

PENDUGAAN BIOMASSA TEGAKAN JATI (*TECTONA GRANDIS*) DI HUTAN PENDIDIKAN DAN PELATIHAN SISIMENI SANAM

Yudhistira Ora¹⁾, Fransiskus X. Dako²⁾, Jeriels Matatula³⁾

ABSTRACT

Biomass quantification of Teak (*Tectona grandis*) stands in Sisimeni Sanam Forestry Training and Education (SSFTE) center. Biomass quantification is an important step that needs to be understood and conducted in climate change activity or project from forestry sector. Method that commonly used in the biomass quantification is the allometric model. This study aims to arrange the allometric model of teak stand biomass in Sisimeni Sanam Forest. The sample trees are determined using uniform systematic distribution sampling method with sampling intensity 0.05%. The parameters measured are diameter and dry weight of the trees to determine the allometric model of the stands. The results of the study show that the allometric model of the teak stand biomass in Sisimeni Sanam Forest is $Y = 0,32 X^{0,65}$. This model can be used to determine the whole biomass of the stand by just measuring the simple to measure attributes of trees such as the diameter.

Keywords: Teak, Climate Change, Biomass, Allometric

PENDAHULUAN

Biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu (IPCC, 2007; Kimmins, 2004). Biomassa juga didefinisikan sebagai total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas (Brown, 1997).

Pohon (dan organisme foto-autotrof lainnya) melalui proses fotosintesis menyerap CO₂ dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuhnya seperti dalam batang, daun, akar, umbi buah dan lain-lain (Sutaryo, 2009). Keseluruhan hasil dari proses fotosintesis ini sering disebut juga dengan produktifitas primer.

Biomassa hutan sangat relevan dengan isu perubahan iklim. Biomassa hutan berperan penting dalam siklus biogeokimia terutama dalam siklus karbon. Dari keseluruhan karbon hutan, sekitar 50% diantaranya tersimpan dalam vegetasi hutan (Sutaryo, 2009). Sebagai konsekuensi, jika terjadi kerusakan hutan, kebakaran, pembalakan dan sebagainya akan menambah jumlah karbon di atmosfer.

Penghitungan biomassa merupakan salah satu langkah penting yang harus diketahui dan dilakukan dalam sebuah kegiatan atau proyek mitigasi perubahan iklim di sektor kehutanan (Sutaryo, 2009). Kegiatan ini juga penting

untuk studi-studi mengenai cadangan karbon dan efek deforestasi dan penyerapan karbon dalam keseimbangan karbon global. Hanya kegiatan yang bertipe substitusi karbon tidak memerlukan penghitungan biomassa. Jenis-jenis kegiatan lainnya seperti pencegahan deforestasi, pengelolaan hutan tanaman dan agroforestry memerlukan penghitungan biomassa.

Metode penghitungan biomassa telah banyak dibahas oleh para ahli, misalnya Cordero & Kanninen (2003), Mbaekwe & Mackenzie (2008), dan Sutaryo (2009). Terdapat dua pendekatan yang umum digunakan untuk mengestimasi biomassa di atas permukaan dari suatu pohon / hutan. Dua (2) Pendekatan tersebut adalah pendekatan langsung dengan membuat persamaan allometrik dan pendekatan tidak langsung dengan menggunakan “*biomass expansion factor*” (Sutaryo, 2009).

Biomassa beberapa tegakan hutan telah diestimasi dengan menggunakan model regresi linear: $Y = a + bx$, namun menurut Mbaekwe & Mackenzie (2008), model allometrik dinyatakan lebih efisien dan telah banyak digunakan dalam studi biomassa. Persamaan allometrik yang menghubungkan diameter setinggi dada (dbh) atau variabel-variabel lain yang mudah diukur untuk pengukuran volume kayu berdiri atau karbon total biomassa dan cadangan nutrien umum digunakan dalam inventarisasi hutan dan studi-studi ekologi (Ketterings et al., 2001).

