



Hiperdominansi Jenis dan Biomassa Pohon di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Indonesia

Hyperdominance of Tree Species and Biomass in Mount Gede Pangrango National Park, Indonesia

Andes Hamuraby Rozak^{1*}, Sri Astutik¹, Zaenal Mutaqien¹, Didik Widyatmoko², & Endah Sulistyawati³

¹Kebun Raya Cibodas, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jl. Kebun Raya Cibodas, Cipanas, Cianjur, Jawa Barat 43253; Telepon: 0263 – 512233

*E-mail : andes.hamuraby.rozak@lipi.go.id

²Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jl. Ir. H. Juanda No. 13 Bogor, Jawa Barat 16003

³Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa 10 Bandung, Jawa Barat 40132

HASIL PENELITIAN

Riwayat naskah:

Naskah masuk (received): 2 Nopember 2016

Diterima (accepted): 27 Januari 2017

KEYWORDS

biomass hyperdominance

species hyperdominance

large trees

small trees

Mount Gede Pangrango National Park

ABSTRACT

The hyperdominance of tree species and biomass is a concept explaining the importance of a small portion of species and biomass relative to the average of biomass in a forested area. Understanding this concept has important implication on forest monitoring, especially to monitor the most significant species that show high contributes on biomass and its ecological restoration. Hyperdominance analysis of tree species and large trees (DBH > 50 cm) contribution to tree biomass were investigated in tropical mountain forest of Mount Gede Pangrango National Park (TNGGP). A total of 26 sample plots were installed in 26 different altitude between 1013 and 3010 m asl and grouped into three zones i.e. submontane, montane, and subalpine zones. Trees within plot were identified, measured, and grouped into three groups i.e. small (DBH 5-30 cm), medium (DBH 30-50 cm), and large trees (DBH > 50 cm). The result showed that there were hyperdominant in TNGGP. Four species from 114 identified tree species i.e. Schima wallichii, Altingia excelsa, Vaccinium varingiaefolium, and Castanopsis acuminatissima represented 56.96% of the total biomass in the plot level. Furthermore, only 13% of trees from 1471 trees responsible for 61.4% of the total tree biomass in the plot level. However, small and large trees have similar significant contribution to the average biomass in the forest level i.e. 40.9% and 38.77%, respectively. These results suggest that only few species represent a huge amount of biomass. Both small and large trees play important role in the forest biomass of TNGGP.

KATA KUNCI

hiperdominansi biomassa
hiperdominansi jenis
pohon besar
pohon kecil
Taman Nasional Gunung Gede Pangrango

INTISARI

Hiperdominansi jenis dan biomassa adalah suatu konsep yang menjelaskan pentingnya sebagian kecil jenis dan biomassa relatif terhadap rata-rata biomassa pohon pada suatu kawasan hutan. Pemahaman pada konsep ini berimplikasi pada upaya monitoring kawasan hutan khususnya bagi spesies penyumbang biomassa terbesar dan membantu pemahaman pada proses restorasi ekologi. Analisis hiperdominansi jenis dan kontribusi pohon besar (DBH>50 cm) terhadap biomassa pohon telah dilakukan di kawasan hutan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP). Sejumlah 26 plot pengamatan telah dibuat pada 26 level ketinggian yang berbeda (1013-3010 m dpl) dan dikelompokkan menjadi tiga zona yaitu zona submontana, montana, dan subalpine. Pohon-pohon yang terdapat dalam plot pengamatan kemudian dikelompokkan menjadi 3 kelompok diameter yaitu pohon kecil (5-30 cm), pohon sedang (30-50 cm), dan pohon besar (>50 cm). Hasil analisis menunjukkan bahwa hiperdominansi jenis terjadi di hutan TNGGP. Empat jenis pohon dari 114 jenis yang teridentifikasi yaitu *Schima wallichii*, *Altingia excelsa*, *Vaccinium varingiaefolium*, dan *Castanopsis acuminatissima* merepresentasikan 56,96% dari total biomassa pohon yang ada di plot TNGGP. Lebih lanjut, pohon kecil dan besar diketahui sebagai penyumbang biomassa yang sangat signifikan dibandingkan pohon sedang. Pada level plot penelitian, pohon dengan DBH>50 cm yang berjumlah 192 individu (atau 13%) dari 1471 individu pohon mampu merepresentasikan 61,4% dari total biomasanya. Namun demikian, pada level kawasan hutan, pohon kecil dan pohon besar memiliki kontribusi yang sama signifikannya terhadap biomassa per hektarnya yaitu masing-masing sebesar 40,9% dan 38,77%. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa hanya sedikit jenis pohon saja mampu merepresentasikan sebagian besar dari total biomassa pohon. Pohon-pohon kecil dan besar diketahui memainkan peranan yang penting dalam biomassa di hutan TNGGP.

© Jurnal Ilmu Kehutanan Allright reserved

Pendahuluan

Pohon-pohon berukuran besar merupakan bagian penting dalam struktur hutan tropis. Pohon besar tersebut merupakan struktur utama dan memiliki fungsi yang unik yang tidak disediakan oleh pohon-pohon berukuran kecil (Lindenmeyer et al. 2012; Mics et al. 2013; Lutz et al. 2013). Sebagai contoh, fungsi pohon besar di antaranya menyimpan stok karbon dalam jumlah yang besar, menciptakan iklim mikro yang mempengaruhi nutrisi tanah, memainkan peranan yang penting dalam hidrologi lokal, menyediakan sumber makanan bagi hewan dalam bentuk buah, daun, nektar, serta menjadi tempat tinggal atau berteduh beberapa jenis vertebrata (Clark

& Clark 1996; Remm & Löhms 2011; Lindenmeyer et al. 2012). Terkait fungsinya sebagai penyimpan stok karbon, pohon besar telah diketahui memainkan peranan yang penting dalam siklus karbon global sehingga menjadi fokus utama dalam penelitian biomassa dan atau karbon dalam beberapa tahun terakhir ini (Slik et al. 2013; Stephenson et al. 2014; Sist et al. 2014; Bastin et al. 2015).

