

EMISI KARBON BERDASARKAN *HISTORICAL BASELINE* DENGAN PENDEKATAN *STOCK DIFFERENCE* PADA VEGETASI HUTAN KOTA MALABAR KOTA MALANG

Zulharman

Jurusan Kehutanan Universitas Muhammadiyah Malang

Abstrak; Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui emisi dan stok karbon yang tersimpan dalam jangka waktu tertentu sehingga dapat diketahui efektifitas vegetasi dalam menyerap karbon di udara. Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2016 sampai dengan September 2017. Metode untuk mengestimasi biomassa karbon dengan menggunakan metode allometrik. Estimasi karbon dilakukan dengan cara mengukur diameter batang pohon setinggi dada (diameter at breast height, DBH). dengan membagi lokasi penelitian menjadi 2 zona, yaitu zona vegetasi tinggi seresah. Pada setiap zona dibuat plot berukuran 5m x 40m. Analisa data dengan menggunakan metode historical baseline dan stock different. Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : Cadangan karbon di atas permukaan yang tersimpan di hutan kota Malabar Malang adalah (1,6718 Ha) adalah sebesar $\pm 102,96$ ton. Emisi tahunan di hutan kota Malabar kota Malang berdasarkan historical baseline adalah sebesar 2,13 ton. Pohon sengon merupakan pohon yang paling tinggi dan memiliki diameter besar yang ada di hutan Malabar, sehingga daya simpannya terhadap karbon paling besar karena tidak dihalangi oleh pohon atau vegetasi yang lain, pohon sengon juga mudah hidup dalam kondisi syarat tumbuh yang tidak terlalu tinggi. Oleh karena itu, cocok untuk ditanam di ruang terbuka hijau perkotaan untuk menyerap karbon di atmosfer yang merusak kelestarian lingkungan dan kesehatan manusia.

Kata Kunci : *Emisi, Karbon, Hutan Malabar*

Abstract; This study aims to determine emissions and stocks of carbon stored in a certain time so that it can be known the effectiveness of vegetation in absorbing carbon in the air. The study was conducted from November 2016 to September 2017. Methods to estimate carbon biomass by using allometric methods. The carbon estimation is done by measuring the diameter of the tree's breast height (diameter at breast height, DBH). by dividing the research location into 2 zones, namely high litter vegetation zone. In each zone is a plot measuring 5m x 40m. Data analysis using historical baseline and stock different methods. From the results of research and discussion that has been done then it can be concluded as follows: Carbon reserves on the surface stored in urban forest Malabar Malang is (1.6718 Ha) is equal to ± 102.96 tons. Annual emissions in the city of Malabar city of Malang based on the historical baseline is 2.13 tons. The sengon tree is the tallest and largest-diameter tree in the Malabar forest, making it the greatest carbon-storage force because it is not blocked by other trees or vegetation, the sengon tree is also easy to live under conditions of growing not too high. Therefore, it is suitable to be planted in urban green open space to absorb carbon in the atmosphere that damages the environment and human health.

Keywords: Emissions, Carbon, Malabar Forests

PENDAHULUAN

Pemanasan global adalah salah satu isu lingkungan penting yang saat ini menjadi perhatian berbagai pihak. Akibat yang ditimbulkan pemanasan global antara lain meningkatnya temperatur rata-rata atmosfer

laut dan darat bumi yang disebabkan oleh kegiatan industri dan semakin berkurangnya penutupan lahan khususnya hutan akibat laju degradasi hutan akhir-akhir ini.

Pembangunan kota sering banyak dicerminkan oleh adanya perkembangan fisik

kota yang lebih banyak ditentukan oleh sarana dan prasarana yang ada. Gejala pembangunan kota pada masa yang lalu mempunyai kecenderungan untuk meminimalkan ruang terbuka hijau dan juga menghilangkan wajah alam. Lahan-lahan bertumbuhan banyak dialih fungsikan menjadi perkotaan, pemukiman, tempat rekreasi, industri dan lain-lain.

