ternak dari tanaman pakan lebih besar pada musim hujan, seperti jamur aflatoksin pada kacang tanah, gandum, jagung, dan beras. Oleh sebab itu, perubahan iklim juga akan mempengaruhi produktivitas ternak akibat penyakit menular.

2.2. Peningkatan Suhu Udara

Peningkatan suhu udara dalam seabad terakhir memang telah terjadi. Menurut laporan IPCC (2007), kenaikan suhu pada periode 2000-2100 diprediksi sebesar 2,1-3,9^{o}C (Gambar 10).



Gambar 10. Prediksi peningkatan suhu udara dalam periode 2000-2100.

Indikasi peningkatan suhu tercermin dari mencairnya glasiers di Amerika Selatan berdasarkan hasil identifikasi pada tahun 1928 dan 2004. Menurut laporan NASA, tahun 2005 merupakan tahun terpanas dalam seabad terakhir. Suhu udara di Indonesia dalam periode 2005-2035 rata-rata akan meningkat 1-1,5^{o}C.

Penelitian Runtunuwu dan Kondoh (2008) menunjukkan telah terjadi peningkatan suhu udara global selama 100 tahun terakhir, rata-rata 0.57^{0}C. Menurut Boer (2007), peningkatan suhu udara di Jakarta dalam periode 1880-2000 rata-rata 1,4°C pada bulan Juli dan 1,04°C pada bulan Januari.

2.2.1. Sumber Daya Lahan dan Air

Kenaikan suhu udara akibat perubahan iklim menyebabkan peningkatan laju penguapan, baik dari permukaan air (laut, danau, dan sungai) maupun permukaan tanah dan tanaman, yang secara meteorologi akan meningkatkan potensi presipitasi global. Nqamun berbagai model iklim menunjukkan bahwa pengaruhnya tidak merata di daerah yang berada di kawasan lintang tinggi dan sebagian lintang rendah, presipitasi dapat meningkat sampai 10% pada musim dingin, sedangkan beberapa wilayah di lintang tengah dan rendah mengalami penurunan curah hujan.

Sumberdaya air di daerah tandus dan setengah tandus sangat peka terhadap perubahan suhu dan curah hujan. Di wilayah lintang rendah, walaupun peningkatan kenaikan suhu diperkirakan relatif kecil, namun berdampak terhadap ketersediaan air tanah melalui dinamika kapasitas limpasan.

2.2.2. Tanaman

Peningkatan suhu menyebabkan terjadinya peningkatan transpirasi yang selanjutnya menurunkan produktivitas tanaman pangan (Las, 2007), meningkatkan konsumsi air, mempercepat pematangan buah/biji, menurunkan mutu hasil dan berkembangnya berbagai hama penyakit (OPT).

Direktor Jenderal IRRI menyatakan bahwa setiap kenaikan suhu 1^{o}C akan menurunkan produksi padi sebesar 8-10%. Hasil penelitian Tschirley (2007) menunjukkan telah terjadi penurunan hasil pertanian lebih dari 20% apabila suhu naik lebih dari 4^{o}C. Menggunakan model simulasi tanaman, John Sheehy (IRRI, 2007) menyatakan bahwa kenaikan hasil padi akibat kenaikan konsentrasi CO_2 75 ppm adalah 0,5 ton/ha dan penurunan hasil akibat kenaikan suhu 1°C adalah 0,6 ton/ha. Menurut Peng *et al.* (2004), setiap kenaikan suhu minimum 1°C akan menurunkan hasil padi sebesar 10%.

Jawa Tengah, Yogyakarta, Jawa Barat, dan wilayah lainnya, terutama di dataran rendah, akan mengalami penurunan produksi pangan. Walaupun masih perlu dikaji secara lebih mendalam, Handoko *et al*., (2008) mengindikasikan bahwa tanpa intervensi berupa upaya adaptasi, penurunan produksi jagung mencapai 10,5-19,9% hingga tahun 2050 akibat kenaikan suhu udara (Tabel 5).

Penelitian terbaru KP3I (Boer, 2008) menunjukkan, peningkatan suhu akibat naiknya konsentrasi CO_2 akan menurunkan hasil tanaman. Apabila laju konversi lahan sawah 0,77% per tahun dan tidak ada peningkatan indeks penanaman, maka produksi padi di tingkat kabupaten pada tahun 2025 akan mengalami penurunan sebesar 42.500-162.500 ton, kecuali jika diimbangi dengan peningkatan indeks pertanaman.

Tabel 5. Perkiraan penurunan hasil jagung pada tahun 2050 akibat peningkatan laju respirasi tanaman yang disebabkan oleh kenaikan suhu (Handoko *et al*, 2008)

Provinsi	Hasil panen 2006 ton/ha	Kenaikan suhu menjelang 2050 (°C)	Penurunan hasil panen 2050	
			ton/ha	(%)
Bali	2,8	0,0	0,0	0,0
Jawa Timur	3,7	0,0	0,0	0,0
Jawa Tengah	3,7	3,2	-0,7	-19,9
Yogyakarta	3,2	2,9	-0,6	-18,2
Jawa Barat	5,0	1,6	-0,5	-10,5
Banten	3,0	0,0	0,0	0,0
Pulau lainnya	3,2	1,8	-0,4	-11,7
Rata-rata	3,5			

Suhu udara maksimum dan minimum di Indonesia, berdasarkan data dari Provinsi Sumatera Utara, Jawa Barat, Jawa Timur, dan Sulawesi Selatan dalam periode 1971-2002 (Handoko *et al.*, 2008), menunjukkan tren meningkat di hampir seluruh wilayah.

Fakta menunjukkan indikasi kuat keterkaitan perubahan iklim seperti peningkatan suhu dengan perkembangan hama dan penyakit tanaman. Namun untuk memahami masalah tersebut secara komprehensif perlu kajian khusus tentang dampak perubahan iklim terhadap perkembangan hama dan penyakit sehingga dapat dirumuskan langkah antisipasi yang tepat, baik oleh pemerintah maupun masyarakat.

Pada kondisi suhu yang meningkat, populasi dan serangan berbagai hama dan penyakit cenderung meningkat, terutama jika diikuti oleh peningkatan kelembaban udara. Hama Thrips berkembang pada musim kemarau dan terus berkembang jika kemarau makin kering dan suhu makin panas. Di Taiwan, serangan hama Thrips pada tanaman terong meningkat pada suhu 25-30ºC (Chen dan Huang, 2004).

Infeksi virus gemini pada tanaman cabai dan tomat merupakan contoh lain yang fenomenal. Lima tahun lalu virus gemini tidak termasuk penyakit penting, tetapi kini menjadi merusak tanaman cabai dan tomat hampir di semua sentra produksi di Jawa (Bogor, Cianjur, Brebes, Wonosobo, Magelang, Klaten, Boyolali, Kulonprogo, Blitar, dan Tulungagung). Data dari Direktorat Perlindungan Tanaman Hortikultura Departemen Pertanian juga menunjukkan peningkatan penularan virus gemini dalam tiga tahun terakhir. Penyakit ini menyebabkan daun tanaman menguning dan produksi buah turun drastis. Epidemi penyakit gemini ditentukan antara lain oleh dinamika populasi serangga vektor, yaitu kutu kebul (*Bemisia tabaci*). Suhu yang tinggi dan kemarau panjang mendukung perkembangan kutu kebul.

Tabel 6. Pengaruh suhu dan curah hujan terhadap produktivitas kakao di Sulawesi Tengah dalam tiga periode.

Tahun	Suhu	Curah hujan	Produktivitas rendah	Produktivitas tinggi	Keterangan
1985-2002	Relatif normal	Normal, El Nino	1.500 kg	3.000 kg	Puncak produksi pada usia tanaman 10 tahun
2002-2009	Relatif normal	Normal, El Nino	800 kg	1.600 kg	
2010-2011	Relatih rendah	La Nina	200 kg	300 kg	Setelah terinfeksi penyakit VSD

Penelitian Wiyono (2009) menunjukkan bahwa selama tiga tahun terakhir terjadi penurunan penyakit hawar daun pada tomat oleh Phytophthora infestans. Sebelumnya penyakit ini paling merusak tanaman tomat di dataran tinggi. Penyakit hawar daun tomat lebih berkembang pada suhu 18-22^{o}C dan lembab. Pada tahun 1999, penyakit embun bulu yang disebabkan oleh **cendawan Peronospora destructor** paling merusak tanaman bawang merah dan bawang daun di dataran tinggi. Meski belum ada bukti empirik, tetapi kondisi ini diperkirakan terkait dengan peningkatan suhu bumi yang menyebabkan dataran tinggi menjadi lebih hangat.

Di Sulawesi Tengah, suhu rendah dan curah hujan tinggi pada malam hari, dan kelembaban yang tinggi memicu perkembangan penyakit VSD pada kakao. Penularan penyakit VSD meningkat pada kebun yang tergenang air (Tabel 6).

2.2.3. Ternak

Suhu berpengaruh terhadap vektor penyakit seperti nyamuk tertentu yang berperan sebagai vektor penyakit virus (*Bluetongue*, *West Nile*, *Japanese Encephalitis*, *Yellow Fever*, dan *Murrey Valey*) dapat berkembang lebih cepat, mulai dari telur sampai menjadi nyamuk dewasa pada suhu yang lebih tinggi. Virus yang terdapat pada nyamuk tersebut juga akan berkembang lebih cepat menjadi bentuk yang infektif pada lingkungan dengan suhu yang lebih tinggi. Dengan demikian, perubahan iklim dapat meningkatkan populasi nyamuk yg berperan sebagai vektor penyakit, sehingga dalam periode yang sama akan terdapat populasi nyamuk yang lebih banyak, demikian pula populasi nyamuk yang infektif.

Penyakit hewan yang kemungkinan akan banyak muncul pada kondisi suhu bumi meningkat dan perubahan iklim adalah *Blue Tongue*, yaitu penyakit virus yang penyebarannya diperantarai oleh nyamuk sebagai vektor. Pada suhu yang meningkat, perkembangbiakan nyamuk tersebut lebih pesat sehingga peluang menularkan virus *Blue Tongue* dari ternak yang terjangkit

virus *Blue Tongue* kepada ternak sehat lebih besar. Demikian juga penyakit *Japanese Encephalitis* yang dapat menular dari hewan ke manusia melalui vektor berupa nyamuk. Penyakit influenza termasuk influenza unggas juga dapat berkembang dalam tempo 22 tahun ke depan, karena dipicu oleh perubahan lingkungan dimana kepadatan dan perpindahan penduduk, transportasi global, arus perdagangan, dan kelembaban meningkat. Oleh karena itu perlu diantisipasi untuk mencegah terjadinya wabah penyakit-penyakit tersebut.

Timbulnya wabah penyakit hewan pada kondisi suhu bumi meningkat dapat terjadi secara tidak langsung, tetapi stres pada hewan ternak akibat pemanasan global menyebabkan kesehatan ternak menurun dan mudah terkena berbagai penyakit. Keadaan ini perlu diantisipasi dengan memberikan pakan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya. Pada kondisi pemanasan global juga akan berkembangbiak kapang toksigenik pada pakan yang menghasilkan berbagai mikotoksin sehingga kesehatan ternak akan terganggu. Hal demikian harus diantisipasi, terutama pada pakan ternak komersial, dengan cara menambahkan zat atau senyawa antikapang atau antimikotoksin agar tidak menimbulkan kerugian akibat kerusakan pakan atau kematian ternak.

2.3. Dampak Kenaikan Muka Air Laut dan Rob

Dampak kenaikan muka air laut juga nyata terjadi di Indonesia (Meiviana *et al.* 2004). Dalam periode 1925-89, muka air laut naik 4,38 mm/tahun di Jakarta (Gambar 14), 9,27 mm/tahun di Semarang, dan 5,47 mm/tahun di Surabaya. Penelitian Sofian (2010) *dalam* Boer (2011) membuktikan bahwa kenaikan muka air laut di Indonesia dalam periode 1993-2008 berkisar antara 0,2-0,6 cm per tahun. Suhu muka air laut juga meningkat rata-rata 0.020-0.023°C/ tahun.

Pada bulan Agustus 2010, di kutub utara telah terlepas bongkahan es (*giant ice berg*) sebesar Provinsi DKI Jakarta dengan ketebalan sekitar 500 m. Para ahli meyakini bahwa di wilayah kutub setiap hari terjadi erosi gunung es akibat pemanasan global. Oleh karena itu, pengamatan terhadap permukaan air laut menjadi sangat penting, apalagi hampir seluruh kota besar di dunia dan zona industri berada di tepi laut.

Pada 28 November 2010, banjir rob yang terjadi di sekitar Stasiun Kereta Api Tawang, Semarang. Peristiwa ini sudah terjadi sejak 100 tahun yang lalu. Kejadian ini terus berulang sehingga masyarakat peristiwa masuknya air laun ke dataran disebut rob. Selain disebabkan oleh naiknya air laut ke daratan akibat gelombang tinggi, rob juga disebabkan oleh struktur batuan kota Semarang yang masih muda dan terus mengalami penurunan. Akibat kejadian rob ini, lantai rumah di sekitar Stasiun Tawang sudah dinaikkan berulang kali

sehingga bila penghuninya berdiri hampir menyentuh plafon rumah. Laju kenaikan muka air laut akibat rob mencapai 9,3 mm/tahun.

2.3.1. Sumber Daya Lahan dan Air

Potensi penciutan lahan sawah akibat kenaikan muka air laut berkisar antara 113.000-146.000 ha, lahan kering areal tanaman pangan 16.600-32.000 ha, dan lahan kering areal perkebunan 7.000-9.000 ha. Menjelang tahun 2050, tanpa upaya adaptasi perubahan iklim secara nasional, produksi padi diperkirakan akan menurun 20,3-27,1% produksi jagung 13,6%; produksi kedelai 12,4%; dan produksi tebut 7,6% dibandingkan dengan kondisi tahun 2006. Potensi dan peluang 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).

Hasil analisis di lima wilayah pembangunan menunjukkan hingga tahun 2050 luas baku lahan sawah akan menyusut akibat tergenang atau tenggelam oleh kenaikan muka air laut, yakni di Jawa dan Bali 182.556 ha, Sulawesi 78.701 ha, Kalimantan 25.372 ha, Sumatera 3.170 ha, dan Nusatenggara khususnya Lombok 2.123 ha (Tabel 7).

Tingkat kerugian akibat kenaikan muka air laut terhadap penyusutan lahan sawah dalam bentuk produksi padi pada tahun 2050 diperkirakan mencapai 4,3 juta ton GKG atau 2,7 juta ton beras. Potensi dampak tersebut didasarkan pada tingkat produktivitas dan indeks pertanaman pada saat itu sudah meningkat dibandingkan dengan kondisi saat ini. Misalnya, produktivitas padi sawah di Jawa dan Bali saat itu 7 t/ha dengan IP 240%, sedangkan di luar Jawa dan Bali 5-6 t/ha dengan IP 150-200%.

