
POTENSI BIOMASSA DAN CADANGAN KARBON KEBUN RAYA BALIKPAPAN, KALIMANTAN TIMUR

Potential Biomass and Carbon Stock at Balikpapan Botanic Garden, East Kalimantan

Didi Usmadi*, Syamsul Hidayat, Yuzammi, Djauhar Asikin

Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya-LIPI

Jl. Ir. H. Juanda 13, Bogor 16003, Jawa Barat, Indonesia

*Email: didi.usmadi@gmail.com

Abstract

Balikpapan Botanic Garden has 309.22 hectare, within the 10,000 hectare Wain River forest conservation area, in East Kalimantan, Indonesia. One of the roles of the Botanic Garden is as a provider of environmental services. This encompasses contributing to effort in reducing global warming by producing biomass and storing carbon reserves. The aims of the research were to estimate the magnitude of the biomass and carbon stocks in the Balikpapan Botanic Garden as well as to determine the percentage contribution of forest components make to the carbon stock. Primary data was collected from the Botanic Garden precincts using a combination of transects and quadrat plots deploying a purposive sampling procedure. From each sampling unit, data was systematically collected for living trees, necromass (mass of dead timber), ground cover, litter and soil. A non-destructive method was used to estimate the potential biomass and carbon of the living trees whereas a destructive determination of biomass was used for ground cover and litter. The Balikpapan Botanic Garden plays a major role in conserving biomass and carbon stocks. The average biomass and carbon stock determined across sampling sites in the Balikpapan Botanic Garden was 203 ton/ha and 142 ton/ha, respectively. The total amount of biomass and carbon held in the Garden was estimated at 58,990 ton and 41,050 ton, respectively. The largest contribution to the carbon stocks is in the form of living trees (49% of the total carbon stock) and soil (28% of the total carbon stock).

Keywords: Biomass, Carbon Stock, Balikpapan Botanic Garden, East Kalimantan

Abstrak

Kebun Raya Balikpapan dengan luas area 309,22 ha merupakan sebagian kecil dari 10.000 ha Hutan Lindung Sungai Wain di Kalimantan Timur, Indonesia, yang dialihfungsikan sebagai Kebun Raya. Salah satu peran Kebun Raya Balikpapan adalah penyedia jasa lingkungan diantaranya mengurangi terjadinya pemanasan global melalui penghasil biomassa dan menjaga cadangan karbon. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi besarnya biomassa dan cadangan karbon di Kebun Raya Balikpapan serta mengetahui persentase komponen hutan dalam menyumbang cadangan karbon. Data utama diambil dari Kebun Raya Balikpapan dengan menggunakan metode kombinasi jalur dan petak, sedangkan teknik penempatan petak contoh dilakukan secara terarah (purposive sampling). Setiap unit contoh diambil data pohon berdiri, *necromass*, tumbuhan bawah, serasah dan contoh tanah. Pendugaan potensi biomassa dan karbon pada pohon dilakukan

dengan menggunakan metode non destruktif, sedangkan tumbuhan bawah dan serasah dilakukan dengan metode destruktif. Kebun Raya Balikpapan mempunyai peran yang besar dalam penyimpanan biomassa dan cadangan karbon. Rata-rata biomassa di Kebun Raya Balikpapan sebesar 203,42 ton/ha dan cadangan karbon sebesar 141,55 ton/ha. Total biomassa Kebun Raya Balikpapan sebesar 58.990,8 ton dan cadangan karbon sebesar 41.049,0 ton. Komponen terbesar penyumbang cadangan karbon adalah pohon hidup (48,50%) dan tanah (28,15%).

Kata kunci: Biomassa, Cadangan Karbon, Kebun Raya Balikpapan, Kalimantan Timur

PENDAHULUAN

Perubahan iklim akibat pemanasan global disebabkan oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK), terutama karbondioksida (CO₂) dan metana (CH₄). Penyebab peningkatan GRK diantaranya adalah akibat peningkatan pembangunan dan industri berbahan bakar fosil (migas) serta alih fungsi lahan dan hutan. Salah satu sumber emisi GRK di Indonesia adalah sektor kehutanan. Emisi dari sektor kehutanan pada tahun 2009 sebesar 48% dari seluruh emisi GRK di Indonesia yang disebabkan oleh kegiatan penggunaan lahan, alih fungsi hutan dan lahan, deforestasi, degradasi dan pembakaran (KLH, 2009).

Kegiatan mitigasi perubahan iklim dengan mengurangi emisi GRK mutlak dilakukan oleh semua pihak. Pemerintah Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK pada tahun 2020 sebesar 26% dengan usaha sendiri dan 41% apabila memperoleh dukungan pendanaan internasional (Perpres, 2011a). Kegiatan mitigasi perubahan iklim dalam rangka mengurangi emisi GRK dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya melalui peningkatan serapan karbon dengan melakukan penanaman, mempertahankan (konservasi) karbon yang ada dan penggantian atau substitusi penggunaan bahan bakar fosil dengan biomas (Kemenhut, 2011).

Salah satu kegiatan yang dapat meningkatkan serapan karbon dan mempertahankan cadangan karbon adalah melalui pembangunan kebun raya. Kebun raya adalah kawasan konservasi tumbuhan secara *ex situ* yang memiliki koleksi tumbuhan terdokumentasi dan ditata berdasarkan pola klasifikasi taksonomi, bioregion, tematik, atau

kombinasi dari pola-pola tersebut untuk tujuan kegiatan konservasi, penelitian, pendidikan, wisata dan jasa lingkungan (Perpres, 2011b). Peran kebun raya dalam hal jasa lingkungan diantaranya adalah penghasil biomassa, menjaga cadangan karbon dan mengurangi konsentrasi karbondioksida di udara.

Kebun Raya Balikpapan merupakan salah satu kebun raya di Indonesia yang pengelolaannya oleh Pemerintah Daerah. Status kawasan Kebun Raya Balikpapan ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan RI No. 68/Menhut-II/2009 tanggal 26 Februari 2009 tentang penetapan Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) untuk Hutan Penelitian, Pengembangan, Pendidikan dan Latihan dalam bentuk Kebun Raya Balikpapan dengan luas 309,22 ha.

