

Goncangan Iklim Mengancam Ketahanan Pangan Nasional

Istiqlal Amien^a, E. Runtuwuw^b, E. Susanti^c dan E. Surmaini^d

^{a,b,c,d}Balai Penelitian Agrolimat dan Hidrologi, Bogor

Email : i_amien@yahoo.com

Naskah diterima : 17 November 2010

Revisi Pertama : 14 Desember 2010

Revisi Terakhir : 26 Desember 2010

ABSTRAK

Kebutuhan pangan meningkat pesat dengan bertambahnya penduduk dan perbaikan ekonomi. Penduduk juga telah lebih banyak menempati perkotaan yang sebagian besar di hilir sehingga mengurangi ketersediaan air bagi pertanian. Sementara produksi pangan yang telah terkendala oleh alih fungsi lahan pertanian yang dipercepat kebijakan transportasi dan tajamnya kompetisi penggunaan air yang diperparah oleh keragaman dan perubahan iklim. Peran Jawa sebagai pemasok utama beras nasional sudah semakin melemah, sehingga perlu dicari pusat pertumbuhan pangan baru. Mengantisipasi tantangan ini perlu dikaji dan dikembangkan potensi pangan tradisional yang kurang dimanfaatkan maupun yang telah terlupakan. Riset perlu terus dipacu untuk meningkatkan manfaat sumberdaya maritim yang lebih luas dari daratan untuk produksi pangan dan pengembangan varietas baru yang lebih efisien menggunakan air dan karbon. Teknologi pangan dari hulu ke hilir perlu cepat didiseminasikan dengan memanfaatkan teknologi informasi yang telah berkembang pesat untuk meningkatkan ketahanan pangan.

kata kunci : iklim, ketahanan pangan, potensi pangan tradisional

ABSTRACT

Rapid rise of food requirement has been driven by not only increasing population but also improving welfare. More people now live in urban areas located mostly in the downstream areas that reduce the water supplies for agricultural production. Meanwhile, food production is already constrained by agricultural lands conversion, by inappropriate transportation policy and by tighter water competition that is exacerbated by climate anomaly and climate change. The decreasing role of Java as the national rice supplier requires the development of new food production centers in outer islands. To anticipate the challenge, traditional food crops which are either underutilized or neglected must be assessed and more developed. Researches on potential utilization of maritime resources, that are larger than the terrestrial ones for food production, can be developed to become more efficient by using water and carbon. Food technology, from the up-streams to down-streams, has to be rapidly disseminated by using more appropriately state-of-the-art information technology to enhance food security.

keywords : climate, food security, potential of traditional food

I. PENDAHULUAN

Iklim bumi kini diyakini telah mengalami perubahan yang dipicu oleh meningkatnya gas rumah kaca (GRK) di atmosfer yang meningkatkan suhu di permukaan bumi.

Meningkatnya suhu ini menyebabkan mencairnya es di *glacier* dan di kutub yang menurunkan salinitas air dan memperlambat arus laut. Terganggunya arus laut ini telah mengacaukan iklim di berbagai wilayah

terutama dirasakan di lintang yang lebih tinggi. Dari pengamatan selama 12 milenia yang diamati dari 'ice core' di Vostok di kutub selatan terlihat kadar CO₂ tidak mengalami banyak perubahan sampai revolusi industri. Baru setelah revolusi industri terjadi peningkatan yang sangat tajam (IPCC, 2007)

Peningkatan pemakaian bahan bakar fosil dengan semakin meningkatnya penduduk dan kegiatan ekonomi telah meningkatkan kadar CO₂ dan gas rumah kaca lainnya seperti CH₄, NO₂ dan beberapa fluorida (gas Kyoto) di atmosfer dari 280 ppm pada awal revolusi industri menjadi sekitar 379 ppm pada tahun 2005 (IPCC, 2007). Gas-gas ini menjadi lebih tinggi sejak 1960-an apabila ditambahkan dengan *Chloro fluoro carbon* (CFC) yang diperkirakan telah merusak lapisan *ozone* yang dapat menghalangi sinar ultra-violet.

Peningkatan gas-kamar-kaca ini menyebabkan meningkatnya suhu permukaan bumi dengan 0,56 sampai 0,92 derajat Celcius dari 1906 sampai 2005 yang telah semakin diyakini menyebabkan perubahan iklim. Suhu di permukaan bumi diperkirakan akan terus meningkat antara 1,8 sampai 4 derajat Celcius sampai akhir abad ini, sekiranya tidak ada tindakan pencegahan yang dilakukan bersama pada saat ini (Stern, 2007).

Perubahan iklim akhirnya akan memberikan dampak negatif pada sumberdaya air, pertanian, kehutanan, kesehatan dan rentannya berbagai prasarana umum serta kepunahan berbagai species (Amien dkk., 1996, Amien dkk., 1999). Perubahan iklim akan merugikan pertanian melalui: (i) peningkatan suhu yang menyebabkan percepatan pematangan dan peningkatan hama penyakit yang akhirnya akan menurunkan hasil; (ii) perubahan pola hujan yang menyebabkan fluktuasi ketersediaan air yang tajam dan berpeluang meningkatkan hama penyakit; (iii) peningkatan kejadian iklim ekstrim yang berimplikasi pada semakin seringnya banjir dan kekeringan; dan (iv) peningkatan permukaan air laut yang akan

menyebabkan kehilangan atau pergeseran lahan pertanian (Amien dan Runtunuwu, 2008).

Semua dampak negatif perubahan iklim jelas akan mengganggu ketersediaan dan ketahanan pangan. Kebutuhan pangan akan terus meningkat melebihi pertambahan penduduk karena perubahan pola makan kalangan atas dengan semakin banyaknya konsumsi berprotein tinggi seperti daging, susu dan telur. Diperkirakan kalau penduduk bertambah 1,2 persen akan diperlukan separuh tambahan (1,8 persen) bahan makanan dan energi (Mulvey, 2009).