Hasil penelitian pada tahun 2010 mengindikasikan bahwa jika pada tahun 2050 peningkatan permukaan laut mencapai 50 cm atau 100 cm, maka 5.251 ha dan 14.950 ha atau 0,30% dan 0,86% dari 1.732.124 ha lahan sawah di sepanjang Pantai Utara Jawa akan tergenang air laut (tenggelam) (Boer *el al.*, 2011). Hasil analisis ini didasarkan pada simulasi peta sebaran lahan sawah di Jalur Pantura Jawa. Walaupun persentasenya relatif kecil, tetapi

Tabel 7. 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

secara agregat produksi padi yang akan hilang secara permanen mencapai 50-150 ribu ton per tahun.

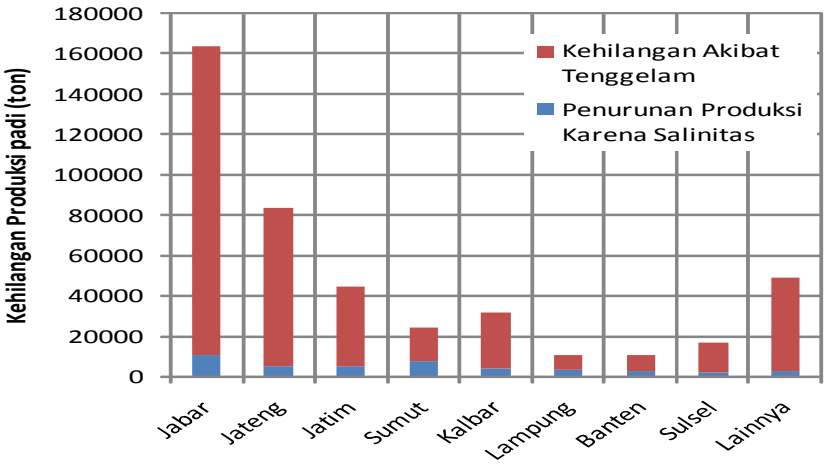
2.3.2. Tanaman

Di Pantura Jawa Barat, dampak kenaikan muka air laut terhadap penurunan produksi padi akibat salinitas terjadi di Indramayu. Hasil penelitian Boer *et al.* (2010) menunjukkan tingkat salinitas di Indramayu, Jawa Barat, berstatus sedang sampai sangat tinggi masing-masing pada kedalaman 0-30 cm dan 30-70 cm (Tabel 8). Menurut Grattan *et al*. (2002), tingkat salintas di bawah 2,0 dS/m tidak berpengaruh terhadap hasil padi. Apabila salinitas meningkat di atas 2 dS/m maka hasil akan menurun sekitar 10% untuk setiap kenaikan 1 dS/m.

Tabel 8. Status salinitas tanah di beberapa desa di Kabupaten Indramayu, Jawa Barat.

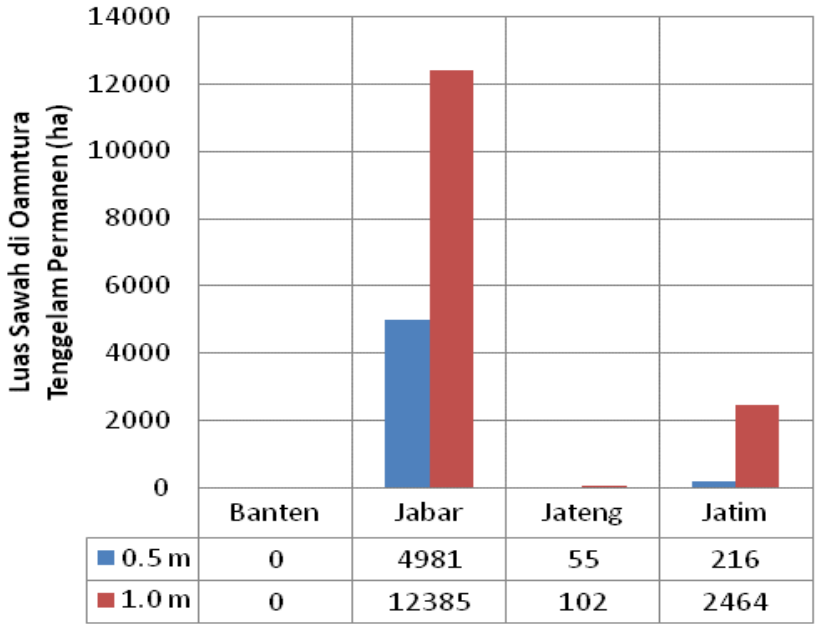
Desa	Kedalaman (cm)	ECa (dS/m)	pH (H_2O)	ECe (dS/m)	Na (cmol+Kg^-)	Status salinitas
Karanganyar	0-30	4,13	6,9	6,17	5,71	Sangat tinggi
	30-70	4,97	7,0	11,66	7,80	
Bulak	0-30	2,62	5,3	4,90	4,17	Tinggi
	30-70	3,11	4,8	5,93	4,61	
Wirakanan	0-30	0,81	6,8	3,05	4,09	Sedang
	30-70	1,19	7,0	2,95	4,32	

Sumber: Boer *et al.* (2011)



Gambar 12. Perkiraan kehilangan produksi padi akibat berkurangnya luas lahan dan peningkatan salinitas.
(Sumber: Pendugaan berdasarkan hasil kajian Foerster *et al.* (2011 *dalam* Boer et al., 2011)

Perkiraan kehilangan produksi padi akibat berkurangnya luas lahan dan peningkatan salinitas disajikan pada Gambar 12. Hasil penelitian Boer *et al.* (2010) menunjukkan berkurangnya lahan sawah secara permanen di Pantura Jawa (Gambar 13).



Gambar 13. Dampak permanen hilangnya lahan sawah di Pantura Jawa akibat terkena dampak kenaikan air laut.

III. STRATEGI ADAPTASI

Strategi adaptasi merupakan upaya penyesuaian kegiatan dan teknologi dengan kondisi iklim yang disebabkan oleh fenomena perubahan iklim akibat pemanasan global. Strategi dan kebijakan umum penanggulangan dampak perubahan iklim terhadap pertanian adalah memposisikan **program aksi adaptas**i pada sub-sektor tanaman pangan dan hortikultura sebagai **prioritas utama** agar peningkatan produksi dan ketahanan pangan nasional dapat dipertahankan.

Strategi adaptasi yang dilakukan dibagi menjadi dua. Pertama adalah yang bersifat **struktural** dan kedua bersifat **non-struktural**. Strategi yang bersifat struktural adalah kegiatan meningkatkan ketahanan sistem produksi pangan dari dampak perubahan iklim melalui upaya perbaikan kondisi fisik, seperti pembangunan dan perbaikan jaringan irigasi, pembangunan dam, waduk, dan embung. Strategi yang bersifat non-struktural adalah melalui pengembangan teknologi budidaya yang lebih toleran terhadap cekaman iklim, penguatan kelembagaan dan peraturan, pemberdayaan petani dalam memanfaatkan informasi iklim untuk mengatasi dan mengantisipasi kejadian iklim ekstrim yang semakin meningkat frekuensinya. Beberapa langkah praktis yang harus segera dilakukan mencakup:

A. Pendekatan Struktural

a. Segera memetakan secara detial kondisi jaringan irigasi dan menyusun program rehabilitasi jaringan irigasi, khusus di Jawa, dan rencana pengembangan wilayah irigasi baru di luar Jawa dengan memasukkan faktor perubahan iklim dalam proses perencanaannya. Pemilihan kawasan yang diperkirakan rawan terhadap perubahan iklim perlu dihindari. Penetapan target perlu disusun dengan pentahapan yang jelas, sesuai dengan perubahan proyeksi kebutuhan pangan.

b. Segera menetapkan wilayah DAS yang perlu direhabilitasi untuk mengurangi dampak kejadian iklim ekstrim (banjir dan kekeringan) yang disertai analisis kerugian ekonomi yang diperkirakan akan timbul akibat perubahan iklim pada berbagai skenario.

B. Pendekatan Non-Struktural

a. Melaksanakan secara tegas sanksi/aturan yang berkaitan dengan konversi lahan pertanian, dan menyusun database wilayah yang rawan terkonversi dan menetapkan prioritas wilayah pengembangan pertanian pangan baru dan program dengan pentahapan yang jelas.

b. Segera menetapkan program dengan perencanaan yang lebih terstuktur untuk meningkatkan adopsi petani terhadap teknologi baru, seperti varietas unggul baru toleran kekeringan, banjir, dan salinitas tinggi. Saat ini sudah banyak tersedia varietas unggul baru, namun tingkat adopsinya oleh petani masih rendah. Penetapan program secara terstruktur di

wilayah sasaran untuk introduksi varietas unggul baru harus didasarkan pada hasil kajian yang mendalam terhadap tingkat ancaman dampak perubahan iklim dan kenaikan muka air laut. Wilayah-wilayah yang rawan atau berisiko tinggi terhadap perubahan iklim dan kenaikan muka air laut harus mendapat prioritas pertama.

c. Meningkatkan program pengembangan teknologi pemanfaatan informasi iklim seperti "Kalender Tanam" yang lebih bersifat dinamis dan terpadu, teknologi hemat air dan lain-lain. Untuk meningkatkan efektivitas pemanfaatan "Kalender Tanaman Terpadu" dan pengembangan sistem informasi iklim dan teknologi pertanian, maka pengembangan sistem jaringan stasiun klimatologi pertanian di kawasan sentra produksi perlu dilanjutkan.

d. Pengembangan sekolah lapang iklim (SLI) untuk memberdayakan petani dalam memilih dan menerapkan teknologi budidaya yang disesuaikan dengan kondisi iklim harus diprogramkan secara lebih terstruktur (penyelarasan penelitian aksi teknologi pemanfaatan informasi iklim dengan pengembangan modul, target penyediaan tenaga penyuluh yang memahami dengan baik pengetahuan iklim dan teknologi pemanfaatan informasi iklim, disertai pengembangan kurikulum SL yang lebih terintegrasi).

e. Melembagakan pemanfaatan informasi iklim dalam menyusun langkah strategis, taktis, dan operasional dalam mengatasi masalah keragaman dan perubahan iklim. Diperlukan alur penyampaian informasi iklim yang jelas, mulai dari penyedia jasa informasi sampai ke pengguna akhir dan penguatan kapasitas tenaga di dinas terkait di daerah dalam menerjemahkan informasi iklim ke dalam bentuk dampak dan penentuan langkah strategis, taktis, dan operasional.

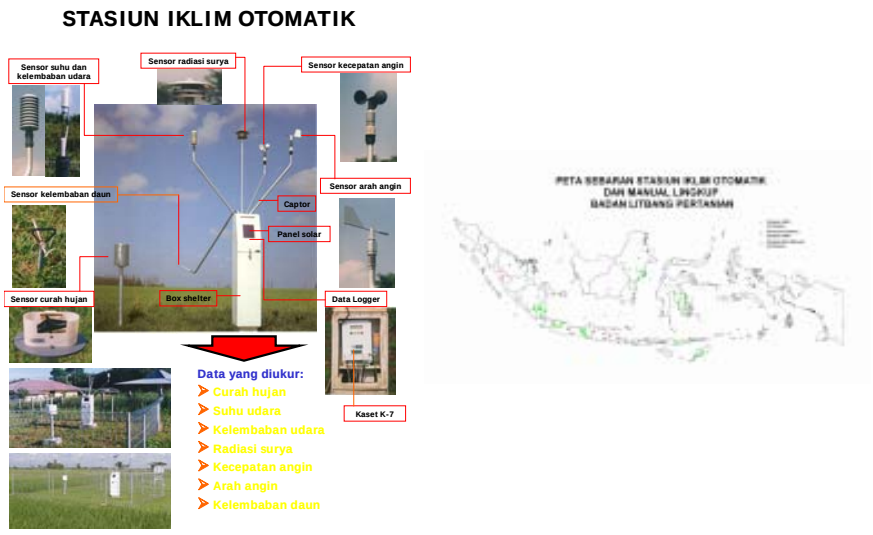
Sistem produksi padi sangat rentan (*vurnerable*) dan paling menderita terkena dampak perubahan iklim yang mengubah pola dan waktu tanam, sehingga menurunkan poduktivitas, kualitas gabah, dan rendemen beras. Oleh sebab itu, adaptasi sistem produksi padi mengikuti pola perubahan iklim merupakan prioritas utama dalam pengamanan produksi nasional. Secara konseptual, adaptasi diupayakan melalui: (1) optimalisasi pengelolaan sumberdaya lahan dan air/irigasi; (2) penyesuaian pengelolaan pola dan waktu tanam serta rotasi tanaman dan varietas; (3) pengembangan dan penerapan teknologi adaptif serta penyusunan berbagai pedoman/tool; dan (4) penerapan teknologi adaptif (produksi, perlindungan tanaman, panen, dan pasca-panen) dan ramah lingkungan.

Strategi adaptasi perubahan iklim perlu didasarkan pada beberapa kajian, antara lain: (a) identifikasi dampak dan tingkat kerentanan sektor pertanian (sumberdaya dan sistem produksi), (b) identifikasi karakteristik dan potensi sumberdaya lahan dan air, (c) identifikasi kesiapan teknologi dan model usaha tani (SUT) adaptif.

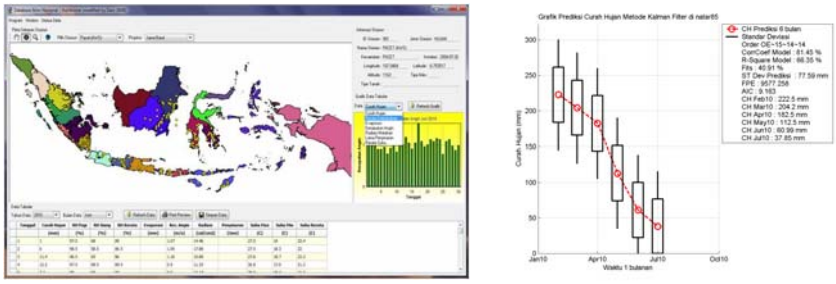
3.1. Ketersediaan Informasi dan Teknologi (Baseline Data)

Mengingat tanaman pangan paling rentan terhadap dampak perubahan iklim maka upaya adaptasi usaha tani tanaman pangan mengikuti pola perubahan iklim perlu mendapat prioritas utama penanganan di samping komoditas lainnya. Dalam upaya adaptasi perubahan iklim, ketersediaan informasi dan teknologi adaptif memegang peranan penting.

