PENDUGAAN BIOMASSA DAN KANDUNGAN KARBON PADA BATANG TANAMAN *Eucalyptus grandis* DI PT. TOBA PULP LESTARI, AEK NAULI, SUMATERA UTARA (The Biomass and Carbon Contents Prediction of *Eucalyptus grandis* at PT. Toba Pulp Lestari, Aek Nauli, North Sumatra)

Oleh / By:

Rozza Tri Kwatrina, Sugiarti, dan / and Asep Sukmana

ABSTRACT

A study to predict biomass and carbon content of *Eucalyptus grandis* stem was conducted at PT. Toba Pulp Lestari, Aek Nauli, North Sumatra. Data were collected from 32 samples of trees from age groups of 1-2, 3-4, 5-6, and 7-8 years old. Biomass and carbon content was predicted by equation: $B = 0.292D^{0.67}P^{1.20}$ for biomass and $C = 0.074D^{0.894}P^{1.09}$ for carbon content. For effectiveness reason in collecting data, equation and $B = 0.090D^{2.341}$ for biomass and $C = 0.025D^{2.413}$ for carbon can be an alternative. Biomass of *E. grandis* stem of 2,17; 3,17; 5,25; and 7 years old are 8,01; 14,01; 52,71 and 48,84 ton/ha respectively where carbon content are 2,66; 4,67; 17,84; and 16,84 ton/ha respectively.

Key words: Biomass, carbon, carbon sink, *Eucalyptus grandis*

ABSTRAK

Penelitian untuk menduga biomassa dan kandungan karbon batang *Eucalyptus grandis* telah dilaksanakan di PT. Toba Pulp Lestari, Aek Nauli, Sumatera Utara. Data diambil dari 32 pohon contoh dengan kelompok umur 1-2, 3-4, 5-6, dan 7-8 tahun. Biomassa dan kandungan karbon diduga dengan menggunakan persamaan: $B = 0,292D^{0,67}P^{1,20}$ untuk biomassa dan $C = 0,074D^{0,894}P^{1,09}$ untuk karbon. Untuk alasan kepraktisan dan keefektifan pengambilan data di lapangan, dapat menggunakan persamaan $B = 0,090D^{2,341}$ untuk biomassa dan $C = 0,025D^{2,413}$ untuk karbon. Biomassa batang ekaliptus rata-rata umur 2,17; 3,17; 5,25 dan 7 tahun masing-masing adalah 8,01; 14,01; 52,71 dan 48,84 ton/ha sedangkan karbon masing-masing adalah 2,66; 4,67; 17,84 dan 16,84 ton/ha.

Kata kunci: Biomassa, karbon, rosot karbon, *Eucalyptus grandis*

I. PENDAHULUAN

Perubahan iklim global telah menjadi sorotan dan obyek penelitian lembaga ilmiah pada beberapa tahun terakhir. Akumulasi gas-gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 , dan H_2O) di atmosfer diduga sebagai penyebab pemanasan bumi. Gas-gas tersebut menghalangi radiasi gelombang panjang infra merah yang panas dari bumi ke angkasa dengan cara menjerap dan kemudian meradiasikannya kembali sehingga meningkatkan pemanasan permukaan bumi yang dikenal dengan efek rumah kaca. Di antara gas-gas rumah kaca, CO_2 (karbondioksida) sudah terbukti memberi kontribusi signifikan terhadap pemanasan

global dan menyumbang 50 % dari efek rumah kaca (Tampubolon, 2000).

Hutan mempunyai peranan aktif dalam kapasitasnya sebagai rosot karbon dan kapasitas penyerapan karbonnya sangat ditentukan oleh tingkat perkembangan, tipe, dan fungsi hutan (Tampubolon *et.al.*, 2000). Hutan tanaman, baik berupa Hak Pengusahaan Hutan Tanaman Industri (HPHTI) maupun reboisasi dengan jenis cepat tumbuh merupakan sumber daya hutan yang dapat menjerap karbon dalam jumlah yang tinggi. Jenis pohon cepat tumbuh yang dikembangkan pada hutan tanaman dan reboisasi di Sumatera bagian utara pada umumnya adalah jenis *Eucalyptus* spp.,

Acacia mangium, dan *Pinus merkusii*. Potensi penyerapan karbon oleh tanaman tersebut cukup tinggi seiring dengan pertumbuhan tanaman yang pada akhirnya akan memberi nilai tambah pada pengelolaan hutan tanaman dalam rangka perdagangan karbon (*carbon trade*).