Jati (*Tectona grandis*) merupakan salah satu jenis pohon yang ditanam secara luas di hutan tanaman di seluruh dunia karena nilai ekonomisnya yang tinggi sebagai bahan konstruksi, mebel maupun kerajinan. Di Indonesia, tegakan jati secara luas ditemukan di Pulau Jawa. Di Pulau Timor, jenis ini ditanam luas oleh Perhutani di tahun 1990-an, kemudian pengelolaan selanjutnya diserahkan kepada Pemerintah Daerah. Salah satu tegakan jati yang masih tersisa dari proyek Perhutani tersebut adalah tegakan jati Sisimeni Sanam. Hutan Sisimeni Sanam merupakan areal hutan yang ditunjuk oleh Menteri Kehutanan sebagai kawasan hutan Pendidikan dan Pelatihan pada tahun 2007.

Pengukuran produktivitas biomassa untuk berbagai tipe komunitas di bawah kondisi habitat dan manajemen yang sama atau berbeda sangat diperlukan untuk menilai batasan-batasan potensial terhadap produktivitas

ekosistem (Cordero dan Kanninen, 2003). Akan tetapi, penelitian-penelitian mengenai biomassa jati sangat kurang (Cordero dan Kanninen, 2003), terutama di daerah Timor. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai pendugaan biomassa tegakan jati di Hutan Diklat Sisimeni Sanam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyusun persamaan allometrik tegakan jati di Hutan Pendidikan dan Pelatihan Sisimeni Sanam.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian mengenai penghitungan biomassa ini dilakukan selama 6 (enam) bulan, dimulai pada bulan Juni sampai Nopember 2011. Penelitian dilakukan di Kawasan Hutan Diklat Sisimeni Sanam, Kabupaten Kupang.

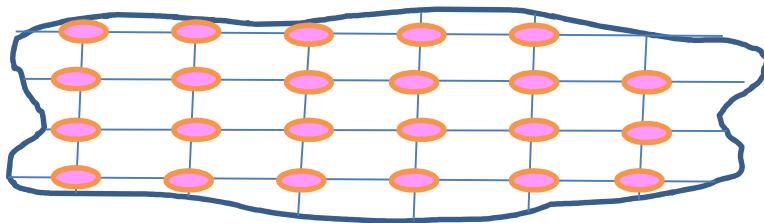
Secara geografis, kawasan hutan tersebut terletak di antara $09^{\circ} 56' 54''$ - $10^{\circ} 02' 22''$ LS dan $23^{\circ} 01' 10''$ BT. Sedangkan secara administratif, kawasan hutan ini berada di wilayah Desa Ekateta, Desa Camplong II dan Desa Silu, Kecamatan Fatuleu, serta Desa Benu dan Desa Oesusu, Kecamatan Takari, Kabupaten Kupang, Propinsi Nusa Tenggara Timur. Luas kawasan hutan seluruhnya adalah 1.914 ha.

Alat dan Bahan

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi peralatan navigasi dan orientasi, peralatan pengukuran lapangan, peralatan pengambilan sampel dan penyimpanan sampel. Peralatan navigasi dan orientasi meliputi peta, GPS dan kompas, sedangkan peralatan pengukuran lapang meliputi pita meter, pita diameter, hagameter, timbangan pegas, tali berwarna untuk pembatas plot dan membuat transek garis, tali tampar, cat dan patok untuk penanda plot. Peralatan pengambilan sampel meliputi gergaji kayu dan peralatan pembuatan herbarium (gunting, pengepres, kantong dan zat pengawet sampel secukupnya). Untuk menyimpan sampel kantong plastik dan kain dalam berbagai ukuran.

Penentuan Sampling Plot

Metode pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode sampling menggunakan petak ukur (PU) berbentuk lingkaran dengan pola *Uniform Systematic Distribution Sampling* (USDS) (Gambar 1). Arah jalur sering ditentukan berdasarkan pertimbangan kepraktisan dalam inventarisasi (Simon, 1996).



