



Kementerian Kehutanan Indonesia – International Tropical Timber Organization
RED-PD 007/09 Rev. 2 (F)

Peningkatan Cadangan Karbon Hutan untuk Mengurangi Emisi dari Deforestasi dan
Degradasi Hutan melalui Inisiatif Pengelolaan Hutan Lestari (PHL) di Indonesia



Pengembangan Standar Penghitungan Karbon Hutan Tanaman Skala Kecil Berdasarkan Pengalaman Lokal

Chairil Anwar Siregar, PhD



Juli 2011



Laporan Teknis Proyek

RED-PD 007/09 Rev. 2 (F)

Peningkatan Cadangan Karbon Hutan
untuk Mengurangi Emisi dari Deforestasi dan Degradasi Hutan
melalui Inisiatif Pengelolaan Hutan Lestari (PHL)
di Indonesia

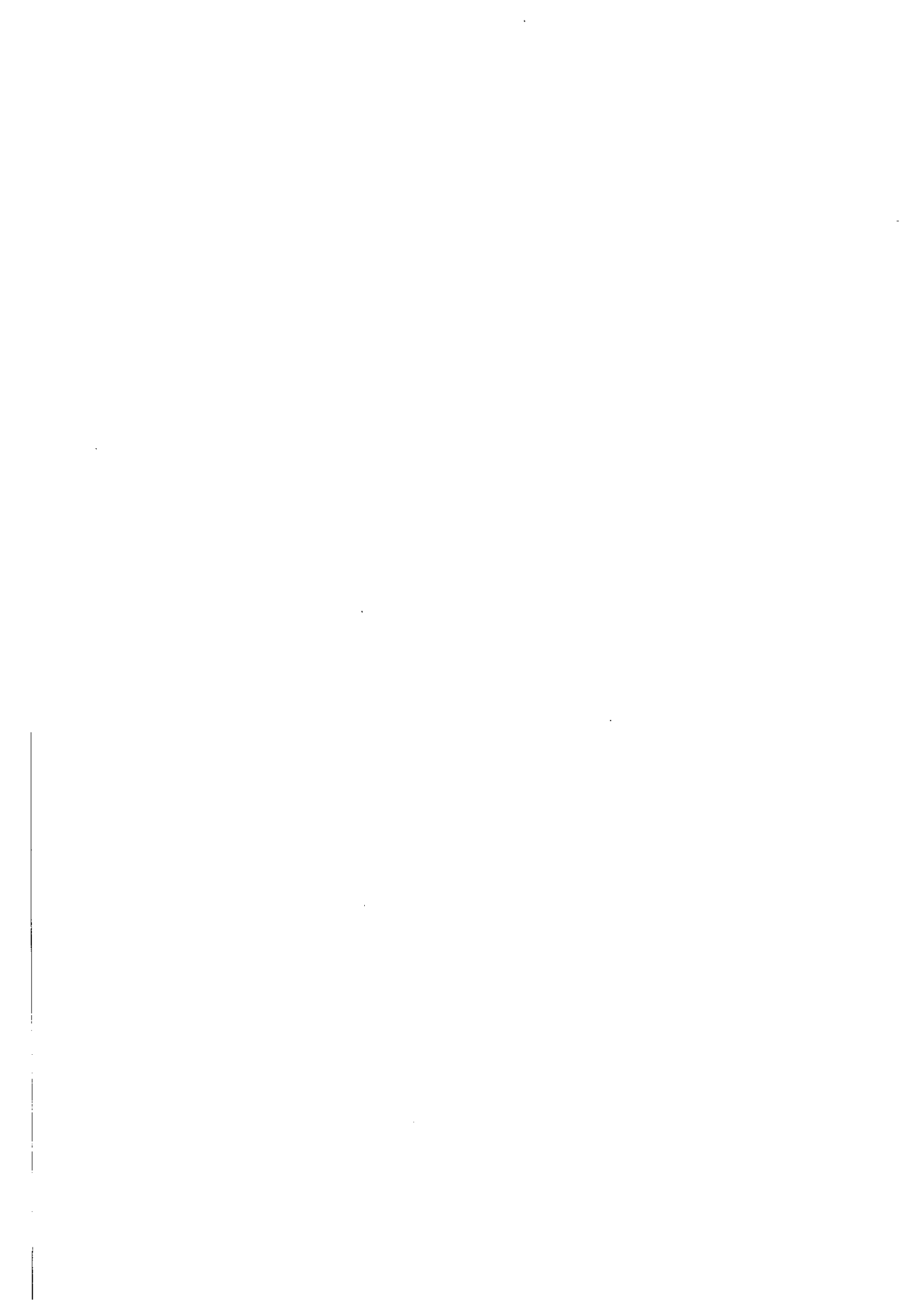
Host Government: Indonesia

Instansi Pelaksana:
Direktorat Bina Rencana Pemanfaatan dan Usaha Kawasan
Direktorat Jenderal Bina Usaha Kehutanan
Kementerian Kehutanan

