**MODEL PERSAMAAN ALLOMETRI BIOMASA TOTAL UNTUK ESTIMASI
AKUMULASI KARBON PADA TANAMAN *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen
(Total Biomass Allometric Equation Model For Assessing Accumulated Carbon
In *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen)**

Oleh/By :

Harris Herman Siringoringo dan/and Chairil Anwar Siregar

ABSTRACT

Tree growth supported by photosynthesis process can reduce concentration of carbondioxide in atmosphere. Therefore, the estimation of carbon fixation by tree plantations in relation to the global warming issue becomes more important as a means to quantify accumulated carbon in biomass. This research was aimed at estimating the increasing fixed carbon biomass of *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen plantations established in community based forestry. Soil of the study site is classified as Reddish Brown Latosol (Ferralsols) with B type climate (average annual rainfall 2929 mm) and located at Buniwangi village, Pelabuhan Ratu, Sukabumi (West Java). The total biomass production of *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen and its baseline are estimated by using allometric relationship between DBH-total biomass, and $(DBH)^2H$ -total biomass. The undergrowth biomass of *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen stands and undergrowth biomass of baseline vegetation (without *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen stands) are estimated by using allometric relationship between $(UC \times UH_{max})$ and above ground biomass. The increasing fixed carbon of *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen is calculated by subtracting carbon baseline from total biomass carbon production of *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen stands. The results show that the allometric equations of total biomass of *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen are $0.1479 (DBH)^{2.2989}$, ($R^2 = 0.9445$, DBH as variable); and $0.0986 ((DBH)^2H)^{0.8144}$, ($R^2 = 0.9458$, $(DBH)^2H$ as variable). Accumulated carbon biomass of *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen stands is approximately 3 times more than that of its baseline vegetations, in which 28.9 ton C/ha (based on DBH-biomass relation) and 28.05 ton C/ha (based on $(DBH)^2H$ -biomasa relation) are produced. Further, accumulated carbon biomass in baseline vegetation is 10.96 ton C/ha (DBH-biomass relation) and 9.05 ton C/ha ($(DBH)^2H$ -biomass relations). This research also indicates that the difference of undergrowth carbon biomass of the plantation and its baseline is low and apparently it is not significant, and the magnitudes are 2.06 ton C/ha and 1.9 ton C/ha, respectively. Results obtained from this research reveal that increasing fixed carbon of *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen ranges from 18 to 19 ton C/ha (equals to 66-70 ton CO_2 /ha) with tree density of 1,300 trees/ha.

Key words : Allometric equation, total biomass, accumulated carbon, increasing fixed carbon

ABSTRAK

Pertumbuhan pohon yang ditopang oleh proses fotosintesis dapat mengurangi konsentrasi karbondioksida di atmosfer. Oleh karena itu, pendugaan fiksasi karbon pada tanaman pohon yang dihubungkan dengan isu pemanasan global menjadi penting sebagai bagian dari upaya untuk mengetahui simpanan karbon dalam biomasa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang dugaan peningkatan simpanan karbon pada biomasa hutan tanaman rakyat jenis *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen yang disajikan dalam model matematik. Penelitian dilaksanakan pada tipe tanah Latosol Coklat Kemerahan (Ferralsols/Oxisols) dengan kondisi iklim tipe B (curah hujan tahunan 2.929 mm) di desa Buniwangi, Pelabuhan Ratu, Sukabumi, Jawa Barat. Biomasa total *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen dan vegetasi *baseline*-nya diduga dengan menggunakan keamatan hubungan allometri antara DBH dan biomasa total dan atau $(DBH)^2H$ dan biomasa total. Sedangkan biomasa tumbuhan bawah pada tegakan *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen dan *baseline* diduga dengan menggunakan keamatan hubungan allometri antara persen penutupan tajuk dikalikan dengan tinggi maksimum tumbuhan bawah ($UC \times UH_{max}$) dan biomasa tumbuhan bawah di atas tanah. Peningkatan karbon terfiksasi dihitung berdasarkan perbedaan produksi karbon biomasa antara tegakan hutan tanaman *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen dan vegetasi *baseline*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persamaan allometri yang dibangun untuk menduga biomasa total tegakan *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen adalah $0,1479 (DBH)^{2,2989}$, ($R^2 = 0,9445$) berdasarkan persamaan DBH-biomasa total; dan $0,0986 (DBH)^2H^{0,8144}$, ($R^2 = 0,9458$) berdasarkan persamaan $(DBH)^2H$ -biomasa total. Simpanan karbon dalam biomasa tegakan *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen hampir 3 kali lebih besar daripada biomasa pada

vegetasi *baseline*-nya, yaitu sebesar 28,9 ton karbon/ha (persamaan DBH-biomasa) dan 28,05 ton karbon/ha (persamaan $(DBH)^2H$ -biomasa, dan simpanan karbon pada vegetasi *baseline*-nya sebesar 10,96 ton C/ha (persamaan DBH-biomasa) dan 9,05 ton C/ha (persamaan $(DBH)^2H$ -biomasa). Sedangkan selisih produksi karbon dalam biomasa tumbuhan bawah tegakan *Paraserinthes falcataria* (L) Nielsen dan tumbuhan bawah vegetasi *baseline* terbukti sangat kecil dan tidak berbeda nyata, yakni masing-masing sebesar 2,06 ton C/ha dan 1,9 ton C/ha, secara berurutan. Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa peningkatan karbon terfiksasi oleh tegakan *Paraserinthes falcataria* (L) Nielsen adalah sebesar 18-19 ton C/ha atau setara dengan 66-70 ton CO₂/ha, dengan kerapatan tegakan sebesar 1.300 pohon/ha.