Informasi yang diperlukan meliputi data cuaca/iklim, evaluasi dan prediksi cuaca/iklim, interpretasi hasil prediksi cuaca/iklim, dan informasi berbagai teknologi yang dapat diimplementasikan dalam proses adaptasi. Stasiun iklim otomatis (Gambar 14) Badan Litbang Pertanian yang tersebar di hampir seluruh Indonesia merupakan sumber data yang potensial digunakan untuk mengevaluasi, menginterpretasi, dan memprediksi cuaca/iklim (Gambar 15).



Gambar 14. Ketersediaan data cuaca/iklim di seluruh Indonesia.



Gambar 15. Hasil evaluasi dan prediksi curah hujan.

Informasi dan inovasi teknologi yang dapat digunakan dalam proses adaptasi antara lain adalah:

1. Teknologi adaptasi tanaman pangan dan hortikultura
    - Perbaikan manajemen pengelolaan air, termasuk sistem dan jaringan irigasi.
    - Pengembangan teknologi panen air (embung, dam parit) dan efisiensi penggunaan air seperti irigasi tetes dan mulsa.
    - Pengembangan jenis dan varietas tanaman yang toleran terhadap stres cekaman lingkungan seperti kenaikan suhu udara, kekeringan, genangan (banjir), dan salinitas.
    - Pengembangan teknologi pengelolaan tanah dan tanaman untuk meningkatkan daya adaptasi tanaman.
    - Pengembangan sistem perlindungan usahatani dari kegagalan akibat perubahan iklim atau *crop weather insurance*.
2. Teknologi adaptasi tanaman perkebunan
    - Pengembangan komoditas yang mampu bertahan dalam kondisi cekaman kekeringan dan kelebihan air.
    - Penerapan teknologi pengelolaan tanah dan tanaman untuk meningkatkan daya adaptasi tanaman.
    - Pengembangan teknologi hemat air.
    - Penerapan teknologi pengelolaan air, terutama pada lahan yang rentan terhadap kekeringan.
3. Teknologi adaptasi pengelolaan peternakan
    - Pengembangan ternak yang adaptif pada lingkungan dan iklim ekstrim (kekeringan, suhu tinggi, genangan).
    - Pengembangan teknologi silase untuk mengatasi kelangkaan pakan musiman.
    - Pengembangan sistem integrasi tanaman-ternak (*crop livestock system*, CLS) untuk mengurangi risiko dan optimalisasi penggunaan sumberdaya lahan.
4. Teknologi adaptasi menghadapi ancaman kelangkaan air dan kekeringan
    - Penyesuaian waktu dan pola tanam berdasarkan atlas kalender tanam.
    - Teknologi panen hujan (*water harvesting).*
    - Teknologi irigasi.

Inovasi teknologi adaptif untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim antara lain adalah:

(a) Varietas unggul yang rendah emisi GRK, toleran kekeringan dan genangan, berumur genjah (ultra genjah), dan toleran salinitas.

(b) Teknologi pengelolaan lahan dan air, pengolahan tanah, sistem irigasi *intermitten*, pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan, dan pengomposan.

(c) Teknologi *zero waste* dan pemanfaatan limbah (organik) pertanian, pupuk organik, pakan ternak, teknologi biogas dan bioenergi.

Dalam upaya pengembangan varietas unggul toleran kekeringan, genangan, banjir, salinitas, dan berumur genjah (ultra genjah), Badan Litbang Pertanian telah melepas beberapa varietas padi dengan keunggulan spesifik sebagai berikut:

a. Varietas toleran rendaman dan genangan

Bekerja sama dengan IRRI, Badan Litbang Pertanian melalui Balai Besar Penelitian Tanaman 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,* 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 Sub1 memungkinkan tanaman bertahan dalam kondisi tergenang selama 10-14 hari. Galur Swarna-Sub1 (IR05F102) dilepas dengan nama Inpara 4 dan galur IR64-Subl (IR07F102) dilepas dengan nama Inpara 5, keduanya toleran terhadap rendaman. Varietas Ciherang yang telah meluas pengembangannya oleh petani juga sudah ditingkatkan toleransinya terhadap rendaman dengan memasukkan gen Sub1 yang saat ini sedang dalam pengujian daya hasil.

Peningkatan curah hujan 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.

Dua varietas kedelai toleran terhadap genangan, yaitu Grobogan dan Kawi dengan potensi hasil masing-masing 3,4 t dan 2,8 t/ha pada umur panen 76 dan 83 hari. Selain itu telah teridentifikasi tiga galur harapan kedelai 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.

b. Varietas toleran kekeringan

Untuk mengantisipasi dampak kemarau panjang, telah dilepas varietas unggul padi 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 di 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. Selain itu Badan Litbang Pertanian telah melepas empat varietas unggul padi berumur sangat genjah dengan nama Inpari 1, Inpari 11, Inpari 12, dan Inpari 13. Penggunaan varietas sangat genjah ini dapat membebaskan tanaman dari ancaman kekeringan.

Pada lahan sawah irigasi, jagung umumnya ditanam dengan pola tanam padi-padi-jagung atau padi-jagung-jagung. Pada lahan kering beriklim basah, jagung dapat 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 toleran kekeringan adalah 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 9).

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

Perubahan iklim berimplikasi terhadap peningkatan populasi hama. Ulat grayak *Spodoptera litura* dan pengisap polong merupakan hama penting

Tabel 9. 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

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 10).

Perubahan iklim akan mendorong petani untuk mengubah pola tanam 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 11).

Tabel 10. Beberapa varietas keledai yang tahan terhadap serangan hama kutu kebul *Bemisia tabaci.*

Varietas	Hasil (t/ha)	Reaksi
Gepak kuning	1,56	Tahan
Gepak hijau	1,46	Tahan
Wills	1,77	Tahan
Kaba	1,70	Tahan
Argomulyo	1,77	Tahan
Anjasmoro	0,12	Sangat peka

Tabel 11. 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

c. Varietas toleran salinitas

Varietas unggul padi Banyuasin toleran terhadap lahan berkadar garam tinggi (salinitas), dan telah berkembang di beberapa 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.

d. Varietas tahan organisme pengganggu tanaman

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. Varietas padi 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 varietas unggul padi sawah yang tahan terhadap hama WBC, keduanya 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 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. 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 12).

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 tahan hama dan penyakit. Karakterisasi molekuler berbasis marka SSR *(Single* Sequence *Repeats)* dan SNP *(Single Nucleotide Polymorphisms)* untuk perakitan varietas

Tabel 12. 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 redaman	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, B 10970C-M R-4-2-1-1-1-S i-3-2-4-1, B 11283-6C-PN-5-MR-2-3-Si-1-2-1-1	Toleran kekeringan dan sangat genjah	Galur introduksi dari Vietnam

Tabel 13. 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

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 13).

e. Varietas umur genjah

Varietas padi umur sangat genjah yang telah dilepas disajikan pada Tabel 14.

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.

Buah tropika merupakan salah satu komoditas yang terkena dampak langsung dari perubahan iklim, antara lain terhadap pembungaan dan *fruitset*, kerontokan buah, serangan hama penyakit, dan gangguan terhadap pertumbuhan tanaman. Beberapa teknologi tanaman buah untuk adaptasi perubahan iklim disajikan pada Tabel 15.

Tabel 14. Varietas padi berumur genjah.

Padi sangat genjah	Hasil rata-rata (t/ha)	Keunggulan lainnya
Dodokan (100 HSS)	5,1	Cocok untuk gogo rancah (gora)
Silugonggo 90 (HSS)	5,5	Tekstur nasi pera, cocok untuk gora
Inpari 1 (108 HSS)	7,3	Indeks glikemik rendah
Inpari 11 (108 HSS)	6,52	Tahan HDB
Inpari 12 (99 HSS)	6,21	Tekstur nasi pera
Inpari 13 (103 HSS)	6,59	Tahan wereng coklat

Tabel 15. Teknologi adaptasi perubahan iklim pada tanaman buah.

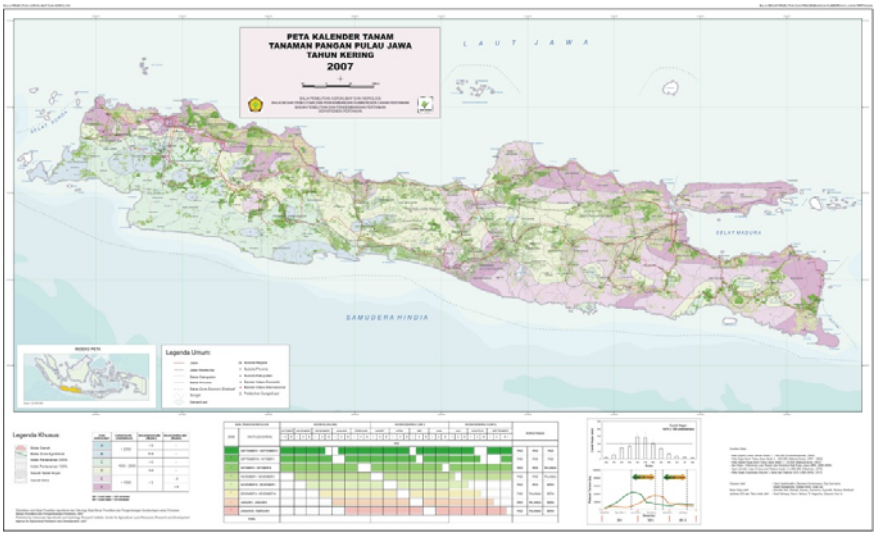
Jenis tanaman, varietas, teknologi budidaya	Kerentanan terhadap perubahan iklim
Mangga varietas Sala 250, Benhur, Cok Anan, Nam Dok May	Potensial dikembangkan di dataran rendah beriklim basah
Mangga batang bawah Kraton 119	Memberikan efek cebol terhadap batang atas, sehingga lebih mudah pengelolaanya berkaitan dengan iklim ekstrim
Mangga varietas Garifta gading, orange, merah dan kuning	Tahan terhadap lalat buah dan antraknos, sehingga mampu berproduksi pada curah hujan tinggi dan banyak serangan lalat buah dan antraknos
Pisang varietas Ketan, Muli, Mas	Tahan terhadap penyakit layu fusarium
Pisang varietas Kepok Tanjung	Terhindar dari serangan penyakit darah, terutama yang ditularkan melalui serangga pengunjung bunga. Perubahan iklim berpengaruh signifikan terhadap aktivitas serangga penular penyakit darah
Teknologi budidaya pisang dan pepaya di lahan rawa	Pisang dan pepaya dapat berkembang dengan baik dan produktif pada lahan rawa di Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan
Teknologi mencegah kerontokan bunga dan buah pada tanaman mangga melalui penggunaan pupuk kalsium, aplikasi fungisida sistemik 2 kali/musim, fungisida kontak 2 kali/bulan, dan pestisida botani 2 kali/bulan, pemangkasan	Di dataran rendah beriklim basah dan beriklim kering, curah hujan tidak menentu
Teknologi budidaya pisang memanfaatkan amelioran	Ekosistem rawa/pasang surut Kalsel dan Kalteng
Penggunaan batang bawah ampelam untuk pengembangan mangga di wilayah pasang surut	Ekosistem pasang surut

Dalam upaya pengembangan teknologi pengelolaan lahan dan air telah dikembangkan pula beberapa inovasi, antara lain:

A. Atlas kalender tanam (KATAM)

Penyesuian waktu dan pola tanam merupakan upaya yang sangat strategis dalam pendekatan adaptasi guna mengurangi atau menghindari dampak perubahan iklim akibat pergeseran musim dan perubahan pola curah hujan. Kementerian Pertanian telah menyusun Atlas Kalender Tanam (KATAM) untuk Pulau Jawa dengan skala 1:1.000.000 dan 1:250.000. Atlas ini menggambarkan potensi pola dan waktu tanam untuk tanaman pangan, terutama padi, berdasarkan potensi dan dinamika sumberdaya iklim dan air (Las *et al.,* 2007). Peta Kalender Tanam disusun berdasarkan kondisi pola tanam petani saat ini (*eksisting*), dan tiga skenario kejadian iklim yang meliputi tahun basah (TB), tahun normal (TN), dan tahun kering (TK). Gambar 16 menunjukkan contoh peta kalender tanam padi pada tahun kering. Dalam penggunaanya, peta kalender tanam dilengkapi dengan prediksi iklim, agar dapat diketahui kejadian iklim yang akan datang, sehingga perencanaan tanam dapat disesuaikan dengan kondisi sumberdaya iklim dan air.

Pada tahun 2011, Atlas Kalender Tanam tersebut mengalami penyempurnaan yang kemudian menjadi Kalender Tanam (KATAM) Terpadu. KATAM Terpadu lebih bersifat dinamik yang mampu memberikan alternatif waktu dan pola tanam pada masing-masing musim tanam (MH, MK-1, dan MK-2) berdasarkan prakiraan iklim mutakhir untuk musim berikutnya. KATAM



Gambar 16. Peta kalender tanam di Pulau Jawa Skala 1:1000.000 pada tahun kering. (Sumber: Las *et al.,* 2007).

Terpadu juga memberikan beberaoa informasi penting, yaitu: (a) wilayah rawan bencana bajir, kekeringan, dan endmi OPT; (b) rekomendasi pemupukan spesifik lokasi dan kebutuhan pupuk (tingkat kecamatan); (c) rekomendasi varietas yang sesuai dan kebutuhan benih per kecamatan.

a. Teknologi pengelolaan air dan iklim

Kementerian Pertanian telah mencanangkan program pengembangan teknologi pengelolaan air dan iklim untuk meningkatkan potensi dan pemanfaatan sumberdaya air. Pengelolaan air dan iklim berperan penting dan merupakan salah satu kunci keberhasilan peningkatan produksi tanaman di lahan kering dan lahan sawah. Beberapa teknologi pengelolaan air dan iklim di antaranya adalah teknologi panen hujan (*water harvesting),* teknologi irigasi, teknologi prediksi iklim, dan teknologi penentuan waktu dan pola tanam.

Teknologi panen hujan (*water harvesting*)

Teknologi panen hujan merupakan salah satu alternatif teknologi pengelolaan air dengan cara menampung kelebihan air pada musim hujan dan memanfaatkannya pada musim kemarau untuk keperluan irigasi tanaman. Beberapa teknologi panen hujan yang sudah banyak diaplikasikan adalah embung dan dam parit yang tidak memerlukan lahan yang luas dan dibangun di sekitar lahan usaha tani (Gambar 17).