Penelitian tentang pendugaan biomassa dan cadangan karbon khususnya di Kebun Raya Balikpapan perlu dilakukan untuk mengetahui dinamika cadangan karbon akibat pembangunan kebun raya dan peran kebun raya tersebut dalam mitigasi perubahan iklim. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi besarnya biomassa dan cadangan karbon di Kebun Raya Balikpapan serta persentase komponen hutan dalam penyumbang cadangan karbon.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2012 di Kebun Raya Balikpapan. Lokasi Kebun Raya Balikpapan secara administratif terletak di Kelurahan Karang Joang, Kecamatan Balikpapan Utara, Kota

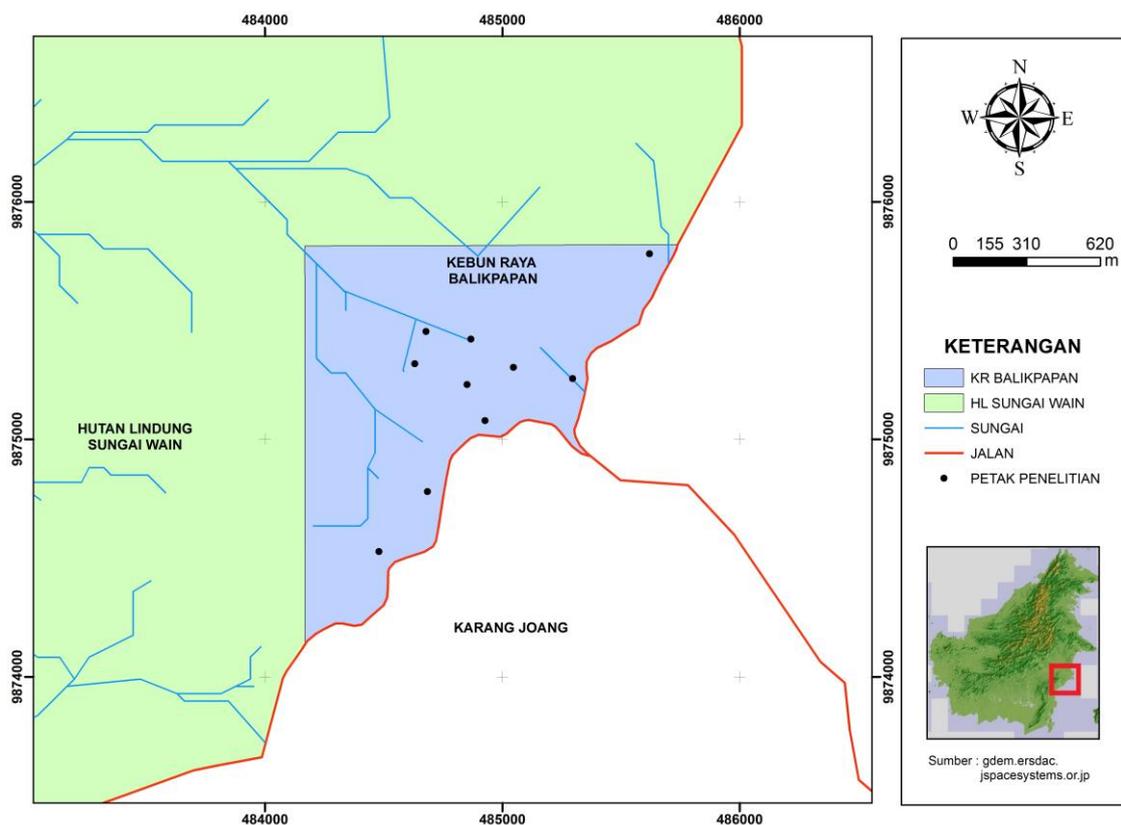
Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur (Gambar 1). Kebun Raya ini terletak pada ketinggian 10–55 meter di atas permukaan laut (m dpl) dengan topografi datar dan berbukit, dengan kelerengan yang dominan adalah agak curam (15–25%). Berdasarkan klasifikasi Schmidt dan Ferguson, Kota Balikpapan memiliki iklim tropis basah (tipe B) dengan rata-rata curah hujan sebesar 2.384 mm/tahun (DPU *et al.*, 2007).

Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data yang digunakan berupa metode kombinasi jalur dan petak, sedangkan teknik penempatan petak-petak contoh dilakukan secara terarah (*purposive sampling*) dengan mempertimbangkan keterwakilan kondisi vegetasi dan topografi lokasi tersebut. Jumlah jalur yang dibuat sebanyak 10 unit dengan ukuran 20 x 100 m. Setiap jalur terdiri dari lima petak contoh berukuran 20 x 20 m untuk mengumpulkan data

pohon dan *necromass*, dan lima petak contoh berukuran 0,5 x 0,5 m untuk mengumpulkan data tumbuhan bawah dan serasah.

Pohon dan *necromass* berdiri yang mempunyai diameter lebih atau sama dengan 5 cm pada setiap unit contoh diukur diameternya. *Necromass* yang rebah diukur diameter ujung dan pangkal, serta panjangnya. Semua tumbuhan bawah dan serasah yang berada dalam petak contoh diambil dan ditimbang untuk mengetahui berat basahanya. Selanjutnya, 100 gr sampel diambil dan dikeringkan pada oven dengan pada suhu 105⁰C selama 48 jam atau sampai beratnya stabil. Contoh tanah pada setiap jalur diambil di beberapa tingkat kedalaman, yaitu 0–10 cm, 11–20 cm dan 21–30 cm. Setiap tingkat kedalaman tanah juga diambil contoh tanah terganggu (struktur tanah rusak) dan tidak terganggu (struktur tanah utuh). Contoh tanah dianalisa berat, volume dan kandungan C organikya.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Analisis Data

Komposisi dan struktur vegetasi dianalisis kerapatan, kerapatan relatif, frekuensi, frekuensi relatif, dominansi, dominansi relatif dan indeks nilai pentingnya (Soerianegara dan Indrawan, 1998) dengan menggunakan persamaan:

$$INP = KR + FR + DR$$

Keterangan: KR = Kerapatan Relatif suatu jenis (%)
FR = Frekuensi Relatif suatu jenis (%)
DR = Dominansi Relatif suatu jenis (%)

Pendugaan potensi biomassa pada pohon dilakukan dengan menggunakan metode pendugaan tidak langsung (*Non Destructive Sampling*). Biomassa pohon dihitung menggunakan persamaan alometrik (Katterring *et al.*, 2001), yaitu:

$$BK = 0,11 \rho D^{2,62}$$

Keterangan: BK = Biomassa per pohon (kg)
D = Diameter pohon setinggi dada (cm)
 ρ = Berat jenis (g/cm^3)

Nilai berat jenis kayu pada setiap jenis tumbuhan sesuai dengan data dari *Wood Density Database WAC* (2012). *Necromass* pohon yang masih berdiri dihitung biomasanya dengan menggunakan persamaan di atas dikalikan dengan faktor konversi keutuhan pohon, sedangkan *necromass* kayu rebah dihitung dengan persamaan seperti yang dikemukakan Hairiah *et al.* (2011):

$$BK = \pi \rho H D^2 / 40 \times P$$

Keterangan: BK = Biomassa per necromass (kg)
D = Diameter necromass (cm)
 ρ = Berat jenis (g/cm^3)
H = Panjang necromass (cm)
P = Persentase pelapukan necromass (%)