Namun demikian, jumlah pohon besar pada suatu kawasan hutan tidak begitu banyak dan cenderung menurun terutama pada hutan dataran rendah akibat dari kegiatan manusia maupun karena bencana alam seperti pembalakan hutan, kebakaran hutan, dan lain-lain (Barlow et al. 2013; Lindenmeyer et al. 2012). Jumlah jenis pohon besar pun tidak begitu

banyak. Dari jumlah sekitar 53.000 jenis pohon yang ada di hutan tropis (Slik et al. 2015), diduga hanya beberapa jenis saja yang berukuran besar dan mendominasi kawasan hutan. Sebagai contoh, di hutan Amazon, hanya sekitar 1% jenis pohon bisa merepresentasikan 50% total biomassa pohonnya (Fauset et al. 2015). Sementara itu di Afrika Tengah, hanya sekitar 1,5% jenis pohon berkontribusi terhadap 50% biomassa pohon (Bastin et al. 2015). Konsep beberapa jenis yang berkontribusi terhadap sejumlah besar (50%) biomassa pohon ini kemudian dikenal dengan konsep hiperdominansi biomassa (ter Steege et al. 2013; Fauset et al. 2015; Bastin et al. 2015). Pada gilirannya, hiperdominansi biomassa berimplikasi penting pada upaya monitoring kawasan hutan khususnya bagi spesies penyumbang biomassa terbesar dan membantu pemahaman pada proses restorasi ekologi.

Salah satu kawasan yang bebas dari kegiatan penebangan pohon dan relatif aman dari bencana alam seperti kebakaran adalah kawasan taman nasional. Kawasan tersebut merupakan kawasan terproteksi dan termonitor secara intensif sehingga dapat meminimalisasi kerusakan akibat campur tangan kegiatan manusia. Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) yang terletak di Jawa Barat dapat diasumsikan kawasan yang terproteksi dan termonitor secara intensif sehingga kawasan hutan pegunungan tersebut bisa menggambarkan secara utuh signifikansi dari pohon besar terhadap biomassa pohonnya. Selain itu, penelitian tentang penyimpanan karbon serta signifikansi pohon besar dan hiperdominansi jenis dan biomassa di kawasan pegunungan tropis relatif jarang dilakukan (Spracklen & Righelato 2014). Sebagian besar penelitian pada topik tersebut umumnya dilakukan di hutan dataran rendah (ter Steege et al. 2013; Fauset et al. 2015; Bastin et al. 2015). Oleh sebab itu, tulisan ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan apakah terdapat hiperdominansi jenis dan biomassa di kawasan pegunungan tropis dengan contoh kasus di kawasan TNGGP. Dengan demikian, tujuan utama tulisan ini adalah

untuk mengetahui hiperdominansi jenis dan biomassa pohon dan untuk mengetahui kontribusi pohon besar terhadap biomassa pohon di kawasan hutan pegunungan TNGGP.

Bahan & Metode

Lokasi penelitian

Penelitian ini berlokasi di Kawasan TNGGP yang terletak di Provinsi Jawa Barat yang merupakan zona inti dari Cagar Biosfer Cibodas. Taman nasional ini secara geografis terletak pada posisi 6°10'-6°51' LS dan 106°51'-107°02' BT dan memiliki curah hujan antara 3000-4200 mm/tahun. Penjelasan lebih rinci lokasi penelitian dapat secara lengkap dibaca pada publikasi lain (Yamada 1975, 1976a, 1976b, 1977; Abdulhadi et al. 2000; Arrijani 2008; Helmi et al. 2009; Sadili et al. 2009).

Data biomassa

Data pohon yang meliputi diameter setinggi dada (*DBH*) diperoleh dari hasil penelitian selama 3 tahun di TNGGP yaitu tahun 2009, 2010, dan 2011. Data tersebut diperoleh dari plot-plot yang dibuat sepanjang gradien ketinggian di TNGGP. Sejumlah 26 plot berhasil dibuat pada tingkat ketinggian yang berbeda (Gambar 1). Plot-plot yang dibuat tersebut berlokasi pada rentang ketinggian mulai dari 1.013 m dpl sampai dengan 3.010 m dpl. Pemilihan ketinggian terutama didasarkan agar dapat merepresentasikan semua komunitas pohon yang ada di TNGGP. Bentuk dan ukuran plot mengikuti plot yang disarankan oleh Hairiah et al. (2011) yaitu berukuran 20 m x 100 m (plot besar) untuk menginventarisasi pohon berdiameter > 30 cm dan plot berukuran 5 m x 40 m (plot kecil) untuk menginventarisasi pohon berdiameter 5-30 cm. Plot kecil tersebut diposisikan tepat di tengah plot besar. Pohon yang terdata kemudian dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu pohon berdiameter kecil (5-30 cm), pohon berdiameter sedang (30-50 cm), dan pohon berdiameter besar (>50 cm).

Plot yang berhasil dibuat kemudian dikelompokkan menjadi 3 zona ketinggian berdasarkan pengelompokan yang dilakukan oleh van Steenis et al. (1972) dengan tujuan untuk memudahkan analisis data. Karakteristik data plot penelitian tersaji pada Tabel 1 dan distribusi frekuensi kelas diameter pohon tersaji pada Gambar 2. Pada level plot penelitian, distribusi frekuensi DBH mengikuti pola umum di hutan alam (Gambar 2). Jumlah pohon dengan diameter kecil tampak mendominasi hutan TNGGP dan makin berkurang seiring dengan meningkatnya diameter pohon. Sesuai dengan data jumlah pohon pada level plot penelitian, pohon dengan diameter <30 cm berjumlah 818 individu, sementara pohon dengan diameter 30-50 cm dan pohon dengan diameter >50 cm masing-masing berjumlah 461 dan 192 pohon.

