

KONTRIBUSI HUTAN SEBAGAI ROSOT KARBONDIOKSIDA (*Contribution of Forest as Carbondioxide Sink**)

Oleh/By :

Ahmad Junaedi¹⁾

Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat Kuok

Jl. Raya Bangkinang-Kuok Km. 9 Bangkinang 28401 Kotak Pos 4/BKN – Riau Telp. (0762) 7000121, Fax. (0762) 7000122

¹⁾azoon_17@yahoo.com

*) Diterima : 15 Mei 2007; Disetujui : 18 Desember 2007

ABSTRACT

Carbondioxide (CO₂) is one of primary green house gases, because it has increasing emission rate, long time resident at atmosphere, and emission source coming from industry sectors that were difficult to decrease. According to research results that were done in several plantation forests, through photosynthetic process forests contributed to sequester huge amount of CO₂ in the atmosphere. The CO₂ sequestrations potential of Eucalyptus grandis, Acacia mangium, Shorea sp., and Tectona grandis are 31.948 ton/CO₂/ha; 30.100 ton/CO₂/ha; 18.640 ton/CO₂/ha, and 5.800 ton/CO₂/ha respectively. With that contribution, sustainable forest could keep CO₂ concentrate in the atmosphere at stable level. Because of that, the natural disaster that was related with green house effect and climate change phenomena could be prevented.

Key words: Green house gases (GHG), carbondioxide (CO₂), emission, photosynthetic

ABSTRAK

Karbendioksida (CO₂) dianggap sebagai gas rumah kaca (GRK) utama karena memiliki laju pertumbuhan emisi yang tinggi, waktu tinggal di atmosfer yang lama, dan tingginya emisi yang berasal dari sektor industri. Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan pada beberapa jenis hutan tanaman, hutan berperan menyerap CO₂ dalam jumlah yang besar. Potensi CO₂ yang mampu diserap oleh hutan tanaman dari jenis *Eucalyptus grandis*, *Acacia mangium*, meranti, dan jati berturut-turut adalah 31,948 ton/CO₂/ha; 30,100 ton/CO₂/ha; 18,640 ton/CO₂/ha; dan 5,800 ton/CO₂/ha. Dengan peran tersebut, adanya kondisi hutan yang terjaga akan mampu menjaga konsentrasi CO₂ di atmosfer tetap stabil. Hal ini berarti pula beberapa bencana alam yang sering dihubungkan dengan fenomena gas rumah kaca dan perubahan iklim global akan dapat dicegah.

Kata kunci : Gas rumah kaca (GRK), karbondioksida (CO₂), emisi, fotosintetis

I. PENDAHULUAN

Karbendioksida (CO₂) merupakan salah satu gas rumah kaca (GRK) yang diyakini memberi andil yang paling besar terhadap peningkatan rata-rata suhu udara di dunia. Selain CO₂ terdapat gas rumah kaca lainnya di antaranya adalah gas metana (CH₄), nitros oksida (N₂O), dan uap air (H₂O). Sebenarnya dalam kondisi normal (\pm 300 ppm) tanpa ada campur tangan manusia, CO₂ berperan menjadi regulator neraca energi bumi-atmosfer sehingga mampu sebagai stabilator suhu udara. Gas ini bersama gas rumah kaca lainnya mampu menjaga suhu udara agar

tetap berada dalam kisaran yang nyaman bagi kehidupan (siang tidak terlalu panas dan malam tidak terlalu dingin). Tanpa adanya GRK suhu atmosfer bawah (troposfer) akan menjadi 34°C lebih rendah seperti yang dialami saat ini (Murdiyarto, 2003). Namun fungsi ini akan mulai terdegradasi ketika konsentrasinya di atmosfer telah berubah (meningkat) secara signifikan dari normalnya.

Secara alami, melalui proses metabolismenya yaitu fotosintesis, tumbuhan diberi kemampuan untuk mengkonsumsi CO₂ di atmosfer dan merubahnya menjadi bentuk energi (gugus gula) yang bermanfaat bagi kehidupan. Sebagian besar ener-

gi ini disimpan oleh tumbuhan dalam bentuk biomassa. JIPRO (2000) dalam Heriansyah dan Mindawati (2005) mengasumsikan bahwa sekitar 50% dari biomassa merupakan karbon yang tersimpan pada tumbuhan. Dengan persentase sebesar ini biomassa pada tumbuhan adalah karbon yang tersimpan merupakan salah jenis karbon *terrestrial*.

