

## TINJAUAN PUSTAKA

### Produksi dan Emisi CO<sub>2</sub> Lahan Sawah

Lahan pertanian bukan hanya menghasilkan barang dan jasa yang dapat langsung dinilai harganya berdasarkan harga pasar, tetapi juga memberikan jasa lingkungan yang belum ada mekanisme pasarnya. Jenis barang dan jasa yang disebut pertama dikenal dengan istilah nilai guna langsung, sedangkan yang kedua atau jasa lingkungan dikenal dengan istilah nilai guna tidak langsung. Nilai guna langsung lahan pertanian, sebagai contoh adalah komoditas yang dihasilkannya seperti padi dan palawija, buah-buahan, kayu, penyerapan tenaga kerja, dan lainnya. Nilai guna tidak langsung lahan pertanian adalah terkait dengan fungsi ekologi seperti sebagai pemasok sumber air tanah, pengendali banjir dan erosi, mitigasi suhu udara, sumber emisi oksigen (O<sub>2</sub>), penyerap karbon (CO<sub>2</sub>), dan lainnya. Fungsi ekologi lahan pertanian belakangan ini sering disebut dengan multifungsi pertanian, terutama dikaitkan dengan dampak positif keberadaan lahan pertanian terhadap lingkungan. Mengingat nilai guna langsung lahan pertanian merupakan barang ekonomi yang bersifat privat, sedangkan nilai guna tidak langsung atau manfaat multifungsi lahan pertanian merupakan barang ekonomi yang bersifat umum (public goods), maka nilai ekonomi lahan pertanian harus dihitung berdasarkan mekanisme pasar dan non-pasar. Valuasi ekonomi dengan pendekatan nilai ekonomi total merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk maksud tersebut. Tulisan ini menyajikan hasil tinjauan atas beberapa hasil penelitian terkait dengan multifungsi pertanian, nilai ekonomi total, dan valuasi ekonomi lahan pertanian (Hadi, 2001).

## Jerami Segar

Adapun diketahui proses pembentukan CO<sub>2</sub> dari jerami adalah pada saat pembakaran jerami serta pada saat jerami diaplikasikan di lahan sawah pada kondisi aerob. Namun walaupun seperti demikian para petani masih saja menggunakan jerami karena jerami di sinyalir memiliki kandungan hara C, S, N, P dan K yang cukup tinggi..

Salah satu alternatif pengelolaan lahan adalah pengolahan tanah, penurunan intensitas pengolahan tanah diharapkan menurunkan emisi CO<sub>2</sub>. Pengolahan tanah mempercepat oksidasi bahan organik melalui peningkatan aerasi yang memacu respirasi mikroba, meningkatkan kontak antara tanah dengan residu sehingga mempercepat dekomposisi bahan organik yang semula terproteksi oleh agregat (Curtin *et al.*, 2000). Besarnya emisi CO<sub>2</sub> dari tanah dipengaruhi oleh tekstur tanah, tingkat kesuburan dan rotasi tanaman. Pada tanah sawah emisi CO<sub>2</sub> 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 aerenchyma. Semakin tinggi akumulasi biomasa di atas tanah meningkat pula kemampuan respirasi dan daya oksidasi akar (Murdiyarso dan Husin, 1994).

Adapun yang dinamakan dengan Bahan organik jerami segar yaitu jerami padi yang telah selesai di panen, selanjutnya langsung ditanami padi. Pemberian jerami sisa panen yang masih segar ke tanah sawah yang harus segera ditanami padi akan menyebabkan tanaman padi menguning karena terjadi persaingan unsur hara antara organisme (Murdiyarso dan Husin, 1994).