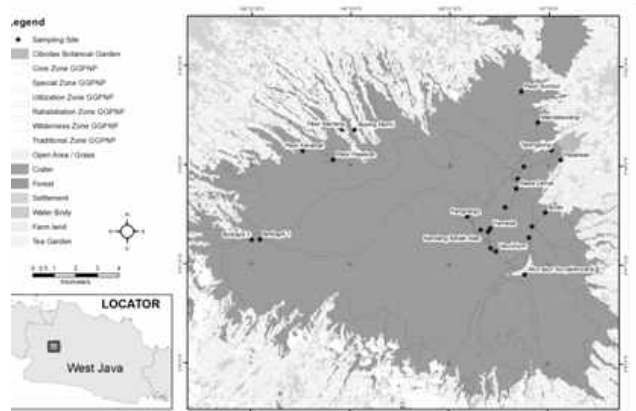
Inventarisasi pohon dilakukan dengan mengidentifikasi jenis dan mengukur diameternya untuk semua jenis pohon dengan *DBH*>5 cm yang berada dalam plot penelitian. Identifikasi nama jenis dilakukan oleh *Parataksomis* dan/atau melalui identifikasi *voucher* herbarium jika tidak berhasil teridentifikasi sampai tingkat genus. Sementara itu, pengukuran diameter dilakukan dengan menggunakan *diameter tape* pada ketinggian setinggi dada dewasa (\pm 130 cm dari permukaan tanah) atau 30 cm diatas banir jika pohon yang diukur memiliki banir. Nama ilmiah jenis pohon yang teridentifikasi kemudian distandardisasi melalui *the Taxonomic Name Resolution Service*

(*TNRS*) melalui antarmuka *Taxosaurus* (Boyle et al. 2013).

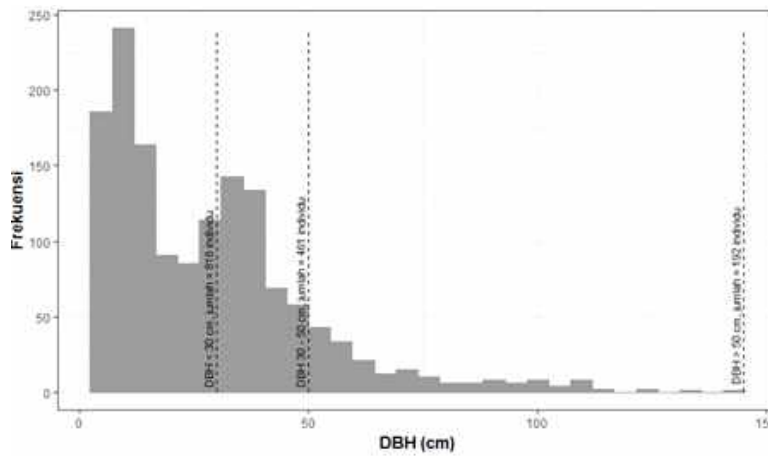
Estimasi biomassa pohon dilakukan dengan menggunakan persamaan alometrik yang dikembangkan oleh Chave et al. (2005) yaitu untuk tegakan hutan basah (*wet forest stands*) tanpa menggunakan prediktor tinggi pohon. Persamaan dengan menggunakan prediktor tinggi memang menghasilkan estimasi biomassa yang lebih akurat (Feldpausch et al. 2012; Rutishauser et al. 2013), namun karena pendugaan tinggi yang saat ini ada adalah untuk hutan dataran rendah, maka kami tidak menggunakannya karena akan menghasilkan over estimasi pendugaan tinggi untuk pohon-pohon yang tumbuh di daerah subalpine seperti *Vaccinium varingaefolium* karena pohon tersebut termasuk *dwarf species* (Sadili et al. 2009). Dengan over estimasinya pendugaan tinggi maka akan menghasilkan pula over estimasi pendugaan biomasnya. Dengan demikian, rumus alometrik yang digunakan untuk pendugaan biomassa hanya menggunakan variabel *DBH* dan berat jenis kayu yaitu:

$$Biomassa\ pohon = \rho * exp(-1.239 + 1.980 * ln(DBH) + 0.207 * (ln(DBH))^2 - 0.0281 * ln(DBH))^3$$

dimana ρ adalah berat jenis kayu dan *DBH* adalah diameter setinggi dada atau 30 cm diatas banir. Nilai berat jenis kayu yang digunakan berasal dari *database* berat jenis kayu dunia (Zanne et al. 2009; Chave et al. 2009) atau diperoleh dari *database* berat jenis yang



Gambar 1. Lokasi 26 plot di TNGGP yang merepresentasikan 26 ketinggian yang berbeda.
Figure 1. Location of 26 plots in TNGGP representing 26 different altitudes.



Gambar 2. Distribusi diameter pohon pada plot penelitian di TNGGP.
Figure 2. Distribution of tree stands diameter in TNGGP's survey plots.

Tabel 1. Karakteristik plot penelitian di TNGGP
Table 1. Characteristic of the survey plots in TNGGP

Zona	Ketinggian (m dpl)	Jumlah plot	Jumlah genus	Jumlah jenis	DBH	
					min	max
Submontana	1013, 1039, 1110, 1194, 1260, 1325, 1460, 1465	8	56	71	5	143,2
Montana	1567, 1599, 1640, 1809, 1819, 1892, 2005, 2183, 2257, 2395	10	48	68	5	135,0
Subalpine	2453, 2511, 2566, 2697, 2750, 2840, 2951, 3010	8	25	31	5	110,3
TNGGP	1013-3010	26	77	114	5	143,2

tersedia di website *World Agroforestry Center* (<http://db.worldagroforestry.org//wd>). Jika data berat jenis kayu suatu jenis tidak ditemukan atau tidak diketahui, digunakan rata-rata berat jenis pada level genus karena rata-rata pada level tersebut mampu merepresentasikan 70% variabilitas berat jenis suatu jenis pohon yang ada di Indonesia (Slik 2016). Perolehan nilai berat jenis kayu pada studi ini memanfaatkan *R package* yaitu *BIOMASS* (Rejou-Mechain et al. 2016).

Hiperdominansi biomassa

Analisis hiperdominansi biomassa mengikuti tulisan Bastin et al. (2015) yaitu jenis pertama yang total akumulasinya mencapai 50% dari total biomasanya. Caranya yaitu dengan mengurutkan keseluruhan biomassa dari jenis yang total biomasanya tertinggi ke jenis yang total biomasanya terendah. Perhitungan biomassa setiap jenis dilakukan pada setiap plot penelitian sehingga setiap plot

berkontribusi sama terhadap biomassa pohon di TNGGP. Hal ini dilakukan untuk menghindari bias perhitungan biomassa karena jumlah plot yang dibuat berbeda untuk setiap ketinggiannya.

Analisis statistik

Perbedaan biomassa dan kerapatan pohon antara pohon yang berdiameter 5-20 cm, 20-50 cm dan >50 cm pada tiga zona penelitian yang berbeda diuji menggunakan analisis varians (anova) yang dilanjutkan dengan *Bonferroni test* jika varians data sama dan data terdistribusi secara normal atau dengan *Mann-Whitney test* jika varians datanya tidak sama. Dalam penyajian data, kami menggunakan *standard error* (SE) karena tujuannya adalah untuk melihat presisi dari rata-rata nilai yang diuji bukan pada sebaran dan variabilitas datanya.