Ternyata dengan semakin tidak harmonisnya hubungan manusia dengan alam tetumbuhan mengakibatkan keadaan lingkungan diperkotaan menjadi hanya maju secara ekonomi namun mundur secara ekologi. Padahal kestabilan kota secara ekologi sangat penting, sama pentingnya dengan nilai kestabilannya secara ekonomi. Oleh karena terganggunya kestabilan ekosistem perkotaan maka alam menunjukkan reaksinya berupa : meningkatnya suhu udara di perkotaan, penurunan air tanah, banjir/genangan, penurunan permukaan tanah, intrusi air laut, abrasi pantai, pencemaran air berupa air minum berbau, mengandung logam berat, pencemaran udara seperti meningkatnya kadar CO, ozon, karbon-dioksida, oksida nitrogen dan belerang, debu, suasana yang gersang, monoton, bising dan kotor.

Berkaitan dengan perubahan iklim ini, kehutanan juga mempunyai peranan penting karena hutan dapat menjadi penyerap karbon dan menyimpannya (*Sink*) dan juga sumber emisi karbon (*Source*). Hutan melalui proses fotosintesis mengabsorpsi CO₂ dan menyimpannya sebagai materi organik dalam biomassa tanaman. Di permukaan bumi ini, kurang lebih terdapat 90 % biomassa yang terdapat dalam hutan berbentuk kayu, dahan, daun, akar dan sampah hutan (serasah), hewan, dan jasad renik (Arief, 2005). Tetapi kejadian kebakaran hutan, penebangan liar dan konversi hutan telah menyebabkan kerusakan hutan yang berakibat karbon yang tersimpan dalam biomassa hutan terlepas ke dalam atmosfer dan kemampuan bumi untuk menyerap CO₂ dari udara melalui fotosintesis hutan berkurang. Hal inilah yang memicu

tuduhan bahwa kerusakan hutan tropik telah menyebabkan pemanasan global (Soemarwoto, 2001).

Salah satu cara untuk mengurangi dampak pemanasan global adalah dengan mengendalikan konsentrasi karbon dan laju emisi karbon melalui pengembangan program sink, dimana karbon organik sebagai hasil fotosintesa akan disimpan dalam biomassa tegakan hutan atau pohon berkayu. Dalam rangka upaya untuk mengendalikan konsentrasi karbon di atmosfer, dalam upaya pengembangan lingkungan bersih, maka jumlah CO₂ di udara harus dikendalikan dengan jalan meningkatkan jumlah serapan CO₂ oleh tanaman sebanyak mungkin dan menekan pelepasan (emisi) CO₂ ke udara ke konsentrasi serendah mungkin, diperlukan data-data besarnya laju emisi karbon dan karbon tersimpan yang ada dalam suatu areal hutan khususnya hutan kota sehingga dilakukan penelitian ini.

Upaya yang dilakukan untuk memperlambat laju pemanasan global melalui kesepakatan Protokol Kyoto dan Bali Road Map adalah dengan cara perdagangan karbon, dengan tujuan kompensasi dari negara penghasil karbon bagi negara yang masih memiliki penutupan lahan (hutan) untuk dikelola secara lestari. Atau dalam istilah lain cara untuk mengurangi dampak pemanasan global adalah dengan mengendalikan konsentrasi karbon melalui pengembangan program sink, dimana karbon organik sebagai hasil fotosintesa akan disimpan dalam biomassa tegakan hutan atau pohon berkayu. Dalam rangka upaya untuk mengendalikan konsentrasi karbon di atmosfer, dalam upaya pengembangan lingkungan bersih, maka jumlah CO₂ di udara harus dikendalikan dengan jalan meningkatkan jumlah serapan CO₂ oleh tanaman sebanyak mungkin dan menekan pelepasan (emisi) CO₂ ke udara ke konsentrasi serendah mungkin.