Pendugaan biomassa dan karbon pada tanaman tusam (*P. merkusii*), mangium (*A. mangium*) telah diteliti Tampubolon *et.al.* (2000; 2001). Sementara informasi mengenai biomassa dan kandungan karbon pada tanaman *E. grandis* masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui biomassa dan kandungan karbon pada batang tanaman *E. grandis* dengan menggunakan persamaan allometrik pada kelas umur maksimal delapan tahun (rata-rata tujuh tahun) saat tanaman mendekati masa tebang. Hasil penelitian ini akan menghasilkan data dan informasi mengenai persamaan matematik untuk menduga biomassa dan karbon pada tanaman *E. grandis* berdasarkan parameter diameter setinggi dada (dbh), panjang batang (P), dan umur tanaman (U). Hasil penelitian ini juga dapat digunakan untuk menghitung kandungan karbon per hektar dan perkiraan nilai kompensasi rosot karbon (*carbon sink*) tanaman *E. grandis* dalam nilai mata uang rupiah dalam kerangka perdagangan karbon (*carbon trade*).

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan hutan tanaman *E. grandis* konsesi PT. Toba Pulp Lestari (TPL) sektor Ack Nauli yang terletak pada ketinggian 1.200 meter di atas permukaan laut. Secara administrasi pengelolaan hutan PT. TPL termasuk wilayah Dinas Kehutanan Kabupaten Toba Samosir dan wilayah Dinas Kehutanan Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara. Sedangkan menurut administrasi pemerintahan termasuk dalam wilayah Kecamatan Girsang Sipangan Bolon Kabupaten Simalungun.

Jenis tanah didominasi Podzolik Merah Kuning dengan bahan induk batuan beku. Keadaan lapangan adalah berbukit hingga

bergunung dengan kemiringan lereng 20-15 %. Iklim menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson (1951) daerah ini bertipe iklim A dengan curah hujan rata-rata 1.565 mm per tahun.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah 32 pohon *E. grandis*, masing-masing delapan pohon untuk kelompok umur 1-2 tahun, 3-4 tahun, 5-6 tahun, dan 7-8 tahun. Alat-alat yang digunakan terdiri dari *chain saw*, *haga hypsometer*, pita ukur, timbangan, karung, oven, dan alat-alat tulis.

C. Metode Penelitian

1. Penentuan Pohon Contoh

Pohon contoh ditentukan secara purposif (*purposive sampling*) yang mewakili empat kelompok umur. Pemilihan umur sampai dengan kelompok umur delapan tahun adalah berdasarkan daur tebang tanaman *E. grandis* yaitu delapan tahun.

2. Pengambilan Data

Pada setiap pohon contoh dilakukan pengukuran diameter batang (dbh) dan tinggi total (T). Selanjutnya pohon ditebang dengan menggunakan *chain saw* dan diukur panjang batang yang dapat dimanfaatkan sampai diameter 5 cm (P). Pada setiap pohon contoh diambil 11 sampel kayu setebal 5 cm untuk analisis berat dan kandungan karbon, yakni pada segmen kayu 0 %, dbh, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, dan 90 % panjang batang yang dapat dimanfaatkan (diameter ujung 5 cm). Selanjutnya dilakukan pengukuran volume dan berat basah. Berat kering bagian pohon diukur setelah sampel dikeringkan dalam oven selama 48 jam pada suhu 105° C. Selanjutnya pada sampel tersebut dilaksanakan analisis karbon.

3. Analisis Data

Biomassa dan kandungan karbon pada batang tanaman *E. grandis* diduga melalui persamaan (model) allometrik di mana keeratan hubungan antara kandungan karbon suatu tegakan (*dependent variable*) dengan parameter tegakan (*independent variable*) yaitu diameter, panjang batang, dan umur tanaman. Persamaan allometrik yang diujikan

adalah persamaan pendugaan biomassa yang disusun oleh Brown (1997) dalam Hairiah *et al.* (1999). Persamaan tersebut menggunakan satu variabel yaitu diameter. $Y = a.D^b$ di mana: y = biomassa atau karbon dalam kg; D = diameter; a, b = konstanta.

Selain itu juga dilakukan pengujian terhadap persamaan dengan menggunakan lebih dari satu variabel. Model yang digunakan sama seperti di atas atau dengan bentuk lain yaitu $Y = a + bD + cP + dU + e$, di mana: y = biomassa atau karbon dalam kg; D = diameter; P = panjang batang yang dapat dimanfaatkan sampai diameter 5 cm; U = umur; a, b, c, d, e = konstanta.

