

UPAYA SEKTOR PERTANIAN DALAM MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM

Elza Surmaini, Eleonora Runtuwu, dan Irsal Las

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Jalan Ir. H. Juanda No. 98, Bogor 16123
Telp. (0251) 8323012, Faks. (0251) 8311256, E-mail: bbsdlp@litbang.deptan.go.id

Diajukan: 17 Maret 2008; Diterima: 27 Oktober 2010

ABSTRAK

Perubahan iklim (*climate change*) merupakan hal yang tidak dapat dihindari akibat pemanasan global (*global warming*) dan diyakini akan berdampak luas terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk sektor pertanian. Perubahan pola curah hujan, peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrem, serta kenaikan suhu udara dan permukaan air laut merupakan dampak serius dari perubahan iklim yang dihadapi Indonesia. Pertanian merupakan sektor yang mengalami dampak paling serius akibat perubahan iklim. Di tingkat global, sektor pertanian menyumbang sekitar 14% dari total emisi, sedangkan di tingkat nasional sumbangan emisi sebesar 12% (51,20 juta ton CO₂e) dari total emisi sebesar 436,90 juta ton CO₂e, bila emisi dari degradasi hutan, kebakaran gambut, dan dari drainase lahan gambut tidak diperhitungkan. Apabila emisi dari ketiga aktivitas tersebut diperhitungkan, kontribusi sektor pertanian hanya sekitar 8%. Walaupun sumbangan emisi dari sektor pertanian relatif kecil, dampak yang dirasakan sangat besar. Perubahan pola curah hujan dan kenaikan suhu udara menyebabkan produksi pertanian menurun secara signifikan. Kejadian iklim ekstrem berupa banjir dan kekeringan menyebabkan tanaman yang mengalami puso semakin luas. Peningkatan permukaan air laut menyebabkan penciptaan lahan sawah di daerah pesisir dan kerusakan tanaman akibat salinitas. Dampak perubahan iklim yang demikian besar memerlukan upaya aktif untuk mengantisipasi melalui strategi mitigasi dan adaptasi. Teknologi mitigasi bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dari lahan pertanian melalui penggunaan varietas rendah emisi serta teknologi pengelolaan air dan lahan. Teknologi adaptasi yang dapat diterapkan meliputi penyesuaian waktu tanam, penggunaan varietas unggul tahan kekeringan, rendaman dan salinitas, serta pengembangan teknologi pengelolaan air.

Kata kunci: Perubahan iklim, pertanian, mitigasi, adaptasi

ABSTRACT

Efforts of agricultural sector in dealing with climate change

Climate change as an inevitable consequence of global warming is believed to be widely impact on various aspects of life and development sectors. Changes in precipitation patterns, increase in frequency of extreme climate events, and rise in temperatures and sea level were serious impacts of climate change faced by Indonesia. Agriculture is most vulnerable sector to impacts of climate change. At the global level, agricultural sector contributes about 14% of total emissions, while at the national level agricultural sector contributes 12% (51.20 million tons CO₂e) of the total CO₂e emissions, if the emissions from forest degradation and peatland were not accounted. If the emissions from these sectors be included, agricultural sector contributes only about 8%. Although the contribution of agricultural sector to the total emissions is relatively small, the impact is very serious. Changes in rainfall patterns and rising temperatures cause a significant reduction in agricultural production. Climate extreme events such as floods and droughts cause more extensive damaged plants. Increasing sea water causes reduction of agricultural land in the coastal areas and damages to crops due to salinity. Impact of climate change requires an active effort to anticipate it through mitigation and adaptation strategies. Mitigation technologies aim to reduce glasshouse gas (GHG) emissions from agricultural lands through the use of low-emission varieties, water management, and land management technologies. Adaptation technologies include adjusting planting time, use of varieties resistant to drought, soaking, and salinity, and development of water management technologies.

Keywords: Climate change, agriculture, mitigation, adaptation

Variabilitas dan perubahan iklim sebagai akibat pemanasan global (*global warming*) merupakan salah satu tantangan terpenting pada milenium ketiga. Sejumlah bukti baru hasil berbagai

studi mutakhir memperlihatkan bahwa faktor antropogenik, terutama perkembangan industri yang sangat cepat selama 50 tahun terakhir telah memicu terjadinya pemanasan global secara signifikan.

Perubahan iklim berdampak terhadap kenaikan frekuensi maupun intensitas kejadian cuaca ekstrim, perubahan pola hujan, serta peningkatan suhu dan permukaan air laut.

Hasil kajian the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007) menunjukkan bahwa sejak tahun 1850, tercatat ada 12 tahun terpanas berdasarkan data suhu permukaan global. Sebelas dari 12 tahun terpanas tersebut terjadi dalam waktu 12 tahun terakhir. Kenaikan suhu total dari tahun 1850–1899 sampai dengan 2001–2005 mencapai 0,76°C. Permukaan air laut rata-rata global juga meningkat dengan laju rata-rata 1,80 mm/tahun dalam kurun waktu tahun 1961–2003. Kenaikan total permukaan air laut yang berhasil dicatat pada abad ke-20 diperkirakan mencapai 0,17 m.

Di banyak tempat di dunia, frekuensi dan intensitas bencana cenderung meningkat (Sivakumar 2005). Banjir dan badai mengakibatkan 70% dari total bencana, dan sisanya 30% disebabkan kekeringan, longsor, kebakaran hutan, gelombang panas, dan lain-lain. Laporan IPCC juga menunjukkan bahwa kegiatan manusia ikut berperan dalam pemanasan global sejak pertengahan abad ke-20.

Pemanasan global akan terus meningkat dengan percepatan yang lebih tinggi pada abad ke-21 apabila tidak ada upaya menanggulangnya. Banjir adalah bencana yang paling sering terjadi (34%), diikuti longsor (16%). Kemungkinan pemanasan global akan menimbulkan kekeringan dan curah hujan ekstrem, yang pada gilirannya akan menimbulkan bencana iklim yang lebih besar (IPCC 2007). Laporan United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (UNOCHA) mengindikasikan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara yang rentan terhadap bencana akibat perubahan iklim.

