Jurnal Manajemen Hutan Tropika Vol. VIII No. 1 : 15-29 (2002) Artikel (Article)

PENDUGAAN BIOMASA DI ATAS TANAH DI EKOSISTEM HUTAN PRIMER DAN HUTAN BEKAS TEBANGAN

(Studi Kasus Hutan Dusun Aro, Jambi)

Estimating above-ground biomass in the primary and logged-over forest ecosystem

(Case study Dusun Aro forest, Jambi)

HAMDAN TRESNAWAN[1) dan UPIK ROSALINA[2)

ABSTRACT

Biomass studies using combination of destructive and non-destructive sampling were conducted in the tropical rain forest of Dusun Aro, Jambi. In non-destructive sampling, biomass density was estimated using algometric equation from Brown (1997) mainly for trees with diameter at breast height greater than 5 cm. The components of above-ground biomass considered in this study were the under storeys, litters, living trees, dead standing trees, felled trees, and stumps (trunks) remained on forest floor. The purpose of the study is to estimate total above-ground biomass per unit area in the primary and logged-over forest.

The result shows that total aboveground biomass in the primary forest is higher than logged-over forest. Biomass density of primary forest was estimated of 348.02 ton/ha, while logged-over forest ranged from 189.26 to 221.39 ton/ha. Stand biomass was significantly decreased ranging from 126.63 in logged-over forest of the year 2000 to 158.76 ton/ha in logged-over forest of the year 1998. The main cause of the decreased in majority was illegal logging.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kajian biomasa ini merupakan langkah awal dari penelitian produktivitas serta sangat penting dipelajari untuk mengetahui siklus hara dan aliran energi dari suatu ekosistem hutan hujan tropika khususnya di Indonesia. Secara umum, kajian biomasa dibagi menjadi dua bagian, yaitu biomasa di atas tanah (above ground biomass) dan biomasa di bawah permukaan tanah (below ground biomass).

Biomasa hutan memiliki kandungan karbon yang cukup potensial. Hampir 50% dari biomasa vegetasi hutan tersusun atas unsur karbon. Unsur tersebut dapat dilepas ke atmosfir dalam bentuk karbondioksida (CO_2) apabila hutan dibakar, sehingga jumlahnya bisa meningkat secara drastis di atmosfir dan menjadi masalah lingkungan global. Oleh

---

[1) Mahasiswa Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor

[2) Staf pengajar dan peneliti di Lab. Ekologi, Fakultas Kehutanan IPB, Kampus IPB Darmaga P.O. Box. 168 Bogor karena itu pengukuran terhadap biomasa sangat dibutuhkan untuk mengetahui berapa besar jumlah karbon yang tersimpan di dalam hutan dan pengaruhnya terhadap siklus biogeokimia. Telah banyak usaha yang dilakukan oleh para ahli untuk mengukur jumlah biomasa di hutan tropika dengan cara membuat model-model yang dapat memperkirakan kontribusi deforestasi hutan tropika dan pembakaran biomasa terhadap peningkatan emisi gas CO_2 di atmosfer.

Dalam rangka pelaksanaan kegiatan pengelolaan hutan alam diperlukan suatu rencana pengelolaan yang baik, cermat dan terarah, agar tercapai hasil yang maksimal dan menguntungkan baik secara ekonomi maupun ekologi. Sebagian besar unsur hara di hutan hujan tropika terikat di dalam biomasa tegakan, sehingga jika dilakukan kegiatan pemanenan maka ekosistem akan banyak kehilangan unsur hara. Oleh karena itu, besar biomasa yang keluar dari hutan harus diimbangi dengan penambahan biomasa dalam hutan.