Pemilihan persamaan berdasarkan pada uji signifikansi (uji F), derajat determinasi (R^2), nilai simpangan kuadrat (MSE) dan *Predicted residual sum of squares* (PRESS) (Hendra, 2002), serta pengujian terhadap simpangan agregatif (SA) dan simpangan rata-rata (SR) (Krisnawati dan Wahjono, 2003). Data yang diperoleh selanjutnya dapat digunakan untuk mengetahui kapasitas tanaman *E. grandis* dalam menyimpan karbon per satuan luas (hektar).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hubungan Antara Variabel Pohon dengan Biomassa dan Kandungan Karbon

Pengujian hubungan biomassa dan kandungan karbon batang dilakukan terhadap beberapa variabel pohon yaitu diameter setinggi dada (dbh), panjang batang, dan umur. Dengan menggunakan analisis korelasi

Pearson, keeratan hubungan antara dimensi (parameter) yang diuji dapat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa semua variabel berkorelasi sangat nyata pada taraf 1 %. Korelasi biomassa batang dengan kandungan karbonnya sangat erat, yang terlihat dari nilai koefisien korelasi (r) 0,993. Nilai ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat erat dan positif antara biomassa batang dengan kandungan karbonnya di mana semakin meningkat biomassa akan semakin meningkat pula kandungan karbonnya. Hal ini dapat dipahami karena karbon pada tanaman yang terakumulasi dalam biomassa merupakan konversi dari CO_2 yang terikat dalam jaringan tanaman dan diukur serta dinyatakan dalam bentuk berat kering (Hendra, 2002).

Faktor umur berkorelasi lebih rendah dengan parameter biomassa (0,598) dan karbon (0,543) tetapi berkorelasi tinggi dengan panjang batang (0,891). Hal ini dapat dipahami bahwa pertambahan tinggi tanaman cenderung sejalan dengan pertambahan umurnya, sehingga panjang batang merupakan bagian dari tinggi tanaman menunjukkan hubungan yang erat. Sementara diameter mempunyai korelasi yang erat dengan biomassa (0,836) maupun karbon (0,825). Demikian juga dengan panjang batang juga berkorelasi erat dengan biomassa dan karbon namun dengan nilai yang lebih rendah yaitu masing-masing 0,752 dan 0,716. Dengan demikian diameter, panjang batang, dan umur dapat digunakan sebagai

Tabel (Table) 1. Nilai koefisien korelasi variabel pohon dengan biomassa dan kandungan karbon batang *E. grandis* (Coefficient correlations value of tree variable with biomass and carbon content of *E. grandis* stem)

Dimensi (Dimension)	Diameter	Panjang batang (Length)	Umur (Age)	Biomassa (Biomass)	Karbon (Carbon)
Diameter	1				
Panjang batang (Length)	0,833**	1			
Umur (Age)	0,731**	0,891**	1		
Biomassa (Biomass)	0,836**	0,752**	0,598**	1	
Karbon (Carbon)	0,825**	0,716**	0,543**	0,993**	1

Keterangan (Remarks):

** = korelasi nyata pada taraf 1 % (Correlation is significant at the 0.01 level)

penduga yang baik bagi biomassa maupun karbon.

B. Penyusunan Model Pendugaan Biomassa dan Kandungan Karbon

Berdasarkan nilai korelasi, di mana terdapat hubungan yang sangat erat antara diameter, panjang batang, dan umur tanaman dengan biomassa dan kandungan karbonnya maka dilakukan penyusunan model pendugaan biomassa dan kandungan karbon sebagaimana tertera dalam Tabel 2.

Hasil analisis sidik ragam (uji F) pada semua persamaan menunjukkan bahwa kenaikan diameter, panjang batang, dan umur sangat nyata meningkatkan biomassa dan kandungan karbon batang *E. grandis*. Biomassa dan karbon ternyata dapat diduga dengan menggunakan satu variabel (diameter) atau gabungan dari dua atau tiga variabel (diameter, panjang batang, dan umur). Nilai koefisien determinasi semua model/persamaan, cukup tinggi yaitu 83,6 %- 93,8 %.

Berdasarkan nilai simpangan kuadrat (MSE), maka persamaan tiga dan empat yaitu, $B = 0,292D^{0,67}P^{1,20}$ dan $C = 0,074D^{0,894}P^{1,09}$ merupakan persamaan yang paling baik dalam menduga biomassa batang dengan menggunakan dua parameter yaitu diameter dan panjang batang. Kedua persamaan tersebut memiliki nilai R^2 yang lebih tinggi, masing-masing 0,938 dan 0,920, dan simpangan kuadrat (MSE) yang lebih

kecil yaitu masing-masing sebesar 0,085 dan 0,115. Untuk persamaan dengan tiga parameter (diameter, panjang batang, dan umur) maka persamaan tujuh dan delapan yaitu, $B = 0,289D^{0,68}P^{1,14}U^{-0,095}$ dan $C = 0,077D^{0,856}P^{1,33}U^{-0,353}$ dapat digunakan karena juga memiliki nilai R^2 tinggi (0,938 dan 0,924) dan nilai MSE kecil (0,088 dan 0,114).