Dari hasil pendugaan simpanan karbon di Hutan kota Malabar Kota Malang pada 2009 yang menggunakan metode allometrik yaitu $\pm 85, 93$ ton. Cadangan karbon tersebut

merupakan data sekunder yang digunakan dalam menghitung emisi karbon pada hutan tersebut. Pada kondisi ideal seharusnya jumlah cadangan karbon harus seimbang dengan jumlah emisi karbon yang dilepas agar terjadi keseimbangan lingkungan.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Mengukur karbon tersimpan pada vegetasi hutan Malabar kota Malang.
2. Mengetahuan perkembangan karbon tersimpan pada vegetasi hutan Malabar kota Malang.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2016 sampai dengan November 2017. Lokasi penelitian bertempat di hutan kota Malabar kota Malang. Analisis biomassa pohon dilakukan di Laboratorium tanah Universitas Muhammadiyah Malang (UMM).

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam pengambilan sampel batang atau ranting yaitu : phi ban, pita ukur, meteran, parang, gunting, kristin meter, meteran, oven, pisau, kartu deskripsi, alat tulis dan blangko pengamatan. Bahan yang digunakan adalah cabang pohon untuk dianalisis di Laboratorium Kehutanan Fakultas Pertanian-Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang.

METODE PENELITIAN

Pengukuran Biomassa pohon

Estimasi biomassa pohon menggunakan persamaan allometrik menurut Hairiah dan Rahayu (2007) yaitu :

jenis pohon	Estimasi Biomassa Pohon kg/pohon	Sumber
Pohon bercabang	$BK = 0.11 \rho D^{2.62}$	Ketterings, 2001
Pohon tidak bercabang	$BK = \pi \rho H D^{2/40}$	Kairiah et al, 1999

Keterangan :
 BK = berat kering;
 D = diameter;
 H = tinggi pohon;
 ρ = BJ kayu

Analisa Data

Pada analisa data ini dilaksanakan analisis emisi karbon berdasarkan *historical baselline* antara data emisi karbon pada 2009 dengan data emisi karbon saat ini.

Jumlah karbon per luasan dapat dihitung dengan mengalikan total biomassa per komponen dengan 0,46 karena konsentrasi C dalam bahan organik biasanya adalah 46 %. Perhitungan dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Estimasi jumlah karbon} = \text{biomassa (kg/ha)} \times 0,46.$$

Analisa Emisi Baseline

Untuk mengetahui emisi baseline, diperlukan analisa tutupan lahan historis menggunakan allometrik pada tahun 2009. Analisa perubahan tutupan lahan dilakukan untuk mengetahui perbedaan cadangan karbon pada tahun-tahun referens tersebut. Selanjutnya dengan menggunakan metode penghitungan *Stock Difference*, jumlah emisi baseline dapat dihitung.

$$\Delta C = \frac{(Ct1 - Ct2)}{(T2 - T1)}$$

ΔC = Rata-rata emis tahunan
 Ct1= Totalkarbon pada tahun 1
 Ct2= Totalkarbon pada tahun 2
 T2 = Tahun 2
 T1 = Tahun 1

HASIL PENELITIAN

Kondisi Umum Wilayah Kota Malang Keadaan Umum

Kota Malang adalah kota terbesar kedua di Jawa Timur setelah Surabaya dan terletak di dataran tinggi bagian tengah Jawa Timur, sehingga hubungan sosial budaya dan ekonomi dengan daerah-daerah sekitarnya cukup kuat.

Wilayah Kota Malang dikelilingi oleh wilayah Kabupaten Malang sebagai daerah yang terdekat. Dalam konteks regional, kedudukan dan peranan wilayah cukup strategis, karena:

1. Sebagai salah satu pusat pengembangan wilayah dataran tinggibagian tengah Jawa Timur.
2. Sebagai kota terkemuka di Jawa Timur, Kota Malang telah memiliki sarana dan prasarana perkotaan yang cukup memadai.
3. Sebagai pusat pelayanan daerah belakang yang memiliki potensi ekonomi terutama disektor pertanian yang tentunya menjadi sumber pertumbuhan ekonomi daerah, sebagai pusat pelayanan kegiatan ekonomi Kota Malang cenderung bergeser dari sektor pertanian ke sektor industri dan perdagangan serta jasa (Srikanti, 1995).