Di negara berkembang pertumbuhan penduduk disamping jauh lebih tinggi dibandingkan negara maju yang sudah banyak stabil maupun tumbuh negatif, tekanan penduduk diperparah dengan pesatnya urbanisasi. Migrasi penduduk ini lebih banyak disebabkan oleh terbatas lapangan kerja di pedesaan bukannya karena gemerlapnya penghidupan di kota. Penduduk Indonesia sejak 2008 sudah lebih banyak tinggal di perkotaan daripada di pedesaan (Norman, 2010; BPS, 2010). Karena sebagian besar perkotaan berada di pesisir hal ini akan menambah tekanan pada sumberdaya air yang akan mengurangi ketersediaan air untuk pertanian yang akhirnya juga menurunkan produksi.

II. SUMBER DAYA PERTANIAN DAN POLA PANGAN NASIONAL

Ketika perhubungan dan perdagangan belum banyak berkembang, pola makan masyarakat secara tradisional disesuaikan dengan sumberdaya yang banyak tersedia setempat. Berdasarkan pengalaman turun temurun masyarakat lokal dengan bijak telah memilih komoditas yang sesuai dengan lingkungannya sebagai bahan makanan pokok. Sehingga makanan pokok beras lebih banyak di bagian barat Indonesia dan wilayah lainnya, yang relatif lebih basah maupun daerah dengan fasilitas irigasi seperti Sulawesi Selatan dan Nusa Tenggara Barat. Sedangkan di bagian timur lainnya berkembang pangan lokal seperti

jagung di Madura dan Nusa Tenggara Timur dan sagu maupun umbi-umbian di Sulawesi Tenggara, Maluku dan Papua (Amien, 2008).

Kebijakan untuk mencapai dan mempertahankan swasembada pangan sejak tahun 70-an lebih menekankan pada penyediaan beras yang memang memiliki produktivitas dan produksi tinggi. Rentangnya produksi padi terhadap guncangan iklim yang masih sulit diprediksi dengan tepat mengharuskan penyediaan stok beras nasional yang besar, sampai sekitar 2 juta ton setahun. Produksi beras yang tinggi ketika iklim baik menyebabkan cadangan beras sulit bisa dijual ke pasar dan akhirnya dibagikan pada aparat pemerintah di seluruh tanah air. Kebijakan ini tidak hanya sulit dipertahankan secara ekonomi karena biaya transportasi yang tinggi, tetapi juga telah menggeser peran pangan tradisional. Ini juga berimbas pada minimnya investasi dalam penelitian dan potensi pengembangan alternatif dalam diversifikasi pangan.

Mencoba mengurangi besarnya biaya transportasi pada tahun 90-an hampir di seluruh propinsi diusahakan pengembangan lahan irigasi melalui proyek pengembangan irigasi propinsi (PIDP). Sayangnya hanya sedikit dari lahan sawah irigasi ini dapat berkembang, malah lebih banyak yang terbengkalai. Tetapi dengan pola pengelolaan air berbasis masyarakat juga berkembang di daerah transmigran asal Bali di Parigi sehingga daerah ini menjadi gudang beras di Sulawesi Tengah. Di Way Apu, Pulau Buru pendatang dari Jawa juga telah membangun sistem irigasi yang kini menjadi gudang beras di Maluku sebagaimana juga di Pulau Seram. Seperti juga transmigran di Merauke yang dapat menghasilkan beras berlebih meski masih sulit dijual karena mahalnya biaya transportasi ke pasar.

Pemilihan padi yang boros air juga perlu dikaji ulang dengan semakin terbatasnya sumberdaya air. Untuk menghasilkan 1 kg beras diperlukan rata-rata sekitar 2700 liter air jauh lebih tinggi dibandingkan dengan jagung

yang hanya sekitar 450 liter (Hoerkstra dan Hung, 2003). Karena itu sangat ironis negeri dengan banyak air telah menjadi pengimpor air maya, yaitu air yang diperlukan untuk menghasilkan produk yang diimpor seperti daging, kapas, gandum dan kedele. Sementara tanaman padi yang banyak memakai air sangat sedikit yang bisa diekspor. Perubahan iklim akan pasti mengurangi jumlah dan mengacaukan waktu aliran air ke hilir yang akan dipergunakan untuk berbagai kepentingan. Dengan semakin bertambahnya penduduk dan berkembangnya ekonomi permintaan air diluar sektor pertanian akan terus meningkat, sehingga pertanian dengan posisi tawar yang lemah akan semakin sulit bersaing.

Pemilihan pola pengembangan tanaman pangan yang agak bias ke padi dengan pembangunan sawah irigasi ternyata banyak yang gagal. Yang berhasil pun menghadapi kesulitan untuk memasarkan hasil yang berlebih karena permintaan yang tidak terlalu besar di daerah sekitarnya. Untuk dapat menjual ke pasar yang lebih jauh memerlukan biaya transportasi yang sangat tinggi. Sehingga akan sulit bersaing dengan produsen utama di Jawa, Sulawesi Selatan maupun Nusa Tenggara Barat yang lebih dekat ke pasar.

Karena itu perlu dikaji ulang apakah pemilihan beras sebagai pangan utama sudah tepat terutama untuk kawasan Indonesia Timur. Hal ini menjadi mendesak karena neraca beras nasional cepat atau lambat akan mengalami defisit disebabkan penduduk yang terus bertambah dan masih tingginya alih fungsi lahan sawah.

III. SENTRA PRODUKSI PADI NASIONAL

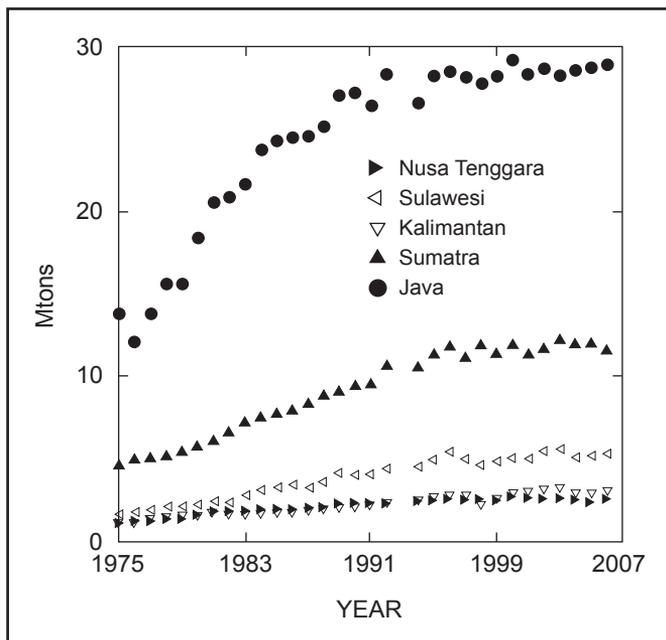
Meski hanya 7 persen dari daratan teritorial Indonesia, Jawa adalah pulau terpadat dengan penduduk 132 juta jiwa. Pulau Jawa telah lama dan masih menjadi penghasil beras nasional terbesar meski kontribusinya terus menurun. Penduduk Jawa akan terus bertambah dengan lebih dari 1 persen per