Kata kunci : Persamaan allometri, biomasa total, simpanan karbon, peningkatan karbon terfiksasi

I. PENDAHULUAN

Sejak permulaan revolusi industri pada pertengahan tahun 1800 hingga tahun 2001 konsentrasi CO₂ telah meningkat sebesar 30 % (Post *et al.*, 2006) sebagai akibat meningkatnya emisi gas rumah kaca yang dipengaruhi oleh kegiatan manusia (antropogenik), terutama pemanfaatan bahan bakar fosil berupa batubara, minyak dan gas bumi, dan deforestasi. Berdasarkan laporan IPCC *Special Report on LULUCF* tahun 2000 dan US EPA (2006) sebesar 20 % emisi CO₂ tahunan dunia disumbangkan oleh kegiatan deforestasi di hutan-hutan tropis. Pada tahun 1995, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (UNEP, 1995) melaporkan bahwa meningkatnya emisi gas rumah kaca terutama gas CO₂ telah mendorong terjadinya perubahan iklim global yang menyebabkan terjadinya fenomena kenaikan suhu bumi, kebakaran hutan, angin ribut, kenaikan permukaan laut, dan pergeseran musim. Perubahan iklim yang dimaksud adalah perubahan unsur-unsur iklim, yakni udara dan curah hujan, dalam jangka panjang (50-100 tahun) yang dipengaruhi oleh kegiatan manusia (Murdiyarso, 2003).

Karena gas rumah kaca terutama CO₂ mempunyai masa tinggal (*life time*) di atmosfer sangat lama, yaitu sekitar 100 tahun, maka dampak negatif dari akumulasi gas rumah kaca tersebut akan dirasakan dalam jangka waktu cukup lama pula (Murdiyarso, 2003). Dengan demikian,

perlu upaya stabilisasi konsentrasi gas tersebut pada level tertentu untuk mencegah gangguan yang berbahaya terhadap sistem iklim yang pada gilirannya akan menjadi ancaman terhadap kehidupan makhluk hidup di muka bumi.

Salah satu bentuk upaya penurunan emisi gas rumah kaca yang telah diatur dalam Mekanisme Pembangunan Bersih (MPB) Kehutanan adalah peningkatan serapan (*rosot*, *sink*) melalui kegiatan penambatan karbon (*carbon sink*) terutama oleh hutan alam dan hutan tanaman.

Hutan dapat berfungsi sebagai *reservoir* karbon melalui penyimpanan karbon dalam pohon, tumbuhan bawah, lantai hutan, dan tanah. Hutan dapat menyerap CO₂ dari atmosfer melalui reaksi fotosintesis selama pertumbuhan tegakan berlangsung. Oleh karena itu, vegetasi hutan tanaman dapat berfungsi sebagai *sink* penyimpan karbon untuk mitigasi emisi karbon. Berbagai penelitian yang mengarah pada prediksi *carbon sink* dari hutan tanaman telah dimulai, namun demikian, menurut US EPA (2006), kemampuan penambatan karbon (*carbon sequestration*) bervariasi berdasarkan jenis tanaman, tipe tanah, iklim setempat, topografi, dan sistem pengelolaan yang diterapkan.

Hasil penelitian Chijicke *et al.* (1980) di Brazil menunjukkan bahwa jenis tanaman hutan *Gmelina arborea* jenis pohon cepat tumbuh umur enam tahun yang ditanam pada tipe tanah *Dystric Nitosol* mampu memproduksi biomasa

total di atas tanah sebesar 122 ton/ha di mana 65 % merupakan bobot batang pohon (*stem-wood*). Sedangkan jenis *Pinus caribaea* pada umur tanaman yang sama tetapi jenis tanah berbeda, yaitu tipe tanah *Ferralsol Arenosol* memproduksi biomasa total sebesar 66 ton/ha, di mana 71 %-nya (46,8 ton/ha) adalah bagian batang pohon. Di antara jenis pohon cepat tumbuh yang dikembangkan di Indonesia adalah *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen yang adaptif pada lahan kritis.

Penelitian ini dimaksudkan untuk membangun persamaan allometri hutan tanaman *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen (sengon) serta merangkum informasi tentang simpanan karbon yang ada pada tegakan *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen dan vegetasi *baseline*-nya, termasuk masing-masing tanaman bawahnya (*undergrowth*). Selanjutnya data tersebut digunakan untuk menduga peningkatan produksi karbon terfiksasi dalam biomasa oleh hutan tanaman *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen di desa Buniwangi, Pelabuhan Ratu, Sukabumi (Jawa Barat).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan informasi mengenai kapasitas (total) tegakan jenis *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen dalam memberikan kontribusi pada *carbon sequestration* dan mitigasi pemanasan global.

II. METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di areal hutan tanaman rakyat jenis *P. falcataria* di desa Buniwangi, Kecamatan Pelabuhan Ratu, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Pada saat penelitian dilaksanakan, jarak tegakan *P. falcataria* bervariasi, yaitu 3 m x 3 m, 2 m x 3 m, 2 m x 2 m; tanaman berumur enam sampai tujuh tahun; serta tanaman sulaman dengan jenis tanaman

sela, antara lain kopi (*Coffea arabica*), nangka (*Artocarpus integra*), durian (*Durio zibethinus*), karet (*Havea brasiliensis*), jengkol (*Zygia jeringa*), dan cengkeh (*Eugenia aromatica*). Jenis tumbuhan bawah pada tegakan *P. falcataria* dan vegetasi *baseline*/hutan sekunder (kondisi awal tanpa kegiatan pembuatan hutan tanaman) didominasi oleh semak dan perdu, antara lain rumput jalar, *Melastoma* sp., *Imperata cylindrica*, kirinyuh (*Eupatorium* sp) dan beberapa tanaman merambat (liana), lengkuas (*Zingiberaceae* sp), serta paku tiang (*Cyathea contaminance*).