Perhitungan biomassa serasah dan tumbuhan bawah dilakukan dengan metode destruktif. Biomassa dihitung dengan persamaan seperti yang dikemukakan Hairiah *et al.* (2011):

$$\text{Total Berat Kering} = \frac{\text{Berat Kering Sub Contoh}}{\text{Berat Basah Sub Contoh}} \times \text{Total Berat Basah}$$

Cadangan karbon dihitung dengan menggunakan pendekatan biomassa, yaitu 50% dari biomassa adalah karbon yang tersimpan (Brown, 1997). Kandungan karbon tanah dihitung dengan persamaan berikut (BSN, 2011):

$$Ct = Kd \times \rho \times C$$

Keterangan: Ct = Kandungan karbon Tanah (gr/cm^2)
Kd = Kedalaman tanah (cm)
 ρ = Berat jenis tanah/*bulk density* (gr/cm^3)
C = Persentase Kandungan Karbon (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Vegetasi

Sebelum ditetapkan sebagai KHDTK, kawasan Kebun Raya Balikpapan merupakan bagian dari Hutan Lindung Sungai Wain. Saat ini, sebagian besar luas kawasan Kebun Raya Balikpapan berupa hutan sekunder yang beberapa kali mengalami kebakaran. Hasil analisis vegetasi menunjukkan bahwa di kawasan Kebun Raya Balikpapan terdapat sebanyak 93 jenis tumbuhan yang termasuk dalam 42 suku (Tabel 1). Suku dengan jumlah jenis terbanyak adalah *Euphorbiaceae* sebanyak delapan jenis, selanjutnya diikuti dengan *Dipterocarpaceae* dan *Moraceae* masing-masing sebanyak tujuh jenis (Gambar 2).

Jenis tumbuhan yang mendominasi di Kebun Raya Balikpapan berupa tumbuhan perintis (pionier), diantaranya *Melicope glabra*, *Macaranga gigantea* dan *Vernonia arborea*. *M. glabra* merupakan tumbuhan yang paling mendominasi pada lokasi tersebut dengan kerapatan 248 individu per hektar dan nilai INP sebesar 76,12%, sedangkan *M. gigantea* mempunyai kerapatan sebesar 151,5 individu per hektar dengan INP sebesar 44,57% (Tabel 1). Tingginya dominansi tumbuhan pionier pada kawasan ini karena di lokasi ini sering terjadi kebakaran hutan, dan jenis-jenis tersebut merupakan jenis yang pertama tumbuh pasca kebakaran.

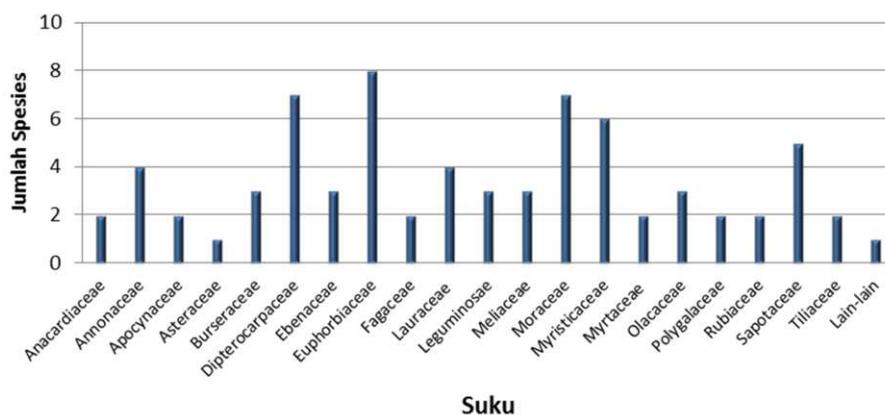
Tabel 1. Kerapatan, Frekuensi, Dominansi dan INP pada beberapa jenis tumbuhan di Kebun Raya Balikpapan

No.	Nama Jenis	Suku	Status Kelangkaan	K (id./ha)	F	D (m ² /ha)	KR (%)	FR (%)	DR (%)	INP (%)
1	<i>Melicope glabra</i> (Blume) T.G.Hartley	Rutaceae	-	248,0	0,86	3,07	32,27	11,00	32,85	76,12
2	<i>Macaranga gigantea</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae	-	151,5	0,76	1,41	19,71	9,72	15,14	44,57
3	<i>Vernonia arborea</i> Buch-Ham	Asteraceae	-	55,0	0,66	0,78	7,16	8,44	8,30	23,90
4	<i>Callicarpa</i> sp.	Verbenaceae	-	33,5	0,46	0,19	4,36	5,88	2,03	12,27
5	<i>Eusideroxylon zwageri</i> Teijsm. & Binn.	Lauraceae	VU	16,0	0,28	0,27	2,08	3,58	2,85	8,51
6	<i>Shorea laevis</i> Ridl.	Dipterocarpaceae	LC	22,5	0,14	0,22	2,93	1,79	2,37	7,09
7	<i>Artocarpus elasticus</i> Reinw.	Moraceae	-	13,0	0,10	0,26	1,69	1,28	2,74	5,71
8	<i>Gironniera nervosa</i> Planch.	Ulmaceae	-	11,5	0,18	0,12	1,50	2,30	1,27	5,07
9	<i>Dipterocarpus cornutus</i> Dyer	Dipterocarpaceae	CR	1,5	0,04	0,40	0,20	0,51	4,31	5,02
10	<i>Lithocarpus gracilis</i> Soepadmo	Fagaceae	-	6,5	0,24	0,09	0,85	3,07	0,95	4,86
11	<i>Dipterocarpus confertus</i> Slooten	Dipterocarpaceae	-	7,5	0,16	0,12	0,98	2,05	1,31	4,33
12	<i>Dacryodes rostrata</i> H.J.Lam	Burseraceae	LC	11,0	0,18	0,05	1,43	2,30	0,56	4,29
13	<i>Shorea smithiana</i> Sym.	Dipterocarpaceae	CR	5,5	0,18	0,09	0,72	2,30	0,96	3,98
14	<i>Syzygium cauladatilibum</i> (Merr.) Merr. & L.M. Perry	Myrtaceae	-	4,5	0,14	0,12	0,59	1,79	1,26	3,64
15	<i>Alseodaphne elmeri</i> Merr.	Lauraceae	-	6,5	0,14	0,07	0,85	1,79	0,80	3,43
16	<i>Symplocos crassifolia</i> Benth.	Symplocaceae	-	11,0	0,10	0,05	1,43	1,28	0,54	3,25
17	<i>Barringtonia macrostachya</i> Jack.	Lecythidaceae	-	6,5	0,14	0,06	0,85	1,79	0,60	3,24
18	<i>Scorodocarpus borneensis</i> Becc.	Olacaceae	-	8,0	0,08	0,10	1,04	1,02	1,08	3,14
19	<i>Diospyros borneensis</i> Hiem	Ebenaceae	-	6,5	0,10	0,07	0,85	1,28	0,76	2,89
20	<i>Dillenia reticulata</i> King	Dilleniaceae	-	4,0	0,16	0,03	0,52	2,05	0,29	2,86
21	<i>Pternandra galeata</i> (Korth.) Ridl.	Melastomataceae	-	9,0	0,08	0,04	1,17	1,02	0,44	2,63
22	<i>Vitex pinnata</i> Linn	Verbenaceae	-	3,5	0,10	0,06	0,46	1,28	0,64	2,37
23	<i>Pentace triptera</i> Mast	Tiliaceae	-	3,5	0,06	0,10	0,46	0,77	1,04	2,26
24	<i>Cratoxylum arborescens</i> (Vahl.) Blume	Hypericaceae	LC	7,5	0,06	0,05	0,98	0,77	0,51	2,25
25	<i>Alstonia scholaris</i> R.Br.	Apocynaceae	LC	2,0	0,06	0,10	0,26	0,77	1,06	2,09
26	<i>Drypetes kikir</i> Airy shaw	Euphorbiaceae	-	2,0	0,08	0,05	0,26	1,02	0,55	1,83
27	<i>Knema latericia</i> Elmer	Myristicaceae	-	2,5	0,10	0,02	0,33	1,28	0,19	1,79
28	<i>Bridelia glauca</i> Blume	Euphorbiaceae	-	2,5	0,08	0,03	0,33	1,02	0,36	1,71
29	<i>Vatica umbonata</i> Burck	Dipterocarpaceae	LC	2,5	0,06	0,06	0,33	0,77	0,60	1,69
30	<i>Horsfieldia grandis</i> Warb.	Myristicaceae	LC	5,0	0,06	0,02	0,65	0,77	0,26	1,68
31	<i>Artocarpus dadah</i> Miq.	Moraceae	-	4,5	0,04	0,05	0,59	0,51	0,56	1,65
32	<i>Ficus geocarpa</i> Teijsm. ex Miq.	Moraceae	-	4,5	0,04	0,05	0,59	0,51	0,51	1,60
33	<i>Pentace laxiflora</i> Merr.	Tiliaceae	-	2,5	0,06	0,04	0,33	0,77	0,40	1,49
34	<i>Payena lucida</i> DC	Sapotaceae	-	3,0	0,06	0,02	0,39	0,77	0,26	1,42
35	<i>Crudia reticulata</i> Merr.	Leguminosae	-	6,0	0,04	0,01	0,78	0,51	0,07	1,36
36	<i>Irvingia malayana</i> Olive. ex Benn.	Simaroubaceae	LC	0,5	0,02	0,10	0,07	0,26	1,03	1,35

