

**POTENSI BIOMASA DAN SIMPANAN KARBON JENIS-JENIS TANAMAN BERKAYU  
DI HUTAN RAKYAT DESA NGLANGGERAN, GUNUNGKIDUL,  
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

**RIS HADI PURWANTO<sup>1\*</sup>, ROHMAN<sup>1</sup>, AHMAD MARYUDI<sup>1</sup>, TEGUH YUWONO<sup>1</sup>,  
DWIKO BUDI PERMADI<sup>1</sup> & MAKMUN SANJAYA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Bagian Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta  
\*E-mail: risuhadi@yahoo.com

<sup>2</sup>Alumni Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

**ABSTRACT**

*Community forests, like any other forests, do not only produce timber and fire-woods but they also function as carbon storage, and therefor they play a very important role in the global carbon cycle. This research aims were (a) determining the types of perennial woods (diameter at breast height,  $D = 10$  cm which grown on community forest of Ngalaggeran Village, (b) determining the growth characteristics of vegetations which make up the community forest, including diameter at breast height, height of trees, tree density and basal area, and (c) determining the biomass and carbon storage in the community forests of Nglanggeran Village. The research used the allometric method to assess the biomass of mahogany, acacia, sonokeling, teak, sengon and the others. The research result showed that there were 25 species of perennial woods, which cultivated by the community forest's farmers in Nglanggeran Village, most of which is mahogany. The average of stem diameter at breast was 20.8 cm (range between 17.0 and 27.3 cm), and the average height was 15.0 cm (range between 11.6 and 20.6 cm). The tree density per hectare was 162, consisting mostly of mahogany (67 trees per hectare) acacia (38 trees per hectare), sonokeling (25 trees per hectare), teak (9 trees per hectare), sengon (3 trees per hectare) and the others (20 trees per hectare). The average of basal area was 4.918 m<sup>2</sup> per hectare. The average biomass was 38.106 tons per hectare which include mahogany 23.119 tons per hectare, acacia 7.036 tons per hectare, sonokeling 3.440 tons per hectare, teak 1.614 tons per hectare, sengon 0.464 ton per hectare and others 2.434 tons per hectare. If it is assumed that 50% of biomass weight is carbon, then the average carbon storage at Nglanggeran Village community forest is 19.053 tons per hectare, which include mahogany 11.560 tons per hectare, and the others 1.217 tons per hectare. The research about forest biomass and carbon stock in a community forest provides a chance of the community forest in preparing to face the carbon trading era..*

**Keywords:** biomass and carbon storage, perennial woods, community forest

**INTISARI**

*Selain menghasilkan kayu perkakas dan kayu bakar, hutan rakyat sebagaimana hutan pada umumnya juga berfungsi sebagai penyimpan karbon, sehingga memainkan peran yang sangat penting di dalam siklus karbon global (the global carbon cycle). Penelitian ini dilakukan untuk (a) mengetahui jenis-jenis tanaman berkayu mulai dari tingkat tiang (poles:  $D = 10$  cm) di hutan rakyat Desa Nglanggeran, (b) mengetahui karakteristik pertumbuhan tanaman berkayu penyusun hutan rakyat meliputi pertumbuhan diameter batang setinggi dada, tinggi, kerapatan pohon dan luas bidang dasarnya, dan (c) mengetahui kandungan biomasa dan karbon. Hasil penelitian ini menunjukkan ada 25 jenis tanaman berkayu yang ditanam dan dikembangkan oleh masyarakat petani hutan rakyat di Desa Nglanggeran yang sebagian besar menanam dan mengembangkan jenis tanaman mahoni. Rata-rata diameter batang setinggi dada untuk jenis-jenis tanaman berkayu mulai tingkat tiang (poles: dbh = 10 cm) adalah 20,8 cm (kisaran: 17,0 - 27,3 cm), dan tinggi rata-rata 15,0 cm*

(kisaran: 11,6 - 20,6 cm). Jumlah pohon per hektar 162 pohon yang terdiri dari jenis mahoni (67 pohon/ha), akasia (38 pohon/ha), sonokeling (25 pohon/ha), jati (9 pohon/ha), sengon (3 pohon/ha) dan jenis lainnya (20 pohon/ha). Rata-rata luas bidang dasar 4,918 m<sup>2</sup> /ha. Rata-rata simpanan biomasa sebesar 38,106 ton/ha yang terdiri dari jenis mahoni 23,119 ton/ha, akasia 7,036 ton/ha, sonokeling 3,440 ton/ha, jati 1,614 ton/ha, sengon 0,464 ton/ha dan jenis lainnya 2,434 ton/ha. Bila diasumsikan 50 % berat biomasa adalah karbon maka rata-rata simpanan karbon di hutan rakyat Desa Nglanggeran sebesar 19,053 ton/ha yang terdiri dari jenis mahoni 11,560 ton/ha, akasia 3,518 ton/ha, sonokeling 1,720 ton/ha, jati 0,807 ton/ha, sengon 0,232 ton/ha dan jenis lainnya 1,217 ton/ha. Penelitian tentang potensi biomasa dan simpanan karbon hutan di hutan rakyat memberi peluang hutan rakyat dalam menyambut era perdagangan karbon.

**Katakunci:** potensi biomasa, simpanan karbon, jenis-jenis tanaman berkayu, hutan rakyat

## PENDAHULUAN

Salah satu isu lingkungan yang terkait dengan hutan yang kini marak dibahas adalah terjadinya perubahan iklim akibat pemanasan global (*global warming*). Beberapa penyebab timbulnya perubahan iklim global yang dianggap sangat serius saat ini adalah naiknya konsentrasi gas rumah kaca (GRK), utamanya adalah gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Para ahli mensinyalir bahwa meningkatnya gas rumah kaca di atmosfer disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu terjadinya deforestasi dan degradasi hutan serta pembakaran material berbau fosil (*fossil fuel combustion*). Freedman (1989) mengatakan bahwa kontribusi gas karbon dioksida di atmosfer bumi adalah yang paling dominan sebagai akibat peningkatan aktivitas manusia terhadap hutan yang pada akhirnya dapat menyebabkan apa yang disebut sebagai pengaruh rumah kaca (*greenhouse effect*) yang bisa mempengaruhi bahkan mengubah pola dan jumlah curah hujan, naiknya air laut dan timbulnya berbagai pengaruh aspek ekologi lainnya yang bisa membahayakan kehidupan manusia di muka bumi. Freedman *et al.* (1992) melaporkan bahwa perubahan kadar gas CO<sub>2</sub> di atmosfer diyakini sebagai akibat aktivitas manusia dalam hal emisi gas CO<sub>2</sub> melalui: (i) pembakaran material yang mengandung karbon (C) untuk menghasilkan energi dan (ii) konversi

ekosistem alamiah yang mengandung material karbon tinggi yaitu hutan menjadi ekosistem dengan kandungan/kadar karbon yang lebih rendah yaitu ekosistem pertanian. Perubahan ekosistem dari lahan hutan menjadi lahan pertanian sangat berpengaruh terhadap kadar CO<sub>2</sub> di atmosfer bumi karena sebgai besar material organik C dari hutan pada akhirnya akan dioksidasi menjadi CO<sub>2</sub> di saat kegiatan pembersihan lahan (*land clearing*) dan penebangan hutan.