Jenis tanah pada lokasi penelitian adalah Latosol Coklat Kemerahan (menurut klasifikasi Dudal dan Moorman), setara dengan Ferralsols (FAO) atau Oxisols (USDA). Tanah terbentuk dari bahan induk berupa batuan tufa vulkanik. Fraksi (pecahan) batuan tufa vulkanik kadang-kadang terlihat pada horizon B pada penampang profil tanah.

Topografi lokasi penelitian termasuk kategori berbukit sampai bergunung, dengan kemiringan lereng 41-43 %, ketinggian tempat 220-230 m dpl.

Keadaan iklim berdasarkan pengamatan dua dasawara terakhir di stasiun pengamatan terdekat (desa Pasir Salam) adalah sebagai berikut :

1. Jumlah rata-rata bulan kering (curah hujan ≤ 60 mm/bulan) adalah 2,1, maksimum 5,1 (frekuensi 1).
2. Jumlah rata-rata bulan basah per tahun (curah hujan ≥ 60 mm/bulan) adalah 9,1, maksimum 12 (frekuensi 1).
3. Nilai Q (tipe iklim) berdasarkan jumlah bulan basah dan bulan kering = 23,0 (tipe iklim B) setara dengan tipe Af berdasarkan klasifikasi Koppen. Rata-rata curah hujan per tahun = 2929 mm (Schmidt dan Ferguson, 1951).

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian di lapangan adalah tegakan *P.*

falcataria dan vegetasi *baseline* serta semua jenis tumbuhan bawah (*under-growth*), contoh biomasa. Peralatan yang digunakan adalah kompas, altimeter, Haga, meteran, kamera, *chainsaw*, timbangan, gergaji, golok, dan alat tulis. Sedangkan alat-alat yang digunakan di laboratorium adalah oven, timbangan analitik, dan perlengkapan laboratorium lainnya.

C. Metode

1. Pengukuran Biomasa

Tegakan *P. falcataria* dalam petak berukuran 20 m x 30 m dengan empat ulangan diukur tinggi dan diameternya dengan metode sensus (inventarisasi penuh). Dalam penelitian ini penebangan pohon dilakukan berdasarkan ukuran diameter pohon yang dibagi menjadi 6 tingkat interval diameter, yaitu $\geq 2-5$ cm; 6-10 cm; 11-15 cm; 16-20 cm; 21-25 cm; 26-30 cm. Jumlah pohon yang ditebang pada masing-masing tingkat interval diameter pohon sebanyak enam pohon, kecuali pada tegakan berdiameter 26-30 cm ditebang sebanyak empat pohon, sehingga total tegakan *P. falcataria* yang ditebang sebanyak 34 pohon. Setelah pohon contoh ditebang dan diukur dbh dan tingginya, masing-masing cabang hidup, cabang mati, dan daun dipisahkan. Kemudian batang dipotong masing-masing pada ketinggian 0,3 m; 1,3 m; 3,3 m; 5,3 m; 7,3 m; dan seterusnya; diameter setiap potongan batang diukur dan ditimbang beratnya. Setelah itu akar pohon dicabut dan ditimbang beratnya. Dari setiap komponen batang, cabang, daun, dan akar diambil contoh kurang lebih 200 g dan ditimbang, kemudian dimasukkan masing-masing ke dalam kantong kertas yang berbeda. Contoh biomasa sebaiknya sesegera mungkin dibawa ke laboratorium untuk dikeringkan dalam oven untuk diketahui bobot keringnya.

2. Pengukuran Biomasa Vegetasi *Baseline*

Vegetasi *baseline* yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kondisi awal tanpa kegiatan pembuatan hutan tanaman. *Baseline* dapat berupa hutan sekunder, belukar, perdu, maupun rerumputan yang ada pada areal sekitar hutan tanaman yang akan dibangun.

Petak penarikan contoh untuk pengukuran biomasa vegetasi *baseline* sebanyak empat petak dan masing-masing berukuran 10 m x 10 m. Semua vegetasi berkayu yang berdiameter (dbh) ≥ 2 cm yang ada pada petak-petak *baseline* diinventarisir dan diamati distribusi data diameternya dengan metode sensus. Setelah sensus, dipilih 12 pohon besar dan kecil (untuk *destructive*) yang jumlah dan jenisnya ditentukan berdasarkan sebaran datanya. Pohon ditebang kemudian ditimbang biomasanya.

3. Pengukuran Biomasa Tanaman Bawah

Tumbuhan bawah yang dimaksud dalam penelitian ini adalah tanaman yang berdiameter lebih kecil ($<$) dari 2 cm. Pada petak pengambilan contoh biomasa vegetasi *baseline* (5 sub plot berukuran 10 m x 10 m) dibuat 10 sub petak berukuran 2 m x 2 m, diukur % penutupan dan tinggi tanaman bawah tertinggi pada masing-masing sub petak, ditimbang masing-masing berat biomasa tumbuhan bawah di atas tanah (*above ground*), rumput (*grasses*), dan serasah (*necromas*), kemudian diambil masing-masing contoh biomasa (lebih kurang 200 g) dan dimasukkan dalam kantong kertas untuk selanjutnya ditentukan berat kering oven di laboratorium.