Walaupun demikian, untuk alasan kepraktisan dan keefektifan, model satu dan dua yang menggunakan satu variabel (diameter) atau model lima dan enam yang menggunakan variabel diameter dan umur, dapat menjadi pilihan. Penggunaan faktor diameter saja akan memudahkan pengukuran di lapangan. Brown (1997) dalam Hendra (2002) menyatakan bahwa diameter setinggi dada (dbh) merupakan data penelitian yang baik untuk menduga biomassa.

Beberapa penelitian penyusunan model pendugaan biomassa, di antaranya Hendra (2002) yang menyusun persamaan regresi untuk menduga biomassa pada batang *P. merkusii*, menemukan bahwa model yang disusun dengan dua peubah (diameter dan tinggi total) lebih baik dibandingkan menggunakan satu peubah (diameter). Persamaan dengan dua peubah memiliki hubungan yang lebih erat dengan derajat determinasi yang lebih tinggi sementara nilai MSE lebih rendah dibandingkan persamaan dengan satu peubah. Selanjutnya Tampobolon *et.al.* (2000; 2001) melaporkan bahwa diameter dan panjang batang

Tabel (Table) 2. Model pendugaan biomassa dan karbon batang *E. grandis* (Models to predict biomass and carbon contents of *E. grandis* stem)

Model	Persamaan (Function)	R^2	MSE	F	PRESS	SA (%)	SR (%)
1	$B = 0,090D^{2,341}$	0,836	0,217	121,47**	7,218	11,12	16,79
2	$C = 0,025D^{2,413}$	0,839	0,223	157,69**	7,493	13,28	15,46
3	$B = 0,292D^{0,67}P^{1,20}$	0,938	0,085	218,25**	3,999	16,13	5,78
4	$C = 0,074D^{0,894}P^{1,09}$	0,920	0,115	167,42**	4,627	19,46	7,43
5	$B = 0,153D^{1,538}U^{0,967}$	0,894	0,145	121,93**	5,867	12,22	8,70
6	$C = 0,037D^{1,859}U^{0,667}$	0,867	0,193	94,17**	7,267	14,99	11,55
7	$B = 0,289D^{0,68}P^{1,14}U^{-0,095}$	0,938	0,088	141,14**	4,273	14,69	4,75
8	$C = 0,077D^{0,856}P^{1,33}U^{-0,353}$	0,924	0,114	113,23**	4,954	19,10	6,78

Keterangan (Remarks):

B=biomassa (biomass); C=karbon (carbon); D=Dbh; P=panjang batang (Stump length); U=umur (Age); R^2 =koefisien determinasi (determination coefficient); MSE=nilai simpangan kuadrat (Mean Square Error); PRESS=Predicted residual sum of squares; SA=simpangan agregat (agregative deviation); SR=simpangan rata-rata (average deviation);

**=korelasi nyata pada taraf 1 % (Correlation is significant at the 0.01 level)

merupakan peubah yang baik dalam menduga biomassa dan karbon pada tanaman tusam (*P. merkusii*), mangium (*A. mangium*), dan karet (*Hevea brasiliensis*). Goel dan Behl (2000) melaporkan bahwa persamaan yang disusun berdasarkan kombinasi dari dua peubah yaitu diameter dan tinggi menunjukkan hubungan yang nyata ($R^2 = 0,89$ dan $0,92$) dengan biomassa di atas permukaan tanah untuk jenis *Prosopis juliflora*.

Untuk menilai keakuratan persamaan pendugaan biomassa dan karbon ini, digunakan kriteria nilai simpangan agregat (SA) dan simpangan rata-rata (SR), di mana SA sebaiknya bernilai tidak lebih dari 1 % dan SR tidak lebih dari 10 %. Berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian nilai SA dan SR tersebut, terlihat bahwa semua model persamaan memiliki nilai SA lebih dari 1 %. Sementara nilai SR ada yang bernilai di bawah 10 % dan ada yang lebih dari 10 %. Nilai SA yang cukup besar tersebut kemungkinan disebabkan oleh adanya perbedaan kecenderungan arah antara nilai aktual dengan nilai dugaan. Dalam kondisi ini kemungkinan nilai aktual yang semakin besar sedangkan nilai dugaannya semakin kecil atau sebaliknya. Walaupun demikian nilai SA yang kurang baik dapat ditutupi oleh nilai SR (Krisnawati dan Wahjono, 2003). Dengan demikian maka persamaan yang dipilih untuk menduga biomassa dan karbon adalah yang memiliki nilai SR terendah (persamaan tiga dan empat).