Bahan organik yang mudah terdekomposisi merupakan bahan baku utama bagi bakteri metanogenik dalam membentuk  $\text{CO}_2$  di lahan sawah. Neue (1984), menghitung total emisi  $\text{CO}_2$  dari lahan sawah dari total biomassa kalau dikembalikan ke dalam tanah. Dengan asumsi rata-rata 15% jerami, 50% gulma tanah dan seluruh akar tanaman ditambah biomassa akuatik (algae dan gulma); jumlah yang dikembalikan itu setiap tahun (kurang lebih setara 390 juta  $\text{t}^{-1}$  biomassa atau setara 156 juta  $\text{t}^{-1}$  karbon), dan 30% karbon yang dikembalikan tersebut diubah menjadi  $\text{CO}_2$ .

### **Kompos Jerami**

Kompos jerami adalah sisa panen tanaman padi sawah yang telah dikomposkan dengan menggunakan mikrobia perombak. Bahan yang digunakan adalah jerami padi atau sisa-sisa tanaman, larutan mikroba perombak bahan organik (dekomposer) M-Dec, dan air untuk menyiram timbunan kompos.

Dari 1 ton jerami padi dapat diperoleh  $\frac{1}{2}$  ton sampai  $\frac{2}{3}$  ton kompos. Dengan demikian jika kita ingin membuat 1 ton kompos, maka bahan baku jerami yang disiapkan sekitar 1,5 – 2 ton jerami. Kandungan beberapa unsur hara untuk 1 ton kompos jerami padi adalah : unsur makro Nitrogen (N) 2,11 %, Fosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 0,64%, Kalium ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 7,7%, Kalsium (Ca) 4,2%, serta unsur mikro Magnesium (Mg) 0,5%, Cu 20 ppm, Mn 684 ppm dan Zn 144 ppm. (Anonymous, 2009).

## **Tanah Sawah**

Tanah yang baik untuk pertumbuhan padi adalah tanah sawah yang kandungan fraksi pasir, debu dan lempung dalam perbandingan tertentu dengan diperlukan air dalam jumlah yang cukup. Padi dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang ketebalan lapisan atasnya 18-22 cm dengan pH 4,0 – 7,0 (<http://warintek.bantul.go.id>., 2008).

Tidak semua jenis tanah cocok untuk areal persawahan. Hal ini dikarenakan tidak semua jenis tanah dapat dijadikan lahan tergenang air. Padahal dalam sistem tanah sawah, lahan harus tetap tergenang air agar kebutuhan air tanaman padi tercukupi sepanjang musim tanam. Oleh karena itu, jenis tanah yang sulit menahan air (tanah dengan kandungan pasir tinggi) kurang cocok dijadikan lahan persawahan. Sebaliknya, tanah yang sulit dilewati air (tanah dengan kandungan lempung tinggi) cocok dijadikan lahan persawahan. Kondisi yang baik untuk pertumbuhan tanaman padi sangat ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu posisi topografi yang berkaitan dengan kondisi hidrologi, porositas tanah yang rendah dan tingkat keasaman tanah yang netral, sumber air alam, serta kanopinas modifikasi sistem alam oleh kegiatan manusia (Setyanto, 2004).

Padi sawah menghendaki tanah lumpur yang subur dengan ketebalan 18 - 22 cm. Keasaman tanah antara pH 4,0-7,0. Pada padi sawah, penggenangan akan mengubah pH tanam menjadi netral (7,0). Pada prinsipnya tanah berkapur dengan pH 8,1-8,2 tidak merusak tanaman padi. Karena mengalami penggenangan, tanah sawah memiliki lapisan reduksi yang tidak mengandung oksigen dan pH tanah sawah biasanya mendekati netral. Untuk mendapatkan tanah sawah yang

memenuhi syarat diperlukan pengolahan tanah yang khusus (<http://www.ristek.go.id>, 2008).

## **Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Emisi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)**

### **1. Potensi reduksi-oksidasi (redoks) tanah**

Potensial redoks (Eh) menunjukkan status reaksi oksidasi dan reduksi oksidan-oksidan tanah sebagai penyedia oksigen dalam tanah. Aktifitas bakteri metanogen dan metanotrof sangat tergantung dengan ketersediaan oksigen dalam kondisi tanah jenuh air.