Dalam kajian ini, pendugaan jumlah biomasa pohon di bagian atas permukaan tanah di hutan hujan tropika dilakukan dengan menggunakan persamaan algometrik yang ada. Diharapkan dengan menggunakan metode ini akan mempersingkat waktu pengambilan data di lapangan, mengurangi biaya, tidak membutuhkan banyak tenaga kerja, serta mengurangi kerusakan pohon.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menduga besarnya biomasa di atas permukaan tanah per satuan luas di ekosistem hutan primer dan hutan bekas tebangan hutan hujan tropika dataran rendah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam pengelolaan hutan hujan tropika secara berkelanjutan berdasarkan tingkat produktivitas, besarnya biomasa dan parameter lain penentu keseimbangan hara (siklus hara) di hutan hujan tropika.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di hutan hujan tropika dataran rendah yang masih utuh (hutan primer), hutan bekas tebangan tahun 1998, dan hutan bekas tebangan tahun 2000 di Hutan Tridarma – IPB, Propinsi Jambi dari bulan Februari hingga akhir bulan Maret 2001.

Penelitian dilakukan di areal Hutan Tri Dharma - HTD IPB yang terletak di Kecamatan Merlung, Mersam, dan Pemayung, Kabupaten Batanghari dan Kabupaten Tanjung Jabung, Propinsi Daerah Tingkat I Jambi. Secara geografis terletak di koordinat $0^0 20'$-$1^0 32'$LS dan $103^0 01'$-$103^0 12'$BT,dengan batas-batas wilayahnya adalah sebagai berikut :

Sebelah Utara : PIR-Trans PT. Indosawit Subur
Sebelah Timur : HPHTI PT. Wira Karya Sakti dan eks HPH PT. Heeching
Sebelah Selatan : PIR-Trans PT. Indosawit Subur dan sebagian eks HPH PT. Tanjung Jati

Sebelah Barat : HPHTI PT. Wira Karya Sakti dan HPH PT Loka Rahayu (PT Inhutani V)

Berdasarkan penafsiran Citra Satelit Landsat TM tahun 1999 dan hasil pemeriksaan lapangan, keadaan penutupan lahan di areal HTD IPB pada saat ini adalah hutan terdegradasi ringan seluas 6.000 ha (19%), hutan terdegradasi sedang seluas 12.100 ha (38%), hutan terbakar & semak belukar seluas 13.100 ha (42%), dan perkebunan masyarakat 400 ha (1%).

Jenis-jenis pohon yang banyak dimanfaatkan baik oleh perusahaan HPH maupun oleh masyarakat bernilai ekonomi adalah jenis meranti, singkawang, mersawa, keruing dan resak dari suku Dipterocarpaceae serta jelutung, balam, medang, dan kempas.

Potensi tegakan bekas tebangan rata-rata secara umum sangat rendah dengan jenis-jenis yang kurang bernilai ekonomi. Untuk kelas diameter 50 cm ke atas, hanya terdapat potensi seluruh jenis 19,23 m3/ha (4,96 pohon/ha), sedangkan untuk kelas diameter 20-49 cm, potensi tegakannya sebesar 41,91 m3/ha (66.94 pohon/ha). Potensi hutan bekas tebangan umumnya hanya terdiri atas pohon-pohon berukuran tiang hingga berdiameter 35 cm ke bawah. Dari komposisi jenisnya, umumnya jenis-jenis suku Dipterocarpaceae (Shorea parvifolia, S. teysmaniana, S. acuminata, S. ovalis, Anisoptera curtisii) hanya memiliki persentase yang rendah. Jenis-jenis yang dominan adalah jenis kelat (Eugenia sp.), medang (Litsea sp.), dan kempas (Koompassia malaccensis). Dari potensi tegakannya, dapat dikatakan bahwa areal HTD IPB telah mengalami gangguan yang sangat berat terutama untuk pohon-pohon jenis komersil yang berdiameter besar serta potensi regenerasi alami jenis pohon komersil.

Secara umum areal Hutan Tri Dharma IPB unit dusun Aro bertopografi datar hingga landai dengan variasi elevasi antara 20 – 200 mdpl., dan hampir seluruh permukaan tanahnya kering. Di daerah yang bentuk wilayahnya datar berombak dijumpai tanah mineral yang digolongkan ke dalam kambisol atau latosol, kambisol gelap atau latosol gelap, glei hidromorf/gleisol dan podsolik coklat. Sedangkan di bagian depresi yang selalu tergenang air, ditemukan tanah-tanah dengan ketebalan bahan organik > 40 cm. Tanah ini tergolong kedalam tanah organosol/tanah gambut. Di daerah dengan bentuk wilayah bergelombang sampai agak berbukit, dijumpai tanah-tanah mineral yang digolongkan dalam kambisol, kambisol gelap, podsolik coklat dan podsolik merah kuning. Di daerah yang berbukit dijumpai tanah-tanah mineral yang tergolong dalam kambisol dan podsolik merah kuning.