Geografis

Kota Malang memiliki luas 110.06 km², dengan jumlah penduduk sampai akhir Juni 2005 sebesar 782.110 jiwa, memiliki luas 110.06 km², merupakan daerah yang relative tidak rata dan terletak pada ketinggian antara 440 – 667 m dpl. Serta 112,06 Bujur Timur dan 7,06 – 8,02 Lintang Selatan. Kota Malang bersuhu sejuk dan kering, curah hujan rata-rata tiap tahun 1.833 mm dan kelembaban udara rata-rata 72%.

Batas-batas Kota Malang adalah sebagai berikut : (a) sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Singosari dan Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang; (b) sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Pakis dan Kecamatan Tumpang Kabupaten Malang; (c) sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakishaji Kabupaten Malang; (d) sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Wagir dan Kecamatan Dau Kabupaten Malang (Srikanti, 1995).

Penduduk

Kepadatan penduduk kurang lebih 7106 jiwa per kilometer persegi. Tersebar di 5 kecamatan (Klojen = 125.824 jiwa. Blimbing = 167.301 jiwa, Kedungkandang = 152.285 jiwa, Sukun = 174.184 jiwa, dan Lowokwaru = 162.516 jiwa) (Anonymous, 2005).

Estimasi Karbon Hutan Malabar

Pengukuran estimasi cadangan karbon di hutan Malabar dilakukan dengan mengukur

biomassa pohon dan biomassa tumbuhan bawah (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Estimasi Biomassa Karbon Pohon

Estimasi biomassa karbon tingkat pohon dibedakan menjadi 2 yaitu pohon yang berdiameter 5 – 30 cm dan pohon yang berdiameter > 30 cm. proporsi terbesar penyimpanan karbon di daratan umumnya terdapat pada komponen pepohonan.

Hutan Malabar memiliki berbagai macam jenis pohon, sehingga diharapkan mampu berfungsi sebagai penopang lingkungan yang baik di sekitarnya.

Hutan Malabar Kota Malang rata-rata ditanam pada tahun 1999 dan tahun 2000, dengan jumlah spesies sebanyak 61 jenis (table 2.1) dengan total 1024 pohon dari seluruh jenis. Jenis-jenis yang dominan adalah jenis sengon (*Paraserianthes falcataria*), wangkal (*Albizia procera*. Roxb), mahoni (*Swetenia mahagoni*) dan lain-lain. Pohon yang berdiameter 5 – 30 cm terdapat dalam jumlah yang cukup banyak dan mendominasi seluruh luasan hutan, sedang pohon yang berdiameter lebih dari 30 cm jumlahnya hanya sedikit dan hanya jenis tertentu saja yang dominan seperti sengon (*Paraserianthes falcataria*).

Table 1. Data estimasi pohon diameter > 30 cm dengan ukuran Plot besar 20 x 100 m

No	Nama Pohon	Bercabang/ Tidak	K (cm)	D (cm)	T (m)	ρ (g/cm ³)	BK-biomassa, Kg/pohon	Catatan
1	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	Bercabang	135	42,99	33	0,69	1444,32	
2	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	Bercabang	187	59,55	25	0,69	3391,81	
3	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	Bercabang	134	42,67	23	0,69	1416,33	
4	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	Bercabang	144	45,86	24	0,69	1710,80	
5	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	Bercabang	141	44,90	22	0,69	1618,55	
6	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	Bercabang	113	35,98	23	0,69	905,99	
7	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	Bercabang	112	35,66	23	0,69	885,03	
8	Gmelina (<i>Gmelina arborea</i>)	Bercabang	120	38,21	20	0,59	906,88	
9	Wangkal (<i>Albizia procera</i> . Roxb)	Bercabang	111	35,35	23	0,36	451,31	
10	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	Bercabang	137	43,63	22	0,69	1501,34	
11	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	Bercabang	123	39,01	21	0,69	1119,75	
12	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	Bercabang	137	43,63	21	0,69	1444,32	
13	Lamtoto (<i>Leucaena galuca</i> Auct.)	Bercabang	99	31,52	18	0,59	3391,81	
14	Wangkal (<i>Albizia procera</i> . Roxb)	Bercabang	105	33,44	22	0,36	1501,34	
15	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	Bercabang	95	30,25	22	0,69	547,70	
16	Wangkal (<i>Albizia procera</i> . Roxb)	Bercabang	100	31,84	21	0,36	390,19	
TOTAL BOMASA POHON							18709,59 kg	