Perubahan iklim diyakini akan berdampak buruk terhadap berbagai aspek kehidupan dan sektor pembangunan, terutama sektor pertanian, dan dikhawatirkan akan mendatangkan masalah baru bagi keberlanjutan produksi pertanian, terutama tanaman pangan. Pada masa mendatang, pembangunan pertanian akan dihadapkan pada beberapa masalah serius, yaitu: 1) penurunan produktivitas dan pelandaian produksi yang tentunya membutuhkan inovasi teknologi untuk mengatasinya, 2) degradasi sumber daya lahan dan air yang mengakibatkan *soil sickness*, penurunan tingkat kesuburan, dan pencemaran, 3) variabilitas dan perubahan iklim yang mengakibatkan banjir dan kekeringan, serta 4) alih fungsi dan fragmentasi lahan pertanian.

Perubahan iklim merupakan proses alami yang bersifat tren yang terus-

menerus dalam jangka panjang. Oleh karena itu, strategi antisipasi dan penyediaan teknologi adaptasi merupakan aspek kunci yang harus menjadi rencana strategis Kementerian Pertanian dalam rangka menyikapi perubahan iklim dan mengembangkan pertanian yang tahan (*resilience*) terhadap perubahan iklim.

Besarnya dampak perubahan iklim terhadap pertanian sangat bergantung pada tingkat dan laju perubahan iklim di satu sisi serta sifat dan kelenturan sumber daya dan sistem produksi pertanian di sisi lain. Untuk itu, diperlukan berbagai penelitian dan pengkajian tentang perubahan iklim dan dampaknya terhadap sektor pertanian, baik sumber daya, infrastruktur, maupun sistem usaha tani/agribisnis dan ketahanan pangan nasional.

Penelitian variabilitas dan perubahan iklim yang dilakukan oleh berbagai lembaga penelitian dan perguruan tinggi masih terbatas, serta belum terintegrasi dan bersinergi dengan baik sehingga hasilnya belum dapat menjawab tantangan dan permasalahan secara efektif. Di sisi lain, persepsi dan pemahaman tentang perubahan iklim dari berbagai kalangan masih beragam karena adanya senjang informasi antara peneliti/ilmuwan dengan para pemangku kebijakan, penyuluh, dan petani. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dan pengkajian yang komprehensif dan terpadu terhadap dampak perubahan iklim, serta strategi antisipasi dan teknologi adaptasinya. Tulisan ini memaparkan secara garis besar posisi sektor pertanian dalam perubahan iklim, baik sebagai *emitter*, *sink* (rosot) maupun sektor yang rentan terhadap dampak perubahan iklim (*victim*).

KONTRIBUSI SEKTOR PERTANIAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK), yaitu CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HFC, dan PFC terjadi akibat aktivitas manusia seperti pemanfaatan bahan bakar fosil, pengembangan industri, limbah, usaha pertanian dan peternakan, dan konversi lahan yang tidak terkendali. Aktivitas tersebut mengakibatkan terperangkapnya radiasi di atmosfer sehingga meningkatkan suhu permukaan bumi secara global.

Indonesia pernah dituding sebagai negara terbesar ketiga penghasil GRK

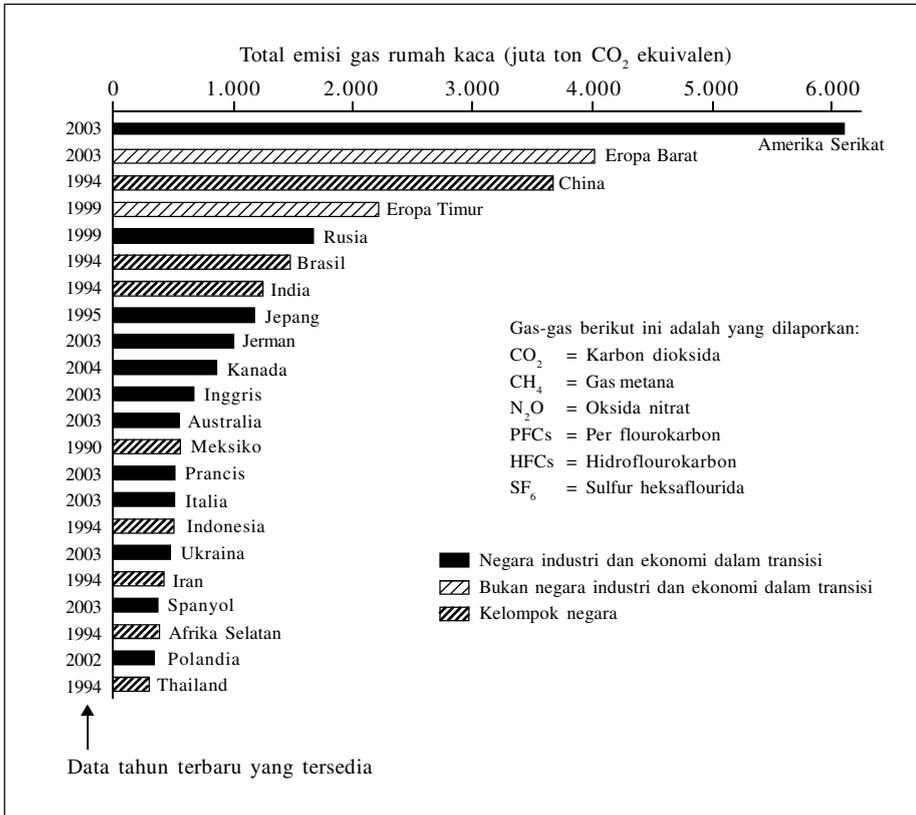
dunia, terutama akibat perubahan tata guna lahan dan penggundulan hutan. Namun, berdasarkan hasil inventori GRK yang dilakukan oleh UNFCCC (2006), Indonesia berada dalam urutan ke-16 dari 20 negara pengemisi GRK terbesar di dunia (Gambar 1).

