

Teknologi Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca dari Lahan Sawah

Prihasto Setyanto¹

Ringkasan

Senyawa karbon diperlukan makhluk hidup sebagai sumber energi. Manusia menggunakan karbon sebagai bahan pangan dalam bentuk senyawa karbohidrat, lemak, protein dan senyawa lain. Unsur karbon (C) dalam bentuk senyawa gas rumah kaca (GRK) seperti gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) dilepas ke atmosfer melalui proses biologis dan aktivitas manusia sehingga terbentuknya lapisan di stratosfer yang berakibat dipantulnya kembali radiasi gelombang infra merah yang seharusnya dilepas ke atmosfer bumi. Tulisan ini berisikan informasi teknologi yang dapat mengurangi emisi C dan gambaran bagaimana kompensasi pengurangan karbon diterapkan di lahan sawah. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) telah melakukan penelitian guna mendukung upaya ini, antara lain mengganti cara pengairan sawah secara terus-menerus dengan pengairan berselang (*intermittent*), yang dapat menurunkan emisi CH₄ sebesar 78%. Penggunaan varietas padi rendah emisi CH₄ seperti Maros, Muncul, Way Apoburu, dan Fatmawati mampu menekan emisi CH₄ hingga 66-10%, sedangkan pemakaian herbisida dengan bahan aktif paraquat dan glifosat menurunkan emisi CH₄ sampai 60% dibanding tanpa herbisida. Teknologi yang dapat menurunkan emisi GRK dari lahan sawah seyogianya diterapkan. Insentif bagi petani yang terlibat dalam mengurangi emisi GRK perlu diperhatikan oleh pengambil kebijakan pertanian. “Perdagangan karbon” dari lahan sawah atau upaya menurunkan emisi karbon dari lahan sawah dapat menjadi alternatif pemberian insentif bagi pelaku usahatani padi sawah. Konsep tersebut, walaupun masih bersifat *pilot study*, diatur dalam *Clean Development Mechanism* (CDM) yang ditawarkan dalam *Protocol Kyoto*. Dengan integrasi yang sinergis dan terpadu antara pengambil kebijakan pertanian dengan pelaku usahatani, perdagangan karbon dari lahan sawah bukan hal yang mustahil, seperti halnya REDD (*reduction emission from deforestation and degradation*) yang sebelumnya hanya sekadar konsep, saat ini mulai dibicarakan dan dibahas untuk diratifikasi oleh negara-negara industri.

Aktivitas kehidupan semua makhluk memerlukan senyawa karbon sebagai sumber energi. Manusia menggunakan karbon sebagai bahan pangan, dalam bentuk senyawa karbohidrat, lemak, protein, dan senyawa lain. Penggunaan senyawa karbon yang terbesar bagi kehidupan manusia justru sebagai bahan bakar, termasuk bahan bakar minyak, kayu bakar, batu bara,

¹Peneliti pada Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jakenan

dan arang kayu. Penggunaan unsur karbon juga terjadi pada kehidupan tanaman, tumbuhan, hewan, dan mikroba di permukaan dan di dalam tanah, maupun di dalam air.

Besarnya unsur karbon (C) dalam bentuk senyawa gas rumah kaca (GRK), seperti gas metana (CH_4), yang lepas ke atmosfer akibat proses biologis dan aktivitas manusia menyebabkan terbentuknya lapisan di stratosfer yang berakibat dipantulnya kembali radiasi gelombang infra merah yang seharusnya dilepas ke atmosfer bumi. *Conference of Parties* (COP) ke-13 yang diselenggarakan di Bali pada bulan Desember 2007 menyadarkan masyarakat dunia dan khususnya Indonesia betapa pentingnya mengurangi emisi GRK. Terjadinya air pasang di pesisir barat Sumatera dan pesisir selatan Jawa juga dikaitkan dengan pemanasan global akibat GRK. Selain itu, pada skala lokal, peningkatan muka air laut di Semarang disinyalir sebagai dampak dari iklim yang mulai berubah. Sumber utama emisi GRK adalah pembakaran bahan bakar fosil dalam bentuk bahan bakar minyak untuk industri dan transportasi, penebangan hutan alam yang menyebabkan potensi rosot karbon menjadi rendah, dan pengelolaan lahan pertanian yang tidak mempertimbangkan keseimbangan input dan output, kebakaran hutan dan belukar. Proses dekomposisi bahan organik juga menjadi penyebab meningkatnya konsentrasi gas C di atmosfer. Tiga GRK yang berperan sebagai pembentuk penapis sinar infra merah dan berakibat terhadap peningkatan suhu bumi adalah CO_2 , CH_4 dan N_2O . Selain memantulkan sinar infra merah, ketiga gas ini juga menyebabkan penipisan ozon.