tahun 2030. Dengan penambahan penduduk, kompetisi untuk mendapatkan lahan, air, makanan dan energi semakin meningkat. Harga akan meningkat pesat jika tak dikendalikan dan semakin banyak orang yang kekurangan makan atau memerlukan beras bersubsidi. Serta semakin banyak orang yang berpindah meninggalkan daerah yang paling parah terkena kelangkaan pangan. Masalah ini tentunya kan diperparah oleh dampak negatif perubahan iklim.

Karena tanahnya yang subur dan banyaknya tenaga kerja, Jawa menjadi pusat kegiatan politik, pendidikan dan ekonomi sejak masa penjajahan. Dengan besarnya proporsi lahan yang layak untuk budidaya pertanian dan berlimpahnya tenaga kerja, Jawa beruntung memperoleh investasi pemerintah yang besar untuk pembangunan infrastruktur pertanian seperti jaringan irigasi serta pelayanan penyuluhan dan perkreditan. Adopsi teknologi budidaya varietas padi genjah berproduksi tinggi dengan jelas telah meningkatkan produksi padi di Jawa pada periode 1975-1985 (Gambar 1).

Dengan kedekatannya dengan pusat pembangunan dan sistem transportasi yang telah berkembang Sumatera menjadi penyumbang kedua terbesar padi nasional, diikuti dengan hampir sama oleh Kalimantan dan Nusa Tenggara (Amien dan Runtuwuu, 2010). Sumatera, Kalimantan dan nantinya Papua, ketiga pulau terbesar Indonesia memiliki lahan yang luas yang berpotensi untuk pengembangan pertanian tanaman pangan untuk memenuhi kebutuhan nasional. Sementara pulau Sulawesi, Maluku dan Nusa Tenggara karena terbatasnya lahan yang layak untuk budidaya pertanaman lebih baik dikembangkan untuk pusat-pusat pengembangan pangan regional.

Peran pulau Jawa sebagai sentra produksi padi nasional terancam dengan semakin ketatnya persaingan penggunaan lahan dan air. Pertambahan penduduk dan pertumbuhan ekonomi telah mengalih fungsikan lahan pertanian yang subur menjadi penggunaan non pertanian seperti permukiman, industri dan prasarana transportasi. Permintaan air di sektor non pertanian seperti air bersih dan



Gambar 1. Produksi Padi Regional di Indonesia

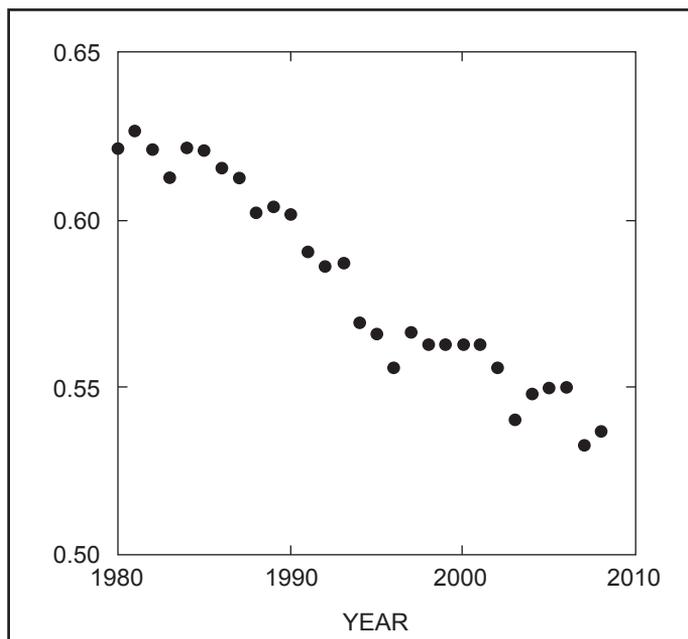
industri serta malah komoditas pertanian yang bernilai ekonomi tinggi akan dengan cepat mengurangi pasokan air untuk pertanaman padi. Pada tiga dekade terakhir kontribusi Jawa pada produksi padi nasional telah menurun dari 63 persen menjadi sekitar 53 persen (Gambar 2).

Alih fungsi lahan sawah semakin dipercepat dengan kebijakan transportasi yang lebih menekan penggunaan mobil dibandingkan dengan kereta api. Pembuatan jalan tol tentunya akan mempercepat pembangunan perumahan yang akan diikuti oleh berbagai 'multiflyer' bisnis. Hal ini akan mendorong alih fungsi lahan sawah lebih jauh sehingga akan lebih banyak permukaan lahan yang kedap air yang mengganggu tata air. Lapisan kedap mengakibatkan lebih banyak limpasan (*run-off*). Fenomena ini disebut 'sprawling' baik di negara maju maupun berkembang telah banyak mengalih fungsikan lahan-lahan pertanian produktif. Jika tidak dikendalikan di Jawa Barat pembangunan infrastruktur transportasi diperkirakan akan mengambil lahan pertanian sampai 40 persen

pada akhir tahun 2025 (Brinkman, 2008). Dengan meluasnya permukaan lahan yang kedap air mendorong semakin sering banjir di musim penghujan dan kelangkaan air di musim kemarau.

Peningkatan produksi padi di Jawa sangat jauh lebih tinggi dibandingkan wilayah-wilayah yang lain. Tiga peubah penyumbang utama yang mendorong suatu wilayah menjadi sentra produksi pangan yaitu permintaan pasar, ketersediaan lahan dan infrastruktur yang telah terbangun. Disamping lebih luasnya lahan yang tersedia dibandingkan dengan Jawa, sistem transportasi yang telah berkembang dan kedekatannya dengan Jawa dengan pasar yang besar membuat Sumatera menjadi pilihan yang logis dibandingkan wilayah-wilayah lainnya.