C. Pendugaan Biomassa dan Kandungan Karbon

Persamaan yang menggunakan variabel diameter dan panjang batang digunakan sebagai dasar untuk menghitung berat kering dan kandungan karbon tegakan *E. grandis* di Aek Nauli karena memiliki nilai R^2 paling tinggi, nilai PRESS yang rendah serta nilai SR terkecil. Selanjutnya dapat disusun tabel karbon berdasarkan persamaan tersebut (Lampiran 1). Tabel karbon dengan menggunakan variabel diameter saja atau gabungan diameter dan umur juga dapat disusun sebagai informasi alternatif, karena variabel umur lebih praktis dalam pengambilan data di lapangan khususnya yang memiliki kondisi tempat tumbuh hampir sama dengan tegakan *E. grandis* di Aek Nauli (Lampiran 2). Nilai biomassa dan karbon yang diperoleh dari persamaan $B = 0,292D^{0,67}P^{1,20}$ untuk biomassa dan $C = 0,074D^{0,894}P^{1,09}$ untuk karbon dapat disajikan pada Tabel 3.

Hasil pada Gambar 1 menunjukkan bahwa tanaman dengan umur rata-rata 5,25 dan tujuh tahun menyimpan karbon lebih besar dibandingkan kelompok umur 2,17 dan 3,17 tahun. Peningkatan umur, diameter, dan panjang batang meningkatkan biomassa dan karbon yang terkandung dalam batang tanaman *E. grandis* sampai dengan umur 5,25 tahun yaitu masing-masing 52,71 ton/ha untuk biomassa dan 17,84 ton/ha untuk karbon dan sedikit menurun pada umur tujuh tahun. Menurut Kyrklund (1990), tingkat

Tabel (Table) 3. Rata-rata biomassa dan kandungan karbon batang *E. grandis* (Mean of biomass and carbon contents of *E. grandis* stem)

Parameter pohon (Tree parameter)					Kandungan karbon (Carbon content)			
Rata umur (Th) Mean of age (year)	Rata dbh (cm) Mean of dbh (cm)	Rata panjang (cm) Mean of long (cm)	Rata biomassa Mean of biomass (kg)	Rata C Mean of carbon (kg)	Jumlah pohon Number of tree/ha	Biomassa Biomass (ton/ha)	Karbon Carbon (ton/ha)	Proporsi karbon terhadap biomassa (Proportion of carbon on biomass) %
2,17	6,55	4,31	6,18	2,05	1.297	8,01	2,66	33,17
3,17	8,44	6,90	13,07	4,36	1.072	14,01	4,67	33,36
5,25	1,47	17,30	54,23	18,36	972	52,71	17,84	33,86
7,00	15,50	17,88	59,63	20,68	819	48,84	16,94	34,68

Gambar (Figure) 1. Grafik kenaikan umur tanaman dengan kandungan karbon batang *E. grandis* (Graphic of age and carbon content on stem of *E. grandis*)

penyerapan CO_2 sebanding dengan tingkat pertumbuhan tanaman. Pada tanaman muda tingkat penyerapan karbon sangat tinggi sedang pada tanaman dewasa pengikatan dan pelepasan CO_2 relatif seimbang. Pada perkembangan selanjutnya cenderung menurun seiring pertambahan umur tanaman karena adanya proses dekomposisi daun yang gugur, cabang yang patah atau batang yang mengalami dekomposisi.

Setiap kelompok umur tanaman ternyata mempunyai proporsi yang relatif hampir sama dalam mengakumulasi karbon sejumlah berat kering batangnya yaitu rata-rata pada kisaran 33-35 %. Atau dengan kata lain, sebanyak 33-35 % dari biomassa batang *E. grandis* berumur rata-rata dua sampai tujuh tahun adalah karbon. Secara umum, kandungan karbon adalah sekitar 50 % dari berat kering seluruh tanamannya; sementara nilai yang diperoleh pada tanaman *E. grandis* ini hanya menghitung pada bagian batang saja. Dengan demikian dapat diperkirakan bahwa sekitar 70 % karbon pada tanaman *E. grandis* terakumulasi di bagian batang. Kondisi ini dapat dipahami karena biomassa batang lebih besar dibanding bagian tanaman lain seperti daun dan akar, karena pada batang tersimpan cadangan makanan hasil fotosintesa tanaman.

Kandungan karbon yang terakumulasi pada tanaman ekaliptus ini cukup tinggi bila

dibandingkan dengan tanaman tusam (*P. merkusii*). Hasil penelitian Tampubolon *et.al.* (2000) yang mengevaluasi kandungan karbon pada tanaman *P. merkusii* berdasarkan bonita, menunjukkan bahwa pada tanaman tusam umur lima tahun, hanya terdapat kandungan karbon sebanyak 1,83 ton/ha pada Bonita I dan 16,23 ton/ha pada Bonita VI. Tetapi apabila dibandingkan dengan tanaman mangium (*A. mangium*), maka kandungan karbon pada tanaman ekaliptus ini jauh lebih rendah. Hasil penelitian Tampubolon *et.al.* (2001), menunjukkan bahwa tanaman mangium pada umur empat tahun saja mampu mengakumulasi sebanyak 31,89 ton C/ha dan pada usia delapan tahun mampu mencapai 133,39 ton C/ha. Sementara hasil penelitian Heriansyah dan Siregar (2002) yang meneliti kandungan karbon pada tanaman *A. mangium* menunjukkan bahwa karbon yang tersimpan pada total biomassa tanaman mangium umur 3, 5, 8, dan 10 tahun masing-masing adalah 30,27; 48,23; 63,57; dan 76,61 ton/ha. Nilai ini jauh lebih tinggi dibanding pada tanaman *E. grandis*. Walaupun demikian nilai tersebut merupakan kandungan karbon pada total biomassa tanaman *A. mangium*, sehingga kedua hasil penelitian ini tidak dapat diperbandingkan secara langsung.

