

**PROSIDING SEMINAR DAMPAK PERUBAHAN PERUNTUKAN
DAN FUNGSI KAWASAN HUTAN DALAM REVISI RTRWP TERHADAP
NERACA KARBON DALAM KAWASAN HUTAN**



**DIREKTORAT JENDERAL PLANOLOGI KEHUTANAN
KEMENTERIAN KEHUTANAN
BOGOR 2010**

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Rumusan Seminar Dampak Perubahan Peruntukan dan Fungsi Kawasan Hutan dalam Revisi RTRWP terhadap Neraca Karbon dalam Kawasan Hutan.....	ii
Daftar Isi.....	vii
Daftar Lampiran	ix
Laporan Ketua Panitia Seminar.....	xiii
Sambutan Direktur Jenderal Planologi Kehutanan yang diwakili oleh Staf Ahli Menteri Kehutanan Bidang Ekonomi	xix
MAKALAH PEMBICARA	
Neraca atau Siklus Karbon di dalam Hutan (oleh: Dr. Ir. Bahruni – Fakultas Kehutanan IPB)	5
Karbon dalam Rantai Suplai Kayu (oleh: Dr. Ir. Sudarsono Sudomo – Fakultas Kehutanan IPB) ...	41
Politik Ekonomi dalam Perdagangan Karbon (oleh: Prof. Dr. Sofyan P. Warsito, Ph.D. Fakultas Kehutanan UGM)	59
Posisi Kelembagaan Kehutanan dan Kawasan Hutan di dalam Strategi Nasional terkait Isu Karbon (oleh: Dr. Ir. Hariadi Kartodihardjo – Fakultas Kehutanan IPB)	69
MAKALAH PEMBAHAS	
Bahasan Terkait dengan Revisi RTRWP terhadap Neraca Karbon di dalam Hutan (oleh: Prof. Dr. Rizaldi Boer – CCROM SEAP IPB)	83
Bahasan terhadap Presentasi (oleh: Ir. Wandojo Siswanto, M.Sc- Staf Ahli Menteri Kehutanan Bidang Kemitraan/Ketua Harian Pokja Perubahan Iklim Kementerian Kehutanan).....	89
Kelembagaan dan Ekonomi Karbon Hutan Indonesia (Oleh: Dr. Ir. Iman Santoso - Direktur Bina Rencana Pemanfaatan Hutan Produksi/Anggota Pokja Perubahan Iklim Kementerian Kehutanan	99

Karbon dalam Rantai Suplai Kayu

Sударsono Soedomo
Fakultas Kehutanan IPB, Bogor

Ringkasan

Hutan untuk kepentingan memproduksi kayu tidak perlu dipertentangkan dengan hutan untuk tujuan menyimpan karbon. Keduanya dapat berjalan seiring. Melalui hutan produksi yang dikelola dengan baik, jumlah karbon yang tersimpan dalam biomas lebih tinggi dibandingkan jumlah karbon yang tersimpan dalam hutan yang ditujukan melulu untuk menyimpan karbon. Disamping keunggulan dalam menambat dan menyimpan karbon, hutan produksi dapat membangkitkan kegiatan ekonomi masyarakat.

1. Pengantar

Tiga kata yang akhir-akhir ini sangat populer dalam diskursus lingkungan adalah emisi, karbon, dan deforestasi. Bila satu hektar hutan ditebang habis, imajinasi banyak orang adalah 200 ton karbon terlepas ke udara. Adalah benar bahwa hutan yang masih berdiri menyimpan karbon yang diambilnya dari udara selama proses fotosintesis, tetapi sangat menyesatkan menyimpulkan bahwa bila hutan yang bersangkutan ditebang maka otomatis seluruh karbon yang terkandungnya akan dilepaskan kembali ke udara. Kesesatan pikir ini kemudian menghasilkan kesesatan baru yang menempatkan kepentingan menghasilkan jasa penyimpanan karbon dan kepentingan ekonomi dalam relasi trade-off.

