

© 2005 Suprihati
Makalah Pribadi Falsafah Sains (PPS 702)
Sekolah Pasca Sarjana / S3
Institut Pertanian Bogor

Posted: 19 January, 2005

Dosen:
Prof Dr Ir Rudy C Tarumingkeng, M F (Penanggung Jawab)
Prof. Dr. Ir. Zahrial Coto, M.Sc
Dr. Ir. Hardjanto, M.S

MITIGASI EMISI GAS RUMAH KACA DARI LAHAN SAWAH DENGAN PENGELOLAAN AIR

Oleh:

Suprihati
A261030051
suprihati@hotmail.com

ABSTRAK

Emisi gas rumah kaca (GRK) yang berlebihan akan meningkatkan konsentrasinya di atmosfer dan ditengarai berdampak pada pemanasan global dengan segala konsekuensinya. Pemahaman tentang produksi dan emisi GRK dari sistem budidaya sawah sangat diperlukan. Disisi lain sawah memerlukan banyak air dan untuk merespon semakin langkanya sumberdaya air dibutuhkan upaya peningkatan efisiensi penggunaan air. Hasil kajian pengelolaan air untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air serta mitigasi GRK menunjukkan: (1) Pada ekosistem padi sawah secara ekologis menstimulir produksi GRK CO₂, CH₄ dan N₂O, (2) Penggenangan terus menerus, menurunkan efisiensi penggunaan air dan menghasilkan emisi metan yang lebih tinggi dibanding perlakuan air macak-macak, (3) Penggenangan terus menerus, menurunkan efisiensi penggunaan air dan menghasilakan emisi nitrous oksida yang lebih rendah dibanding irigasi berselang dan (4)Pengelolaan air yang tepat dapat mempertahankan tingkat produksi padi, meningkatkan efisiensi penggunaan air dan menurunkan emisi GRK.

PENDAHULUAN

Rataan suhu permukaan bumi sekitar 288^oK (15^oC). Suhu tersebut dapat dipertahankan karena keberadaan sejumlah gas yang berkonsentrasi di atmosfer bumi.

Sejumlah gas tersebut berperan seperti atap dan dinding kaca pada rumah kaca (*“green house”*) sehingga disebut gas rumah kaca (GRK). Dengan adanya GRK ini, memungkinkan cahaya matahari menembus “kaca” dan menghangatkan suhu bumi, inilah yang disebut dengan efek gas rumah kaca (efek GRK). Tanpa efek GRK suhu bumi akan sangat rendah sehingga tidak mampu mendukung kehidupan organisme secara normal. Pada beberapa dekade terakhir ini emisi / pancaran GRK dari bumi terus meningkat sehingga kepekatannya di atmosfer juga meningkat yang berdampak pada peningkatan suhu permukaan bumi. Gejala ini disebut dengan pemanasan global (*“global warming”*). Bagian atmosfer yang paling peka terhadap pemanasan global adalah lapisan troposfer yaitu lapisan atmosfer yang paling dekat dengan permukaan bumi.

Pemanasan global ditandai oleh peningkatan konsentrasi GRK yaitu CO₂, CH₄, CFC dan N₂O di atmosfer. Konsentrasi masing-masing gas tersebut di atmosfer ditentukan oleh laju emisi / pancaran dari bumi. Kontribusi masing-masing GRK terhadap pemanasan global adalah CO₂, CH₄, N₂O dan CFC berturut-turut sebesar 55%, 15%, 6% dan 24%. Komponen GRK yang dominan berpengaruh terhadap pemanasan global adalah CO₂ dan CFC. Laju peningkatan konsentrasi GRK disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Gas Rumah Kaca

| Macam GRK | Pra Industrialisasi | Tahun 2000 an | Laju | Umur hidup (tahun) | Pemanasan relatif |
|------------------|---------------------|---------------|----------------------------------|--------------------|-------------------|
| CO ₂ | 280 ppmv | 357 ppmv | 1.8 ppmv tahun ⁻¹ | 120 | 1 |
| CH ₄ | 800 ppbv | 1720 ppbv | 10-20 ppbv tahun ⁻¹ | 10.5 | 58 |
| N ₂ O | 280 ppbv | 310 ppbv | 0.6-0.9 ppbv tahun ⁻¹ | 132 | 206 |
| CFC | 0 | 0.5 ppbv | 4% tahun ⁻¹ | 116 | 5750 |

Diolah dari beberapa sumber

Pemanasan global menyebabkan permukaan air laut naik dengan konsekuensi risiko tenggelamnya wilayah pantai, perubahan pola curah hujan dan iklim secara regional maupun global dan berpotensi merubah sistem vegetasi dan pertanian. Secara umum masalah pemanasan global merupakan ancaman serius bagi kelestarian kehidupan organisme dan menjadi isu lingkungan hidup global sejak tahun 1990 an

(Soemarwoto, 1991; Duxbury dan Mosier, 1997; Greene dan Salt, 1997; Murdiyarso, 2003). Perjalanan panjang mencapai suatu komitmen yang diharapkan mengikat peran serta seluruh negara untuk ikut menjaga bumi membuktikan betapa rumitnya menyikapi masalah pemanasan global. Dokumen terkini yang mengatur peran masing-masing negara dan sektor kehidupan terhadap emisi GRK adalah Protokol Kyoto. Dalam dokumen tersebut sektor pertanian juga mendapat porsi tugas mengatur besarnya emisi GRK.