Presiden Republik Indonesia dalam pembukaan pertemuan internasional COP 13 di Bali Desember 2007 lalu menyampaikan dua kata kunci dalam mitigasi perubahan iklim, yaitu mengurangi emisi dan meningkatkan kapasitas absorpsi C. Pada sektor energi, berbagai upaya dilakukan oleh pemerintah untuk mengurangi emisi C, antara lain melalui kampanye hemat energi, pengurangan pemakaian bahan bakar asal fosil (BBM, batu bara), pemanfaatan sumber energi alternatif (angin, panas bumi, arus, biogas). Sektor pertanian juga mempunyai peran penting dalam mengurangi emisi C.

Tulisan ini membahas inovasi teknologi di sektor pertanian, khususnya pada padi sawah yang dapat mengurangi emisi C, dan gambaran bagaimana kompensasi pengurangan karbon diterapkan di lahan sawah.

Pengaruh Terbalik Pemanasan Global

Teori akan kembalinya jaman es di dunia pada era modern yang diakibatkan oleh imbas dari perubahan iklim bukan lagi merupakan isapan jempol. Hal ini disampaikan oleh para peneliti dari *United State National Center for Atmospheric Research* di Colorado. Mereka menyebutnya sebagai *feedback*

loop (pengaruh balik) dari pemanasan global. Secara teoritis, permukaan es di kutub utara dan selatan berfungsi sebagai kaca pantul panas yang berasal dari matahari, di mana kurang lebih 90% panas dipantulkan kembali ke atmosfer oleh muka es yang berwarna putih. Air laut bertindak sebaliknya, yaitu 90% panas asal matahari tersebut diserap. Sistem iklim bumi secara alami dipengaruhi oleh arus laut yang bertindak sebagai pengatur aliran suhu dunia (*thermoregulator*) yang mengalirkan air hangat dari katulistiwa ke kutub utara dan sebaliknya membawa arus dingin ke daerah katulistiwa. Daur air laut alami ini menyebabkan negara-negara di belahan bumi utara seperti benua Eropa memiliki iklim yang tidak terlalu dingin. Daur arus ini terjadi karena air hangat dari katulistiwa bermassa jenis lebih ringan daripada air dingin. Air hangat akan selalu berada di atas permukaan laut dan sebaliknya arus dingin berada di kedalaman. Arus yang membawa air hangat tersebut dikenal dengan sebutan *The Gulf Stream* yang melepaskan panasnya setelah menyentuh daratan Eropa; pada saat itu arus melemah dan membawa air dingin dari dataran utara kembali menuju katulistiwa. Daur ini selalu berjalan dengan baik apabila massa jenis air laut tidak berubah. Pemanasan global menyebabkan sejumlah besar es abadi di kutub mencair, yang mengakibatkan turunnya massa jenis air laut, yang berarti air laut menjadi lebih payau. Turunnya massa jenis air laut tersebut dapat menghambat alih air hangat yang dibawa *Gulf Stream* menuju belahan bumi utara. Oleh karena itu, lambat laun suhu bumi di belahan utara (*northern hemisphere*) akan semakin dingin. Peneliti dari *Britain's National Oceanography Center* melaporkan bahwa arus *Gulf Stream* melemah 30% sejak 1957 yang disebabkan oleh mencairnya sejumlah besar es abadi di Greenland dan kutub utara.