Kawasan hutan Dusun Aro termasuk wilayah yang selalu basah dengan curah hujan antara 1500 – 4000 mm/tahun. Curah hujan rata-rata tahunan yang tercatat di Stasiun Pengamat Muara Bungo, Sultan Thaha dan Lubuk Ruso selama 1990-1996 (6 tahun) rata-rata sebesar 1554 mm/tahun dengan 57 hari hujan/tahun atau intensitas hujannya rata-rata 29,5 mm/hari. Menurut klasifikasi Schmidt – Ferguson wilayah ini termasuk kedalam tipe Iklim Hujan A dengan musim kemarau (curah hujan < 60 mm/bulan) umumnya hanya berlangsung pada bulan Juni-Agustus.

Metode

Data yang dikumpulkan adalah nama daerah untuk setiap jenis yang ditemukan didalam petak contoh, percabangan pada setiap jenis pohon, diameter pohon setinggi dada, tinggi total pohon dan berat kering oven tumbuhan bawah, serasah kasar, dan serasah halus, data specific grafity dari jenis-jenis kayu Indonesia yang diterbitkan oleh Departemen Kehutanan dan ICRAF.

Pengambilan contoh biomasa di atas tanah dilakukan dengan metode pemanenan dan tanpa pemanenan. Prosedur pengumpulan data biomasa di atas tanah disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Parameter-parameter biomasa di atas tanah dan metode yang digunakan.

Parameter	Metode
1. Tumbuhan bawah	Pemanenan /Destruktif
2. Serasah : - serasah kasar - serasah halus	Pemanenan/Destruktif
3. Pohon hidup	Non-destruktif, persamaan allometrik
4. Pohon mati berdiri (nekromasa)	Non-destruktif, persamaan allometrik (yang bercabang) atau silinder (yang tidak bercabang)
5. Pohon mati roboh (nekromasa)	Non-destruktif, persamaan silinder (atau allometrik untuk yang bercabang)
6. Tunggak pohon (nekromasa)	Non-destruktif, persamaan silinder

Sumber : Hairiah et al , 1999.

Dalam menduga biomasa pohon (pohon hidup, pohon mati berdiri, pohon mati roboh, dan tunggak) di atas tanah hutan primer dan hutan bekas tebangan, masing-masing dibuat petak contoh dengan ukuran berbeda. Peubah yang diukur dalam petak contoh tersebut adalah tinggi total pohon atau panjang pohon, percabangan, dan diameter setinggi dada.

Pengambilan pohon contoh dilakukan secara acak mewakili berbagai kelas diameter. Batas kelas diameter yang diambil yaitu : kelas I (5 – 30 cm), kelas II (30 – 60 cm), dan kelas III (> 60 cm). Petak contoh yang digunakan untuk menduga biomasa pohon berbentuk segiempat dengan tiga ukuran, yaitu :

1. Petak contoh 5 m x 40 m (200 m^2) untuk pohon yang berdiameter 5 – 30 cm.
2. Petak contoh 20 m x 100 m (2000 m^2) untuk pohon yang berdiameter 30 – 60 cm.
3. Petak contoh 100 m x 100 m (1 ha) untuk pohon yang berdiameter > 60 cm

Petak contoh 5 m x 40 m dan 20 m x 100 m masing-masing dibuat sebanyak tiga buah di Petak Ukur Permanen (PUP) hutan primer dan bekas tebangan seluas minimal 1 ha dan ditentukan secara acak. Sedangkan plot contoh 100 m x 100 m hanya dibuat satu buah. Ketiga plot contoh tersebut dilakukan secara purposive supaya tidak berada di areal yang vegetasinya paling padat atau paling sedikit.