Proses produksi pertanian *on farm* berkontribusi terhadap emisi CO₂, CH₄ dan N₂O, sedangkan kegiatan pertanian *off farm* misalnya pengawetan hasil pertanian secara pendinginan berpotensi mengemisikan CFC. Pada kegiatan budidaya padi sawah GRK CO₂ dihasilkan dari dekomposisi bahan organik secara aerobik, emisi CH₄ dihasilkan dari dekomposisi bahan organik secara anaerob dan emisi N₂O dari tanah melalui peristiwa denitrifikasi, nitrifikasi (Ishizuka *et al.*, 2002; Inubushi *et al.*, 2003) dan emisi yang dimediasi oleh tanaman (Chen *et al.*, 1999; Hou *et al.*, 2000).

Gas rumah kaca yang dihasilkan dalam tanah akan ditransportasikan ke atmosfer melalui lintasan difusi gas dan sebagian lain gas terlarut dalam air dan bergerak ke atmosfer melalui evapotranspirasi. Produksi dan transportasi GRK tersebut berkaitan erat dengan potensial redoks, pH, porositas serta aerasi yang secara praktikal dapat didekati dengan pengelolaan air.

Pada budidaya padi sawah, ketersediaan air merupakan persyaratan utama. Sys (1985) memaparkan persyaratan kesesuaian lahan untuk padi sawah dengan kriteria S1 (sangat sesuai) adalah curah hujan selama periode tumbuh > 1 400 mm/periode tumbuh), dan pada daerah dengan curah hujan kurang dari 800 mm/periode tumbuh dikategorikan sebagai lahan tidak sesuai (N). Kondisi tersebut mengacu pada kebutuhan air pada petak sawah yang mencapai 940.7 mm/periode tumbuh (Arsyad, 1989).

Kebutuhan air irigasi tersebut untuk memenuhi pemakaian air konsumtif, pelumpuran dan penggenangan serta perkolasi. Pemakaian air konsumtif mencapai 75 % dari total kebutuhan air dan sisanya sebanyak 25 % digunakan untuk tahap pengolahan tanah, pelumpuran dan penggenangan (De Data, 1981; Arsyad, 1989).

Selama ini air merupakan faktor produksi yang sangat murah dan sedikit sekali dipertimbangkan dalam analisis ekonomi usaha budidaya seolah-olah air di subsidi 100 %. Dengan semakin langkanya sumberdaya air diperlukan berbagai upaya pengefisienan penggunaan air.

Peningkatan efisiensi penggunaan air pada padi sawah dapat dilakukan secara internal dengan merekayasa materi tanaman padi, misalnya dengan pemuliaan sehingga didapatkan varietas padi yang nisbah transpirasinya rendah. Secara eksternal peningkatan efisiensi pemakaian air dilakukan dengan memodifikasi pengelolaan air melalui kombinasi pengolahan tanah, pelumpuran penggenangan.

Pengelolaan air berpengaruh terhadap karakteristik fisik, kimia dan biologi tanah (De Data, 1981; Situmorang dan Sudadi, 2001). Perubahan karakteristik tanah oleh pengelolaan air ditentukan oleh awal tanah yang meliputi tekstur dan tipe mineral liat, struktur, kandungan bahan organik serta kandungan seskuioksida (Prihar, Ghyldyal, Painuli dan Sur, 1985).

Permasalahan pengelolaan air menjadi semakin menarik untuk dikaji bukan saja hanya bertumpu pada masalah produksi namun juga menyangkut penghematan sumberdaya air serta pemeliharaan lingkungan sebagai respon terhadap permasalahan global. Perlu dicari upaya pengelolaan air agar tidak terjadi penurunan hasil padi, peningkatan efisiensi penggunaan air (EPA) namun juga sekaligus langkah mitigasi GRK pada tanah sawah.

Makalah ini disusun berdasarkan kajian telaah pustaka dan bertujuan untuk mengkaji kontribusi lahan sawah pada isue emisi GRK penyebab pemanasan global, serta upaya untuk mitigasi emisi GRK melalui pengelolaan air untuk berperan serta menyelamatkan bumi. Untuk mempermudah pemahaman makalah ini disistematisasikan menjadi Pendahuluan, Emisi GRK, Pengelolaan Air, Pengelolaan Air dan Efisiensi Penggunaan Air serta Mitigasi GRK dengan Pengelolaan Air.

EMISI GAS RUMAH KACA DARI LAHAN SAWAH

Tanah memegang peranan penting dalam pengaturan konsentrasi CO₂ di atmosfer. Kemampuan tanah menyimpan CO₂ berupa bahan organik hasil fotosintesis merupakan penyangga utama keseimbangan CO₂ di atmosfer. Apabila pelepasan CO₂

tanah melebihi laju pemasukannya berpotensi menyumbang peningkatan konsentrasinya di atmosfer. Produksi CO₂ dari tanah berasal dari hasil dekomposisi bahan organik secara aerobik, respirasi akar tanaman maupun mikroba. Praktek pengelolaan lahan yang berpengaruh terhadap penyimpanan dan pelepasan CO₂ berkontribusi terhadap emisinya.

Salah satu alternatif pengelolaan lahan adalah pengolahan tanah, penurunan intensitas pengolahan tanah diharapkan menurunkan emisi CO₂. Pengolahan tanah mempercepat oksidasi bahan organik melalui peningkatan aerasi yang memacu respirasi mikroba, meningkatkan kontak antara tanah dengan residu sehingga mempercepat dekomposisi dan ekpose bahan organik yang semula terproteksi oleh agregat (Curtin *et al.*, 2000). Besarnya emisi CO₂ dari tanah dipengaruhi oleh tekstur tanah, tingkat kesuburan dan rotasi tanaman.