Panel antarpemerintah tentang perubahan iklim (IPCC) pada bulan Mei 2007 menyebutkan bahwa dalam kurun waktu 1970-2004 emisi GRK naik 70%. IPCC memprediksi apabila tanpa upaya manusia mereduksi emisi GRK untuk menghambat pemanasan global, usia bumi diperkirakan hanya tinggal 70-100 tahun lagi. Ancaman kiamat bumi ini kemungkinan dapat dicegah dengan menghambat laju emisi GRK hingga tahun 2030. Skenario terbaik adalah menghambat laju kenaikan suhu antara 2,0-2,4°C dalam kurun waktu 23 tahun ke depan. Untuk mencapai itu, konsentrasi GRK harus distabilkan pada kisaran 445-490 ppm. Skenario lain menyebutkan kenaikan dibatasi pada 3,2-4,0°C dalam kurun waktu yang sama dengan menjaga jumlah GRK antara 590-710 ppm (Ikawati 2007).

Emisi GRK dari Lahan Sawah

Usaha pertanian pada dasarnya adalah proses penyediaan karbon yang berasal dari alam untuk kehidupan manusia. Belum ditemukan proses penyediaan senyawa karbon alamiah sebagai bahan pangan selain dengan jalan

fotosintesis pada tanaman dalam usaha pertanian. Perekonomian Indonesia sangat bergantung pada pertanian. Lebih dari 60% penduduk Indonesia menggantungkan hidupnya di sektor ini. Pertanian padi memegang peranan penting karena komposisi makanan pokok bangsa Indonesia lebih dari 80% nya terdiri dari beras. Tanpa disadari, beras menjadi bagian integral dari kehidupan bangsa Indonesia. Kekurangan beras merupakan ancaman terhadap kestabilan sosial, ekonomi, dan politik. Ketersediaan pangan, khususnya beras, merupakan persyaratan ketenangan utama dari rumah tangga seluruh masyarakat.

Hasil padi yang rendah pada areal pertanian yang padat penduduk akan mendorong deforestasi, perluasan pertanaman padi pada lahan kritis, dan eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan. Perlindungan terhadap ekosistem basah dan ekosistem hutan bergantung pada tingkat produksi pangan dari lahan yang ada (Kasryno dan Pasandaran 2004). Intensifikasi usahatani padi lebih lanjut masih diperlukan dengan tetap mempertahankan penggunaan pupuk kimia. Namun peneliti padi harus menjamin bahwa teknologi yang dianjurkan tidak merusak mutu tanah dan degradasi lingkungan.

Di sisi lain, pertanian padi mendapat tantangan baru sebagai salah satu penyumbang meningkatnya konsentrasi GRK di atmosfer, yang berakibat semakin banyaknya sinar infra merah yang dipantulkan ke muka bumi sehingga suhu bumi meningkat. Perakaran dan jaringan batang di dalam air pada proses metabolisme menghasilkan gas metana (CH_4) yang dilepaskan ke atmosfer. Arhenius pada tahun 1896 adalah orang pertama yang memberi rambu-rambu mengenai peningkatan suhu permukaan bumi akibat menumpuknya gas hasil revolusi industri pada era itu. Penelitian Arhenius 100 tahun yang lalu memperingatkan bahwa penambahan konsentrasi karbon dioksida dua kali di atas era praindustri akan meningkatkan suhu permukaan bumi rata-rata sebesar 6°F ($3,3^\circ\text{C}$). Sejak itu masyarakat dunia tergugah untuk melakukan pengamatan terhadap konsentrasi CO_2 yang dikeluarkan oleh industri dan diikuti oleh penelitian mengenai perubahan iklim dan emisi GRK.

Perubahan suhu harian di kota-kota besar Indonesia dirasakan oleh seluruh warga sebagai akibat bertambahnya penduduk, perumahan, kendaraan bermotor, industri, dan berkurangnya kawasan bervegetasi permanen berupa hutan, kebun, dan belukar. Masyarakat Indonesia hingga tahun 1980an belum banyak membicarakan ancaman perubahan iklim sebagai akibat dari menumpuknya emisi GRK. Hal tersebut disebabkan oleh kurangnya kesadaran terhadap faktor-faktor yang dapat mengubah sistem iklim bumi. Sebagian masyarakat Indonesia beranggapan bahwa isu pemanasan global, perubahan iklim, dan emisi GRK dianggap sebagai upaya negara industri untuk menghambat laju pertumbuhan ekonomi dari negara berkembang, sehingga berbagai skenario yang disusun oleh para ahli lingkungan untuk menanggulangi dan mengantisipasi ancaman ini dianggap sebagai usaha untuk menghambat laju pembangunan. Pemahaman ini lambat laun mulai