Gambar 1.Penempatan sampel / petak ukur dengan menggunakan Metode *Uniform Systematic Sampling*.

Untuk kawasan jati Sisimeni Sanam seluas 45,21 ha, Intensitas Sampling (IS) yang ditetapkan adalah 0,5%. Intensitas sampling sebesar ini ditentukan dengan pertimbangan keseragaman tegakan dan waktu, biaya serta tenaga yang dibutuhkan. Dengan demikian luas PU adalah 0,02 ha dengan jumlah PU adalah 11 PU dengan jarak antar PU di lapangan 200 m.

Bentuk PU yang digunakan adalah berbentuk lingkaran karena lingkaran merupakan bentuk PU yang paling lazim digunakan dalam metode USDS (Simon, 1996). Di dalam PU berbentuk lingkaran ini ditentukan pohon masuk atau tidak, artinya pohon yang akan diukur biomassanya atau tidak.

Pelaksanaan pengambilan data

Sebelum melaksanakan kegiatan pengumpulan data, terlebih dahulu dilakukan survey untuk menentukan dan memastikan letak titik-titik yang akan diinventarisasi. Tujuan dari survey pendahuluan ini adalah agar inventarisasi dapat benar-benar dilaksanakan pada areal yang tepat, sehingga hasil inventarisasi relatif lebih akurat dan jumlah biaya, waktu dan tenaga yang dikeluarkan juga dapat diminimalisir. Tahapan kegiatan inventarisasi selanjutnya adalah:

1. Menyiapkan peta kerja (hasil deliniasi dari peta topografi, peta citralandsat/foto udara peta kawasan hutan
2. Menetapkan titik-titik definitif yang akan dilakukan inventarisasi
3. Titik-titik tersebut kemudian dipetakan ke dalam peta kerja dengan memasukkan koordinatnya dalam GPS untuk mencari posisi relatifnya di lapangan
4. Mencari letak plot/PU di lapangan, kemudian melakukan pengukuran luas PU dengan menggunakan tali tampar sebagai jari-jari yang panjangnya disesuaikan dengan luas PU yang telah ditetapkan.

5. Setelah menetapkan batas-batas PU, selanjutnya dilakukan penghitungan dan pengukuran terhadap pohon-pohon yang ada dalam lingkaran PU tersebut. Pohon yang akan diukur biomassanya hanya berjumlah dua pohon untuk setiap plot/petak ukur. Menurut Sutaryo (2009), Jika sumberdaya terbatas, direkomendasikan untuk memilih sepasang pohon yang mewakili kelas diameter besar, sedang dan kecil dan selanjutnya diukur biomassanya.
6. Parameter yang dihitung dan diukur adalah jumlah, tinggi dan diameter pohon serta berat keringnya. Hasil dari pengumpulan data jumlah, diameter dan tinggi pohon selanjutnya dianalisis untuk menentukan model allometrik biomassa tegakan jati di Hutan Diklat Sisimeni Sanam.

Penyusunan Persamaan Alometrik Tegakan Jati

Untuk dapat menyusun sebuah persamaan allometrik, terlebih dahulu harus didapatkan pasangan data yang akan dianalisis. Pasangan data yang dibutuhkan dalam penyusunan persamaan allometrik biomassa tegakan jati adalah diameter dan berat kering pohon. Untuk itu, pengambilan cuplikan (sample) dan sub sample harus dilakukan dengan cermat. Pohon yang dipilih untuk ditebang berasal dari populasi utama, mewakili species utama dari hutan tersebut dan mewakili keseluruhan kelas diameter.