Sektor pertanian melepaskan emisi GRK ke atmosfer dalam jumlah yang cukup signifikan, yaitu berupa CO₂, CH₄, dan N₂O (Paustian *et al.* 2004). CO₂ sebagian besar dilepaskan dari proses pembusukan oleh mikroba, pembakaran serasah tanaman, dan dari bahan organik tanah (Janzen 2004; Smith 2004). Metana (CH₄) dihasilkan apabila dekomposisi bahan organik terjadi pada kondisi kekurangan oksigen, terutama pada proses fermentasi pencernaan ruminansia, kotoran ternak, dan lahan sawah (Mosier 2001). N₂O dihasilkan dari transformasi mikroba pada tanah dan kotoran ternak dan meningkat apabila ketersediaan nitrogen melebihi kebutuhan tanaman, terutama pada kondisi basah (Smith dan Conen 2004; Oenema *et al.* 2005).

Di tingkat dunia, sektor pertanian menyumbang sekitar 14% dari total emisi pada tahun 2000. Pada tingkat global, sumber emisi tertinggi sektor pertanian berasal dari penggunaan pupuk, peternakan, lahan sawah, limbah ternak, dan pembakaran sisa-sisa pertanian (WRI 2005). Emisi dari kegiatan produksi padi dan pembakaran biomassa sebagian besar merupakan kontribusi dari negara berkembang, yaitu masing-masing 97% dan 92%, di mana emisi metana dari padi umumnya berasal dari Asia Selatan dan Asia Timur (82%). Emisi dari pembakaran sabana di Afrika, Amerika Latin, dan Karibia menyumbang 74% emisi. Dari negara maju, emisi dari peternakan adalah yang tertinggi (52%) dibanding dari negara berkembang (US-EPA 2006).

Menurut US-EPA (2006), emisi sektor pertanian Indonesia pada tahun 2005 mencapai 141 juta ton karbon ekuivalen (Mt CO₂e). Dibandingkan dengan negara lain seperti Amerika Serikat yang mencapai 442 Mt CO₂e, China 1.171 Mt CO₂e, Brasil 598 Mt CO₂e, dan India 442 Mt CO₂e pada tahun yang sama, emisi dari sektor pertanian Indonesia termasuk kecil.

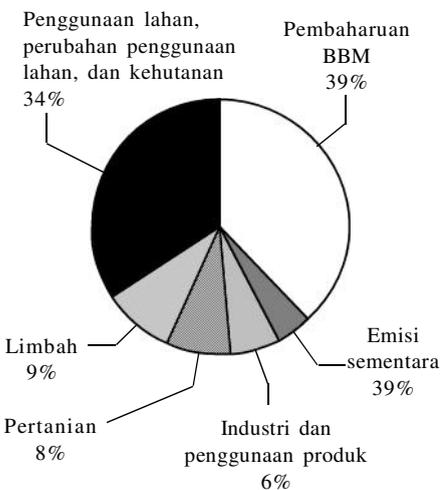
Hasil inventori GRK Indonesia dari *Second National Communication* (UNDP Indonesia 2009) menunjukkan kontribusi emisi sektor pertanian yang jauh lebih rendah, yaitu 51,20 Mt CO₂e atau hanya 12% dari total emisi Indonesia (436,90 Mt



Gambar 1. Dua puluh negara penghasil emisi gas rumah kaca tertinggi (UNFCCC 2006).

CO₂e), apabila emisi dari degradasi hutan, kebakaran gambut, dan dari drainase lahan gambut tidak diperhitungkan. Apabila emisi dari sektor tersebut diperhitungkan maka kontribusi sektor pertanian hanya sekitar 8% (Gambar 2).

Emisi GRK diprediksi akan terus bertambah pada masa mendatang karena



Gambar 2. Kontribusi emisi dari sektor pertanian di Indonesia.

meningkatnya kebutuhan akan pangan. Peningkatan emisi tersebut antara lain disebabkan oleh penggunaan lahan marginal, peningkatan konsumsi daging, dan kebijakan perdagangan internasional yang menyebabkan peningkatan penggunaan energi untuk transportasi. Oleh karena itu, selain tetap peduli dengan berusaha mengurangi emisi GRK dari sektor pertanian melalui strategi mitigasi, secara simultan juga perlu dilakukan pengkajian dan analisis tentang kapasitas dan laju penyerapan GRK pada sektor pertanian, serta penilaian multifungsi pertanian terhadap iklim dan lingkungan.

DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA SEKTOR PERTANIAN

Pertanian, terutama subsektor tanaman pangan, paling rentan terhadap perubahan iklim terkait tiga faktor utama, yaitu biofisik, genetik, dan manajemen. Hal ini karena tanaman pangan umumnya merupakan tanaman semusim yang relatif sensitif terhadap cekaman, terutama

kelebihan dan kekurangan air. Secara teknis, kerentanan sangat berhubungan dengan sistem penggunaan lahan dan sifat tanah, pola tanam, teknologi pengelolaan tanah, air, dan tanaman, serta varietas tanaman (Las *et al.* 2008). Tiga faktor utama yang terkait dengan perubahan iklim global, yang berdampak terhadap sektor pertanian adalah: 1) perubahan pola hujan, 2) meningkatnya kejadian iklim ekstrim (banjir dan kekeringan), dan 3) peningkatan suhu udara dan permukaan air laut (Salinger 2005).

Perubahan pola hujan telah terjadi di beberapa wilayah di Indonesia sejak beberapa dekade terakhir, seperti awal musim hujan yang mundur pada beberapa lokasi, dan maju di lokasi lain. Penelitian Aldrian dan Djamil (2006) menunjukkan, jumlah bulan dengan curah hujan ekstrim cenderung meningkat dalam 50 tahun terakhir, terutama di kawasan pantai. Hasil analisis pada 26 stasiun hujan di Jawa Timur dengan periode data 25–40 tahun mengindikasikan telah terjadi tren penurunan curah hujan musiman dan tahunan (Boer dan Buono 2008). Runtuwu dan Syahbuddin (2007) menyatakan bahwa pada periode 1879–2006, telah terjadi penurunan jumlah curah hujan dan perubahan pola hujan di Tasikmalaya, Jawa Barat, yang mengakibatkan pergeseran awal musim dan masa tanam dan menurunkan potensi satu periode masa tanam padi (Gambar 3).

