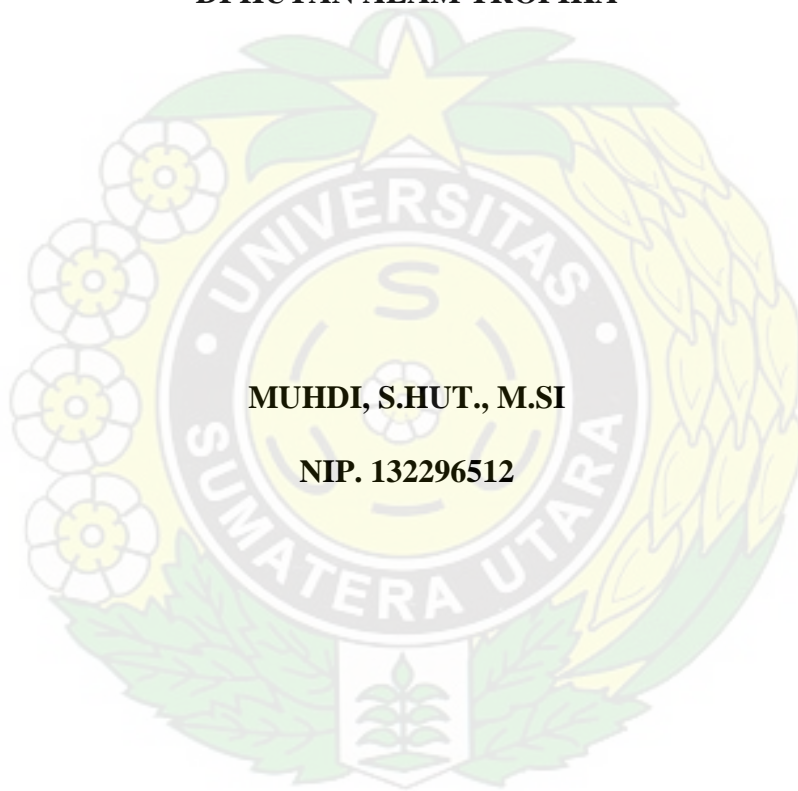


**MODEL SIMULASI KANDUNGAN KARBON AKIBAT PEMANENAN KAYU
DI HUTAN ALAM TROPIKA**



MUHDI, S.HUT., M.SI

NIP. 132296512

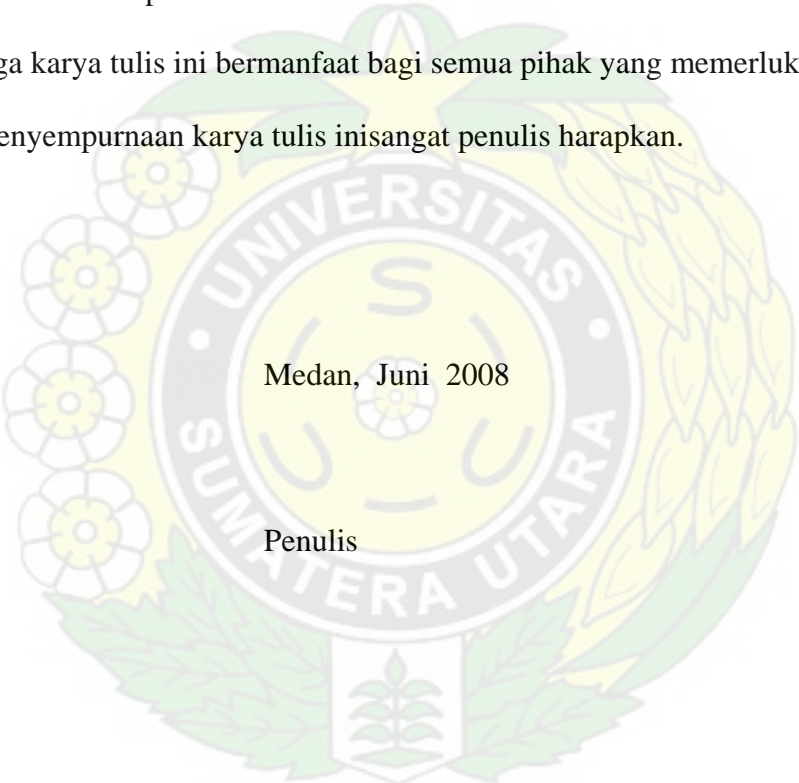
**DEPARTEMEN KEHUTANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SUMATRA UTARA**

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah, kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini.

Karya tulis ini berjudul : Model Simulasi Kandungan Karbon Akibat Pemanenan Kayu di Hutan Alam Tropika.

Semoga karya tulis ini bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan. Kritik dan saran untuk penyempurnaan karya tulis ini sangat penulis harapkan.