Setelah mengukur diameter dan berat keringnya, kemudian dibuat persamaan alometriknya. Persamaan umum model alometrik biomassa pohon adalah:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{a} + \mathbf{bX}$$

Dalam hal ini, **Y** mewakili ukuran yang diprediksi, **X** adalah bagian yang diukur, **b** = kemiringan atau koefisien regresi dan **a** adalah nilai perpotongan dengan sumbu vertikal (Y). Untuk mencari nilai a dan b dalam persamaan liner di atas digunakan metode kuadrat terkecil (*least square*). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$b = \frac{n \left(\sum_{i=1}^n X_i Y_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)}{n \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}$$

$$a = \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_i \right) - b \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)}{n}$$

Pengujian terhadap Persamaan Allometrik

Pengujian terhadap persamaan allometrik yang sudah disusun dilakukan dengan koefisien determinasi. Dalam analisis regresi, koefisien determinasi adalah ukuran dari *goodness-of-fit* dan mempunyai nilai antara 0 dan 1, apabila nilai mendekati 1 menunjukkan ketepatan yang lebih baik.

Rumus :

$$R^2 = \frac{\Sigma (Y - \bar{Y})^2 - \Sigma (Y - f(X))^2}{\Sigma (Y - \bar{Y})^2}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Berdasarkan Intensitas sampling yang telah ditentukan maka jumlah Petak Ukur (PU) dimana sampel biomassa diukur adalah 7 PU. Hasil inventarisasi menunjukkan bahwa jumlah pohon per ha di areal Hutan Diklat Sisimeni Sanam adalah 643 pohon per ha dengan rata-rata bidang dasar per ha 14,7 m² dan volume total per ha 121 m³. Rata-rata peninggi adalah 17 m dengan diameter rata-rata 16,93 cm. Jumlah pohon yang diukur biomassanya adalah 21 pohon dengan kisaran diameter 7-25 cm dan volume rata-rata 0,24 m³. Biomassa totalnya adalah 3540 kg atau rata-rata 168,60 kg.

Total biomassa tegakan jati menunjukkan korelasi positif dengan diameter setinggi dada (dbh) yaitu $R > 0,91$. Untuk persamaan alometrik sendiri, konstanta a yang didapat adalah sebesar 0,12, sedangkan konstanta b sebesar 1,65. Hasil perhitungan dbh, volume dan biomassa, konstanta a dan b dapat dilihat pada pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Dbh, Volume, Biomassa dan Konstanta a dan b untuk Menyusun Persamaan Alometrik Tegakan Jati Sisimeni Sanam.

No	Dbh (m)	Volume (m ³)	Biomassa (kg)	log x (x)	log y (y)	x ²	y ²	xy
1	7,80	0,29	200,90	0,89	2,30	0,80	5,30	2,05
2	15,92	0,14	98,70	1,20	1,99	1,44	3,98	2,40
3	19,59	0,29	200,90	1,29	2,30	1,67	5,30	2,98
4	10,83	0,02	16,10	1,03	1,21	1,07	1,46	1,25
5	27,07	0,50	352,10	1,43	2,55	2,05	6,49	3,65
6	15,61	0,19	135,10	1,19	2,13	1,42	4,54	2,54
7	9,39	0,05	33,60	0,97	1,53	0,95	2,33	1,48
8	16,72	0,16	112,70	1,22	2,05	1,50	4,21	2,51
9	24,84	0,38	262,50	1,40	2,42	1,95	5,85	3,38
10	9,87	0,05	32,90	0,99	1,52	0,99	2,30	1,51
11	20,54	0,28	194,60	1,31	2,29	1,72	5,24	3,00
12	17,68	0,20	142,10	1,25	2,15	1,56	4,63	2,69
13	15,29	0,10	67,90	1,18	1,83	1,40	3,36	2,17
14	25,48	0,44	305,90	1,41	2,49	1,98	6,18	3,50
15	9,55	0,22	156,10	0,98	2,19	0,96	4,81	2,15
16	11,78	0,06	43,40	1,07	1,64	1,15	2,68	1,75
17	20,06	0,37	256,90	1,30	2,41	1,70	5,81	3,14
18	25,48	0,53	368,90	1,41	2,57	1,98	6,59	3,61
19	17,52	0,19	133,00	1,24	2,12	1,55	4,51	2,64
20	25,48	0,51	354,90	1,41	2,55	1,98	6,50	3,59
21	11,15	0,10	71,40	1,05	1,85	1,10	3,44	1,94
Jumlah				25,24	44,09	30,90	95,51	53,92
Konstanta a					0,12			
Konstanta b						0,65		