Perubahan pola curah hujan juga menurunkan 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 5,70 miliar m³/tahun menjadi 4,90 miliar m³/tahun (PJT 2 2009). Kondisi tersebut berimplikasi terhadap turunnya kemampuan waduk Jatiluhur mengairi sawah di Pantura Jawa. Kondisi yang sama ditemui pada waduk lain di Jawa Tengah, seperti Gajah Mungkur dan Kedung Ombo. Dengan kondisi perubahan curah hujan tersebut, jika petani tetap menerapkan pola tanam seperti kondisi normal maka kegagalan panen akan semakin sering terjadi. Dengan penurunan curah hujan dan ketersediaan air waduk, petani juga perlu mengubah pola tanam padi-padi menjadi padi-nonpadi.

Hasil analisis global terhadap indeks perubahan iklim, yaitu suatu indeks yang mengukur penyimpangan iklim di masa datang dibandingkan yang terjadi saat ini, yang dilakukan oleh Baettig *et al.*

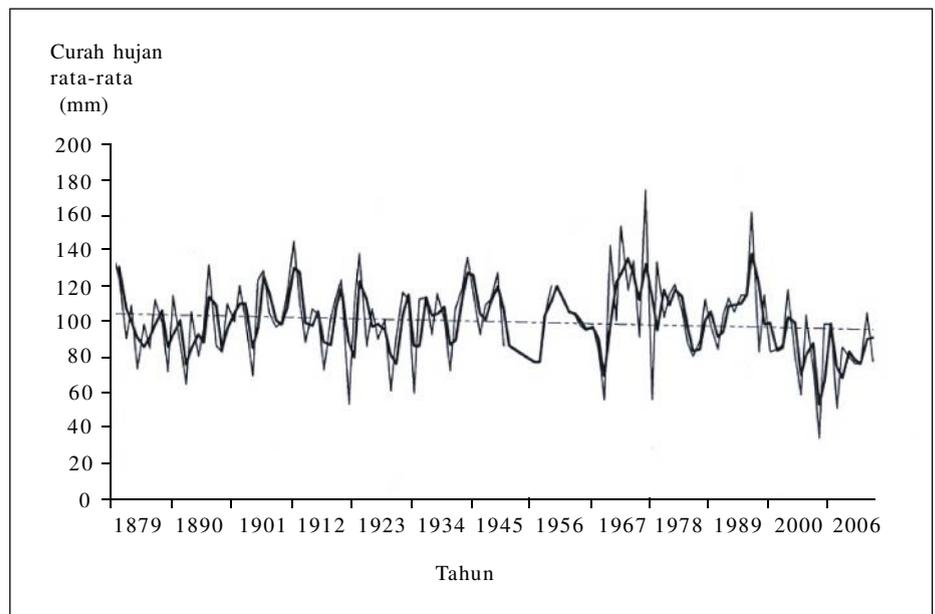
(2007) mengindikasikan bahwa nilai penyimpangan iklim di Indonesia akan meningkat pada masa mendatang sebesar 7 dan 8. Nilai tersebut menunjukkan bahwa Indonesia akan mengalami peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrim seperti banjir dan kekeringan pada masa datang. Dampak kejadian banjir dan kekeringan terhadap kerusakan tanaman padi sawah pada periode tahun 1989–2007 menunjukkan tren peningkatan yang cukup signifikan (Gambar 4).

Peningkatan suhu udara global selama 100 tahun terakhir rata-rata 0,57°C (Runtuwun dan Kondoh 2008). Boer (2007) menggambarkan perubahan suhu udara di Jakarta dalam periode 1860–2000 yaitu 1,40°C pada bulan Juli dan 1,04°C pada bulan Januari (Gambar 5).

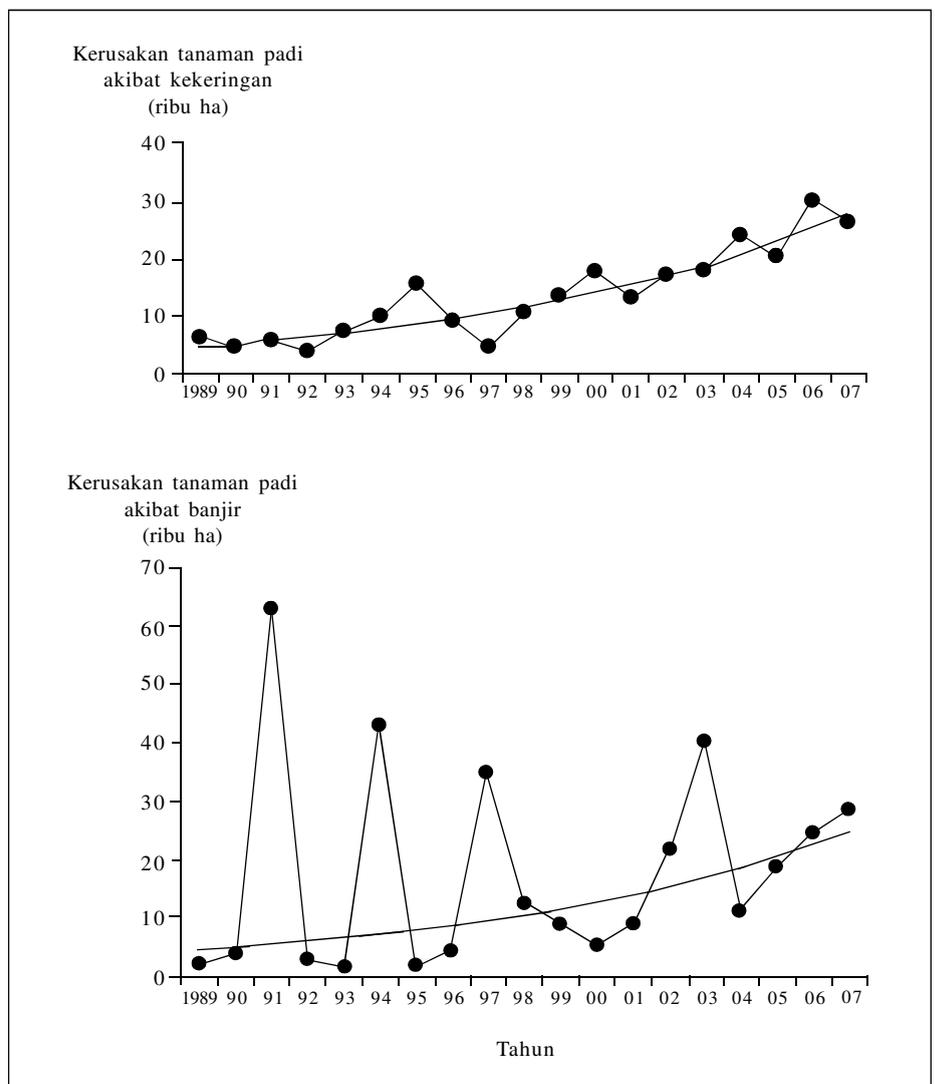
Peningkatan suhu menyebabkan terjadinya peningkatan transpirasi yang selanjutnya menurunkan produktivitas tanaman pangan (Las 2007), meningkatkan konsumsi air, mempercepat pematangan buah/biji, menurunkan mutu hasil, dan mendorong berkembangnya hama penyakit tanaman. Berdasarkan hasil simulasi tanaman, kenaikan suhu sampai 2°C di daerah dataran rendah dapat menurunkan produksi sampai 40%, sedangkan di dataran sedang dan tinggi penurunan produksi sekitar 20% (Surmaini *et al.* 2008). Hasil penelitian Peng *et al.* (2004), setiap kenaikan suhu minimal 1°C akan menurunkan hasil tanaman padi sebesar 10%. Matthews *et al.* (1997) menunjukkan bahwa kenaikan suhu 1°C akan menurunkan produksi 5–7%. Penurunan tersebut disebabkan berkurangnya pembentukan *sink*, lebih pendeknya periode pertumbuhan, dan meningkatnya respirasi (Matthews dan Wassman 2003).