Petak contoh untuk mengukur biomasa tumbuhan bawah dibuat empat buah dengan luas masing-masing 1mx1m. Sedangkan petak contoh serasah kasar dan serasah halus dibuat delapan buah dengan ukuran masing-masing 0.5mx0.5m. Kedua jenis petak contoh tersebut berada di setiap ulangan petak contoh ukuran 5 m x 40 m.

Persamaan empiris untuk menduga biomasa total diperoleh dari bentuk polynom $Y = a + b.D + c.D^2 + d.D^3$, atau dengan fungsi pangkat : $Y = a\ D^b$. Persamaan yang dikembangkan oleh Brown (1997) didasarkan pada diameter (D) setinggi dada (1.3 m); tinggi pohon (H); dan berat jenis (Tabel 2) digunakan dalam pendugaan biomasa. Beberapa persamaan terpisah tersebut dibuat untuk hutan tropika berdasarkan perbedaan rezim curah hujan, yaitu : kering dengan curah hujan < 1500 mm per tahun, lembab dengan curah hujan antara 1500 – 4000 mm per tahun, dan basah dengan curah hujan > 4000 mm per tahun. Faktor iklim seperti curah hujan dan suhu digunakan karena mempunyai pengaruh terhadap laju peningkatan biomasa pohon. Rezim curah hujan yang dibuat Brown (1997) hanya sebagai pedoman, dan secara umum hanya dapat digunakan pada kondisi hutan dataran rendah tropika.

Tabel 2. Hubungan allometrik untuk pendugaan biomasa berdasarkan diameter (D >5 cm) dan tinggi pohon (Brown, 1997).

Zona Wilayah (Curah Hujan, mm/tahun)	Persamaan (Y=biomasa pohon, kg/ pohon; D = DBH; H = height, m)	Kisaran Diameter (cm)	Jumlah Pohon	R^2
Kering (< 1500 mm)	$Y = 0.139D^{2.32}$	5 – 40	28	0.89
Lembab (1500-4000 mm)	$Y = 42.69 - 12.8D + 1.242D^2$	5 – 148	170	0.84
	$Y = 0.118D^{2.53}$	5 – 148	170	0.97
Alternatif	$Y = 0.092D^{2.60}$	5 – 148	170	0.93
Basah (> 4000 mm)	$Y = 21.3 - 6.95D + 0.74D^2$	4 – 112	169	0.92
	$Y = 0.037D^{1.89}H$	4 – 112	169	0.90

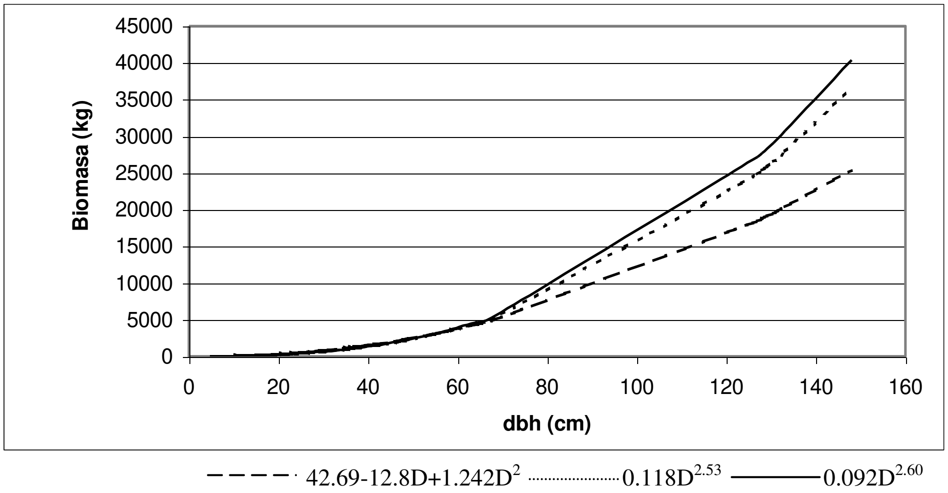
Sumber : Hairiah et al , 1999.