Berkaitan dengan kondisi reduktif, produksi CO<sub>2</sub> terjadi pada kisaran nilai Eh -150 mV (Hou et al., 2000) dan bergerak sampai di bawah -300 mV (Minamikawa et al., 2006) karena bakteri metanotrof sebagai penghasil CO<sub>2</sub> bekerja optimal pada nilai Eh kurang dari -150 mV (Setiyanto, 2004). Produksi CO<sub>2</sub> tertinggi pada kisaran Eh -200 mV (Minamikawa and Sakai, 2005), dan menurut Husin (1994) laju emisi CO<sub>2</sub> tertinggi pada nilai Eh tersebut untuk berbagai perlakuan pengelolaan air berbeda-beda. Kisaran laju emisi CO<sub>2</sub> maksimum dan macak-macam berturut-turut 45, 20 dan 30 mg m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>. Pada perubahan kadar air tanah dari kondisi jenuh dan tidak jenuh Eh bergerak antara +600 dan -300 mV (Li et al., 2005).

### **2. pH tanah**

Sifat reaksi tanah yang dinyatakan dengan pH didasarkan pada jumlah ion H<sup>+</sup> atau OH<sup>-</sup> dalam larutan tanah. Sebagian besar bakteri metanotrof bersifat netrofilik, yaitu hidup pada kisaran pH antar 6 sampai 8 (Setiyanto, 2004). Pembentukan CO<sub>2</sub> maksimum terjadi pada pH 6,9 hingga 7,1 (wang, 1993),

sedangkan waktu yang dibutuhkan pada tiap jenis tanah berbeda. Pada tanah sawah di daerah tropis dimana suhu tanah berkisar 25-30°C, pembentukan CO<sub>2</sub> dan NO terjadi paling cepat pada tanah alkali dan berkapur, yaitu beberapa jam hingga beberapa hari setelah penggenangan. Pada tanah netral setelah 2-3 minggu setelah penggenangan, sedangkan tanah masam setelah 5 minggu atau lebih (Neue, 1993).

### **3. Suhu Tanah**

Suhu tanah berkaitan erat dengan aktifitas mikroba di dalam tanah. Sebagian besar bakteri metanotrof bersifat mesofolik yang beraktifitas optimal pada suhu 30-40c (Vogels et al., 1988). Suhu tanah pada lapisan atas yaitu pada kedalaman antara 1 dan 10 cm berkaitan erat dengan laju emisi karbondioksida (Holzapfel pschorn and seiler, 1986). Sedangkan pada kedalaman 15cm tidak memberikan pengaruh yang signifikan.

Perubahan suhu akan mempengaruhi produksi karbon pada tanah sawah. Pada kondisi tersedia cukup substrat, peningkatan suhu dari 17oC ke 30oC menyebabkan peningkatan produksi karbon 2,5 sampai 3,5 kali lipat.

### **4. Varietas Padi**

Tanaman padi bertindak sebagai media bagi pelepasan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari dalam tanah ke atmosfer, melalui pembuluh aerenkimia daun, batang dan akar padi. Selanjutnya CO<sub>2</sub> akan dilepas melalui pori-pori mikro pada pelepah daun bagian bawah. Varietas padi mempunyai bentuk, kerapatan dan jumlah pembuluh aerenkimia yang berbeda.

Biomass akar dan tanaman juga berpengaruh terhadap emisi karbondioksida terutama pada stadium awal. Pada fase awal pertumbuhan tanaman padi banyak eksudat akar yang dilepas ke rizosfir sebagai hasil samping metabolisme karbon oleh tanaman (Setyanto, 2004).

## **5. Bahan Organik Tanah**

Bahan organik tanah memberikan sumbangan terhadap kesuburan pertumbuhan tanaman baik secara fisik, kimia dan biologis. Bahan organik merupakan penyedia unsur-unsur N, P dan S untuk tanaman. Ketersediaan substrat organik mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam tanah karena bertindak sebagai sumber energi. Secara fisik berperan dalam memperbaiki struktur tanah.