Kenaikan permukaan air laut juga berdampak serius pada sektor pertanian. Dampak paling nyata adalah penciutan lahan pertanian di pesisir pantai (Jawa, Bali, Sumatera Utara, Lampung, Nusa Tenggara Barat, dan Kalimantan), kerusakan infrastruktur pertanian, dan peningkatan salinitas yang merusak tanaman (Las 2007).

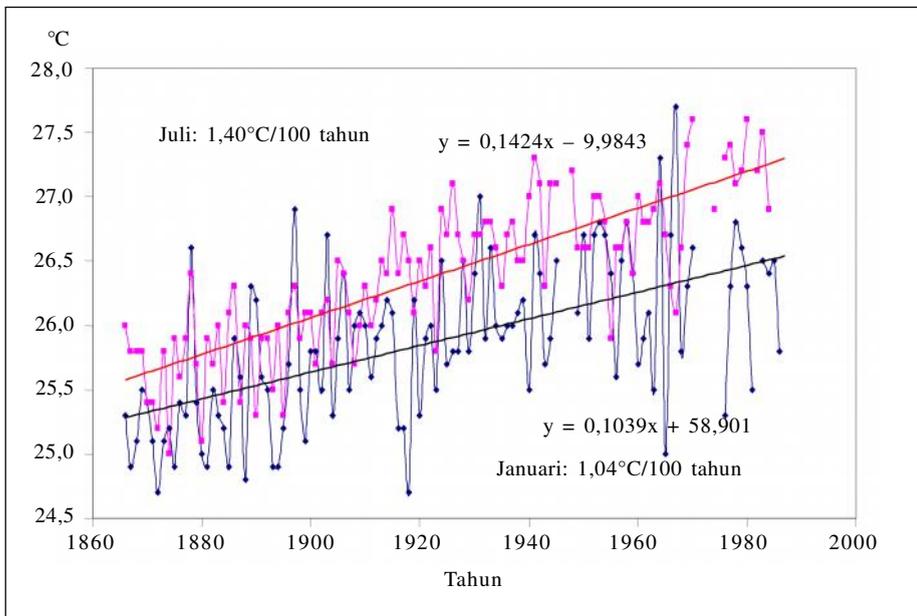
Meiviana *et al.* (2004) mencatat selama periode tahun 1925–1989, permukaan air laut di Jakarta naik 4,38 mm/tahun, di Semarang 9,27 mm/tahun, dan di Surabaya 5,47 mm/tahun. Parry *et al.* (1992) menyatakan bahwa pasokan beras dari daerah Karawang dan Subang, Jawa Barat, berkurang sekitar 300.000 ton karena



Gambar 3. Perubahan pola hujan di daerah Tasikmalaya, Jawa Barat, 1879–2006.



Gambar 4. Luas kerusakan tanaman padi akibat banjir dan kekeringan (data diolah dari Ditlin Tanaman Pangan).



Gambar 5. Tren perubahan suhu Jakarta periode 1860–2000 (Boer 2007).

naiknya permukaan laut. Naiknya permukaan air laut yang terjadi bersamaan dengan berkurangnya pasokan air dari daerah hulu pada musim kemarau mendorong terjadinya intrusi air laut. Salinitas air di daerah pesisir akan meningkat yang mengakibatkan tingginya salinitas tanah.

Potensi kehilangan luas lahan sawah akibat naiknya permukaan 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, diperkirakan produksi tanaman pangan strategis akan menurun 20,30–27,10% untuk padi, 13,60% untuk jagung, 12,40% untuk kedelai, dan 7,60% untuk tebu dibandingkan produksi tahun 2006. Potensi penurunan produksi padi tersebut terkait dengan berkurangnya lahan sawah di Jawa seluas 113.003–146.473 ha, di Sumatera Utara 1.314–1.345 ha, dan di Sulawesi 13.672–17.069 ha (Handoko *et al.* 2008).