Persamaan allometrik yang digunakan untuk menduga biomasa pohon adalah persamaan pada zona iklim lembab, yaitu :

$$Y = 42.69 - 12.8D + 1.242D^2 \quad (1)$$

$$Y = 0.118D^{2.53} \quad (2)$$

$$Y = 0.092D^{2.60} \quad (3)$$



Gambar 1. Karakteristik masing-masing persamaan penduga biomasa pohon berdasarkan Brown (1997)

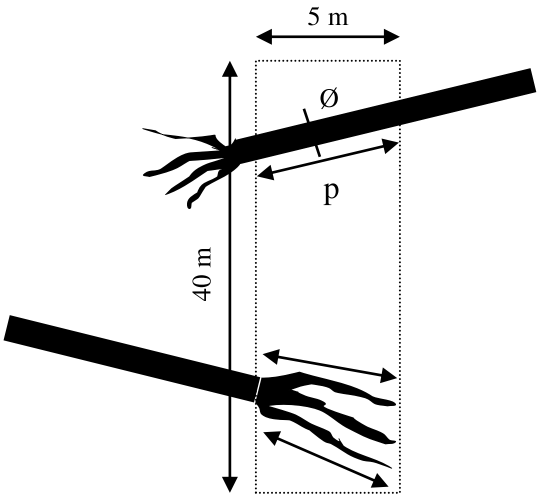
Persamaan penduga biomasa pohon di zona iklim lembab (persamaan 1, 2, dan 3) yang dihitung dari data asli Brown (1997) memperlihatkan pola yang sama dalam pendugaan biomasa untuk pohon dengan diameter sampai 80 cm (Gambar 1). Setelah batas diameter ini (> 80 cm), pendugaan biomasa per pohon dari tiga persamaan tersebut memperlihatkan pola yang berbeda. Bagaimanapun, pendugaan biomasa per pohon yang dihitung dengan fungsi pangkat (2) lebih mendekati data aslinya dan r^2 (koefisien determinasi) persamaan regresinya lebih tinggi dibandingkan dengan persamaan (2) dan (3), yaitu : 0,97. Berdasarkan tingkat ketelitian (r^2) tersebut maka persamaan yang dipilih untuk menduga biomasa pohon dan pohon bercabang adalah persamaan fungsi pangkat (2), yaitu : $0{,}118D^{2.53}$.

Khusus untuk pengambilan contoh nekromasa pohon, prosedur yang dipakai sebagai berikut :

1. Pada petak contoh ukuran 5 m x 40 m semua batang pohon (bagian yang tidak terbakar), pohon mati berdiri, pohon mati roboh dan tunggul/tunggak pohon yang mempunyai diameter 5 – 30 cm dan panjang > 0.5 m diukur. Cara pengambilan contoh dapat dilihat dalam Gambar 2.
2. Nama jenis pohon diidentifikasi untuk mengetahui specific grafity ($g\ cm^{-3}$).
3. Nekromasa dengan diameter 30 - 60 cm dan panjang > 0.5 m diukur dalam petak contoh 20mx100m.
4. Nekromasa dengan diameter > 60 cm dan panjang > 0.5 m diukur dalam petak contoh 100mx100m.
5. Specific gravity ($g\ cm^{-3}$) ditetapkan berdasarkan daftar berat jenis kayu di Indonesia yang diterbitkan oleh Departemen Kehutanan dan ICRAF (Soewarsono,1990).
6. Untuk pohon bercabang digunakan persamaan allometrik (Tabel 2), seperti pada pohon hidup. Untuk pohon silinder tidak bercabang, persamaannya didasarkan pada volume silinder :

$$\text{Biomasa} = \pi\ .D^2.\ h\ .\ s/40 \qquad (4)$$

dimana:
Biomasa = dinyatakan dalam kg,
h = panjang/tinggi pohon (m),
D = diameter pohon (cm),
s = specific gravity ($g\ cm^{-3}$) dan nilai 40 adalah konstanta.

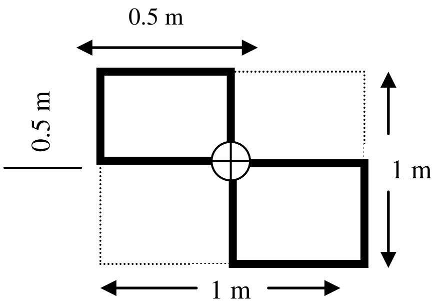


Gambar 2. Pengukuran panjang dan diameter untuk menghitung nekromasa pohon yang roboh dalam jalur transek (Sumber : Hairiah et al, 1999).