berubah. Pengambilkebijakan sudah mulai melihat dampak dari perubahan iklim tersebut sebagai suatu ancaman yang harus dikendalikan dan dicegah. Naiknya muka air laut di pesisir pantai selatan Jawa dan Sumatera pada bulan Mei dan Juni 2007, dan curah hujan yang tidak menentu di sentra produksi tanaman pangan mulai dilihat sebagai bentuk ancaman akibat perubahan iklim bumi. Ketidakpastian curah hujan saat ini adalah ancaman yang sangat nyata terhadap kecukupan produksi beras nasional.

Pembenahan sistem produksi padi akan sangat bergantung pada komitmen bersama, apabila ditunjukkan untuk mengurangi emisi GRK dari sektor pertanian. Walaupun emisi GRK dari sektor pertanian relatif rendah dibanding kegiatan industri dan transportasi, tetapi akumulasi secara terus-menerus akan menambah besarnya dampak GRK dunia. Indonesia perlu meniru Thailand dalam mengupayakan mitigasi pembentukan GRK. Thailand melakukan sosialisasi kepada petaninya untuk menerapkan tindakan dan teknologi yang dapat mengurangi emisi GRK dari lahan pertanian. Beberapa inovasi teknologi mitigasi telah tersedia untuk mengurangi emisi GRK dari lahan sawah tanpa menurunkan produksi padi.

Mitigasi GRK pada Lahan Pertanian

Pertanian padi sawah yang selalu dalam keadaan tergenang merupakan sumber tiga macam GRK yaitu CO_2 , CH_4 dan N_2O . Karbondioksida merupakan komponen terbesar yang diemisikan dari lahan pertanian, namun CO_2 terserap kembali oleh tanaman padi pada proses fotosintesis. Emisi gas rumah kaca dari lahan pertanian telah diteliti oleh Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan). Balingtan mempunyai laboratorium khusus GRK dan sudah melaksanakan penelitian emisi GRK sejak 1993 bekerjasama dengan lembaga penelitian padi internasional (IRRI).

Pada awalnya penelitian difokuskan untuk melihat emisi gas CH_4 yang dilepas dari lahan sawah tadah hujan. Saat ini kajiannya sudah diperluas untuk melihat emisi CO_2 dan N_2O tidak hanya dari lahan sawah tadah hujan, tetapi mencakup lahan irigasi dan lahan gambut. Kajian yang dilaksanakan di Balingtan pada tahun 2007 menunjukkan bahwa CO_2 yang dilepas oleh lahan sawah irigasi selama satu musim tanam berkisar antara 4,2-3,5 ton/ha/musim tanam pada berbagai sistem pertanaman padi. Walaupun emisi CO_2 sangat tinggi pada pertanian padi tetapi karbondioksida akan digunakan kembali oleh tanaman padi pada saat berlangsungnya proses fotosintesis. Gas CO_2 yang dihasilkan dari sistem persawahan padi dikonversi ke bentuk biomas tanaman, melalui proses fotosintesis, yaitu $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, sehingga emisi gas CO_2 tidak berdampak besar terhadap pembentukan GRK.

Emisi N_2O pada kajian yang sama berkisar antara 0,88-0,52 kg/ha/musim tanam pada penggunaan pupuk urea 250 kg/ha. Sumber utama pelepasan N_2O adalah pemakaian pupuk N (urea) yang tidak efektif. Hal ini dapat diartikan bahwa proses pembentukan N_2O akan dihambat apabila pupuk urea diberikan secara efisien pada tanaman. Upaya mengurangi emisi gas N_2O dari pertanian menjadi lebih efektif apabila penggunaan pupuk N secara efektif, dengan cara memberikan dalam jumlah yang tepat. Penerapan sistem pertanian PTT (pengelolaan tanaman terpadu) dan SRI (*system of rice intensification*) menekan emisi N_2O sebesar 45-39% dibandingkan dengan cara pengelolaan tanaman secara konvensional.