Waktu pelaksanaan: 2 Agustus 2010 s/d 2 Agustus 2012

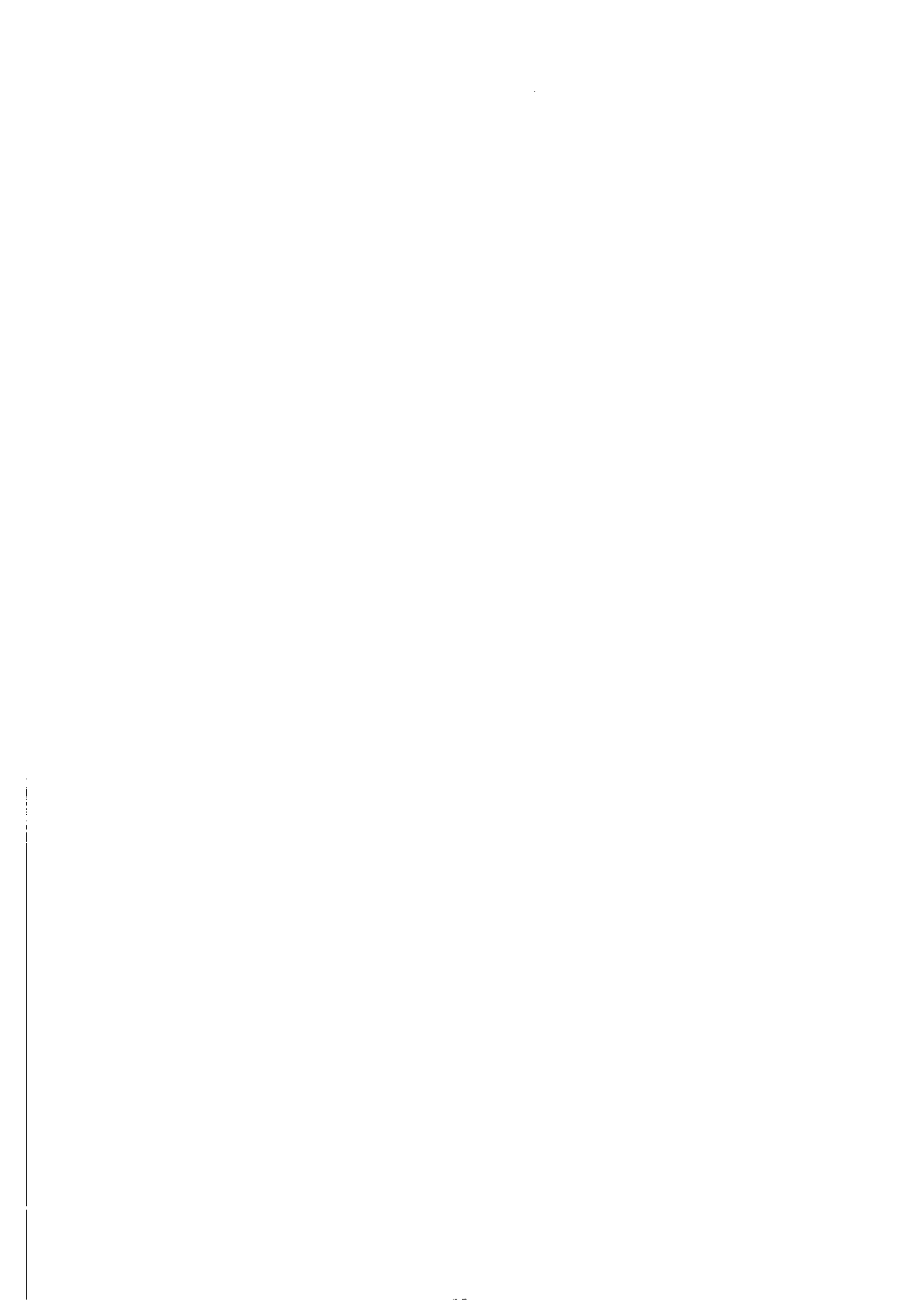
Durasi Proyek: 24 bulan

Koordinator Proyek: Usman, MS



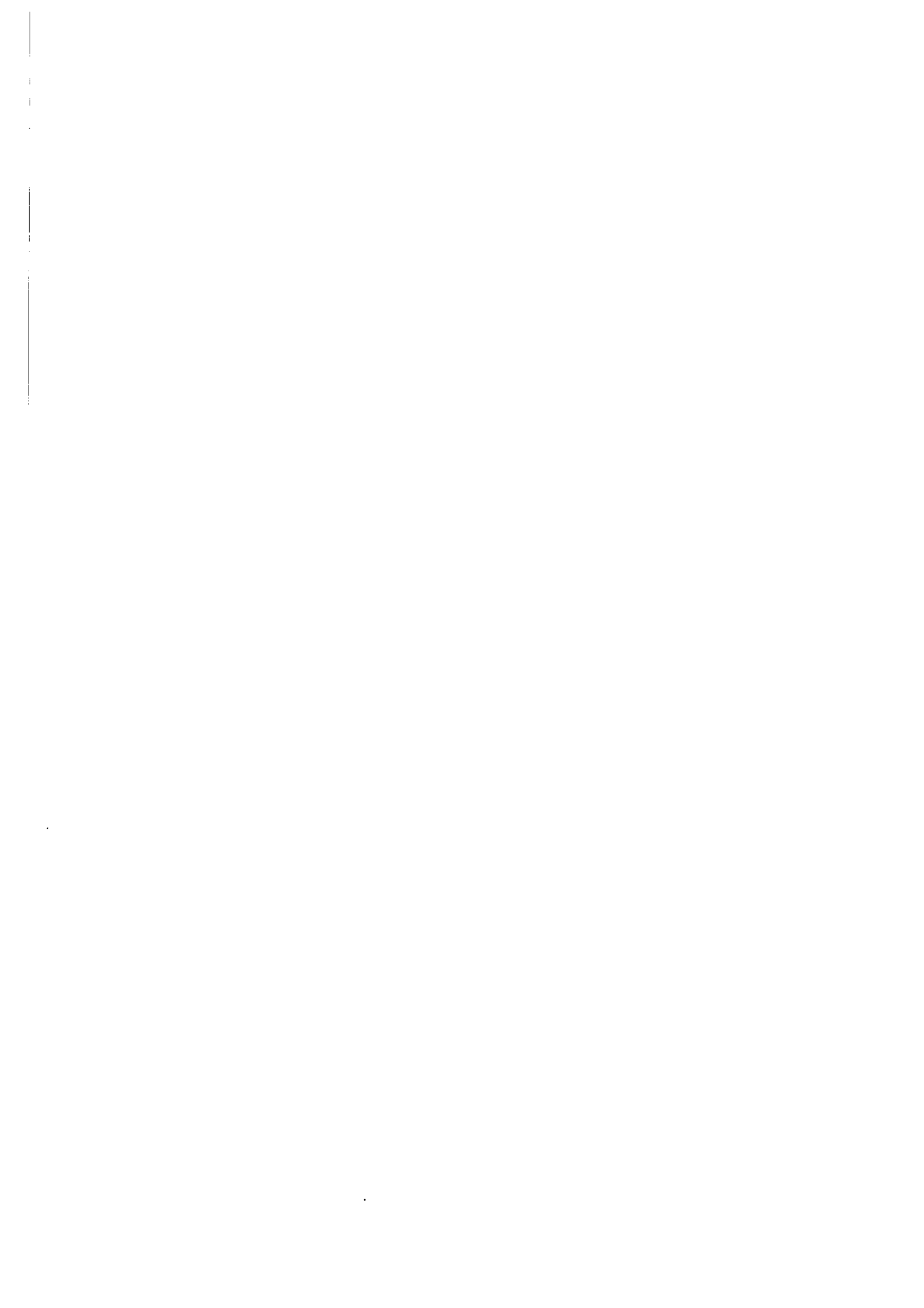
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Hutan jati berumur 2 tahun di hutan rakyat KPWN	3
Gambar 2. Prosedur pengukuran biomasa pohon	7
Gambar 3. Tegakan jati tua, potensi stok karbon di hutan Perum Perhutani	8
Gambar 4. Pengambilan contoh tanah untuk pengukuran karbon	10
Gambar 5. Pembuatan petak contoh untuk pengukuran biomasa tumbuhan bawah	10
Gambar 6. Tegakan jati muda ditanam bersama dengan tanaman pertanian	11
Gambar 7. Hutan tanaman <i>Acacia mangium</i> , potensi stok karbon yang besar di hutan tropis	19
Gambar 8. Tegakan jati umur 6 tahun di KPH Ciamis	24
Gambar 9. Pengukuran diameter batang	24
Gambar 10. Pengukuran berat batang dengan timbangan pegas	24
Gambar 11. Penebangan pohon contoh (<i>destructive sampling</i>)	24
Gambar 12. Pembersihan tanah pada akar sebelum ditimbang	24
Gambar 13. Pembersihan dan pengumpulan daun	24
Gambar 14. Tegakan Jati umur 3 tahun di Ciampea	25
Gambar 15. Pengukuran berat batang dengan timbangan pegas	25
Gambar 16. Pembersihan dan pengumpulan daun	25
Gambar 17. Pembersihan tanah pada akar sebelum ditimbang	25
Gambar 18. Pembuatan plot untuk pengukuran biomasa tumbuhan bawah dan serasah	25
Gambar 19. Pengambilan sampel tanah untuk analisis kandungan karbon tanah dan kerapatan lindi.....	25
Gambar 20. Tegakan Jati umur 4 tahun di Parung	26
Gambar 21. Kumpulan sampel daun	26
Gambar 22. Pengukuran berat ranting dan cabang	26
Gambar 23. Pengukuran plot untuk pengukuran biomasa tumbuhan bawah dan serasah	26



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR BOX	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
RINGKASAN EKSEKUTIF	1
PENDAHULUAN	3
PENGEMBANGAN PERHITUNGAN KARBON PADA HUTAN TANAMAN	4
CARA MEMBUAT PERANGKAT PERHITUNGAN KARBON	4
Tahap Awal	4
Penghitungan Biomasa Pohon	5
Pendugaan Berat Kering Total dari Masing-masing Pohon Contoh	8
Pembuatan Persamaan Allometrik untuk Estimasi Biomasa Pohon	9
Prosedur Pengambilan Contoh Tanah untuk Estimasi Pendaman Karbon Tanah	10
Analisis dan Perhitungan Pendaman Karbon Tanah	11
PERSAMAAN ALLOMETRIK <i>Tectona grandis</i>	12
KANDUNGAN KARBON TANAH	19
DAFTAR PUSTAKA	22
Appendix 1.	21



DAFTAR BOX

- Box 1. Persamaan allometrik untuk biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, dan biomasa total pada hutan tanaman *Tectona grandis* di Ciampea, Parung dan Ciamis, Jawa Barat:
DBH sebagai variabel bebas 13
- Box 2. Pendugaan biomasa bagian bawah dari *Tectona grandis* berdasarkan pengukuran diameter setinggi dada 14
- Box 3. Persamaan allometrik pada beberapa jenis tegakan hutan tanaman 15
- Box 4. Nilai dugaan biomasa bagian atas pada *T. grandis*, *A. Mangium*, dan *P. Falcataria* Di Kabupaten Bangkalan/ Madura.
(menggunakan persamaan allometrik: *T. grandis*, $Y = 0,054 \text{ DBH}^{2,579}$,
A. mangium, $Y = 0,12 \text{ DBH}^{2,28}$,
P. falcatia, $Y = 0,2831 \text{ DBH}^{2,063}$) 18
- Box 5. Kandungan karbon tanah, kerapatan lindis menurut kedalaman 0-100 cm pada tegakan *T. grandis* 20
- Box 6. Beberapa kesimpulan yang diperoleh 21



DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Parameter persamaan allometrik untuk menduga biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, dan biomasa total, $Y = a X^b$	12
Tabel 2.	Diameter setinggi dada, tinggi total, biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah (akar), dan nisbah biomasa pucuk-akar pada hutan tanaman <i>Tectona grandis</i> di Ciampea, Parung dan Ciamis	16
Tabel 3.	Rataan biomasa bagian atas, bagian bawah, biomasa total, nisbah biomasa pucuk-akar, biomasa tumbuhan bawah, dan biomasa serasah pada setiap umur tegakan <i>Tectona grandis</i> Ciampea, Parung dan Ciamis, Jawa Barat	17



RINGKASAN EKSEKUTIF

Oleh karena hutan tanaman dapat berfungsi sebagai cadangan karbon yang potensial disamping produksi kayu, maka informasi mengenai produksi biomassa karbon menjadi sangat penting. Dengan demikian, sebuah metologi sederhana seperti perumusan persamaan allometrik dibutuhkan untuk mengukur kandungan biomassa karbon pada tegakan hutan tanaman yang kemudian dapat menjadi informasi penting dalam menunjang dan memantapkan minat investor dalam maupun luar negeri pada pengembangan hutan tanaman, demi mencapai tujuan akhir sekuestrasi karbon dalam adaptasi dan mitigasi perubahan iklim global.

Pengembangan standar penghitungan karbon hutan tanaman skala kecil berdasarkan pengalaman lokal dilakukan dengan cara membuat plot contoh untuk pengukuran biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, biomasa total, biomasa tumbuhan bawah, biomasa serasah, dan karbon tanah. Metode *destructive sampling* dilakukan pada tegakan *Tectona grandis* umur 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 12, dan 15 tahun. Biomasa masing-masing organ atau bagian pohon dapat diduga dengan menggunakan hubungan allometrik antara diameter setinggi dada (DBH) dan berat kering total (BKT) setiap organ yang terdapat pada pohon contoh. Persamaan ini sangat diperlukan dalam menghitung karbon tersimpan dalam biomasa. Analisa tanah juga dilakukan mencakup kerapatan lindi pada kedalaman 0-100 cm serta kandungan karbon tanah. Besarnya karbon yang tersimpan pada masing-masing lapisan tanah dihitung melalui perkalian konsentrasi karbon, kerapatan lindi, dan ketebalan dari masing-masing lapisan. Data ini digunakan untuk menghitung akumulasi kandungan karbon pada tubuh tanah.