Medan, Juni 2008

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
PENDAHULUAN	1
FORMULASI MODEL KONSEPTUAL	2
SPEKIFIKASI MODEL KUANTITATIF	5
EVALUASI MODEL	8
PENGGUNAAN MODEL.....	9
KESIMPULAN	11
DAFTAR PUSTAKA	



PENDAHULUAN

Hutan alam merupakan agen penting dalam mengurangi perubahan iklim global. Perubahan iklim global akibat naiknya konsentrasi gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 , N_2O , MFC_s) ke lapisan atmosfer merupakan salah satu isu penting yang mendapat sorotan dunia saat ini. Diantara beberapa gas rumah kaca tersebut, CO_2 memiliki jumlah yang paling berlimpah. Ekosistem hutan memainkan peranan penting dalam mengurangi perubahan iklim. Peran sektor kehutanan, khususnya hutan tropis dalam menekan efek kenaikan konsentrasi gas rumah kaca (CO_2) adalah melalui penyerapan karbon dalam bentuk akumulasi biomassa. Biomassa vegetasi hutan berisi cadangan karbon yang sangat besar yang dapat menjaga dan memberikan keseimbangan siklus karbon di muka bumi (Elias, 2002). Selain berfungsi sebagai penyerap karbon, hutan juga sebagai sumber emisi karbon melalui proses respirasi.

Kegiatan pemanenan kayu dan perlakuan silvikultur di hutan alam tropis dapat menimbulkan perubahan terhadap ekosistem hutan yang cukup besar. Dampak dari kegiatan pemanenan kayu di hutan alam, antara lain mengakibatkan kerusakan vegetasi hutan (tegakan tinggal dan tumbuhan bawah) dan kerusakan tanah. Hasil makalah (Davis, 2000; Elias, 2006; Keong, *et.al*, 2006; Muhdi *et al*, 2006; Ramos, *et. al*, 2006; Butler, 2007) menyimpulkan bahwa dampak dari kegiatan pemanenan kayu dengan sistem TPTI mengakibatkan kerusakan tegakan tinggal sebesar 25 - 45% dan keterbukaan areal sebesar 20 - 35%.

Kegiatan pemanenan kayu berperan dalam menurunkan cadangan karbon di atas permukaan tanah minimal 50%. Di hutan tropis Asia penurunan cadangan karbon akibat aktifitas pemanenan kayu berkisar antara 22 - 67% (Lasco, 2002; Butler 2007).

Penyimpanan karbon pada vegetasi hutan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu diantaranya iklim, topografi, karakteristik lahan, komposisi dan jenis tanaman dan perbedaan siklus pertumbuhan tanaman. Sedangkan Proses pelepasan cadangan karbon ke atmosfer dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya intensitas pemanenan hutan serta proses dekomposisi (Rusolono, 2006; Junaedi 2007).

Tujuan studi ini adalah untuk memberikan gambaran potensi cadangan karbon vegetasi hutan alam dan pengaruh pemanenan terhadap dinamika karbon di hutan alam produksi.

FORMULASI MODEL KONSEPTUAL

Penentuan Tujuan Model

Tujuan penyusunan model ini adalah untuk memberikan gambaran potensi cadangan karbon vegetasi hutan alam dan pengaruh pemanenan terhadap dinamika karbon di hutan alam produksi.

Pembatasan Model

Batasan-batasan yang digunakan dalam penyusunan model ini adalah :

- a) Tegakan adalah vegetasi yang berada dalam hutan alam produksi Hutan alam tropika, Kalimantan Barat
- b) Data dan informasi atau peubah dari model yang digunakan dihitung berdasarkan luasan areal hutan alam produksi di areal Hutan alam tropika, Kalimantan Barat.

Kategorisasi Komponen-komponen dalam Sistem

Setiap komponen yang masuk dalam ruang lingkup sistem dikategorisasikan ke dalam berbagai kategori sesuai dengan karakter dan fungsinya sebagai berikut :

- a. *State variable*, meliputi : Tegakan, Atmosfer, Serasah dan Tanah
- b. *Auxiliary variable*, meliputi : Suhu global, KHS, Fe suhu respirasi, Fe suhu fotosintesis dan kadar maks CO₂
- c. *Material Transfer*, meliputi : Respirasi, Fotosintesis, Aliran permukaan, Pemanenan kayu, Guguran Bahan Organik, Akar tegakan, Fotosintesis, Respirasi Tegakan, Dekomposisi Serasah, Respirasi Tanah, Tambahan dari Luar
- d. *Driving variable*, meliputi : Kadar CO₂ atm, Kadar CO₂ min.