No.	Nama Jenis	Suku	Status Kelangkaan	K (id./ha)	F	D (m ² /ha)	KR (%)	FR (%)	DR (%)	INP (%)
37	<i>Palaquium quercifolium</i> Burck.	Sapotaceae	-	4,5	0,04	0,02	0,59	0,51	0,24	1,33
38	<i>Pertusadina eurhyncha</i> (Miq.) Ridsdale	Rubiaceae	-	2,0	0,06	0,03	0,26	0,77	0,28	1,31
39	<i>Palaquium acuminatum</i> Burck.	Sapotaceae	-	2,0	0,06	0,02	0,26	0,77	0,24	1,26
40	<i>Macaranga triloba</i> (Reinw.ex Blume) Mull.Arg.	Euphorbiaceae	-	3,5	0,04	0,03	0,46	0,51	0,27	1,24
41	<i>Sandoricum koetjape</i> Merr.	Meliaceae	-	1,5	0,06	0,02	0,20	0,77	0,26	1,23
42	<i>Aglaia tomentosa</i> Teijsm. & Binn.	Meliaceae	LC	2,0	0,04	0,04	0,26	0,51	0,43	1,20
43	<i>Polyalthia glauca</i> (Hassk.) Boerl.	Annonaceae	-	2,0	0,06	0,01	0,26	0,77	0,16	1,18
44	<i>Dacryodes rubiginosa</i> H.J. Lam	Burseraceae	-	1,0	0,04	0,04	0,13	0,51	0,48	1,12
45	<i>Dehaasia cuneata</i> (Blume) Blume	Lauraceae	-	1,5	0,06	0,01	0,20	0,77	0,11	1,07
46	<i>Litsea firma</i> Hook. f.	Lauraceae	-	2,0	0,04	0,02	0,26	0,51	0,23	1,00
47	<i>Cleistanthus myrianthus</i> Kurz.	Euphorbiaceae	-	3,0	0,04	0,01	0,39	0,51	0,08	0,99
48	<i>Knema sp</i>	Myristicaceae	-	3,0	0,04	0,01	0,39	0,51	0,08	0,99
49	<i>Macaranga hypoleuca</i> Muell.Arg.	Euphorbiaceae	-	3,0	0,04	0,01	0,39	0,51	0,08	0,99
50	<i>Baccaurea sp.</i>	Euphorbiaceae	-	3,0	0,04	0,01	0,39	0,51	0,08	0,98
51	<i>Artocarpus tamaran</i> Becc	Moraceae	-	4,0	0,02	0,02	0,52	0,26	0,20	0,98
52	<i>Hopea rudiformis</i> P.S.Ashton	Dipterocarpaceae	-	1,5	0,04	0,03	0,20	0,51	0,27	0,98
53	<i>Baccaurea bracteata</i> Mull. Arg.	Euphorbiaceae	-	2,0	0,04	0,01	0,26	0,51	0,14	0,91
54	<i>Aglaia simplicifolia</i> Harms	Meliaceae	LC	4,0	0,02	0,01	0,52	0,26	0,12	0,89
55	<i>Mangifera sp.</i>	Anacardiaceae	-	0,5	0,02	0,05	0,07	0,26	0,53	0,85
56	<i>Pentaphyllum sp.</i>	Rosaceae	-	0,5	0,02	0,05	0,07	0,26	0,53	0,85
57	<i>Payena acuminata</i> (Blume) Pierre	Sapotaceae	-	0,5	0,02	0,05	0,07	0,26	0,52	0,84
58	<i>Tabernaemontana macrocarpa</i> Korth. ex Blume	Apocynaceae	-	1,0	0,04	0,02	0,13	0,51	0,19	0,83
59	<i>Xanthophyllum stipitatum</i> A.W. Benn.	Polygalaceae	-	0,5	0,02	0,05	0,07	0,26	0,50	0,83
60	<i>Alseodaphne peduncularis</i> (Wall. ex Nees) Meisn.	Lauraceae	-	1,5	0,04	0,01	0,20	0,51	0,12	0,82
61	<i>Artocarpus anisophyllum</i> Miq	Moraceae	-	3,5	0,02	0,01	0,46	0,26	0,11	0,82
62	<i>Nauclea gigantea</i> Valetton	Rubiaceae	-	1,0	0,04	0,02	0,13	0,51	0,17	0,81
63	<i>Nephelium sp.</i>	Sapindaceae	-	1,0	0,04	0,01	0,13	0,51	0,15	0,79
64	<i>Durio acutifolius</i> Kosterm.	Bombacaceae	VU	1,5	0,02	0,03	0,20	0,26	0,33	0,78
65	<i>Schima wallichii</i> D.C. Korth.	Theaceae	-	0,5	0,02	0,04	0,07	0,26	0,45	0,77
66	<i>Gymnacranthera farquhariana</i> (Hook.f & Thomson) Warb.	Myristicaceae	-	1,0	0,04	0,01	0,13	0,51	0,12	0,76
67	<i>Ficus rumphii</i> Blume	Moraceae	-	1,0	0,04	0,01	0,13	0,51	0,11	0,75
68	<i>Santiria griffithii</i> Engl.	Burseraceae	LC	1,0	0,04	0,01	0,13	0,51	0,10	0,74
69	<i>Rhodamnia cinerea</i> Jack.	Myrtaceae	-	3,0	0,02	0,01	0,39	0,26	0,08	0,73
70	<i>Garcinia parvifolia</i> Miq.	Guttiferae	-	1,0	0,04	0,01	0,13	0,51	0,06	0,70