Dalam konteks perdagangan karbon, penyerapan karbon setiap ton akan diberi

bantuan/hibah sebesar 10-30 US\$ (Kuusipalo, 1995 dalam Tampubolon *et.al*, 2001). Dengan asumsi hibah sebesar 10 US\$/ton karbon dan kurs 1 US\$ = Rp 8.000,-, maka pada tanaman ekaliptus rata-rata umur tujuh tahun di sektor Aek Nauli, akan menghasilkan hibah sebesar Rp 1.355.200,- per hektarnya. Sebagai salah satu jenis tanaman cepat tumbuh, tersedianya informasi mengenai jumlah karbon dalam biomassa batang tanaman *E. grandis* ini memberikan gambaran yang cukup baik mengenai prospek pengembangan hutan tanaman *E. grandis* karena tidak saja berpotensi sebagai bahan baku *pulp*, kertas, dan korek api tapi juga sebagai penyerap karbon.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Biomassa dan kandungan karbon pada batang *E. grandis* di Aek Nauli dapat diduga dengan menggunakan persamaan $B = 0,292D^{0,67}P^{1,20}$ untuk biomassa dan $C = 0,074D^{0,894}P^{1,09}$.
2. Parameter diameter cukup signifikan untuk menduga karbon sehingga membantu dalam kepraktisan dan keefektifan pengambilan dan akurasi data di lapangan. Dengan ini pendugaan menggunakan persamaan $B = 0,090D^{2,341}$ untuk biomassa dan $C = 0,025D^{2,413}$ untuk karbon.
3. Peningkatan produktifitas pohon *E. grandis* dalam menimbun karbon meningkat dari umur dua sampai enam tahun, dan sudah menunjukkan penurunan pada pohon yang mendekati umur masak tebang.

B. Saran

1. Pengelolaan hutan tanaman ekaliptus (*E. grandis*) yang dengan daur umur delapan tahun mempunyai potensi yang baik sebagai penyerap karbon. Dengan praktek manajemen dan silvikultur yang tepat, pengelolaan tersebut akan menghasilkan tanaman dengan biomassa dan karbon yang tinggi.
2. Untuk melengkapi data mengenai biomassa dan kandungan karbon pada tanaman *E. grandis*, perlu dikaji

kandungan karbon pada bagian tanaman lain seperti daun, cabang, dan akar dengan menggunakan variabel lain seperti tinggi tanaman, sehingga diperoleh informasi yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Hairiah, K., M. Van Noordwijk and C. Palm. 1999. Methods for sampling above-and below-ground organic pool. Hlm. 46-77 Dalam D. Murdiyarso, M. van Noordwijk and D.A. Suyanto, eds. Modelling Global Change Impacts on Soil Environment. IC-SEA Report No.6 BIOTROP-GCTE/Impacts Center for Southeast Asia (IC-SEA).
- Hendra, S. 2002. Model pendugaan biomassa pohon pinus (*Pinus merkusii* Jungh et de Vriese) di Kesatuan Pemangkuan Hutan Cianjur PT Perhutani Unit III Jawa Barat. Skripsi Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Heriansyah, I. dan C.A. Siregar. 2002. Biomassa dan kandungan karbon pada hutan tanaman *Acacia mangium*: Studi kasus konservasi karbon dalam upaya mengendalikan perubahan iklim global. Prosiding Diskusi Hasil-Hasil Litbang Rehabilitasi dan Konservasi Sumberdaya Hutan. hal: 125-130.
- Goel V.L. and H.M. Behl. 2000. Growth, biomass estimations and fuel quality evaluation of coppice plants of *Prosopis juliflora* on sodic soil site. Journal of Tropical Forest Science. 12(1):139-148.
- Krisnawati, H. dan D. Wahjono. 2003. Penggunaan model taper untuk menduga volume batang pohon jenis matoa (*Pometia pinnata*) di Halmahera, Maluku. Buletin Penelitian Hutan 637:11-24. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Kyrklund, B. 1990. The potential of forest industry in reducing excess atmospheric carbon dioxide. Unsylva. 163(41): 12-14.
- Schmidt, F.H. and J.H.A. Ferguson. 1951. Rainfall type based on wet and dry