Dewasa ini, penjualan karbon yang ditambat oleh hutan dapat dilakukan dengan mempertahankan hutan tetap berdiri. Sementara pasar bagi karbon hutan adalah problematik, banyak upaya telah dilakukan untuk membuat pasar karbon berjalan, misalnya susunan kelembagaan (Corbera et al., 2009), bank karbon untuk membuka kesempatan bagi pemilik hutan skala kecil (Bigsby, 2009), penentuan harga karbon yang tersimpan dalam tegakan (Hunt, 2008).

Sistem perdagangan karbon yang menyaratkan penyimpanan karbon dalam tegakan hutan merupakan sistem yang rumit dan berpotensi tidak efisien. Pembeli harus memantau karbon yang disimpan secara periodik karena principal-agent problem.¹

Kebocoran kayu dari hutan tanaman yang didedikasikan untuk menyerap karbon sangat mungkin terjadi yang pada gilirannya mempengaruhi pasar kayu (Sedjo and Sohngen, 2000). Kesalahan adalah sangat mungkin terjadi dalam menghitung simpanan karbon (Tavoni et al., 2007). Biaya transaksi berpotensi sangat tinggi (van Noordwijk et al., 2008).²

Dalam paper ini, saya akan menunjukkan bahwa pemanenan hutan dan pemanfaatan kayunya dengan bijaksana berpotensi meningkatkan jumlah karbon yang tersimpan dan meningkatkan kegiatan ekonomi. Bukan trade-off antar keduanya, melainkan bergerak dalam satu arah. Organisasi paper ini dibuat sesederhana mungkin. Setelah sesi pengantar ini, sesi 2 mendiskusikan rantai suplai kayu dan neraca karbon. Berikutnya adalah sesi 3 yang menyampaikan kesimpulan.

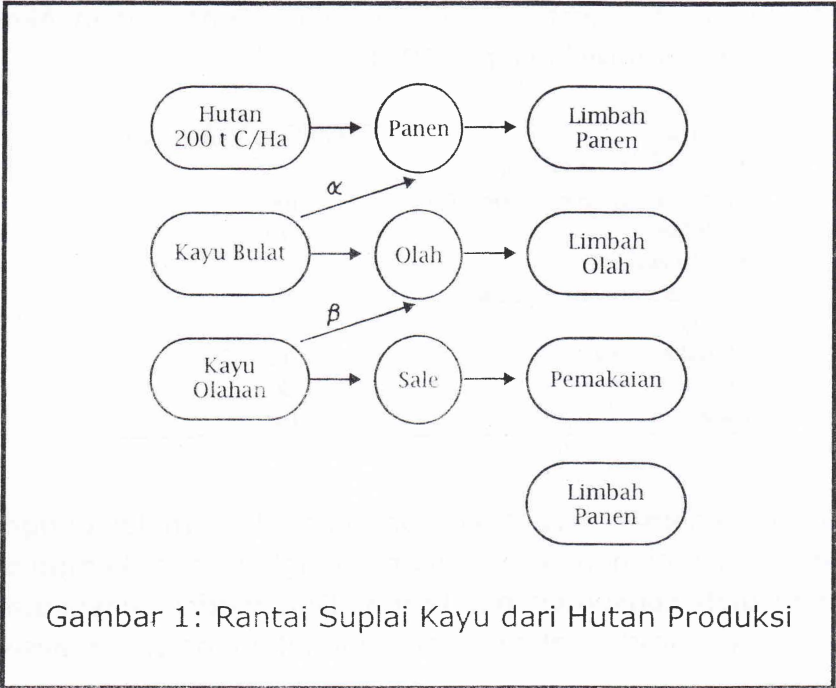
2. Rantai Suplai Kayu dan Neraca Karbon

Untuk menduga neraca karbon sepanjang rantai suplai kayu kita perlu mengetahui total karbon di dalam tegakan hutan, pola pertumbuhan tegakan, tingkat efisiensi perubahan dari satu tahap ke tahap berikutnya, daur yang digunakan, dan masa pakai produk kayu. Secara garis besar, tahapan dalam rantai suplai kayu dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam pemanenan, kayu bulat yang diperoleh merupakan suatu fraksi (sebesar α) dari biomas total tegakan hutan, sedangkan selebihnya akan menjadi limbah di dalam hutan. Pengolahan kayu bulat menjadi produk akhir juga akan menghasilkan limbah. Rendemen pengolahan dicatat dengan β . Selanjutnya, produk akhir akan digunakan oleh konsumen untuk beberapa waktu.