Hasil & Pembahasan

Biomassa pohon

Secara keseluruhan, biomassa pohon di TNGGP yang dihitung berdasarkan persamaan Chave et al. (2005) adalah sebesar $374,8 \pm 1,7$ Mg/ha (Tabel 2). Pohon besar diketahui berkontribusi signifikan pada dua zona yaitu submontana dan montana. Sementara, pohon kecil berkontribusi signifikan pada zona subalpine. Pohon berukuran kecil (5-30 cm) dan besar (>50 cm) memiliki kontribusi tertinggi yaitu sebesar $153,3 \pm 1,2$ dan $145,3 \pm 2,7$ Mg/ha terhadap total biomassa pohon, yang diikuti pohon berukuran sedang (30-50 cm) sebesar $76,2 \pm 0,3$ Mg/ha. Jika nilai biomassa pohon dikonversi pada kemampuan penyimpanan karbon berdasarkan koefisien IPCC (2006), maka secara keseluruhan hutan TNGGP berpotensi menyimpan karbon sejumlah 176,2 Mg C/ha dimana pohon kecil berpotensi sebagai penyimpan karbon tertinggi yaitu sebesar 72,05 Mg C/ha.

Hiperdominansi jenis

Empat jenis pohon dari 114 jenis yang teridentifikasi di 26 plot pengamatan yaitu *Schima wallichii*, *Altingia excelsa*, *Vaccinium varingiaefolium*, dan *Castanopsis acuminatissima* merepresentasikan 56,96% dari total biomassa pohon yang ada di plot TNGGP (Tabel 3). Hal ini menunjukkan hiperdominansi jenis karena hanya 3,5% jenis pohon dapat merepresentasikan 56,96% total biomassa pohon yang ada di TNGGP. Hasil lainnya menunjukkan

bahwa 25 jenis pohon dengan biomassa terbesar atau 21,93% dari keseluruhan jenis yang teridentifikasi mampu merepresentasikan 93% dari total biomassa pohon di kawasan hutan TNGGP.

Kontribusi pohon besar

Pada level plot penelitian, pohon dengan DBH>50 cm mewakili 61,35% dari total biomassa pohonnya. Jumlah individu pohon yang memiliki diameter tersebut berjumlah 192 individu dari total 1471 individu yang terdapat dalam plot penelitian (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa 13% pohon terbesar dalam plot penelitian mampu merepresentasikan 61,35% biomassa pohon. Lebih lanjut, 25%, 50%, dan 75% proporsi total biomassa mampu direpresentasikan masing-masing oleh 36, 123, dan 325 pohon terbesar pada level plot penelitian yang ada di TNGGP.

Secara keseluruhan untuk TNGGP, pohon besar (DBH>50 cm) memiliki kontribusi sebesar 145,3 Mg/ha atau setara dengan 38,77% biomassa pohon per hektarnya (Tabel 2). Sementara itu, pohon kecil (DBH<30 cm) dan pohon sedang (DBH=30-50 cm) masing-masing berkontribusi sebesar 40,9% dan 20,36%. Kontribusi pohon besar pada dua zona yaitu submontana dan montana tercatat merupakan penyumbang persentase terbesar bagi total biomassa per hektarnya masing-masing sebesar 61,02% dan 45,12%.

Jika dilihat dari nilai kerapatan, pohon kecil sangat mendominasi hutan TNGGP. Pohon kecil

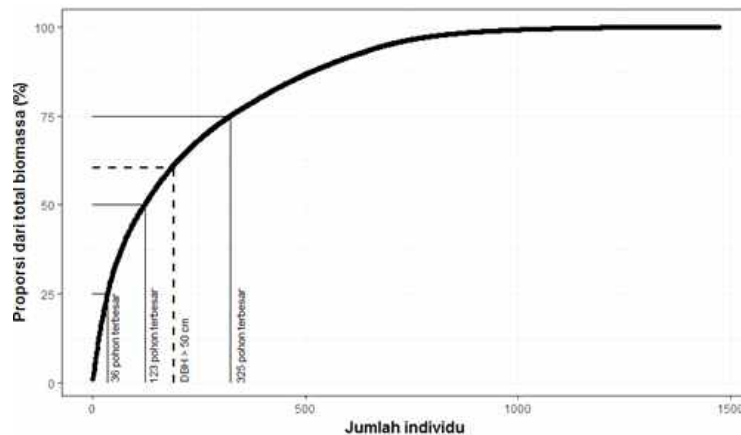
Tabel 2. Rata-rata biomassa (Mg/ha (\pm SE)) untuk tiap kelas diameter di tiap zona ketinggian. Uji statistik menggunakan Kruskal-Wallis test kemudian diikuti oleh Mann-Whitney test yang diindikasikan oleh huruf (ABC) pada tiap kolom setelah nilai biomasnya

Table 2. Biomass average (Mg/ha (\pm SE)) per diameter classes of each altitudinal zone. Kruskal-Wallis test followed by Mann-Whitney post hoc test was used in statistical analyses indicated by letter ABC after the biomass values.

Zona	Biomassa (DBH 5-30)	Biomassa (DBH 30-50)	Biomassa (DBH > 50)	Total	p-value
Submontana (n=8)	18,3 (1,6) ^A	19,1 (0,6) ^A	58,4 (5,7) ^B	95,7 (4)	< 0.01
Montana (n=10)	35,2 (1,6) ^A	32,3 (0,5) ^A	55,5 (3,4) ^B	123 (2,3)	< 0.01
Subalpine (n=8)	99,8 (2,4) ^B	24,9 (0,6) ^A	31,4 (5,2) ^A	156,1 (2,7)	< 0.01
TNGGP	153,3 (1,2) ^B	76,2 (0,3) ^A	145,3 (2,7) ^B	374,8 (1,7)	< 0.01

Tabel 3. Kumulasi biomassa pohon untuk 25 jenis pertama di TNGGP.
Table 3. Stands biomass accumulation of 25 top of biomass species in TNGGP.