Embung berfungsi sebagai tempat resapan yang dapat meningkatkan kapasitas penyimpanan air tanah dan menyediakan air bagi tanaman dan ternak pada musim kemarau. Pemilihan lokasi embung perlu mempertimbangkan beberapa hal, antara lain:

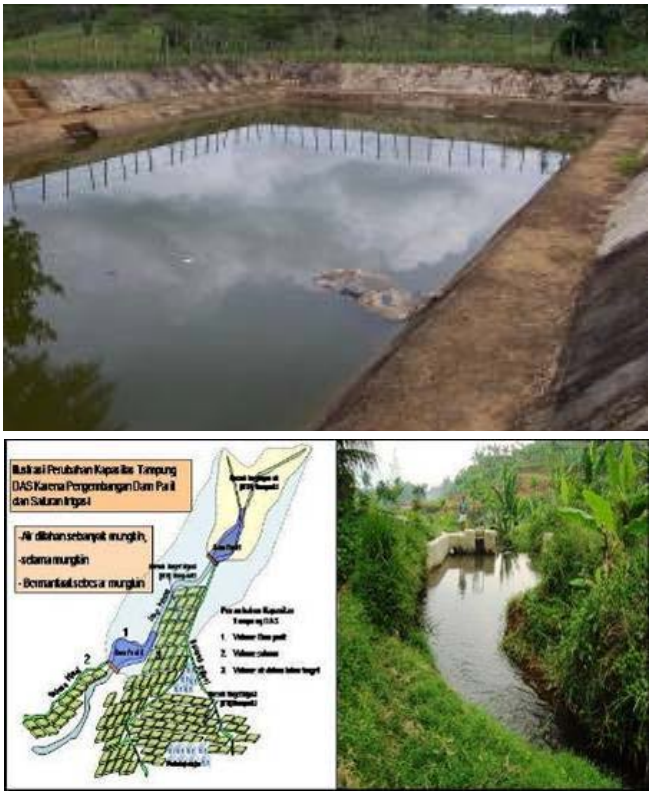
- Jarak lokasi embung dengan saluran air.
- Lokasi embung pada lahan dengan kemiringan 5-30%.
- Diutamakan pada tanah yang memiliki tekstur liat dan atau lempung.

Keuntungan embung dan dam parit dalam upaya mengantisipasi kekeringan adalah:

(a) Menyimpan air yang berlimpah pada musim hujan, sehingga aliran permukaan, erosi, dan bahaya banjir di daerah hilir dapat dikurangi serta memanfaatkan air pada musim kemarau.

(b) Menunjang pengembangan usaha tani di lahan kering, khususnya pada sub-sektor tanaman pangan, perikanan, dan peternakan.

(c) Menampung tanah tererosi sehingga memperkecil sedimentasi ke sungai, untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga dapat dibuat sumur di sekitar embung.



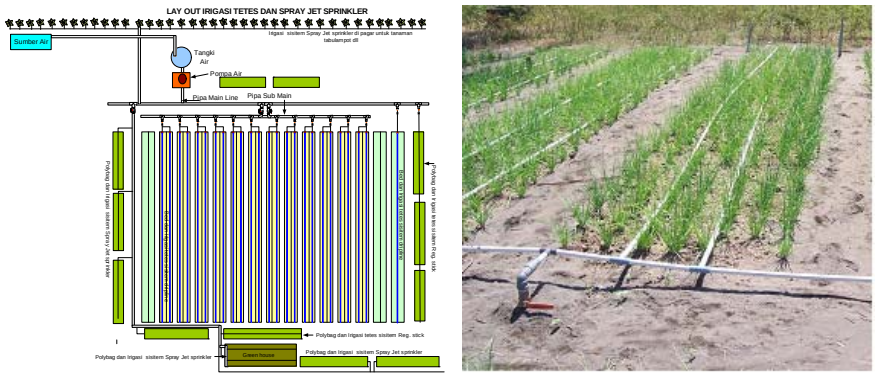
Gambar 17. Prototipe embung di Gunung Sugih, Lampung Tengah, dan dam parit di Gunung Kidul.

Teknologi dam parit adalah cara untuk mengumpulkan atau membendung aliran air pada suatu parit (*drainage network*) dengan tujuan untuk menampung volume aliran permukaan, sehingga selain dapat digunakan untuk mengairi tanaman di sekitarnya juga dapat menurunkan kecepatan (*run off*) erosi dan sedimentasi.

Teknologi irigasi

Berbagai teknologi irigasi sudah dikembangkan untuk membebaskan tanaman dari cekaman kekeringan, seperti a) sumur renteng, b) irigasi kapiler, c) irigasi tetes, d) irigasi macak-macak di lahan sawah, e) irigadi bergilir, dan e) irigasi berselang.

(a). Sumur renteng merupakan salah satu teknologi pengairan tanaman yang sesuai diaplikasikan di daerah dengan tanah bertekstur berpasir. Tanah-tanah seperti ini memiliki kemampuan meloloskan air yang sangat tinggi, sehingga tidak mampu menyimpan air dalam waktu lama. Sumur renteng



Gambar 19. Skema dan sistem irigasi tetes untuk pengairan pertanaman bawang merah.

Gambar 20. Sistem irigasi parit dan *fan spray jet sprinkler*.

air yang hanya disalurkan pada parit yang berada persis di samping baris tanaman. Parit berukuran lebar 35-40 cm pada bagian atas dan 15-20 cm pada bagian bawah dengan kedalaman 10-15 cm. Jarak antar-parit berkisar antara 80-100 cm, bergantung pada jarak tanam (Gambar 20).

(f) Irigasi macak-macak adalah teknik pemberian air yang bertujuan membasahi lahan hingga jenuh, tanpa tergenang hingga mencapai ketinggian tertentu. Efisiensi penggunaan air pada lahan yang diirigasi secara macak-macak hampir 2-3 kali lebih tinggi dibandingkan dengan lahan yang digenangi terus-menerus.

(g) Sistem irigasi bergilir merupakan teknik irigasi dimana pemberian air dilakukan pada luasan dan periode tertentu, sehingga areal tersebut menyimpan air yang dapat digunakan hingga periode irigasi berikutnya. Jumlah air yang diberikan dan interval irigasi setara dengan unit luasan lahan yang diirigasi dan jumlah air yang hilang melalui evapotranspirasi, rembesan, perkolasi, dan komponen lainnya.

pada dasarnya menampung air untuk irigasi dalam sebuah bak penampungan berbentuk silinder yang terhubung dengan bak penampungan lainnya melalui pipa kapiler menyerupai bejana berhubungan (Gambar 18).

(b). Irigasi kapiler merupakan teknologi irigasi gravitasi yang cocok dikembangkan di daerah yang memiliki topografi terjal dengan sumber air relatif terbatas. Prinsip dasar irigasi kapiler adalah memanfaatkan air dari sumber mata air atau sungai yang disalurkan menuju bak penampungan secara garvitasi menggunakan pipa PVC. Selanjutnya, air yang tersedia pada bak penampungan didistribusikan ke areal pertanaman yang akan diairi menggunakan selang plastik kapiler.

(c) Irigasi tetes merupakan teknologi irigasi yang bertujuan untuk memanfaatkan ketersediaan air yang sangat terbatas secara efisien. Teknologi ini cocok diterapkan pada lahan kering beriklim kering dengan topografi relatif landai. Prinsip pendistribusian air pada sistem irigasi tetes adalah menyalurkan air dari tanki penampungan yang ditempatkan pada posisi lebih tinggi dari lahan usaha tani. Kebutuhan air tanaman dipasok dari tanki penampungan melalui selang irigasi yang didesain secara khusus, sehingga air dapat menyiram akar tanaman secara menetes dengan debit yang sama dan konstan. Teknik ini sangat efisien dalam penggunaan air tetapi hanya cocok untuk budidaya tanaman yang memiliki nilai ekonomi tinggi seperti bawang merah (Gambar 19).

(d) Irigasi *fan spray jet sprinkler* adalah sistem irigasi semprot berupa nozel sederhana yang terbuat dari plastik penyemprotan berbentuk kipas. Teknologi ini memiliki debit penyiraman yang rendah tetapi konstan, cocok diaplikasikan pada tanaman perkebunan dan hortikultura. Teknologi irigasi ini relatif lebih murah, tidak mudah tersumbat, mudah perawatannya, dan jangkauan irigasi dapat mencapai 1,5 m.

(e) Irigasi parit (*furrow irrigation*) merupakan salah satu teknologi irigasi pada lahan kering untuk tanaman palawija (jagung, kedelai, kacang tanah) atau sayuran. Dibandingkan dengan irigasi konvensional (sistem submersi/genangan), teknik irigasi ini lebih efisien dalam penggunaan

Gambar 18. Sumur renteng di lahan berpasir dan air tanah sebagai sumber sumur renteng.

(f) Sistem irigasi berselang merupakan sistem pemberian air ke lahan sawah dengan level tertentu, kemudian pemberian air berikutnya dilakukan pada periode tertentu setelah genangan air pada level tersebut surut hingga tidak terjadi genangan. Penerapan irigasi setinggi 5 cm sehari setelah air surut hingga tidak terjadi genangan air di lahan sawah dapat meningkatkan produktivitas padi (varietas ASD 19) dan relatif tinggi dibandingkan dengan produktivitas padi dengan sistem irigasi terus-menerus dan irigasi bergilir.

Teknologi penentuan waktu tanam dan kebutuhan irigasi

Penentuan saat tanam berdasarkan ketersediaan air bertujuan menekan risiko kegagalan panen dan meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi. Balitklimat telah mengembangan *Software* WARM untuk menentukan waktu tanam, waktu pemberian dan volume air irigasi. Berdasarkan jenis komoditas yang terdapat di suatu daerah, dilakukan analisis potensi masa tanam untuk tahun Normal, El-Nino, dan La-Nina. Indikator yang digunakan untuk menentukan masa tanam adalah potensi kehilangan hasil (RLY). Tanaman yang memiliki potensi kehilangan hasil kurang dari 20% potensial diusahakan dalam periode tertentu.

Untuk menghindari dan menanggulangi dampak banjir dan kekeringan telah disusun dan dipubikasikan "Cetak Biru Pengelolaan Banjir dan Kekeringan secara Partisipatif". Cetak biru tersebut menginformasikan wilayah yang rawan kekeringan dan banjir serta wilayah prioritas penanganan berikut strategi penanggulangannya.

Matrik teknologi adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian disajikan pada Lampiran 1. Matrik tersebut memuat dampak, upaya adaptasi, opsi teknologi, dan keunggulan teknologi dalam adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian yang dirinci untuk setiap unsur perubahan iklim.

3.2. Pengarusutamaan Program dan Kebijakan Adaptasi Perubahan Iklim

Program adaptasi lebih difokuskan pada aplikasi teknologi adaptif, terutama untuk tanaman pangan, seperti penyesuaian pola tanam, penggunaan varietas unggul yang adaptif terhadap kekeringan, genangan/ banjir, salinitas, dan umur genjah, serta penganekaragaman pertanian, teknologi pengelolaan lahan, pupuk, air, diversifikasi pangan, dan lain-lain. Secara kelembagaan, program adaptasi diarahkan untuk pengembangan sistem informasi seperti sekolah lapang iklim, sistem penyuluhan dan kelompok kerja (pokja) variabilitas dan perubahan iklim sektor pertanian, dan pengembangan sistem asuransi pertanian akibat risiko iklim.

Peranan pemerintah dalam program adaptasi perubahan iklim mencakup fasilitas pemerintah untuk aplikasi teknologi budidaya pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim (penyediaan varietas adaptif, fasilitas penerapan teknik pengelolaan lahan dan air), peningkatan indeks panen, penurunan risiko gagal panen, peningkatan produktivitas dan kapasitas irigasi. Beberapa program lain yang mendukung upaya adaptasi antara lain adalah:

(a) Percepatan arus informasi iklim dan teknologi dengan dukungan teknologi informasi seperti web dan media massa elektronik, serta pembentukan Kelompok Kerja Perubahan Iklim, baik di pusat maupun daerah.

(b) Pengembangan dan pemberdayaan kelembagaan petani, seperti pengintegrasian Sekolah Lapang Iklim ke dalam Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu SLPTT) dan Sekolah Lapang Pengendalian Hama Terpadu (SLPHT).

(c) Identifikasi wilayah rawan banjir dan kekeringan, dan potensi sumberdaya air alternatif serta lahan sub-optimal seperti lahan kering (STL-KIK) dan lahan rawa potensial.

(d) Sosialisasi tool dan pedoman penyesuaian pola tanam dan teknologi, seperti Atlas Kalender Tanam, teknologi PHT, PTT, SPTL-KIK, *Blue Print* pengelolaan kekeringan/banjir partisipatif.

(e) Pengembangan sistem penyiapan sarana produksi yang antisipatif terhadap anomali iklim, terutama benih VUB adaptif dan pupuk yang siap pakai.

(f) Pengembangan teknologi dan alat mesin panen dan pasca-panen, terutana sistem pengeringan dan penggilingan.

3.3. Membangun Kepedulian Masyarakat

Upaya membangun kepedulian masyarakat dalam adaptasi perubahan iklim diperlukan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dalam memanfaatkan informasi dan teknologi melalui sosialisasi, diseminasi, dan koordinasi. Kepedulian masyarakat terhadap adaptasi perubahan iklim dilakukan dengan: (1) melakukan advokasi dan sosialisasi, (2) membangun sistem informasi iklim dan teknologi, dan (3) membangun dan memperkuat kelembagaan.

3.3.1. Advokasi dan Sosialisasi

Kegiatan advokasi dan sosialisasi perubahan iklim dilakukan untuk memberikan pemahaman yang benar tentang perubahan iklim, dampaknya pada sektor pertanian, dan kebijakan pemerintah dalam upaya adaptasi. Advokasi dan sosialisasi diupayakan melalui:

- Kegiatan sosialisasi, apresiasi, dan implementasi Atlas Kalender Tanam untuk menyesuaikan pola tanam tanaman pangan dengan kondisi iklim

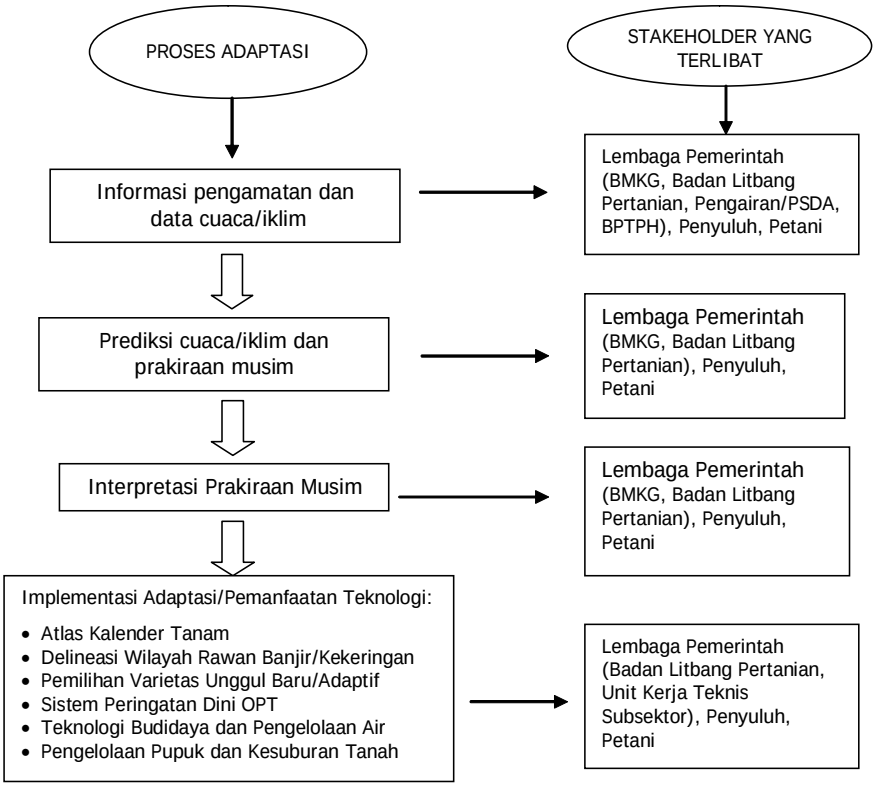
dan *Blue Print* antisipasi kekeringan dan banjir kepada masyarakat, terutama petani.