No.	Nama Jenis	Suku	Status Kelangkaan	K (id./ha)	F	D (m ² /ha)	KR (%)	FR (%)	DR (%)	INP (%)
71	<i>Maranthes corymbosa</i> Blume	Chrysobalanaceae	LC	0,5	0,02	0,03	0,07	0,26	0,37	0,69
72	<i>Diospyros buxifolia</i> Hiem	Ebenaceae	-	0,5	0,02	0,03	0,07	0,26	0,36	0,68
73	<i>Diospyros macrophylla</i> Blume	Ebenaceae	-	0,5	0,02	0,03	0,07	0,26	0,31	0,63
74	<i>Knema pallens</i> W.J.J.O. de Wilde	Myristicaceae	-	1,5	0,02	0,01	0,20	0,26	0,16	0,61
75	<i>Dracontomelon dao</i> (Blanco.) Merr.	Anacardiaceae	-	0,5	0,02	0,02	0,07	0,26	0,23	0,56
76	<i>Madhuca sericea</i> H.J. Lam	Sapotaceae	-	0,5	0,02	0,02	0,07	0,26	0,17	0,50
77	<i>Aporosa lucida</i> (Miq.) Airy Shaw	Phyllanthaceae	-	0,5	0,02	0,01	0,07	0,26	0,13	0,45
78	<i>Monocarpia kalimantanensis</i> P.J.A. Kessler	Annonaceae	-	0,5	0,02	0,01	0,07	0,26	0,13	0,45
79	<i>Quercus argentata</i> Korth.	Fagaceae	-	0,5	0,02	0,01	0,07	0,26	0,12	0,44
80	<i>Averrhoa</i> sp	Averrhoaceae	-	0,5	0,02	0,01	0,07	0,26	0,10	0,42
81	<i>Dipterocarpus gracilis</i> Blume.	Dipterocarpaceae	CR	0,5	0,02	0,01	0,07	0,26	0,10	0,42
82	<i>Gluta wallichii</i> (Hook.f) Ding Hou	Polygalaceae	-	1,0	0,02	0,00	0,13	0,26	0,03	0,41
83	<i>Goniothalamus</i> sp.	Annonaceae	-	0,5	0,02	0,01	0,07	0,26	0,09	0,41
84	<i>Polidocarpus</i> sp	Polidocarpaceae	-	0,5	0,02	0,01	0,07	0,26	0,08	0,40
85	<i>Scapium macropodium</i> (Miq.) Beumee. ex K. Heyne	Sterculiaceae	-	0,5	0,02	0,01	0,07	0,26	0,06	0,38
86	<i>Artocarpus integer</i> Merr.	Moraceae	-	0,5	0,02	0,01	0,07	0,26	0,06	0,38
87	<i>Baccaurea motleyana</i> Muell.Arg.	Euphorbiaceae	-	0,5	0,02	0,01	0,07	0,26	0,06	0,38
88	<i>Strombosia javanica</i> Bl.	Olacaceae	-	0,5	0,02	0,00	0,07	0,26	0,05	0,37
89	<i>Myristica villosa</i> Warb.	Myristicaceae	-	0,5	0,02	0,00	0,07	0,26	0,04	0,36
90	<i>Archidendron borneense</i> (Benth.) I.Nielsen	Leguminosae	-	0,5	0,02	0,00	0,07	0,26	0,03	0,35
91	<i>Archidendron clyperia</i> (Jack.) Benth.	Leguminosae	-	0,5	0,02	0,00	0,07	0,26	0,03	0,35
92	<i>Ochanostachys amentacea</i> Mast.	Olacaceae	DD	0,5	0,02	0,00	0,07	0,26	0,03	0,35
93	<i>Polyalthia trifolia</i>	Annonaceae	-	0,5	0,02	0,00	0,07	0,26	0,03	0,35

Keterangan: CR = *Critically Endangered* (Kritis), VU = *Vulnerable* (Rawan), LC = *Least Concern* (Berisiko rendah), K = Kerapatan, F= Frekuensi, D = Dominansi, KR = Kerapatan Relatif, FR = Frekuensi Relatif, DR = Dominansi Relatif, INP = Indeks Nilai Penting



Gambar 2. Jumlah spesies tumbuhan pada berbagai suku di Kebun Raya Balikpapan

Jenis yang dominan di lokasi penelitian berbeda dengan lokasi Hutan Lindung Sungai Wain (HLSW) yang berbatasan dengan Kebun Raya Balikpapan. HLSW didominasi oleh jenis *Shorea laevis* (INP=13,28%) dan *Madhuca kingiana* (INP=10,62%) (Sidiyasa, 2009). Perbedaan jenis tumbuhan dominan di kedua lokasi dapat terjadi akibat perbedaan tingkat kerusakan. Kebun Raya Balikpapan lebih didominasi oleh hutan sekunder dengan tingkat kerusakan yang tinggi akibat pembalakan liar dan kebakaran, sedangkan HLSW didominasi oleh hutan primer yang relatif alami dengan tingkat kerusakan yang lebih rendah.