Pengidentifikasi Hubungan Antar Komponen

Jumlah carbon dalam tegakan dipengaruhi oleh proses fotosintesis dan respirasi dari tegakan yang akan mempengaruhi jumlah CO₂ bebas di atmosfer. Hubungan timbal balik ini merupakan proses pengikatan dan pelepasan karbon bebas di atmosfer menjadi karbon terikat oleh tegakan. Proses fotosintesis ini dipengaruhi oleh kadar CO₂ dan suhu global di atmosfer. Tegakan menggunakan energi cahaya dan menggunakannya untuk memecah molekul air dan menggabungkannya dengan karbondioksida untuk dijadikan karbohidrat. Jumlah karbon dalam tegakan juga dipengaruhi oleh besarnya pemanenan kayu dan akan mempengaruhi jumlah karbon serasah sebagai akibat adanya tegakan yang mati dan jumlah karbon di dalam tanah berupa akar tegakan.

Jumlah karbon serasah akan tercuci oleh adanya proses aliran permukaan. Dekomposisi serasah oleh mikroorganisme akan mengubah jumlah karbon di dalam tanah karena adanya dekomposisi. Proses respirasi pada serasah juga akan melepas karbon terikat menjadi karbon bebas (CO₂) ke atmosfer. Proses respirasi ini dipengaruhi oleh suhu udara.

Jumlah karbon di dalam tanah selain dipengaruhi jumlah karbon dalam tegakan dan serasah. Proses respirasi tanah yang dipengaruhi oleh suhu akan melepas karbon terikat menjadi karbon bebas (CO₂) ke atmosfer.

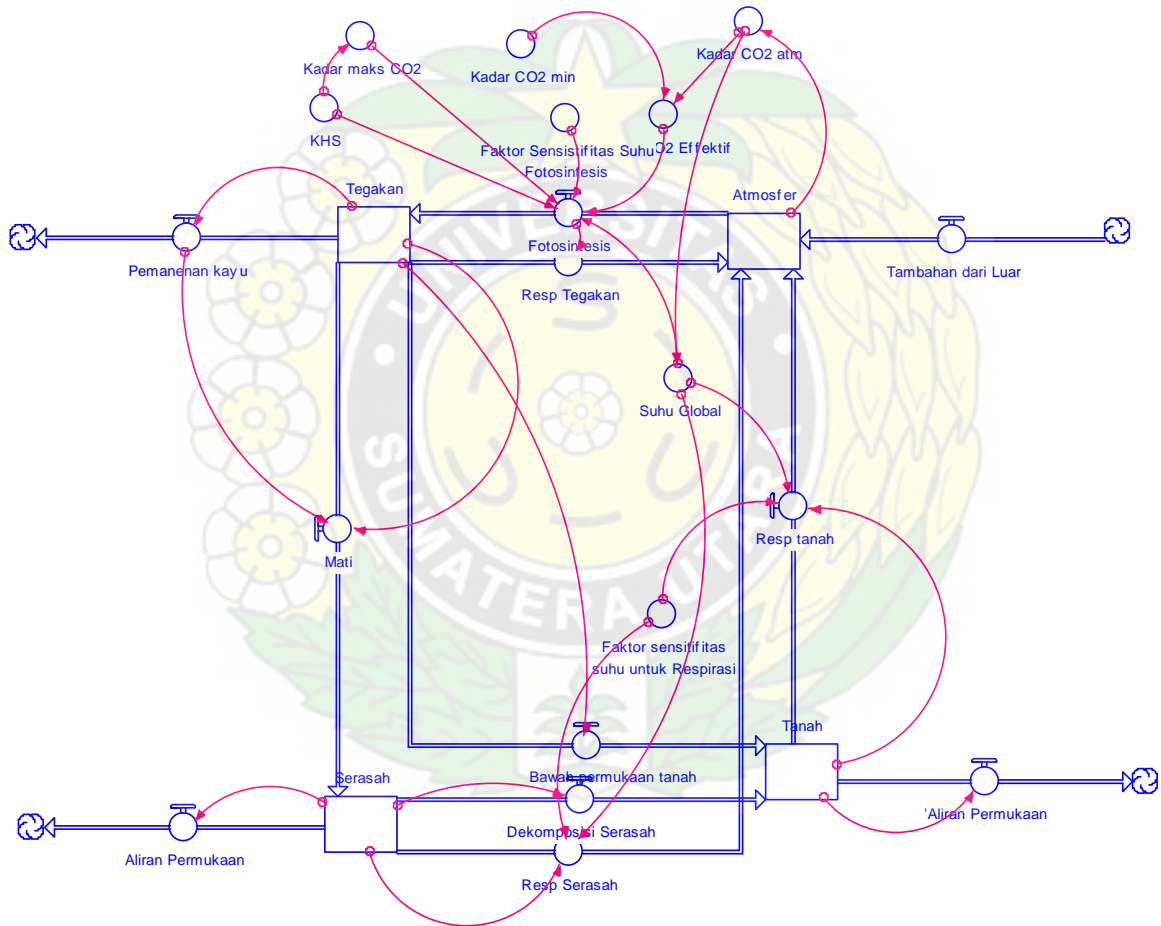
Jumlah karbon di atmosfer dipengaruhi oleh besarnya fotosintesis dan respirasi dari tegakan, respirasi serasah dan respirasi tanah. Jumlah karbon di atmosfer dalam bentuk karbon bebas ini juga dipengaruhi oleh tambahan dari luar sistem, yakni kebakaran hutan, letusan gunung, dan sebagainya.