Keterangan :

K = keliling batang (cm), D = diameter setinggi dada = K/π (cm) dimana $\pi = 3,14$ T = tinggi pohon (cm), ρ = berat jenis (BJ) kayu (g/cm³)

Luas plot pohon besar adalah $20 \times 100 \text{ m} = 2.000 \text{ m}^2$

maka biomassa pohon besar perluasan = $18.709,59 \text{ kg}/2000\text{m}^2 = 9,35 \text{ Kg}/\text{m}^2 = 93,5 \text{ ton}/\text{ha}$
Total karbon = $93,5 \times 0,46 = \pm 43,01 \text{ ton}/\text{ha}$ (0,46 = ketetapan konsentrasi C pada bahan organik)

Jadi, besarnya cadangan karbon pohon berdiameter > 30 cm di hutan Malabar dengan luas 1,6718 Ha = $\pm 71,90 \text{ ton}$.

Table 2. Data estimasi pohon diameter 5 - 30 cm dengan ukuran Plot kecil 5 x 40 m

No	Nama Pohon	Bercabang/ Tidak	K (cm)	D (cm)	T (m)	ρ (g/cm ³)	BK-biomassa, Kg/pohon	Catatan
1	Wangkal (<i>Albizia procera. Roxb</i>)	Bercabang	45	14,33	17	0,36	42,32	
2	Sawo kecil (<i>Manilkara kauki</i>)	Bercabang	21	6,68	4	0,76	12,20	
3	Kayu manis (<i>Cinamomum burmannii</i>)	Bercabang	16	5,09	5	0,55	4,32	
4	Akasia (<i>Akasia mangium</i>)	Bercabang	43	13,69	10	0,60	63,26	
5	Dadap merah (<i>Erythrina crista-galli</i>)	Bercabang	24	7,64	4	0,55	12,65	
6	Dadap merah (<i>Erythrina crista-galli</i>)	Bercabang	12	3,82	4	0,55	2,05	
7	Akasia (<i>Akasia mangium</i>)	Bercabang	40	12,73	11	0,60	52,34	
8	Dadap (<i>Erythrina crista-galli</i>)	Bercabang	19	6,05	7	0,28	3,46	
9	Dadap (<i>Erythrina crista-galli</i>)	Bercabang	31	9,87	7	0,28	12,49	
10	Dadap (<i>Erythrina crista-galli</i>)	Bercabang	52	16,56	7	0,28	48,44	
11	Dadap merah (<i>Erythrina crista-galli</i>)	Bercabang	26	8,28	6	0,55	15,60	
12	Nangka (<i>Artocarpus heterophyllus</i>)	Bercabang	35	11,14	7	0,45	27,57	
13	Jati (<i>Tectona grandis</i>)	Bercabang	38	12,10	7	0,29	22,01	
14	Wangkal (<i>Albizia procera. Roxb</i>)	Bercabang	11	3,50	6	0,36	1,05	
15	Dadap merah (<i>Erythrina crista-galli</i>)	Bercabang	50	15,92	7	0,55	86,55	
16	Dadap merah (<i>Erythrina crista-galli</i>)	Bercabang	35	11,14	7	0,55	33,99	
17	Dadap merah (<i>Erythrina crista-galli</i>)	Bercabang	47	14,96	5	0,55	73,59	
18	Mahoni (<i>Svetenia mahagoni</i>)	Bercabang	57	18,15	10	0,39	85,71	
20	Wangkal (<i>Albizia procera. Roxb</i>)	Bercabang	64	20,38	18	0,36	106,49	
21	Wangkal (<i>Albizia procera. Roxb</i>)	Bercabang	27	8,59	7	0,36	11,09	
22	Flamboyant (<i>Delonix regia</i>)	Bercabang	41	13,05	13	0,57	52,70	
TOTAL BOMASA POHON							764,07 kg	

Keterangan :

K = keliling batang (cm), D = diameter setinggi dada = K/π (cm) dimana $\pi = 3,14$ T = tinggi pohon (cm), ρ = berat jenis (BJ) kayu (g/cm^3)