Pembentukan N_2O dari lahan pertanian terjadi melalui dua proses mikrobiologi, yaitu denitrifikasi dan nitrifikasi. Denitrifikasi adalah bagian akhir dari siklus N dalam tanah, proses ini berlangsung dalam kondisi anaerobik. Nitrat (NO_3^-) banyak digunakan oleh mikroorganisme sebagai elektron aseptor utama untuk mendapatkan energi dari bahan organik apabila ketersediaan oksigen (O_2) rendah. Reaksi penguraian bahan organik pada keadaan anaerobik adalah sebagai berikut:



Beberapa mikroorganisme mendapatkan energi dengan menggunakan NO_3^- untuk oksidasi bahan anorganik seperti S_2^- , Fe_2^+ . Proses ini terjadi apabila NO_3^- terdifusi pada zona kaya FeS seperti pada lahan pasang surut. Dinitrogen oksida atau N_2O merupakan hasil samping dari proses denitrifikasi berikut:



Selain melalui proses denitrifikasi, N_2O juga terjadi melalui proses nitrifikasi. Terdapat dua spesies bakteri yang terlibat dalam proses nitrifikasi yaitu nitrosomonas dan nitrobakter. Mekanisme pembentukan N_2O melalui nitrifikasi relatif lebih rendah dibanding denitrifikasi dan saat ini proses pembentukan melalui nitrifikasi masih diperdebatkan. Groffman (1991) menyebutkan dua proses yang bertanggung jawab terhadap pembentukan N_2O melalui nitrifikasi, yaitu (1) penggunaan NO_2^- oleh bakteri pengoksidasi NH_4^+ pada keadaan rendah O_2 , dapat membentuk N_2O , (2) hasil antara dari penguraian NH_4^+ menjadi NO_2^- , secara kimiawi dapat menghasilkan N_2O , terutama pada kondisi asam.

Emisi CH_4 dan nilai rosotnya (penyerapan) dari lahan pertanian tidak sederhana CO_2 dan N_2O . Metana juga dikenal sebagai gas rawa, memiliki waktu tinggal di atmosfer hingga 12 tahun. Selain waktu tinggalnya yang lama, CH_4 memantulkan panas 23 kali lebih efektif dari CO_2 . Bakteri metanotrop yang ada di lahan sawah adalah satu-satunya mikroorganisme yang dapat menggunakan CH_4 sebagai bagian dari proses metabolismenya untuk kemudian diubah menjadi CO_2 . Dengan bobot molekul yang ringan, CH_4 mampu

menembus sampai lapisan ionosfer di mana terdapat senyawa radikal O_3 (ozon) yang berfungsi sebagai pelindung bumi dari pancaran radiasi gelombang pendek ultra violet (UV-B). Kehadiran gas CH_4 pada lapisan ozon dapat menyebabkan reaksi kimia dengan O_3 sehingga kandungannya berkurang. Oleh karena itu, GRK yang harus diwaspadai untuk diturunkan emisinya dari lahan sawah adalah CH_4 .

Gas CH_4 terbentuk melalui proses dekomposisi bahan organik secara anaerobik. Proses ini melibatkan bakteri metanogens, penguraian bahan organik menjadi gas CH_4 yang dikenal dengan istilah metanogenesis. Metanogenik adalah bakteri fakultatif yang membutuhkan pH 6,0-6,5 dengan redoks potensial tanah (Eh) ideal yang dibutuhkan untuk penguraian bahan organik oleh bakteri metanogenik berkisar antara -150 - -200 mV. Suhu optimum untuk aktivitas bakteri metanogenik berkisar antara 30-35°C. Pelepasan bakteri dari lahan pertanian, khususnya padi sawah, terjadi melalui tiga proses yaitu (i) melalui pembuluh aerenkima tanaman padi, (ii) CH_4 yang terdifusi dalam gelembung udara (*ebullition*), (iii) CH_4 terlarut dalam air irigasi (*dissolve methane*). Untuk lahan sawah, pelepasan CH_4 melalui pembuluh aerenkima tanaman padi menduduki porsi terbesar, berkisar antara 85-90%, sedangkan sisanya melalui kedua mekanisme lainnya. Setyanto (2004), menyebutkan bahwa dari jumlah gas CH_4 yang diproduksi di lapisan rizosfera, hanya 16,6% yang dilepaskan ke atmosfer, sisanya dioksidasi oleh bakteri yang menggunakan CH_4 sebagai sumber karbon untuk kegiatan metabolismenya, yaitu bakteri metanotrop.