Disampaikan dalam Seminar "Dampak Perubahan Peruntukan dan Fungsi Kawasan Hutan dalam Revisi RTRWP terhadap Neraca Karbon dalam Kawasan Hutan" tanggal 2 Juni 2010 di Jakarta

1 Pembeli merupakan principal dan penjual merupakan agent. Penjual mengetahui informasi lebih lengkap ketimbang pembeli tentang hutan yang sedang ditransaksikan.

2 Saat ini sangat banyak calo perdagangan karbon yang berkeliaran di sekitar kita



Proses pengolahan kayu dari kayu bulat menjadi produk akhir dapat dibagi dua, yakni pengolahan primer dan sekunder. Efisiensi pengolahan sekunder ini sangat beragam yang tergantung pada jenis produk akhir yang hendak dihasilkan. Produk ukiran, misalnya, banyak menghasilkan limbah tetapi untungnya tidak banyak kayu yang diperuntukkan bagi produk ukiran. Jenis produk akhir ini juga akan menentukan masa pemakaian (Tabel 1). Secara kasar 50% karbon hutan dari panen diubah menjadi produk bermasa pakai lama dan sisanya digunakan untuk memproduksi barang bermasa pakai pendek (Perez-Garcia et al., 2005). Ingerson (2009) yang mengutip Smith et al menyebutkan 60% dari produk kayu solid primer dipakai untuk penggunaan yang berumur panjang. Perlakuan pengawetan terhadap kayu tentu saja akan memperpanjang masa pakainya.

Label 1. Jangka Sekuestrasi Karbon dalam Penggunaan Akhir (Skog and Nicholson, 1998)

End Use	Half-life of carbon (yr)
Single-family homes (pre-1980)	80
Single-family homes (post-1980)	100
Multifamily	70
Mobile homes	20
Nonresidential construction	67
Pallets	6
Manufacturing	12
Furniture	30
Paper	1-6

Untuk analisis neraca karbon, kita akan mulai dengan satu unit kayu olahan yang diperdagangkan dan kemudian digunakan oleh konsumen per tahun. Dua model penyusutan terhadap kayu produk akhir akan digunakan dalam analisis, yaitu:

1. Penyusutan per periode merupakan fraksi konstan (sebesar β) dari kayu produk akhir yang masih tersisa. Jadi, setiap satu unit kayu produk akhir yang dipakai selama satu periode akan menyusut sebesar $\beta \times 1$ dan menyisakan $1 - \beta$.³ Setiap periode t satu unit kayu produk akhir segar memasuki pemakaian dan pada periode yang sama terjadi penyusutan sebesar β dikalikan dengan stok pada periode tersebut $s(t)$. Perubahan stok pada periode t tersebut dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$(1) \quad \frac{ds(t)}{dt} = 1 - \delta s(t)$$

³ Dinamika satu unit ini dari waktu ke waktu mengikuti $s(t) = e^{-\beta t}$. Dalam notasi diskrit, ekspresi 1 dapat dituliskan sebagai berikut:

$$s_t = s_{t-1} - \beta s_{t-1} + 1$$

Ketika kondisi steady state tercapai dimana stok kayu produk akhir terpakai sama untuk sembarang t , yakni $s_t = s_{t+1} = s^*$, maka jumlah stok kayu terpakai adalah sebesar $s^* = 1/\beta$

Solusi terhadap persamaan ini dengan kendala stok di awal periode $s(0) = 1$ adalah