Luas plot pohon besar adalah $5 \times 40 \text{ m} = 200 \text{ m}^2$

maka biomassa pohon besar perluasan = $764,07 \text{ kg}/200 \text{ m}^2 = 3,82 \text{ kg}/\text{m}^2 = 38,2 \text{ ton}/\text{ha}$
Total karbon = $38,2 \times 0,46 = \pm 17,57 \text{ ton}/\text{ha}$ (0,46 = ketetapan konsentrasi C pada bahan organik)

Jadi, besarnya cadangan karbon pohon berdiameter 5 – 30 cm di hutan Malabar dengan luas 1,6718 Ha = $\pm 29,38 \text{ ton}$.

Pada data tabel 1 di atas, hasil perhitungan biomassa pohon dengan menggunakan metode alometrik pada pohon diameter > 30 cm yang ada Pada hutan kota Malabar Malang sebesar $\pm 71,90 \text{ ton}/\text{ha}$. Sedangkan berdasarkan table 2, diperoleh total biomassa pohon berdiameter 5 – 30 cm

adalah $\pm 32,06 \text{ ton}/\text{ha}$, berarti jumlah karbon tersimpan pada pohon berdiameter 5 – 30 cm adalah dengan luas 1,6718 Ha cadangan karbon yang tersimpan adalah sebesar $\pm 29,38 \text{ ton}$. Dari seluruh hasil pengukuran biomassa, baik biomassa pohon dengan diameter > 30 cm, pohon sedang dengan diameter 5 – 30 cm, dan tumbuhan bawah, hasil pengukuran biomassa pohon > 30 cm yang paling besar. Ini sesuai dengan pendapat Hairiyah dan Rahayu (2007) yang menyimpulkan bahwa proporsi terbesar penyimpanan karbon di daratan adalah pepohonan besar.

Dari hasil pengukuran biomassa karbon menunjukkan bahwa pohon yang paling banyak menyimpan biomassa karbon pada plot besar diameter > 30 cm adalah sengon dengan daya simpan sebesar $\pm 2,87 \text{ ton}$, sedangkan pada pohon yang berdiameter 5 – 30 cm daya simpan biomassa karbon terbesar adalah pohon wangkal yaitu sebesar $\pm 0,10 \text{ ton}$. Kedua tanaman tersebut merupakan tanaman yang berasal dari family yang sama yaitu *mimosaceae* serta dapat tumbuh dengan cepat dan cocok dengan lingkungan tempat tumbuhnya di hutan Malabar.

Sengon (*Paraserianthes falcataria*) termasuk family *mimosaceae* yang merupakan tanaman asli dari Pulau Banda (Maluku), Papua dan Taompala (Sulawesi Selatan). Sengon dapat meningkatkan unsur hara nitrogen dalam tanah, karenanya pohon ini juga digunakan untuk konservasi tanah (Suharti, 2000). Sengon menjadi pilihan bagi hutan rakyat karena tumbuh cepat (*fast growing species*), dan telah mempunyai pasar yang cukup luas tidak saja untuk domestic tetapi juga pasar ekspor.

Berdasarkan hasil penelitian Budiyanto (2006) bagian batang dalam pohon sengon memiliki proporsi terbesar yaitu 71,77%. Kadar karbon pohon sengon juga menunjukkan proporsi karbon terbesar pada bagian batang dibandingkan bagian lain (cabang, ranting, daun, kulit), serta serasah dan tumbuhan bawah. Oleh karena itu tanaman sengon merupakan tanaman yang

sangat baik untuk ditanam di ruang terbuka hijau perkotaan karena tanaman tersebut memiliki kemampuan penyerapan karbon yang cukup besar, sehingga lingkungan perkotaan menjadi bersih. Namun sengan juga memiliki beberapa kekurangan yang harus diperhatikan yaitu karena sebgon cepat tumbuh besar, dan saat tanaman dewasa, perakarannya kadang kala tidak mampu menahan beban bagian atasnya, sehingga sengan mudah roboh terutama ketika diterpa angin sangat kencang.