Dalam perkembangannya, melalui proses tertentu yang salah satunya melalui pembakaran karbon yang tersimpan akan kembali menjadi karbon atmosfer dalam bentuk gas karbondioksida (CO_2). Proses ini disebut juga sebagai emisi karbon. Sumber emisi karbon berasal dari pembakaran hutan dan konsumsi bahan bakar fosil (BBF). Kegiatan alih fungsi hutan ke peruntukan lain telah menyumbang emisi CO_2 dengan jumlah yang signifikan. Begitu pula dengan konsumsi BBF yang terjadi sejak revolusi industri pada pertengahan tahun 1880-an telah menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) terutama CO_2 secara tajam.

Hutan merupakan salah satu ekosistem yang ada di biosfer dengan komposisi tumbuhan yang relatif dominan. Secara otomatis dengan komposisi seperti ini hutan menjadi salah satu ekosistem yang paling dominan dalam mengkonsumsi CO_2 . Dengan demikian hutan mempunyai kontribusi penting sebagai penyerap CO_2 atau dikenal sebagai rosot (*sink*) karbon. Adanya kontribusi tersebut menyebabkan pengurusan hutan dan kehutanan menjadi salah satu sektor yang menjadi titik perhatian penting dalam setiap kajian mengenai karbondioksida.

II. KARBONDIOKSIDA (CO_2) SEBAGAI GAS RUMAH KACA

Sebagai salah satu GRK, karakteristik khas CO_2 adalah tidak mampu ditembus oleh gelombang *terrestrial*/gelombang panjang/*long wave radiation* (LWR) yang berasal dari permukaan bumi. Bersama uap air CO_2 menyerap lebih dari

90% LWR dari bumi (Trewartha and Lyle, 1995). Namun, CO_2 masih bisa dilalui radiasi gelombang pendek (spektrum panjang gelombang 0,3-4 μm) dari matahari. Gelombang panjang merupakan gelombang yang diradiasikan oleh benda hitam (benda dengan suhu di atas 273 K) dengan kisaran spektrum panjang gelombang 4-120 μm (Santosa, 2002).

CO_2 di atmosfer seolah-olah berperan sebagai perangkap LWR. Semakin besar jumlah CO_2 (karbon atmosfer) maka akan semakin banyak LWR yang terperangkap. Fenomena ini akan diikuti oleh peningkatan proporsi gelombang termal (energi panas) yang dapat diserap oleh partikel-partikel atmosfer. Peningkatan tersebut selanjutnya akan meningkatkan suhu (derajat panas) yang merupakan ekspresi dari energi kinetik (gerak) partikel-partikel atmosfer.

Selain CO_2 ada beberapa jenis gas lainnya yang merupakan GRK yaitu metana (CH_4), nitros oksida (NO_2), uap air (H_2O), dan ozon (O_3). Masing-masing dari GRK tersebut memiliki kemampuan berbeda dalam menyerap spektrum LWR. CO_2 mampu menyerap LWR pada kisaran spektrum panjang gelombang 7 μm ke atas, CH_4 dan NO_2 pada panjang gelombang 3-7 μm , dan H_2O menyerap panjang gelombang 3-20 μm (Santosa, 2002).

Masing-masing dari gas tersebut akan turut menentukan perilaku pemanasan udara, akan tetapi CO_2 dianggap sebagai GRK utama dan sebagai GRK yang paling berperan dalam meningkatkan suhu udara. Hal ini disebabkan karena beberapa pertimbangan, antara lain adalah :

A. Tingginya Laju Pertumbuhan (Peningkatan Emisi) CO_2

Ada kecenderungan terjadi peningkatan emisi CO_2 yang cukup tinggi dari tahun ke tahun. Gribbin (1980) dalam Santosa (2002) melaporkan bahwa jumlah CO_2 yang diemisikan pada tahun 1860 masih di bawah 2.000 metrik ton, meningkat agak pelan sampai tahun 1940 yaitu sekitar 6.000 metrik ton dan setelah

itu meningkat dengan sangat tajam khususnya setelah tahun 1960; dan pada tahun 1970 sudah mencapai 20.000 metrik ton. Di Indonesia berdasarkan studi yang dilakukan ALGAS, pada tahun 1990 CO₂ menempati kontribusi teratas dalam emisi GRK yaitu sekitar 438.609,64 Ggram kemudian diikuti CH₄ dan N₂O (Tabel 1).