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan salah satu komponen gas rumah kaca yang dapat berperan sebagai perangkap panas di atmosfer, sehingga dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim (Heriansyah, 2005). Peristiwa perubahan iklim ini tentu berakibat fatal bagi kehidupan di permukaan bumi, seperti bidang pertanian, perubahan ekosistem alam, meluasnya padang rumput dan gurun, areal hutan menyusut dan bergerak ke arah kutub. Sedangkan daerah kutub sendiri karena naiknya suhu air laut mengakibatkan mencairnya sebagian besar bongkahan es dan lambat laun mengakibatkan banyak daerah pantai yang terendam (Arief, 2001). Oleh karena itu perlu adanya usaha penurunan emisi gas rumah kaca di atmosfer. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> di atmosfer adalah

dengan pembuatan hutan/penghutan kembali suatu kawasan/lahan kosong yang disebut dengan kegiatan *forestation* (Sedjo, 1989). Pembuatan hutan (*forestation*) menyangkut dua hal pokok yaitu penanaman pepohonan/penghutan kembali pada kawasan lahan hutan (*reforestation*) dan penanaman pepohonan/penghutan kembali pada lahan-lahan yang tidak dijadikan hutan selama kurun waktu 50 tahun atau lebih, dan sering disebut dengan istilah *afforestation* (Schroeder, 1992). Kegiatan penghutan kembali baik pada lahan-lahan hutan maupun non hutan menunjukkan sangat besarnya luas lahan yang perlu dihutankan kembali untuk mengurangi konsentrasi gas CO<sub>2</sub> di atmosfer. Selama hutan yang didominasi oleh vegetasi berkayu itu tumbuh maka hutan akan memindahkan karbon dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan selanjutnya disimpan dalam bentuk jaringan-jaringan organ tanaman seperti batang, kulit, dahan, ranting, akar, dan daun. Akan tetapi tatkala pohon sudah berumur tua atau sudah mencapai masak tebang (*over mature*), pertumbuhan pohon tersebut menjadi sangat lambat yang ditunjukkan dengan riap pertumbuhannya (*increment*) yang sangat kecil, sehingga dalam konsep fungsi hutan sebagai penyimpan karbon (*carbon sink*), pohon-pohon yang sudah tua tersebut lebih baik ditebang dan dilakukan penanaman kembali karena pohon-pohon yang sudah tua secara keseluruhan kemampuan serapan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dari atmosfer juga kecil (Schroeder, 1992).

Baik hutan tanaman yang dikembangkan di lahan milik negara (*state forest*) maupun di lahan rakyat/komunal (*community forest*) mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi gas CO<sub>2</sub> dari atmosfer selama proses fotosintesis dan menyimpannya sebagai materi organik dalam bentuk biomasa tanaman yang tersimpan dalam

jaringan-jaringan organ tanaman, seperti akar, batang, cabang dan daun.

Penelitian-penelitian yang terkait dengan potensi hutan dalam menghasilkan kayu perkakas dan kayu bakar relatif sudah banyak dilakukan, baik pada hutan alam, hutan tanaman maupun hutan rakyat. Namun, penelitian yang mengkaji potensi hutan rakyat dalam menyimpan karbon (*carbon storage*) dalam rangka mengurangi akumulasi gas CO<sub>2</sub> dari atmosfer nampaknya belum banyak dilakukan. Untuk itu, dalam penelitian ini akan dikaji seberapa besar potensi biomasa dan simpanan karbon jenis-jenis tanaman berkayu penyusun hutan rakyat utamanya adalah jenis tanaman mahoni, akasia, sonokeling, jati, dan sengon. Untuk mengetahui potensi biomasa dan simpanan karbon tersebut diawali terlebih dahulu dengan melakukan inventarisasi secara sensus jenis-jenis tanaman berkayu penyusun hutan rakyat yang berdiameter batang di atas atau sama dengan 10 cm (tingkat tiang/*poles*). Data hasil inventarisasi ini dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik pertumbuhan tanaman berkayu penyusun hutan rakyat meliputi pertumbuhan diameter batang setinggi dada, tinggi, kerapatan pohon dan luas bidang dasarnya. Data hasil inventarisasi selanjutnya dianalisis dengan metode allometrik untuk mengetahui kandungan biomasa tiap-tiap individu pohon. Metode allometrik merupakan metode pengukuran pertumbuhan tanaman yang dinyatakan dalam bentuk hubungan-hubungan eksponensial atau logaritma antar organ tanaman yang terjadi secara harmonis dan perubahan secara proporsional (Parresol, 1999). Martin *et al.*, (1998) menyatakan bahwa persamaan allometrik dapat digunakan untuk menghubungkan antara diameter batang pohon dengan variabel yang lain seperti volume kayu,

biomasa pohon, dan kandungan karbon pada tegakan hutan yang masih berdiri (*standing stock*).