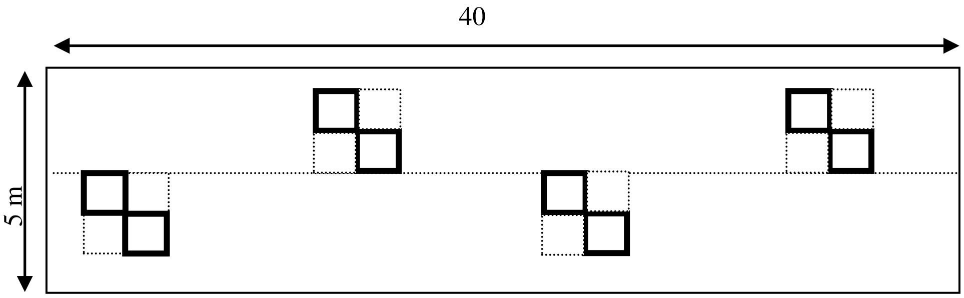
Dalam pengambilan contoh destruktif, sampel dalam plot contoh ditebang dan dikeringkan langsung di dalam oven. Sampel yang diambil adalah tumbuhan bawah, serasah kasar, cabang yang tidak terbakar (diameter < 5 cm atau panjang < 50 cm), bunga, buah, dan serasah halus.

Prosedur pengambilan contoh di lapangan adalah sebagai berikut :

1. Dalam plot contoh 5 m x 40 m (Gambar 3 & 4), tempatkan satu di setiap ¼ panjang tali tengah untuk contoh 4 x (1 m^2) atau 8 x (0.25 m^2).
2. Semua tumbuhan bawah dan anakan yang berdiameter < 5 cm ditebang dalam petak 1 m x 1 m. Sampel tersebut dimasukkan ke dalam kantong besar dan langsung dikeringkan di dalam oven dengan suhu 80º C selama 48 jam.
3. Serasah kasar : nekromasa pohon dengan diameter < 50 cm atau dengan panjang < 50 cm, material tanaman yang tidak terdekomposisi atau sisa tumbuhan, semua daun dan cabang yang tidak terbakar didalam petak 0.5 m x 0.5 m (0.25 m^2) dikumpulkan. Sampel tersebut kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu 80º C selama 48 jam.
4. Serasah halus diperoleh dengan cara mengumpulkan lapisan tanah 0 – 5 cm di petak yang sama (termasuk akar). Akar kering dan bagian yang terdekomposisi, termasuk serasah hitam dikumpulkan dan ditimbang serta diseleksi menggunakan saringan mesh berukuran 2 mm. Serasah yang tersaring disatukan ke dalam serasah kasar. Sampel serasah halus dikeringkan di dalam oven dengan suhu 80º C selama 48 jam.



Gambar 3. Desain kerangka contoh, yang digunakan untuk petak contoh 1 m x 1 m (tumbuhan bawah), atau untuk dua petak contoh ukuran 0.5 m x 0.5 m (serasah kasar dan serasah halus) (Sumber : Hairiah et al, 1999).



Gambar 4. Posisi petak contoh tumbuhan bawah, serasah kasar, dan serasah halus dalam plot 5 m x 40 m (Sumber : Hairiah et al, 1999).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan dan jenis-jenis pohon dominan yang ditemukan di hutan primer dan hutan bekas tebangan di Hutan Tridharma – IPB, Jambi disajikan dalam Tabel 3.

Kerapatan individu pohon hutan primer lebih besar dibandingkan dengan hutan bekas tebangan (tahun 1998 dan 2000) di berbagai kelas diameter (Tabel 3.). Sedangkan jenis-jenis dominan yang ditemukan di berbagai kondisi hutan adalah jenis jambu-jambu (Eugenia sp.), selurah (Baccaurea sp.), medang (Litsea sp.), kempas (Koompassia malaccensis), meranti (Shorea sp.), mahang (Macaranga maingayi), dan petaling (Ochanostachys amentacea). Jenis jambu-jambu (Eugenia sp.) merupakan jenis yang paling banyak ditemukan di setiap kondisi hutan di berbagai kelas diameter.