- Kegiatan sosialisasi peraturan dan perundang-undangan tentang pelestarian lingkungan (terdapat dalam Undang-Undang No. 23/1997 tentang Lingkungan Hidup, Undang-Undang No. 18/2004 tentang Perkebunan, Peraturan Menteri Pertanian No. 26 tahun 2007 tentang Pedoman Perizinan Usaha Perkebunan, dan lain-lain) untuk mencegah terjadinya deforestasi dan degradasi hutan dan lahan pertanian. Sosialisasi terutama ditujukan kepada aparat Pemerintah Daerah agar lebih bijaksana dalam menetapkan izin lokasi pembukaan lahan pertanian di daerah kawasan hutan dan kawasan yang tidak diperuntukkan bagi pertanian.
- Membangun sistem informasi untuk mencegah kerugian akibat kebakaran hutan/lahan, antara lain dengan membentuk Tim Pokja pencegahan kebakaran lahan dan kebun yang bertugas meneruskan dan menyebarkan informasi tentang *hotspot* (bersumber atau diterima melalui Website LAPAN, Kemenhut, KLH, dan institusi terkait) kepada Kepala Dinas Kabupaten dan masyarakat pertanian.
- Pengembangan jaringan dan sistem informasi iklim (JSII) pertanian di berbagai tingkat dan daerah, termasuk pengembangan Sekolah Lapang Pertanian (SLP), sebagai pengembangan dari SLPHT dan SLI (Sekolah Lapang Iklim).

3.3.2. Membangun Sistem Informasi Iklim dan Teknologi

Sistem informasi yang diperlukan dalam adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian dimulai dari sistem pengamatan dan data cuaca/iklim, evaluasi dan prediksi cuaca/iklim, interpretasi hasil prediksi cuaca dan iklim, dan informasi berbagai teknologi yang dapat digunakan dalam proses adaptasi. Informasi disusun dalam berbagai format yang dapat digunakan oleh pemangku kepentingan, mulai dari penentu kebijakan, lembaga penelitian dan pengkajian, praktisi, dan pengguna lainnya seperti lembaga swadaya masyarakat, penyuluh, dan petani (Gambar 21).

Sumber utama data dan informasi iklim secara nasional adalah BMKG yang melalukan pengamatan, mengkompilasi, dan menginterpretasi data dan informasi cuaca/iklim. Sumber data lainnya untuk cuaca/iklim adalah Puslitbang Pengairan, Balai Besar Wilayah Sungai, Balai Pengelolaan Sumberdaya Air, Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Dinas Pertanian Provinsi, dan Balai Penyuluh Pertanian di tingkat kecamatan. Ke depan, penyuluh dan petani perlu diberi pembekalan dalam melakukan pengamatan dan interpretasi cuaca/iklim secara sederhana melalui pembinaan dari lembaga terkait. Beberapa lembaga lain juga melakukan prediksi cuaca, diantaranya Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, LAPAN Jakarta, LAPAN Bandung, dan Perguruan Tinggi. Sebenarnya petani secara turun-temurun telah



Gambar 21. Proses adaptasi dan pemangku kepentingan (*stakeholder*) yang terlibat dalam pengamatan, prediksi, dan interpretasi cuaca/iklim.

melakukan prediksi cuaca yang mengacu kepada kearifan lokal, fenomena alam, hewan, dan tanaman.

Interpretasi hasil prediksi cuaca/musim dan pemanfaatannya di bidang pertanian, terutama dilakukan oleh Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, BB-SDLP Badan Litbang Pertanian. Interpretasi diperlukan untuk kesamaan persepsi terhadap hasil prediksi cuaca/musim yang dikeluarkan oleh BMKG.

Sumber utama informasi teknologi dan pemanfaatan informasi iklim untuk pertanian adalah beberapa unit kerja di lingkungan Badan Litbang Pertanian, sedangkan pengguna utama informasi teknologi adalah Ditjen Teknis sub-sektor. Dinas Pertanian tingkat provinsi dan kabupaten, penyuluh dan petani di tingkat kecamatan dan desa merupakan pengguna utama data dan informasi iklim dan teknologi. Khusus di sektor pertanian, secara *ad-hoc* Badan Litbang Pertanian bersama-sama dengan Ditjen/Badan terkait mengelola Kelompok Kerja Variabilitas dan Perubahan Iklim Sektor Pertanian (Pokja Iklim) dan Tim Teknis Perubahan Iklim Kementerian Pertanian (Tim Teknis).

Selain sebagai pengguna utama data dan informasi iklim, petani juga merupakan sumber informasi iklim yang strategis, melalui pencermatan dan interpretasi lapangan, baik menurut kearifan lokal maupun pendekatan diskriptif dengan peralatan sederhana. Peranan tersebut diwujudkan melalui Kelompok Tani dan/atau Sekolah Lapang Iklim (SLI) yang fungsinya menghasilkan, mengolah, dan mengkomunikasikan data dan informasi iklim dalam menetapkan SUT, pola tanam, dan teknologi yang paling menguntungkan dengan risiko minimal. Pendekatan SLI diharapkan lebih berdaya guna jika dipadukan dengan pendekatan SL-PTT dan Sekolah Lapang Pengendalian Hama Terpadu (SL-PHT).

Sekolah Lapangan Iklim (SLI) merupakan salah satu upaya dalam meminimalisasi kehilangan hasil akibat dampak perubahan iklim (banjir dan kekeringan). SLI dilaksanakan dalam upaya pemberdayaan petani untuk mampu melakukan budidaya dan agribisnis pertanian secara spesifik lokasi dengan memperhatikan kondisi iklim setempat. Tujuan akhir dari pembelajaran informasi iklim melalui SLI adalah perubahan perilaku petani dalam pengambilan keputusan untuk mengantisipasi kerugian secara ekonomi akibat dampak perubahan iklim. Pengembangan SLI untuk memberdayakan petani dalam memilih dan menerapkan teknologi budidaya yang disesuaikan dengan kondisi iklim perlu diprogramkan secara lebih terstruktur (penyelarasan riset aksi teknologi pemanfaatan informasi iklim dengan pengembangan modul, target penyediaan penyuluh yang memahami dengan baik pengetahuan iklim dan teknologi pemanfaatan informasi iklim, disertai pengembangan kurikulum SL yang lebih terintegrasi).

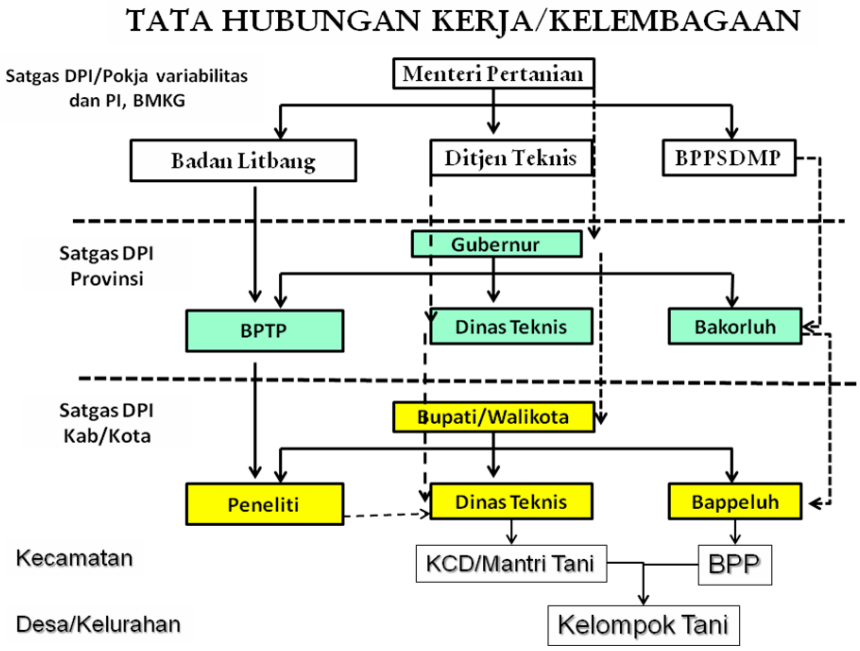
3.3.3. Membangun dan Memperkuat Kelembagaan

Tata hubungan kerja kelembagaan, baik yang terkait dengan informasi iklim maupun informasi teknologi dan sarana produksi (saprodi), dalam rentang kendali operasionalisasi program dan kebijakan diilustrasikan pada Gambar 22. Secara berjenjang arus informasi iklim dan teknologi dari Pusat (Kementerian Pertanian) hingga penyuluh dan petani terdiri atas: (a) Informasi iklim, terutama terkait dengan prakiraan musim dan sifat curah hujan yang telah diolah; (b) Kalendar Tanam dan *Blue Print* banjir dan kekeringan dari Badan Litbang Pertanian dan Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian (PSP); dan (c) Sistem dan Informasi Peringatan Dini (*Early Warning* untuk OPT) dari Ditjen Tanaman Pangan melalui Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan.

Sebaliknya, informasi dari lapang yang bersumber dari petani/penyuluh melalui Poktan/Gapoktan, POPT-PHP, dan peneliti, antara lain berupa: (a) data iklim dan serangan OPT, (b) kebutuhan teknologi dan saprodi (pupuk, benih, pestisida), dan (c) umpan balik (*feedback*) terhadap informasi yang tidak akurat atau rekomendasi atau teknologi yang kurang tepat. Kecepatan dan ketepatan penyampaian informasi *bottom up* kepada pengambil kebijakan juga menentukan efektivitas sistem informasi iklim.

Dalam rangka koordinasi dan sinkronisasi pelaksanaan program adaptasi perubahan iklim untuk membangun kesamaan persepsi, komitmen, dan keterpaduan antar-subsektor lingkup pertanian, antar-sektor, serta antara pusat dan daerah dalam pelaksanaan program adaptasi perubahan iklim, perlu disusun pedoman umum adaptasi perubahan iklim. Pedoman umum (Pedum) adaptasi perubahan iklim sektor pertanian disusun oleh UK/UPT lingkup Badan Litbang Pertanian dan pelaksanaan sosialisasinya perlu dipantau dan dievaluasi secara berkala, dan semua pihak terkait mendapatkan laporan secara terjadwal.

Agar pengembangan dan pemanfaatan Pedum adaptasi perubahan iklim dapat berlanjutan, maka aspek pembinaan dan pendampingan memegang peranan penting. Pembinaan dari aspek teknis dan pendampingan diupayakan secara sistematis dan terencana, sehingga kelompok yang dibina dapat mengembangkan kegiatannya secara mandiri. Pembinaan dan pendampingan dilaksanakan oleh UK/UPT lingkup Badan Litbang Pertanian bekerjasama dengan instansi terkait di daerah setempat. Keberlanjutan pengembangan Pedum ini bergantung pada ketersediaan teknologi dan kesadaran kelompok sasaran.



Gambar 22. Tata hubungan kerja kelembagaan yang terkait dengan pengelolaan dan pemanfaatan informasi iklim, teknologi, dan sarana produksi pertanian. (Sumber: Tim Teknis Perubahan Iklim, 2011).

IV. SASARAN PENGEMBANGAN PROGRAM ADAPTASI

4.1. Penelitian dan Pendidikan

Belum semua teknologi adaptasi mampu menjawab permasalahan yang terkait dengan risiko dampak perubahan iklim. Untuk itu masih perlu dikembangkan berbagai penelitian adaptasi perubahan iklim. Program adaptasi perubahan iklim perlu didayagunakan sebagai arah dalam menentukan penelitian dan pendidikan. Dengan demikian, program ini perlu dijabarkan lebih detail ke dalam penelitian dan pendidikan menurut sub-sektor yang meliputi:

- Identifikasi daerah rawan dan daerah potensial untuk pertanian.
- Perakitan varietas toleran cekaman biotik dan abiotik.
- Analisis komprehensif tentang kerentanan dan dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian.
- Penelitian dan pengembangan varietas tanaman yang adaptif terhadap perubahan iklim yang lebih ekstrim (kekeringan, kenaikan suhu udara, dan keadaan tergenang, salinitas).
- Penelitian dan pengembangan teknologi pengelolaan tanah, pupuk, air, dan tanaman.
- Pengembangan penelitian/kajian secara lebih komprehensif tentang dampak pemanfaatan lahan gambut.
- Identifikasi dan pemetaan lahan gambut potensial dan berisiko kecil, serta pengembangan teknologi adaptif/ramah lingkungan dan konservasi lahan gambut.
- Pengembangan teknologi panen hujan dan efisiensi penggunaan air.
- Penelitian dan pengembangan sistem integrasi tanaman-ternak.
- Penelitian penyakit hewan, antara lain yang disebabkan oleh vektor (*vector borne diseases*).
- Penelitian dan pengembangan teknologi diagnosis veteriner dan keamanan pangan produk peternakan serta penyakit hewan yang disebabkan oleh vektor.
- Penelitian epidemiologi penyakit hewan terkait perubahan iklim.
- Penelitian prediksi serangan OPT.
- Penelitian tanaman pakan ternak yang toleran kekeringan.
- Penelitian kalender tanam padi yang lebih terpadu (pupuk, OPT dll).
- Penelitian pola tanam tanaman pangan.
- Penelitian dan pengembangan metodologi MRV sektor pertanian.
- Penelitian LCA (*life cycle analysis*).