Tabel (Table) 1. Emisi GRK di Indonesia tahun 1990 (*The GHG emission of Indonesia in 1990*)

Gas (Gases)	Ekivalen emisi CO ₂ (Gg) (CO ₂ emission equivalent)	Persentase emisi (%) (Emission percentage)
CO ₂	438.609,64	59,1
CH ₄	142.042,81	19,1
N ₂ O	31.113,21	4,2
Gas lainnya	130.809,21	17,6
Total	724.575,26	100

Sumber (Source) : ALGAS National Workshop (1997) dalam Santosa (2002)

Murdiyarso (2003) melaporkan bahwa dibandingkan gas GRK lainnya dalam dekade terakhir ini emisi CO₂ telah meningkat lebih dari dua kali lipat dari 1.400 juta ton/tahun menjadi 2.900 juta ton/tahun. Sedangkan dalam dekade yang sama emisi CH₄ dan N₂O justru mengalami penurunan. Emisi CH₄ turun dari 37 juta ton/tahun menjadi 22 juta ton/tahun, sementara emisi N₂O turun sedikit dari 3,9 juta ton/tahun menjadi 3,8 juta ton/tahun.

B. Lamanya Waktu Tinggal/Masa Hidup (*Life Time*) CO₂ di Atmosfer

Masing-masing GRK mempunyai karakteristik yang berbeda, salah satunya diekspresikan oleh perbedaan masa hidup di atmosfer (Tabel 2). Dibandingkan GRK lainnya CO₂ yang dapat tinggal di atmosfer pada kisaran waktu relatif lebih lama yaitu sekitar 5-200 tahun. Akibatnya, akan terjadi akumulasi CO₂ dalam jumlah yang besar. Sementara dampak pemanasan udaranya pun akan tetap dirasakan dalam jangka waktu puluhan bahkan ratusan tahun meskipun telah ada upaya untuk menghentikan emisinya (Murdiyarso, 2003).

C. Sumber Emisi

Dibandingkan dengan sumber emisi GRK lainnya, sumber emisi CO₂ berasal dari sektor-sektor yang sulit dibendung laju pertumbuhan emisi karbonnya. CO₂ yang berasal dari pembakaran biomassa sebagian besar dihasilkan dari sektor kehutanan melalui kegiatan alih fungsi tata guna lahan untuk berbagai keperluan. Kegiatan ini diprediksikan akan terus menunjukkan kecenderungan yang terus meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Sedangkan CO₂ yang berasal dari pembakaran BBF dihasilkan dari konsumsi energi oleh sektor industri, transportasi, dan rumah tangga yang erat kaitannya dengan kegiatan pembangunan. Anggapan selama ini menunjukkan bahwa pengurangan konsumsi BBF yang berarti penurunan emisi CO₂ dianggap akan menurunkan kinerja pembangunan sehingga beberapa pihak (negara) enggan untuk melaksanakannya.

Tabel (Table) 2. Karakteristik gas rumah kaca (GRK) utama (*The characteristics of primary GHG*)

Karakteristik (<i>Characteristics</i>)	Gas rumah kaca (<i>Green house gases</i>)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Konsentrasi pada pra-industri	290 ppmv	700 ppbv	275 ppbv
Konsentrasi pada tahun 1992	355 ppmv	1714 ppbv	311 ppbv
Konsentrasi pada tahun 1998	360 ppmv	1745 ppbv	314 ppbv
Laju pertumbuhan per tahun	1,5 ppmv	7 ppbv	0,8 ppbv
Persen pertumbuhan per tahun	0,4	0,8	0,3
Masa hidup (tahun)	5-200	12-17	114
Kemampuan memperkuat radiasi	1	21	206

Keterangan (*Remarks*) : ppmv = *part per million by volume*; ppbv = *part per billion by volume*

Sumber (*Source*) : Murdiyarso (2003)

III. HUTAN SEBAGAI ROSOT KARBONDIOKSIDA (CO₂)

A. Interaksi Antara Hutan dengan Karbondioksida

Interaksi penting antara hutan dengan CO₂ adalah melalui fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan yang ada di dalamnya. Melalui proses ini, secara alami hutan akan mengkonsumsi CO₂ yang selanjutnya dengan pasokan energi *photosynthetic atmospheric radiation* (PAR) dari matahari akan dikonversi menjadi gugus gula dan oksigen (O₂). Salah satu dari gugus gula tersebut adalah karbohidrat yang proporsinya banyak disimpan dan diakumulasikan oleh tumbuhan sebagai biomassa. Dengan persentase karbon sekitar 50% (JIPRO, 2000) biomassa tumbuhan adalah karbon yang tersimpan merupakan salah satu jenis karbon terrestrial. Selain itu oksigen pun menjadi produk penting dari fotosintesis karena merupakan gas sangat esensial yang dibutuhkan bagi respirasi makhluk hidup.