Mempresentasikan Model Konseptual

Model aliran karbon ini digunakan untuk menggambarkan perubahan jumlah karbon terikat di dalam tegakan, serasah dan tanah serta yang bebas di atmosfer di areal Hutan alam tropika, Kalimantan Barat. Model initeri dari dari *State variable*, meliputi : tegakan, atmosfer, serasah dan tanah.

Aliran materi dari model ini dimulai dengan adanya proses fotosintesis dan respirasi tegakan dengan adanya aliran yang timbal balik ini akan mempengaruhi jumlah karbon di

dalam tegakan dan di atmosfer. Aliran yang masuk dalam tegakan adalah fotosintesis dan aliran keluar adalah bila ada guguran bahan organik karena mati dan proses pemanenan kayu. Aliran materi juga akan mempengaruhi aliran materi pada serasah, dimana aliran masuk berupa guguran bahan organik dari tegakan dan aliran keluar berupa aliran permukaan dan respirasi serasah. Aliran masuk pada jumlah karbon pada tanah adalah akar tegakan dan bahan organik di dalam tanah serta dari serasah adapun aliran keluar berupa respirasi tanah. Model potensi karbon di hutan alam produksi ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Model potensi karbon di hutan alam produksi.

SPESIFIKASI MODEL KUANTITATIF

a. Memilih struktur kuantitatif umum untuk model

Struktur kuantitatif umum dari model dinamik potensi karbon di hutan alam produksi dalam format struktur model berdasarkan waktu.

b. Memilih unit waktu dasar untuk simulasi.

Satuan dasar yang digunakan dalam model dinamik potensi karbon di hutan alam produksi berupa tahun.

c. Mengidentifikasi bentuk-bentuk fungsional dari persamaan model.

1. Jumlah karbon dalam tegakan

Jumlah karbon dalam tegakan akan ditentukan oleh besarnya fotosintesis, respirasi, pemanenan kayu dan tegakan yang mati serta di bawah permukaan tanah. Jumlah karbon pada tahun ke-t adalah :

$$\rightarrow \text{Tegakan}(t) = \text{Tegakan}(t - dt) + (\text{Fotosintesis} - \text{Resp_Tegakan} - \text{Mati} - \text{Bawah_permukaan_tanah} - \text{Pemanenan_kayu}) * dt$$

Adapun persamaan dari besarnya fotosintesis, respirasi, pemanenan kayu, dan tegakan yang mati serta di bawah permukaan tanah adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Fotosintesis} &= (\text{Kadar_maks_CO2} * (\text{Kadar_CO2_Efektif} / (\text{Kadar_CO2_Efektif} + \text{KHS}))) * (1 + (\text{Faktor_Sensistifitas_Suhu_Fotosintesis} * \text{Suhu_Global})) \\ \rightarrow \text{Mati} &= \text{Tegakan} * (9.5 / \text{INIT}(\text{Tegakan})) + (\text{Pemanenan_kayu} * (30 / 100)) \\ \rightarrow \text{Resp_Tegakan} &= \text{Fotosintesis} * (50 / 100) \\ \rightarrow \text{Pemanenan_kayu} &= \text{IF}(\text{Tegakan} > 22.9) \text{ THEN Tegakan ELSE } 0 \\ \rightarrow \text{Bawah_permukaan_tanah} &= \text{Tegakan} * \text{DT} \end{aligned}$$

2. Jumlah karbon serasah

Jumlah karbon di dalam serasah dipengaruhi oleh jumlah tegakan mati yang jatuh ke lantai hutan dikurangi tercucinya karbon aliran permukaan, dekomposisi menjadi tanah dan respirasi serasah. Jumlah karbon pada tahun ke-1 adalah :

$$\rightarrow \text{Serasah}(t) = \text{Serasah}(t - dt) + (\text{Mati} - \text{Resp_Serasah} - \text{Dekomposisi_Serasah} - \text{Aliran_Permukaan}) * dt$$