Penelitian ini berlokasi di hutan rakyat Desa Nglanggeran dengan pertimbangan pertumbuhan hutan rakyatnya relatif baik, dan dengan kearifan lokalnya masyarakat sudah terbiasa memanfaatkan lahan hutan rakyatnya dengan tiga tipe pemanfaatan lahan disesuaikan dengan jarak lokasi hutan rakyat dengan tempat tinggalnya, dan jenis tanaman yang diupayakan. Ketiga jenis bentuk hutan rakyat yang ada di Nglanggeran yaitu pekarangan, tegalan dan *alas*. Pekarangan merupakan satu hamparan sistem penggunaan lahan yang terletak sekitar tempat tinggal petani. Ragam komoditi yang dapat dijumpai di pekarangan seperti tanaman kayu untuk kayu perkakas, tanaman kayu bakar, tanaman buah-buahan, tanaman perkebunan, tanaman obat-obatan, dan tanaman pangan (Awang *et al.*, 2002). Tegalan adalah satu hamparan sistem penggunaan lahan yang terletak di luar orbit pemukiman petani, antara pemukiman dan lokasi tegalan ada jarak tertentu yang bervariasi antara daerah yang satu dengan yang lainnya. Ragam komoditas yang ada di tegalan umumnya ditumbuhi tanaman pangan, tanaman sayuran, dan tanaman keras (Awang *et al.*, 2002). *Alas* merupakan sistem penggunaan lahan yang terletak paling jauh dari pemukiman dan jenis tanaman yang diusahakan didominasi oleh jenis-jenis tanaman berkayu (tanaman kehutanan). Di samping itu, Desa Nglanggeran juga salah satu desa yang memiliki kondisi alam yang indah (terdapat Gunung Purba) sebagai tempat wisata, sehingga dengan mengetahui potensi simpanan karbon di hutan rakyatnya mempunyai peluang besar untuk diikuti dalam kancah perdagangan karbon (*carbon trading*).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan alat penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah semua jenis tanaman berkayu mulai dari tingkat tiang (*poles*: dbh = 10 cm), yang tumbuh di hutan rakyat milik responden Desa Nglanggeran, Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Beberapa alat/data pendukung yang dipakai dalam penelitian antara lain peta kerja Desa Nglanggeran, register pemilik hutan rakyat Desa Nglanggeran, *tally sheet*, kompas, pita diameter (*phiband*), hagameter, parang, *roll meter* dan tali plastik.

### Cara pengumpulan data

#### 1. Pemilihan responden

Jumlah responden yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 30 kepala keluarga. Untuk mendapatkan 30 responden penelitian. Unit pencatatan (*recording unit*) dalam penelitian ini diawali dengan memanfaatkan batas wilayah administrasi terkecil untuk wilayah desa/dusun yaitu wilayah RT (Rukun Tetangga). Dusun Gunung Butak terbagi dalam 4 RT, yaitu RT 20, RT 21, RT 22, RT 23. Untuk mendapatkan unit pencatatan ini dilakukan secara acak atau random. Pada penelitian ini didapat RT 20 sebagai unit pencatatan. Dalam wilayah RT 20 terdapat sejumlah 40 Kepala Keluarga (KK) yang sebagian besar bermata pencaharian sebagai petani/ buruh tani pada lahan milik orang lain. Berdasarkan hasil orientasi lapangan dapat diketahui nama-nama petani yang memiliki lahan *alas*, tegal, dan/ atau pekarangan. Dari petani tersebut dipilih sampel 30 responden secara random untuk menghindari unsur subjektivitas dari peneliti. Selanjutnya pengukuran potensi kayu hanya dilakukan di atas lahan milik petani sampel tersebut dengan intensitas sampling

100% atau sensus untuk fase tiang (*poles*) dan pohon (*trees*).

## 2. Pembuatan petak ukur

Petak ukur (PU) dibuat mengikuti bentuk lahan yang dimiliki oleh pemilik hutan rakyat baik itu berupa pekarangan, tegalan maupun *alas*. Inventarisasi dilakukan pada tiga tipe penggunaan lahan tersebut. Jumlah responden untuk tiap-tiap tipe penggunaan lahan sebanyak 10 responden, sehingga jumlah totalnya ada 30 responden. Pengamatan yang dilakukan untuk tiap-tiap petak ukur adalah pengukuran luas, pencatatan semua jenis tanaman berkayu tingkat tiang dan pohon, penghitungan jumlah tiang dan pohon di setiap PU ( $n/PU$ ), pengukuran diameter batang setinggi dada ( $D$ ) dan tinggi ( $H$ ).

## Analisis data

### 1. Kandungan biomasa

Lodhiyal *et al.* (2003) menyatakan bahwa secara umum biomasa adalah total kandungan material organik suatu organisme hidup pada tempat dan waktu tertentu. Whittaker *et al.* (1975) menyatakan bahwa biomasa tumbuhan merupakan material kering dari suatu organisme hidup (tumbuhan) pada waktu, tempat dan luasan tertentu, sehingga satuan biomasa tumbuhan biasanya dinyatakan dalam  $kg/m^2$  atau ton/ha. Biomasa pohon dalam penelitian ini dinyatakan dalam berat kering yang merupakan gabungan dari organ tanaman hidup yang berada di atas tanah (*total aboveground biomass*) yang komponen utamanya terdiri dari organ batang, cabang/ranting dan daun.

Pengukuran biomasa pohon dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya yang dilakukan oleh Brown *et al.* (1984) melalui pendekatan penghitungan volume pohon dan kepadatan kayunya (*wood density*) dan untuk mendapatkan total biomasa

dalam satu pohon utuh perlu dikalikan dengan angka BEF (*Biomass Expansion Factor*). Ogawa dan Kira (1977) mengatakan bahwa pengukuran biomasa suatu pohon dapat dilakukan dengan metode pemanenan total (*total harvesting method*), artinya memanen semua komponen pohon pada areal dengan luasan tertentu. Selain itu biomasa pohon juga dapat dihitung dengan metode allometrik yaitu memanen beberapa sampel pohon dengan cara destruktif, ditimbang berat basah dan berat kering sampel masing-masing organ tanaman, selanjutnya dibuat persamaan yang menyatakan hubungan antara variabel bergantung (*dependent variable*) berupa biomasa total ( $B_t$ ) dan variabel bebas (*independent variables*) dapat berupa diameter batang ( $D$ ), tinggi pohon ( $H$ ), kepadatan kayu ( $\bar{n}$ ), atau gabungan antara variabel-variabel tersebut. Jones (1979) mengatakan bahwa persamaan allometrik biomasa pohon hasilnya akan akurat apabila variabel bebasnya dinyatakan dalam formulasi volume pohon yang direpresentasikan dalam bentuk diameter batang kuadrat dan tinggi pohon ( $D^2 \cdot H$ ). Berdasarkan uraian tersebut di atas, penelitian ini menerapkan metode allometrik dalam penentuan biomasa pohon yang disesuaikan dengan jenis pohon yang sama yang tumbuh di hutan rakyat dengan kondisi habitat yang relatif sama sebagaimana tercantum pada Tabel 1.