4. Pengeringan Contoh Biomasa

Semua contoh yang dibawa dari lapangan dikeringkan di dalam oven pada suhu 85°C selama dua hari untuk contoh daun, ranting kecil, dan selama empat hari untuk contoh batang besar. Setelah

kering contoh ditimbang dan dicatat berat keringnya. Data berat kering digunakan untuk mengetahui berat kadar air masing-masing komponen tanaman.

D. Analisis Data

1. Perhitungan Biomasa Total

Berat kering total (*TDW*, *total dry weight*) vegetasi dihitung berdasarkan berat basah total (*TFW*, *total fresh weight*), berat basah contoh (*SFW*, *sample fresh weight*), dan berat kering contoh (*SDW*, *sample dry weight*) dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat kering total (TDW)} = \text{SDW/SFW} \times \text{TFW} \dots \dots \dots (1)$$

2. Model Persamaan Allometri Vegetasi Baseline dan Hutan Tanaman

Model persamaan allometri yang dibangun masing-masing pada vegetasi *baseline* dan hutan tanaman *P. falcataria* adalah :

$$a. \quad Y = a (\text{DBH})^b \dots \dots \dots (2)$$

$$b. \quad Y = a ((\text{DBH})^2 H)^b \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

a, b = koefisien (*coefficient*)

DBH = diameter setinggi dada (*diameter breast height*) (cm)

H = tinggi pohon (*tree height*) (m)

Y = berat kering biomasa (*biomass dried weight*) (kg)

3. Model Persamaan Allometri Tanaman Bawah

Model persamaan allometri yang akan dibangun untuk tanaman bawah adalah :

$$Y = m (\text{UC} \times \text{UH}_{\text{max}})^n \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

m, n = koefisien (*coefficient*)

Y = berat kering biomasa tanaman bawah di atas tanah dalam plot (*undergrowth plant biomass dried weight above ground on the plots*) (kg)

UC = % penutupan tajuk tanaman bawah (*undergrowth coverage*)

UH-max = tinggi tanaman bawah tertinggi (*undergrowth height-max*) (m).

3. Perhitungan Karbon Terfiksasi oleh Tegakan *P. falcataria*

Karbon yang difiksasi oleh tegakan hutan tanaman rakyat jenis *P. falcataria* dihitung sebagai berikut :

$$C_{(f)} \text{ (ton/ha)} = (C_{(sb)} + C_{(ub)1}) - (C_{(bb)} + C_{(ub)2}) \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

$C_{(f)}$ = karbon terfiksasi (*fixed carbon*) oleh jenis tegakan *P. falcataria*

$C_{(sb)}$ = karbon pada biomasa tegakan (*stand biomass*)

$C_{(ub)1}$ = karbon pada biomasa tumbuhan bawah tegakan (*undergrowth biomass of stand*)

$C_{(bb)}$ = karbon pada biomasa *baseline* (*baseline biomass*)

$C_{(ub)2}$ = karbon pada biomasa tumbuhan bawah *baseline* (*undergrowth biomass of baseline*)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Vegetasi Baseline

Pada plot *baseline* teridentifikasi sebanyak 12 jenis tanaman berkayu yang ditentukan berdasarkan distribusinya pada petak penarikan contoh. Tabel 1 menjelaskan jenis tanaman yang ditebang berikut data parameter tinggi dan diameter tanaman yang digunakan untuk membangun model persamaan allometri dan pendugaan produksi biomasa pada vegetasi *baseline*.

B. Model Persamaan Allometri Tegakan *P. falcataria* dan Vegetasi Baseline

Model persamaan allometri tegakan *P. falcataria* berdasarkan hubungan antara DBH dan biomasa adalah sebagai berikut : biomasa total = $0,1479 (\text{DBH})^{2,2989}$, ($R^2 = 0,9445$); biomasa di atas tanah (*above ground biomass, AGB*) = $0,1126 (\text{DBH})^{2,3445}$, ($R^2 = 0,9397$); dan biomasa akar = $0,0281 (\text{DBH})^{2,697}$, ($R^2 = 0,9293$). Sedangkan persamaan allometri

berdasarkan hubungan antara $(DBH)^2H$ dan biomasa adalah sebagai berikut : biomasa total = $0,0986 ((DBH)^2H)^{0,8144}$ ($R^2 = 0,9458$); biomasa di atas tanah = $0,0742((DBH)^2H)^{0,831}$, ($R^2 = 0,9421$); biomasa akar = $0,0195 (DBH^2*H)^{0,76639}$, ($R^2 = 0,9252$).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model-model persamaan allometri tersebut di atas secara statistik dapat digunakan untuk menduga biomasa total, biomasa di atas tanah, maupun biomasa akar tanaman *P. falcataria* yang berdiameter pada kisaran > 2 cm hingga 30 cm, karena seluruh persamaan memiliki nilai koefisien determinasi yang sangat tinggi ($R^2 > 0,90$). Dengan

demikian, dengan hanya mengetahui diameter atau diameter beserta tinggi dan tanpa mengetahui umur suatu tegakan *P. falcataria* pada kondisi lahan maupun kondisi iklim yang sama, pendugaan produksi biomasa dan karbon dari suatu areal hutan tanaman *P. falcataria* dapat dilakukan dengan mudah. Gambar 1 dan Gambar 2 secara berturut-turut menjelaskan hubungan antara DBH dan biomasa serta antara $(DBH)^2H$ dan biomasa (biomasa total, biomasa atas tanah, serta biomasa akar) tegakan *P. falcataria*. Untuk keperluan praktis, maka penggunaan variabel diameter saja sudah cukup dalam mengestimasi biomasa tegakan tanaman sengon.