Adapun persamaan karbon dalam tegakan yang mati, aliran permukaan, dekomposisi dan respirasi adalah sebagai berikut :

$$\rightarrow \text{Resp_Serasah} =$$

$$\text{Serasah} * (1.8 / \text{INIT}(\text{Serasah})) * (1 + (\text{Faktor_sensitifitas_suhu_untuk_Respirasi} * \text{Suhu_Global}))$$

$$\rightarrow \text{Mati} = \text{Tegakan} * (9.5 / \text{INIT}(\text{Tegakan})) + (\text{Pemanenan_kayu} * (30 / 100))$$

$$\rightarrow \text{Dekomposisi_Serasah} = \text{Serasah} * (0.3 / 6.9)$$

$$\rightarrow \text{Aliran_Permukaan} = \text{Serasah} * (0.6 / \text{INIT}(\text{Serasah}))$$

3. Jumlah karbon di dalam tanah

Jumlah karbon di dalam tanah ditentukan oleh jumlah dekomposisi serasah, akar tegakan di dalam tanah, dikurangi oleh aliran permukaan dan respirasi tanah. Jumlah karbon pada tahun ke-1 adalah sebagai berikut :

$$\rightarrow \text{Tanah}(t) = \text{Tanah}(t - dt) + (\text{Bawah_permukaan_tanah} + \text{Dekomposisi_Serasah} - \text{Resp_tanah} - \text{Aliran_Permukaan}) * dt$$

Adapun faktor yang mempengaruhi kandungan karbon di tanah ditentukan oleh persamaan sebagai berikut :

$$\rightarrow \text{Resp_tanah} =$$

$$\text{Tanah} * (28.4 / \text{INIT}(\text{Tanah})) * (1 + (\text{Faktor_sensitifitas_suhu_untuk_Respirasi} * \text{Suhu_Global}))$$

$$\rightarrow \text{Bawah_permukaan_tanah} = \text{Tegakan} * DT$$

$$\rightarrow \text{Dekomposisi_Serasah} = \text{Serasah} * (0.3 / 6.9)$$

$$\rightarrow \text{Aliran_Permukaan} = \text{Tanah} * (0.3 / \text{INIT}(\text{Tanah}))$$

4. Jumlah karbon di atmosfer

Jumlah karbon di atmosfer dipengaruhi oleh fotosintesis tegakan, respirasi tegakan, respirasi serasah, respirasi tanah dan tambahan dari luar. Adapun jumlah kandungan karbon di atmosfer pada tahun ke-1 adalah sebagai berikut :

$$\rightarrow \text{Atmosfer}(t) = \text{Atmosfer}(t - dt) + (\text{Resp_Tegakan} + \text{Resp_Serasah} + \text{Resp_tanah} + \text{Tambahan_dari_Luar} - \text{Fotosintesis}) * dt$$

Adapun persamaan dari faktor-faktor yang mempengaruhi adalah sebagai berikut:

- $\text{Resp_Tegakan} = \text{Fotosintesis} * (50/100)$
- $\text{Resp_tanah} =$
 $\text{Tanah} * (28.4 / \text{INIT}(\text{Tanah})) * (1 + (\text{Faktor_sensitifitas_suhu_untuk_Respirasi} * \text{Suhu_Global}))$
- $\text{Fotosintesis} =$
 $(\text{Kadar_maks_CO2} * (\text{Kadar_CO2_Efektif} / (\text{Kadar_CO2_Efektif} + \text{KHS}))) * (1 + (\text{Faktor_Sensistifitas_Suhu_Fotosintesis} * \text{Suhu_Global}))$
- $\text{Resp_Serasah} =$
 $\text{Serasah} * (1.8 / \text{INIT}(\text{Serasah})) * (1 + (\text{Faktor_sensitifitas_suhu_untuk_Respirasi} * \text{Suhu_Global}))$

Dimana :

- $\text{Kadar_CO2_atm} = \text{Atmosfer} * (10.5/21.5)$
- $\text{Kadar_CO2_Efektif} = \text{Kadar_CO2_atm} - \text{Kadar_CO2_min}$
- $\text{Kadar_maks_CO2} = ((\text{KHS} + 9.5) * 3.8/9.5)$
- $\text{Suhu_Global} = (\text{Kadar_CO2_atm} - 10.5) * 0.1$

Stock :

- $\text{INIT Tegakan} = 22.9$ {juta ton C/ha, Junaedi, 2007}
- $\text{INIT Serasah} = 6.9$ {juta ton C/ha, Onrizal, 2004}
- $\text{INIT Tanah} = 48.5$ {juta ton C/ha, Murdiarso dan Baharsjah, 2001}
- $\text{INIT Atmosfer} = 21.5$ {ppm, dimodifikasi dari Giffort, 1991}