- Penelitian dan pengembangan kelembagaan untuk menunjang kemampuan beradaptasi terhadap perubahan iklim dan mitigasi emisi GRK.
- Penelitian perubahan tata guna lahan (*land use change*).
- Pengembangan kalender tanam terpadu di lahan rawa dan lahan kering.
- Pengembangan berbagai teknologi sederhana dalam prediksi cuaca dan iklim untuk petani, dan teknologi tepat guna lainnya.
- Pengembangan teknologi kearifan lokal, antara lain:
  - Sejenis burung yang dalam bahasa lokal disebut "Col Ulan" atau "Burung Hujan" akan berteriak dengan suara yang sama, "Puj atau Oel", yang artinya Puyuh menjaga air. Teriakan burung ini biasanya terjadi pada bulan Juli-Nopember dalam setiap tahun. Tanda alam ini mengisyaratkan terjadi kekeringan sehingga petani dapat melakukan persiapan lahan selama musim kemarau.
  - Suatu fenomena dimana terjadi lingkaran awan di bulan (malam hari) yang disebut "Funan Bah Oaf". Jika dalam lingkaran tersebut terdapat satu bintang menandakan hujan akan turun sekitar sebulan lagi. Jika dalam lingkaran awan tersebut tidak terdapat bintang menandakan hujan akan turun besok harinya.
  - Pohoh asam sudah berbunga sebagai pertanda hujan segera akan turun.
  - Pucuk pohon bambu tumbuh tegak menandakan hujan masih akan terjadi. Sebaliknya, jika pucuk pohon bambu sudah mulai merunduk sebagai pertanda musim hujan akan segera berakhir.
  - Suku Sasak di NTB menghitung dan mengamati bintang pertanda masuknya awal musim kemarau dan awal musim hujan menggunakan alat peraga papan warige.
- Penelitian frontier (misalnya padi C4, padi aerobik) perlu terus dipacu.
- Pengembangan penelitian bahan pangan lokal berupa pohon atau yang dapat tumbuh di bawah naungan.
- Pengembangan program peningkatan produktivitas tanaman buah, dan pemanfaatan lahan marginal melalui penelitian:
  - Fenologi pertumbuhan tanaman buah terkait perubahan iklim.
  - Kelimpahan/intensitas serangan hama dan penyakit pada tanaman.
  - Pengendalian rontok bunga dan buah akibat curah hujan tinggi pada periode generatif tanaman (mangga, manggis, durian, rambutan).
  - Budidaya tanaman buah semusim dan tahunan pada kondisi iklim ekstrim (basah dan kering).
  - Pembuahan di luar musim ramah lingkungan.
  - Pengairan untuk meningkatkan produksi buah, baik kualitas maupun kuantitas.

- Perakitan varietas yang tahan rontok bunga/buah pada musim hujan.
- Pengendalian hama dan penyakit yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan.
- Peningkatan masa simpan buah segar.
- Budidaya tanaman buah di lahan rawa/pasang surut, terutama di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah.
- Budidaya di lahan kering di Nusa Tenggara Timur dan Jawa Timur.
- Pemasaran produk buah tipikal hasil budidaya di lahan suboptimal.

• Pengembangan model prediksi waktu dan pola tanam (WARM).
• Pengembangan model prediksi potensi sumber daya air (MAPDAS).
• Pengembangan model simulasi tanaman.
• Penyusunan peta kesesuaian lahan untuk tanaman buah tropika dan sub-tropika.
• Penyusunan peta rawan banjir dan kekeringan di lahan rawa.
• Pengembangan teknologi sumur renteng di lahan pasir pantai.
• Inovasi teknologi ameliorasi mendukung pengembangan budidaya hortikultura di lahan pasir.

Penelitian dan pendidikan dapat dilakukan oleh lembaga penelitian maupun perguruan tinggi, baik mandiri maupun melalui konsorsium.

4.2. Kebijakan dan Perencanaan Pertanian

Kebijakan pertanian semakin penting mengingat harga pangan di pasar global terus meningkat, terutama sejak tahun 2002-2004. Usaha mendatangkan bahan pokok akan makin mahal karena meningkatnya biaya transportasi. Karena itu diperlukan upaya optimalisasi sumberdaya lokal yang lebih banyak menyerap angkatan kerja.

Pengembangan komoditas pertanian sebaiknya mengacu pada peta AEZ dimana dapat dipilih komoditas-komoditas unggulan dengan menggunakan analisis sederhana, seperti *linear programing* yang dapat dijalankan dengan program excel. Peta AEZ skala 1:250.000 tersedia di setiap BPTP. Atlas AEZ untuk wilayah Sulawesi, Maluku, Kalimantan, dan Papua tersedia dalam format digital yang dapat menjadi acuan dalam meningkatkan kerjasama antar-wilayah yang berdekatan. Program dan kebijakan adaptasi perubahan iklim yang diperlukan adalah sebagai berikut:

(a) Pengembangan sistem komunikasi seperti Jaringan Informasi Iklim Pertanian (SJII), Sistem Peringatan Dini (SPD), dan Sekolah Lapang Iklim (SLI/SL-PTT).

(b) Pengembangan kelembagaan petani, penyiapan tool atau pedoman (Permentan No.47/2006, Permentan No.14/2009, UU No.41/2009), *blue print* pengelolaan kekeringan dan banjir, atlas kelender tanam, dll.

(c) Perakitan dan pengembangan model "SUT" dan inovasi teknologi adaptif.

(d) Penyesuaian dan pengembangan infrastruktur pertanian (JITUT, JIDES, dll), dan pemanfaatan lahan sub-optimal, terutama lahan kering dan lahan rawa untuk pangan, lahan gambut yang sangat sesuai dan selektif, terutama lahan yang sudah dibuka (sudah ada izin) dan/atau lahan terlantar.

(e) Pengembangan kawasan rumah pangan lestari (KRPL), merupakan model pemanfaatan pekarangan yang ramah lingkungan untuk pemenuhan kebutuhan pangan dan gizi keluarga, serta peningkatan pendapatan dan kesejahteraan petani melalui partisipasi masyarakat.

(f) Perlindungan, proteksi, dan bantuan bagi petani berupa subsidi, asuransi, permodalan, PUAP, dll.

4.3. Sistem Pendukung Kelembagaan Pertanian

Petani sebagai pelaku usahatani padi merasakan dampak negatif yang paling besar akibat perubahan iklim. Pola tanam yang mengandalkan kebiasaan sangat rentan dan berisiko terkena dampak kejadian iklim ekstrim.

Salah satu target utama Renstra Kementerian Pertanian untuk periode 2010-2014 adalah peningkatan kesejahteraan petani. Namun, petani/peternak sulit mengakses modal usaha kepada lembaga keuangan formal dan kalau pun ada, suku bunga sangat tinggi. Untuk memperbaiki dan mengatasi kondisi tersebut, Kementerian Pertanian telah memformulasikan berbagai upaya, yaitu:

(1) Optimalisasi pemanfaatan skim kredit program yang sudah ada (Kredit Ketahanan Pangan dan Energi (KKP-E), Kredit Pengembangan Energi Nabati dan Revitalisasi Perkebunan (KPEN-RP), Kredit Usaha Pembibitan Sapi (KUPS), dan Kredit Usaha Rakyat (KUR) melalui sosialisasi, koordinasi, dan sinkronisasi di tingkat lapangan yang lebih intensif.

(2) Pengembangan Skim Kredit Program yang semula hanya untuk usaha budidaya, diperluas mencakup usaha pasca-panen, pengolahan, dan pemasaran hasil.

(3) Memperluas Lembaga Penjamin dan Komoditas yang difasilitasi oleh skim *Risk-Sharing* dalam skim KKP-E.

(4) Mengintegrasikan skim kredit bersubsidi (KKP-E) dengan skim kredit penjaminan (KUR) sehingga pangsa kredit pertanian menjadi lebih besar.

(5) Menumbuhkan kelembagaan petani, kelompok tani, gapoktan, asosiasi, dan koperasi tani sebagai "*Channeling Agent*" lembaga keuangan formal,

baik perbankan maupun nonperbankan, untuk membiayai modal usaha petani.

(6) Meningkatkan fungsi penyuluh sebagai fasilitator pembiayaan petani.

(7) Mengembangkan pola kerjasama kemitraan tertutup antara Perbankan, Pemerintah Daerah (Dinas Teknis), Penjamin Pasar (*Off-Taker*) dan Penjamin Kredit (Avalis) dalam rangka mengatasi keterbatasan agunan yang dimiliki petani.

(8) Menumbuhkan Lembaga Keuangan Mikro Agribisnis (LKM-A) di perdesaan sebagai jejaring lembaga pembiayaan formal.

(9) Memfasilitasi pembiayaan bagi petani dan Gapoktan melalui program Pengembangan Usaha Agribisnis Perdesaan (PUAP), sesuai potensi wilayah.

(10) Mengembangkan skim perlindungan usaha petani dan mitigasi risiko usaha melalui asuransi pertanian.

Selain berbagai upaya yang berhubungan secara langsung dengan nilai input dan output pertanian, pendapatan petani juga masih memungkinkan ditingkatkan melalui:

(1) Pengembangan infrastruktur oleh Pemerintah melalui program padat karya dengan melibatkan petani yang menjadi sasaran kegiatan.

(2) Pengembangan berbagai aktivitas *off-farm* yang mampu membangkitkan penghasilan bagi petani dengan basis kegiatan yang terkait usahatani, seperti wisata agro, industri rumah tangga berbahan baku hasil pertanian, dan industri rumah tangga yang dapat menghasilkan peralatan pertanian sederhana.

(3) Pengembangan insentif bagi tumbuhnya industri hulu dan hilir pertanian.

(4) Pembuatan payung hukum bagi Lembaga Pembiayaan Pertanian di perdesaan.

Terkait dengan sklim perlindungan usaha petani, mitigasi risiko usaha terhadap kejadian iklim ekstrim, dan pertumbuhan lembaga pembiayaan pertanian di perdesaan, maka Asuransi Pertanian diharapkan dapat membantu petani dalam meminimalisasi risiko. Salah satu bentuk asuransi pertanian yang berpeluang dikembangkan adalah Asuransi Indeks Iklim (*Weather Index Insurance*).

Asuransi indeks iklim (*weather index insurance*)

Asuransi indeks iklim merupakan asuransi pertanian berbasis indeks iklim. Sistem ini memberikan pembayaran pada pemegang polis apabila kondisi cuaca/iklim tidak diharapkan tanpa bukti kegagalan panen. Dalam asuransi iklim, komponen yang diasuransikan adalah indeks iklim. Indeks iklim ditentukan berdasarkan korelasi yang kuat antara parameter iklim dengan

kehilangan hasil riil. Dalam asuransi indeks iklim, kebijakan pembayaran indeks asuransi berbasis pada objektivitas, bukan pada pengukuran kehilangan hasil panen riil.

Asuransi indeks iklim berpeluang dikembangkan dan diaplikasikan karena dapat mempercepat penerimaan petani terhadap teknologi adaptasi atau integrasi informasi prakiraan musim/iklim dalam membuat keputusan. Tersedianya regulasi atau undang-undang tentang asuransi pertanian menjadi kunci penting keberhasilan aplikasi asuransi indeks iklim. Beberapa tantangan lain adalah sumberdaya manusia yang harus disiapkan, kelembagaan dari pusat sampai daerah hingga ke petani/kelompok tani, kesiapan lembaga asuransi (swasta dan BUMN) dalam implementasi asuransi pertanian, dan kesiapan pemerintah mendukung pelaksanaan asuransi pertanian, terutama dalam hal subsidi anggaran.

4.4. Pelaku Usaha Pertanian

Pengembangan program adaptasi juga perlu dipahami oleh pelaku usaha pertanian, termasuk pihak swasta atau BUMN yang akan atau sedang menginvestasikan sumberdaya lahan maupun anggaran untuk usaha pertanian, agar usaha agribisis pertanian tidak mengalami kerugian akibat dampak perubahan iklim. Dengan memahami program adaptasi, pelaku usaha tani dapat merencanakan dan/atau mengantisipasi usaha pertanian yang sesuai dan sekaligus memanfaatkan dan mengembangkan teknologi adaptasi yang telah ada.

Beberapa program adaptasi perubahan iklim yang dapat dikembangkan oleh pelaku usaha tani antara lain:

- Pengembangan tanaman jeruk di lahan rawa melalui pembuatan tembokan (guludan) atau tokongan (gundukan) dan teknik budidaya lokal petani. Jeruk dapat ditanam di persawahan lahan rawa dan dapat menghasilkan buah dengan baik, dengan masa produktif lebih dari 30 tahun, bahkan mencapai lebih dari 50 tahun. Kualitas buah jeruk sangat baik dengan rasa manis yang khas dan cukup berair.
- Pengembangan tanaman mangga di dataran rendah beriklim basah. Beberapa jenis mangga seperti Arumanis, Gadung, Golek, dan Manalagi hanya cocok dikembangkan di dataran rendah beriklim kering, namun varietas Gedong gincu, Cengkir Indramayu, dan Sala Bengkulu telah berkembang di beberapa daerah beriklim basah.
- Pengembangan *food estate*, yang merupakan konsep pertanian pangan secara terintegrasi yang mencakup pertanian, perkebunan, dan peternakan di suatu kawasan lahan yang sangat luas. Hasil dari pengembangan *food estate* dapat menjadi pasokan ketahanan pangan nasional dan bahkan ekspor jika diperlukan. Konsep ini memerlukan

pembukaan lahan baru yang berorientasi pada peningkatan hasil pertanian.

- Pengembangan pertanian presisi (*precision farming*), merupakan usaha pertanian dengan pendekatan dan teknologi yang memungkinkan perlakuan khusus (*precise treatment*) terhadap rantai agribisnis. Pertanian presisi bertujuan untuk mencocokkan aplikasi sumberdaya dan kegiatan budidaya pertanian dengan kondisi tanah dan tanaman di daerah setempat.
- Pengembangan teknologi nano untuk efisiensi pengelolaan air irigasi.

Pelaku usaha pertanian dalam mengembangkan usahanya diharapkan dapat memanfaatkan program adaptasi perubahan iklim. Dengan demikian, pelaku usaha pertanian dapat proaktif dalam mendapatkan informasi tentang perubahan iklim, termasuk dampak, antisipasi, dan adaptasinya dari institusi penelitian dan pengembangan pertanian, baik di pusat maupun daerah.

VI. PENUTUP

Perubahan iklim merupakan suatu keniscayaan yang telah terjadi di beberapa tempat. Fenomena alam ini berdampak terhadap berbagai aspek kehidupan dan aktivitas manusia. Walaupun turut berkontribusi sebagai penyebab perubahan iklim, sektor pertanian merupakan korban dan paling rentan (*vulnerable*) terhadap perubahan iklim itu sendiri. Dampak perubahan iklim terhadap ketahanan pangan nasional terjadi secara runtut, mulai dari pengaruh negatif terhadap sumberdaya (lahan dan air), infrastruktur pertanian (irigasi), hingga sistem produksi melalui penurunan produktivitas, luas tanam dan panen. Di sisi lain, petani memiliki sumberdaya dan kemampuan yang terbatas untuk dapat beradaptasi pada perubahan iklim.