No	Spesies	Biomassa (Mg)	Proporsi terhadap total biomassa (%)	Akumulasi proporsi terhadap total biomassa (%)
1	<i>Schima wallichii</i>	304,90	24,75	24,75
2	<i>Altingia excelsa</i>	153,03	12,42	37,18
3	<i>Vaccinium varingiaefolium</i>	134,13	10,89	48,07
4	<i>Castanopsis acuminatissima</i>	109,62	8,90	56,96
5	<i>Leptospermum javanicum</i>	98,99	8,04	65,00
6	<i>Dacrycarpus imbricatus</i>	47,14	3,83	68,83
7	<i>Castanopsis javanica</i>	37,28	3,03	71,85
8	<i>Castanopsis argentea</i>	32,35	2,63	74,48
9	<i>Rapanea hasseltii</i>	31,37	2,55	77,03
10	<i>Lithocarpus pallidus</i>	27,65	2,24	79,27
11	<i>Engelhardtia serrata</i>	21,94	1,78	81,05
12	<i>Polyosma integrifolia</i>	21,88	1,78	82,83
13	<i>Magnolia blumei</i>	19,18	1,56	84,39
14	<i>Leptospermum polygalifolium</i>	18,21	1,48	85,87
15	<i>Acer laurinum</i>	13,17	1,07	86,93
16	<i>Vernonia arborea</i>	11,83	0,96	87,90
17	<i>Engelhardtia spicata</i>	11,78	0,96	88,85
18	<i>Toona sureni</i>	11,15	0,91	89,76
19	<i>Alstonia spectabilis</i>	7,71	0,63	90,38
20	<i>Elaeocarpus punctatus</i>	6,69	0,54	90,93
21	<i>Dysoxylum nutans</i>	5,51	0,45	91,37
22	<i>Lithocarpus pseudomoluccus</i>	5,50	0,45	91,82
23	<i>Astronia sp.</i>	5,26	0,43	92,25
24	<i>Castanopsis tungurrut</i>	4,69	0,38	92,63
25	<i>Myrica sp.</i>	4,63	0,38	93,00



Gambar 3. Proporsi total biomassa terhadap jumlah individu setelah diurutkan dari individu diameter terbesar ke individu diameter terkecil pada level plot pengamatan.

Figure 3. Proportion of total biomass to number of individuals sorted from large to small diameter individuals in the survey plots.

berkontribusi sebanyak 92,58% sementara pohon sedang dan pohon besar masing-masing 5,12% dan 2,18% (Tabel 4). Rata-rata kerapatan pohon secara signifikan dipengaruhi oleh kelas diameter pohonnya. Pada tiap zona, kelas diameter memberikan pengaruh

signifikan untuk tiap kerapatan pada tiap kelas diameternya. Kecenderungan umumnya dapat diketahui bahwa di hutan TNGGP pohon kecil memiliki kerapatan yang sangat tinggi dibandingkan dengan pohon sedang dan pohon besar.

Tabel 4. Rata-rata kerapatan pohon (pohon/ha, (\pm SE)) untuk tiap kelas diameter di tiap zona ketinggian. Uji statistik menggunakan Kruskal-Wallis test kemudian diikuti oleh Mann-Whitney test yang diindikasikan oleh huruf (abc) pada tiap kolom setelah nilai rata-rata kerapatannya.

Table 4. Average of stand density (trees/ha, (\pm SE)) per diameter classes of each elevation zone. Kruskal-Wallis test followed by Mann-Whitney post-hoc test was used in statistical analyses indicated by letter (abc) after the average stand density values.

Zona	Kerapatan (DBH 5-30)	Kerapatan (DBH 30-50)	Kerapatan (DBH > 50)	Kerapatan total	p-value
Submontana (n=8)	881 (182) ^a	68 (13) ^b	40 (6) ^b	989 (183)	< 0.01
Montana (n=10)	1140 (174) ^a	102 (11) ^b	43 (9) ^c	1285 (173)	< 0.01
Subalpine (n=8)	2806 (317) ^a	94 (11) ^b	26 (6) ^c	2926 (314)	< 0.01
TNGGP	1573 (208) ^a	87 (7) ^b	37 (6) ^c	1699 (212)	< 0.01

Pembahasan

Estimasi biomassa di kawasan hutan pegunungan TNGGP terhitung $374,8 \pm 1,7$ Mg/ha. Nilai estimasi tersebut lebih rendah dibandingkan hasil perhitungan Widyatmoko et al. (2011, 2013) yang mendapatkan nilai sekira 769,76 Mg/ha. Perbedaan nilai tersebut dimungkinkan karena penggunaan metode yang berbeda. Metode yang digunakan pada penghitungan penelitian ini menggunakan persamaan Chave et al. (2005) yang memperhitungkan faktor berat jenis kayu, sementara Widyatmoko et al. (2011, 2013) menggunakan persamaan alometri yang dikembangkan oleh Brown (1997) yang tidak memperhitungkan faktor berat jenis kayu. Pemilihan persamaan alometri yang digunakan merupakan hal yang sangat krusial bagi estimasi biomassa. Hal ini dikarenakan hasil estimasi yang dihasilkan akan memberikan bias yang berbeda-beda. Rutishauser et al. (2013) menemukan fakta bahwa pemilihan persamaan alometri berpengaruh terhadap estimasi yang dihasilkan. Sebagai contoh, persamaan Chave et al. (2005) hanya memberikan bias sebesar 1,7% lebih rendah dari biomassa sebenarnya sementara persamaan Basuki et al. (2009) bisa menghasilkan bias estimasi sebesar 29,8% lebih rendah dari biomassa sebenarnya. Namun sayangnya, Rutishauser et al. (2013) tidak menganalisis bias yang mungkin bisa dihasilkan oleh persamaan Brown (1997) yang digunakan oleh Widyatmoko et al. (2011, 2013) dalam menduga biomassa pohon di kawasan hutan TNGGP.