Persamaan allometrik yang dihasilkan untuk tegakan *Tectona grandis* dari kegiatan ini adalah $Y = 0,054 X^{2,579}$, $R^2 = 0,977$ (biomasa bagian atas); $Y = 0,006 X^{2,702}$, $R^2 = 0,890$ (biomasa bagian bawah); dan $Y = 0,093 X^{2,462}$, $R^2 = 0,971$ (biomasa total). Dengan menggunakan persamaan ini, maka biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, dan biomasa total dari pohon *Tectona grandis* dapat diduga hanya dengan pengukuran diameter setinggi dada. Persamaan allometrik ini secara statistik sah, dan dapat digunakan untuk menduga besarnya biomasa pohon jati yang tumbuh pada daerah lain dengan kondisi iklim yang sama atau mirip. Nilai tertinggi total biomasa diperoleh pada tegakan *Tectona grandis* yang berumur 15 tahun dengan kerapatan 556 pohon/ha, yang setara dengan konservasi karbon pada kisaran 298,06 ton /ha CO₂. Nilai biomasa tumbuhan bawah yang dihasilkan pada kegiatan ini cukup bervariasi antara 1,61 ton/ha sampai 7,22 ton/ha dengan rata-rata sebesar 3,43 ton/ha. Sementara itu, nilai biomasa serasah yang diperoleh berkisar 1,26 ton/ha sampai 3,68 ton/ha dengan rata-rata 2,05 ton/ha.

Pada kebanyakan kasus pada penelitian ini, kerapatan lindi tanah hanya mengalami sedikit perubahan seiring dengan semakin dalamnya tanah. Umumnya kerapatan lindi tanah akan meningkat seiring bertambahnya kedalaman tanah, dan fenomena ini berhubungan erat dengan akumulasi kandungan partikel liat pada lapisan tanah yang semakin dalam. Kandungan organik tanah yang paling tinggi ditemukan pada lapisan

permukaan tanah (kedalaman 0-5 cm), dengan besar yang berada pada kisaran 1,55% sampai 2,08 % untuk semua lokasi penelitian. Kandungan karbon kumulatif yang terkonservasi dari permukaan tanah hingga kedalaman 100 cm berada pada kisaran 63,42 ton C/ha sampai 93,81 ton C/ha, setara dengan 232,54 ton CO₂/ha dan 343,97 ton CO₂/ha.

PENDAHULUAN

Saat ini secara luas diakui dan terbukti secara ilmiah bahwa peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sejak pertengahan abad ke-19 telah menyebabkan perubahan yang signifikan pada iklim global. Diperkirakan bahwa akan ada dampak kekeringan, banjir yang bersifat lebih merusak, badai, serta kenaikan permukaan laut yang secara dramatis akan mempengaruhi milyaran orang yang hidup di daerah pesisir, termasuk kota-kota besar di Asia. Yang paling signifikan dari GRK adalah karbon dioksida yang meningkat konsentrasinya sebesar 35% dibandingkan dengan era pra-industri, dimana 67% dari peningkatan tersebut diakibatkan penggunaan bahan bakar fosil, dan berkisar antara 20 dan 25% dari keseluruhan emisi global sebagai akibat dari penggundulan hutan tropis. Sebagian besar emisi dari deforestasi berasal dari negara-negara berkembang. Keberhasilan dalam mengurangi emisi dari deforestasi akan berdampak signifikan terhadap mitigasi pemanasan global.

Emisi dari deforestasi dan degradasi hutan adalah hasil dari kombinasi aktivitas masyarakat dan kepentingan politik yang kuat dan sering ditujukan untuk memanfaatkan hasil hutan untuk keuntungan komersial belaka. Sekitar 7,3 juta hektar hutan tropis telah terdegradasi setiap tahun. Mengingat fakta ini, pihak yang menandatangani konvensi tentang perubahan iklim dan Protokol Kyoto telah memperkenalkan dua mekanisme yang dapat membantu negara-negara berkembang untuk mengurangi emisi dari deforestasi dan untuk meningkatkan penyerapan karbon. Mekanisme pertama adalah *Reduced Emissions from Deforestation* (RED) yang diusulkan pada UNFCCC COP 11 di Montreal pada tahun 2005, sedangkan mekanisme kedua dikenal sebagai *Afforestation and Reforestation Cleann Development Mechanism* (A/R CDM) dibawah Protokol Kyoto.



Gambar 1. Hutan jati berumur 2 tahun di hutan rakyat KPWN

Indonesia memiliki potensi besar untuk perdagangan karbon melalui skema A/R CDM dan REDD. Namun demikian, ada sejumlah hambatan untuk mencapai potensi itu. Pelaksanaan proyek percontohan REDD dan A/R CDM dengan keterlibatan multistakeholder dan masyarakat sekitar hutan akan meningkatkan kapasitas Indonesia untuk berpartisipasi dalam perdagangan karbon tersebut. Hal yang dipelajari dari implementasi pada kedua

skema yaitu REDD dan A/R CDM melalui cara yang lebih terintegrasi akan dapat digunakan untuk mempersiapkan strategi jangka panjang dalam pengelolaan hutan secara berkelanjutan dengan partisipasi aktif dari masyarakat. Selanjutnya, pengelolaan hutan lestari yang dilaksanakan oleh pemegang konsesi hutan diyakini dapat mendukung program REDD di Indonesia dalam melaksanakan mitigasi perubahan iklim global.

Berdasarkan kenyataan bahwa hutan tanaman dapat berfungsi sebagai cadangan karbon yang potensial disamping produksi kayu, maka informasi mengenai produksi biomassa karbon menjadi sangat penting.

Dengan demikian, sebuah metologi sederhana seperti perumusan persamaan allometrik dibutuhkan untuk mengukur kandungan biomassa karbon pada tegakan hutan tanaman. Ringkasan informasi penting dari metodologi ini dapat dimanfaatkan dalam menunjang dan memantapkan minat investor dalam maupun luar negeri pada pengembangan hutan tanaman, demi mencapai tujuan akhir sekuestrasi karbon dalam adaptasi dan mitigasi perubahan iklim global.

PENGEMBANGAN PERHITUNGAN KARBON PADA HUTAN TANAMAN

1. Untuk menghasilkan metode standar dalam penghitungan karbon di hutan tanaman pada skala kecil berdasarkan pengalaman lokal.
2. Untuk menghitung pendaman karbon pada pohon Jati dan pohon jenis lain di hutan tanaman pada skala kecil.
3. Untuk menentukan pendaman karbon pada hutan kemasyarakatan, mencakup hutan di Jawa dan Madura berdasarkan data yang ada.

CARA MEMBUAT PERANGKAT PERHITUNGAN KARBON

Tahap Awal

Metode pengembangan standar penghitungan karbon hutan tanaman skala kecil berdasarkan pengalaman lokal adalah sebagai berikut:

- a. Membuat plot contoh permanen untuk penghitungan karbon (50 m X 50 m pada masing-masing umur hutan tanaman: 1 tahun, 2 tahun, 3 tahun, 4 tahun, 6 tahun, 7 tahun, 9 tahun, 12 tahun, dan 15 tahun)
- b. Menghitung semua empat gudang pendaman karbon, mencakup biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, serasah, dan karbon tanah. Nekromas diabaikan karena tidak signifikan.
- c. Membuat metodologi untuk mengukur biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, serasah, dan karbon tanah.

Adapun tahapan untuk menghasilkan persamaan allometrik untuk setiap spesies dijelaskan sebagai berikut :

- a. Tebang 32 pohon (minimum)
- b. Ukur diameter setinggi dada/DBH (D), dan tinggi pohon (H)
- c. Timbang biomassa pohon yang terdiri dari batang, cabang, daun dan akar (berat basah)
- d. Ambil sample dari batang, cabang, daun dan akar masing-masing sebesar 200 gr, dan hitung berat keringnya setelah diperoleh di laboratorium yang selanjutnya digunakan untuk menghitung berat kering total dari semua komponen
- e. Gunakan persamaan allometric $Y = a X^b$ (a,b = koefisien)
 $Y = \text{Total berat kering biomassa} = \text{batang} + \text{akar} + \text{cabang} + \text{daun (kg)}$
 $X = \text{Diameter bebas cabang (cm)}$
- f. Hitung kandungan karbon dari masing-masing sampel menggunakan NC Analyzer. Kemudian tentukan rasio kandungan karbon pada batang, cabang, daun dan akar
- g. Kembangkan persamaan allometrik untuk estimasi total biomasa karbon pada hutan tanaman.

Penghitungan Biomasa Pohon

1. Penebangan pohon contoh

Pemilihan 1-6 pohon yang mewakili petak yang dibuat untuk dijadikan sebagai pohon contoh. Diameter setinggi dada (DBH) dari pohon yang dipilih harus berada pada selang DBH yang terkecil hingga terbesar sesuai dengan data distribusi DBH pada lokasi penelitian.

- a. Gergaji mesin digunakan untuk menebang pohon contoh. Pohon contoh ditebang pada posisi 0,3 m dari permukaan tanah. Potongan tunggul setinggi 0,3 m yang ditebang ditimbang secara terpisah sebagai bagian dari berat total pohon yang telah ditebang
- b. Potongan tunggul kayu setinggi 0,3 m selanjutnya ditimbang. Beratnya merupakan sebagai bagian dari berat total pohon yang telah ditebang
- c. Pembersihan seluruh cabang utama dari pohon yang telah ditebang dan dari sisa tunggul serta dikumpulkan untuk selanjutnya ditimbang
- d. Pengukuran tinggi total dari pohon yang telah ditebang sebelum dibagi-bagi menjadi beberapa bagian batang
- e. Pembagian batang utama menjadi beberapa bagian dilakukan untuk mempermudah pengukuran berat. Sebelum pemotongan sangat disarankan menandai batang utama dengan posisi pemotongan, sebagai contoh, 1,3m; 3,3m; 5,3m; dan selanjutnya dari permukaan tanah (penandaan pada posisi 1,3m dilakukan pada jarak 1m dari batas tunggul bagian atas. Sangat disarankan menandai semua bagian batang untuk menghindari kesalahan penulisan data. Sebagai contoh, untuk batang pada posisi

0,3m sampai 1,3m ditandai dengan "0,3-1,3", dan pada posisi 1,3m sampai 3,3m ditandai dengan "1,3-3,3", dan selanjutnya

Catatan: Semua contoh pohon harus diberi nomor, dan potongan batang harus diberi nomor. Panjang masing-masing batang pohon dapat bervariasi tergantung besarnya ukuran pohon

- f. Pada saat memotong, pemotongan harus dilakukan pada posisi melintang agar pengukuran diameter pada posisi bawah batang dapat diukur secara akurat
- g. Pengukuran berat seluruh batang dan dicatat dengan baik. Gunakan beberapa timbangan pegas untuk mendapatkan berat yang lebih akurat.