Pada tanah sawah emisi CO₂ dipengaruhi oleh aktifitas respirasi tanaman padi. Selain itu, terjadi oksidasi bahan organik pada daerah rizosfer karena tanaman padi mampu mengalirkan oksigen dari atmosfer ke perakaran melalui jaringan aeranchyma. Semakin tinggi akumulasi biomasa di atas tanah meningkat pula kemampuan respirasi dan daya oksidasi akar.

Emisi nitrous oksida berasal dari tanah melalui peristiwa denitrifikasi dan nitrifikasi (Ishizuka *et al.*, 2002; Inubushi *et al.*, 2003) serta emisi yang dimediasi oleh tanaman (Chen *et al.*, 1999; Hou *et al.*, 2000). Sektor pertanian berkontribusi terhadap emisi gas nitrous oksida sebesar 65-80 % dari total emisi. Kehilangan N melalui emisi N₂O terutama terjadi pada tanah-tanah yang subur, beririgasi dan kaya bahan organik. Kehilangan N dalam bentuk N₂O ini selain berpotensi meningkatkan efek GRK juga mengurangi efisiensi pupuk N. Estimasi emisi berkisar antara 1 – 100 kg N ha⁻¹ tahun⁻¹.

Pada tanah sawah dengan adanya perlakuan penggenangan didapat berbagai lapisan pada profil tanahnya yaitu lapisan oksidatif yang tipis dibawah genangan air lalu diikuti lapisan reduktif yang tebal dibawahnya. Apabila pupuk urea diaplikasikan ke dalam lapisan reduktif, denitrifikasi bisa dihambat. Namun kebocoran sistem berupa sebagian pupuk urea berada di lapisan oksidatif segera di nitrifikasi menjadi nitrat yang mobil, kemudian nitrat yang mobil mencapai lapisan reduktif mengalami denitrifikasi dan mengemisikan N₂O. Untuk mengatasi masalah tersebut telah diupayakan berbagai

modifikasi terhadap urea misalnya urea tablet, urea briket yang mempunyai ukuran besar agar mudah diaplikasikan langsung ke lapisan reduktif. Selain itu amonium di lapisan reduktifpun berpeluang mengalami oksidasi terutama oleh rizosfer padi, dan nitrat yang diproduksi mengalami denitrifikasi. Emisi N_2O melalui proses ini tidak mungkin dihindarkan namun bisa dikendalikan. Besarnya emisi N_2O berkaitan erat dengan daya oksidasi akar, penelitian menunjukkan emisi N_2O berbanding lurus dengan pertumbuhan tanaman (Suratno et al., 1998; Chen *et al.*, 1999).

Produksi gas rumah kaca metana (CH_4) berasal dari dekomposisi bahan organik secara anaerob. Praktek pembedaan jerami yang dilanjutkan dengan penggenangan pada tanah sawah potensial meningkatkan emisi metana. Pengubahan hutan gambut sekunder menjadi lahan sawah di Kalimantan Selatan meningkatkan emisi CO_2 dan CH_4 (Inubushi *et al.*, 2003). Untuk mengurangi emisi metana Wihardjaka (2001) menggunakan kompos sebagai pengganti bahan organik segar. Besarnya emisi metana bergantung pada pengelolaan lahan yang diterapkan pada budidaya.

Pada budidaya sawah emisi metana tidak mungkin diabaikan, karena model pengelolaan air yang senantiasa melebihi kapasitas lapang akan menstimulir proses dekomposisi secara anaerob. Beberapa peneliti mempergunakan ratio antara besarnya emisi gas metana dengan gabah yang dihasilkan yang mirip dengan penghitungan efisiensi penggunaan air sebagai indikator pemilihan teknologi yang ramah lingkungan. Tanaman muda sedikit mengemisikan metan tetapi pada tanaman dewasa selama fase pemasakan flux metan oleh tanaman mencapai 90 %. Dinamika emisi metan dikendalikan oleh metanogen yaitu mikroba yang mampu memproduksi metan dan keseimbangannya dengan metanotrof yaitu mikroba yang mampu mempergunakan metan sebagai aseptor elektron sehingga metan teroksidasi menjadi CO_2 dan air (Inubushi *et al.*, 2002).

PENGELOLAAN AIR PADA TANAH SAWAH

Kebutuhan Air pada Padi Sawah

Air merupakan salah satu faktor tumbuh yang sangat dibutuhkan oleh tanaman. Air berperan sebagai penyusun utama tumbuhan, lebih dari 70 % biomasa tumbuhan

tersusun oleh air, bergantung jenis tanaman dan stadia pertumbuhannya. Secara fisiologi air berperan pada proses fotosintesis, dan distribusi fotosintat.

Ketersediaan air dalam tanah dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya tekstur tanah, kandungan bahan organik. Air merupakan pelarut yang handal, hampir seluruh reaksi dalam tanah dikendalikan oleh air. Keberadaan air dalam tanah di ruang pori tanah erat berkaitan dengan keberadaan udara, sehingga pengelolaan air sekaligus juga merupakan pengelolaan udara.