Sumber bahan organik yang ditambahkan sangat menentukan pembentukan karbondioksida di lahan sawah. Penelitian wihardjaka (2001) dengan menggunakan beberapa jenis bahan organik memberikan hasil bahwa emisi karbondioksida terbesar didapat dari penambahan pupuk kandang, diikuti berturut-turut jerami segar, kompos dan tanpa bahan organik. Berkaitan dengan bahan organik tanah, potensial redoks (Eh) tanah akan rendah jika tersedia karbon organik tanah dalam jumlah yang cukup dan memungkinkan terbentuknya CO<sub>2</sub> (Lestari, 2006).

## **Teknik Budidaya Tanaman Padi Sawah**

### **Teknik Konvensional**

Sistem pertanian konvensional merupakan suatu sistem budidaya pertanian yang mempraktikkan kegiatan dan prosedur pertaniannya berdasarkan penggunaan pupuk dan pestisida kimiawi yang dilakukan secara berkala. Sistem pertanian konvensional dengan praktik revolusi hijau telah diakui banyak membawa kerugian bagi lingkungan hidup, maupun sosial ekonomi petani sendiri (Anonimus, 2003).

Ketergantungan petani akan keberadaan benih, pupuk anorganik serta pestisida kimiawi menyebabkan kehidupan petani sebagai produsen utama bahan makanan pokok tidak pernah bertambah baik. Sementara itu harga pupuk anorganik semakin lama semakin mahal, sedangkan harga hasil panen dari petani tidak pernah bertambah baik (Anonimus, 2003).

Di sisi lain kondisi lahan pertanian menjadi rusak akibat penerapan secara terus menerus berbagai pupuk anorganik ditambah dengan berbagai pestisida kimia telah merusak kondisi tanah baik secara fisik, kimia ataupun biologinya, yang akhirnya kondisi ini menyebabkan biaya produksi semakin tinggi (Anonimus, 2003).

### **Teknik Budidaya SRI (*The System Of Rice Intensification*)**

Meotode SRI adalah sistem intensifikasi padi yang membuat sinergis tiga faktor pertumbuhan padi untuk mencapai produktivitas maksimal. Ketiga faktor tersebut adalah maksimalisasi jumlah anakan, maksimalisasi pertumbuhan akar,



dan maksimalisasi pertumbuhan dengan pemberian suplai makanan, air, dan oksigen yang cukup pada tanaman padi (Uphoff, 2003).

Keuntungan penerapan metode SRI : (a) hasil panen yang lebih tinggi peningkatan 50-200% dengan hasil 4-8 ton/ha bahkan ada sampai 10 ton/ha. (b) lebih hemat air, penghematan air sampai dengan 50% dengan produktivitas yang lebih tinggi per volume air. (c) perbaikan mutu tanah dan pemakaian pupuk yang lebih efisien baik organik maupun an organik. (d) kebutuhan benih yang lebih sedikit, 5-10 kg/ha benih yang dipakai atau 5-10 kali lipat lebih sedikit dari jumlah yang biasa dipakai ini membuat pemakaian benih unggul dan benih hibrida jauh lebih murah dari para petani. (e) kebutuhan atas input yang di beri lebih sedikit air, pupuk, benih dan pestisida. (f) mutu benih yang lebih bagus memungkinkan peningkatan hasil jenis padi tradisional yang dibudidayakan tanpa masukan pupuk kimia dan hasilnya dapat dijual dengan harga yang lebih mahal, ketersediaan benih unggul dari pembiakan lebih cepat karena jauh lebih banyak benih dapat dihasilkan oleh satu tanaman saja. (g) keuntungan bagi lingkungan hidup sebagai dampak berkurangnya kebutuhan atas air dan berkurangnya pemakaian pupuk kimia atau pestisida atau tidak menggunakannya sama sekali (Uphoff , 2003).