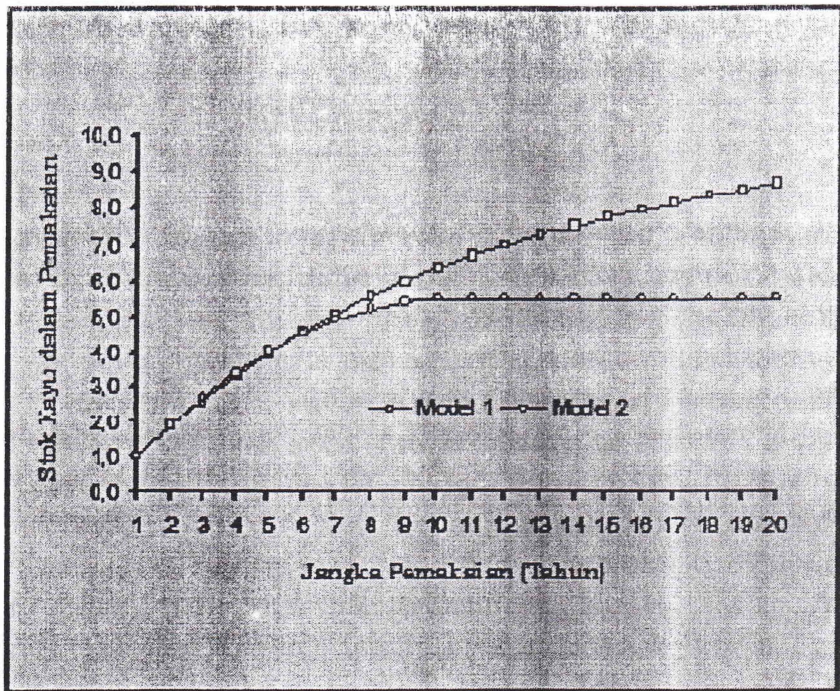
$$s(t) = \frac{e^{-\delta t} (\delta - 1 + e^{\delta t})}{\delta}$$

Penyusutan per tahun merupakan jumlah konstan sebesar d , sehingga satu unit kayu produk akhir yang dipakai akan habis dalam jangka waktu tahun. Model ini digunakan oleh Aber dan Melillo dalam Perez-Garcia et al. (2005). Dengan model penyusutan ini, satu unit kayu produk akhir akan tersisa sebesar $1-d$ setelah terpakai selama satu tahun. Pemakaian dua tahun akan menyisakan $1-2d$. Kayu akan benar-benar habis ketika sisanya sama dengan nol, yakni $1-td = 0$. Dengan kata lain, kayu benar-benar habis terpakai setelah digunakan selama $t = 1/d$. Model penyusutan ini akan menghasilkan dinamika stok kayu produk akhir dalam pemakaian sebagai berikut:

$$s_t = \begin{cases} t - d \sum_{j=1}^t (j-1), & \text{untuk } t \leq \frac{1}{d} \\ t^* - d \sum_{j=1}^{t^*} (j-1), & \text{untuk } t > \frac{1}{d}, \text{ dimana } t^* = \frac{1}{d} \end{cases} \quad (3)$$

Ketika $t = \frac{1}{d}$ dan seterusnya, stok kayu produk akhir dalam pemakaian mencapai steady state, yakni sebesar $t^* - d \sum_{j=1}^{t^*} (j-1)$.

Contoh dinamika stok kayu dalam penggunaan untuk kasus $\beta = 0,1$ dan $d = 0,1$ dapat dilihat pada Gambar 2. Kondisi steady state untuk model penyusutan pertama terjadi lebih lambat ketimbang pencapaian kondisi steady state menurut model penyusutan kedua. Tingkat steady state model penyusutan pertama lebih tinggi dari tingkat steady state model penyusutan kedua. Jika setiap tahun satu unit kayu olahan masuk dalam peredaran pemakai, maka model penyusutan pertama menghasilkan tingkat steady state 10 unit, sedangkan model penyusutan kedua memberikan steady state 5 unit.