Alat: Gergaji manual atau gergaji mesin, kapur, pita ukur, beberapa timbangan pegas.

2. Pengukuran berat basah dari masing-masing bagian contoh pohon

- a. Semua cabang utama dibersihkan dari cabang-cabang kecil (ranting dan daun). Cabang utama yang telah dibersihkan dan cabang-cabang kecil dikumpulkan terpisah pada wadah yang telah disediakan
- b. Cabang yang berukuran kecil dibersihkan seluruhnya dari daun-daun. Daun-daun dan ranting dikumpulkan secara terpisah pada wadah yang telah disediakan untuk selanjutnya diukur beratnya
- c. Pengukuran dan pencatatan berat cabang utama yang telah dibersihkan. Disarankan mengumpulkan semua cabang utama pada lembaran plastik atau ikat dengan tali untuk penimbangan. Berat plastik atau tali juga harus dicatat.
- d. Pengukuran berat ranting. Disarankan untuk mengukur beratnya pada wadah yang tersedia. Berat wadah juga harus dicatat
- e. Pada akhirnya, semua daun diukur beratnya dan catat dengan baik. Daun diukur beratnya pada wadah yang tersedia. Berat wadah juga harus dicatat.

3. Pengumpulan biomasa contoh untuk pendugaan berat kering

Pendugaan berat kering, sebagai tahapan kerja dalam pendugaan biomasa karbon, dapat dilakukan melalui pengambilan biomasa contoh.

Biomasa contoh untuk pendugaan berat kering dikumpulkan dari pohon contoh pada pengukuran berat basah seperti pada bagian 2 di atas. Contoh dari batang utama, cabang utama, ranting, daun, dan akar dikumpulkan secara terpisah. Untuk pengeringan dan pengukuran berat, sebaiknya menggunakan kantong kertas. Nomor dan nama bagian-bagian contoh tersebut harus tercatat pada masing-masing kantong kertas. Pengukuran berat contoh yang dikumpulkan pada kantong kertas dilakukan secara teliti sebagai berat basah dan dicatat dengan baik. Kantong kertas ditimbang dan dicatat. Sangat disarankan menggunakan alat ukur timbangan elektrik untuk memperoleh keakuratan yang tinggi.

a. Batang utama

Pemotongan lempengan setebal 2,0 cm sampai 4,0 cm dari masing-masing potongan batang yang telah ditandai dengan “0,3-1,3”, “1,3-3,3”, dan seterusnya yang menandakan posisi dari batang pohon contoh. Lempengan batang pohon beserta kulitnya ini dikumpulkan dengan cermat kedalam kantong kertas dengan penomoran yang jelas.

b. Cabang utama

Contoh cabang utama dikumpulkan dari semua diameter cabang yang mewakili, yaitu sepanjang 10 cm. Potongan cabang ini dimasukkan kedalam kantong kertas dengan nomor pohon contoh secara jelas. Berat contoh cabang utama disarankan sebesar 0,5 kg sampai 1,0 kg.

c. Ranting

Contoh ranting sepanjang 10 cm dikumpulkan kedalam kantong kertas. Berat contoh ranting disarankan sebesar 0,5 kg sampai 1,0 kg.

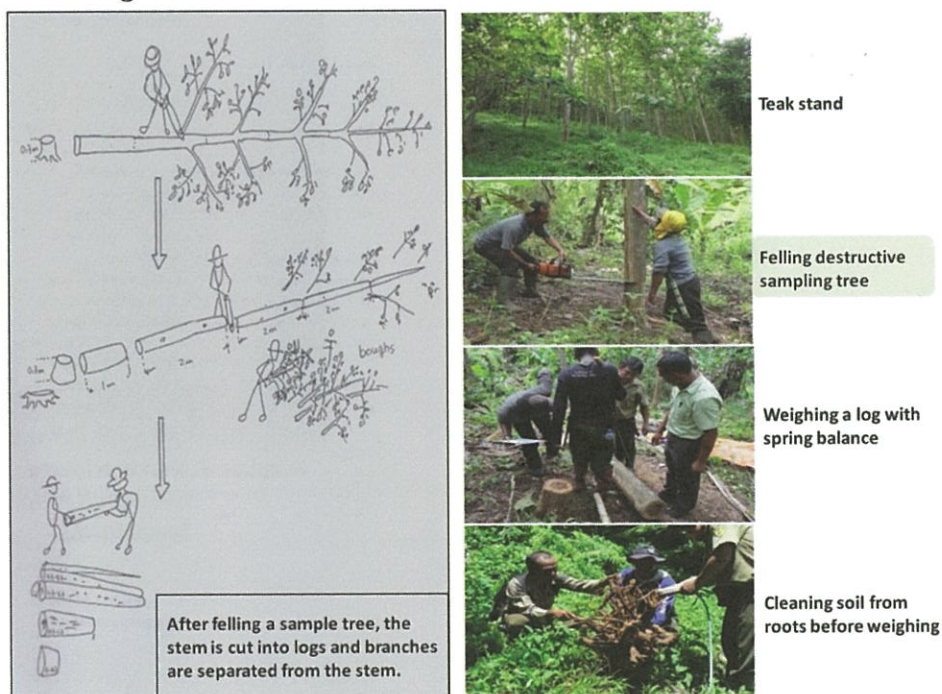
d. Daun

Contoh daun dikumpulkan ke dalam kantong kertas. Berat contoh daun disarankan sebesar 0,3 kg sampai 0,5 kg.

e. Akar

Contoh akar dikumpulkan kedalam kantong kertas. Berat contoh akar disarankan sebesar 0,3 kg sampai 0,5 kg.

Alat: Gergaji kecil, gunting pangkas, kertas untuk catatan, kantong kertas berukuran besar dan kecil, kantong plastik, alat ukur timbangan pegas, dan alat ukur timbangan elektrik.



Gambar 2. Prosedur pengukuran biomasa pohon

4. Pengeringan biomasa contoh

Biomasa contoh harus dikeringkan di oven bersirkulasi. Contoh dari batang utama (lempengan batang *seperti pada 3-a*), contoh dari cabang utama *seperti pada 3-b*, dan contoh akar dengan diameter ≥ 2 cm dikeringkan pada oven bersirkulasi dengan suhu 80 sampai 90 °C selama 4 hari (96 jam). Contoh ranting, daun, dan akar-akar kecil dikeringkan selama 2 hari (48 jam). Berat kering dari masing-masing contoh ini diukur secara akurat dan dicatat dengan baik, dan selanjutnya perhitungan kandungan air dari masing-masing contoh.

Pendugaan Berat Kering Total dari Masing-masing Pohon Contoh

Berat kering total (BKT) dari masing-masing contoh dihitung dengan menggunakan berat basah total (BBT), berat basah biomasa contoh (BBC), dan berat kering biomasa contoh (BKC).

$$BKT = \frac{BKC}{BBC} \times BBT$$

$$BKT_{\text{batang utama}} = \frac{BKC_{\text{batang utama}}}{BBC_{\text{batang utama}}} \times BBT_{\text{batang utama}}$$

$$BKT_{\text{cabang utama}} = \frac{BKC_{\text{cabang utama}}}{BBC_{\text{cabang utama}}} \times BBT_{\text{cabang utama}}$$

$$BKT_{\text{ranting}} = \frac{BKC_{\text{ranting}}}{BBC_{\text{ranting}}} \times BBT_{\text{ranting}}$$

$$BKT_{\text{daun}} = \frac{BKC_{\text{daun}}}{BBC_{\text{daun}}} \times BBT_{\text{daun}}$$

$$BKT_{\text{akar}} = \frac{BKC_{\text{akar}}}{BBC_{\text{akar}}} \times BBT_{\text{akar}}$$



Gambar 3. Tegakan jati tua, potensi stok karbon di hutan Perum Perhutani (Ciamis, Jawa Barat)

Analisis dan Perhitungan Pendaman Karbon Tanah

1. Kerapatan lindis diukur dengan menggunakan volume silinder yang dipakai dalam pengambilan contoh tanah yaitu sebesar $98,125 \text{ cm}^3$. Contoh tanah terdiri dari 4 ulangan untuk masing-masing lapisan tanah, dan keempat contoh tanah digabungkan menjadi 1 contoh campuran (komposit) untuk masing-masing lapisan
1. Kandungan total carbon diperoleh dengan cara metode pembakaran kering menggunakan alat N-C analyzer (Sumigraph NC-900, Sumitomo Chemicals)
2. Besarnya karbon yang tersimpan pada masing-masing lapisan tanah dihitung melalui perkalian konsentrasi karbon, kerapatan lindis, dan ketebalan dari masing-masing lapisan. Jumlah karbon tanah yang tersimpan dari permukaan sampai ke kedalaman tertentu dihitung dengan cara menjumlahkan kandungan karbon dari semua lapisan kedalaman tanah.



Gambar 6. Tegakan jati muda ditanam bersama dengan tanaman pertanian

PERSAMAAN ALLOMETRIK PADA *Tectona grandis*

Persamaan allometrik *Tectona grandis* yang dihasilkan dari kegiatan ini diringkas pada Tabel 1 dan disajikan dalam bentuk kurva (Box 1). Dengan menggunakan persamaan ini, maka biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, dan biomasa total dari pohon *Tectona grandis* dapat diduga hanya dengan pengukuran diameter setinggi dada. Persamaan allometrik ini secara statistik sah, dan dapat digunakan untuk menduga besarnya biomasa pohon jati yang tumbuh pada daerah lain dengan kondisi iklim yang sama atau mirip.