Converter :

- $\text{Faktor_Sensistifitas_Suhu_Fotosintesis} = 0.04$
- $\text{Faktor_sensitifitas_suhu_untuk_Respirasi} = 0.10$
- $\text{Kadar_CO2_min} = 1.5$ { ppm, dimodifikasi dari Giffort, 1991}
- $\text{KHS} = 2.5$ { ppm, modifikasi dari Giffort, 1991}

Keterangan :

t = waktu (tahun)

dt = selang waktu (1 tahun)

EVALUASI MODEL

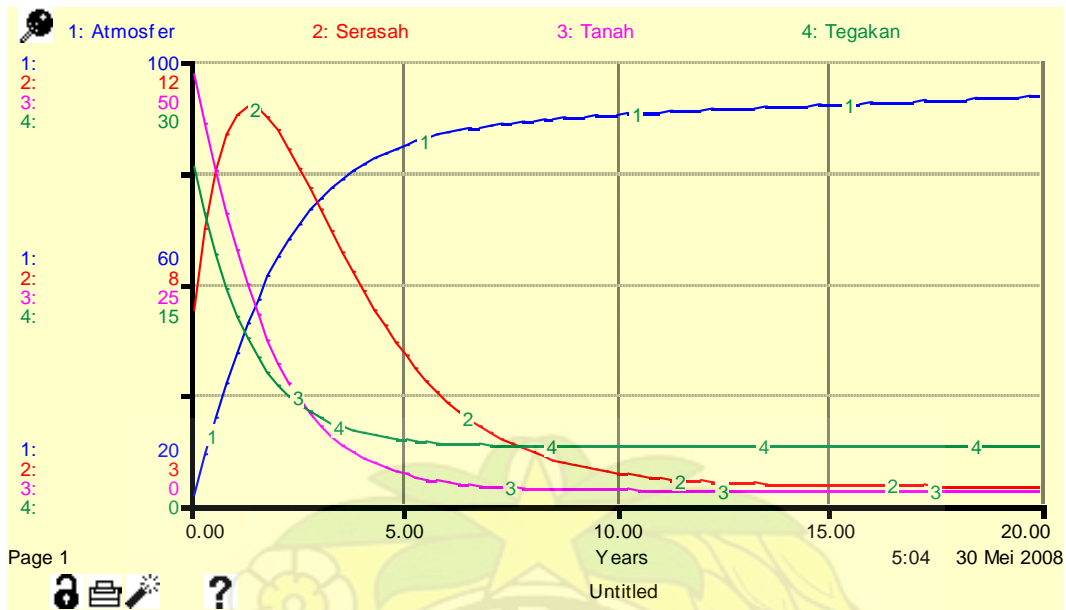
Mengevaluasi Kewajaran dan Kelogisan Model

Evaluasi model dilakukan untuk melihat penaksiran jumlah karbon di dalam tegakan, serasah, tanah dan atmosfer bila ada gangguan atau pengaruh dari faktor lainnya berubah. Kewajaran dan kelogisan model dievaluasi dengan membandingkan potensi karbon tegakan, serasah dan tanah yang nyata di lapangan dengan potensi karbon tegakan hasil simulasi.

Potensi karbon dalam tegakan hasil simulasi diperoleh melalui pembuatan model persamaan hubungan antara jumlah karbon dalam tegakan dengan besarnya fotosintesis, respirasi, pemanenan kayu dan tegakan yang mati serta akar di bawah permukaan tanah. Jumlah potensi karbon dari awal simulasi didasarkan atas data potensi karbon di hutan primer dari hasil penelitian untuk tegakan (Junaedi, 2007); lantai hutan dan serasah (Onrizal, 2004); dan untuk di dalam tanah berdasarkan hasil publikasi Murdiarso dan Baharsjah (2001). Data kandungan karbon atmosfer dimodifikasi berdasarkan penelitian Giffort (1993).

Kewajaran dan kelogisan model dapat dilihat dari potensi karbon tegakan, serasah, atmosfer dan tanah apabila tidak ada gangguan pemanenan kayu. Pada masing-masing stock pada kondisi tidak ada gangguan pemanenan kayu akan stabil, sama atau mendekati aktual. Khusus kalau ada gangguan pemanenan kayu, potensi karbon akan menurun sesuai dengan besarnya gangguan pemanenan kayu. Kurva potensi karbon tegakan, serasah, tanah dan atmosfer pada kondisi tanpa dan dengan adanya gangguan pemanenan kayu dapat dilihat pada Gambar 2.