Banyak metode budidaya padi telah diterapkan di Indonesia, yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas padi beririgasi dengan perubahan pola pengelolaan tanaman, tanah, air, dan nutrisi. Budidaya tanaman padi sawah selain menggunakan metoda konvensional dapat juga dilakukan dengan metode SRI (*System of Rice intensification*). Budidaya padi Sri pertama kali dikembangkan oleh Fr.Henri de Lauline SJ. Di Madagaskar pada awal tahun 1980

mulai dikembangkan di Indonesia pada tahun 1999. ciri umum dari metode SRI yaitu pemberian air irigasi secara terputus atau intermitten, hanya saja jika metode konvensional tinggi muka airnya 3-5 cm. Ciri-ciri umum yang lain dari metode SRI adalah penggunaan bibit muda, yaitu 10 hari setelah semai, dan penanaman 1 bibit per lubang tanam (Hadi, 2001).

Tanah sawah yang tidak tergenang (lembab) menyebabkan sistem perakaran dapat berkembang secara maksimal karena tanah sawah pada kondisi tersebut mampu menyediakan oksigen dalam jumlah yang cukup untuk proses respirasi. Perkembangan akar yang maksimal adalah kunci penyerapan hara, sedangkan penyerapan hara maksimal adalah kunci pertumbuhan tanaman, baik vegetatif (anakan) maupun generatif (gabah) yang akhirnya bersinergis meningkatkan produksi tanaman padi. Pada sawah yang tergenang, tanaman padi membutuhkan sejumlah besar energi untuk pembentukan dan aktivitas sel aerenchym untuk memasok oksigen, akibatnya energi berkurang untuk pertumbuhan anakan tanaman, sehingga jumlah anakan menjadi sedikit bila dibandingkan dengan kondisi air yang tidak tergenang (Sunadi, 2008).

### **Kadar Air Tanah**

Beberapa faktor yang mempengaruhi Kadar air dalam tanah antara lain anasir iklim, kandungan bahan organik, fraksi lempung tanah, topografi, dan adanya bahan penutup tanah baik organik maupun anorganik (Walker *and* Paul, 2002). Tanah dengan kandungan bahan organik tinggi mempunyai kapasitas penyangga yang rendah apabila basah. Kemampuan tanah untuk menyimpan air salah satunya air hujan menentukan juga spesies apa yang tumbuh. Kadar air

merupakan salah satu sifat fisika tanah untuk mengetahui kemampuan penyerapan air dan ketersediaan hara pada setiap jenis tanaman (Anonimus, 2007).

Adapun kadar air tanah sering disebut sebagai kandungan air (*moisture*) yang terdapat dalam pori tanah. Satuan untuk menyatakan kadar air tanah dapat berupa persen berat atau persen volume. Berkaitan dengan istilah air dalam tanah, secara umum dikenal 3 jenis, yaitu (a) lengas tanah (*soil moisture*) adalah air dalam bentuk campuran gas (uap air) dan cairan; (b) air tanah (*soil water*) yaitu air dalam bentuk cair dalam tanah, sampai lapisan kedap air, (c) air tanah dalam (*ground water*) yaitu lapisan air tanah kontiniu yang berada ditanah bagian dalam. (Sutanto, 1998).

Ketersedian air tanah atau lengas tanah memungkinkan tanaman menfiksasi  $\text{CO}_2$  melalui proses fotosintesis pada berbagai layer semakin meningkat. Rangkaian proses tersebut akhirnya fungsi sebagai sink  $\text{CO}_2$  dapat dicapai sehingga perannya terhadap pengurangan emisi karbondioksida pada atmosfer menjadi nyata yang selanjutnya akan menurunkan laju pemanasan atmosfer. (Anonimus, 2007)