Penelitian tentang emisi CH_4 dari lahan sawah telah banyak dilakukan di Balingtan. Kisaran emisi CH_4 yang dilepaskan sangat beragam, bergantung pada cara pengelolaan tanah dan tanaman. Besarnya emisi CH_4 dari berbagai pengelolaan lahan pertanian padi sawah untuk tanah mineral di Jawa berkisar antara 347-57 kg/ha/musim tanam. Emisi CH_4 dari lahan pertanian sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim, sehingga dinamika emisinya per musim sangat beragam. Metana yang dihasilkan dari dekomposisi anaerobik bahan organik yang berada di sekitar perakaran tanaman padi akan dilepaskan ke atmosfer melalui batang padi. Selain berperan sebagai “jembatan” penghubung dari lapisan anaerobik (lapisan tanah dengan ketersediaan oksigen rendah) ke atmosfer, perakaran tanaman padi juga berperan memberi suplai karbon dalam bentuk eksudat akar yang merupakan bahan pembentuk CH_4 di tanah.

Prinsip utama dalam mengurangi emisi CH_4 dari lahan sawah adalah mengubah mekanisme dekomposisi anaerobik bahan organik tanah ke dekomposisi secara aerobik, sehingga yang dihasilkan adalah gas CO_2 . Untuk itu, apabila sejumlah energi karbon dalam tanah dapat diubah menjadi CO_2 , maka mitigasi emisi CH_4 dari lahan sawah dapat berlangsung karena mekanisme rosot CO_2 lebih sederhana dibanding CH_4 .

Beberapa teknologi sudah dihasilkan Balingtan untuk mendukung upaya ini, antara lain mengganti cara pengairan sawah yang berterusan dan lahan

selalu tergenang dengan cara pengairan berselang (*intermittent*). Cara ini dapat mengurangi emisi CH_4 sampai 78%. Pemilihan varietas padi rendah emisi dapat secara nyata menekan laju emisi gas CH_4 dari lahan sawah. Penciri utama dari varietas tersebut adalah berumur genjah, efektif memanfaatkan hasil fotosintesis, jumlah anakan sedikit, dan memiliki kapasitas oksidasi perakaran yang kuat. Penggunaan varietas ini mampu menekan emisi CH_4 hingga 66-10%. Varietas padi yang rendah tingkat emisi CH_4 nya adalah Maros, Muncul, Way Apoburu, dan Fatmawati. Pemakaian bahan organik yang sudah mengalami dekomposisi lanjut atau matang juga berperan menurunkan emisi sebesar 10-25%. Penggunaan herbisida dengan bahan aktif paraquat dan glifosat menurunkan emisi CH_4 secara nyata sampai 60% dibandingkan dengan yang tidak menggunakan herbisida (Setyanto *et al.* 2005).

Maryoto (2008) mempermasalahkan hal-hal lain dalam usahatani padi menghadapi pemanasan global. Petani mungkin akan menolak mengubah sistem usahatani yang sudah dilakukan turun-temurun, apalagi bila hal itu mengancam pendapatan mereka. “Perdagangan karbon” atau upaya menurunkan jumlah gas karbon dari lahan sawah dapat menjadi pemberian insentif bagi pelaku usahatani padi sawah. Konsep tersebut, walaupun masih bersifat *pilot study*, seyogyanya diatur melalui program yang diatur dalam prinsip *Clean Development Mechanism* (CDM) yang ditawarkan Protocol Kyoto.