Pelandaian (*leveling off*) produksi padi terjadi lebih awal di Jawa dalam tahun 1985-1990 (Gambar 1), sementara di Sumatera pelandaian nampaknya terjadi sejak 1995 dan di Kalimantan setelah 2000. Pelandaian lebih awal di Jawa disebabkan oleh keterbatasan



Gambar 2. Penurunan Kontribusi Jawa pada Produksi Padi Nasional

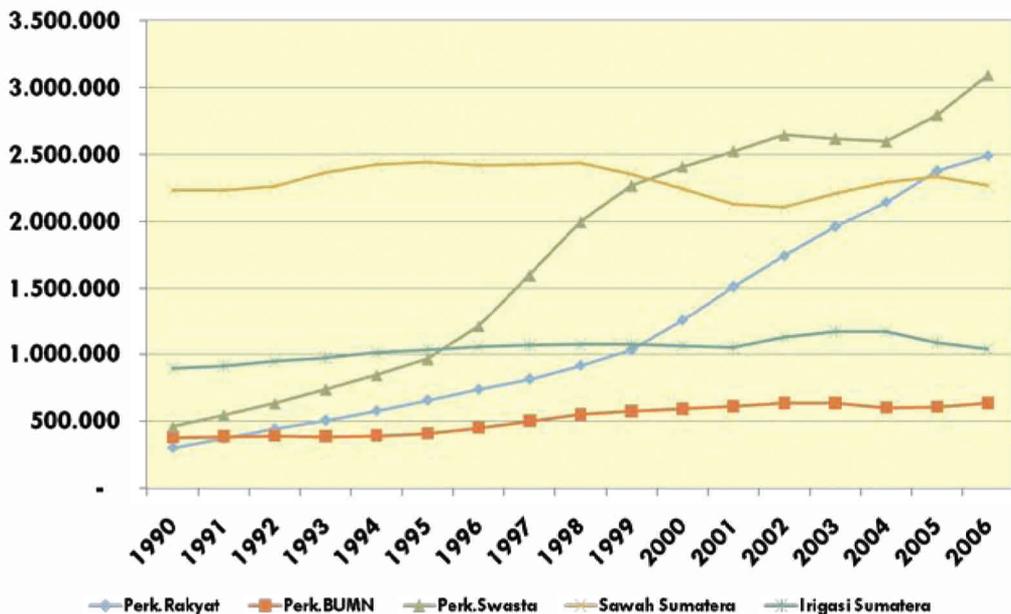
lahan sawah dan semakin terbatasnya peluang peningkatan produktivitas. Produktivitas lahan dapat ditingkatkan baik melalui peningkatan masukan teknologi maupun peningkatan intensitas tanam. Masa pelandaian produksi disetiap wilayah dapat menjadi indikator untuk pemilihan sentra-sentra produksi padi di masa depan.

Namun pengembangan lahan sentra produksi pangan di Sumatera menghadapi kendala seperti minat petani yang lebih besar terhadap tanaman perkebunan seperti sawit dan karet (Gambar 3). Lebih pesatnya perkembangan lahan perkebunan juga didorong oleh kelangkaan tenaga kerja untuk budidaya tanaman semusim dan pendapatan yang lebih besar dari tanaman perkebunan. Telah banyak sekali lahan cadangan 1 ha untuk tanaman pangan di daerah transmigrasi telah diusahakan untuk perkebunan tanaman keras. Kecenderungan yang sama teramati di Indonesia bagian timur dimana lahan usaha tanaman pangan telah ditanami tanaman kakao atau tanaman jeruk di persawahan pasang surut di Kalimantan.

IV. SUMBER DAYA BAHARI YANG BELUM BANYAK DIMANFAATKAN

Dengan lebih dua pertiga wilayah berupa lautan, Indonesia memiliki potensi bahari yang sangat besar. Laut-laut dikawasan timur banyak memiliki laut dalam di Laut Banda, Maluku, Sulawesi dan Maluku. Laut Maluku memiliki kedalaman lebih dari 2000 m, sedangkan Laut Seram dan Flores lebih dari 4500 m (National Geographic, 1992). Laut Banda dan Arafuru memiliki kedalaman lebih dari 5000 m dimana terdapat Palung Weber (*basin*) di tenggar Pulau Banda yang mencapai kedalaman 7258 m. Selat Makasar dan Selat Lombok merupakan garis Wallace yang memisahkan Asia dan Australia pada masa es (*ice age-glacial*) memiliki kedalaman lebih dari 1000 m. Malah di Teluk Mandar mencapai 2335 m, dimana diperkirakan pesawat naas Adam Air hilang dan saat ini belum bisa diketemukan.

Luas dan dalamnya laut memberikan potensi bahari yang sangat besar untuk perikanan tangkap samudra (*pelagic*). Perairan Indonesia di bagian barat umumnya lebih



Gambar 3. Perkembangan Lahan Sawah dan Perkebunan di Sumatera

dangkal sehingga lebih banyak memiliki ikan karang (*demersal*) dan diperkirakan telah melampaui 'sustainable yield.' Di kawasan timur diperkirakan masih berpotensi sangat besar yang didukung dengan adanya *upwelling* lokal. *Upwelling* adalah munculnya air dari kedalaman laut menggantikan air yang bergerak mengikuti arus laut. Air ini sangat kaya plankton yang menjadi sumber makanan ikan. Di Indonesia terdapat beberapa *upwelling* lokal seperti di Muncar, Banyuwangi dan Laut Banda di Maluku. Hampir 50 persen ikan tangkap di dunia diperoleh dari 5 *upwelling* global yang terdapat masing-masing 2 di pantai timur Samudera Pasifik dan Atlantik dan 1 di pantai barat Samudera Hindia yang hanya sekitar 1 persen saja dari permukaan samudera di dunia.