Pada budidaya padi sawah pemakaian air pada petak sawah meliputi pemakaian air konsumtif yang besarnya dipengaruhi oleh evapotranspirasi, penyiapan lahan dan penggenangan serta perkolasi. Perkolasi pada tanah sawah diminimalkan dengan pembuatan tapak bajak, pada beberapa lokasi bahkan dengan pemberian bitumen juga lembaran plastik. Contoh agihan pemakaian air pada tanah sawah dengan memperhitungkan komponen penyusunnya diambil dari Arsyad (1989) dan disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Air Irigasi pada Petak Sawah

| Fase Kegiatan | Kebutuhan Air Irigasi Konsumtif (mm) | Pelumpuran Tanah (mm) | Penggenangan (mm) | Perkolasi (mm) | Kebutuhan Air Irigasi | |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------|-----------------------|---|
| | | | | | Bulan (mm) | Pada Petak sawah (m ³ ha ⁻¹) |
| Bulan | | | | | | |
| Persemaian Juni (25 hr) | 6.37 | - | 25 | 25 | 56.37 | 469.8 |
| Pengolahan Tanah Juni | 4.70 | 150 | 75 | 25 | 254.70 | 2547.0 |
| Penanaman Juli | 96.16 | - | - | 25 | 121.16 | 1211.6 |
| Pertumbuhan Agustus | 157.77 | - | - | 30 | 180.77 | 1807.7 |
| September | 162.45 | - | - | 60 | 222.45 | 2224.5 |
| Oktober | 65.62 | - | - | 60 | 125.62 | 1256.2 |
| Total | | | | | 904.7 | 9407 |

Sumber: Arsyad (1989)

Sumberdaya air merupakan sumberdaya yang kian lama kian terbatas. Untuk kegiatan budidaya manusia memanfaatkan sumberdaya air baik yang berasal dari presipitasi yang mampu ditahan tanah, air permukaan dan pada beberapa kondisi dimana air permukaan terbaras manusia menggunakan air bumi melalui pompanisasi.

Selama ini air merupakan faktor produksi yang sangat murah sedikit sekali dipertimbangkan dalam analisis ekonomi usaha budidaya. Dengan semakin langkanya sumberdaya air diperlukan berbagai upaya pengefisienan penggunaan air. Berdasarkan telaah tabel 2, nampak bahwa pengelolaan air ditumpukan pada modifikasi pengolahan, pelumpuran dan penggenangan padi. Kebutuhan air untuk pengolahan tanah ini 1/3 dari seluruh jumlah kebutuhan air untuk pertanaman padi (De Data, 1981). Untuk mendasari pengelolaan air ini perlu pemahaman pelumpuran dan penggenangan.

Pelumpuran, Penggenangan dan Pengaruhnya terhadap Sifat Fisik Tanah

Di daerah Asia, juga di Indonesia, penyiapan lahan biasanya diawali dengan pengolahan tanah dalam keadaan basah. Umumnya pengolahan dilakukan dengan menggunakan hewan untuk membajak dan melumpurkan. Semakin langkanya tenaga manusia dan hewan, sekarang banyak dilakukan pengolahan tanah dengan traktor tangan. Pengolahan tanah terdiri dari tiga tahap yaitu: (a) merendam tanah hingga jenuh, (b) membajak untuk memecah dan membalik tanah, dan (3) menggaru hingga butir-butir tanah lepas (Situmorang dan Sudadi, 2001)

Pada saat pembajakan dan penggaruan terjadi perubahan struktur tanah. Tujuan pelumpuran adalah melepaskan/mendispersikan partikel tanah sehingga ikatan menjadi sangat longgar. Longgarnya ikatan menurunkan resistensi tanah (Greenland, 1985), implikasinya akan mempermudah penanaman bibit, memperluas perkembangan akar, mempermudah kontak hara dan partikel sehingga ada konservasi hara.

Pada saat pelumpuran terjadi perubahan distribusi pori yaitu penurunan porimakro dan peningkatan pori mikro, sehingga terjadi peningkatan kapasitas memegang air (Sharma dan De Datta, 1985). Perubahan distribusi pori berpengaruh terhadap proses pertukaran gas. Dinamika porimakro – pori mikro berpengaruh terhadap dinamika potensial redoks sehingga berpengaruh terhadap keseimbangan produksi gas misalnya O₂, CO₂, N₂O, H₂S, CH₄ serta asam lemak mudah menguap (*volatile fatty acid*).

Penggenangan lazim dilakukan pada budidaya padi sawah. Penggenangan yang biasa diterapkan adalah penggenangan kontinu, penggenangan berselang

(*intermitten*), sistem gora (gogo rancah). Penggenangan berpengaruh terhadap penurunan fluktuasi suhu, yang pada gilirannya akan mempengaruhi proses metabolisme tanaman. Salah satu tujuan penggenangan adalah menekan pertumbuhan gulma. Untuk menghemat air diterapkan juga irigasi dengan kondisi macak-macak (*saturated*).

PENGELOLAAN AIR DAN EFISIENSI PEMAKAIAN AIR

Efisiensi pemakaian air (EPA) dinyatakan dalam banyaknya hasil yang didapat per satuan air yang digunakan yang dapat dinyatakan dalam kg bahan kering liter⁻¹ air. $EPA = \text{hasil} / \text{jumlah air yang digunakan}$. Peningkatan EPA dapat dicapai dengan peningkatan hasil pada penggunaan air dalam jumlah yang tetap, atau hasil yang tetap dengan pengurangan penggunaan air. Penggunaan air dapat dihitung pada beberapa tingkat yaitu pada petak sawah, pada pintu tersier dsb. Setiap tingkat/level penggunaan air mempunyai komponen yang berbeda, misalnya pada petak sawah, komponennya adalah evapotranspirasi, air yang ditahan oleh tanah, perkolasi dan kebocoran galengan. Dengan menelaah perilaku komponen penggunaan tanah, EPA bisa dimodifikasi.