UPAYA MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM

Dampak perubahan iklim yang begitu besar merupakan tantangan bagi sektor pertanian. Peran aktif berbagai pihak diperlukan untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim melalui upaya mitigasi

dan adaptasi. Upaya antisipasi ditujukan untuk menyiapkan strategi mitigasi dan adaptasi.

Pengkajian dampak perubahan iklim telah dilakukan antara lain terhadap 1) sumber daya pertanian, seperti pola curah hujan dan musim (aspek klimatologis), sistem hidrologi dan sumber daya air (aspek hidrologis), serta keragaan dan penciptaan luas lahan pertanian di sekitar pantai, 2) infrastruktur/sarana dan prasarana pertanian, terutama sistem irigasi dan waduk, 3) sistem produksi pertanian, terutama sistem usaha tani dan agribisnis, pola tanam, produktivitas, pergeseran jenis dan varietas dominan, produksi, serta 4) aspek sosial-ekonomi dan budaya. Berdasarkan kajian dampak tersebut telah dihasilkan berbagai teknologi mitigasi untuk mengurangi emisi GRK, perbaikan aktivitas/praktek dan teknologi pertanian, serta teknologi adaptasi dengan melakukan penyesuaian dalam kegiatan dan teknologi pertanian. Teknologi mitigasi untuk mengurangi emisi GRK dari lahan pertanian antara lain adalah penggunaan varietas rendah emisi serta teknologi pengelolaan air dan lahan.

Teknologi adaptasi bertujuan melakukan penyesuaian terhadap dampak dari perubahan iklim untuk mengurangi risiko kegagalan produksi pertanian. Teknologi adaptasi meliputi penyesuaian waktu tanam, penggunaan varietas unggul tahan kekeringan, rendaman, dan salinitas, serta pengembangan teknologi pengelolaan air.

Teknologi Mitigasi

Penggunaan varietas padi rendah emisi.

Padi sawah dikenal sebagai sumber utama emisi gas metana, yaitu antara 20–100 Tg CH₄/tahun (IPCC 1992). Emisi gas metana ditentukan oleh perbedaan sifat fisiologi dan morfologi varietas padi. Kemampuan varietas padi mengemisikan gas metana bergantung pada rongga aerenkhima, jumlah anakan, biomassa, pola perakaran, dan aktivitas metabolisme. Pawitan *et al.* (2008) telah mengompilasi berbagai varietas padi dan tingkat emisinya dan merekomendasikan penggunaan beberapa varietas rendah emisi, antara lain Maros dengan emisi 74 kg CH₄/ha/musim, Way Rarem 91,60 kg CH₄/ha/musim, Limboto 99,20 kg CH₄/ha/musim, dan Ciherang dengan emisi 114,80 kg CH₄/ha/musim.

Varietas padi yang dominan ditanam petani adalah IR64. Namun, saat ini petani mulai mengganti IR64 dengan varietas yang serupa, yaitu Ciherang. Selain lebih tahan terhadap hama dan penyakit, varietas Ciherang juga lebih rendah mengemisikan gas metana. Dengan demikian, penanaman varietas Ciherang yang makin luas akan mengurangi emisi GRK dari lahan sawah.

Penggunaan pupuk ZA sebagai sumber pupuk N.

Sumber pupuk N seperti ZA dapat menurunkan emisi gas metana 6% dibandingkan dengan urea bila pupuk disebar di permukaan tanah, dan menurunkan emisi metana hingga 62% jika pupuk ZA dibenamkan ke dalam tanah (Lindau *et al.* 1993). Namun, cara ini tidak dapat dipraktekkan pada semua lokasi, dan sebaiknya diterapkan pada tanah khat S dan atau pH tinggi. Emisi gas metana dengan menggunakan pupuk ZA mencapai 157 kg CH₄/ha/musim (Mulyadi *et al.* 2001), lebih rendah 12% dibandingkan bila menggunakan pupuk urea yang mengemisikan metana 179 kg CH₄/ha/musim (Setyanto *et al.* 1999).

Aplikasi teknologi tanpa olah tanah.

Pengolahan tanah secara kering dapat menekan emisi gas metana dari tanah dibandingkan dengan pengolahan tanah basah atau pelumpuran. Hal ini karena perombakan bahan organik berlangsung secara aerobik sehingga C terlepas dalam bentuk CO₂ yang lebih rendah tingkat pemanasannya dibanding CH₄. Namun, pembasahan tanah setelah kering dapat

memacu emisi gas N_2O . Olah tanah minimal atau tanpa olah tanah mampu menurunkan laju emisi gas metana sekitar 31,50–63,40% dibanding olah tanah sempurna. Olah tanah minimal dapat dilakukan pada tanah yang bertekstur remah dan sedikit gulma (Makarim *et al.* 1998).

Teknologi irigasi berselang. Selain menghemat air, teknologi irigasi berselang (*intermittent*) dapat mengurangi emisi gas metana dari lahan sawah. Penghematan air irigasi dapat dilakukan dengan cara pengairan berselang (mengairi lahan dan mengeringkan lahan secara periodik dalam jangka waktu tertentu), dan sistem leb (mengairi lahan kemudian dibiarkan air mengering, lalu diairi lagi). Cara ini memengaruhi sifat fisiko-kimia tanah (pH dan Eh) yang lebih menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman karena menghilangkan zat-zat yang bersifat toksik bagi tanaman, seperti asam-asam organik dan H_2S , selain dapat menekan emisi gas metana hingga 88% (Sass *et al.* 1990). Setyanto dan Abubakar (2005) melaporkan, emisi gas metana pada varietas padi IR64 dengan irigasi terus-menerus dan berselang masing-masing sebesar 254 kg dan 136 kg CH_4 /ha, atau dapat menekan emisi sebesar 49%.