### 2. Kandungan karbon

Kandungan karbon di dalam material organik kering (*dry organic matter*) atau biomasa untuk jenis tanaman dapat diukur secara langsung melalui pembakaran sample di dalam alat analisa karbon (*carbon analyzer*), seperti yang dilaporkan oleh Kraenzel *et al.* (2003) untuk biomasa jati. Angka rata-rata kandungan karbon pada species jati didapat sebesar 49,5 % dari total biomasa jati dan 43,3 %, dari biomasa seresah jati. Peneliti lain menggunakan konsentrasi karbon sebesar 45,5 % dari berat

Tabel 1. Penaksiran total biomasa atas tanah untuk jenis mahoni, sonokeling, jati, akasia, sengon dan selainnya di hutan rakyat Desa Nglanggeran

No	Jenis pohon	Biomasa total (batang, cabang, dan daun)	Author
1.	Mahoni ( <i>Swietenia mahagony</i> )	$Bt = 0,9029(D^2.H)^{0,6840}$	Badriyah dan Purwanto, 2008
2.	Sonokeling ( <i>Dalbergia latifolia</i> )	$Bt = 0,7458(D^2.H)^{0,6394}$	Rosmerita dan Purwanto, 2008
3.	Jati ( <i>Tectona grandis</i> )	$Bt = 0,0149(D^2.H)^{1,0835}$	Silaban dan Purwanto, 2008
4.	Akasia auri ( <i>Acacia auriculiformis</i> )	$Bt = 0,0775(D^2.H)^{0,9018}$	Choirudin dan Purwanto, 2009
5.	Sengon ( <i>Paraserianthes falcataria</i> )	$Bt = 0,0199(D^2.H)^{0,9296}$	Azhim dan Purwanto, 2007
6.	Lain-lain	$Bt = 0,0240(D^2.H)^{0,7817}$	Gabungan 5 jenis

Keterangan: B<sub>t</sub>: Biomasa total , H : tinggi total pohon, D : diameter batang pohon.

biomasanya (Ni, 2003). Sebagian besar para peneliti menggunakan angka asumsi sebesar 50% untuk mengukur kandungan karbon dari berat biomasanya (Johnson & Sharpe, 1982; Freedman *et al.*, 1992; Schroeder, 1992; Coomes *et al.*, 2002; Meer *et al.*, 2002; Fukuda *et al.*, 2003). Oleh karena itu dalam kajian ini juga menggunakan angka asumsi 50% untuk menaksir kandungan karbon dari berat biomasanya.

### Potensi biomasa dan karbon

Inventarisasi hutan rakyat dilakukan untuk mengetahui potensi dan kondisi tegakan yang ada di hutan rakyat Desa Nglanggeran. Potensi yang dimaksud di sini meliputi potensi biomasa dan karbon tegakan hutan rakyat dalam satuan ton per

hektar (ton/ha), kerapatan tegakan hutan rakyat yang dinyatakan dalam jumlah pohon per hektar (N/ha) dan luas bidang dasar (lbds : m<sup>2</sup>/ha). Kondisi hutan rakyat antara lain digambarkan dengan pertumbuhan diameter batang, tinggi pohon, luas kepemilikan hutan rakyat, dan pola tanam pengembangan hutan rakyat di lahan pekarangan, tegalan dan *alas*.

Inventarisasi semua jenis tanaman berkayu dilakukan secara sensus pada 30 responden atau pemilik lahan hutan rakyat yang meliputi *alas*, tegalan, dan pekarangan masing-masing 10 responden. Untuk menaksir potensi kayu pada lahan hutan rakyat digunakan unit penaksiran yaitu dusun, sebagai satuan administrasi di bawah desa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

## Inventarisasi hutan rakyat di Desa Nglanggeran

Wilayah Desa Nglanggeran terbagi menjadi 5 padusunan, yaitu Dusun Nglanggeran Kulon (RW 3), Nglanggeran Wetan (RW 4), Gunung Butak (RW 5), Karang Sari (RW 2), dan Doga (RW 1). Untuk mendapatkan unit penaksiran ini dilakukan secara acak atau random. Pada penelitian ini didapat unit penaksiran yaitu Dusun Gunung Butak atau sama dengan wilayah RW 5. Dusun ini memiliki luasan hutan rakyat yang relatif lebih besar dibanding dusun lain, pemukiman hampir terpusat pada suatu area. Menurut data potensi Desa Nglanggeran, dusun ini memiliki potensi kayu terbesar (dalam satuan m<sup>3</sup>) untuk jenis tanaman jati, mahoni, akasia, sonokeling, dan sengon.

Rekapitulasi data hasil inventarisasi untuk masing-masing tipe penggunaan lahan hutan rakyat di Desa Nglanggeran disajikan dalam Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4.

Dari sejumlah 10 responden untuk jenis lahan *alas* dapat dilihat bahwa terdapat variasi luas lahan

*alas* antara 0,05 ha sampai dengan 1,10 ha dengan berbagai variasi model penanaman pohon yaitu pohon pembatas (batas lahan), acak atau tidak teratur, teras, serta baris dengan jarak tanam tertentu.

Hutan rakyat yang tumbuh pada jenis lahan *alas* biasa disebut dengan istilah lokal yaitu *wono*. *Alas* memiliki ciri yaitu terletak paling jauh dari lokasi tempat tinggalnya dan jenis penyusunnya didominasi oleh jenis-jenis tanaman berkayu sebagai penghasil kayu perkakas dan/atau kayu bakar. Berhubung letaknya yang paling jauh dengan tempat tinggalnya, maka curahan tenaga kerja untuk kegiatan pemeliharaan tanamannya tergolong paling rendah dibanding tegalan dan pekarangan. *Alas* di wilayah Dusun Gunung Butak sebagian besar berada pada kelerengan agak curam dan berbatu. Komposisi penyusun *alas* hanya terdapat tanaman berkayu, dan jenis tanaman berkayu yang paling banyak dijumpai adalah akasia (*Acacia auriculiformis*), hasil dari program penghijauan pemerintah beberapa tahun yang silam. Jenis akasia yang dipilih ditanam di lahan *alas* dengan pertimbangan akasia adalah salah