Berbagai upaya telah diterapkan untuk meningkatkan EPA, melalui perbaikan varietas, kombinasi pemupukan dan bahan organik. Arsyad (1989) menjelaskan peningkatan EPA dapat dilakukan melalui: (1) mengurangi tinggi penggenangan, (2) mengurangi kebocoran saluran irigasi dan galengan, (3) peningkatan produktivitas melalui penggunaan bibit unggul dan sarana produksi yang lebih baik, dan (5) pemberian air secara terputus (*intermitten*).

Budidaya padi sawah merupakan budidaya yang konsumtif terhadap air sejak dari penyiapan lahannya, berbagai studi untuk mengefisienkan penggunaan air telah dilakukan diantaranya oleh Abas (1985). Percobaan dilakukan pada tanah Grumusol yang kini disebut Vertisol, tekstur liat berdebu dengan tipe liat 2:1. Upaya penghematan dilakukan sejak penyiapan lahan, pada umumnya petani melakukan pengolahan tanah dua kali yaitu penggemburan yang dilakukan pada kondisi lembab dan dilanjutkan dengan pelumpuran pada kondisi tergenang air. Pemberian air selama pertumbuhan

juga bervariasi dari macak-macak hingga selalu tergenang (pematuan dilakukan menjelang dan selama pemupukan, stadia tertentu dan pematuan permanen menjelang panen. Model penyiapan lahan dengan penggemburan menyebabkan pemakaian air dan efisiensi yang tidak berbeda nyata dibanding pelumpuran. Pengaruh yang menonjol adalah irigasi selama pertumbuhan. Pengairan macak-macak menghasilkan gabah yang tidak berbeda nyata dengan penggenangan namun secara praktis nyata menurunkan pemakaian air dan meningkatkan efisiensi penggunaan air (tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh Teknik Penyiapan Tanah dan Irigasi terhadap Hasil Padi dan Efisiensi Penggunaan Air

| Pengolahan Tanah dan Irigasi | Pemakaian Air (mm) | Berat Gabah (kg ha⁻¹) | Efisiensi (kg ha⁻¹mm⁻¹) |
|-------------------------------------|---------------------------|---|--|
| Pelumpuran, genang 5 cm | 1275.18 | 5460 | 4.28 |
| Digemburkan, genang 5 cm | 1361.62 | 5460 | 4.01 |
| Pelumpuran, macak-macak | 843.09 | 5620 | 6.67 |
| Pengemburan, macak-macak | 861.68 | 5200 | 6.03 |

Sumber: Abas (1985)

Percobaan tersebut dimantapkan ulang pada tahun berikutnya dengan hasil yang konsisten (tabel 4). Pengairan berpengaruh sangat nyata terhadap pemakaian air dan efisiensi penggunaan air sedangkan terhadap berat gabah tidak saling berbeda nyata. Arti praktikalnya, pengairan secara macak-macak tidak menurunkan hasil gabah namun mampu menghemat pemakaian air dan meningkatkan efisiensinya secara nyata (Abas dan Abdurachman, 1986).

Tabel 4. Pengaruh Teknik Irigasi terhadap Hasil Padi dan Efisiensi Penggunaan Air

| Irigasi | Berat gabah kg ha ⁻¹ | | Pemakaian air mm | | Efisiensi kg ha ⁻¹ mm ⁻¹ | |
|--------------|---------------------------------|----------|------------------|-----------|--|----------|
| | MH 80/81 | MK 80/81 | MH 80/81 | MK 80/81 | MH 80/81 | MK 80/81 |
| Penggenangan | 4085.0 | 5417.5 | 2077.3 a | 1830 (a) | 1.97 (a) | 2.96 (a) |
| Macak-macak | 4082.5 | 5612.0 | 1194.8 b | 588.8 (b) | 3.42 (b) | 9.53 (b) |

Angka dalam kolom yang sama, berbeda nyata pada taraf 5% bila diikuti huruf yang berbeda

Sumber: Abas dan Abdurachman (1986)

Pengujian teknik irigasi (pengelolaan air) juga dilakukan pada jenis tanah yang lain yaitu di Sukamandi dengan Podsolik merah kekuningan, liat pori drainase tinggi > 15% isi, pori penyedia air rendah <10% isi, berat isi 1.10 g cm⁻³, jenis liat tipe 1:1. Perlakuan pengelolaan air yang dicobakan lebih variatif, mengingat pada beberapa daerah penyediaan air sangat menjadi kendala penanaman padi. Hasil percobaan disajikan pada tabel 5 ternyata perlakuan pengelolaan air gogo rancah memberikan hasil gabah yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan maca-macak maupun penggenangan 5 cm. Hasil tersebut memberikan arti empiris yang sangat nyata pemakaian air ditekan dengan performansi tanaman yang tetap unggul. Mengingat jumlah air yang makin langka, maka bagi daerah-daerah yang terbatas jumlah airnya, cara pengairan macak-macak dan gogo rancah dapat diterapkan (Abas dan Sudrajat, 1987). Permasalahan pengelolaan air biasanya terkait dengan pembentukan anakan, dari kajian Sudrajat dan Abas (1988) nampak bahwa jumlah anakan produktif antar perlakuan saling tidak berbeda nyata (tabel 6).