Kondisi potensi karbon tegakan yang berada di areal Hutan alam tropika akan mengalami perubahan pada tahun-tahun mendatang. Hasil simulasi seperti seperti pada Gambar 2 di atas menunjukkan perubahan atau penurunan jumlah potensi karbon tegakan hutan, serasah, dan tanah seiring dengan berjalannya pemanenan kayu. Berdasarkan hasil simulasi dengan menurunnya potensi karbon terikat dalam tegakan, serasah dan tanah menyebabkan peningkatan karbon bebas (CO_2) di atmosfer.



Gambar 2. Potensi karbon tegakan, serasah, tanah dan atmosfer tanpa ada gangguan pemanenan kayu

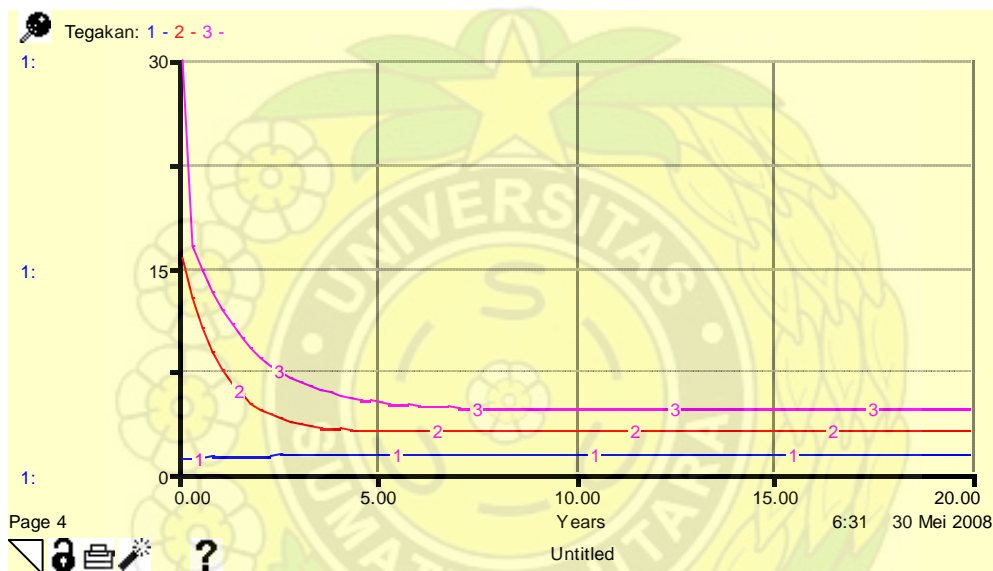
Berdasarkan penelitian Junaedi (2007), dengan adanya pemanenan kayu akan menyebabkan perubahan potensi karbon bila dibandingkan dengan hutan primer. Perubahan drastis terjadi pada awal setelah pemanenan kayu. Namun demikian dengan bertambahnya umur bekas tebangan, maka potensi karbon tegakan semakin tinggi.

Evaluasi terhadap hubungan perilaku model agar diperoleh suatu pola tertentu yang diharapkan sering disebut evaluasi sensitivitas model. Sensitivitas model merupakan tahapan kegiatan untuk melihat tingkat kewajaran suatu model yang akan digunakan apabila dilakukan perubahan pada salah satu parameter secara ekstrim (Grant *et. al*, 1997; Kuncahyo, 2006). Sensitivitas model dilakukan terhadap besarnya potensi karbon apabila besarnya kerusakan akibat pemanenan kayu.

Besarnya gangguan tegakan berupa pemanenan kayu yang semakin besar yang terjadi pada areal Hutan alam tropika akan memiliki dampak yang cukup besar terhadap potensi karbon tegakan, serasah, tanah dan di atmosfer yang berupa CO₂. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin besar pemanenan kayu yang dilakukan, maka potensi karbon terikat di hutan produksi primer di areal Hutan alam tropika semakin menurun.

PENGGUNAAN MODEL

Penggunaan model berfungsi untuk menerapkan model dalam skenario-skenario yang telah ditetapkan dalam rangka memberikan jawaban mengenai tujuan. Skenario dibuat untuk melihat besarnya potensi karbon tegakan berdasarkan model yang dibuat. Hasil simulasi skenario jumlah pemanenan kayu menunjukkan, apabila pemanenan kayu sebesar 0 %, 50 % dan 100% menghasil potensi karbon di hutan produksi primer yang berbeda disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Potensi karbon tegakan pada kenaikan intensitas pemanenan kayu.