Gambar 2. Dinamika Stok Kayu Produk Akhir Dalam Pemakaian

Untuk memperkirakan berapa stok kayu dalam pemakaian yang lebih realistis, kita perlu memilih berapa nilai β dan d yang cukup realistis dan asumsi yang digunakan tentang keterpakaian kayu. Nilai β dan d akan sangat tergantung pada teknologi pengawetan dan jenis pemakaian produk kayu.

Data pada Tabel 1 dapat digunakan sebagai pedoman untuk menentukan nilai β . Misalnya, half-life 100 adalah setara dengan $\beta = 0,007$, sedangkan half-life 70 setara dengan $\beta = 0,010$. Keterpakaian kayu dapat dijelaskan sebagai berikut. Misalnya, suatu produk dianggap masih dalam pemakaian jika setengah darinya masih utuh. Sebagai contoh, jika satu unit kayu produk akhir digunakan dan setiap tahun mengalami penyusutan 0,1 unit, maka pada tahun keenam akan tersisa 0,5 unit. Sisa ini dianggap tidak dapat dipakai lagi, lalu dibuang, dan dianggap segera terdekomposisi untuk melepaskan CO_2 ke udara.

Tabel 2. Menyajikan hasil perhitungan stok kayu produk akhir dalam pemakaian dalam keadaan steady state

Model Penyusutan 1		Model Penyusutan 2	
δ	Stok	d	Stok
0,005	100,68	0,005	75,75
0,010	50,84	0,010	38,25
0,020	25,67	0,020	19,50
0,030	17,60	0,030	12,92
0,040	13,31	0,040	9,88
0,050	11,02	0,050	8,25
0,060	9,04	0,060	6,84
0,070	8,13	0,070	6,04
0,080	6,90	0,080	5,32
0,090	6,19	0,090	4,65
0,100	5,53	0,100	4,50

Pertanyaan yang hendak dijawab sekarang adalah lebih banyak mana stok kayu, dengan demikian juga stok karbon, antara bentuk hutan berdiri atau hutan yang dikelola untuk dipungut kayunya? Pertanyaan ini tidak terlalu mudah untuk dijawab karena banyak faktor yang mempengaruhinya. Saya memfokuskan diri pada penggunaan yang berumur panjang yang menyerap sekitar 50% kayu dari hutan, khususnya konstruksi. Jika tingkat efisiensi untuk menghasilkan satu unit kayu konstruksi adalah $\beta = 0,50$, maka kayu bulat yang dibutuhkan untuk memproduksinya adalah 2 unit. Kayu bulat yang dipanen ini kurang lebih 60% dari total biomas dalam hutan atau dengan kata lain $\alpha = 0,60$ (Ingerson, 2009). Jadi 2 unit kayu bulat yang dipungut adalah setara dengan $2/0.60 = 3,33$ unit biomas dalam hutan. Artinya, setiap periode (satu tahun) 3,33 unit biomas dari hutan harus ditebang untuk menghasilkan satu unit kayu konstruksi. Untuk sampai kepada jawaban yang dikehendaki, kita perlu tahu masa pakai dari kayu konstruksi dan daur hutannya. Diasumsikan masa pakai kayu adalah 100 tahun - penyusutan konstan sebesar 0,005 unit per tahun dan masa pemakaian berlangsung hingga kayu

yang tersisa adalah 50%. Pada kondisi steady state, jumlah unit kayu dalam pemakaian mencapai 75,75 unit. Jumlah ini kurang lebih setara dengan biomas hutan produksi normal yang berdaur 23 tahun dan dibiarkan tidak ditebang.⁴ Jika daur yang digunakan kurang dari 23 tahun, maka karbon yang tersimpan dalam produk akhir akan lebih tinggi ketimbang karbon yang tersimpan dalam hutan berdiri.

Baik secara ekonomis maupun penambatan dan penyimpanan karbon, hutan produksi menunjukkan keunggulan dibanding hutan yang dibangun hanya untuk tujuan penambatan dan penyerapan karbon.