Untuk itu diperlukan tindakan nyata secara bersama, baik di tingkat global, regional, maupun nasional. Kementerian Pertanian menyikapi kejadian perubahan iklim dengan menyusun strategi yang meliputi tiga aspek, yaitu: (a) antisipasi, (b) mitigasi, dan (c) adaptasi pertanian. Antisipasi merupakan kajian perubahan iklim dengan tujuan untuk meminimalisasi dampak negatif perubahan iklim. Adaptasi adalah tindakan penyesuaian sistem alam dan sosial untuk menghadapi dampak negatif dari perubahan iklim. Upaya tersebut akan lebih bermanfaat apabila laju perubahan iklim tidak melebihi kemampuan beradaptasi. Oleh karena itu, upaya antisipasi dan adaptasi perlu diimbangi dengan mitigasi, yaitu upaya mengurangi sumber maupun peningkatan rosot (penyerap) gas rumah kaca.

Pedoman umum adaptasi perubahan iklim ini diharapkan menjadi acuan bagi pihak terkait, terutama UP/UKT lingkup Badan Litbang Pertanian, dalam menyusun program dan petunjuk operasional upaya adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Litbang Pertanian. 2011. Rumusan Raker Badan Litbang Pertanian tanggal 26-27 April 2011 (tidak dipublikasikan).

Badan Litbang Pertanian. 2010. *Road Map* Strategi Sektor Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Rencana Strategis Badan Litbang Pertanian (2010)

Boer, R. and A.R. Subbiah. 2005. Agriculture drought in Indonesia. p. 330–344. In V. S. Boken, A.P. Cracknell, and R.L. Heathcote (Eds.). Monitoring and Predicting Agricultural Drought: A global study. Oxford Univ. Press.

Boer, R. 2006. Pendekatan dalam mengelola risiko iklim. Makalah disajikan dalam Seminar Pelatihan Dosen-dosen Perguruan Tinggi Indonesia Bagian Barat. BIOTROP, Bogor, 7 September 2006.

Boer, R., A. Buono, Sumaryanto, E. Surmaini, A. Rakhman, W. Estiningtyas, K. Kartikasari, and Fitriyani. 2009. Agriculture Sector. Technical Report on Vulnerability and Adaptation Assessment to Climate Change for Indonesia's Second National Communication. Ministry of Environment and United Nations Development Programme, Jakarta.

Boer, R., A. Buono, A. Sumaryanto, E. Surmaini, I. Las, dan Yelly. 2011. Dampak kenaikan muka air laut pada penggunaan lahan sawah di kawasan pantura. Laporan Akhir Konsorsium Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim Sektor Pertanian.

Ditjen Tanaman Pangan. 2011. Rapat Pimpinan Ditjen Tanaman Pangan 2011. Jakarta, 11-13 Januari 2011.

Kementerian Pertanian. 2010. Road Map Strategi Sektor Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim. Kementerian Pertanian, Jakarta. 102 hlm

Kementerian Pertanian, 2009. Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2010-2014

Kementerian Pertanian, 2007. Strategi dan Inovasi Teknologi Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim Global

Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2007. Rencana Aksi Nasional dalam Menghadapi Perubahan Iklim

KP3I (Konsorsium Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim). 2009. Laporan Akhir Kegiatan 2008-2009. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.

Las, I. 2000. Peluang Kejadian El Nino dan La Nina Tahun 1900 2000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.

Naylor, R.L., D.S. Battisti, D.J. Vimont, W.P. Falcon, and M.B. Burke. 2007. Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture. Proceeding of the National Academic of Science 114: 7752-7757.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 2011. Teknologi Tanaman Pangan Menghadapi Perubahan Iklim. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian

UNFCCC. 2009. Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change. United Nations Development Programme 1 UN Plaza, New York, New York 10017, USA

UNDP. 2007. Sisi lain perubahan iklim: Mengapa Indonesia harus beradaptasi untuk melindungi rakyat miskinnya. United Nations Development Programme Indonesia

GLOSSARY

Pemanasan Global:

meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi sebagai akibat meningkatnya konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer akibat peningkatan emisi GRK

Pengertian Perubahan Iklim Menurut Berbagai Sumber :

a. UU No. 31 Tahun 2009

   Perubahan Iklim adalah berubahnya iklim yang diakibatkan, langsung atau tidak langsung, oleh aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global serta perubahan variabilitas iklim alamiah yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan.

b. Pengertian menurut pemahaman petani

   Perubahan Iklim adalah terjadinya musim hujan dan kemarau yang sering tidak menentu sehingga dapat mengganggu kebiasaan petani (pola tanam) dan mengancam hasil panen.

c. Pengertian menurut pemahaman nelayan

   Perubahan iklim adalah susahnya membaca tanda-tanda alam (angin, suhu, astronomi, biota, arus laut) karena terjadi perubahan dari kebiasaan sehari-hari, sehingga nelayan sulit memprediksi daerah, waktu dan jenis tangkapan.

d. Pengertian menurut pemahaman masyarakat umum

Perubahan iklim adalah ketidakteraturan musim.

e. Perubahan iklim adalah perubahan yang merujuk pada variasi rata-rata kondisi iklim suatu tempat atau variabilitasnya yang nyata secara statistik untuk jangka waktu yang panjang (biasanya dekade atau lebih) (IPCC, 2001).

f. Perubahan beberapa unsur iklim menuju tren tertentu yang menyimpang dari kondisi rata-rata jangka panjang sebagai akibat dari pemanasan global (Badan Litbang, 2007)

Antisipasi Perubahan Iklim:

menyiapkan arah & strategi, program & kebijakan dalam rangka menghadapi (mitigasi & adaptasi) pemanaan global/perubahan iklim

Adaptasi Perubahan Iklim:

kemampuan suatu sistem (termasuk ekosistem, sosial-ekonomi, dan kelembagaan) untuk menyesuaikan dengan dampak perubahan iklim, mengurangi kerusakan, memanfaatkan kesempatan, dan mengatasi

konsekuensinya (IPCC, 2001). Lebih jelasnya adaptasi adalah berbagai tindakan atau upaya penyesuaian diri secara manajerial, teknologi dan pola pertanian, agar dampak perubahan iklim dapat diminimumkan bahkan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan produksi pertanian (KP3I-Kementerian Pertanian, 2010).

Mitigasi Perubahan Iklim:

tindakan untuk mengurangi intensitas kekuatan radiasi dalam mengurangi potensi pemanasan global. Atau tindakan aktif untuk mencegah/memperlambat perubahan iklim (pemanasan global) melalui upaya penurunan emisi dan/atau peningkatan penyerapan gas rumah kaca (GRK) (KP3I, Kementerian Pertanian, 2008)

Kerentanan (*vulnerability*) :

ketidakmampuan suatu sistem (termasuk ekosistem, sosial-ekonomi, dan kelembagaan) untuk mengatasi dampak perubahan iklim. Kerentanan merupakan fungsi besarnya perubahan dan dampak, serta variasi akibat deraan perubahan iklim

GRK (Gas Rumah Kaca):

gas-gas di atmosfer yang memiliki kemampuan menyerap radiasi gelombang panjang yang dipancarkan ke bumi sehingga menimbulkan pemanasan atau peningkatan suhu bumi. Yang termasuk kelompok GRK adalah: (1) Karbon Dioksida (CO_2), (2) Metana (CH_4), (3) Dinitro Oksida (N_2O), (4) Hidrofluorokarbon (HFC), (5) Perfluorokarbon (PFC), (6) Sulfur

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*):

suatu panel ilmiah yang ditunjuk oleh pemerintah anggota Konvensi Perubahan Iklim untuk melakukan pengkajian (*assessment)* terhadap perubahan iklim

UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*):

Konvensi Kerangka PBB tentang perubahan iklim yang bertujuan untuk menstabilkan konsentrasi GRK sehingga tidak membahayakan sistem iklim bumi. Konvensi ini sudah diratifikasi Indonesia dalam bentuk UU No. 6 tahun 1994

Lampiran 1. Matrik teknologi adaptasi perubahan iklim di sektor pertanian.

a. Perubahan pola hujan (perubahan musim).

NO.	DAMPAK	UPAYA ADAPTASI	OPSI TEKNOLOGI	KEUNGGULAN TEKNOLOGI
1	Langsung : - Mundurnya awal musim hujan - Makin panjangnya musim kemarau - Pengurangan potensi masa tanam (waktu dan pola tanam) Tidak Langsung - Penurunan produksi - Degradasi lahan - Menghambat peningkatan IP - Penurunan persediaan air di waduk	- Penentuan masa tanam dan pola tanam - Pengembangan varietas umur genjah - Rehabilitasi dan pengembangan jaringan irigasi - Peningkatan kemampuan prediksi pola hujan dan musim - Peningkatan prediksi potensi sumber daya air - Pengembangan peta kalender tanam - Pengembangan Sistem Jaringan Informasi Ikim (SJII) - Pengembangan Sekolah Lapang Iklim	- Pengembangan varietas umur genjah - Model pertanian baru pada lokasi berisiko iklim yang rendah untuk memenuhi kebutuhan pangan - Sistem Jaringan Informasi Iklim (SJII) - Sekolah Lapang Iklim (SLIP/SLPTT)	- Pengembangan varietas umur genjah dapat meningkatkan nilai tambah produksi - SJII dapat menyediakan data iklim dan hidrologi secara cepat dan akurat - SLIP/SLPTT dapat meningkatkan *capacity building*
2	- Gagal panen dan penurunan IP karena meningkatnya tinggi genangan sehingga produksi menurun	- Perbaikan tata air makro dan mikro	- Analisis neraca air DAS dan satuan hidrologi	- Mampu memprediksi dinamikan tinggi muka air dan luas genangan dalam satu kawasan satuan hidrologi sebagai bahan utama peringatan dini
3	- Peningkatan insiden OPT pada tanaman jeruk - Pembungaan dan pembuahan tidak teratur pada tanaman jeruk	- Pengendalian OPT berbasis teknologi pembungaan dan pembuahan pada tanaman jeruk	- Penerapan Pengelolaan Terpadu Kebun Jeruk Sehat (PTKJS)	- Penerapan PTKJS meminimumkan insiden OPT dan kegagalan pembungaan dan pembuahan dan memungkinkan diterapkan spesifik lokasi

Lampiran 1. Lanjutan...

4	- jadwal tanam tidak dapat dipastikan, banyak bibit terlalu tua atau mati shg gagal tanam.	- Pembuatan model prediksi dinamika genangan pada berbagai kondisi iklim. - Pembentukan VUB tahan kekeringan dan genangan. - Percepatan budidaya (olah tanah, tanam dan panen) dengan alsintan. - Perbaikan pasca panen dan susut hasil - Mempelajari tanda-tanda kearifan lokal untuk estimasi berubahnya pola hujan	- Saat semai benih padi yg berbeda beda sehingg saat tanam tetap masih muda. - Penggunaan padi VUB yg tahan kekeringan dan rendaman (Inpara 4 dan 5) - Penerapan paket alsin budidaya padi. - Aplikasi alsin panen, perontok dan mesin pengering di musim hujan - Melaksanakan studi perubahan iklim dengan melalui sekolah lapang iklim di sentra produksi sayuran	- Umur bibit tepat mempunyai potensi produksi yang normal. - Dapat menekan pengaruh kekeringan/ rendaman sehingga produktivitas dapat dipertahankan. - Meningkatkan efektivitas kerja. - Dapat menekan susut hasil panen. - Tingkat pengetahuan petani meningkat untuk upaya adaptasi budidaya sayuran terhadap perubahan iklim
5	- Bungan (calon buah) cabe rontok dan gagal panen.	- Melindungi tanaman dari hujan langsung.	- Teknologi screenhouse / net house.	- Melindungi rontok bunga. - Pengendalian hama terpadu. - Meningkatkan produktivitas
6	- Penurunan produksi, kualitas pakan dan hijauan - Peningkatan populasi vektor penyakit	- Peningkatan kondisi ternak dengan pakan berkualitas - Peningkatan daya tahan tubuh ternak dengan vaksinasi	- Teknologi pakan silase, penambahan probiotik/suplemen, bank pakan - Pengendalian vektor dengan kontrol biologi - Teknologi vaksinasi dan monitoring antibodi	- Penyimpanan lama dan kualitas terjaga, hemat tenaga kerja. - Ramah lingkungan - Peningkatan daya tahan tubuh

Lampiran 1. Lanjutan...

7	- Perubahan jadwal tanam padi	- Penentuan jadwal tanam dan pola tanam - diseminasi dan display varietas umur genjah - Sosialisasi perubahan iklim dan dampaknya kepada pemda (bapeda, dinas, bp4k, BPP) -sosialisasi gilir varietas untuk mengurangi infestasi OPT -Sosialisasi kalender tanam	- Pengembangan varietas umur genjah - Display varietas umur genjah - Sekolah Lapang Iklim dan PTT	- Pengembangan varietas umur genjah dan gilir varietas dapat mengantisipasi perubahan iklim - Pendampingan SLIP/SLPTT dapat meningkatkan *capacity building* dari para pengguna -Sosialisasi perubahan iklim dan dampaknya sangat efektif dalam menyebarkan informasi perubahan iklim dan dampaknya.
8	Meningkatnya gagal panen	Menanam varietas sayuran yang toleran terhadap genangan air dan pengembangan teknologi sistem drainase dan pengelolaannya	Pengembangan teknologi varietas sayuran yang tahan curah hujan tinggi, tahan genangan air, tahan penyakit, produksi tinggi, rendah emisi GRK dan perbaikan teknologi sistem jaringan drainase yang terpadu	Produksi sayuran dapat dipertahankan, drainase yang lancar, tidak tergenang air
9	Penurunan produksi tanaman akibat pengaruhnya terhadap rendemen karena varietas dan kemasakan panen (tebu) Terjadinya serangan hama dan penyakit busuk buah dan hama PBK (kakao)	- Penyesuaian musim tanam (tebu) Penyesuaian dan pengaturan varietas Penanaman klon yang tahan dan adaptip (kakao,kopi dan sawit)	- Penetapan perubahan waktu tanam - Penetapan varietas yg tepat sesuai tgkat kemasakannya (tebu) Manggunakan klon yang tahan thdp hama dan penyakit (kakao, kopi dan sawit)	- Waktu tanam dan panen yang tepat akan menghasilkan rendemen yang optimal Varietas yang tepat akan menghasilkan produksi tebu dan rendemen gula yg tinggi Klon yang adaptip dan tahan akan menghasilkan produksi dan mutu hasil yang tinggi (kakao, kopi dan sawit)

Lampiran 1. Lanjutan...