Teknologi Adaptasi

Penyesuaian waktu dan pola tanam. Penyesuaian waktu dan pola tanam merupakan upaya yang sangat strategis guna mengurangi atau menghindari dampak perubahan iklim akibat pergeseran musim dan perubahan pola curah hujan. Kementerian Pertanian telah menerbitkan Atlas Peta Kalender Tanam Pulau Jawa skala 1:1.000.000 dan 1:250.000. Peta tersebut disusun untuk menggambarkan potensi pola dan waktu tanam bagi tanaman pangan, terutama padi, berdasarkan potensi dan dinamika sumber daya iklim dan air (Las *et al.* 2007). Peta kalender tanam

disusun berdasarkan kondisi pola tanam petani saat ini (eksisting), dengan tiga skenario kejadian iklim, yaitu tahun basah (TB), tahun normal (TN), dan tahun kering (TK). Dalam penggunaannya, peta kalender tanam dilengkapi dengan prediksi iklim untuk mengetahui kejadian iklim yang akan datang, sehingga perencanaan tanam dapat disesuaikan dengan kondisi sumber daya iklim dan air.

Penggunaan varietas unggul tahan kekeringan, rendaman, dan salinitas.

Dalam mengantisipasi iklim kering, Kementerian Pertanian telah melepas beberapa varietas/galur tanaman yang toleran terhadap iklim kering, yaitu padi sawah varietas Dodokan dan Silugonggo, dan galur harapan S3382 dan BP23; kedelai varietas Argomulyo dan Burangrang serta galur harapan GH SHR/WIL-60 dan GH 9837/W-D-5-211; kacang tanah varietas Singa dan Jerapah; kacang hijau varietas Kutilang dan galur harapan GH 157D-KP-1; serta jagung varietas Bima 3 Bantimurung, Lamuru, Sukmaraga, dan Anoman.

Salah satu dampak dari naiknya permukaan air laut adalah meningkatnya salinitas, terutama di daerah pesisir pantai. Salinitas pada padi sangat erat kaitannya dengan keracunan logam berat, terutama Fe dan Al. Sejak tahun 2000 telah dilepas beberapa varietas padi yang tahan terhadap salinitas, yaitu varietas Way Apo Buru, Margasari, dan Lambur, dan diperoleh beberapa galur harapan GH TS-1 dan GH TS-2.

Lahan rawa memiliki potensi dan prospek yang besar untuk pengembangan pertanian, khususnya dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Lahan tersebut sepanjang tahun atau selama waktu tertentu selalu jenuh air (*saturated*) atau tergenang (*waterlogged*) air dangkal. Dalam upaya mengoptimalkan pemanfaatan lahan tersebut, telah diperoleh beberapa galur harapan padi yang toleran terhadap genangan, seperti 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.

Teknologi panen hujan. Teknologi ini merupakan salah satu alternatif teknologi pengelolaan air dengan prinsip menampung kelebihan air pada musim hujan dan memanfaatkannya pada musim kemarau untuk mengairi tanaman. Teknologi panen hujan yang sudah banyak diterapkan adalah embung dan dam parit.

Teknologi irigasi. Teknologi irigasi yang sudah dikembangkan untuk mengatasi cekaman air pada tanaman adalah sumur renteng, irigasi kapiler, irigasi tetes, irigasi macak-macak, irigasi bergilir, dan irigasi berselang. Penerapan teknik irigasi tersebut bertujuan memenuhi kebutuhan air tanaman pada kondisi ketersediaan air yang sangat terbatas dan meningkatkan nilai daya guna air.

KESIMPULAN

Perubahan iklim tidak lagi sebagai isu, tetapi telah menjadi kenyataan yang memerlukan tindakan nyata secara bersama pada tingkat global, regional maupun nasional. Dalam menyikapi perubahan iklim, Kementerian Pertanian telah menyusun suatu strategi yang meliputi tiga aspek, yaitu antisipasi, mitigasi, dan adaptasi. Strategi antisipasi dilakukan dengan melakukan pengkajian terhadap perubahan iklim untuk meminimalkan dampak negatifnya terhadap sektor pertanian. Adaptasi merupakan tindakan penyesuaian sistem alam dan sosial untuk menghadapi dampak negatif perubahan iklim. Upaya tersebut akan bermanfaat dan lebih efektif bila laju perubahan iklim tidak melebihi kemampuan upaya adaptasi. Oleh karena itu, perlu diimbangi dengan upaya mitigasi, yaitu mengurangi sumber maupun peningkatan rosot (penyerap) gas rumah kaca.

DAFTAR PUSTAKA

Aldrian, E. and S.D. Djamil. 2006. Long term rainfall trend of the Brantas catchment area, East Java. *Indones. J. Geogr.* 38: 26–40.
Baettig, M.B., M. Wild, and D.M. Imboden. 2007. A climate change index: where climate

change may be most prominent in the 21st century. *Geophys. Res. Lett.* 34: 6.
Boer, R. 2007. Fenomena perubahan iklim: Dampak dan strategi menghadapinya. *Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan*

dan Lingkungan Pertanian, Bogor, 7–8 November 2007. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
Boer, R. and A. Buono. 2008. Current and future climate variability of East Java and its impli-