Tabel 2. Rekapitulasi Data Inventarisasi Hutan Rakyat pada Lahan *Alas*

No	Nama responden	Luas (Ha)	Keterangan	Jumlah pohon total	D rerata (cm)	H rerata (m)
1	Sagiran	0,05	Pola Campur, Model Pohon Batas	24	15,61	14,35
2	Suyanto	0,22	Pola Campur, Model Acak	31	15,34	14,03
3	Mulyo Rejo	0,20	Pola Campur, Jarak Tanam 2 x 3 m	149	16,69	13,28
4	Ngatmo	0,35	Pola Campur, Model Acak	114	19,28	14,20
5	Sigit	0,15	Pola Campur, Model Teras	31	16,03	14,27
6	Poniran	0,30	Pola Campur, Model Acak	88	16,43	13,70
7	Tugiman	0,25	Pola Campur, Model Acak	73	16,83	14,04
8	Budi Utomo	0,37	Pola Campur, Model Acak	65	17,50	13,14
9	Poniran Sastro	0,20	Pola Campur, Model Teras	59	17,91	14,43
10	Wardi Wiyono	1,10	Pola Campur, Model Acak	224	16,62	13,20
	<b>Jumlah</b>	<b>3,19</b>	-	<b>858</b>	<b>16,82</b>	<b>13,86</b>

Keterangan: D : diameter batang setinggi dada, H : tinggi pohon

Tabel 3. Rekapitulasi Data Inventarisasi Hutan Rakyat pada Lahan Pekarangan

No	Nama Responden	Jenis Lahan	Luas (Ha)	Keterangan	Jumlah pohon total	D rerata (cm)	H rerata (m)
1	Poniran Sastro	Pekarangan	0,29	Tanaman Kayu+Semusim+Buah, Tanam Acak	38	27,38	13,50
2	Jumari	Pekarangan	0,19	Tanaman Kayu+Semusim+Buah, Tanam Acak	13	14,50	8,50
3	Slamet	Pekarangan	0,50	Tanaman Kayu+Buah, Tanam Acak	52	19,66	13,91
4	Ngatimin	Pekarangan	0,20	Tanaman Kayu+Buah, Tanam Acak	57	16,97	15,94
5	Sumpono	Pekarangan	0,37	Tanaman Kayu+Buah, Tanam Acak	26	16,88	14,15
6	Kemin Mintodiharjo	Pekarangan	0,50	Tanaman Kayu+Semusim+Buah, Tanam Acak	37	20,18	15,97
7	Sugeng	Pekarangan	0,10	Tanaman Kayu, Pola Campur, Tanam Acak	80	19,88	15,14
8	Sagiran	Pekarangan	0,26	Tanaman Kayu+Semusim+Buah, Tanam Acak	30	18,60	14,88
9	Adi Sumarsono	Pekarangan	1,00	Tanaman Kayu+Buah, Tanam Lorong	148	24,09	16,96
10	Mulyo Rejo	Pekarangan	0,42	Tanaman Kayu+Semusim+Buah, Pohon Pembatas	27	17,37	16,17
	<b>Jumlah</b>		<b>3,83</b>		<b>508</b>	<b>19,55</b>	<b>14,51</b>

Keterangan: D : diameter batang setinggi dada, H : tinggi pohon

satu jenis tanaman *pioneer* yang dapat tumbuh pada lahan marginal.

Dari sejumlah 10 responden untuk jenis lahan pekarangan dapat dilihat bahwa terdapat variasi luas lahan pekarangan antara 0,10 ha sampai dengan 1,0 ha dengan berbagai variasi model penanaman pohon yaitu pohon pembatas (batas lahan), dan acak atau tidak teratur. Sebagian besar pada lahan pekarangan dilakukan sistem agroforestri dimana komposisi tanaman yang diusahakan campuran dari tanaman kehutanan, perkebunan, semusim, dan/ atau buah-buahan. Pada lahan pekarangan jenis tanaman penyusunnya dipengaruhi oleh tingkat kesukaan dari

pemilik lahan, permintaan pasar, nilai ekonomi/harga jual, serta kemudahan mendapatkan bibit. Oleh karena itu pada lahan pekarangan yang terletak di sekitar rumah banyak terdapat jenis rambutan, mangga kweni, pete, durian, dan coklat sehingga jenis tanaman kehutanan yang tumbuh di lahan pekarangan relatif sedikit dibanding yang tumbuh di lahan *alas*.

Hutan rakyat yang tumbuh pada jenis lahan pekarangan memiliki ciri yaitu berada di sekeliling pemukiman pemilik sesuai dengan batas lahannya. Jenis tanaman kehutanan yang banyak diusahakan adalah jenis mahoni dan sonokeling.

Dari sejumlah 10 responden untuk jenis lahan tegalan dapat dilihat bahwa terdapat variasi luas lahan tegalan antara 0,08 ha sampai dengan 0,54 ha dengan berbagai kondisi seluruhnya dilakukan sistem agroforestri dimana komposisi tanaman yang diusahakan berupa campuran dari tanaman kehutanan, tanaman semusim, dan/atau buah-buahan. Model agroforestri yang dikembangkan di lahan tegalan yaitu pohon pembatas (batas lahan) dan lorong (*alley cropping*).

Pemanfaatan lahan tegalan lebih diusahakan untuk memberikan ruang tumbuh tanaman semusim

seperti ubi kayu, jagung, rumput/pakan ternak, dan jenis kacang-kacangan. Oleh karena itu, keberadaan jenis tanaman kehutanan tergolong sedikit. Selain itu, di lahan tegalan juga ditanam jenis tanaman buah-buahan (hortikultura)

Hutan rakyat yang tumbuh pada jenis lahan tegalan memiliki ciri yaitu berada di luar pemukiman/pekarangan pemilik dan selalu dilakukan usaha wanatani atau agroforestri. Untuk tanaman kehutanan yang banyak diusahakan adalah jenis mahoni dan sonokeling, walaupun dalam jumlah sedikit.