Tabel 1. Parameter persamaan allometrik untuk menduga biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, dan biomasa total, $Y = a x^b$

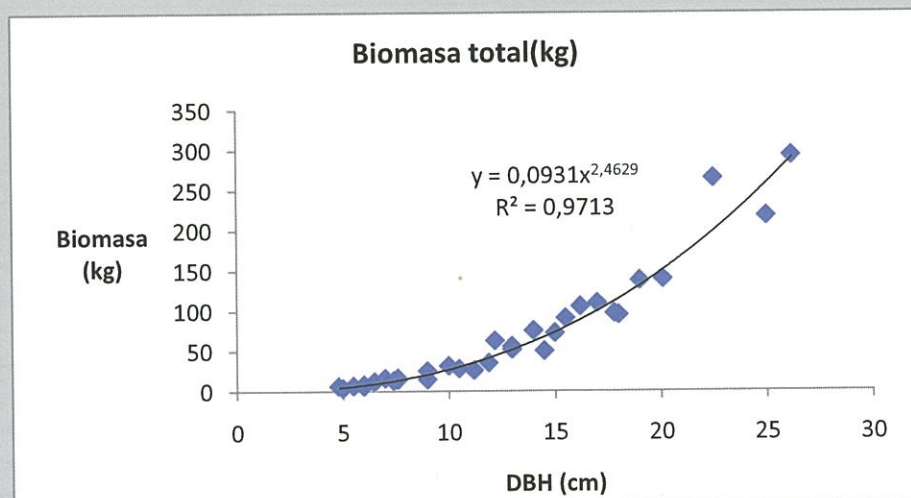
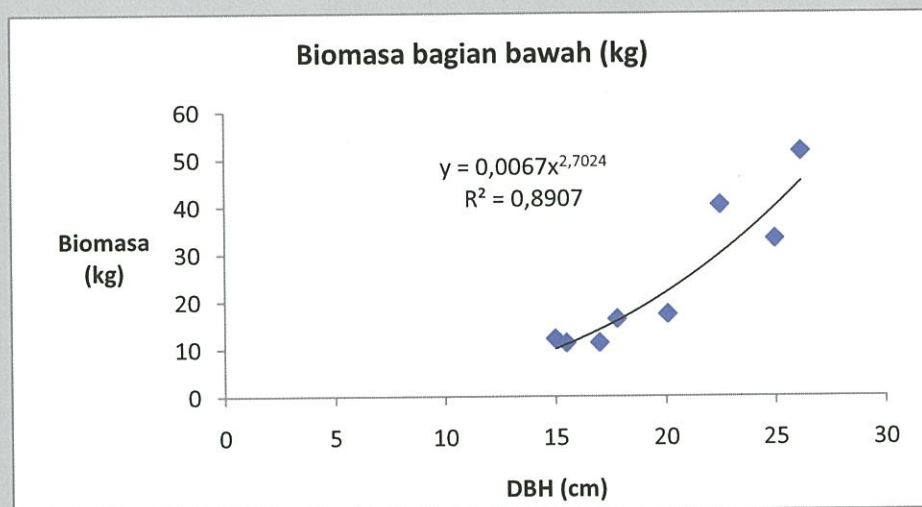
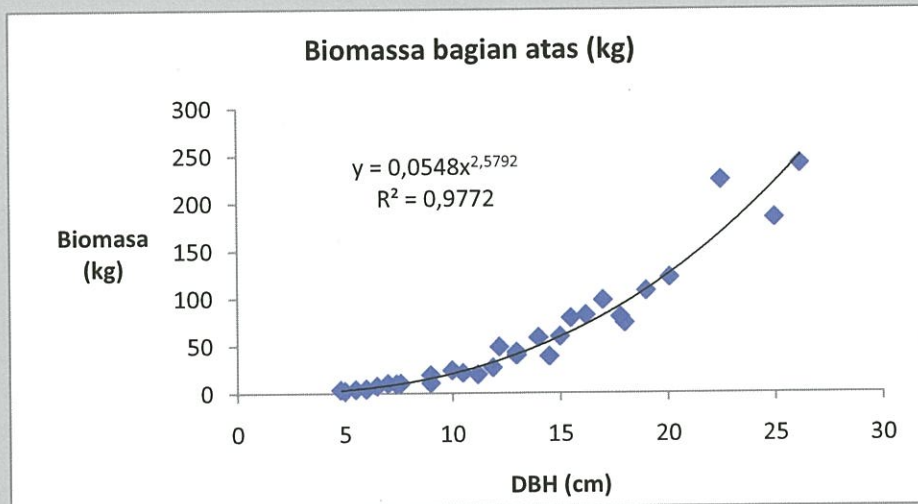
Biomasa	Variabel bebas (X)	Konstanta		R-square
		a	b	
Bagian atas	DBH (cm)	0,054	2,579	0,977
Bagian bawah	DBH (cm)	0,006	2,702	0,890
Total	DBH (cm)	0,093	2,462	0,971

Persamaan allometrik merupakan metode yang efektif untuk menduga biomasa pohon secara akurat. Namun demikian biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan persamaan ini cukup besar. (MacDicken, 1997). Allometrik menyajikan hubungan antara pertumbuhan dari bagian yang berbeda (organ) pada pohon. Sebagai contoh, jika hubungan antara diameter setinggi dada dan total biomasa sudah diketahui, maka akan menjadi mudah untuk menduga total biomasa tegakan hutan. Hanya dengan melakukan pengukuran diameter setinggi dada dari masing-masing pohon, maka estimasi jumlah biomasa dan kandungan karbon pada suatu tegakan hutan dapat dilakukan.

Persamaan allometrik *Tectona grandis* yang dihasilkan dari kegiatan ini dapat digunakan secara tepat, akan tetapi dalam penerapannya harus memperhatikan bahwa persamaan ini dibuat dengan menggunakan diameter setinggi dada pada rentang 4,8 cm sampai dengan 22,6 cm. Persamaan allometrik yang dihasilkan adalah $Y = 0,054 X^{2,579}$, $R^2 = 0,977$ (biomasa bagian atas); $Y = 0,006 X^{2,702}$, $R^2 = 0,890$ (biomasa bagian bawah, akar); dan $Y = 0,093 X^{2,462}$, $R^2 = 0,971$ (biomasa total). Data awal selama kegiatan dilapangan dapat dilihat pada Appendix 1. Perhatikan bahwa pendugaan biomasa dengan menggunakan data diameter setinggi dada diluar rentang nilai diameter seperti tersebut di atas harus dihindari, untuk mempertahankan keakuratan nilai pendugaan.

Berdasarkan persamaan allometrik dari tegakan *Tectona grandis* yang dihasilkan dari kegiatan ini, nilai pendugaan biomasa bagian atas (kg) untuk masing-masing pohon dengan rentang diameter dari 4,8 sampai 28,3 cm disajikan pada Box 2. Sebagai tambahan dari persamaan allometrik *Tectona grandis* yang telah dihasilkan, persamaan allometrik dari beberapa tegakan hutan (spesies) disajikan pada Box 3. Untuk menggunakan persamaan allometrik ini di lokasi yang berbeda, penjelasan tentang tempat tumbuh sangat dibutuhkan, diantaranya berupa faktor iklim dan tanah.

Box 1. Persamaan allometrik untuk biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah, dan biomasa total pada hutan tanaman *Tectona grandis* di Ciampea, Parung dan Ciamis, Jawa Barat: DBH sebagai variabel bebas



Box 2. Pendugaan biomasa bagian bawah dari *Tectona grandis* berdasarkan pengukuran diameter setinggi dada