Jenis-jenis yang komersial dan bernilai ekonomi tinggi cukup banyak dijumpai di Kebun Raya Balikpapan, diantaranya: kayu besi (*Eusideroxylon zwageri*), meranti (*S. laevis*, *S. smithiana*) dan keruing (*Dipterocarpus cornutus*, *D. gracilis*). Berdasarkan kategori kelangkaan yang dikeluarkan IUCN Redlist (2013), di lokasi Kebun Raya Balikpapan ditemukan beberapa jenis yang masuk dalam kategori kelangkaan yaitu *Critically Endangered* (*D. cornutus*, *D. gracilis*, dan *S. smithiana*), *Vulnerable* (*E. zwageri* dan *Durio acutifolius*) dan *Least Concern* (*S. laevis*, *Dacryodes rostrata*, *Cratoxylum arborescens*, *Alstonia scholaris*, *Vatica umbonata*, *Horsfieldia grandis*, *Iringia malayana*, *Aglaia tomentosa*, *Aglaia simplicifolia*, *Santiria griffithii*, dan *Maranthes corymbosa*).

Jumlah individu pada beberapa kelas diameter pohon di kawasan Kebun Raya Balikpapan cenderung membentuk kurva normal, dimana kelas diameter kecil mempunyai jumlah individu per hektar yang terbesar dan selanjutnya terus berkurang pada kelas diameter di atasnya (Gambar 3). Mueller-Dumbois dan Ellenberg (1974) menyatakan bahwa jumlah individu yang tinggi pada tingkat permudaan mengindikasikan terjaganya populasi di habitat tersebut dan memungkinkan berkembangnya populasi tersebut pada waktu yang akan datang. Kelas diameter yang mendominasi pada lokasi Kebun Raya Balikpapan adalah kelas diameter 5–10 cm yaitu sebesar 420 individu per hektar atau sebesar 40,97%, sedangkan kelas diameter yang mempunyai jumlah individu paling sedikit adalah kelas diameter 36–40

cm sebesar 10 individu per hektar atau sebesar 0,93%.

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan diketahui bahwa sebagian besar pohon-pohon yang berdiameter kecil (< 16 cm) merupakan tumbuhan pionir dengan berat jenis kayu yang rendah, diantaranya: *M. glabra*, *M. gigantea* dan *V. arborea*. Kelas diameter besar (> 30 cm) umumnya berupa tumbuhan dari suku Dipterocarpaceae yang mempunyai berat jenis kayu yang tinggi diantaranya: *S. laevis*, *S. smithiana*, *D. cornutus*, *D. confertus*, *Hopea rudiformis* dan *V. umbonata*. Jumlah, diameter dan berat jenis suatu jenis tumbuhan akan berpengaruh terhadap jumlah biomassa dan cadangan karbon pada tumbuhan tersebut.

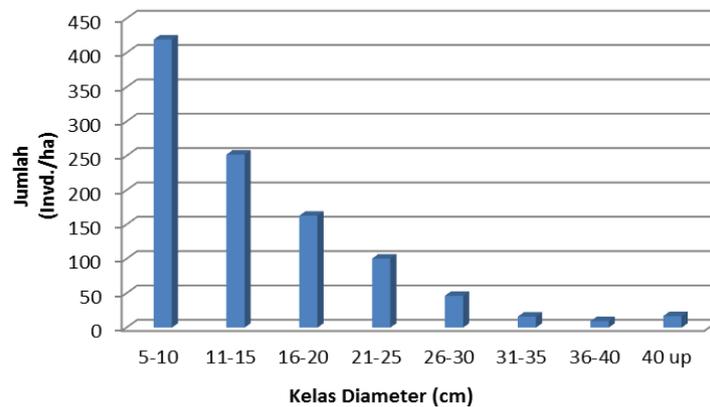
Biomassa dan Cadangan Karbon di Atas Permukaan

Biomassa pohon terdiri dari biomassa batang, cabang, ranting, dan daun dari suatu pohon hidup. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa rata-rata biomassa pohon hidup di Kebun Raya Balikpapan sebesar 65,91–207,96 ton/ha, dengan rata-rata biomassa sebesar 137,31 ton/ha (Tabel 2). Biomassa tumbuhan bawah terdiri dari biomassa tumbuhan yang mempunyai diameter kurang dari 5 cm, semai, semak, herba dan liana. Berdasarkan hasil pengukuran dapat diketahui bahwa rata-rata biomassa tumbuhan bawah di Kebun Raya Balikpapan sebesar 4,5 ton/ha. Jalur yang mempunyai biomassa tumbuhan bawah tertinggi yaitu jalur dua dengan biomassa 9,45 ton/ha dan yang terendah pada jalur 10 sebesar 2,47 ton/ha (Tabel 2).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa biomassa tumbuhan bawah dipengaruhi antara lain oleh besarnya penutupan tajuk. Biomassa tumbuhan bawah pada plot 10 terendah karena intensitas cahaya matahari yang sampai ke lantai hutan sangat rendah akibat penutupan tajuk yang sangat rapat. Rendahnya intensitas cahaya matahari ini mengakibatkan jumlah tumbuhan bawah yang dapat tumbuh relatif sedikit, sehingga produksi biomassa tumbuhan bawah pada lokasi tersebut menjadi rendah.

Necromass terdiri dari *necromass* berdiri dan *necromass* rebah. *Necromass* berdiri berupa pohon yang sudah mati tetapi masih tegak berdiri, sedangkan *necromass* rebah dapat berupa pohon yang rebah, cabang dan ranting yang jatuh di lantai hutan yang umumnya telah mengalami pembusukan. Hasil analisis menunjukkan biomassa *necromass* Kebun Raya Balikpapan 54,93 ton/ha yang terdiri dari 19,18 ton/ha biomassa *necromass* berdiri dan 35,75 ton/ha biomassa *necromass* rebah.

Tingginya biomassa *necromass* berdiri disebabkan pohon berdiameter besar banyak yang mati, tetapi masih berdiri tegak. Hal tersebut disebabkan karena kebakaran besar sering terjadi pada lokasi tersebut, sehingga pohon yang berdiameter besar tersebut mati karena hangus terbakar. Biomassa rebah di Kebun Raya Balikpapan tinggi karena batang pohon yang berdiameter besar banyak ditemukan dalam keadaan rebah. Hal ini kemungkinan akibat pembalakan liar.