Tabel (Table) 1. Daftar jenis tanaman yang ditebang, parameter pertumbuhan, dan berat kering biomasa pada vegetasi baseline (List of extracted species, growth parameters, and biomass dry weight of baseline vegetations)

No.	Jenis vegetasi (Vegetation species)	Diameter (DBH) (cm)	Tinggi (Height) (m)	Berat kering akar (Root dry weight) (kg)	Berat kering biomasa di atas tanah (AGB dry weigh) (kg)	Berat kering biomasa total (Total biomass dry weight) (kg)	$(DBH)^2H$
1.	<i>Glumea balsamifera</i> DC (Sembung)	2,2	3,86	0,22	0,99	1,21	18,68
2.	<i>Antidesma montanum</i> (Peuris)	3,3	4,33	0,47	2,07	2,54	47,15
3.	<i>Glochidion seiceum</i> (Hanjere) (1)	5,5	6,83	1,72	9,18	10,90	206,61
4.	<i>Alstonia scholaris</i> (Lame)	4,2	4,45	0,58	1,36	1,94	78,50
5.	<i>Piper aduncum</i> L. (Seuseureuhan)	2,9	5,54	0,36	1,37	1,73	46,59
6.	<i>Melastoma malabathricum</i> L (Harendong)	2,1	3,9	0,37	2,18	2,55	17,20
7.	<i>Glochidion seiceum</i> (Hanjere) (2)	4,5	6	1,31	5,33	6,65	121,50
8.	<i>Oraxylum indicum</i> (L) Vent (Pongporang)	9	7,33	6,50	24,42	30,91	593,73
9.	<i>Gliricidia sepium</i> (Cembreng)	4	3,77	2,71	2,28	4,98	60,32
10.	<i>Vitex pinnata</i> (Laban)	4,3	7,1	0,80	3,90	4,70	131,28
11.	<i>Bridelia monoeca</i> Merr (Bungbulang)	4,2	4,77	0,51	2,77	3,27	84,14
12.	<i>Wrightia calycina</i> A. DC (Bintaos)	2,2	2,5	0,52	0,73	1,25	12,10

Gambar (Figure) 1. Keeratan hubungan antara DBH dan berat kering biomasa total, biomasa di atas tanah, serta biomasa akar pada tegakan *P. falcataria* (Allometric relationship of DBH-total biomass, above ground biomass, and root biomass of *P. falcataria* stands)

Gambar (Figure) 2. Keeratan hubungan antara $(DBH)^2H$ dengan berat kering biomasa total, biomasa di atas tanah, serta biomasa akar pada tegakan *P. falcataria* (Allometric relationship of $(DBH)^2H$ -total biomass, above ground biomass, and root biomass of *P. falcataria* stands)

Model persamaan allometri untuk vegetasi *baseline* berdasarkan hubungan antara DBH dan biomasa adalah sebagai berikut : biomasa total = $0,2644 (DBH)^{2,0075}$ ($R^2 = 0,8086$); biomasa di atas tanah = $0,1892 (DBH)^{2,0436}$ ($R^2 = 0,7722$); biomasa akar = $0,0625 (DBH)^{1,9472}$ ($R^2 = 0,7221$). Sedangkan model persamaan allometri berdasarkan

hubungan antara $(DBH)^2H$ dan biomasa adalah sebagai berikut : biomasa total = $0,1485((DBH)^2H)^{0,649}$, ($R^2 = 0,8053$); biomasa di atas tanah = $0,0956 ((DBH)^2H)^{0,8015}$, ($R^2 = 0,8146$); serta biomasa akar = $0,0442 ((DBH)^2H)^{0,6906}$, ($R^2 = 0,6235$). Keeratan hubungan antara DBH dan biomasa serta antara $(DBH)^2H$ dan biomasa pada vegetasi *baseline*

diilustrasikan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Nilai koefisien determinasi vegetasi *baseline* berkisar antara 0,6 sampai 0,8. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan allometri tersebut cukup memadai untuk digunakan di dalam mengestimasi besarnya biomasa pada vegetasi *baseline*. Relatif rendahnya nilai koefisien determinasi diduga karena pengaruh

beberapa faktor, antara lain keragaman jenis vegetasi pada plot *baseline*, jumlah contoh yang ditebang, serta parameter pertumbuhan vegetasi yang relatif masih kecil, yaitu diameter berkisar antara 2,2-4,5 cm dan tinggi berkisar antara 2,5-7,33 m. Untuk keperluan praktis, maka penggunaan variabel diameter saja sudah memadai dalam menduga besarnya biomasa total.