Di hutan Malabar sengan merupakan tanaman yang paling tinggi dibandingkan dengan tanaman yang lainnya, dengan ketinggian 18 – 33 meter. Selain itu sengan merupakan tanaman yang memiliki berat jenis $0,69 \text{ g/cm}^3$, berat jenis sengan ini adalah yang paling besar jika dibandingkan dengan tanaman lain yang ada di hutan Malabar karena berat jenis juga mempengaruhi besar kecilnya penyerapan karbon oleh tanaman. Semakin besar berat jenisnya maka semakin besar penyerapannya terhadap karbon. Sengan yang ada di hutan Malabar juga memiliki diameter yang besar, dan memiliki tajuk yang cukup luas. Oleh karena itu, sengan merupakan tanaman yang menyimpan karbon yang terbesar dibandingkan dengan tanaman yang lain yang ada di hutan Malabar Kota Malang. Hal ini sesuai dengan pendapat Hairiyah (2007), bahwa keberadaan pohon yang berdiameter $> 30 \text{ cm}$ pada suatu sistem penggunaan lahan, memberikan sumbangan yang cukup berarti terhadap total cadangan karbon. Pada hutan primer 70% dari total biomasa berasal dari pohon yang berdiameter $> 30 \text{ cm}$.

Sedangkan pada pohon yang berdiameter 5 – 30 cm hanya menyimpan sedikit cadangan karbon. Murdiyarso (2002), menyatakan bahwa pada hutan alam atau heterogen, pohon yang berdiameter 5 – 30 cm (sapling) hanya ada apabila terjadi celah akibat pohon tumbang dan hanya menyimpan sekitan 30% cadangan karbon.

Estimasi Biomassa Karbon Tumbuhan Bawah

Keadaan umum tumbuhan bawah yang ada di hutan Malabar adalah terdiri dari rerumputan yang merata dan padat, tumbuhan bawah yang dimaksud adalah tumbuhan yang berukuran diameter kurang dari 5 cm. Tingkat simpanan cadangan karbonnya rata-rata dari 6 contoh plot hanya sekitar $\pm 1,01 \text{ ton/ha}$, dengan luas 1,6718 ha berarti dapat menyimpan cadangan karbon sebesar $\pm 1,68 \text{ ton}$ (table 3). Daya simpan tumbuhan bawah terhadap cadangan karon memang terkecil dibandingkan dengan pohon besar karena tumbuhan bawah berada pada strata yang paling bawah dan dihalangi oleh pohon besar, Hairiyah (2007) yang menyatakan bahwa semakin rapat kanopi pohon, biomasa tumbuhan bawah semakin berkurang karena berkurangnya cahaya matahari yang mencapai kebun.

Table 3. Hasil pengukuran biomassa karbon tumbuhan bawah

No	Bobot basah (g)		BB sub contoh (g)		BK sub contoh (g)		Total bobot kering		
	Daun	Batang	Daun	Batang	Daun	Batang	$\text{g}/0,25 \text{ m}^2$	g/m^2	
1	260	0	100	0	27,90	0	72,54	290,16	
2	240	0	100	0	29,00	0	69,60	278,40	
3	240	0	100	0	30,00	0	72,00	288,00	
4	240	0	100	0	28,00	0	67,2	268,80	
5	125	0	100	0	26,00	0	32,5	130,00	
6	250	0	100	0	35,00	0	88,75	355,00	
7	Total							1320,20	
	Rerata							220,03	

Keterangan :

BB = bobot basah (gram), BK = bobot kering (gram)

Cadangan karbon pada tumbuhan bawah adalah $2,20 \times 0,46 = 1,01 \text{ ton/ha}$. Maka cadangan karbon tumbuhan bawah hutan Malabar adalah $\pm 1,68 \text{ ton}$.

Estimasi Cadangan Karbon Seluruh Luasan Hutan Malabar

Pada penelitian yang dilakukan di hutan Malabar Kota Malang dengan luas hutan 1,6718 ha diperoleh jumlah cadangan karbon dari biomassa pohon dan tumbuhan bawah sebesar $\pm 102,96 \text{ ton}$.