Hutan yang luas dengan jumlah vegetasi yang melimpah akan menyebabkan akumulasi penyerapan karbon yang sangat besar. Akan tetapi dengan adanya laju degradasi hutan yang tinggi sampai saat ini serapan karbondioksida telah mengalami penurunan. Hutan yang kian terdegradasi lambat laun akan kehilangan fungsinya sebagai penyerap karbon. Bahkan akan menjadi sumber karbondioksida jika dalam proses degradasinya terjadi akibat pembakaran. Adanya pembakaran telah mengkonversi karbon tersimpan (karbohidrat) menjadi bentuk karbondioksida yang diemisikan.

B. Potensi Serapan Karbon oleh Beberapa Hutan Tanaman

Beberapa peneliti telah melakukan kajian terhadap potensi serapan CO₂ oleh tanaman hutan. Berdasarkan hasil kajian tersebut maka diperoleh potensi serapan hutannya sebagai berikut:

1. Potensi Serapan CO₂ oleh Hutan Tanaman *E. grandis*

Penelitian Retnowati (1998) pada *E. grandis* di Tapanuli Utara menunjukkan bahwa sampai umur tanaman 4 tahun, rata-rata serapan CO₂-nya adalah sekitar 31,948 ton CO₂/ha/tahun (Tabel 3). Dengan demikian jika terdapat hutan tanaman *E. grandis* dengan luasan 100.000 ha, sampai umur tanaman 4 tahun potensi serapan CO₂-nya adalah sekitar 3,195 Mton/tahun.

Tabel (Table) 3. Potensi serapan karbondioksida oleh *Eucalyptus grandis* di Tapanuli Utara (*Potency of CO₂ sink by Eucalyptus grandis at North Tapanuli*)

Umur (Age)	Potensi serapan karbondioksida (<i>Potency of CO₂ sink</i>)	
	P _{tan} (kg CO ₂ /tanaman/tahun)	P _{SH} (ton CO ₂ /ha/tahun)*
2	18,21	20,23
3	29,348	32,605
4	38,711	43,007
Rata-rata (Average)	28,756	31,948

Keterangan (*Remarks*):

* : Jarak tanam 3 m x 3 m (*at 3 m x 3 m population density*)

P_{tan}: Potensi serapan per tanaman (*Sequestration potency per plant*)

P_{SH}: Potensi serapan per hektar (*Sequestration potency per hectare*)

Sumber (*Source*) : Retnowati (1998) telah dimodifikasi (*modified*)

2. Potensi Serapan CO₂ oleh Hutan Tanaman Kelompok Meranti (*Shorea sp.*)

Heriansyah dan Mindawati (2005) melaporkan bahwa ada variasi potensi CO₂ yang diserap oleh tujuh jenis meranti yang diteliti di Hutan Penelitian Harubentes. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa dari ketujuh jenis tersebut potensi rata-rata serapan CO₂-nya adalah sekitar 18,640 ton CO₂/ha/tahun (Tabel 4). Dengan nilai serapan tersebut, jika terdapat hutan tanaman meranti dengan luasan 100.000 ha maka potensi serapan CO₂-nya adalah sekitar 1,864 Mton/ tahun.

Tabel (Table) 4. Potensi serapan karbon dioksida oleh meranti di Haurbentes (*Potency of CO₂ sink by Shorea at Haurbentes*)

No.	Jenis (<i>species</i>)	P _{tan} (kgCO ₂ /tan./th) (kgCO ₂ /pl./yr.)	P _{SH} (tonCO ₂ /ha/th) (tonCO ₂ /ha/yr.)*
1.	<i>S. leprosula</i> Miq.	55,128	22,051
2.	<i>S. palembanica</i> Miq.	35,365	14,146
3.	<i>S. pinanga</i> Scheff	28,967	11,587
4.	<i>S. selanica</i> Blume	40,462	16,185
5.	<i>S. seminis</i> (de Viese) Sloot.	71,317	28,527
6.	<i>S. stenoptera</i> Burck.	72,178	28,871
7.	<i>S. stenoptera</i> form. Ard.	20,405	8,162
Rata-rata (<i>Average</i>)		46,260	18,640