Gambar (Figure) 3. Keeratan hubungan antara DBH dan berat kering biomasa total, biomasa di atas tanah, serta biomasa akar pada vegetasi *baseline* (*Allometric relationship of DBH-total biomass, above ground biomass, and root biomass of baseline vegetations*)

Gambar (Figure) 4. Keeratan hubungan antara $(DBH)^2H$ dan berat kering biomasa total, biomasa di atas tanah, dan biomasa akar pada vegetasi *baseline* (*Allometric relationship of $(DBH)^2H$ -total biomass, above ground biomass, and root biomass of baseline vegetations*)

C. Pendugaan Produksi Biomasa pada Tegakan *P. falcataria* dan Vegetasi Baseline

Pendugaan produksi biomasa pada tegakan *P. falcataria* dan vegetasi *baseline* berdasarkan hubungan antara DBH dan biomasa serta hubungan antara $(DBH)^2H$ dan biomasa masing-masing secara berurutan ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Perhitungan pendugaan produksi biomasa pada tegakan *P. falcataria* maupun vegetasi *baseline* dengan menggunakan model persamaan allometri $Y = aDBH^b$, sedikit lebih tinggi dibanding dengan menggunakan perhitungan model persamaan allometri $Y = a((DBH)^2H)^b$. Produksi biomasa tanaman *P. falcataria* yang ditanam pada jenis tanah Latosol Coklat Kemerahan (Ferralsol/Oxisols) dengan kerapatan berkisar antara 1.300

pohon per hektar, berdasarkan persamaan DBH-biomasa adalah sebesar 57,80 ton/ha dan berdasarkan persamaan $(DBH)^2H$ sebesar 56,01 ton/ha, sekitar tiga kali lebih besar daripada produksi biomasa pada vegetasi *baseline* dengan kondisi kerapatan pohon berkayu 2.880 pohon/ha. Produksi *baseline* berdasarkan persamaan DBH-biomasa adalah sebesar 21,93 ton/ha dan berdasarkan persamaan $(DBH)^2H$ adalah sebesar 18,10 ton/ha. Hal ini menunjukkan bahwa jenis tegakan *P. falcataria* mempunyai potensi yang besar dalam memfiksasi karbon atmosfer dalam periode yang relatif singkat (masa daur 10 tahun). Potensi tersebut tentu masih bisa ditingkatkan apabila jenis tanaman ini dikembangkan dengan sistem pengelolaan tanaman secara benar serta ditanam pada suatu lahan yang lebih sesuai.

Tabel (Table) 3. Produksi biomasa tegakan *P. falcataria* (Biomass production of *P. falcataria* stands)*)

Plot	N (Number of trees/0,06ha)	Y = DBH			Y = $(DBH)^2H$		
		Biomasa di atas tanah (AGB) ton/ha	Biomasa akar (Root biomass) ton/ha	Biomasa total (Total biomass) ton/ha	Biomasa di atas tanah (AGB) ton/ha	Biomasa akar (Root biomass) ton/ha	Biomasa total (Total biomass) ton/ha
I	82	29,50	4,89	34,39	28,98	4,81	33,79
II	96	59,78	9,50	69,28	59,78	9,42	69,20
III	55	62,00	9,09	71,08	58,36	8,64	66,99
IV	79	48,71	7,73	56,44	46,66	7,39	54,05
Rerata (Mean)		50,00	7,80	57,80	48,44	7,56	56,01

*) Berat kering total (Total dry weight)

Tabel (Table) 4. Produksi biomasa vegetasi *baseline* (Biomass production of *baseline* vegetations)*)

Plot	N (Number of trees/0,06 ha)	Y = DBH			Y = $(DBH)^2H$		
		Biomasa di atas tanah (AGB) ton/ha	Biomasa akar (Root biomass) ton/ha	Biomasa total (Total biomass) ton/ha	Biomasa di atas tanah (AGB) ton/ha	Biomasa akar (Root biomass) ton/ha	Biomasa total (Total biomass) ton/ha
I	18	14,33	3,89	18,60	12,56	3,06	15,76
II	31	19,24	5,28	25,08	19,39	4,73	24,34
III	12	18,70	4,86	23,88	18,67	3,87	22,18
IV	16	13,29	3,46	16,97	6,56	1,63	8,26
V	33	19,17	5,32	25,10	15,59	4,02	19,93
Rerata (Mean)		16,95	4,56	21,93	14,56	3,46	18,10

*) Berat kering total (Total dry weight)

D. Persamaan Allometri dan Pendugaan Produksi Biomasa Tumbuhan Bawah pada Tegakan *P. falcataria* dan Vegetasi *Baseline*

Model persamaan allometri tumbuhan bawah pada tegakan *P. falcataria* adalah $Y = 0,1292x^{0,6873}$, ($R^2 = 0,6159$), sedangkan model persamaan allometri tumbuhan bawah pada vegetasi *baseline* adalah $Y = 0,7601x^{0,1297}$, ($R^2 = 0,0066$).

Keeratan hubungan antara UC x H-max dan biomasa tumbuhan bawah di atas tanah pada vegetasi *baseline* dan tegakan *P. falcataria* diilustrasikan secara berturut-turut pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Persamaan allometri untuk pendugaan produksi biomasa tumbuhan bawah pada vegetasi *baseline* menghasilkan R^2 yang sangat rendah, yaitu 0,0066. Rendahnya nilai koefisien

Gambar (Figure) 5. Keeratan hubungan antara UC*H-max dan berat kering biomasa tumbuhan bawah di atas tanah dari vegetasi *baseline* (Allometric relationship of UCxH-max and above ground undergrowth biomass of baseline vegetations)

Gambar (Figure) 6. Keeratan hubungan antara UC*H-max dan biomasa tumbuhan bawah di atas tanah pada tegakan *P. falcataria* (Allometric relationship of UCxH-max and above ground undergrowth biomass of *P. falcataria* stands)

korelasi tersebut diduga karena pengaruh, antara lain keragaman jenis-jenis tanaman bawah pada plot *baseline*, peninggi (H) pada rumus bukan jenis tumbuhan bawah yang dominan.