- period ratios for Indonesia with Western New Guinea. Verh. No. 42. Direktorat Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Tampubolon, A.P., I.B.P. Parthama, A. Sukmana dan R.T. Kwatrina, 2000. Peluang peningkatan penerimaan daerah di Sumatera bagian utara dari jasa hutan sebagai penjerap karbon. Prosiding Peranan Kehutanan Dalam Penyelenggaraan Otonomi Daerah di Sumatera Bagian Utara, tanggal 25 Nopember 2000 di Parapat. Hal: 145-164.
- Balai Penelitian Kehutanan Pematang Siantar. Aek Nauli.
- Tampubolon, A.P., R.T. Kwatrina, A. Sukmana, D. Puspasari dan Sugiarti. 2001. Fungsi rosot karbon tanaman mangium dan karet serta implikasi pengelolaannya. Prosiding Optimalisasi Nilai Sumberdaya Hutan Untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat, tanggal 12 Nopember 2001 di Medan. Hal: 64-79. Balai Penelitian Kehutanan Pematang Siantar. Aek Nauli.

Lampiran (Appendix) 1. Kandungan karbon batang *E. grandis* berdasarkan persamaan $C = 0,074D^{0,98}P^{1,000}$ (Carbon content of *E. grandis* based on equation $C = 0,074D^{0,98}P^{1,000}$)

Diameter (cm)	Panjang batang (Length)(m)																			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
4	0,5	0,8	1,2																	
5	0,7	1,0	1,4	1,8																
6	0,8	1,2	1,7	2,1	2,6	3,1														
7		1,4	1,9	2,4	3,0	3,5	4,1	4,6												
8			2,2	2,8	3,4	4,0	4,6	5,2	5,9	6,5										
9			2,4	3,1	3,7	4,4	5,1	5,8	6,5	7,2	7,9									
10				3,4	4,1	4,9	5,6	6,4	7,2	7,9	8,7	9,5	10,3							
11					4,5	5,3	6,1	6,9	7,8	8,6	9,5	10,4	11,2	12,1	13,0					
12						5,7	6,6	7,5	8,4	9,3	10,3	11,2	12,2	13,1	14,1	15,0	16,0			
13						6,1	7,1	8,1	9,1	10,0	11,0	12,0	13,1	14,1	15,1	16,1	17,2	18,2		
14							7,6	8,6	9,7	10,7	11,8	12,9	14,0	15,0	16,1	17,2	18,4	19,5	20,6	
15							8,1	9,2	10,3	11,4	12,5	13,7	14,8	16,0	17,2	18,3	19,5	20,7	21,9	23,1
16								9,7	10,9	12,1	13,3	14,5	15,7	17,0	18,2	19,4	20,7	21,9	23,2	24,5
17								10,3	11,5	12,8	14,0	15,3	16,6	17,9	19,2	20,5	21,8	23,2	24,5	25,8
18									12,1	13,4	14,8	16,1	17,5	18,8	20,2	21,6	23,0	24,4	25,8	27,2
19									12,7	14,1	15,5	16,9	18,3	19,8	21,2	22,7	24,1	25,6	27,0	28,5
20											16,2	17,7	19,2	20,7	22,2	23,7	25,2	26,8	28,3	29,9
21											17,0	9,5	20,1	21,6	23,2	24,8	26,4	28,0	29,6	31,2
22													20,9	22,5	24,2	25,8	27,5	29,2	30,8	32,5
23													21,8	23,5	25,2	26,9	28,6	30,3	32,1	33,8
24														26,1	27,9	29,7	31,5	33,3	35,2	37,0
25														27,1	29,0	30,8	32,7	34,6	36,5	38,4
26																31,9	33,9	35,8	37,8	39,7
27																33,0	35,0	37,0	39,1	41,1
28																		40,3	42,4	44,6
29																			43,8	46,0
30																				45,1

Lampiran (Appendix) 2. Biomassa dan kandungan karbon batang *E. grandis* berdasarkan persamaan $B = 0,09D^{2,341}$ dan $C = 0,025D^{2,413}$ (Biomass and Carbon content of *E. grandis* stem based on equation $B = 0.09D^{2.34}$ and $C = 0.025D^{2.413}$)

Diameter (cm)	Biomassa (Biomass) (kg)	Karbon (Carbon) (kg)
4	2,31	0,71
5	3,90	1,21
6	5,97	1,89
7	8,56	2,74
8	11,71	3,78
9	15,42	5,02
10	19,74	6,47
11	24,67	8,14
12	30,24	10,05
13	36,47	12,19
14	43,38	14,57
15	50,99	17,21
16	59,30	20,11
17	68,35	23,28
18	78,13	26,72
19	88,68	30,45
20	99,99	34,46
21	112,09	38,77
22	124,98	43,37
23	138,69	48,28
24	153,22	53,50
25	168,59	59,04
26	184,80	64,90
27	201,87	71,09
28	219,81	77,61
29	238,63	84,47
30	258,34	91,67