DBH (cm)	Biomasa bagian atas (kg)	DBH (cm)	Biomasa bagian atas (kg)	DBH (cm)	Biomasa bagian atas (kg)	DBH (cm)	Biomasa bagian atas (kg)	DBH (cm)	Biomasa bagian atas (kg)
4,8	3,09	9,5	17,94	14,2	50,60	18,9	105,78	23,6	187,56
4,9	3,25	9,6	18,43	14,3	51,52	19,0	107,23	23,7	189,61
5,0	3,43	9,7	18,93	14,4	52,46	19,1	108,69	23,8	191,68
5,1	3,61	9,8	19,44	14,5	53,40	19,2	110,16	23,9	193,77
5,2	3,79	9,9	19,96	14,6	54,35	19,3	111,65	24,0	195,87
5,3	3,98	10,0	20,48	14,7	55,32	19,4	113,14	24,1	197,98
5,4	4,18	10,1	21,01	14,8	56,30	19,5	114,66	24,2	200,10
5,5	4,38	10,2	21,56	14,9	57,29	19,6	116,18	24,3	202,24
5,6	4,60	10,3	22,11	15,0	58,28	19,7	117,71	24,4	204,40
5,7	4,81	10,4	22,66	15,1	59,29	19,8	119,26	24,5	206,56
5,8	5,03	10,5	23,23	15,2	60,31	19,9	120,82	24,6	208,74
5,9	5,25	10,6	23,80	15,3	61,34	20,0	122,39	24,7	210,94
6,0	5,49	10,7	24,39	15,4	62,37	20,1	123,98	24,8	213,15
6,1	5,72	10,8	24,98	15,5	63,42	20,2	125,57	24,9	215,37
6,2	5,97	10,9	25,58	15,6	64,49	20,3	127,18	25,0	217,61
6,3	6,22	11,0	26,19	15,7	65,56	20,4	128,80	25,1	219,86
6,4	6,48	11,1	26,81	15,8	66,64	20,5	130,43	25,2	222,13
6,5	6,74	11,2	27,43	15,9	67,73	20,6	132,07	25,3	224,41
6,6	7,01	11,3	28,07	16,0	68,84	20,7	133,74	25,4	226,70
6,7	7,30	11,4	28,71	16,1	69,95	20,8	135,41	25,6	231,34
6,8	7,57	11,5	29,37	16,2	71,08	20,9	137,10	25,7	233,67
6,9	7,87	11,6	30,03	16,3	72,21	21,0	138,80	25,8	236,03
7,0	8,16	11,7	30,71	16,4	73,36	21,1	140,51	25,9	238,39
7,1	8,47	11,8	31,38	16,5	74,52	21,2	142,24	26,0	240,77
7,2	8,78	11,9	32,08	16,6	75,69	21,3	143,97	26,1	243,17
7,3	9,10	12,0	32,78	16,7	76,87	21,4	145,72	26,2	245,58
7,4	9,42	12,1	33,49	16,8	78,07	21,5	147,49	26,3	248,00
7,5	9,75	12,2	34,21	16,9	79,27	21,6	149,26	26,4	250,44
7,6	10,09	12,3	34,93	17,0	80,49	21,7	151,05	26,5	252,90
7,7	10,43	12,4	35,67	17,1	81,71	21,8	152,85	26,6	255,37
7,8	10,79	12,5	36,42	17,2	82,95	21,9	147,49	26,7	257,85
7,9	11,15	12,6	37,17	17,3	84,20	22,0	156,50	26,8	260,35
8,0	11,52	12,7	37,94	17,4	85,46	22,1	158,33	26,9	262,86
8,1	11,90	12,8	38,72	17,5	86,73	22,2	160,19	27,0	265,39
8,2	12,28	12,9	39,50	17,6	88,02	22,3	162,06	27,1	267,93
8,3	12,67	13,0	40,30	17,7	89,31	22,4	163,94	27,2	270,49
8,4	13,07	13,1	41,10	17,8	90,62	22,5	165,83	27,3	273,06
8,5	13,47	13,2	41,91	17,9	91,94	22,6	167,74	27,4	275,64
8,6	13,88	13,3	42,74	18,0	93,27	22,7	169,66	27,5	278,25
8,7	14,30	13,4	43,57	18,1	94,61	22,8	171,60	27,6	280,87
8,8	14,73	13,5	44,41	18,2	95,97	22,9	173,54	27,7	283,50
8,9	15,17	13,6	45,27	18,3	97,33	23,0	175,51	27,8	286,14
9,0	15,61	13,7	46,13	18,4	98,71	23,1	177,48	27,9	288,81
9,1	16,06	13,8	47,00	18,5	100,10	23,2	179,47	28,0	291,48
9,2	16,51	13,9	47,87	18,6	101,50	23,3	162,06	28,1	294,18
9,3	16,99	14,0	48,78	18,7	102,91	23,4	183,49	28,2	296,88
9,4	17,46	14,1	49,69	18,8	104,34	23,5	185,51	28,3	299,61

Box 3. Persamaan allometrik pada beberapa jenis tegakan hutan tanaman

No.	Jenis Pohon	Allometric (Y)	Lokasi
1.	<i>A. mangium</i>	$Y = 0.12 (DBH)^{2.28}$	Maribaya, Bogor
2.	<i>P. merkusii</i>	$Y = 0.1 (DBH)^{2.29}$	Cianten, Bogor
3.	<i>S. leprosula</i>	$Y = 0.15 (DBH)^{2.3}$	Ngasuh, Bogor
4.	<i>P. falcataria</i>	$Y = 0.1479 (DBH)^{2.2989}$	Sukabumi
5.	<i>P. falcataria</i>	$Y = 0.2831 (DBH)^{2.063}$	Kediri
6.	<i>Avicennia marina</i>	$Y = 0.2901 (DBH)^{2.2605}$	Ciasem, Subang
7.	<i>Agathis loranthifolia</i>	$Y = 0.4725 (DBH)^{2.0112}$	Baturaden
8.	<i>Aleurites moluccana</i>	$Y = 0.064 (DBH)^{2.4753}$	Kutacane, Aceh Tenggara
9.	<i>Rhizophora mucronata</i>	$Y = 0.1366 (DBH)^{2.4377}$	Ciasem, Purwakarta

Perbandingan antara biomasa bagian atas (batang, cabang, ranting, dan daun) dengan biomasa bagian bawah (akar) disebut dengan istilah nisbah biomasa pucuk-akar dan disajikan pada Tabel 2. Informasi penting ini menggambarkan distribusi biomasa dalam satu pohon secara keseluruhan. Nilai nisbah pucuk akar ini menjadi sesuatu yang sangat penting, oleh karena faktanya, pengukuran biomasa bagian bawah (akar) di lapangan merupakan suatu kegiatan yang sangat sulit dilakukan. Sementara itu, secara umum, data yang mudah didapatkan adalah data biomasa bagian atas. Dengan kata lain, bahwa nilai nisbah biomasa pucuk-akar yang ada dari suatu jenis pohon, merupakan suatu hal yang sangat penting dalam menduga biomasa bagian bawah dimana hanya nilai biomasa bagian atas yang tersedia. Dengan demikian, kontribusi dari biomasa bagian bawah terhadap konservasi karbon dapat diduga secara tepat dan mudah. Penelitian ini menunjukkan bahwa nilai nisbah biomasa pucuk-akar dari *Tectona grandis* pada umumnya berada pada kisaran 2,10 sampai 5,56 (Tabel 2). Pada saat nilai nisbah biomasa pucuk-akar sebesar 7,06 dan 8,70, dapat dikatakan bahwa pertumbuhan tegakan *Tectona grandis* berada pada kondisi pertumbuhan yang kurang baik, dimana pada saat tegakan *Tectona grandis* berumur 7 tahun ditemukan sebaran diameter yang lebih kecil jika dibandingkan dengan sebaran diameter pada tegakan *Tectona grandis* berumur 6 tahun, dan pada saat tegakan *Tectona grandis* berumur 9 tahun ditemukan sebaran diameter yang lebih kecil jika dibandingkan dengan sebaran diameter pada tegakan *Tectona grandis* berumur 7 tahun (lokasi Ciamis). Secara umum Tabel 3 menunjukkan nilai nisbah biomasa pucuk-akar dari tegakan *Tectona grandis* yang meningkat seiring dengan meningkatnya umur tegakan (2,10 sampai 5,56).

Fakta ini menunjukkan bahwa pada saat tegakan *Tectona grandis* berumur 1 tahun sampai 9 tahun, produksi biomasa selama proses pertumbuhan dan perkembangan pohon sebagian besar dialokasikan pada pertumbuhan batang, cabang, ranting dan daun (biomasa bagian atas). Sedangkan, pada saat tegakan *Tectona grandis* berumur 12 tahun dan 15 tahun nilai nisbah pucuk akar mengalami penurunan dan hal ini mengindikasikan relatif intensifnya pertumbuhan akar dibandingkan dengan pertumbuhan bagian atas dimana kecenderungan pertumbuhan tinggi pohon sudah relatif datar. Fenomena ini menyiratkan

bahwa produksi biomasa pada tahap pertumbuhan pohon yang semakin tua, sebagian besar dialokasikan ke pertumbuhan akar dengan mengurangi pertumbuhan bagian atas pohon (Siregar, 2007).

Table 2. Diameter setinggi dada, tinggi total, biomasa bagian atas, biomasa bagian bawah (akar), dan nisbah biomasa pucuk-akar pada hutan tanaman *Tectona grandis* di Ciampea, Parung, dan Ciamis

DBH (cm)	Tinggi total (m)	Biomasa bagian atas (Kg)	Biomasa bagian bawah (Kg)	Nisbah biomasa pucuk-akar	Kerapatan (pohon /ha)	Keterangan (Lokasi, umur)
4,8	4,55	3,89	1.85	2,10	1000	Ciampea, 1 Tahun
5,5	4,67	4,274	2.03	-	1000	Ciampea, 1 Tahun
6	5,2	5,122	2.44	-	1000	Ciampea, 1 Tahun
6,5	6,3	7,766	3.70	-	1000	Ciampea, 1 Tahun
7	7,15	10,56	5.03	-	1000	Ciampea, 1 Tahun
7,6	8,6	10,781	5.13	-	1000	Ciampea, 1 Tahun
5	4,85	2,643	0.74	-	1000	Ciampea, 2 Tahun
6	6,4	4,639	1.29	-	1000	Ciampea, 2 Tahun
7,6	8,25	10,886	3.03	-	1000	Ciampea, 2 Tahun
9	8,45	11,14	3.10	3,59	1000	Ciampea, 2 Tahun
10,5	9,07	21,595	6.01	-	1000	Ciampea, 2 Tahun
13	9,56	40,354	11.23	-	1000	Ciampea, 2 Tahun
11,2	9,8	20,012	5.53	3,62	1000	Ciampea, 3 Tahun
11,9	7,71	27,218	7.49	3,63	1000	Ciampea, 3 Tahun
9	8,11	19,521	5.37	-	1000	Ciampea, 3 Tahun
7,4	7,91	10,05	2.77	-	1000	Ciampea, 3 Tahun
14,5	7,08	38,872	10.70	-	1000	Ciampea, 3 Tahun
18	12,35	74,274	20.44	-	1000	Ciampea, 3 Tahun
10	9,6	24,443	6,73	-	1000	Parung, 4 Tahun
12,2	11,67	48,944	13,48	-	1000	Parung, 4 Tahun
13	12,9	43,42	11,96	-	1000	Parung, 4 Tahun
14	13,56	58,684	16,17	-	1000	Parung, 4 Tahun
16,2	13,25	82,354	22,69	-	1000	Parung, 4 Tahun
19	9,3	107,742	29,68	-	1000	Parung, 4 Tahun
15	15,2	59,853	12.12	-	1111	Ciamis, 6 Tahun
17,8	14,16	80,425	16.28	4,94	1111	Ciamis, 6 Tahun
15,5	15,1	79,212	11.22	7,06	1111	Ciamis, 7 Tahun
20,1	17,3	121,873	17.26	-	1111	Ciamis, 7 Tahun
17	13,07	97,961	11.27	8,70	833	Ciamis, 9 Tahun
25	9,7	184,192	33.11	-	556	Ciamis, 12 Tahun
22,5	19,25	224,097	40.29	5,56	556	Ciamis, 12 Tahun
26,2	19,55	240,971	51.53	4,67	556	Ciamis, 15 Tahun