Demikian juga halnya tumbuhan bawah pada tegakan *P. falcataria*, pendugaan produksi biomasa tumbuhan bawahnya menghasilkan R^2 -nya relatif rendah (0,6159). Selain pengaruh faktor peninggi (H_{max}) yang tidak mewakili tumbuhan bawah yang didominasi oleh rerumputan, rendahnya nilai R^2 tersebut diduga karena kepadatan yang tidak homogen pada masing-masing sub plot.

Berdasarkan data perhitungan pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7 produksi biomasa tumbuhan bawah pada tegakan *P. falcataria* yaitu sebesar 4,17 ton/ha, sedikit lebih tinggi dibanding produksi biomasa tumbuhan bawah pada vegetasi *baseline* (hutan sekunder) yaitu sebesar 3,81 ton/ha.

Produksi biomasa tumbuhan bawah yang sedikit lebih tinggi pada tegakan *P. falcataria* diduga karena tumbuhan bawah ini didominasi oleh jenis rerumputan yang pada umumnya tumbuh lebih baik pada kondisi naungan di bawah tegakan *P. falcataria*.

Walaupun produksi biomasa tumbuhan bawah pada tegakan *P. falcataria* sedikit lebih tinggi daripada tumbuhan bawah pada vegetasi *baseline*, perbedaan produksi biomasa tumbuhan bawah (implikasinya pada *fixed carbon*) dalam penelitian ini terbukti sangat kecil (2,08-

1,90 ton C/ha). Dengan demikian perbedaan kandungan C antara tumbuhan bawah tersebut tidak terlalu berarti dan tidak digunakan sebagai variabel peningkatan karbon terfiksasi oleh hutan tanaman rakyat jenis *P. falcataria*. Hal ini perlu diperhatikan karena produksi biomasa tumbuhan bawah dapat berubah sejalan dengan aktivitas manusia serta pengaruh sistem pengelolaan (misalnya pembersihan gulma/*weeding*, penggembalaan, pengambilan pakan ternak) yang diterapkan pada areal hutan tanaman rakyat jenis *P. falcataria* tersebut.

E. Kemampuan Tegakan *P. falcataria* dalam Meningkatkan Fiksasi Karbon

Kemampuan tegakan *P. falcataria* dalam menaikkan fiksasi karbon dihitung berdasarkan selisih antara karbon terfiksasi pada tegakan *P. falcataria* dan karbon terfiksasi pada vegetasi *baseline*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan menaikkan fiksasi karbon oleh tegakan *P. falcataria* berdasarkan persamaan DBH-biomasa adalah sebesar 17,94 ton C/ha setara dengan 65,78 ton CO_2 /ha, dan berdasarkan persamaan $(DBH)^2H$ -biomasa sebesar 19,0 ton C/ha setara dengan 69,97 ton CO_2 /ha (Tabel 8). Dengan demikian usaha penanaman hutan tanaman rakyat jenis *P. falcataria* mampu menaikkan fiksasi karbon sebesar 18-19 ton C/ha pada saat tanaman berumur enam sampai tujuh tahun dengan distribusi tanaman sebesar 1.300 pohon/ha.

Tabel (Table) 5. Produksi biomasa tumbuhan bawah pada vegetasi *baseline* (*Undergrowth biomass production of baseline vegetations*)

Plot (Plot)	Penutupan (Coverage) (C) (%)	Tinggi (Height) (m)	Berat kering total (Total dry weight) (kg)	C*H	Biomasa (Biomass) (kg)	Biomasa/plot (Biomass/plot) (kg/plot)	Luas (Width) (ha)	Biomasa (Biomass) (ton/ha)
Ia	70	3,75	2,15	262,50	1,57	3,01	0,0004	3,76
Ib	85	1,65	2,27	140,25	1,44		0,0004	
IIa	80	2,9	1,93	232,00	1,54	3,02	0,0004	3,77
IIb	90	1,85	0,90	166,50	1,48		0,0004	
IIIa	90	1,85	1,81	166,50	1,48	3,12	0,0004	3,89
IIIb	95	3,95	1,44	375,25	1,64		0,0004	
IVa	60	3,5	0,84	210,00	1,52	3,08	0,0004	3,85
IVb	85	2,95	3,58	250,75	1,56		0,0004	
Va	85	1,85	1,17	157,25	1,46	3,03	0,0004	3,78
Vb	90	2,85	0,88	256,50	1,56		0,0004	
Rerata (Mean)								3,81

Tabel (Table) 6. Produksi biomasa tumbuhan bawah pada tegakan *P. falcataria* (*Undergrowth biomass production of P. falcataria stands*)

Plot (Plot)	Penutupan (Coverage) (C) (%)	Tinggi (Height) (m)	Berat kering total (Total dry weight) (kg)	C*H	Biomasa (Biomass) (kg)	Biomasa/plot (Biomass/plot) (kg/plot)	Luas (Width) (ha)	Biomasa (Biomass) (ton/ha)
Ia	95	0,5	1,76	47,50	1,84	3,35	0,0004	4,19
Ib	90	0,4	1,57	36,00	1,52		0,0004	
IIa	95	0,55	2,00	52,25	1,96	3,73	0,0004	4,66
IIb	90	0,5	1,80	45,00	1,77		0,0004	
IIIa	90	0,5	1,38	45,00	1,77	2,96	0,0004	3,71
IIIb	85	0,3	1,23	25,50	1,20		0,0004	
IVa	85	0,4	1,42	34,00	1,46	3,31	0,0004	4,13
IVb	80	0,6	2,31	48,00	1,85		0,0004	
Rerata (Mean)								4,17