Manfaat mengetahui kandungan air tanah dalam bidang pertanian adalah air berperan sangat penting dalam proses genesa tanah. Kelangsungan hidup tanaman dan renik tanah. Setiap reaksi kimia dan fisika yang terjadi di dalam tanah hampir selalu melibatkan air sebagai pelarut garam-garam mineral. Senyawa asam dan basa, serta ion-ion dan gugus-gugus organik maupun anorganik. Manfaat lain dari perhitungan kadar air ini dalam bidang pertanian antara lain, pengetahuan kadar air tanah digunakan untuk menduga kebutuhan air

untuk persawahan, menduga kebutuhan air selama proses irigasi dan mengetahui kemampuan suatu jenis tanah mengenai daya simpan lengas atau airnya. Hal ini juga digunakan dalam perhitungan nilai perbandingan dispersi (NPD). Selain itu digunakan untuk mengetahui daya tahan tanah terhadap erosi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar lengas adalah pengaruh temperatur terhadap sifat-sifat tanah lebih kecil dibandingkan curah hujan (lengas), karena sebagian energi digunakan untuk evaporasi dan transpirasi. Iklim merupakan faktor yang mempengaruhi kadar air tanah. Curah hujan dan temperatur merupakan anasir iklim yang berpengaruh pada kandungan kadar lengas tanah. Faktor topografi berpengaruh pada kandungan lengas tanah dalam mempercepat kehilangan air atau sebaliknya, yaitu mengawetkannya (Anonimus, 2007).

### **Pengukuran Fluks Emisi CO<sub>2</sub> di Lapangan**

Pengukuran fluks emisi CO<sub>2</sub> di lapangan dilaksanakan dengan metode sungkup statik yang terbuat dari polycarbonat yang berukuran 50cm x 50cm x 100cm yang dilengkapi dengan termometer untuk mengukur suhu di dalam sungkup, jarum suntik untuk mengambil sampel gas dari dalam sungkup, serta fan kecil untuk mempertahankan agar udara di dalam sungkup homogen.

Fluks emisi CO<sub>2</sub> pada fase vegetatif Sampel gas diambil dua minggu sekali sebanyak 3 kali pengambilan setiap selang 10 menit. Dilakukan pada pagi hari antara pukul 07.00 – 09.00 selama masa tanam. Karena pada saat itu akar tanaman akan menghasilkan gas CO<sub>2</sub> dalam jumlah yang besar. Fluks emisi pada pukul 07.00 – 09.00 merupakan fluks rata-rata. Saat pengukuran fluks emisi CO<sub>2</sub>

di letakkan di atas permukaan tanah atau di bawah permukaan air. dalam kondisi tanpa genangan. Pengambilan sampel gas dari dalam sungkup dilakukan dengan jarum suntik ukuran 10ml selama 10 menit sebanyak 3 kali dengan selang waktu 5 menit pada tiap perlakuan setelah sungkup dipasangkan. Untuk menghindari kebocoran, segera setelah pengambilan sampel gas jarum suntik ditutup dengan sumbat karet. Setelah pengambilan sampel gas selesai dilakukan, sungkup segera dipindahkan.

Penutupan tanaman dengan sungkup akan meningkatkan suhu di dalam sungkup. Dengan demikian pada setiap pengambilan sampel gas, suhu di dalam sungkup dan ketinggian efektif sungkup dicatat. Penetapan konsentrasi gas CO<sub>2</sub> dilakukan dengan menggunakan peralatan gas kromatografi, dengan mengirimkan sampel gas ke laboratorium GRK. Untuk Menghindari kebocoran sampel gas pada jarum suntik yang dikirimkan, setiap jarum suntik dibungkus dengan kertas aluminium foil dan disimpan di dalam wadah yang tidak terpengaruh udara luar.

Penelitian ini menggunakan metode sungkup pada lahan sawah, Pengambilan sampel gas dari dalam sungkup dilakukan 40 hari setelah tanam yaitu dengan jarum suntik ukuran 10ml selama 10 menit sebanyak 3 kali dengan selang waktu 5 menit pada tiap perlakuan setelah sungkup dipasangkan dan diambil 2 minggu sekali. pengambilan sampel gas dari dalam sungkup dilakukan sampai vase vegetatif. Tiap petak perlakuan dilakukan 3 ulangan sehingga untuk setiap perlakuan diperoleh 9 sampel gas dalam jarum suntik. Total sampel gas yang diambil (3 perlakuan )sehingga dalam satu petak utama diperoleh 27 sampel maka total sampel seluruhnya sebanyak 108 sampel dalam dua kali pengambilan.