Keterangan (*Remarks*) : * = Asumsi jarak tanam 5 m x 5 m (*at 5 m x 5 m plant spacing*)

Sumber (*Source*) : Heriansyah dan Mindawati (2005) telah dimodifikasi (*modified*)

2. Potensi Serapan CO₂ oleh Hutan Tanaman *Acacia mangium*

Ginoga *et al.* (2003) melaporkan bahwa pada umur delapan tahun, jumlah CO₂ yang dapat diserap oleh *A. mangium* adalah sekitar 240,800 ton CO₂/ha, atau rata-rata serapan per tahunnya adalah sekitar 30,100 ton CO₂/ha. Dengan demikian, pada luasan hutan tanaman *A. mangium* 100.000 ha sampai umur tanaman delapan tahun potensi serapan CO₂-nya adalah sekitar 3,010 Mton/tahun.

3. Potensi Serapan CO₂ oleh Hutan Tanaman Jati (*Tectona grandis*)

Potensi serapan karbon oleh tanaman jati dilaporkan oleh Ginoga *et al.* (2005). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Saradan Jawa Timur dilaporkan bahwa sampai umur tanaman 60 tahun, tanaman jati mampu menyerap CO₂ sekitar 348,080 ton/ha. Dengan nilai serapan tersebut potensi serapan tiap tahunnya adalah sekitar 5,800 ton/ha. Berdasarkan hasil tersebut maka pada luasan hutan tanaman jati 100.000 ha, sampai umur tanaman 60 tahun potensi CO₂ yang dapat diserap adalah sekitar 0,580 Mton/tahun.

Adanya variasi besaran potensi CO₂ yang dapat diserap pada masing-masing jenis hutan tanaman tersebut disebabkan karena beberapa faktor. Adapun faktor-faktor tersebut antara lain adalah jenis tanaman, kondisi tapak, dan kerapatan tanaman (populasi). Pada jenis tanaman

cepat tumbuh (*fast growing*) seperti pada jenis *Eucalyptus* sp. dan *Acacia* sp. dengan jarak tanam yang lebih rapat potensi serapan karbonnya akan cenderung lebih tinggi dibandingkan jenis tanaman hutan lainnya seperti jenis meranti atau jati.

C. Arti Penting Serapan Karbon-dioksida oleh Hutan

Hutan merupakan masyarakat tumbuhan yang dianggap paling besar sampai saat ini. Adanya kemampuan alami tumbuhan untuk menyerap (rosot) karbon-dioksida melalui proses fotosintesis menyebabkan hutan memiliki peran yang sangat vital dalam menyerap karbondioksida pada skala jumlah yang besar. Hal ini terjadi karena di dalam hutan terjadi proses akumulasi penyerapan CO₂ secara kolektif oleh tumbuhan. Meicer (2000) dalam Ginoga *et al.* (2004) menyatakan bahwa dari total emisi 7,2 giga ton CO₂/tahun, jumlah CO₂ yang dapat diserap hutan adalah sekitar 2 giga ton CO₂/tahun.

Dengan adanya kemampuan tersebut hutan memiliki peran penting untuk menjaga kestabilan konsentrasi CO₂ di atmosfer. Hal ini berarti hutan mampu menjaga kondisi iklim bumi ada pada *level* yang nyaman bagi kehidupan. Dengan demikian maka adanya luasan hutan yang terjaga akan mampu mencegah berbagai kerusakan alam yang sering dihubungkan dengan fenomena *green house effect* dan *climate change*. Beberapa fenomena

tersebut antara lain adalah penurunan luasan daratan dan kepunahan beberapa pulau; tidak teraturnya pola musim; semakin tingginya frekuensi serta intensitas badai dan El Nino; menurunnya *biodiversity*; meningkatnya jumlah dan intensitas penularan penyakit; rawan pangan akibat kekeringan dan gagal panen; dan lain-lain.

Dengan peranan tersebut selayaknya hutan dijaga kelestariaanya. Akan tetapi, kenyataannya keberadaan hutan semakin terancam akibat tingginya laju degradasi. Studi kasus di Indonesia, berdasarkan laporan Baplan (2003) dalam Ditjen RLPS (2004) laju degradasi hutan di Indonesia ada pada kisaran 1,6-2,5 juta ha/tahun. Kenyataan ini menyebabkan jumlah CO₂ yang diserap hutan Indonesia akan terus menurun. FWI (2001) dalam Meiviana *et al.* (2004) melaporkan bahwa dalam kurun waktu empat tahun dari tahun 1990 sampai tahun 1994 telah terjadi penurunan serapan CO₂ oleh hutan di Indonesia sebesar 1.096 Mton CO₂.