*Tulisan yang dicetak miring merupakan nilai dugaan

Table 3. Rataan biomasa bagian atas, bagian bawah, biomasa total, nisbah biomasa pucuk-akar, biomasa tumbuhan bawah, dan biomasa serasah pada setiap umur tegakan *Tectona grandis* di Ciampea, Parung, dan Ciamis, Jawa Barat

	Umur tegakan (Tahun)								
	1	2	3	4	6	7	9	12	15
Kerapatan (N/ha)	1000	1000	1000	1000	1111	1111	833	556	556
<i>Biomasa bagian atas</i>									
Rataan									
kg/pohon	7,07	15,21	31,65	60,93	70,14	100,54	97,96	204,14	240,90
ton/ha	7,07	15,21	31,65	60,93	77,92	111,69	81,60	113,50	133,94
Kandungan karbon (ton/ha)	3,54	7,61	15,83	30,47	38,96	55,85	40,80	56,75	66,97
<i>Biomasa bagian bawah</i>									
Rataan									
kg/pohon	3,36	4,23	8,72	16,79	14,2	14,24	11,27	36,7	51,53
ton/ha	3,36	4,23	8,72	16,79	15,78	15,82	9,39	20,40	28,65
Kandungan karbon (ton/ha)	1,68	2,12	4,36	8,40	7,89	7,91	4,70	10,20	14,33
<i>Biomasa total</i>									
Rataan									
kg/pohon	10,43	19,44	40,37	77,72	84,34	114,78	109,23	240,84	292,43
ton/ha	10,43	19,44	40,37	77,72	93,7	127,51	90,99	133,9	162,59
Kandungan karbon (ton/ha)	5,22	9,73	20,19	38,87	46,85	63,76	45,5	66,95	81,30
Rataan									
Nisbah biomasa pucuk-akar	2,10	3,58	3,63	3,63	4,94	7,06	8,70	5,56	4,67
<i>Biomasa tumbuhan bawah</i>									
Rataan									
ton/ha	7,22	4,72	3,74	3,11	2,29	1,61	1,98	2,83	3,38
Kandungan karbon (ton/ha)	3,61	2,36	1,87	1,55	1,14	0,80	0,99	1,41	1,69
<i>Biomasa serasa</i>									
Rataan									
ton/ha	1,26	1,30	1,81	3,68	1,36	1,51	3,48	2,11	1,99
Kandungan karbon (ton/ha)	0,63	0,65	0,90	1,84	0,68	0,75	1,74	1,05	0,99

Produksi biomasa total (biomasa bagian atas + biomasa bagian bawah) pada saat tegakan *Tectona grandis* berumur 1 tahun (kerapatan 1000 pohon/ha) adalah sebesar 10,43 ton/ha, pada saat tegakan berumur 2 tahun (kerapatan 1000 pohon/ha) sebesar 19,44 ton/ha, pada umur tegakan sebesar 3 tahun (kerapatan 1000 pohon/ha) sebesar 40,37 ton/ha, pada umur tegakan sebesar 4 tahun (kerapatan 1000 pohon/ha) sebesar 77,72 ton/ha, pada umur tegakan sebesar 6 tahun (kerapatan 1111 pohon/ha) sebesar 93,7 ton/ha, pada umur tegakan sebesar 7 tahun (kerapatan 1111 pohon/ha) sebesar 127,51 ton/ha, pada umur tegakan sebesar 9 tahun (kerapatan 833 pohon/ha) sebesar 90,99 ton/ha, pada umur tegakan sebesar 12 tahun (kerapatan 556 pohon/ha) sebesar 133,90 ton/ha, dan pada umur tegakan sebesar 15 tahun (kerapatan 556 pohon/ha) sebesar 162,59 ton/ha. Temuan ini menunjukkan bahwa produksi biomasa terbesar dihasilkan

pada saat tegakan *Tectona grandis* berumur 15 tahun dengan kerapatan 556 pohon/ha, hal ini setara dengan konservasi carbon sebesar 298,06 ton/ha CO₂ (dengan asumsi bahwa kandungan karbon adalah 50 % dari berat kering biomasa (Brown, 1997)).

Nilai biomasa tumbuhan bawah yang dihasilkan pada saat tegakan *Tectona grandis* berumur 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 12, dan 15 tahun cukup bervariasi antara 1,61 ton/ha sampai 7,22 ton/ha dengan rata-rata sebesar 3,43 ton/ha. Sementara itu, nilai biomasa serasah pada tegakan *Tectona grandis* adalah berkisar 1,26 ton/ha sampai 3,68 ton/ha dengan rata-rata 2,05 ton/ha. Kira-kira 50 % dari produksi biomasa serasah ini adalah kandungan karbon serasah, dan dengan perjalanan waktu, serasah ini akan terdekomposisi dan merupakan bahan masukan yang akan memperkaya bahan organik tanah.

Studi kasus terhadap pendugaan biomasa bagian atas berdasarkan data sekunder dari hutan kemasyarakatan di Madura (BPKH Wilayah XI Jawa-Madura, 2009), disajikan pada Box 4. Pada tegakan *Tectona grandis* dengan sebaran diameter setinggi dada berkisar dari 6,05 cm sampai dengan 50,00 cm; untuk tegakan *Acacia mangium* dengan sebaran diameter setinggi dada berkisar dari 1,00 cm sampai dengan 63,00 cm; dan tegakan *Paraserianthes falcataria* dengan sebaran diameter setinggi dada berkisar dari 21,00 cm sampai dengan 47,00 cm. Hasil studi kasus ini menunjukkan bahwa produksi biomasa paling tinggi ditemukan pada jenis tegakan cepat tumbuh *Paraserianthes falcataria* yaitu sebesar 207,49 ton/ha atau setara dengan konservasi karbon sebesar 380,41 ton/ha CO₂.

Box 4. Nilai dugaan biomasa bagian atas pada *T. grandis*, *A. mangium*, and *P. falcataria* di Kabupaten Bangkalan/ Madura. (menggunakan persamaan allometrik; *T. grandis*, $Y = 0,054 \text{ DBH}^{2,579}$, *A. mangium*, $Y = 0,12 \text{ DBH}^{2,28}$, *P. falcatia*, $Y = 0,2831 \text{ DBH}^{2,063}$)

	Tree species		
	<i>T. grandis</i>	<i>A. mangium</i>	<i>P. falcataria</i>
Stand density assumption (N/ha)	556	556	556
Average aboveground biomass			
kg/tree	317,280	234,865	373,188
ton/ha	176,40	130,60	207,49
Carbon content (ton/ha)	88,20	65,30	103,75

KANDUNGAN KARBON TANAH

Hasil analisis karbon tanah dan kerapatan lindis menurut kedalaman 0 -100 cm pada tegakan *Tectona grandis* di Ciampea, Parung, dan Ciamis, disajikan pada Box 5.

Data yang disajikan pada Box 5 menunjukkan bahwa karbon organik tanah yang menurun dengan semakin bertambahnya kedalaman tanah. Besarnya jumlah kandungan karbon organik tanah yang ditemukan di lapisan permukaan, dipengaruhi oleh tekstur tanah, vegetasi diatas tanah, kandungan air atau aerasi tanah, dan temperatur. Pada umumnya, kandungan bahan organik tanah berkorelasi positif dengan kandungan partikel liat dan berkorelasi negatif dengan kandungan partikel pasir, dan akan menurun dengan semakin bertambahnya kedalaman tanah (Baize, 1993). Pada kebanyakan kasus pada penelitian ini, kerapatan lindis tanah hanya mengalami sedikit perubahan seiring dengan semakin dalamnya tanah. Umumnya kerapatan lindis tanah akan meningkat seiring bertambahnya kedalaman tanah, dan fenomena ini berhubungan erat dengan akumulasi kandungan partikel liat pada lapisan tanah yang semakin dalam.

Kandungan organik tanah yang paling tinggi ditemukan pada lapisan permukaan tanah (kedalaman 0-5 cm), dengan besar yang berada pada kisaran 1,55% sampai 2,08 % untuk semua lokasi penelitian. Hasil yang sama juga dilaporkan Siregar *et al.* (2003) dan Siringoringo *et al.* (2003) pada jenis tanah *Orthic Acrisol*, *Orthic Ferrasol*, dan *Dystric Nitosol*.

Fungsi tanah dan bahan organik didalam siklus karbon secara global telah menjadi obyek penelitian yang sangat luas dalam kurun waktu yang cukup lama, dan dilaporkan bahwa tanah menyimpan C sebanyak 2,1 kali dibandingkan dengan yang tersimpan di atmosfer, dan menyimpan 2,7 kali lebih banyak dari yang tersimpan di vegetasi secara global (Metting *et al.*, 1999). Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa kumulatif kandungan karbon yang terkonservasi dari permukaan tanah hingga kedalaman 100 cm berada pada kisaran 63,42 ton C/ha sampai 93,81 ton C/ha, setara dengan 232,54 ton CO₂/ha dan 343,97 ton CO₂/ha.

Beberapa hasil penting yang disarikan dari kegiatan pengembangan standar penghitungan karbon hutan tanaman skala kecil berdasarkan pengalaman lokal ditampilkan pada Box 6.