Lampiran (Appendix) 3. Biomassa dan kandungan karbon batang *E. grandis* berdasarkan persamaan $B = 0,153D^{1,538}U^{0,967}$ dan $C = 0,037D^{1,859}U^{0,667}$ (Biomass and carbon content of *E. grandis* stem based on equation $B = 0,153D^{1,538}U^{0,967}$ and $C = 0,037D^{1,859}U^{0,667}$)

Diameter (cm)	Biomassa (Biomass) (kg)								Karbon (Carbon) (kg)							
	Umur (Age) (year)								Umur (Age) (year)							
	2	3	4	5	6	7	8		2	3	4	5	6	7	8	
4	2,53	3,75	4,95	6,14	7,32	8,50	9,67		0,77	1,01	1,22	1,42	1,60	1,77	1,94	
5	3,57	5,28	6,97	8,65	10,32	11,98	13,63		1,16	1,53	1,85	2,15	2,42	2,69	2,94	
6	4,72	6,99	9,23	11,45	13,66	15,85	18,04		1,63	2,14	2,59	3,01	3,40	3,77	4,12	
7	5,98	8,86	11,70	14,51	17,31	20,10	22,87		2,18	2,85	3,46	4,01	4,53	5,02	5,49	
8	7,35	10,88	14,36	17,82	21,26	24,68	28,08		2,79	3,66	4,43	5,14	5,81	6,43	7,03	
9	8,81	13,04	17,22	21,36	25,48	29,58	33,65		3,47	4,55	5,51	6,40	7,23	8,01	8,76	
10	10,36	15,33	20,25	25,12	29,96	34,78	39,57		4,22	5,54	6,71	7,78	8,79	9,74	10,65	
11	11,99	17,75	23,44	29,09	34,69	40,27	45,82		5,04	6,61	8,01	9,29	10,49	11,63	12,71	
12	13,71	20,29	26,80	33,25	39,66	46,04	52,38		5,93	7,77	9,41	10,92	12,34	13,67	14,95	
13	15,51	22,95	30,31	37,61	44,86	52,07	59,25		6,88	9,02	10,92	12,68	14,32	15,87	17,34	
14	17,38	25,72	33,97	42,15	50,27	58,36	66,40		7,90	10,35	12,54	14,55	16,43	18,21	19,91	
15	19,32	28,60	37,77	46,87	55,90	64,89	73,83		8,98	11,76	14,25	16,54	18,68	20,70	22,63	
16	21,34	31,58	41,71	51,76	61,74	71,66	81,54		10,12	13,26	16,07	18,65	21,06	23,34	25,51	
17	23,42	34,67	45,79	56,82	67,77	78,66	89,51		11,33	14,85	17,99	20,87	23,57	26,12	28,56	
18	25,58	37,85	50,00	62,04	74,00	85,89	97,73		12,60	16,51	20,00	23,21	26,21	29,05	31,76	
19	27,79	41,14	54,33	67,42	80,41	93,34	106,20		13,93	18,26	22,12	25,67	28,99	32,12	35,12	
20	30,08	44,51	58,79	72,95	87,01	101,00	114,92		15,32	20,08	24,33	28,23	31,89	35,34	38,63	
21	32,42	47,98	63,37	78,63	93,79	108,87	123,88		16,78	21,99	26,64	30,92	34,91	38,69	42,30	
22	34,82	51,54	68,07	84,47	100,75	116,95	133,07		18,29	23,98	29,05	33,71	38,07	42,19	46,12	
23	37,29	55,19	72,89	90,44	107,88	125,22	142,48		19,87	26,04	31,55	36,61	41,35	45,82	50,09	
24	39,81	58,92	77,82	96,56	115,18	133,69	152,12		21,51	28,18	34,15	39,63	44,75	49,60	54,22	
25	42,39	62,74	82,86	102,82	122,64	142,36	161,98		23,20	30,41	36,84	42,75	48,28	53,51	58,49	
26	45,03	66,64	88,01	109,21	130,27	151,21	172,05		24,96	32,71	39,62	45,98	51,93	57,55	62,92	
27	47,72	70,62	93,27	115,74	138,05	160,24	182,33		26,77	35,08	42,50	49,33	55,70	61,74	67,49	
28	50,46	74,69	98,64	122,40	145,99	169,46	192,82		28,64	37,54	45,48	52,78	59,60	66,06	72,21	
29	53,26	78,83	104,11	129,18	154,09	178,86	203,51		30,57	40,07	48,54	56,33	63,62	70,51	77,08	
30	56,11	83,05	109,68	136,10	162,34	188,43	214,40		32,56	42,67	51,70	60,00	67,76	75,09	82,09	