Keterangan:

- X : Diameter pohon
- Y : Berat kering pohon

Model linier dari persamaan tersebut menjadi $\log Y = 0,12 + 0,65 (\log X)$; dimana Y mewakili ukuran yang diprediksi, X adalah bagian yang diukur, b adalah kemiringan atau koefisien regresi dan a adalah nilai perpotongan dengan sumbu vertikal (Y).

Jika ditulis dengan notasi $Y = a X^b$, angka 0,12 dalam persamaan di atas adalah ($\log a$), jadi untuk menjadi a yang sebenarnya dicari antilog dari a. Dengan demikian persamaan allometrik untuk tegakan jati di Hutan Diklat Sisimeni Sanam adalah: $Y = 0,32 X^{0,65}$

Pembahasan

Organisme hidup menunjukkan variasi bentuk yang berkorelasi dengan ukuran tubuhnya (Brack, 2008). Relasi ukuran atau bentuk didasarkan pada dugaan bahwa ukuran mempengaruhi fungsi biokimia, struktural dan mekanis suatu organisme. Dimensi dan bentuk organisme harus memberikan stabilitas struktural untuk mendukung berat dan properti fisiologisnya. Pada pohon contohnya, peningkatan rasio keliling terhadap tinggi pohon menggambarkan skala pertumbuhan primer (pertambahan tinggi batang) dan hubungannya dengan pertumbuhan sekunder (pertambahan diameter batang). Dalam praktiknya, hubungan allometrik secara kuantitatif menggambarkan volume, biomassa atau atribut organisme lainnya, dari satu atau lebih atribut yang gampang untuk dihitung (misalnya diameter dan tinggi pohon).

Penetapan persamaan allometrik yang akan dipakai dalam pendugaan biomassa merupakan tahapan penting proses pendugaan biomassa (Sutaryo, 2009). Protokol untuk penilaian biomassa hutan berdasarkan penggunaan hubungan allometrik meliputi empat langkah yaitu (1) memilih bentuk fungsional yang sesuai untuk persamaan allometrik; (2) memilih nilai yang sesuai untuk parameter yang disesuaikan dalam persamaan; (3) pengukuran lapangan untuk variabel-variabel input seperti diameter pohon; dan menggunakan persamaan allometrik untuk menghitung biomassa di atas tanah dari individu-individu pohon dan penyajian terakhir untuk memperoleh estimasi seluruh area (Cordero dan Kanninen, 2003).

Sutaryo (2009) pernah menghitung persamaan allometrik tegakan jati untuk kisaran dbh 10-59 cm. Persamaan yang didapat adalah $Y = 0,153 \times dbh^{2,382}$. Persamaan ini berbeda dengan persamaan untuk tegakan jati di Hutan Diklat Sisimeni Sanam. Menurut Cordero dan Kanninen (2003), produktivitas biomassa total dan persentase kontribusi tiap komponen pohon akan bervariasi tergantung tipe hutan, spesies, kepadatan, umur, kondisi tapak dan praktik pengelolaan hutan.

Setiap persamaan allometrik dikembangkan berdasarkan kondisi tegakan dan variasi jenis tertentu yang berbeda satu dengan yang lain. Dengan demikian pemakaian suatu persamaan yang dikembangkan di suatu lokasi tertentu, belum tentu cocok apabila diterapkan di daerah lain (Cordero dan Kanninen,

2003; Sutaryo. Sebagai contoh, persamaan-persamaan yang dikembangkan di daerah beriklim sedang (*temperate*) yang komposisi vegetasinya cenderung homogen, akan kurang tepat apabila diterapkan di daerah tropika yang variasi spesiesnya tinggi, persamaan yang dikembangkan di daerah lembab/basah juga tidak cocok bila diterapkan di daerah kering atau sebaliknya.