Gambar 3. Jumlah individu per hektar pada beberapa kelas diameter pohon di kawasan Kebun Raya Balikpapan

Tabel 2. Biomassa dan cadangan karbon pada berbagai komponen hutan di Kebun Raya Balikpapan

Jalur	Pohon (Ton/ha)	Tumbuhan Bawah (Ton/ha)	<i>Necromass</i>		Serasah (Ton/ha)	Biomassa (Ton/ha)	Karbon (Ton/ha)
			Berdiri (Ton/ha)	Rebah (Ton/ha)			
1	65,91	7,23	6,04	63,40	9,17	151,76	75,88
2	179,57	9,45	4,84	31,07	9,60	234,52	117,26
3	106,36	3,06	11,23	12,47	7,61	140,73	70,36
4	207,96	6,47	8,53	36,08	6,51	265,55	132,77
5	74,95	2,95	5,65	80,40	5,77	169,71	84,86
6	123,85	3,34	4,43	29,09	6,89	167,60	83,80
7	81,61	3,41	42,85	25,25	5,38	158,51	79,25
8	206,16	2,72	48,05	11,78	6,42	275,14	137,57
9	197,57	3,94	58,71	50,05	6,18	316,46	158,23
10	129,12	2,47	1,45	17,87	3,30	154,20	77,10
Rata-rata (Ton/ha)	137,31	4,50	19,18	35,75	6,68	203,41	101,71

Serasah merupakan kumpulan bahan organik di lantai hutan yang belum atau sedikit terdekomposisi (BSN, 2011). Serasah dapat berupa serasah daun maupun ranting-ranting kecil. Besarnya biomassa serasah di Kebun Raya Balikpapan adalah 3,30–9,60 ton/ha, dengan nilai rata-rata 6,68 ton/ha (Tabel 2). Biomassa serasah yang tinggi disebabkan karena pohon-pohon pioner seperti *M. glabra* dan *M. gigantea* yang memiliki daun lebar banyak menggugurkan daun.

Hasil analisis menunjukkan bahwa biomassa di Kebun Raya Balikpapan sebesar 140,73–316,46 ton/ha, dengan rata-rata biomassa 203,41 ton/ha. Nilai biomassa tersebut dapat digunakan untuk menduga besarnya nilai cadangan karbon yang tersimpan di atas permukaan pada kawasan Kebun Raya Balikpapan. Hasil perhitungan menunjukkan karbon yang tersimpan di atas permukaan di Kebun Raya Balikpapan adalah 70,36–158,23 ton/ha, dengan rata-rata sebesar 101,71 ton/ha (Tabel 2).

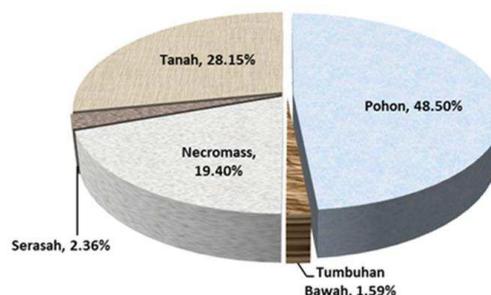
Cadangan Karbon Tanah

Nilai cadangan karbon dapat berasal dari cadangan karbon yang tersimpan di dalam tanah, selain cadangan karbon di atas permukaan. Cadangan karbon tanah dipengaruhi oleh kedalaman tanah, berat jenis tanah dan kandungan karbon organik tanah (BSN, 2011). Jenis tanah yang dominan di Kebun Raya Balikpapan adalah podsolik merah kuning (ultisol). Jenis tanah ini termasuk tanah yang miskin hara dan kurang subur (DPU *et al.*, 2007). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai berat jenis tanah berbanding lurus dengan kedalaman tanah, semakin dalam lapisan tanah maka semakin besar berat jenis tanah. Berat jenis tanah pada kedalaman 0–10 cm sebesar 1,168 g/cm³, kedalaman 11–20 cm sebesar 1,268 g/cm³ dan kedalaman 21–30 cm sebesar 1,382 g/cm³. Kandungan karbon organik tanah berbanding terbalik dengan kedalaman tanah. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa kandungan karbon organik pada kedalaman tanah 0–10 cm sebesar 2,09%, kedalaman 11–20 cm sebesar 0,65% dan 21–30 cm sebesar 0,52%.

Nilai ketebalan tanah, berat jenis tanah dan kandungan karbon organik tanah kemudian digunakan untuk menghitung cadangan karbon tanah. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa cadangan karbon tanah di Kebun Raya Balikpapan sebesar 24,46–67,79 ton/ha, dengan rata-rata sebesar 39,84 ton/ha. Nilai cadangan karbon tanah di Kebun Raya Balikpapan hampir sama Hutan sekunder bekas kebakaran di lokasi PT. Inhutani I Batu Ampar Provinsi Kalimantan Timur pada kedalaman lapisan tanah 0–30 cm, yaitu sebesar 40,70 ton/ha (Yasir, 2011).

Total Biomassa dan Cadangan Karbon

Cadangan karbon di Kebun Raya Balikpapan terdiri dari cadangan karbon di atas permukaan dan cadangan karbon tanah. Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa cadangan karbon di Kebun Raya Balikpapan sebesar 105,64–228,01 ton/ha, dengan rata-rata cadangan karbon sebesar 141,55 ton/ha. Komponen terbesar penyumbang cadangan karbon dari lima komponen pool karbon adalah pohon hidup (48,50%). Tanah menyumbang 28,15%, *necromass* 19,40%, serasah 2,36%, tumbuhan bawah 1,59% (Gambar 4).



Gambar 4. Persentase komponen penyumbang cadangan karbon (carbon pool) Kebun Raya Balikpapan

Penelitian tentang cadangan karbon pada hutan di Provinsi Kalimantan Timur telah banyak dilakukan, diantaranya di hutan primer kawasan konservasi Taman Hutan Raya Bukit Suharto dan Bukit Bengkirai serta di hutan sekunder setelah penebangan atau terbakar (Yasir, 2011). Hasil analisis

menunjukkan bahwa biomassa dan cadangan karbon di Kebun Raya Balikpapan lebih tinggi dibandingkan dengan hutan sekunder setelah 33 tahun penebangan atau hutan sekunder setelah 0–12 tahun terbakar. Namun, biomassa dan cadangan karbon Kebun Raya Balikpapan lebih rendah dibandingkan dengan hutan alam Dipterokarp di Taman Hutan Raya Hutan Bukit Suharto dan Bukit Bengkirai (Tabel 3). Kebun Raya Balikpapan mempunyai dua vegetasi hutan yaitu vegetasi hutan primer dan hutan sekunder. Lokasi ini masih memiliki banyak pohon-pohon yang mempunyai diameter besar, sehingga biomassa dan cadangan karbon yang dimiliki lokasi ini lebih besar dibandingkan dengan hutan sekunder yang ada di Kalimantan Timur.

Secara keseluruhan, total biomassa dan cadangan karbon di Kebun Raya Balikpapan dapat diketahui dengan mengalikan luas Kebun Raya Balikpapan yang bervegetasi dengan rata-rata biomassa. Hasil analisis tutupan vegetasi Kebun Raya Balikpapan diketahui bahwa luas lahan yang bervegetasi sebesar 290 ha atau 93,78% dari total luas Kebun Raya Balikpapan, sehingga total biomassa di Kebun Raya Balikpapan sebesar 58.990,8 ton dan cadangan karbon sebesar 41.049 ton.