Dengan banyak pulau garis pantai Indonesia sangat panjang yang juga berpotensi untuk perikanan budidaya. Tambak udang ataupun banding memerlukan tingkat tertentu air payau yang sangat mungkin diatur sekiranya sumber air tawar tersedia. Disamping itu penangkapan maupun budidaya kepiting dan udang dapat dilakukan didaerah yang memiliki bakau seperti Sulawesi Barat dan Teluk Cenderawasih di Papua. Kini ikan demersal seperti kakap dan kerapu pun telah dapat dibudidaya dengan teknologi keramba jaring apung.

Disamping potensi perikanan, potensi pariwisata bahari sudah mulai berkembang di kawasan ini. Penyelaman (*diving*), maupun *snorkeling* telah banyak dikunjungi wisatawan seperti Bunaken di Sulawesi Utara, Gili-gili (pulau-pulau kecil) di Pulau Lombok maupun Reo di Flores. Tempat bersilancar (*surfing*) kini berkembang di pantau kepulauan Nusa Tenggara seperti Kuta, di Bali dan di Kabupaten Dompu di Pulau Sumbawa, sebagaimana juga di busur luar di barat Sumatera. Tentunya potensi laut luas akan sangat menarik untuk olahraga 'sailing', meski masih memerlukan waktu untuk pengembangan mengingat pasar dan masalah keamanan. Paling tidak tentunya bisa diusahakan perjalanan kapal pesiar (*cruise liner*) yang bisa saja berpangkalan ditempat

lain di Asia Tenggara menyelusuri kawasan yang indah ini. Kini sudah bisa dirasakan sekiranya kita menaiki kapal Pelni dari Jayapura ke Surabaya.

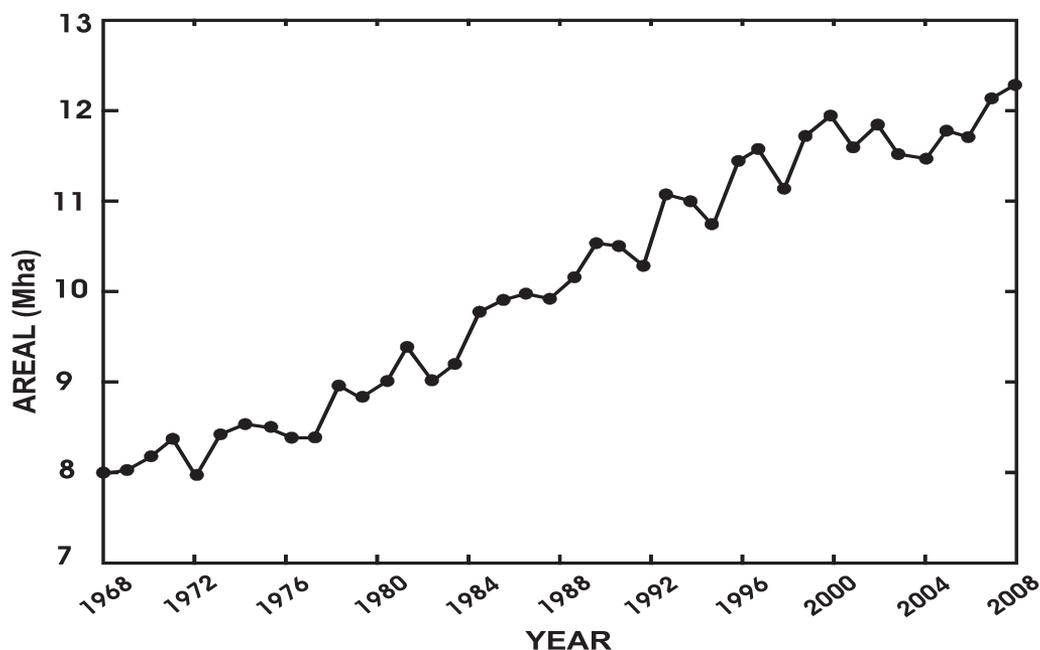
V. DAMPAK NEGATIF GONCANGAN IKLIM TERHADAP PRODUKSI PANGAN

Iklm beragam menurut ruang dan waktu dengan keragaman yang semakin banyak di kepulauan tropis seperti Indonesia. Semakin jauh dari khatulistiwa semakin jelas pola perubahan antar musim. Keragaman iklim antar waktu seperti antar musim, dalam musim dan antar tahun dikendalikan oleh peningkatan suhu atmosfer (Runtunuwu and Kondoh, 2008).

Keragaman antar tahun seperti *El Nino southern oscillation* (ENSO) menyebabkan kemarau berkepanjangan ketika El Nino atau hujan yang berlebih saat La Nina terjadi (Zhou, dkk., 2009). Keragaman dalam musim atau jeda musim curah hujan menjadi agak basah pada musim kemarau ataupun agak kering pada musim penghujan selama 10 hari atau beberapa minggu. Semua ini akan mengganggu ketersediaan air pada pertanaman padi yang mengikuti pola tanam normal yang dilaksanakan petani dan mengakibatkan penurunan hasil atau malah kegagalan panen.

Di Indonesia meski luas panen terus bertambah sejak revolusi hijau dengan sangat nyata berkurang pada tahun-tahun El Nino (Gambar 4). Penurunan luas panen yang lebih tajam terjadi ketika ENSO bersamaan dengan *Indian Ocean Dipole Mode* (IODM) positif (1972, 1982, 1987) dimana suhu muka laut terjadi di bagian timur Samudera Hindia di bagian barat (Kug, dkk., 2009).