Perlu pula diingat bahwa hutan produksi yang menghasilkan kayu olahan tersebut juga masih menyimpan karbon. Berapa sesilih biomas antara hutan produksi normal dengan hutan yang dibiarkan khusus untuk menyimpan karbon? Kita perlu melihat dari pertumbuhan tegakan. Misalnya fungsi pertumbuhan biomas adalah $V(t)$, yakni biomas merupakan fungsi dari waktu. Gambar 3 memperlihatkan pertumbuhan tipikal dari suatu tegakan hutan. Selisih biomas antara hutan produksi normal dan hutan karbon adalah daerah antara kurva $V(t)$ dan garis putus-putus yang merepresentasikan biomas maksimal.⁵

2. Kesimpulan

- a. Untuk menambah penambatan karbon, Indonesia harus lebih banyak menanam dan memanen kayu dari hutan. Antara hutan produksi dan hutan karbon tidak perlu dipertentangkan karena melalui hutan produksi karbon yang tersimpan dalam biomas sangat mungkin lebih banyak ketimbang karbon yang tersimpan dalam hutan karbon.

⁴ Daur 23 tahun diperoleh dari $\frac{75,75}{3,33} = 22,725 \approx 23$

⁵ Daerah yang dimaksud dapat didekati dengan formula $\int_0^T V(t)dt - TV(T)$, dimana T adalah daur optimal.

- b. Hutan produksi memberikan dampak ekonomi yang lebih menguntungkan dibanding hutan yang melulu untuk karbon. Aktivitas ekonomi dapat terguncang hebat dengan dialihkannya hutan produksi menjadi hutan karbon.
- c. Konstruksi rumah Indonesia masa depan seharusnya dari kayu, bukan dari tembok dan beton. Disamping menyimpan lebih banyak karbon, rumah kayu lebih tahan gempa. Ini sangat cocok untuk Indonesia yang sering dilanda gempa.

Pustaka

Bigsby, H. 2009. Carbon banking: Creating flexibility for forest owners. *Forest Ecology and Management*, 257(1):378 – 383.

Corbera, E., Soberanis, C. G., and Brown, K. 2009. Institutional dimensions of payments for ecosystem services: An analysis of Mexico's carbon forestry programme. *Ecological Economics*, 68(3):743 – 761.

Galik, C. S. and Jackson, R. B. 2009. Risks to forest carbon offset projects in a changing climate. *Forest Ecology and Management*, 257(11):2209 – 2216.

Hunt, C. 2008. Economy and ecology of emerging markets and credits for bio-sequestered carbon on private land in tropical Australia. *Ecological Economics*, 66(2-3):309 – 318.

Ingerson, A. 2009. *Wood Products and Carbon Storage: Can Increased Production Help Solve the Climate Crisis?* The Wilderness Society, Washington, D.C.

Perez-Garcia, J., Lippke, B., Cornick, J., and Manriquez, C. 2005. An assessment of carbon pools, storage, and wood products market substitution using life-cycle analysis results. *Wood and Fiber Science*, 37:140–148. Corrim Special Issue.

Sedjo, R. and Sohngen, B. 2000. Forestry sequestration of CO₂ and markets for timber. Discussion Paper 00 -35, Resources for the Future.

Skog, K. E. and Nicholson, G. A. 1998. Carbon cycling through wood products: The role of wood and paper products in carbon sequestration. *Forest Product Journal*, 48(7/8):75–83.

Tavoni, M., Sohngen, B., and Bosetti, V. 2007. Forestry and the carbon market response to stabilize climate. *Energy Policy*, 35:5346–5353.

Van Noordwijk, M., Suyamto, D. A., Lusiana, B., Ekadinata, A., and Hairiah, K. 2008. Facilitating agroforestation of landscapes for sustainable benefits: Tradeoffs between carbon stocks and local development benefits in Indonesia

according to the fallow model. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 126(98-112):5346-535