Estimasi biomassa per satuan luas di TNGGP lebih tinggi dibandingkan dengan estimasi biomassa di Gunung Rinjani, Lombok (Dossa et al. 2013) dan Gunung Ciremai (Rozak & Gunawan 2015). Di Gunung Rinjani, nilai biomassa bervariasi antara 110-280 Mg/ha, sementara di Gunung Ciremai estimasi biomassanya sebesar 258 Mg/ha. Hal ini kemungkinan disebabkan karena jumlah pohon besar yang ada di TNGGP jumlahnya lebih banyak. Lebih lanjut, penyebab lainnya bisa disebabkan karena dominansi tinggi dua jenis yaitu *Vaccinium varingiaefolium* dan *Leptospermum javanicum* pada zona subalpine yang kemungkinan tidak dimiliki oleh Gunung Rinjani dan Gunung Ciremai yang terbukti memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap total biomassa pohon di TNGGP (Tabel 2 dan 3). Selain itu, hal lain yang dapat menyebabkan estimasi biomassa TNGGP lebih tinggi yaitu karena jumlah pohon yang memiliki berat jenis kayu tinggi lebih banyak dibandingkan dengan Gunung Rinjani dan Gunung Ciremai. Makin banyak jumlah pohon besar yang memiliki berat jenis kayu tinggi pada suatu kawasan maka makin tinggi juga estimasi biomassa pohon pada kawasan tersebut karena biomassa merupakan fungsi dari diameter dan berat jenis kayunya (Chave et al. 2005).

Hiperdominansi jenis terhadap biomassa

Pola hiperdominansi jenis terhadap biomassa ditemukan di hutan Amazon (ter Steege et al. 2013; Fauset et al. 2015) dan hutan Afrika Tengah (Bastin et al. 2015). Pada hutan Amazon hanya 182 jenis dari 3458

jenis yang teridentifikasi diklasifikasikan sebagai jenis hiperdominan sementara di Afrika hanya 1,5% jenis bisa merepresentasikan lebih dari 50% biomassa rata-rata hutan tersebut. Pola yang sama juga ditemukan di TNGGP (Tabel 2). Dari hasil analisis terlihat bahwa hanya 4 jenis pohon dari 114 jenis yang teridentifikasi mampu merepresentasikan lebih dari 50% biomassa total yaitu jenis *Schima wallichii*, *Altingia excelsa*, *Vaccinium varingiaefolium*, dan *Castanopsis acuminatissima*. Hal ini wajar karena empat jenis tersebut merupakan jenis yang dominan yang terdapat di TNGGP (Arrijani 2008; Helmi et al. 2009; Sadili et al. 2009). Selain itu, jika dilihat nilai rata-rata berat jenis kayunya, tiga jenis tersebut termasuk dalam kelas berat jenis kayu yang relatif tinggi karena memiliki nilai berat jenis di atas 0,5 (Zanne et al. 2009). Kombinasi dua hal tersebut, yaitu dominansi jenis dan nilai berat jenis kayu, menyebabkan hiperdominansi suatu jenis pada kawasan TNGGP.

Kontribusi pohon besar terhadap biomassa

Penelitian kontribusi pohon besar terhadap biomassa telah dilakukan oleh peneliti pada berbagai belahan kawasan hutan dunia (Brown & Lugo 1992; Slik et al. 2013; Sist et al. 2014; Bastin et al. 2015). Hasil umumnya diketahui bahwa pohon besar berpengaruh secara signifikan terhadap biomassa pohon baik secara lokal, regional maupun global. Hasil analisis penelitian ini menunjukkan bahwa jika dilihat dari kumulasi biomassa, pohon dengan DBH > 50 cm hanya berjumlah 192 individu pohon dari 1471 individu pohon yang tercatat (atau 13% dari total individu pohon), akan tetapi mampu merepresentasikan 61,35% dari total biomassa yang ada pada level plot penelitian di TNGGP (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa pohon berukuran besar sangat penting kontribusinya bagi biomassa pohon. Sementara itu, jika dilihat dari kerapatan pohon besar, secara rata-rata kerapatan pohon besar di TNGGP adalah sebanyak 37 pohon tiap hektarnya (Tabel 4). Pohon kecil dan pohon sedang mendominasi hutan TNGGP

yaitu sebanyak 1573 dan 87 pohon tiap hektarnya. Namun demikian, meskipun hanya berjumlah 37 pohon/hektar, pohon besar mampu merepresentasikan sebanyak 38,77% dari total biomasannya (Tabel 2).

Hasil menarik didapat untuk kawasan hutan TNGGP. Tidak seperti di kawasan Amazon (Fauset et al. 2015) atau Afrika Tengah (Bastin et al. 2015) yang menunjukkan bahwa pohon besar sangat dominan dalam kontribusinya terhadap biomassa hutan, hasil di TNGGP tidak demikian. Walaupun pohon besar memberikan kontribusi yang signifikan pada level plot penelitian (Tabel 2 dan Gambar 3) namun pohon tersebut bukan kontributor terbesar untuk biomassa di TNGGP (Tabel 2). Pohon kecil diketahui memiliki kontribusi tertinggi bagi biomassa hutan di TNGGP yaitu sebesar 40,9% namun tidak berbeda nyata dengan kontribusi pohon besar yang diketahui berkontribusi sebesar 38,77%. Hal ini terjadi terutama karena kontribusi dua jenis pohon yang sangat tinggi dalam perhitungan biomasannya pada zona subalpine yaitu *Vaccinium varingiaefolium* dan *Leptospermum javanicum*. Kedua jenis tersebut diketahui sangat mendominasi pada zona tersebut (Sadili et al. 2009) dan memiliki berat jenis kayu yang tinggi yaitu masing-masing sebesar 0,53 dan 0,81 (Zanne et al. 2009). Kombinasi dua hal tersebut yaitu dominansi jenis dan berat jenis kayu berdampak pada kontribusi total terhadap biomassa di TNGGP.

Kesimpulan

Hasil analisis perhitungan biomassa untuk kawasan hutan TNGGP menunjukkan bahwa kawasan hutan pegunungan tersebut memiliki potensi penyimpanan biomassa sebesar 374,8 Mg/ha. Empat jenis dari 114 jenis yang teridentifikasi yaitu *Schima wallichii*, *Altingia excelsa*, *Vaccinium varingiaefolium*, dan *Castanopsis acuminatissima* diketahui berkontribusi sebesar 56,96% terhadap total biomassa pada level plot penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa di kawasan hutan TNGGP terdapat hiperdominansi jenis

karena hanya 3,5% jenis pohon dapat merepresentasikan lebih dari 50% biomasnya.