Perubahan iklim akan berpengaruh negatif terhadap pertanian baik secara langsung maupun tidak langsung (Kang, dkk., 2009). Suhu udara yang meningkat akan mempercepat masa generatif serta meningkatkan serangan hama penyakit dan akhirnya menurunkan hasil. Perubahan pola hujan akan mengganggu pola pertanaman, dan menunda waktu tanam. Semakin meningkatnya frekuensi kejadian iklim ekstrim



Gambar 4. Penurunan Areal Panen Padi di Indonesia akibat Anomali Iklim

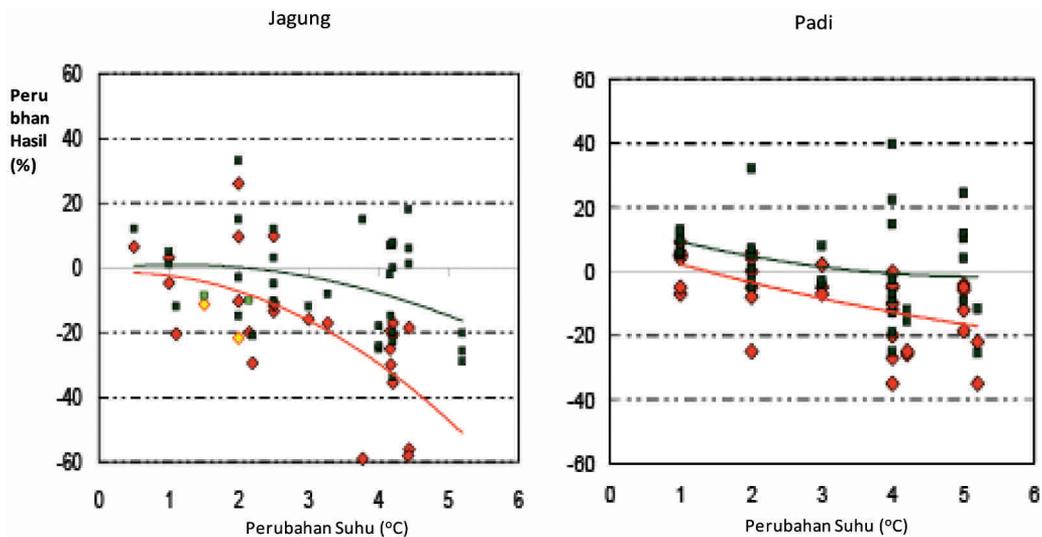
akan meningkatkan resiko banjir dan kekeringan dan akan lebih jauh mengurangi produksi tanaman. Meningkatnya permukaan air laut akan menggenangi lahan pertanian produktif dan meningkatkan salinitas sehingga akan mengurangi hasil tanaman.

Peningkatan CO₂ di atmosfer akan mendorong fotosintesis jadi mempercepat pertumbuhan tetapi peningkatan suhu akan meningkatkan respirasi yang mengakibatkan turunnya hasil. Perubahan iklim menurut skenario beberapa model dengan sangat nyata menurunkan produksi pertanian yang mengancam ketahanan pangan di dunia (Rosenzweig dan Hillel, 1998). Cline (2007) memprediksi produktivitas pertanian di Indonesia dalam tahun 2080 akan turun sebanyak 5-25 persen karena perubahan iklim, tetapi bisa jadi hanya 5-15 persen karena pengaruh positif peningkatan CO₂ di atmosfer.

Tschirley (2007) melaporkan bahwa hasil tanaman pertanian secara keseluruhan menurun sampai 20 persen jika suhu udara meningkat lebih dari 4 derajat Celcius, Tanaman tropis seperti padi turun 5 persen dan jagung turun sampai 10 persen, tetapi

penurunan lebih banyak jika mempertimbangkan degradasi sumberdaya lahan (Gambar 5).

Menggunakan model simulasi tanaman penambahan CO₂ sebesar 75 ppm meningkatkan hasil sebanyak 0,5 ton/ha, tetapi menurunkan hasil sebanyak 0,6 ton/ha karena suhu yang meningkat. Lebih jauh, Peng dkk., (2004) melaporkan peningkatan suhu minimum 1 derajat Celcius akan menurunkan hasil 10 persen. Handoko dkk. (2008), menyatakan peningkatan suhu menurun produksi padi dengan tiga cara yaitu berkurangnya areal panen karena menurunnya irigasi akibat peningkatan evapotranspirasi; turunnya hasil lebih cepat pematangan, dan peningkatan respirasi tanaman. Pada 2050, diperkirakan penurunan areal panen padi sekitar 3,3 persen di Jawa dan 4,1 persen di luar Jawa. Penurunan hasil akibat percepatan kematangan diperkirakan antara 18,6 sampai 31,4 persen di Jawa dan 20,5 persen di luar Jawa. Peningkatan respirasi tanaman karena peningkatan suhu akan menurunkan hasil padi sampai 19,94 persen di Jawa Tengah, 18,2 persen di Yogyakarta, 10,5 persen di Jawa Barat, dan 11,7 persen di luar Jawa dan Bali.



Gambar 5. Perkiraan Penurunan Hasil Padi dan Jagung akibat Peningkatan Suhu Tanpa Upaya Adaptasi (oranye) dan Upaya Adaptasi (hijau)