Tabel (Table) 7. Perbandingan produksi biomasa tumbuhan bawah di atas tanah pada tegakan *P. falcataria* dan vegetasi *baseline* (*Comparison of above ground undergrowth biomass production of P. falcataria stands and baseline vegetations*)

Tumbuhan bawah (Undergrowth)	Biomasa di atas tanah (Above ground biomass) (Y = m(UC x UH-max) n (ton/ha)	Karbon (C) (0,5 x Biomasa) (ton/ha)	CO2 (C x 44/12) (ton/ha)
<i>P. falcataria</i>	4,17	2,08	7,64
Baseline	3,81	1,90	6,98

Tabel (Table) 8. Kemampuan fiksasi karbon tegakan *P. falcataria* (*Increasing fixed carbon of P. falcataria stands*)

Vegetasi (Vegetation)	Y = (DBH) ² H (ton/ha)	Y = DBH (ton/ha)	Karbon (C) (0,5 x Biomasa) (ton/ha)		CO2 (Cx44/12) (ton/ha)	
			Y = (DBH) ² H	Y = DBH	Y = (DBH) ² H	Y = DBH
<i>P. falcataria</i>	56,01	57,80	28,05	28,9	102,85	105,97
Baseline	18,10	21,93	9,05	10,96	33,18	40,19
Karbon ter-fiksasi (Fixed carbon)	37,91	35,87	19,0	17,94	69,97	65,78

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Model persamaan allometri tegakan *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen berdasarkan hubungan antara DBH dan biomasa total = $0,1479 (\text{DBH})^{2,2989}$, ($R^2 = 0,9445$) dan berdasarkan hubungan antara $(\text{DBH})^2 H$ dan biomasa total = $0,0986 ((\text{DBH})^2 H)^{0,8144}$, ($R^2 = 0,9458$). Kedua model persamaan allometri tersebut di atas dapat diterapkan untuk pendugaan simpanan karbon pada tegakan *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen pada kondisi

lahan maupun iklim yang sejenis, hal ini terlihat dari tingginya nilai koefisien determinasi ($R^2 > 90 \%$). Untuk keperluan praktis maka penggunaan satu variabel DBH sudah memadai.

2. Model persamaan allometri pada vegetasi *baseline* berdasarkan hubungan antara DBH dan biomasa total = $0,2644 (\text{DBH})^{2,0075}$, ($R^2 = 0,8086$), dan berdasarkan hubungan antara $\text{DBH}^2 H$ dan biomasa total = $0,1485 (\text{DBH}^2 H)^{0,7649}$, ($R^2 = 0,8053$).
3. Simpanan karbon pada tegakan *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen sekitar tiga kali lebih besar daripada

simpanan karbon pada vegetasi *baseline*. Simpanan karbon tegakan *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen sebesar 28,9 ton C/ha (persamaan DBH-biomasa) dan 28,05 ton C/ha (persamaan DBH^2H -biomasa). Sementara simpanan karbon vegetasi *baseline* berdasarkan persamaan DBH-biomasa adalah sebesar 10,96 ton C/ha dan berdasarkan persamaan $(DBH)^2H$ -biomasa 9,05 ton C/ha.

4. Simpanan karbon dalam biomasa tumbuhan bawah tegakan *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen dan tumbuhan bawah vegetasi *baseline* terbukti sangat kecil dan tidak berbeda nyata, yakni masing-masing sebesar 2,06 ton C/ha dan 1,9 ton C/ha, secara berurutan.
5. Peningkatan karbon terfiksasi oleh tegakan *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen sebesar 18-19 ton C/ha atau setara dengan 66-70 ton CO_2 /ha, dengan kerapatan tegakan sebesar 1.300 pohon/ha.

B. Saran

Penelitian ini perlu dikembangkan pada ekosistem hutan lainnya, sehingga pada akhirnya akan didapat suatu *database* mengenai karbon tertambat pada masing-masing ekosistem hutan rakyat, hutan tanaman, maupun hutan alam di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Chijicke, E.O. and A. Meyer. 1980. Impact on soils of fast growing species in lowland humid tropics. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome : pp.111.
- Murdiyarso, D. 2003. Sepuluh tahun perjalanan konvensi perubahan iklim. Penerbit Buku Kompas, Jakarta : p. 11-14.
- Post, W.M., R.C. Izaurrealde, J.D. Jastrow, B.A. McCarl, J.E. Amonette, V.L. Bailey, P.M. Jardine, T.O. West, J. Zhou. 2006. Enhancement of carbon sequestration in U.S. Soils. Diakses dari [www. agecon2.tamu. edu/people/faculty/mccarl-bruce/papers/1049. pdf](http://www.agecon2.tamu.edu/people/faculty/mccarl-bruce/papers/1049.pdf). tgl 15/6/2006 : pp.23.
- Schmidt, F.H. and J.H.A. Ferguson. 1951. Rainfall types based on wet and dry period ratio for Indonesia with Western New Guinea. Verh. No. 42, Jawatan Meteorologi Geofisika. Jakarta.
- UNEP. 1995. IPCC working groups I-III 1995: Summary for policy makers. Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO, UNEP.
- US EPA. 2006. Carbon sequestration in agriculture and forestry : Frequent questions. U.S. Environmental Protection Agency. Diakses dari [www. epa.gov/sequestration/faq. html](http://www.epa.gov/sequestration/faq.html). tgl 13/06/2006 : pp.6