Tabel 5 Pengaruh Teknik Pengelolaan Air terhadap Pemakaian Air dan Hasil Padi

| Irigasi | Pemakaian air mm | | Anakan produktif | | Berat gabah kg ha ⁻¹ | |
|-------------------|------------------|-----------|------------------|----------|---------------------------------|----------|
| | MK 82 | MH 82/83 | MK 82 | MH 82/83 | MK 82 | MH 82/83 |
| Penggenangan 5 cm | 1461.52 a | 1130.38 a | 14.90 a | 17.29 a | 4 000 a | 7 150 a |
| Macak-macak | 305.86 b | 377.04 b | 14.90 a | 17.29 a | 4 000 a | 7 150 a |
| Gogo rancah | 413.56 a | 293.34 b | 15.80 a | 14.42 a | 4 970 a | 6 750 a |

Angka dalam kolom yang sama, berbeda nyata pada taraf 5% bila diikuti huruf yang berbeda

Sumber: Abas dan Sudrajat (1987)

Tabel 6. Pengaruh Teknik Pengelolaan Air terhadap Penggunaan Air, Pertumbuhan dan Hasil Padi

| Pengairan | MK 83 | MH 83/84 | MK 83 | MH 83/84 |
|-------------------|--|-----------------|---|-----------------|
| | <u>Penggunaan air (mm)</u> | | <u>Anakan produktif per rumpun</u> | |
| Penggenangan 5 cm | 1209.6 a | 1327.6 a | 15 a | 12 b |
| Macak-macak | 179.3 b | 258.1 c | 14 a | 14 b |
| Gogo rancah | 122.1 c | 536.2 b | 16 a | 16 a |
| | <u>Jerami kering ton per ha</u> | | <u>Gabah kering ton per hektar</u> | |
| Penggenangan 5 cm | 2.83 a | 3.26 b | 4.00 b | 3.60 b |
| Macak-macak | 2.63 a | 3.92 b | 3.64 b | 3.72 b |
| Gogo rancah | 3.38 a | 5.20 a | 4.97 a | 4.78 a |

Angka dalam kolom yang sama, berbeda nyata pada taraf 5% bila diikuti huruf yang berbeda

Sumber: Sudrajat dan Abas (1988)

MITIGASI EMISI GAS RUMAH KACA DENGAN PENGELOLAAN AIR

Emisi GRK dari tanah sawah ditentukan oleh laju produksi dan transportasi dalam hal ini difusi gas dari tanah ke atmosfer. Pada kegiatan budidaya padi sawah GRK CO₂ dihasilkan dari dekomposisi bahan organik secara aerobik serta respirasi tanaman. Emisi CH₄ dihasilkan dari dekomposisi bahan organik secara anaerob (Wang dan Adachi, 1999; Wang *et al.*, 1999; Kumaraswamy *et al.*, 2000). Emisi N₂O dari tanah melalui peristiwa denitrifikasi, nitrifikasi (Ishizuka *et al.*, 2002; Inubushi *et al.*, 2003) dan emisi yang dimediasi oleh tanaman (Chen *et al.*, 1999; Hou *et al.*, 2000).

Wang dan Adachi (1999) menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi produksi dan emisi metan dari tanah tergenang yaitu suhu, tipe tanah, varietas padi dan praktek pertanian yang diterapkan. Sementara hasil studi Wang *et al.* (1999) di China mengelompokkan kemampuan tanah sawah memproduksi metan berdasarkan redoks potensial dan kandungan bahan organik. Peningkatan emisi metan oleh inkorporasi jerami segar dibuktikan oleh Wihardjaka (2001) dan Rath *et al.* (1999). Terdapat hubungan yang erat antara kandungan CO₂ atmosfer dengan aktivitas metanogen. Bakteri metanogen mampu mempergunakan CO₂ atmosfer untuk memproduksi metan.

Hasil penelitian Wang dan Adachi (1999) menunjukkan peningkatan produksi metan oleh peningkatan konsentrasi CO₂ atmosfer (percobaan simulatif).

Padi sawah memegang peranan penting dalam pengaturan metan. Perilaku yang khas antar lapisan tanah dalam profil tanah sawah, menyebabkan produksi metan pada lapisan reduksi. Selama difusi metan ke atmosfer sebagian metan akan dioksidasi oleh bakteri metanotrof yang tumbuh pada lapisan oksidatif sehingga lahan sawah berperan sebagai 'source' sekaligus sebagai 'sink' (Wassmann and Aulakh, 2000; Kumaraswamy *et al.*, 2000).

Proses produksi gas rumah kaca tersebut dapat dikelola melalui pengelolaan air. Sebagai contoh emisi gas metan yang diproduksi melalui dekomposisi bahan organik secara anaerob. Metanisasi terjadi pada potensial redoks yang sangat rendah, dengan penggenangan yang terus menerus kondisi tersebut menstimulir suasana pembentukan metan.

Hal ini ditunjukkan oleh penelitian Husin (1994) di kebun percobaan Sukamandi pada tanah Aeric Tropaqualf. Emisi metan tertinggi terdapat pada perlakuan irigasi kontinu (tabel 7). Emisi metan pada perlakuan irigasi berselang dan macak-macak nyata lebih rendah dibanding pada irigasi kontinu, sedangkan terhadap hasil saling tidak berbeda nyata. Implikasi praktikalnya pengelolaan air dengan irigasi berselang dan macak-macak mampu mempertahankan produksi, menghemat air dan sekaligus menurunkan emisi metana (Husin, 1994).