Konsep perdagangan karbon digambarkan secara sederhana sebagai berikut: apabila harga reduksi 1 ton CO_2 di pasaran rata-rata US\$ 5, maka harga reduksi 1 t CH_4 dapat dinilai sebesar $21 \times \text{US\$ } 5 = \text{US\$ } 105$ (angka 21 digunakan karena potensi pemanasan global dari CH_4 adalah 21 kali lebih tinggi daripada CO_2). Reduksi 1 t CH_4 /ha dapat dihasilkan dari 8 ha lahan sawah yang mengganti pola pengairan terus-menerus ke pola pengairan berselang dalam satu musim tanam (apabila faktor emisi yang dapat dikurangi dengan aplikasi cara pengairan ini rata-rata 125 kg CH_4 /ha/musim tanam). Untuk itu, insentif yang dapat diterima oleh petani yang terlibat dalam penerapan teknologi pengairan berselang adalah $\text{US\$ } 105/8 = \text{US\$ } 13/\text{ha}/\text{musim tanam}$. Insentif ini dapat meningkat sejalan dengan meningkatnya pengurangan emisi gas CH_4 oleh petani.

Adaptasi pada perubahan iklim seharusnya menjadi prioritas dalam mengambil kebijakan pembangunan nasional ke depan, tidak hanya untuk sektor pertanian tetapi juga sektor lain yang secara langsung maupun tidak terimbas oleh perubahan ini.

Kesimpulan

Karbon adalah unsur kimia esensial yang dibutuhkan oleh semua makhluk hidup. Senyawa karbon bagi makhluk bersel satu digunakan sebagai sumber energi dalam proses metabolismenya. Untuk makhluk bersel banyak, senyawa karbon selain sebagai sumber energi juga digunakan sebagai kerangka penyusun tubuh. Selain mempunyai manfaat yang luar biasa bagi kehidupan manusia, karbon dalam bentuk CO_2 dan CH_4 ternyata dapat merusak ekologi melalui pemanasan global yang dapat ditimbulkan apabila emisinya ke atmosfer tidak terkendali. Salah satu upaya untuk mengurangi emisi GRK ke atmosfer adalah menerapkan teknologi yang dapat menekan pelepasan emisi CH_4 dari lahan sawah. Teknologi tersebut antara lain pengairan berselang, varietas rendah emisi CH_4 , dan herbisida. “Perdagangan karbon” melalui penurunan emisi gas karbon dari lahan sawah dapat menjadi insentif bagi pelaku usahatani padi sawah. Konsep tersebut dapat diatur melalui CDM (*Clean Development Mechanism*) yang ditawarkan *Protocol Kyoto*. Dengan integrasi yang sinergis dan terpadu antara pengambil kebijakan pertanian dengan pelaku usahatani, perdagangan karbon dari lahan sawah bukan hal yang mustahil, seperti halnya REDD (*reduction emission from deforestation and degradation*) yang sebelumnya hanya sekadar konsep, saat ini mulai dibicarakan dan dibahas untuk diratifikasi oleh negara-negara industri.

Pustaka

- Arrhenius, S.A. 1896. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philos. Mag.* 41 (5):237-276.
- Groffman, P.M. 1991. Ecology of nitrification and denitrification in soil evaluated at scales relevant to atmospheric chemistry. p. 201-217. *In* J.E. Rogers dan W.B. Whitman (Eds.). Microbial production and consumption of greenhouse gases; methane, nitrous oxides and halomethanes. American Society for Microbiology, Washington, DC.
- Ikawat. 2007. Usia bumi tinggal seabad lagi?. Kompas, p. 44.
- Kasryno, F. dan E. Pasandaran. 2004. Reposisi padi dan beras dalam perekonomian nasional. *Dalam* Ekonomi padi dan beras Indonesia, p. 3-14, Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Kluger. 2006. By any measure, earth is at the tipping point. *Time*, April 3, 2006. p.31-35. Maryoto, A. 2008. Pertanian padi harus dikaji ulang. Kompas, 10 Januari 2008.

- Setyanto, P. 2004. Methane emission and its mitigation in rice fields under different management practices in Central Java. Disertasi Doktoral, Universiti Putra Malaysia.
- Setyanto, P., O. Naharia, M.Y. Irianto, and I. Zulkarnain. 2005. The effect of water regime and soil management on methane (CH₄) emission from rice field. Proc. the 20th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Ho Chi Minh City, Vietnam, 7-11 Nopember 2005. p. 575-578.