Tabel 4. Rekapitulasi Data Inventarisasi Hutan Rakyat pada Lahan Tegalan

No	Nama Responden	Luas (ha)	Keterangan	Jumlah pohon total	D rerata (cm)	H rerata (m)
1	Tugiman	0,25	Model Pohon Pembatas, Semusim Ubi Kayu	15	17,11	12,10
2	Sumpono	0,25	Model Pohon Pembatas, Semusim Ubi Kayu	7	15,38	11,60
3	Poniran	0,15	Model Pohon Pembatas, Semusim Jenis Kacang	11	19,48	14,30
4	Suyanto	0,22	Model Pohon Pembatas, Semusim Ubi Kayu	6	25,00	17,00
5	Asmo Suwito	0,17	Model Pohon Pembatas, Semusim Ubi Kayu	12	15,71	14,75
6	Rejo Wiyono	0,54	Model Lorong, Semusim Ubi Kayu	59	17,50	15,08
7	Jemingin	0,20	Model Pohon Pembatas, Semusim Ubi Kayu+Jagung	25	21,09	17,11
8	Teguh Winardi	0,08	Model Pohon Pembatas, Semusim Ubi Kayu	2	21,45	20,00
9	Suwoto	0,20	Model Pohon Pembatas, Semusim Ubi Kayu	29	17,99	12,65
10	Widi Utomo	0,15	Model Pohon Pembatas, Semusim Ubi Kayu	12	15,74	14,29
	<b>Jumlah</b>	<b>2,21</b>		<b>178</b>	<b>18,65</b>	<b>14,89</b>

Keterangan: D : diameter batang setinggi dada, H : tinggi pohon

### Kandungan biomasa dan karbon di lahan *Alas*, pekarangan dan tegalan

Berdasarkan analisis data hasil inventarisasi hutan rakyat di lahan *alas*, pekarangan dan tegalan Desa Nglanggeran dari 30 responden diperoleh rekapitulasi jumlah pohon, luas bidang dasar dan biomasa per hektar untuk masing-masing jenis disajikan pada Tabel 5.

Data yang tercantum pada Tabel 5 di atas merupakan hasil analisis data inventarisasi semua jenis tanaman berkayu mulai dari tingkat tiang (*poles*), yaitu pohon yang berdiameter diatas atau sama dengan 10 cm yang biasa ditanam oleh 30 responden pemilik hutan yang terdiri dari 10 responden pemilik lahan *alas*, 10 pemilik lahan pekarangan dan 10 pemilik lahan tegalan.

Hasil inventarisasi menunjukkan ada 25 jenis tanamn berkayu yang dikembangkan oleh masyarakat petani hutan rakyat di Desa Nglanggeran yang sebagian besar mengembangkan jenis tanaman mahoni (*Swietenia macrophylla*: 41,70 %), Akasia (*Acacia auriculiformis*: 23,23 %), sonokeling (*Dalbergia latifolia*: 15,33 %), jati (*Tectona grandis*: 5,56 %), sengon (*Paraserianthes falcataria*: 1,87 %), dan jenis lain (12,32 %). Jenis-jenis lain meliputi

alpokat (*Percea americana*), asam jawa (*Tamarindus indica*), cengkeh (*Eugenia aromatica*), coklat (*Teobroma cacao*), durian (*Durio zibethinus*), duwet (*Eugenia cummini*), jambu air (*Eugenia aquea*), jambu mete (*Anacardium occidentale*), jengkol (*Pithecelobium jiringa*), jeruk manis (*Citrus sinensis*), jeruk bali (*citrus maxima*), kluwih (*Artocarpus altilis*), kuweni (*Mangifera odorata*), melinjo (*Gnetum gnemon*), nangka (*Artocarpus heterophyllus*), petai (*Parkia speciosa*), rambutan (*Nephelium lappaceum*), randu (*Ceiba petandra*), sukun (*Artocarpus elasticus*) dan sirsak (*Annona muricata*).

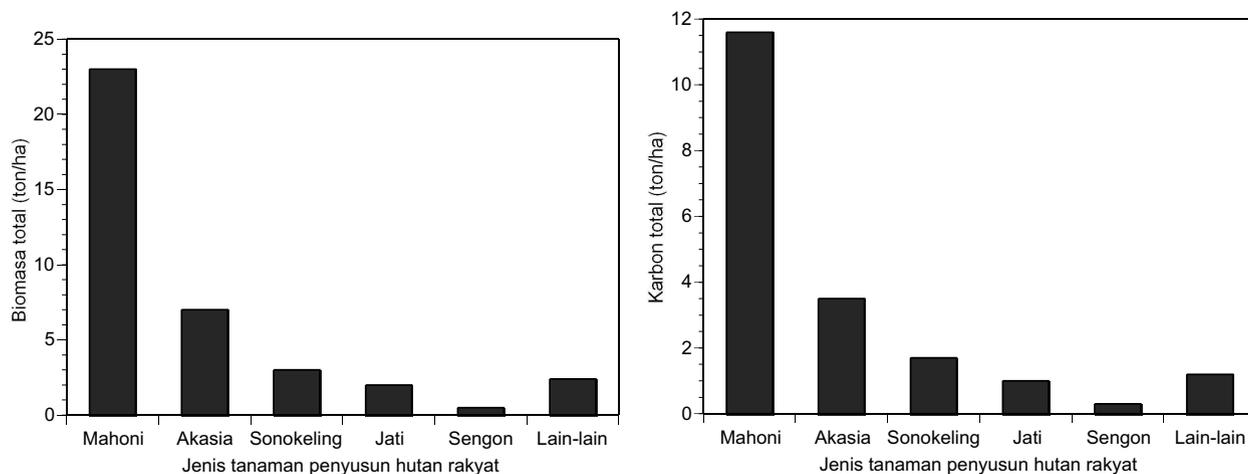
Diameter rata-rata 20,8 cm (berkisar 17,0 – 27,3 cm), dan tinggi rata-rata 15,0 cm (berkisar 11,6 – 20,6 cm). Jumlah pohon per hektar 162 pohon yang terdiri dari jenis mahoni (67 pohon/ha), akasia (38 pohon/ha), sonokeling (25 pohon/ha), jati (9 pohon/ha), sengon (3 pohon/ha) dan jenis lainnya (20 pohon/ha). Rata-rata luas bidang dasar 4,9177 m<sup>2</sup>/ha.

Rata-rata biomasa 38,106 ton/ha yang terdiri dari jenis mahoni 23,119 ton/ha, akasia 7,036 ton/ha, sonokeling 3,440 ton/ha, jati 1,614 ton/ha, sengon 0,464 ton/ha dan jenis lainnya 2,434 ton/ha. Bila

Tabel 5. Rekapitulasi Data Hasil Inventarisasi Hutan Rakyat (HR) di Lahan *Alas*, Pekarangan dan Tegalan Desa Nglanggeran