Tabel 7. Pengaruh Teknik Pengelolaan Air terhadap Emisi Gas Metan dan Hasil Padi

| Pengairan | Fluks Metan mg m ⁻² jam ⁻¹ pada stadia | | | | Hasil Gabah (ton ha ⁻¹) |
|-------------------|--|-----------|-------------------|---------|-------------------------------------|
| | 1 – 3 MST | 4 – 6 MST | 7 MST - Pematusan | Musiman | |
| Irigasi kontinu | 23.35 a | 18.96 a | 12.56 a | 14.56 a | 5.73 |
| Irigasi berselang | 6.12 c | 12.64 b | 6.26 b | 6.75 b | 5.59 |
| Macak-macak | 15.84 b | 6.50 c | 0.47 c | 4.77 b | 5.23 |

Angka dalam kolom yang sama, berbeda nyata pada taraf 5% bila diikuti huruf yang berbeda

Sumber: Husin (1994)

Proses difusi gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 dan N_2O) mengikuti persamaan hukum Ficks dimana

$$J_g = -D_g^a \frac{\Delta C_g}{\Delta z}$$

J_g adalah banyaknya gas yang terdifusi,

ΔC_g adalah perbedaan konsentrasi gas,

Δz adalah perbedaan jarak,

$-D_g^a$ = koef difusi gas

$$= \zeta_g(a) D^w$$

$\zeta_g(a)$ = turtoisitas, $a = \emptyset - \theta$

$$= (\emptyset - \theta)^{10/3} : \emptyset^2$$

\emptyset = porositas

\emptyset = kadar air volumetrik

Dari persamaan tersebut, nampak jelas bahwa laju difusi gas sangat dipengaruhi oleh kandungan air tanah yang merupakan hasil pengelolaan air.

Tanah sawah yang senantiasa digenangi sedikit mengemisi N_2O , peluang emisi terjadi melalui oksidasi amonium oleh rizosfer menjadi nitrat yang segera tereduksi pada lapisan reduktif. Oksidasi reduksi berselang-seling yang terjadi pada tanah sawah menstimulir pembentukan N_2O , siklus tersebut biasanya terjadi pada penggenangan dan pengeringan berselang-seling. Pada saat pengeringan terjadi nitrifikasi, dan pada saat penggenangan kembali segera nitrat terdenitrifikasi. Periode tersebut senantiasa terjadi, misalnya selama pemupukan, menjelang panen.

Hal ini ditunjukkan oleh penelitian Suratno (1997) di kebun percobaan Darmaga pada tanah bertekstur liat dengan permeabilitas 0.86 cm jam^{-1} . Hasil penelitian menunjukkan bahwa fluks N_2O rata-rata berkisar antara -17.56 hingga $131.56 \mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$. Nilai fluks negatif menunjukkan adanya rosot (*sink*) pada tanah sawah. Selama fase reproduktif, perlakuan irigasi kontinu menghasilkan fluks N_2O rata-rata secara nyata lebih kecil dibanding teknik irigasi berselang, yaitu masing-masing sebesar 16.58 dan $26.34 \mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$. Implikasi praktis dari penelitian tersebut adalah bagaimana memperkecil peluang siklus oksidasi reduksi (Suratno *et al.*, 1998).

Dinamika emisi CH_4 dan N_2O secara simultan dengan pengelolaan air pada tanaman tebu dilaporkan oleh Weier (1999). Peningkatan kadar air hingga jenuh

meningkatkan emisi kedua gas rumah kaca tersebut. Namun pola ini tidak serta merta dapat diaplikasikan pada tanah sawah dengan karakter tanaman dan ekosistem yang berbeda.

Dari perilaku fluks gas rumah kaca tersebut didapat pola yang berbeda sebagai respon tindakan pengelolaan air pada padi sawah. Pada emisi metan, penggenangan terus menerus meningkatkan emisinya, sedangkan pada nitrous oksida penggenangan mampu menekan emisinya. Untuk itu perlu dicari kombinasinya model, agar pengelolaan air mampu mempertahankan hasil padi, mengefisienkan penggunaan air sekaligus langkah mitigasi emisi GRK.

KESIMPULAN

1. Pada ekosistem padi sawah secara ekologis menstimulir produksi gas rumah kaca CO₂, CH₄ dan N₂O.
2. Penggenangan terus menerus, menurunkan efisiensi penggunaan air dan menghasilkan emisi metan yang lebih tinggi dibanding perlakuan air maca-macak.
3. Penggenangan terus menerus, menurunkan efisiensi penggunaan air dan menghasilkan emisi nitrous oksida yang lebih rendah dibanding irigasi berselang.
4. Pengelolaan air yang tepat dapat mempertahankan tingkat produksi padi, meningkatkan efisiensi penggunaan air dan menurunkan emisi gas rumah kaca.

DAFTAR PUSTAKA

- Abas, A. 1985. Pengaruh Pengelolaan Air, Pengolahan Tanah an Dosis Pemupukan Nitrogen terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi Sawah. Pros. No. 1/Pen. Tanah/1980 (189-200).
- Abas, A. dan A. Abdurachman. 1986. Pengaruh Pengelolaan Air, Pengolahan Tanah dan Pemupukan terhadap Padi Sawah. Pros. No. 2/Pen. Tanah/1981 (277-295).
- Abas, A. dan Sudradjat. 1987. Pengaruh Cara Pengairan dan Pemupukan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah. Pros. No. 4/Pen. Tanah/1984 (487-505).
- Arsyad. S. 1989. Konservasi Tanah dan Air. IPB, Bogor.