Mengingat pentingnya peran hutan sebagai penyerap CO₂, selain tetap menjaga kelestarian hutan yang ada juga diperlukan upaya untuk merehabilitasi hutan yang telah terdegradasi. Hal ini perlu dilakukan untuk meningkatkan kembali serapan CO₂ oleh hutan sehingga konsentrasi CO₂ di atmosfer dapat kembali stabil. Hal ini berarti pengaruh negatif dari efek rumah kaca dan perubahan iklim global dapat dikurangi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hutan mampu menyerap gas karbon-dioksida (CO₂) di atmosfer dalam skala yang besar. Di dalam hutan terjadi proses akumulasi penyerapan CO₂ yang dilakukan secara kolektif oleh vegetasi yang ada di dalamnya. Proses tersebut berlangsung secara alami melalui fotosintesis. Adanya kemampuan tersebut menyebabkan hutan mempunyai kontribusi penting

untuk menjaga konsentrasi CO₂ pada konsentrasi yang stabil.

B. Saran

Perlu dilakukan upaya menjaga kelestarian hutan yang ada dan merehabilitasi hutan yang terdegradasi untuk mengurangi pengaruh negatif yang diakibatkan oleh tingginya emisi CO₂. Jika upaya tersebut tidak dilaksanakan maka kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh semakin buruknya iklim global akan terus berlangsung dengan tingkat kerusakan yang semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ditjen RLPS. 2004. Kebijakan dan Kelembagaan GNRHL. Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian Balai Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman Indonesia Bagian Timur, tanggal 24 Desember 2003 di Banjarbaru. Hal. 1-7. Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Yogyakarta.
- Ginoga, K., Yuliana C.W., dan Deden D. 2003. Peranan Karbon dalam Peningkatan Nilai Ekonomi Hutan Tanaman *A. mangium* di Sumatera Selatan. *Jurnal Sosial Ekonomi Kehutanan* 4(1): 47-66. Pusat Litbang Sosial Budaya dan Ekonomi Kehutanan. Bogor.
- _____. 2005. Karbon dan Peranannya dalam Meningkatkan Kelayakan Usaha Hutan Tanaman Jati di KPH Saradan, Jawa Timur. *Jurnal Sosial Ekonomi Kehutanan* 2(2): 149-167. Pusat Litbang Sosial Budaya dan Ekonomi Kehutanan. Bogor.
- Ginoga, K., Luliana C.W., Mega L., Deden D., dan Nunung P. 2004. Kajian Kebijakan Mekanisme Pembangunan Bersih di Indonesia. *Jurnal Sosial Ekonomi Kehutanan* 1 (1): 1-17. Pusat Litbang Sosial Budaya dan Ekonomi Kehutanan. Bogor.
- Heriansyah, I. dan Nina M. 2005. Potensi Hutan Tanaman Marga *Shorea*

- dalam Menjerap CO₂ Melalui Pendugaan Biomassa di Hutan Penelitian Haurbentes. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 2 (2): 105-111. Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Meiviana, A., Diah R.S., dan Moekti H.S. 2004. Bumi Makin Panas Ancaman Perubahan Iklim di Indonesia. Kantor Lingkungan Hidup, JICA, dan Pelangi. [www. Pelangi.or.id/publikasi/2007/bumi.makin-panas.pdf](http://www.Pelangi.or.id/publikasi/2007/bumi.makin-panas.pdf). Diakses tanggal 13 April 2007.
- Murdiyarso, D. 2003. Sepuluh Tahun Perjalanan Konvensi Perubahan Iklim. Kompas. Jakarta.
- Retnowati, E. 1998. Kontribusi Hutan Tamanan *Eucalyptus grandis* Maiden Sebagai Rosot Karbon di Tapanuli Utara. *Buletin Penelitian Hutan* 611:1-9. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Santosa, I. 2002. Gas Rumah Kaca : Perilaku, Dampak dan Pengendaliannya. Bahan Mata Kuliah Iklim dan Lingkungan. Jurusan Geofisika dan Meteorologi, FMIPA-IPB. Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Therwartha, G.T. dan Lyle H.H. 1995. Pengantar Iklim. Edisi ke-5 (Indonesia). Terjemahan Sri Ardani. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.