Penggunaan persamaan allometrik yang spesies spesifik mutlak diterapkan pada pendugaan biomassa pada hutan tanaman yang umumnya monokultur (Sutaryo, 2009). Komunitas atau ekosistem dengan variasi species yang terbatas atau sangat didominasi oleh species tertentu seperti mangrove juga baik apabila menggunakan persamaan yang *species specific*.

Di lain pihak melakukan sampling dengan jumlah pohon yang dapat mewakili ukuran dan distribusi spesies dalam suatu hutan untuk menyusun persamaan lokal dengan presisi tinggi terutama pada hutan dengan keragaman spesies tinggi sangat memakan biaya dan waktu (Cordero dan Kanninen, 2003; Brack, 2008; Sutaryo, 2009). Keuntungan menggunakan persamaan umum yang distratifikasi misalnya berdasarkan zona ekologi atau kelompok spesies adalah kecenderungan bahwa persamaan tersebut disusun dengan jumlah sample pohon yang banyak dan dengan rentang diameter yang besar, hal ini akan meningkatkan presisi dari persamaan.

Sangat penting untuk mendapatkan basis data untuk menyusun persamaan yang mencakup pohon-pohon dengan diameter besar terutama pada hutan yang tumbuh sempurna (*mature*) karena proporsi terbesar biomassa terkandung pada pohon dengan diameter besar. Sekitar 30 hingga 40% biomassa atas permukaan ditemukan pada pohon pada diameter >70 cm (Brown, 2002). Pohon-pohon dengan ukuran diameter tersebut tidak ditemukan di Hutan Diklat Sisimeni Sanam yang pohon besarnya belum mencapai diameter 40 cm.

Kekurangan penggunaan persamaan allometrik adalah tidak secara akurat menggambarkan biomassa sesungguhnya dari hutan yang digunakan sebagai proyek. Selain itu, karena koefisien persamaan allometrik ini bervariasi untuk setiap lokasi dan spesies, penggunaan persamaan standard ini dapat mengakibatkan galat (error) yang signifikan dalam mengestimasikan biomassa suatu vegetasi (Heiskanen, 2006; Australian Greenhouse Office, 1999). Dalam

kebanyakan kasus beberapa sample pohon dengan diameter yang lebih besar sebaiknya dipanen untuk menguji validitas persamaan umum yang dipilih (*Brown*, 2002).

Persamaan yang bersifat umum yang sering dipakai untuk studi biomassa adalah persamaan yang disusun oleh *Brown* (1997). Persamaan tersebut dikembangkan dari data 371 pohon dari 3 daerah tropic dengan rentang diameter antara 5 – 148 cm yang dikumpulkan dari berbagai sumber.

Penghitungan biomassa merupakan kegiatan yang membutuhkan banyak waktu, tenaga dan biaya, terutama pengukuran komponen biomassa tertentu seperti daun dan cabang (*Corrdero* dan *Kanninen*, 2001). Oleh karena itu, perlu dikembangkan suatu metode penghitungan tidak langsung yang berguna untuk menghitung variabel-variabel biomassa yang sulit untuk dihitung. Persamaan allometrik yang telah disusun untuk tegakan jati di Hutan Diklat Sisimeni Sanam dapat digunakan untuk mengukur biomassa jati di keseluruhan tegakan dengan hanya mengukur diameternya saja.

Hutan-hutan di wilayah Timur Indonesia, termasuk di wilayah Nusa Tenggara Timur, secara lokal sangat penting tetapi ‘miskin karbon’, karena itu jarang mendapat perhatian para peneliti perubahan iklim (*Fisher*, 2012). Akan tetapi, hutan-hutan tersebut merupakan rumah bagi keanekaragaman hayati yang unik dan penting (*Trainor et al.*, 2006), sumber air (*Pattanayak* dan *Kramer*, 2001) dan penyokong matapencarian subsistem primer dari masyarakat yang tinggal dengan pendapatan yang rendah (*Russell-Smith et al.*, 2007). Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan penghitungan biomassa di areal-areal hutan lainnya di kawasan tersebut, terutama di Pulau Timor.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penghitungan biomassa merupakan salah satu langkah penting yang harus diketahui dan dilakukan dalam sebuah kegiatan atau proyek mitigasi perubahan iklim di sektor kehutanan. Dengan menggunakan metode allometrik diketahui bahwa model persamaan untuk tegakan jati di Hutan Diklat Sisimeni Sanam adalah $Y = 0,32 X^{0,65}$. Model ini dapat digunakan untuk studi biomassa