Tabel 3. Kerapatan dan jenis pohon dominan yang ditemukan pada hutan primer dan bekas tebangan berdasarkan kelas diameter

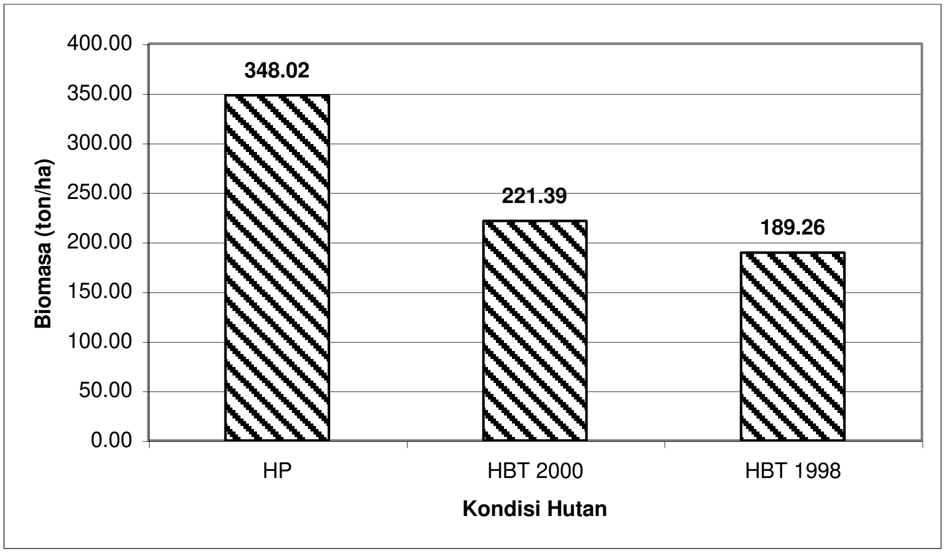
Kondisi Hutan	5 – 30 cm		30 – 60 cm		> 60 cm	
	Kerapatan ind. /ha	Jenis Dominan	Kerapatan ind. /ha	Jenis Dominan	Kerapatan ind. /ha	Jenis dominan
Hutan Primer (HP)	916,6	Baccaurea sp. Litsea sp. Eugenia sp.	98,3	Eugenia sp. Koompassia malaccensis Shorea sp.	10	Eugenia sp. Koompassia malaccensis
HBT (1998)	700	Litsea sp. Macaranga maingayi Eugenia sp.	55	Eugenia sp.	4	-
HBT (2000)	700	Eugenia sp. Litsea sp.	33,3	Eugenia sp. Ochanostachys amentacea	6	-

Keterangan : HBT (Hutan Bekas Tebangan)

Kerapatan tegakan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya biomasa (Satoo dan Madgwick, 1982). Bervariasinya biomasa individu pohon juga sangat dipengaruhi oleh jarak antar individu pohon atau kerapatan individu (Mark and Harper, 1997 dalam Hutchings, 1986).