- cation on agriculture and livestock. Technical Report Submitted to UNDP.
- Handoko, I., Y. Sugiarto, dan Y. Syaikat. 2008. Keterkaitan Perubahan Iklim dan Produksi Pangan Strategis: Telaah kebijakan independen dalam bidang perdagangan dan pembangunan. SEAMEO BIOTROP untuk Kemitraan.
- IPCC. 1992. Climate Change 1992: The Supplementary Report to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Scientific Assessment. In J.T. Houghton, B.A. Calender, and S.K. Varney (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, 200 pp.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, and C.E. Hanson (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Janzen, H.H. 2004. Carbon cycling: A measure of ecosystem – a soil science perspective. *Agric. Ecosyst. Environ.* 104: 399–417.
- Las, I. 2007. Menyiasati Fenomena Anomali Iklim bagi Pemantapan Produksi Padi Nasional pada Era Revolusi Hijau Lestari. *Jurnal Biotek-LIPI. Naskah Orasi Penguukuhan Profesor Riset Badan Litbang Pertanian, Bogor*, 6 Agustus 2004.
- Las, I., A. Unadi, K. Subagyono, H. Syahbuddin, dan E. Runtunuwu. 2007. Atlas Kalender Tanam Pulau Jawa. Skala 1:1.000.000 dan 1:250.000. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Bogor. 96 hlm.
- Las, I., H. Syahbuddin, E. Surmaini, dan A.M. Fagi. 2008. Iklim dan tanaman padi: Tantangan dan peluang. *Dalam Buku Padi: Inovasi Teknologi dan Ketahanan Pangan*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi.
- Lindau, C.W., P.K. Ballick, R.D. De Laune, A.R. Mosier, and K.F. Bronson. 1993. Methane mitigation in flooded Louisiana rice field. *Biol. Fert. Soils* 15: 174–178.
- Makarim, A.K., Handoko, I. Las, M. Yacob, H. Pawitan, and J.S. Baharsjah. 1998. Mitigation options of green-house gases (GHG) for agriculture. *J. Agromet.* 13: 14–25.
- Matthews, R.B., M.J. Kropff, T. Horie, and D. Bachelet. 1997. Simulating the impact of climate change on rice production in Asia and evaluating options for adoption. *Agric. Syst.* 54: 399–425.
- Matthews, R.B. and R. Wassman. 2003. Modelling the impact of climate change and methane reduction on rice production: A review. *Eur. J. Agron.* 19: 573–598.
- Meiviana, A., D.R. Sulistiowati, M.H. Soejachmoen. 2004. Bumi makin panas, ancaman perubahan iklim di Indonesia. Kementerian Lingkungan Hidup dan Yayasan Pelangi Indonesia. Jakarta. 61 hlm.
- Mosier, A.R. 2001. Exchange of gaseous nitrogen compound between agricultural system and the atmosphere. *Plant Soil* 228: 17–27.
- Mulyadi, Suharsih, J.J. Sasa, dan H. Suganda. 2001. Penurunan emisi gas metan melalui pemilihan varietas, bahan organik, dan pupuk nitrogen pada padi walik jerami. hlm. 469–478. Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.
- Oenema, O., N. Warage, G.L. Velthof, J.W. van Gronigen, J. Dolfing, and P.J. Kuikman. 2005. Trends in global nitrous oxide emission from animal production systems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 72: 51–65.
- Parry, M.L., A.R. Magalhaes, and N.H. Nih. 1992. The potential socio-economic effects of climate change: A summary of three regional assessments. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.
- Paustian, K., B.A. Babcock, J. Hatfield, R. Lal, B.A. McCarl, S. MacLaughlin, A. Mosier, C. Rice, G.P. Robertson, and D. Zilbermen. 2004. Agricultural Mitigation of Greenhouse Gases: Science and Policy option. CAST Report R 141 2004. 120 pp.
- Pawitan, H., A.K. Makarim, I. Anas, P. Setyanto, I. Amien, Wahyunto, E. Surmaini, dan H.L. Susilowati. 2008. Update dan penajaman data emisi dan penyerapan gas rumah kaca subsektor tanaman pangan. Laporan akhir KP3I. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Peng, S., J. Huang, J.E. Sheelhy, R.C. Laza, R.M. Visperas, X. Zhong, G.S. Centeno, G.S. Khush, and K.G. Cassman. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2004; 101: 9971–9975.
- PJT2. 2009. Neraca Air Sungai Citarum. <http://jasatirta2.co.id/>. [17 April 2009]
- Runtunuwu, E. dan H. Syahbuddin. 2007. Perubahan pola curah hujan dan dampaknya terhadap periode masa tanam. *Jurnal Tanah dan Iklim.* 26: 1–12.
- Runtunuwu, E. and A. Kondoh. 2008. Assessing global climate variability and change under coldest and warmest periods at different latitudinal regions. *Indones. J. Agric. Sci.* 9(1): 7–18.
- Salinger, M.J. 2005. Climate variability and change: past, present, and future over view. *Climate Change* 70: 9–29.
- Sass, R.L., F.M. Fisher, Y.B. Wang, and F.T. Turner. 1990. Methane emission from rice fields: the effect of flood water management. *Global Biogeochem Cycles* (6): 249–262.
- Setyanto, P., Suharsih, A. Wihardjaka, dan A.K. Makarim. 1999. Pengaruh pemberian pupuk anorganik terhadap emisi gas metan pada lahan sawah. hlm. 36–43. Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah.
- Setyanto, P. dan R. Abubakar. 2005. Methane emission from paddy field as influenced by different water regimes in Central Java. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 6(1): 1–9.
- Sivakumar, M.V.K. 2005. Impacts of natural disasters in agriculture, rangeland and forestry: An overview. p. 1–22. In M.V.K. Sivakumar, R.P. Motha, and H.P. Das (Eds.). *Natural Disasters and Extreme Events in Agriculture*. Springer, Berlin.
- Smith, P. 2004. Engineered biological sinks on land. p. 479–491. In C.B. Field and M.R. Raupach (Eds.). *Global Carbon Cycle. Integrating humans, climate and the natural world*. SCOPE 62, Island Press. Washington, D.C.
- Smith, K.A. and F. Conen. 2004. Impact of land management on fluxes of trace greenhouse gases. *Soil Use Manag.* (20): 255–263.
- Surmaini, E., Rakman, dan R. Boer. 2008. Dampak perubahan iklim terhadap produksi padi: Studi kasus pada daerah dengan tiga ketinggian berbeda. Prosiding Seminar Nasional dan Dialog Sumberdaya Lahan Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- UNDP Indonesia. 2009. Indonesian National Greenhouse GAS Inventory under the UNFCCC: Enabling activities for the preparation of Indonesia's Second National Communication to the UNFCCC. United Nations Development Programme (UNDP) Indonesia, Jakarta.
- UNFCCC. 2006. Greenhouse Gas Inventory Submission. Data compilation available on UNEP's Geodata Portal (geodata.grid.unep.ch). The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Bonn.
- US-EPA (United States Environmental Protection Agency). 2006. Global Anthropogenic Non-CO₂ Greenhouse Gas Emission: 1990–2020. EPA 430-R-06-003, June 2006. Washington D.C.
- WRI. 2005. Navigating the number. World Resources Institute (WRI), Washington, D.C.