Tipe HR	Luas (Ha)	No.	Jenis	D (cm)	H (m)	n pohon	Lbds (m <sup>2</sup> )	Bt (kg)	Rata-rata per Ha			N (%)
									N	Lbds (m <sup>2</sup> )	Bt (kg)	
Alas Peka- rangan Tegalan	9,23	1	Mahoni	18,4	14,9	623	19,3476	213.385,755	67	2,0962	23.118,7167	41,70
		2	Akasia	21,9	15,9	347	9,9182	64.945,447	38	1,0746	7.036,3431	23,23
		3	Sono	17,0	13,1	229	5,8863	31.747,936	25	0,6377	3.439,6526	15,33
		4	Jati	20,0	14,2	83	2,2926	14.898,267	9	0,2484	1.614,1134	5,56
		5	Sengon	27,3	20,6	28	1,5087	4.282,232	3	0,1635	463,9471	1,87
		6	Lain-lain	20,4	11,6	184	6,4367	22.462,780	20	0,6974	2.433,6706	12,32
			<b>Rerata</b>	<b>20,8</b>	<b>15,0</b>	<b>1.494</b>	<b>45,3901</b>	<b>351.722,475</b>	<b>162</b>	<b>4,9177</b>	<b>38.106,4436</b>	<b>100,00</b>

Keterangan: HR: Hutan Rakyat, D: diameter batang setinggi dada, H : tinggi pohon, n: jumlah pohon, Lbds: Luas bidang dasar, Bt: Biomasa total, N: jumlah pohon per hektar.



Gambar 1. Kandungan biomasa dan karbon jenis-jenis tanaman berkayu penyusun hutan rakyat di Desa Nglanggeran

diasumsikan 50% berat biomasa adalah karbon maka rata-rata cadangan karbon di hutan rakyat Desa Nglanggeran sebesar 19,053 ton/ha yang terdiri dari jenis mahoni 11,560 ton/ha, akasia 3,518 ton/ha, sonokeling 1,720 ton/ha, jati 0,807 ton/ha, sengon 0,232 ton/ha dan jenis lainnya 1,217 ton/ha. Kandungan biomasa dan karbon untuk masing-masing jenis tanaman berkayu penyusun hutan rakyat di Desa Nglanggeran selengkapnya disajikan dalam bentuk grafik histogram sebagaimana yang tertera dalam Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa baik simpanan biomasa maupun simpanan karbon untuk jenis-jenis tanaman berkayu yang tumbuh di hutan rakyat Desa Nglanggeran yang tertinggi adalah jenis mahoni dan terendah adalah jenis sengon. Hal ini sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan, bahwa masyarakat Desa Nglanggeran lebih suka mengembangkan jenis tanaman mahoni dibanding jenis sengon karena menurut mereka jenis mahoni lebih cocok ditanam di Desa Nglanggeran dibanding sengon, dan masyarakat juga sering memanfaatkan jenis mahoni sebagai kayu perkakas yang relatif lebih kuat dibanding sengon.

Anonim (2010a) membagi 3 kriteria simpanan (*stock*) karbon di dalam ekosistem hutan, yaitu *stock*

karbon rendah ( $< 35$  ton C/ha), *stock* karbon sedang (35 – 100 ton C/ha), dan *stock* karbon tinggi ( $> 100$  ton C/ha). Berdasarkan hasil inventarisasi pada Tabel 6 menunjukkan bahwa rata-rata simpanan biomasa total di atas permukaan tanah (*above ground biomass*) untuk jenis-jenis tanaman berkayu mulai dari tingkat tiang (dbh = 10 cm) sebesar 38,106 ton/ha atau ekuivalen dengan 19,053 ton C/ha, sehingga dapat dikategorikan sebagai *stock* karbon rendah apabila mengacu pada ketentuan sebagaimana yang telah dijelaskan oleh Anonim (2010a). Rendahnya nilai *stock* karbon ini cukup beralasan karena *stock* karbon yang dihitung dalam penelitian ini tergolong *under estimated* karena komponen biomasa/karbon yang dihitung hanya dari bagian atas tanah (*above ground biomass*), ukuran diameter batang tumbuhan berkayu dibatasi hanya yang berdiameter batang di atas atau sama dengan 10 cm, dan hanya berfokus pada tumbuhan berkayu yang masih hidup. Sementara menurut Anonim (2010b) mengatakan ada 5 sumber karbon (*carbon pools*) yang harus diukur di dalam ekosistem hutan, yaitu biomasa di atas tanah (*above ground biomass*) termasuk juga tumbuhan bawah (*under story*), biomasa di bawah tanah (*below ground biomass*),

sisa-sisa kayu mati (*necromass*), seresah (*litterfall*), karbon organik tanah (*soil organic carbon*).

### KESIMPULAN

Dengan mendasarkan pada tujuan penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil inventarisasi menunjukkan ada 25 jenis tanaman berkayu yang dikembangkan oleh masyarakat petani hutan rakyat di Desa Nglanggeran yang sebagian besar mengembangkan jenis tanaman mahoni (*Swietenia macrophylla*: 41,70 %), Akasia (*Acacia auriculiformis*: 23,23 %), sonokeling (*Dalbergia latifolia*: 15,33 %), jati (*Tectona grandis*: 5,56 %), sengon (*Paraserianthes falcataria*: 1,87 %), dan jenis lain (12,32 %). Jenis-jenis lain meliputi alpokat (*Persea americana*), asam jawa (*Tamarindus indica*), cengkeh (*Eugenia aromatica*), coklat (*Teobroma cacao*), durian (*Durio zibethinus*), duwet (*Eugenia cummini*), jambu air (*Eugenia aquea*), jambu mete (*Anacardium occidentale*), jengkol (*Pithecelobium jiringa*), jeruk manis (*Citrus sinensis*), jeruk bali (*Citrus maxima*), kluwih (*Artocarpus altilis*), kuweni (*Mangifera odorata*), melinjo (*Gnetum gnemon*), nangka (*Artocarpus heterophyllus*), petai (*Parkia speciosa*), rambutan (*Nephelium lappaceum*), randu (*Ceiba petandra*), sukun (*Artocarpus elasticus*) dan sirsak (*Annona muricata*).
2. Diameter rata-rata untuk tingkat tiang (*poles*: dbh = 10 cm) adalah 20,8 cm (*range*: 17,0 – 27,3 cm), dan tinggi rata-rata 15,0 cm (*range*: 11,6 – 20,6 cm). Jumlah pohon per hektar 162 pohon yang terdiri dari jenis mahoni (67 pohon/ha), akasia (38 pohon/ha), sonokeling (25 pohon/ha), jati (9 pohon/ha), sengon (3 pohon/ha) dan jenis

lainnya (20 pohon/ha). Rata-rata luas bidang dasar 4,9177 m<sup>2</sup>/ha.