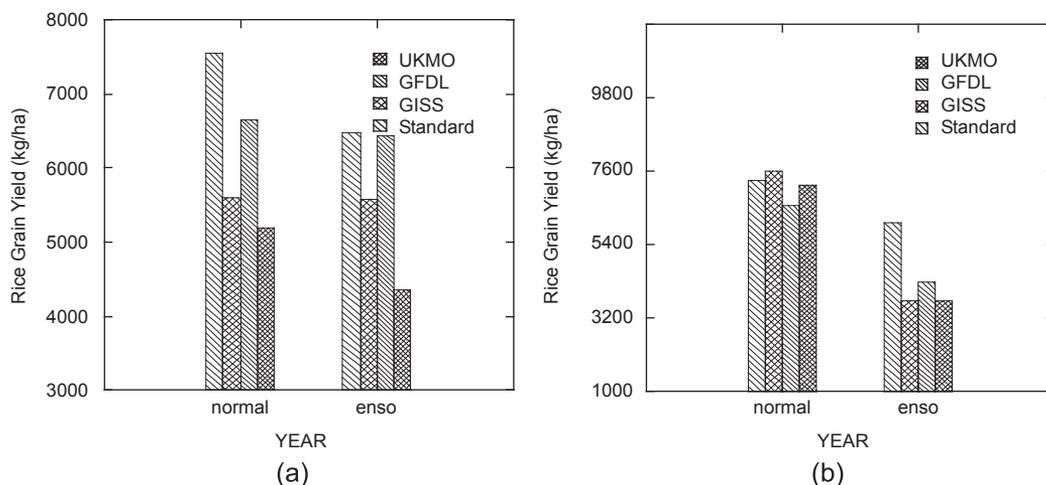
Sumber : Tschirley, J., 2007

Pengaruh keragaman iklim antar tahun dan pengaruh perubahan iklim yang jangka panjang telah disimulasi oleh Amien dkk., (1999) di dua lokasi di Jawa menggunakan beberapa model perubahan iklim dan model simulasi tanaman. Dilaporkan tidak nampak perubahan yang nyata pada hasil padi pada pertanaman pertama musim penghujan di Mojosari, Jawa Timur. Tetapi penurunan yang nyata di dihasilkan di Pusakanegara, Jawa Barat pada tahun normal (Gambar 6). Tetapi dengan skenario iklim GISS di Pusakanegara, hasil gabah dengan nyata turun pada tahun-tahun El Nino. Perubahan pola hujan akan menggeser waktu tanam seperti tertundanya tanaman musim penghujan (Oktober-Desember) dan menunda tanam musim berikutnya (April-Juni). Tertundanya pertanaman padi kedua akan mengurangi peluang tanam ketiga (gadu) jika fasilitas irigasi tidak tersedia. Mengkaji pola curah hujan di Sumatera, Jawa, Bali dan Sulawesi Selatan Naylor dkk., (2007) melaporkan perubahan iklim menurut model iklim dalam "Assessment Report 4" (AR4) akan meningkatkan peluang mundurnya awal musim penghujan.

Penundaan masa awal tanam akan mempunyai dampak yang sangat besar pada produksi padi.

Penduduk Indonesia yang masih akan terus bertambah dimana pertambahan terbesar terjadi perkotaan akan terus meningkatkan kebutuhan pangan dan membuat air untuk pertanian semakin berkurang. Peningkatan kebutuhan pangan seperti juga energi bisa sebesar satu setengah kali pertambahan penduduk karena kalangan bawah meningkatkan jumlah konsumsi sedangkan kalangan atas mengubah pola konsumsi dengan mengkonsumsi lebih banyak protein. Energi juga dibutuhkan juga akan lebih banyak karena peningkatan kegiatan ekonomi maupun untuk pergerakan manusia bermigrasi untuk menghindari keterpurukan dengan harapan mendapatkan hidup yang lebih baik.

Untuk dapat memenuhi kebutuhan pangan diperlukan energi, lahan, dan air yang lebih banyak, serta harus dapat beradaptasi dengan iklim yang terus berubah. Semua sumberdaya dasar untuk memproduksi pangan ini sudah semakin terbatas dan telah menjadi sangat kompetitif dimana pertanian memiliki posisi



Gambar 6. Simulasi Hasil Gabah akibat Keragaman dan Perubahan Iklim di (a) Pusakanegara dan (b) Mojosari

Sumber : Amien, dkk., 1999

tawar yang paling rendah. Revolusi hijau sebelumnya telah berhasil mengurangi tekanan kebutuhan pangan dengan memanfaatkan ilmu pengetahuan dan sumberdaya genetik. Karena itu sumberdaya genetik yang semakin terancam oleh kerusakan habitat perlu terus dicegah dan dijaga serta perlu ditunjang dengan pengembangan pengetahuan untuk menghadapi tantangan yang semakin besar di masa depan.

VI. PENUTUP

Kontribusi pula Jawa dalam produksi padi nasional telah berkurang 10 persen dalam 30 tahun terakhir dan diperkirakan akan terus berkurang lebih cepat dengan pertambahan penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Meski perlindungan lahan pertanian produktif telah dibuatkan undang-undang, alih fungsi lahan sawah yang subur masih terancam karena masih lemah dan peliknya penegakan hukum. Kompetisi penggunaan air dengan perusahaan daerah air minum (PDAM) maupun industri air kemasan dan industri lainnya membuat semakin sulit meningkatkan intensitas pertanaman.

Karena itu, lahan pertanian baru harus dipilih sebagai pengganti sentra produksi padi di luar Jawa di pulau-pulau yang besar seperti

Sumatera, Kalimantan dan Papua. Karena ukurannya yang relatif kecil dalam mempertimbangkan kapasitas produksi dan pengembangan prasarana transportasi Sulawesi, Nusa Tenggara dan Maluku dapat juga dikembangkan terutama untuk kebutuhan setempat dan sekitarnya. Prioritas pertama adalah Sumatera karena dekatnya dengan pulau Jawa dan dengan infrastruktur yang telah cukup berkembang. Juga dengan mempertimbangkan mempertimbang pasar cukup besar di Sumatera bisa dipertimbangkan secara bertahap menggantikan Jawa sebagai "national rice basket". Namun, perkembangan yang pesat perkebunan kelapa sawit meski tidak secara signifikan mengalih fungsikan lahan sawah akan mengurangi ketersediaan lahan untuk pengembangan lahan pertanian tanaman pangan. Untuk 20 mendatang dari 2010 sampai 2030 perencanaan penggunaan lahan yang matang perlu dipersiapkan untuk memperkuat ketahanan pangan. Perencanaan yang serupa diperlukan Kalimantan dari 2020 sampai 2040 dan Papua dari 2030 sampai 2050.

Mengingat luasnya kawasan laut dan terbatasnya daratan, harapan masa depan untuk menghasilkan kebutuhan dasar seperti

pangan seharusnya dapat dibudidayakan di lautan. Revolusi hijau yang lebih terestrial perlu diteruskan dengan revolusi biru dengan lebih banyak menggali potensi bahari. Meski perubahan iklim diperkirakan juga akan pemanasan air laut yang memberikan dampak negatif seperti 'red tide' dan matinya terumbu karang 'coral bleaching'. Karena itu riset yang menekankan pemanfaatan sumberdaya maritim yang sustainable perlu terus dipacu. Riset juga perlu terus dipacu dalam pengembangan sistem prakiraan iklim yang handal untuk kepulauan tropis seperti Indonesia. Pengembangan varietas tanaman pangan baru yang hemat air (*aerobic rice dll.*), dan yang dengan efisien memanfaatkan karbon (*C₄ rice*). Banyak sekali tanaman tropis yang tadinya menjadi makanan lokal tetapi saat ini sudah hampir mulai banyak dilupakan. Perlu dikembangkan 'breeding' dan teknologi budidaya 'underutilized indigenous crops'. Untuk dapat cepat memasyarakatkan hasil-hasil penelitian yang tepat guna perlu terus dikembangkan 'Decision Support System' dengan mengaplikasikan teknologi 'information technology' yang sedang berkembang pesat.