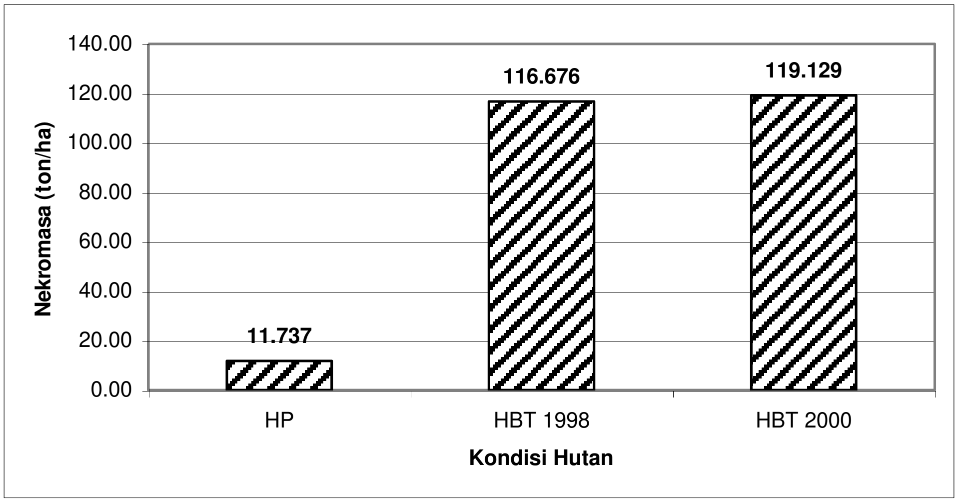
Biomasa pohon dan pohon bercabang diduga dengan menggunakan persamaan allometrik yang dibuat oleh Brown et al (1997). Faktor iklim, seperti curah hujan dan temperatur digunakan karena mempunyai pengaruh terhadap laju peningkatan biomasa pohon pada hutan tropika. Rezim curah hujan yang dibuat Brown (1997) hanya sebagai pedoman, dan secara umum hanya dapat digunakan pada kondisi hutan dataran rendah.

Gambar 5 memperlihatkan jumlah biomasa pohon (ton/ha) hutan primer dan hutan bekas tebangan (tahun 2000 dan 1998) yang dihitung dengan menggunakan persamaan. Hutan primer memiliki jumlah biomasa pohon terbesar, yaitu 348,02 ton/ha.



Gambar 5. Dugaan biomasa pohon pada hutan primer dan hutan bekas tebangan

Hasil pendugaan jumlah nekromasa pohon disajikan dalam Gambar 6. Hutan bekas tebangan tahun 2000 memiliki jumlah nekromasa pohon terbesar dibandingkan dengan kondisi hutan lainnya, yaitu sebesar 119,129 ton/ha.



Gambar 6. Nekromasa pohon pada hutan primer dan hutan bekas tebangan

Terjadinya degradasi hutan akibat kegiatan penebangan cenderung akan memperbesar jumlah nekromasa pohon di hutan. Hal ini menunjukan bahwa biomasa yang hilang dari hutan akan semakin menurun dengan adanya kegiatan penebangan. Pada penelitian ini jumlah nekromasa pohon di hutan primer yang mengalami degradasi ringan (pohon tumbang akibat tua, kena angin besar, penyakit, dsb.) yakni sebesar 11,737 ton/ha. Jumlah tersebut relatif lebih kecil dibanding dengan jumlah nekromasa hutan bekas tebangan tahun 1998 sebesar 116,676 ton/ha dan hutan bekas tebangan tahun 2000, yaitu sebesar 119,129 ton/ha. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa biomasa yang hilang dari hutan berkisar antara 11,737 – 119,129 ton/ha. Whitten et al (1984) menyatakan bahwa pembukaan hutan dan perubahan dalam penggunaan lahan yang disebabkan oleh kegiatan pemanenan akan mengakibatkan pengurangan biomasa dalam jumlah yang sangat besar, yaitu ± 100 ton/ha di hutan dataran rendah. Semakin menurunnya jumlah biomasa tersebut akan membawa dampak negatif terhadap kelangsungan ekosistem hutan terutama dalam ketersediaan unsur hara dan kesuburan tanah. Hal ini juga berpengaruh terhadap siklus karbon di atmosfer karena hampir 50% biomasa tumbuhan terdiri dari unsur karbon dan unsur tersebut dapat lepas ke atmosfer apabila hutan mengalami gangguan/ degradasi.

Biomasa tumbuhan bawah, serasah kasar, dan serasah halus memberikan sumbangan biomasa yang relatif kecil dibandingkan dengan pohon. Jumlah biomasa tumbuhan bawah, serasah kasar, dan serasah halus hutan primer dan hutan bekas tebangan dapat dilihat dalam Gambar 7. Secara umum dapat dikatakan bahwa biomasa tumbuhan bawah di ketiga kondisi hutan relatif tidak jauh berbeda, sedangkan jumlah biomasa serasah kasar dan serasah halus terdapat perbedaan yang cukup besar antara hutan primer