Keunikan terjadi pada kawasan hutan pegunungan TNGGP. Tidak seperti untuk kawasan hutan dataran rendah dimana pohon besar sangat dominan kontribusinya dalam pendugaan biomasnya, untuk kawasan hutan pegunungan TNGGP diketahui bahwa pohon kecil memiliki kontribusi terbesar dan kontribusi tersebut sama signifikannya dengan pohon besar. Meskipun pada level plot penelitian pohon besar berkontribusi signifikan terhadap total biomasnya, namun pada level kawasan hutan diketahui bahwa pohon kecil dan pohon besar berkontribusi masing-masing sebesar 40,9% dan 38,77% terhadap total biomassa per hektarnya. Hal ini menunjukkan bahwa khusus kawasan hutan pegunungan, terutama pada zona subalpine, pohon kecil merupakan kontributor terbesar untuk biomasnya, yang pada akhirnya berkontribusi signifikan terhadap keseluruhan potensi biomassa di kawasan hutan pegunungan TNGGP.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Taman Nasional Gunung Gede Pangrango atas diizinkan melakukan penelitian ini. Selain itu, penulis mengucapkan penghargaan yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang terlibat dalam kegiatan ini, tim karbon: Pak Rustandi, Pak Upah, Ahmad Jaeni, Dimas Ardiyanto, Avniar Noviantini, Nuri Nurlaila Setiawan, Mahendra Primajati, Dinna Tazkiana; pendamping lapangan: Pak Ae, Pak Sofyan, dan Pak Yusuf. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Prof. Kurniatun Hairiah dan Subekti Rahayu (World Agroforestry Centre) atas saran dan masukannya selama melakukan penelitian. Penelitian ini didanai oleh program kompetitif Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) tahun anggaran 2009-2011 melalui Kebun Raya Cibodas.

Daftar Pustaka

- Abdulhadi R, Adhikerana AS, Ubaidillah R, Suharna N. 2000. Preliminary study of the ecological impact of forest fires in G. Massigit, G. Gede-Pangrango National Park, West Java. *The Korean Journal of Ecology* 23:125-129.
- Arrijani A. 2008. Vegetation structure and composition of the montane zone of Mount Gede Pangrango National Park. *Biodiversitas, Journal of Biological Diversity* 9:134-141.
- Barlow J, Peres CA, Lagan BO, Haugaasen T. 2003. Large tree mortality and the decline of forest biomass following Amazonian wildfires. *Ecology Letters* 6:6-8.
- Bastin J-F et al. 2015. Seeing Central African forests through their largest trees. *Scientific Reports* 5:13156.
- Basuki TM, van Laake PE, Skidmore AK, Hussin YA. 2009. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management* 257:1684-1694.
- Boyle B et al. 2013. The taxonomic name resolution service: an online tool for automated standardization of plant names. *BMC Bioinformatics* 14:16.
- Brown S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A primer. Food & Agriculture Org.
- Brown S, Lugo AE. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17:8-18.
- Chave J et al. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145:87-99.
- Chave J, Coomes D, Jansen S, Lewis SL, Swenson NG, Zanne AE. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters* 12:351-366.
- Clark DB, Clark DA. 1996. Abundance, growth and mortality of very large trees in neotropical lowland rain forest. *Forest Ecology and Management* 80:235-244.
- Dossa GGO, Paudel E, Fujinuma J, Yu H, Chutipong W, Zhang Y, Paz S, Harrison RD. 2013. Factors Determining Forest Diversity and Biomass on a Tropical Volcano, Mt. Rinjani, Lombok, Indonesia. *PLoS ONE* 8:e67720.
- Fauset S et al. 2015. Hyperdominance in Amazonian forest carbon cycling. *Nature Communications* 6. <http://www.nature.com/ncomms/2015/150428/ncomms7857/full/ncomms7857.html> (diakses Juli 2015).
- Feldpausch TR et al. 2012. Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. *Biogeosciences* 9:3381-3403.
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. Pengukuran cadangan karbon dari tingkat lahan ke bentang lahan, 2nd edition. World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor, Indonesia. <http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/Publications/files/manual/MN0049-11.PDF> (Diakses November 2014).
- Helmi N, Kartawinata K, Samsuudin I. 2009. An undescribed lowland natural forest at Bodogol, the Gunung Gede Pangrango National Park, Cibodas Biosphere Reserve, West Java, Indonesia. *Reinwardtia* 13:33-44.
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Bueinda L.,