DAFTAR PUSTAKA

- Amien, I., P. Rejekiingrum, A. Pramudia, dan E. Susanti. 1996. Effects of interannual climate variability and climate change on rice yield in Java, Indonesia. *Water, Air and Soil Pollution* 92: 29-39
- Amien, I., P. Rejekiingrum, B. Kartiwa dan W. Estiningtyas. 1999. *Simulated Rice Yields as Affected by Interannual Climate Variability and Possible Climate Change in Java*. *Climate Research* 12: 145-152
- Amien, L. I. dan E. Runtuuwu. 2008. Impacts of and Adaptation to Climate Change: Status and Application in Agriculture. Paper presented at EEPSEA (IDRC Economic and Environmental Program for South East Asia) Climate Change Conference. Bali, Indonesia 13-15 Februari 2008. <http://www.eepsea.cc-sea.org/pages/paper/>.
- Amien, I. 2008. Sumberdaya Lahan dan Air Kawasan Timur Indonesia. *Di dalam* K. Suradisastra dan E. Pasandran (eds). *Menyoroti Dinamika Pembangunan Pertanian Kawasan Timur Indonesia*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pp95-110
- Amien, I. dan E. Runtuuwu. 2010. Capturing the Benefit of Monsoonal and Tropical Climate to Enhance National Food Security. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan* 29(1): 10-18.
- Amin, I. 2011. Pembangunan Pertanian dan Penyediaan Pangan. *Di dalam* A. Katili Niode (ed) *Pertanian dan Pangan: Tinjauan Kebijakan Produksi dan Riset*. Yayasan Omar Tariqi Niode. Jakarta. Pp1-20
- BPS. 2010. *Statistik Indonesia*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Brinkman, J. J. 2008. Climate Change Adaptation Programming in Indonesia. *Proceeding CCA National Workshop*. Jakarta, 10-12 Maret 2008.
- Cline, William R. 2007. *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. 250 pp. ISBN 978-0-88132-403-7. [diakses 17 Juni 2010].
- Handoko, I., Sugiarto, Y., Syaikat, Y. 2008. *Keterkaitan Perubahan Iklim dan Produksi Pangan Strategis : Telaah kebijakan independen dalam bidang perdagangan dan pembangunan*. SEAMEO BIOTROP untuk Kemitraan
- Hoekstra, A. Y. And Hung P.Q. 2003. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international trade. *In Virtual Water Trade, Proceedings of International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. IHE Delft Value of Water Research Report Series No. 12.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. IPCC, Geneva, Switzerland. Accessed at <http://www.ipcc.ch>.
- Kang, Y. S. Khan dan X. Ma. 2009. Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security – A review . *Progress in Natural Science*. Volume 19, Issue 12, 10 December 2009, Pages 1665-1674.
- Kug, J. S., K.P. Sooraj, F. F. Jin, J. J. Luo, dan M. Kwon. 2009. Impact of Indian Ocean Dipole on high-frequency atmospheric variability over

the Indian Ocean. *Atmospheric Research*, Volume 94, Issue 1, Pages 134-139

Mulvey, S. 2009. A storm brew ver food, water and power. *BBC News*, 24 Agustus 2009.

National Geographic. 1992. *Atlas of the World*. Revised Sixth Edition. NGS, Washington D.C.

Naylor, R.L., D.S. Battisti, D.J. Vimont, W.P. Falcon, and M.B. Burke. 2007. Assessing the risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 104, 7752-7757.

Norman, D. 2010. Technology and policy in sustainable agriculture development in Indonesia. Paper presented at *Indonesia-USA Partnership: Agricultural & Investment Forum*. Jakarta

Peng, S., Huang J., Sheehy J.E., Laza R.C., Visperas R.M., Zhong X., Centeno G.S., Khush G.S., dan Cassman K.G. (2004). Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proceeding of National Academy of Science of the United State of America (PNAS)* 101:9971–9975.

Rosenzweig, C. dan D. Hillel. 1998. *Climate Change and the Global Harvest: Potential Impacts of the Greenhouse Effect on Agriculture*. Oxford University Press,

Runtunuwu E., dan A. Kondoh. 2008. Assessing Global Climate Variability and Change under Coldest and Warmest Periods at Different Latitudinal Regions. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 9(1), 2008: 7-18. ISSN 1411-982X.

Stern, S. N. 2007. *Stern Review on the Economics of Climate Change*. <http://www.sternreview.org.uk> [diakses Maret 2007].

Tschirley, J. 2007. Climate Change adaptation: Planing and Practices. Presented at the

Environment, Climate Change and Bioenergy Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma 10-12 September

Zhou, X., Y. Tang, dan Z. Deng. 2009. Ocean deling, Volume 30, Issues 2-3, Pages 143-154.

BIODATA PENULIS :

Istiglal Amin, B.Sc. M. Sc.Ph.D., dilahirkan di Lombok pada tanggal 1 Agustus 1947. Pada tahun 1968 menyelesaikan S1, Pertanian Jurusan Agronomi di Akademi Pertanian di Ciawi, Bogor, pada tahun 1975 menyelesaikan S2 pada International Training Centre For Soil Scientists, Rijk Universiteit te Gent, di Belgia dan S3 tahun 1991 Mayor Soil Management dan Minor Computer Application

Dr. Eleonora Runtunuwu, saat ini berprofesi sebagai staf Peneliti Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, pada tahun 1988 menyelesaikan S1 Jurusan Fisika pada Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan (IKIP) Manado, tahun 1991 menyelesaikan S2 Jurusan Agroklimatologi di Institut Pertanian Bogor (IPB) dan tahun 2002 menyelesaikan S3 di Bidang Studi Environmental sciences.

Ir. Erni Susanti, M.Sc., pada tahun 1989 menyelesaikan S1 di bidang Agrometeorologi dan pada tahun 2008 Jurusan Informasi Teknologi untuk Ilmu Alam di Institut Pertanian Bogor (IPB), menyelesaikan S2 dan Beliau sekarang sebagai Staf peneliti Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

Elza Surmaini, Menyelesaikan Pendidikan Sarjana di Jurusan Geofisika dan Meteorologi dan S2 pada Bidang Agroklimatologi di Institut Pertanian Bogor (IPB)