NO.	DAMPAK	UPAYA ADAPTASI	OPSI TEKNOLOGI	KEUNGGULAN TEKNOLOGI
1	**Banjir** - Gagal panen dan puso - Penurunan IP (indeks panen) sehingga produksi menurun - Penurunan luas areal panen - Peningkatan intensitas ganggunan OPT - Peningkatan frekuensi penyakit malaria, demam berdarah, diare, kolera -	- Perbaikan manajemen distribusi air - Pengembangan Sistem Peringatan Dini - Penyusunan *Blue Print* banjir - Pengembangan sistem informasi serangan penyakit malaria, demam berdarah, diare, kolera	- Varietas tahan rendaman (galur harapan padi yang toleran di lahan tergenang: GH TR 1, IR69502-6-SRN-3-UBN-1-B-1-3, IR70181-5-PMI-1-2-B-1, IR70213-9-CPA-12-UBN-2-1-3-1 dan IR70215-2-CPA-2-1-B-1-2). - Sistem Peringatan Dini Banjir - Sistem informasi serangan penyakit berbasis faktor iklim - *Blue Print* Banjir	-
2	- Penurunan produksi dan luas panen tanaman jeruk - Peningkatan insiden penyakit tanaman jeruk	- Pengembangan varietas batang bawah tahan genangan - Perbaikan manajemen pengairan - Sistem peringatan dini	- Penggunaan varietas batang bawah *Citrumello*	- Penggunaan varietas bartang bawah *Citrumello* meminimumkan risko kematian tanaman
3	- Luas areal tanam berkurang di lahan pasang surut (tipe A dan B), genangan air terlalu tinggi. - Luas tanam rawa lebak berkurang karena genangan terlalu tinggi - Terjadinya keracunan besi pada daerah daerah yang dreainasenya kurang baik.	- Pembentukan VUB tahan rendaman. - Pembuatan model prediksi dinamika tinggi genangan pada berbagai kondisi iklim pada lahan rawa. - Penciptaan teknologi tata air yang mampu mengendalikan muka air sawah dan mencegah keracunan besi. - Pembuatan kalender tanam (katam) lahan rawa terpadu.	- VUB tahan rendaman (Inpara 4 dan 5) - Penggunaan model prediksi tinggi genangan (dalam proses) - Penerapan katam rawa terpadu (dalam proses) -	- Mampu terendam selama 14 hari saat fase vegetatif. - Mampu memprediksi dinamika tinggi genangan sehingga mampu memprediksi saat tanam yang tepat. - Dapat dijadikan sebagai dasar dalam perencanaan pertanaman padi pada berbagai kondisi iklim.

Lampiran 1. Lanjutan...

4	- Tanaman padi tergenang.	- Upaya mekanis dengan penyiapan pompa drainasi/ pengelolaan air lebih	- Aplikasi pompa air drainasi	- Mampu mengelola air lebih
5	- Pertumbuhan tanaman buah terganggu dan hasil tidak maksimal (semangka)	- - Perbaikan tata kelola air dan olah tanah	- Teknologi mulsa dan olah tanah dengan guludan -	
6	- Gagal panen dan puso - Peningkatan intensitas ganggunan OPT -	- Sosialisasi varietas tahan rendaman dan salinitas kepada pemda, dan BPP - Sosialisasi kalender tanam -	- Display Varietas tahan rendaman dan salinitas -	- Varietas tahan rendaman sangat diperlukan bagi pantura
7	- Meningkatnya gagal panen	- Menanam varietas sayuran yang toleran terhadap genangan air dan pengembangan teknologi sistem drainase dan pengelolaannya	- Pengembangan teknologi varietas sayuran yang tahan curah hujan tinggi, tahan genangan air, tahan penyakit, produksi tinggi, rendah emisi GRK dan perbaikan teknologi sistem jaringan drainase yang terpadu	- Produksi sayuran dapat dipertahankan, drainase yang lancar, tidak tergenang air
	- Kematian tanaman dan penurunan produksi (tebu, kakao)	- Prioritas penanaman ke lahan tegalan - Pengembangan sistim drainasi - Penanaman varietas tahan genangan	- Pengembangan varietas untuk lahan tegalan - Sistim drainasi yg baik - Pengembangan varietas tahan genangan(kakao, kopi)	- Varietas untuk lahan tegalan telah berkembang dengan baik dg potensi produktivitas dan rendemen yg tinggi. - Varietas untuk lahan tegalan telah berkembang dengan baik dg potensi produktivitas dan rendemen yg tinggi. - Sistim drainasi yg baik mengurangi lama waktu genangan - Varietas tahan menekan resiko kematian

Lampiran 1. Lanjutan...

1	**Kekeringan** - Degradasi sumber daya air - Gagal panen dan puso - Penurunan luas tanam - Penurunan produksi (padi) - Penurunan produksi dan mutu hasil tanaman perkebunan (kelapa sawit, karet, kakao, kopi, dan tebu) - Kebakaran lahan	- Konservasi tanah dan air - Perbaikan manajemen distribusi air - Pengembangan teknologi panen hujan dan efisiensi penggunaan air - Pengembangan varietas tahan kekeringan - Penyusunan *Blue Print*	- Embung, rorak, dam parit, sumur renteng - Teknologi irigasi tetes, irigasi gravitasi, irigasi kapiler, irigasi macak-macak di lahan sawah, irigasi bergilir, dan irigasi berselang - Varietas tahan kekeringan dan hama penyakit (padi varietas Dodokan dan Silugonggo, INPARI-4), galur harapan padi (S 3382 dan BP 23), varietas kedelai (Argomulyo dan Burangrang), galur harapan kedelai (GH SHR/WIL-60 dan GH 9837/W-D-5-211), varietas kacang tanah (Singa dan Jerapah), varietas kacang hijau (Kutilang), galur harapan kacang hijau (GH 157D-KP-1), varietas jagung (Bima 3 Bantimurung, Lamuru, Sukmaraga, Anoma). - *Blue Print* kekeringan	
2	- Penurunan ketersediaan dan kualitas air - Gagal panen dan puso pada daerah rawa pasang surut pantai - Penurunan produktivitas pada lahan rawa pasang surut tipe C dan D serta lebak dangkal - Penambahan luas areal tanam pada daerah rawa lebak	- Konservasi air - Perbaikan kualitas air (irigasi tetes) - Pengembangan varietas padi tahan kekeringan - Penggunaan kalender tanam lahan rawa pada kondisi kekeringan - Pemanfaatan peta arahan penggunaan lahan rawa pada kondisi kekeringan	- Fertigasi air dan pompanisasi - Varietas padi tahan kekeringan (D7. D31) - Kalender tanam alternatif pada kondisi kekeringan - Peta arahan penggunaan lahan rawa rawan kekeringan	- Mampu mempertahankan ketersediaan dan kualitas air yang diperlukan tanaman pangan selama masa pertanaman - Mampu memperbaiki kualitas air untuk tanaman bernilai ekonomi tinggi - Mampu mempertahankan produktivitas padi 4 ton/ha pada kondisi kekeringan - Antisipasi kegagalan panen akibat kekeringan sebagai bahan utama peringatan dini - Antisipasi gagal panen pada daerah rawa rawan kekeringan

Lampiran 1. Lanjutan...

3	- Luas areal tanam berkurang di lahan pasang surut (tipe C dan D). - Luas areal tanam meningkat di lahan rawa lebak dalam - Meningkatnya luas lahan sulfat masam yg teroksidasi sehingan menurunkan kualitas tanah. - Meningkatnya lahan gambut yang terbakar. - Meningkatnya laju subsidensi lahan gambut. - Meningkatnya lahan sawah yang mengalami intrusi air garam	- Pembuatan model prediksi dinamika tinggi genangan pada berbagai kondisi iklim pada lahan rawa. - Penciptaan teknologi tata air untuk mencegah oksidasi pada lahan sulfat masam dan subsidensi pada lahan gambut. - Penciptaan teknologi pengolahan tanah tanpa bakar (herbisida atau TOT). - Penciptaan padi VUB tahan masam, kekeringan dan salinitas.	- Penggunaan model prediksi dinamika tinggi genangan sebagai dasar dalam perencanaan saat tanam. - Penerapan teknologi tata air tepat lokasi (pintu ar satu arah dan tabat). - Penerapan teknologi TOT dan herbisida. - Penggunaqan padi VUB toleran lahan masam (Inpara 1 dan 2), kekeringan, dan salinitas (lembur, mendawak dan Dendang).	- Dapat dijadikan dasar dalam perencanaan pengelolaan air secara kawasan. - Dapat mengatur air sesuai kebutuhan tanaman dan meningkatkan IP. - Mengurangi subsidensi dan pembakaran gambut. - Mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan hasil.
4	- Kegagalan panen	- Penggunaan pompa air sumur dangkal - Penggunaan mulsa (jerami) atau plastik untuk menghemat air	- Teknologi pompa air efisiensi tinggi. - Aplikasi mulsa perak hitam - Mesin pembuatan guludan surjan	- Substitusi kebutuhan air tanaman. - Menghemat air untuk tanaman.
5	- Kegagalan panen produk hortikultura - Hasil produk tidak optimal → tidak kualitas ekspor	- Aplikasi pompa dan teknologi hemat air - Aplikasi pupuk dan air irigasi sekaligus	- Drip dan sprinkler irrigation. - Aplikasi mesin pemupukan dan irigasi (fertigasi)	- Dapat menjamin panen produk horti. - Menghemat air untuk tanaman. - Efisiensi pupuk
6	- Gagal panen dan puso - Peningkatan intensitas ganggunan OPT	- Sosialisasi varietas tahan rendaman dan salinitas kepada pemda, dan BPP - Sosialisasi kalender tanam	- Display Varietas tahan rendaman dan salinitas	- Varietas tahan rendaman sangat diperlukan bagi pantura

Lampiran 1. Lanjutan...

7	- Meningkatnya gagal panen	- Menanam varietas sayuran yang toleran terhadap kekeringan dan teknologi budidaya efisien dalam penggunaan air	- Pengembangan varietas sayuran yang tahan kekeringan, produksi tinggi dan rendah emisi serta mengembangkan teknologi budidaya irirgasi tetes dan aeroponik	- Efisiensi penggunaan air yang cukup tinggi, varietas sayuran yang dapat berproduksi tinggi dengan kondisi air yang minimal dan tingkat produksi dapat dipertahankan dengan tingkat emisi yang rendah.
8	- Penurunan produksi - - Penurunan ketersediaan dan kualitas pakan	- Peningkatan kondisi ternak - Penggunaan pakan murah berbasis lokal - Penggunaan limbah pertanian sebagai pakan murah yang berkualitas	- Teknologi pakan silase, bank pakan - penggunaan pakan murah berbasis lokal (LEISA) - pakan murah berbasis limbah singkong, kakao, jagung, tebu dll - Teknologi tanaman pakan ternak toleran kekeringan/banjir	- Penyimpanan lama dan kualitas terjaga - Harga murah, efisien (zero waste)
9	- Penurunan produksi tanaman perkebunan - Peningkatan serangan hama, terutama belalang kembara - Penurunan produksi dan kualitas biji menjadi kurang baik, rendemen rendah (kakao, sawit, kopi)	- Varietas tahan kekeringan - Mempertahankan Kelembaban tanah - Mempertahan dan memelihara kapasitas air lapang dan nutrisi tanah - Menghindari penggunaan pestisida kimiawi yg berlebihan	- Penggunaan mulsa - Penggunaan bahan organik - Penanaman varietas toleran kekeringan - Pengairan/irigasi tetes dan fertigasi - PHT (tebu, kakao, kopi dan sawit)	- Varietas tahan kekeringan dapat menekan kemungkinan kematian dan penurunan produksi yg significant - Kelembaban tanah, kapasitas air lapangan dan nutrisi tanah yg tetap terjaga dapat menghindarkan tanaman dari dampak yg buruk dari kekeringan. - PHT menghindari pencemaran dan ketidakseimbangan sumberdaya hayati.(tebu, kakao, kopi dan sawit)

Lampiran 1. Lanjutan...

c. Peningkatan suhu udara.

NO.	DAMPAK	UPAYA ADAPTASI	OPSI TEKNOLOGI	KEUNGGULAN TEKNOLOGI
1	- Peningkatan transpirasi sehingga menurunkan produktivitas - Meningkatkan konsumsi air - Mempercepat pematangan biji/buah - Penurunan mutu/kualitas hasil - Berkembangnya berbagai OPT - Pemutihan terumbu karang	- Peningkatan IP - Integrasi dan diversifikasi tanaman dan ternak - Pengembangan sistem informasi serangan OPT	- Model simulasi tanaman - Varietas toleran suhu tinggi (padi Dodokan dan Silugonggo), galur harapan padi (S 3382 dan BP 23), kedelai Argomulyo dan Burangrang, galur harapan kedelai (GH SHR/WIL-60 dan GH 9837/W-D-5-211), kacang tanah Singa dan Jerapah, kacang hijau Kutilang, galur harapan kacang hijau (GH 157D-KP-1), jagung Bima 3 Bantimurung, Lamuru, Sukmaraga, Anoman. - Sistem informasi serangan OPT	-
2	- Peningkatan insiden OPT - Produksi dan kualitas hasil menurun - Memperpendek periode pembungaan dan pembuahan	- Sistem monitoring pengendalian OPT - Penggunaan mulsa plastik - Teknik pengairan "hemat air" Fertigasi	- Penerapan sistem monitoring OPT berbasis perangkap, fenologi tanaman - Pengendalian OPT berbasis hasil monitoring (pola pertumbuhan tanaman) - Penerapan irigasi tetes	- Pengembangan sistem peringatan dini OPT dapat memberikan informasi dan peringatan dini sehingga tindakan pengendalian bisa dilakukan lebih awal
3	- Ledakan hama penyakit hortikultura (whiteflies, thrips dan virus)	- Pengendalian hama penyakit	- Teknologi screen house/ rumah tanam (plastik net)	- Pengendalian OPT - Mengurangi pestisida
4	- Produksi tanaman sayuran lebih rendah	- Perbaikan ekositem mikro dengan pola tanam ganda dan meningkatkan penggunaan bahan organik	- Pengembangan teknologi pola tanam dan kombinasi tanaman sayuran yang kompatibel, sinergis dan menguntungkan	- Resiko kegagalan panen dapat dikurangi, meningkatkan simpanan karbon
5	- Penurunan produksi - Peningkatan insiden penyakit pernafasan dan penyakit disebabkan oleh vektor (vector borne diseases)	- Peningkatan kondisi ternak melalui perbaikan manajemen budidaya (pakan, kesehatan hewan)	- Teknologi pakan berkualitas - Teknologi diagnosa cepat dan vaksinasi	- Kandungan gizi seimbang, efisiensi pakan - Pengendalian penyakit secara cepat dan tepat - Peningkatan daya tahan tubuh
6	- Kebakaran - Peningkatan C02 udara - Kehilangan hasil	- Mempertahankan kelembaban tanah	- Penggunaan mulsa - Pemanfaatan bahan organik - Penanaman penutup tanah - Tanaman sela berupa tanaman pangan toleran naungan	- Mempertahan kelembaban tanah dan kandungan bahan organic tanah dapat menjaga lahan agar kondisinya tetap layak bagi pertanaman yg sehat dan berproduksi dg baik.