Cadangan karbon dapat digunakan untuk menduga besarnya penyerapan karbon dioksida (CO₂) oleh tanaman. Menurut Morikawa (2003) nilai konversi dari karbon menjadi karbon dioksida adalah 44/12, sehingga apabila nilai cadangan karbon dikonversikan menjadi nilai penyerapan CO₂ maka

Kebun Raya Balikpapan dapat menyerap CO₂ sebesar 108.149,8 ton CO₂. Hal tersebut mengindikasikan bahwa Kebun Raya Balikpapan berperan besar dalam mengurangi emisi karbon dioksida.

Sebagian besar Kebun Raya Balikpapan saat ini masih berupa hutan sekunder dan didominasi oleh jenis-jenis yang kurang nilai konservasinya. Penanaman tanaman koleksi akan dilakukan di Kebun Raya Balikpapan, sehingga akan mengakibatkan perubahan vegetasi pada lokasi tersebut. Hal ini juga akan berpengaruh terhadap besarnya biomassa dan cadangan karbon pada lokasi tersebut. Biomassa dan cadangan karbon pada suatu ekosistem ditentukan oleh keragaman dan kepadatan vegetasi, kesuburan tanah dan cara pengelolaannya (Widyatmoko *et al.*, 2013).

Penanaman tanaman koleksi pada suatu kebun raya dilakukan dengan keanekaragaman spesies yang tinggi dan massa jenis kayu yang beragam serta kepadatan vegetasi yang beragam. Penanaman tanaman koleksi dilakukan pada lokasi-lokasi tertentu dengan mempertimbangkan pola pengelompokan ilmiah (klasifikasi), tujuan pemanfaatan, lokasi dan estetika. Pengelolaan tanaman koleksi di kebun raya dilakukan secara intensif, sehingga pertumbuhan koleksi diharapkan akan optimal yang pada akhirnya mempunyai biomassa dan cadangan karbon yang tinggi tanpa mengurangi fungsi konservasi dari tanaman koleksi tersebut.

Tabel 3. Biomassa dan cadangan karbon pada beberapa penelitian di Kalimantan Timur dan Kebun Raya Cibodas

Tipe Lahan	Biomassa (Ton/ha)	Cadangan Karbon (Ton/ha)
Kebun Raya Balikpapan	203,4	141,5
Kebun Raya Cibodas*	254,9	117,6
Hutan Bukit Suharto**	309,3	191,9
Hutan Bukit Bengkirai**	346,0	210,2
Hutan Sekunder setelah 33 tahun penebangan**	97,4	86,8
Hutan Sekunder setelah 10–12 tahun setelah terbakar**	50,5	65,7

Sumber: *Widyatmoko *et al.* (2013), **Yasir (2011)

Kebun Raya Balikpapan saat ini masih dalam tahap pembangunan. Penanaman tanaman koleksi baru dilakukan pada beberapa lokasi dan rata-rata masih berumur kurang dari lima tahun, sehingga kandungan biomassa dan cadangan karbon pada lokasi tersebut masih kecil. Kandungan biomassa di Kebun Raya Balikpapan di masa mendatang diharapkan dapat menyamai bahkan melebihi kandungan biomassa Kebun Raya yang sudah lama dibangun, diantaranya Kebun Raya Cibodas yang mempunyai kandungan biomassa sebesar 254,9 ton/ha dan cadangan karbon sebesar 117,6 ton/ha (Widyatmoko *et al.*, 2013).

KESIMPULAN

Kebun Raya Balikpapan dengan luas 309,22 ha memiliki biomassa 203,425 ton/ha dan cadangan karbon 141,55 ton/ha. Komponen yang banyak menyumbang cadangan karbon adalah pohon hidup (48,5%) dan tanah (28,15%).

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest: a primer. FAO. Forestry Paper, Rome.
- Badan Standardisasi Nasional [BSN]. 2011. Standar Nasional Indonesia (SNI) 7724:2011, Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon—Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (*Ground Based Forest Carbon Accounting*). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum [DPU], Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia dan Pemerintah Kota Balikpapan. 2007. *Masterplan Kebun Raya Sungai Wain di Kota Balikpapan, Propinsi Kalimantan Timur*. Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Hairiah, K., A. Ekadinata, R.R. Sari, dan S. Rahayu. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan*. Edisi kedua. World Agroforestry Centre, Bogor.
- International Union for Conservation of Nature [IUCN]. 2013. *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2*. <http://www.iucnredlist.org>. (accessed 1 November 2013).
- Katterings, Q.M., R. Coe., M. Van Noordwijk, Y. Ambagau and C.A. Palm. 2001. Reducing Uncertainty in The Use of Allometric Biomass Equations for Predicting Above-Ground Tree Biomass in Mixed Secondary Forest. *Forest Ecology and Management* 146: 199–209.
- Kementerian Kehutanan [Kemenhut]. 2011. *Review tentang illegal logging sebagai ancaman terhadap sumberdaya hutan dan implementasi kegiatan pengurangan emisi dari deforestasi dan degradasi (REDD) di Indonesia*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- Kementerian Lingkungan Hidup [KLH]. 2009. *Indonesia: Second national communication under the united nation framework convention on climate change*. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Morikawa, Y. 2003. Manual of biomass measurement in plantation and regenerated vegetation. Japan International Forestry Plantation and Cooperation Center (JIFRO)—Japan Overseas Plantation Center of Pulpwood (JOPP), Tokyo.
- Mueller-Dumbois, D. & H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, Canada.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia [Perpres]. 2011a. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang rencana aksi nasional penurunan emisi gas rumah kaca*. Jakarta.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia [Perpres]. 2011b. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 93 Tahun 2011 tentang rencana kebun raya*. Jakarta.
- Sidiyasa, K. 2006. Struktur dan komposisi tegakan serta keanekaragamannya di hutan lindung Sungai Wain, Balikpapan, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 6 (1): 79–93.

- Soerianegara, I. dan A. Indrawan. 1998. *Ekologi Hutan Indonesia*. Departemen Kehutanan–IPB, Bogor.
- World Agroforestry Centre [WAC]. 2012. *Wood Density Database*. <http://www.worldagroforestry.org/sea> (accessed 1 November 2012).
- Widyatmoko, D., S. Astutik, E. Sulistyawati, A. H Rozak, dan Z. Mutaqien. 2013. Stok karbon dan biomassa di Cagar Alam Biosfer Cibodas, Indonesia. Dalam: Sukara E., Widyatmoko D., Astutik S. (eds). *Konservasi biokarbon, lanskap dan kearifan lokal untuk masa depan: integrasi pemikiran multidimensi menuju keberlanjutan*; UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Cibodas–LIPI, Cianjur
- Yasir, I. 2011. Kajian beberapa penelitian cadangan karbon di Kalimantan Timur. *Simposium Nasional Mitigasi, adaptasi dan Pendanaan Perubahan Iklim*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Universitas Mulawarma, Samarinda.