Hasil simulasi skenario 100 % menunjukkan respon yang berbeda terhadap potensi karbon tegakan dibandingkan dengan bila intensitas pemanenan kayu 0% dan 50 %. Meningkatnya jumlah pemanenan kayu akan mengurangi potensi karbon di dalam tegakan, dan sebaliknya akan meningkatkan kandungan karbon bebas di atmosfer.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil kajian terhadap potensi karbon di hutan alam produksi menunjukkan bahwa pemanenan kayu berpengaruh terhadap potensi karbon di hutan (baik pada tegakan, serasah, tanah dan atmosfer).
2. Hasil simulasi model menunjukkan bahwa semakin besar intensitas pemanenan kayu, menyebabkan potensi karbon tegakan, tanah dan serasah semakin kecil dan sebaliknya kandungan karbon bebas di atmosfer semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan potensi karbon yang signifikan akibat adanya pemanenan kayu.



DAFTAR PUSTAKA

- Butler, R.A. 2007. Reduced Impact Logging : Sustainable Logging and Improved Forest Management. Tropical Forest. Mongabay.Com. [25 April 2008].
- Davis, A.J. 2000. Does Reduced-Impact Logging Help Preserve Biodiversity in Tropical Rainforests? A Case Study from Borneo using Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) as Indicators. *Environmental Entomology*, Vol. 29, No.3, June 2000 : 467-475.
- Durst, P.B dan T. Enters. 2001. Illegal Logging and the Adoption of Reduced Impact Logging. Makalah Dipresentasikan pada Konferensi Penguatan Hukum Kehutanan dan Pemerintahan Regional Asia Pasifik, 11-13 September 2001. Denpasar.
- Elias. 2002. Buku I : Reduced Impact Logging. IPB Press. Bogor.
- Elias. 2006. Financial analysis of RIL Implementation in the forest concession area of PT Suka Jaya Makmur, West Kalimantan and It's future implementation option. Proceeding in the ITTO - MoF Regional Workshop on RIL implementation in Indonesia with Reference to Asia-Pacific Region: Review and Experiences, held in Bogor, Indonesia, February 15 -16, 2006 .
- Gifford, RM. 1993. Implication of CO₂ effect on vegetation for the global carbon budget. *The Global Carbon Cycle*.
- Grant WE, Pedersen EK, Marin SL. 1997. *Ecology and Natural Resource Management : System Analysis and Simulation*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Junaedi, A. 2007. Dampak Pemanenan Kayu dan Perlakuan Silvikultur Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ) terhadap Potensi Kandungan Karbon dalam Vegetasi Hutan Alam Tropika (Studi Kasus di Areal IUPHHK PT Sari Bumi Kusuma, Kalimantan Tengah [Tesis]. Bogor : Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Keong, G.B., Shaari, A.A.N., dan Ahmad, Z. 2006. The logfisher – Its development and application in a new ground-based reduced impact logging system in Peninsular, Malaysia. Proceeding in the ITTO - MoF Regional Workshop on RIL implementation in Indonesia with Reference to Asia-Pacific Region: Review and Experiences, held in Bogor, Indonesia, February 15 -16, 2006 .
- Kuncahyo, B. 2006. Model Simulasi Pengaturan Hasil Lestari yang Berbasis Kebutuhan Masyarakat Desa Hutan [Disertasi]. Bogor : Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

- Lasco, RD. 2002. Forest carbon budget in Southeast Asia following harvesting and land cover area. *Science in China* 45 : 55-64.
- Muhamdi, Elias dan Sjaifii Manan. 2006. Dampak Pemanenan Kayu Berdampak Rendah dan Konvensional Terhadap Kerusakan Tegakan Tinggal di Hutan Alam (Studi Kasus di Areal HPH PT. Suka Jaya Makmur, West Kalimantan). *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, Vol. XII (3): 78-87.
- Murdiarso dan Baharsjah JS. 1991. Climate, agriculture and Sustainable development. Seminar on Global Climate Change, 8-9 November 1991. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Onrizal. 2004. Model Penduga Biomassa dan Karbon Tegakan Hutan Kerangas di Taman Nasional Danau Sentarum, Kalimantan Barat [Tesis]. Bogor : Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Purnomo, H. 2004. Teori Sistem Kompleks dan Permodelan. Fakultas Kehutanan IPB Bogor.
- Rusolono, T. 2006. Model Pendugaan Persediaan Karbon Tegakan Agroforestri untuk Pengelolaan Hutan Milik Melalui Skema Perdagangan Karbon [Disertasi]. Bogor : Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Ramos, C.A., O. Carvalho and B.D. Amaral. 2006. Short-term effects of reduced-impact logging on eastern Amazon fauna. *Forest Ecology and Management*, Vol. 232, No. 1-3 : 26-35.
- Wikipedia. 2007. Konferensi Perubahan Iklim PBB 2007. http://id.wikipedia.org/wiki/Konferensi_Perubahan_Iklim_PBB_2007. [1 Juli 2008].