di hutan tersebut dengan hanya mencari ukuran yang gampang diukur yaitu diameter pohon.

Saran

Penyusunan model allometrik ini belum memperhatikan hubungan antara kelas-kelas diameter dan tingkat pertumbuhan pohon. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai model allometrik tegakan jati di Hutan Diklat Sisimeni Sanam berdasarkan kelas diameter dan tingkat pertumbuhannya. Perlu juga dilakukan penelitian mengenai biomassa di bawah tanah tegakan tersebut. Mengingat pula pentingnya hutan-hutan di Timor dan kurangnya perhatian peneliti perubahan iklim terhadap hutan tersebut, perlu dilakukan pengukuran biomassa di areal hutan lainnya di Pulau Timor.

DAFTAR PUSTAKA

- Australian Greenhouse Office, 1999. *National Carbon Accounting System, Methods for Estimating Woody Biomass*, Technical Report No. 3, Commonwealth of Australia.
- Brack, C., 2008. *Ecological Modelling and Measurement*, The Fenner School of Society and the Environment, the Australian National University, Canberra.
- Brown, S., 2002. *Measuring carbon in forests: current status and future Challenges*, Environmental Pollution 116 (2002) 363–372.
- Cordero, L.D.P. and Mackenzie, 2003. Above Ground Biomass of *Tectona grandis* Plantations in Costa Rica. Journal of Tropical Forest Science, Vol. 15, No. 1: 199-213.
- Fisher, R. 2012. *Tropical Forest Monitoring, Combining Satellite and Social Data, to Inform Management and Livelihood Implications: Case Studies from Indonesian West Timor*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. Vol. 16: 77-84.
- Heiskanen, 2006. *Biomass ECV Report*. [Twww.fao.org /GTOS/doc/ECVs/T12-biomass-standards-report-v01.doc](http://www.fao.org/GTOS/doc/ECVs/T12-biomass-standards-report-v01.doc)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Ketter Kimmins, J. P., 2004. *Forest Ecology: A foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry*, Prentice Hall, New Jersey.
- Mbaekwe, E.I and Mackenzie, J.A. 2008. *The use of a best-fit allometric model to estimate aboveground biomass accumulation and distribution in an age series of teak (*Tectona grandis*L.f.) plantations at Gambari Forest Reserve, Oyo State, Nigeria*. Tropical Ecology, Vol. 49, No.2: 259-270.

- Pattanayak, S.K., Kramer, R.A., 2001. *Worth of Watersheds: a Producer Surplus Approach for Valuing Drought Mitigation in Eastern Indonesia*. Environment and Development Economics, Vol. 6, No. 01: 123–146.
- Russell-Smith, J., Djoeroemana, S., et al., 2007. *Rural Livelihoods and Burning Practices in Savanna Landscapes of Nusa Tenggara Timur, Eastern Indonesia*. Human Ecology, Vol. 35, No. 3: 345–359.
- Sutaryo, D. 2009, Penghitungan Biomassa: Suatu pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon, Wetlands International Indonesia Programme, Bogor.
- Simon, H., 1996. Metode Inventore Hutan, Aditya Media, Yogyakarta.
- Trainor, C.R., Benstead, P.J., et al., 2006. *New bird records for Nusa Tenggara Islands: Sumbawa, Moyo, Sumba, Flores, Pulau Besar and Timor*. Kukila Vol.13: 6–22.