- Miwa K, Ngara T, and Tanabe K. (eds). IGES. Available from <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.
- Lindenmayer DB, Laurance WF, Franklin JF. 2012. Global decline in large old trees. *Science* **338**:1305-1306.
- Lutz JA, Larson AJ, Freund JA, Swanson ME, Bible KJ. 2013. The importance of large-diameter trees to forest structural heterogeneity. *PLoS ONE* **8**:e82784.
- Mics F, Rozak AH, Kocsis M, Homoródi R, Hufnagel L. 2013. Rainforests at the beginning of the 21st century. *Applied Ecology and Environmental Research* **11**:1-20.
- Rejou-Mechain M, Tanguy A, Piponiot C, Chave J, Herault B. 2016. BIOMASS: An R package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forests. <https://cran.r-project.org/web/packages/BIOMASS/BIOMASS.pdf> (diakses November 2016).
- Remm J, Löhmus A. 2011. Tree cavities in forests – The broad distribution pattern of a keystone structure for biodiversity. *Forest Ecology and Management* **262**:579-585.
- Abdulhadi R, Adhikerana AS, Ubaidillah R, Suharna N. 2000. Preliminary study of the ecological impact of forest fires in G. Massigit, G. Gede-Pangrango National Park, West Java. *The Korean Journal of Ecology* **23**:125-129.
- Arrijani A. 2008. Vegetation structure and composition of the montane zone of Mount Gede Pangrango National Park. *Biodiversitas, Journal of Biological Diversity* **9**:134-141.
- Barlow J, Peres CA, Lagan BO, Haugaasen T. 2003. Large tree mortality and the decline of forest biomass following Amazonian wildfires. *Ecology Letters* **6**:6-8.
- Bastin J-F et al. 2015. Seeing Central African forests through their largest trees. *Scientific Reports* **5**:13156.
- Basuki TM, van Laake PE, Skidmore AK, Hussin YA. 2009. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management* **257**:1684-1694.
- Boyle B et al. 2013. The taxonomic name resolution service: an online tool for automated standardization of plant names. *BMC Bioinformatics* **14**:16.
- Brown S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A primer. Food & Agriculture Org.
- Brown S, Lugo AE. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. *Interciencia* **17**:8-18.
- Chave J et al. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* **145**:87-99.
- Chave J, Coomes D, Jansen S, Lewis SL, Swenson NG, Zanne AE. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters* **12**:351-366.
- Clark DB, Clark DA. 1996. Abundance, growth and mortality of very large trees in neotropical lowland rain forest. *Forest Ecology and Management* **80**:235-244.
- Dossa GGO, Paudel E, Fujinuma J, Yu H, Chutipong W, Zhang Y, Paz S, Harrison RD. 2013. Factors determining forest diversity and biomass on a tropical volcano, Mt. Rinjani, Lombok, Indonesia. *PLoS ONE* **8**:e67720.
- Fauset S et al. 2015. Hyperdominance in Amazonian forest carbon cycling. *Nature Communications* **6**. <http://www.nature.com/ncomms/2015/150428/ncomms7857/full/ncomms7857.html> (diakses Juli 2015).
- Feldpausch TR et al. 2012. Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. *Biogeosciences* **9**:3381-3403.
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. Pengukuran cadangan karbon dari tingkat lahan ke bentang lahan, 2nd edition. World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor, Indonesia. <http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/Publications/files/manual/MN0049-11.PDF> (Diakses November 2014).
- Helmi N, Kartawinata K, Samsuudin I. 2009. An undescribed lowland natural forest at Bodogol, the Gunung Gede Pangrango National Park, Cibodas Biosphere Reserve, West Java, Indonesia. *Reinwardtia* **13**:33-44.
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Bueinda L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES. Available from <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.
- Lindenmayer DB, Laurance WF, Franklin JF. 2012. Global decline in large old trees. *Science* **338**:1305-1306.
- Lutz JA, Larson AJ, Freund JA, Swanson ME, Bible KJ. 2013. The importance of large-diameter trees to forest structural heterogeneity. *PLoS ONE* **8**:e82784.
- Mics F, Rozak AH, Kocsis M, Homoródi R, Hufnagel L. 2013. Rainforests at the beginning of the 21st century. *Applied Ecology and Environmental Research* **11**:1-20.
- Rejou-Mechain M, Tanguy A, Piponiot C, Chave J, Herault B. 2016. BIOMASS: An R package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forests. <https://cran.r-project.org/web/packages/BIOMASS/BIOMASS.pdf> (diakses November 2016).
- Remm J, Löhmus A. 2011. Tree cavities in forests – The broad distribution pattern of a keystone structure for biodiversity. *Forest Ecology and Management* **262**:579-585.
- Rozak AH, Gunawan H. 2015. Altitudinal gradient affects on trees and stand attributes in Mount Ciremai National Park, West Java, Indonesia. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea* **4**:93-99.
- Rutishauser E, Noor'an F, Laumonier Y, Halperin J, Rufi'ie, Hergoualch K, Verchot L. 2013. Generic allometric models including height best estimate forest biomass and carbon stocks in Indonesia. *Forest Ecology and Management* **307**:219-225.
- Sadili A, Kartawinata K, Kartonegoro A, Soedjito H, Sumadijaya A. 2009. Floristic composition and structure of subalpine summit habitats on Mt. Gede-Pangrango complex, Cibodas Biosphere Reserve, West Java, Indonesia. *Reinwardtia* **12**:1-14.
- Sist P, Mazzei L, Blanc L, Rutishauser E. 2014. Large trees as key elements of carbon storage and dynamics after selective logging in the Eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* **318**:103-109.
- Slik JWF. 2006. Estimating species-specific wood density from the genus average in Indonesian trees. *Journal of Tropical Ecology* **22**:481.
- Slik JWF et al. 2013. Large trees drive forest aboveground biomass variation in moist lowland forests across the tropics. *Global Ecology and Biogeography* **22**:1261-1271.

- Slik JWF et al. 2015. An estimate of the number of tropical tree species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **112**:7472–7477.
- Spracklen DV, Righelato R. 2014. Tropical montane forests are a larger than expected global carbon store. *Biogeosciences* **11**:2741–2754.
- Stephenson NL et al. 2014. Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. *Nature* **507**:90–93.
- ter Steege H et al. 2013. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. *Science* **342**:1243092–1243092.
- van Steenis CGG, Hamzah A, Toha M. 1972. *Mountain flora of Java*, 1st edition. E.J. Brill, Leiden, The Netherlands.
- Widyatmoko D, Astutik S, Sulistyawati E, Rozak AH. 2011. Carbon stock and biomass estimation of four different ecosystems within Cibodas Biosphere Reserve, Indonesia. Hlm. 91-96. Are climate change and other emerging challenges being met through successful achievement of Biosphere Reserve function? The 6th Southeast Asia Biosphere Reserves Network (SeaBRnet) Meeting, Unesco Office Jakarta, Cibodas Biosphere Reserve, Indonesia.
- Widyatmoko D, Astutik S, Sulistyawati E, Rozak AH, Mutaqien Z. 2013. Stok karbon dan biomassa di Cagar Biosfer Cibodas, Indonesia. Hlm. 98–134. Konservasi biocarbon, lanskap dan kearifan lokal untuk masa depan: Integrasi pemikiran multidimensi untuk keberlanjutan. Kebun Raya Cibodas, Cibodas.
- Yamada I. 1975. Forest ecological studies of the montane forest of Mt. Pangrango (I. Stratification and floristic composition of the montane rain forest near Cibodas). *South East Asian Studies* **13**:402–426.
- Yamada I. 1976a. Forest ecological studies of the montane forest of Mt. Pangrango (II. Stratification and floristic composition of the forest vegetation of the higher part of Mt. Pangrango). *South East Asian Studies* **13**:513–534.
- Yamada I. 1976b. Forest ecological studies of the montane forest of Mt. Pangrango (III. Litter fall of the tropical montane forest near Cibodas). *South East Asian Studies* **14**:194–229.
- Yamada I. 1977. Forest ecological studies of the montane forest of Mt. Pangrango (IV. Floristic composition along the altitude). *South East Asian Studies* **15**:226–534.
- Zanne AE, Lopez-Gonzalez G, Coomes DA, Ilic J, Jansen S, Lewis SL, Miller RB, Swenson NG, Wiemann MC, Chave J. 2009. Global wood density database. <http://hdl.handle.net/10255/dryad.234>.