Estimasi Emisi Baseline

Berdasarkan Total karbon yang tersimpan pada penelitian terdahulu pada 2009 sebesar 85,93 ton dan karbon terseimpan pada penelitian tahun 2017 adalah sebesar 102,96 ton, maka estimasi emisi baselinenya adalah $(85,93-102,96)/2017-2009 = 2,13$ ton. Berdasarkan perhitungan tersebut sehingga emisi tahunan di hutan kota Malabar kota Malang berdasarkan historical baseline adalah sebesar 2,13 ton.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Cadangan karbon di atas permukaan yang tersimpan di hutan kota Malabar Malang adalah sebesar \pm berarti total karbon tersimpan pada seluruh luasan hutan kota Malabar (1,6718 Ha) adalah sebesar \pm 102,96 ton.
- Emisi tahunan di hutan kota Malabar kota Malang berdasarkan historical baseline adalah sebesar 2,13 ton.

SARAN

- Perlunya dilakukan pemeliharaan yang optimal terhadap vegetasi yang ada hutan Malabar agar penyerapan karbonnya meningkat. Berdasarkan penelitian ini jenis tanaman yang ditanam di hutan kota hendaknya adalah tanaman yang cepat tumbuh dan memiliki tajuk serta diameter yang relative besar.
- Pengovenan sampel ranting hendaknya benar-benar diperhatikan agar berat kering ranting yang di oven benar-benar sempurna. Dalam penelitian ini adanya berat kering yang tidak sempurna disebabkan oleh kerasnya ranting serta ketebalan kulit kayu sehingga menyebabkan berat kering beberapa tanaman menjadi tidak terlalu sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, M.R., 2000. Urban Social Forestry Programme (USFP): Greening Our City Through Community Participation. XXI IUFRO World Congress- Forest and

Society: The Role of Research. Vol. 1. 2000

Anonymous. 1976. *Kerangka Pembangunan Strategi Kabupaten Daerah Tingkat II Malang*. Malang.

_____, 1993. Sumber Daya Alam Kehutanan. *Media Jatim Menuju Egovertment*. Jatim Go.Id

_____, 2004. A. Framework For Land Evolution. *Soil Buletin 32*. FAO. Rome.

_____, 2005. Lembaga Kajian Ekologi dan Konversi Lahan Basah. *Jurnal online. Vol I*

_____, 4 Juni 2005. Ekosistem Kota dalam Keterdesakan. *Kompas*, hlm. 10.

Arief, A. 2005. *Hutan dan Kehutanan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta

Darmawijaya, M.I. 1992. *Klarifikasi Tanah, Dasar Teori Penelitian Tanah dan Pelaksanaan Pertanian di Indonesia*. Balai Pertanian Kina. Gambong. Yogyakarta.

_____, 1997. *Klarifikasi Tanah*. Cetakan II Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Hairiah K, Rahayu S. 2007. *Petunjuk Praktis Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan*. BOGOR. World agroforestry center – ICRAF, SEA Regional Officer, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia. 77 p.

Murdiyarso, D., Widodo, M, dan Suyanto, D. 2002. Fire risks in forest carbon projects in Indonesia. *Science in China (Series C)* Voll 45 Supp : 65 – 74.

Siswanto, B. 1993. *Evaluasi Lahan*. Diklat Kuliah Evaluasi Lahan. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya Malang.

Sitorus. 1985. *Evaluasi Sumber Daya Lahan*. Tarsito. Bandung

Sith, 1976. *Air Polution and Forest. Interaction Between Air Contaminants and Forest Ecosystem*. Springer Verlag. New York.

- Soemarwoto, O. 2001. *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Srikanti, 1995. *Pelaksanaan Jalur Hijau Sebagai Hutan Kota (Suatu Study di Dinas Tata Kota Kotamadya Dati II Malang)*. Skripsi Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Malang.
- Subekti Rahayu, dan Meine van Noordwijk. 2003. Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur. *World agroforestry center – ICRAF, SEA Regional Office*, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia. 77 p.
- Widjaja, H. 2002. *Pengantar Falsafah Sains*. Program Pasca Sarjana/S3 Institut Pertanian Bogor. Bogor.