3. Rata-rata biomasa 38,106 ton/ha yang terdiri dari jenis mahoni 23,119 ton/ha, akasia 7,036 ton/ha, sonokeling 3,440 ton/ha, jati 1,614 ton/ha, sengon 0,464 ton/ha dan jenis lainnya 2,434 ton/ha.
4. Bila diasumsikan 50 % berat biomasa adalah karbon maka rata-rata cadangan karbon di hutan rakyat Desa Nglanggeran sebesar 19,053 ton/ha yang terdiri dari jenis mahoni 11,560 ton/ha, akasia 3,518 ton/ha, sonokeling 1,720 ton/ha, jati 0,807 ton/ha, sengon 0,232 ton/ha dan jenis lainnya 1,217 ton/ha.
5. Angka *stock* karbon sebesar 19,053 ton C/ha tergolong *stock* karbon rendah karena penghitungan *stock* karbonnya hanya berfokus pada tumbuhan berkayu yang berdiameter batang di atas atau sama dengan 10 cm, sedangkan sumber karbon lainnya tidak dihitung sehingga *under estimated*.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas dana hibah penelitian DPP sebagaimana yang tertuang di dalam Surat Perjanjian Kerjasama Nomor 77.18/KS/2009 tanggal 25 Mei 2009, oleh karena itu Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Kehutanan dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UGM yang telah meloloskan dalam penyeleksian pemberian hibah tersebut. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kepala Desa Nglanggeran beserta para perangkat desa dan para warganya yang telah membantu pelaksanaan teknis di lapangan dan pemberian ijin lokasi sebagai tempat penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim 2010a. *Strategi nasional REDD+. Revisi tanggal 23 September 2010*. Bappenas-Kemhut-UN-REDD Programme Indonesia. Jakarta.
- Anonim 2010b. *Pedoman pengukuran karbon untuk mendukung penerapan REDD+ di Indonesia*. Tim Perubahan Iklim Badan Litbang Kehutanan. Jakarta.
- Arief A. 2001. *Hutan & Kehutanan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Awang SA, W. Andayani W, Himmah B, Widayanti WT, Affianto A. 2002. *Hutan Rakyat Sosial Ekonomi dan Pemasaran*. Yogyakarta : BPF.
- Azhim MT & Purwanto RH. 2007. Penaksiran kandungan karbon pada hutan rakyat jenis sengon. Skripsi S1 (tidak dipublikasikan). Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Badriyah N & Purwanto RH. 2008. Penaksiran potensi kandungan karbon jenis mahoni di hutan rakyat Desa Jatimulyo, Kec. Jatipuro, Kab. Karanganyar. Skripsi S1 (tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan UGM.
- Brown S, Gillespie AJR & Lugo AE. 1984. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *For. Sci.* **35**(4): 881-902.
- Choirudin & Purwanto RH. 2009. Inventori kandungan karbon pada hutan rakyat jenis akasia (*Acacia auriculiformis*) dan peluangnya dalam perdangan karbon (kasus di Desa Nglanggeran, Kab. Gunung Kidul, DIY). Skripsi S1 (tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan UGM.
- Coomes DA, Allen RB, Scott NA, Gouling C & Beets P. 2002. Designing systems to monitor carbon stocks in forests and shrub-lands. *For. Ecol. Manage.* **164**: 89-108.
- Freedman B. 1989. *Environmental ecology*. Academic Press, San Diego, CA. 424 pp.
- Freedman B, Meth, F & Hickman C. 1992. Temperate forest as a carbon-storage reservoir for carbon dioxide emitted by coal-fired generating stations. A case study for New Brunswick, Canada. *For. Ecol. Manage.* **55**: 15-29.
- Fukuda M, Iehara T & Matsumoto M. 2003. Carbon stock estimates for sugi and hinoki forests in Japan. *For. Ecol. Manage.* **1**: 1-16.
- Heriansyah I. 2005. Potensi hutan tanaman industri dalam mensequester karbon : studi kasus di hutan tanaman akasia dan pinus. *Inovasi Online*, Vol.3/XVII/Maret 2005. PPI Jepang.
- Johnson WC & Sharpe DM. 1982. The ratio of total to merchantable forest biomass and its application to the global carbon budget. *Can. J. For. Res.* **13**: 372-383.
- Jones. 1979. *Topics in applied geography vegetation productivity*. Longman London and New York.
- Kraenzel M, Castillo A, Moore T & Potvin C. 2003. Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantations, Panama. *For. Ecol. Manage.* **173**: 213-225.
- Lodhiyal N & Lodhiyal LS. 2003. Biomass and net primary productivity of Bhabar Shisham forests in central Himalaya, India. *For. Ecol. Manage.* **176**: 217-235.
- Martin JG, Kloeppel BD, Schaefer TL, Kimbler DL & McNutly SG, 1998. Aboveground Biomass and nitrogen allocation of ten deciduous Southern Appalachian tree species. *J. For. Res.* **28**: 1648-1659.
- Meer PJ, Jorritsma ITM & Kramer K. 2002. Assessing climate change effects on long-term forest development: adjusting growth, phenology, and seed production in a gap model. *For. Ecol. Manage.* **162**: 39-52.
- Ni J. 2003. Net primary productivity in forests of China: scaling-up of national inventory data and comparison with model predictions. *For. Ecol. Manage.* **176**: 485-495.
- Ogawa H & Kira T. 1977. *Methods of estimating forest biomass In Primary productivity of japanese forests: productivity of terrestrial communities*. Shidei T & Kira T (eds.), Japanese Committee for the International Biological Program, University of Tokyo Press, Japan.
- Parresol BR. 1999. Assessing tree and stand biomass: A review with examples and critical comparisons. *For. Sci.* **45**(4): 573-593.
- Rosmerita DT & Purwanto RH. 2008. Potensi hutan rakyat jenis sonokeling (*Dalbergia latifolia*) dalam mensequester karbon di Desa Nglanggeran, Kabupaten Gunung Kidul. Skripsi S1 (tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan UGM.
- Sedjo R. 1989. Forests to offset the greenhouse effect. *J. For.*, **87**: 12-15
- Schroeder P. 1992. Carbon storage potential of short rotation tropical tree plantations. *For. Ecol. Manage.* **50**: 31-41.

Silaban M & Purwanto RH. 2008. Potensi kandungan karbon pohon jati di hutan rakyat Desa Jatimulyo, Karanganyar. Skripsi S1 (tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan UGM.

Whittaker RH & Marks PL. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity. *Dalam* Lieth H & Whittaker RH.(edisi), *Primary productivity of the biosphere*. Springer-Verlag, New York.