- Chen, X., P. Boeckx, S. Shen, and O. Van Cleemput. 1999. Emission of N₂O from Rye Grass (*Lolium perenne* L.). *Biol. Fertil. Soils* 28:393-396.
- Curtin, D., H. Wang, F. Selles, B. G. McConkey, and C. A. Campbell. 2000. Tillage Effects on Carbon Fluxes in Continuous Wheat and Fallow-Wheat Rotation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:2080-2086.
- De Data, S. K. 1981. *Principles and Practices of Rice Production*. John Wiley & Sons. New York.
- Duxbury, J. M., and A. R. Mosier. 1997. Status and Issues Concerning Agricultural Emissions of Greenhouse Gases. *In* Kaiser, H. M., and T. E. Drennen. 1997. *Agricultural Dimensions of Global Climate Change*. CRC Press LLC.
- Greene, O., and J. E. Salt. 1997. Agricultural Emissions of Greenhouse Gases, Monitoring and Verification. *In* Kaiser, H. M., and T. E. Drennen. 1997. *Agricultural Dimensions of Global Climate Change*. CRC Press LLC.
- Greenland, D. J. 1985. Physical Aspects of Soil Management for Rice-based Cropping Systems. *In*: *Soil Physics and Rice*. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Hou, A. X., G. X. Chen, Z. P. Wang, O. Van Cleemput, and W. H. Patrick, Jr. 2000. Methane and Nitrous Oxide Emissions from a Rice Field in Relation to Soil redox and Microbiological Processes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:2180-2186.
- Husin, Y. A. 1994. *Methane Flux from Indonesian Wetland Rice: The Effects of Water Management and Rice Variety*. A Dissertation. Bogor Agricultural University.
- Inubushi, K., H. Sugii, I. Watanabe, and R. Wassmann. 2002. Evaluation of Methane Oxidation in Rice Plant-Soil System. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 64: 71-77.
- Inubushi, K., Y. Furukawa, A. Hadi, E. Purnomo, and H. Tsuruta. 2003. Seasonal Changes of CO₂, CH₄, and N₂O Fluxes in Relation to Land-use Change in Tropical Peatlands Located in Coastal Area of South Kalimantan. *Chemosphere* 52:603-608.
- Ishizuka, S., H. Tsuruta, and D. Murdiyarso. 2002. An Intensified Field Study on CO₂, CH₄, and N₂O Emissions from Soils at Four Land-use Types in Sumatra, Indonesia. *Global Biogeochemical Cycles* 16 (3): 22-1 – 22-11.
- Kumaraswamy, S., A. K. Rath, B. Ramakrishnan, and N. Sethunathan. 2000. Wetland Rice Soils as Sources and Sinks of Methane: A Review and Prospects for Research. *Biol Fertil Soils* 31:449-461.
- Murdiyarso, D. 2003. *Protokol Kyoto, Implikasinya bagi Negara Berkembang*. Kompas, Indonesia.

- Prihar, S. S., B. P. Ghildyal, D. K. Painuli, and H. S. Sur. 1985. Physical properties of mineral soils affecting rice-based cropping systems. *In: Soil Physics and Rice*. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Rath, A. K., S. R. Mohanty, S. Mishra, S. Kumaraswamy, B. Ramakrishnan, and N. Sethunathan. 1999. Methane Production in Unamanded and Rice-straw-amanded Soil at Different Moisture Levels. *Biol Fertil Soils* 28:145-149.
- Sudradjat dan A. Abas. 1988. Pengaruh Cara Pengairan dan Pemupukan terhadap Efisiensi Penggunaan Air dan Hasil Padi di Sukamandi. *Pros. No. 6/Pen. Tanah/1986* (395-404).
- Suratno, W., D. Murdiyarso, F. G. Suratmo, I. Anas, M. S. Saeni, and A. Rambe. 1998. Nitrous Oxide Flux from Irrigated Rice Fields in West Java. *Environmental Pollution* 102, S1:159-166.
- Sharma, P. K. and S. K. De Datta. 1985. Effects of Puddling on Soil Physical Properties and Processes. *In: Soil Physics and Rice*. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Situmorang, R. Dan U. Sudadi. 2001. Tanah Sawah. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.
- Soemarwoto, O. 1991. Indonesia Dalam Kancah Isu Lingkungan Global. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sys, C. 1985. Evaluation of The Physical Environment for Rice Cultivation. *In: Soil Physics and Rice*. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Wang, B. and K. Adachi. 1999. Methane Production in a Flooded Soil in Response to Elevated Atmospheric Carbon Dioxide Concentrations. *Biol Fertil Soils* 29:218-220.
- Wang, B., Y. Xu, Z. Wang, Z. Li, Y. Ding, and Y. Guo. 1999. Methane Production Potentials of Twenty-eight Rice Soils in China. *Biol Fertil Soils* 29:74-80.
- Wassmann, R., and M. S. Aulakh. 2000. The Role of Rice Plants in Regulating Mechanisms of Methane Missions. *Biol Fertil Soils* 31:20-29.
- Weier, K. L. 1999. N₂O and CH₄ Emission and CH₄ Consumption In A Sugarcane Soil After Variation In Nitrogen And Water Aplication. *Soil Biol. Biochem* 31:1931-1941.
- Wihardjaka, A. 2001. Emisi Gas Metan di Tanah Sawah Irigasi dengan Pemberian Beberapa Bahan Organik. *Agrivita* vol. 23, No.1:43-51.