Gambar 7. Hutan tanaman *Acacia mangium*, potensi stok karbon yang besar di hutan tropis

Box 5. Kandungan karbon tanah, kerapatan lindis menurut kedalaman 0-100 cm pada tegakan *Tectona grandis*

Lokasi	Kedalaman (cm)	Karbon (%)	Kerapatan lindis (g/cm ³)	Kandungan karbon (ton/ha)	Kumulatif kandungan karbon	
					Kedalaman (cm)	(ton/Ha)
CIAMPEA	0-5	2,08	0,876	9,11	0-5	9,11
	5-10	2,04	0,848	8,65	10	17,76
	10-20	1,51	0,925	13,97	20	31,73
	20-30	0,96	0,943	9,05	20-30	40,78
	30-50	0,83	0,968	16,07	30-50	56,85
	50-70	0,58	0,983	11,40	50-70	68,25
	70-100	0,36	1,007	10,88	70-100	79,13
CIAMPEA	0-5	2,07	0,955	9,88	0-5	9,88
	5-10	1,74	0,917	7,98	10	17,86
	10-20	1,28	0,902	11,56	20	29,42
	20-30	1,07	0,815	8,72	20-30	38,14
	30-50	0,82	0,925	15,17	30-50	53,31
	50-70	0,58	0,912	10,58	50-70	63,89
	70-100	0,48	0,936	13,47	70-100	77,36
CIAMPEA	0-5	1,65	0,983	8,11	0-5	8,11
	5-10	1,48	0,920	6,81	10	14,92
	10-20	1,20	0,955	11,46	20	26,38
	20-30	0,87	0,930	8,10	20-30	34,48
	30-50	0,64	0,894	11,44	30-50	45,92
	50-70	0,49	0,859	8,42	50-70	54,34
	70-100	0,41	0,876	10,77	70-100	65,11
PARUNG	0-5	1,55	1,009	7,82	0-5	7,82
	5-10	1,12	0,910	5,10	10	12,92
	10-20	1,01	1,085	10,96	20	23,88
	20-30	0,55	1,185	6,52	20-30	30,40
	30-50	0,44	1,399	12,31	30-50	42,71
	50-70	0,32	1,529	9,79	50-70	52,50
	70-100	0,30	1,213	10,92	70-100	63,42
CIAMIS	0-5	1,75	1,197	10,47	0-5	10,47
	5-10	1,42	1,103	7,83	10	18,30
	10-20	1,17	1,162	13,60	20	31,90
	20-30	1,09	0,986	10,75	20-30	42,65
	30-50	0,85	1,001	17,02	30-50	59,67
	50-70	0,80	0,887	14,19	50-70	73,86
	70-100	0,65	1,023	19,95	70-100	93,81

Box 6 . Beberapa kesimpulan yang diperoleh dari kegiatan ini adalah:

1. Persamaan allometrik untuk tegakan *Tectona grandis* adalah $Y = 0,054 X^{2,579}$, $R^2 = 0,977$ (biomasa bagian atas); $Y = 0,006 X^{2,702}$, $R^2 = 0,890$ (biomasa bagian bawah); dan $Y = 0,093 X^{2,462}$, $R^2 = 0,971$ (biomasa total).
2. Nilai pendugaan biomasa bagian atas tegakan *Tectona grandis* berdasarkan pengukuran diameter setinggi dada (DBH) disajikan pada Box 2, yang dapat digunakan secara praktis.
3. Nilai tertinggi total biomasa diperoleh pada tegakan *Tectona grandis* yang berumur 15 tahun dengan kerapatan 556 pohon/ha, yang setara dengan konservasi karbon pada kisaran 298,06 ton /ha CO₂.
4. Kumulatif kandungan karbon yang terkonservasi dari permukaan tanah hingga kedalaman 100 cm berada pada kisaran 63,42 ton C/ha sampai 93,81 ton C/ha, setara dengan 232,54 ton CO₂/ha dan 343,97 ton CO₂/ha.



DAFTAR PUSTAKA

- ✓ Baize, D. 1993. Soil Science Analysis. A Guide to Current Use. Jhon Wiley& Sons, New York.
- ✓ BPKH Wilayah XI Jawa-Madura. 2009. Basis Data Hutan Rakyat Pulau Jawa. Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah XI Jawa-Madura.
- ✓ Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. A Prime. FAO. Forestry Paper No. 134. FAO, USA.
- ✓ MacDicken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International, Arlington, VA, USA.
- ✓ Metting, F.B., J.L. Smith, and J.S. Amthor. 1999. p. 1-34. In N.J. Rosenberg, R.C. Izaurralde, and E.L. Malone (Eds.). Carbon Sequestration in Soils. Science, Monitoring, and Beyond. Battelle Press, Columbus-Richland.
- ✓ Siregar, C.A. 2007. Biomass Estimation and Soil Carbon Conservation of *Pinus merkusii* Jung et de Vriese Plantation in Cianten, West Java. Buletin Penelitian Hutan Vol IV No.3. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- ✓ Siregar, C. A., H.H. Siringoringo, and H. Hatori. 2003. Analysis of Soil Carbon Accumulation of *Shorea leprosula* Plantation in Ngasuh, West Java. Buletin Penelitian Hutan 634. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- ✓ Siringoringo, H.H., C.A. Siregar and H. Hatori. 2003. Analisis of Soil Carbon Stock of *Acacia mangium* Plantation in Maribaya, West Java. Buletin Penelitian Hutan 634. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.

Appendix 1. Daftar data pengukuran lapangan beberapa variable dari 32 pohon contoh pada lokasi penelitian

Lokasi	Umur (tahun)	Kerapatan (pohon/ha)	DBH (cm)	Tinggi total (m)	Berat kering batang utama (kg)	Berat kering cabang (kg)	Berat kering ranting (kg)	Berat kering daun (kg)	Berat kering akar (kg)
Ciampea	1	1000	4,8	4,55	3304,74	38,1818	-	547,368	1851,97
	1	1000	5,5	4,67	3434,02	142,202	-	698,148	-
	1	1000	6	5,2	4002,8	219,556	-	900	-
	1	1000	6,5	6,3	6924,69	145,679	-	695,96	-
	1	1000	7	7,15	8777,52	399,259	-	1382,38	-
	1	1000	7,6	8,6	10038,5	-	-	742,857	-
	2	1000	5	4,85	2116,03	37,8378	-	489,56	-
	2	1000	6	6,4	3717,37	100,079	-	821,229	-
	2	1000	7,6	8,25	7825,03	1470,51	-	1590,91	-
	2	1000	9	8,45	6965,24	2335,88	-	1838,51	3100
	2	1000	10,5	9,07	16122,1	3518,89	-	1953,9	-
	2	1000	13	9,56	23308,4	10304,1	-	6741,94	-
	3	1000	11,2	9,8	14511,6	3704,08	-	1796,79	5528,8
	3	1000	11,9	7,71	15146,8	7368,51	-	4702,38	7489,84
	3	1000	9	8,11	14526,6	3510,86	-	1483,24	-
	3	1000	7,4	7,91	6695,67	2812,5	-	541,667	-
3	1000	14,5	7,08	20846,9	13167,3	-	4858,04	-	
3	1000	18	12,35	46707,4	19105,3	-	8461,36	-	
Parung	4	1000	10	9,6	14178,3	5991,35	1441,38	2832,34	-
	4	1000	12,2	11,67	26866,9	14696,9	2686,21	4693,92	-
	4	1000	13	12,9	29577,9	8403,6	2083,33	3354,84	-
	4	1000	14	13,56	35005	16935,2	1653,33	5090,91	-
	4	1000	16,2	13,25	48111,6	17437	7510,59	9294,89	-
	4	1000	19	9,3	61551	25764,3	8385,03	12042	-
Ciamis	6	1111	15	15,2	46449,3	6421,33	2611,11	4371,43	-
	6	1111	17,8	14,16	47874,1	17278,5	8793,6	6479,29	16279,6
	7	1111	15,5	15,1	62636,5	9395,12	1921,98	5258,54	11218,5
	7	1111	20,1	17,3	85730,8	24598,9	6098,16	5445,65	-
	9	833	17	13,07	78621,6	15328,8	2222,22	1788,39	11265,7
	12	556	25	9,7	134385	25449,5	21290,6	3067,52	-
	12	556	22,5	19,25	156319	32666,7	24614	10497,9	40287,4
	15	556	26,2	19,55	177654	22828,6	28381	12107,5	51527,3

Dokumentasi Lapangan di Ciamis



Gambar 8. Tegakan Jati umur 6 tahun di KPH Ciamis



Gambar 9. Pengukuran diameter batang



Gambar 10. Pengukuran berat batang dengan timbangan pegas



Gambar 11. Penebangan pohon contoh (*destructive sampling*)



Gambar 12. Pembersihan tanah pada akar sebelum ditimbang



Figure 13. Stripping and collecting leaves

Dokumentasi Lapangan di Ciampea



Gambar 14. Tegakan Jati umur 3 tahun di Ciampea



Gambar 15. Pengukuran berat batang dengan timbangan pegas



Gambar 16. Pembersihan dan pengumpulan daun



Gambar 17. Pembersihan tanah pada akar sebelum ditimbang



Gambar 18. Pembuatan plot untuk pengukuran biomasa tumbuhan bawah dan serasah



Gambar 19. Pengambilan sampel tanah untuk analisis kandungan karbon tanah dan kerapatan lindi

Dokumentasi Lapangan di Parung



Gambar 20. Tegakan jati umur 4 tahun di Parung



Gambar 21. Kumpulan sampel daun



Gambar 22. Pengukuran berat ranting dan cabang



Gambar 23. Pembuatan plot untuk pengukuran biomasa tumbuhan bawah dan serasah

Pengembangan Standar Penghitungan Karbon Hutan Tanaman Skala Kecil Berdasarkan Pengalaman Lokal

Chairil Anwar Siregar, PhD



KEMENTERIAN KEHUTANAN



ITTO

RED-PD 007/09 Rev. 2 (F)

Peningkatan Stok Karbon untuk Mengurangi Emisi
dari Deforestasi dan Degradasi Hutan melalui
Inisiatif Pengelolaan Hutan Lestari di Indonesia

Ged. Mangala Wanabhakti Blok IV
Lt. 7 Ruang A709
Jl. Gatot Soebroto, Senayan, Jakarta
Indonesia 10270
Tel : +62-21-5703246 ext. 5400
Fax: +62-21-37750400
E-mail : ittoredpd7@gmail.com
Website : <http://www.red-pd79.org/>