

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

b8a2c9546439c3f88608261d7b4104bd5c3c761c80ef1b982c759d8b6a67d5bc

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

ANALISIS KEMAMPUAN HUTAN KOTA SEBAGAI PENYERAP GAS CO₂ DAN PRODUKSI GAS O₂ DI KOTA SAMARINDA

Analysis of The Capability of Urban Forests as CO₂ Gas Absorption and O₂ Gas Supplier in Samarinda City

Oleh:

Ardy Apriliadi Yusri¹, Marjenah² dan Kiswanto²

¹Mahasiswa Prodi Magister Ilmu Kehutanan, Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman

²Staf Pengajar Jurusan Silvikultur, Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman
Jalan K.H. Dewantara gedung A5-A6, Kampus Gunung Kelua Samarinda.

kiswanto@unmul.ac.id

Diterima 03-02-2022, direvisi 10-08-2022, disetujui 26-12-2022

ABSTRAK

Pembangunan hutan kota untuk mengurangi emisi CO₂ merupakan strategi pengelolaan lingkungan hidup. Namun demikian, hutan kota harus mempertimbangkan komposisi jenis pohon yang mampu menyerap CO₂ bebas di udara. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk menginformasikan kombinasi tegakan hutan kota yang mampu menyerap CO₂ tertinggi. Penelitian ini dilakukan di empat hutan kota di Kota Samarinda yakni Arboretum Sempaja (B2P2EHD), Arboretum Politani, hutan kota Yayasan Melati dan hutan kota yang terdapat di lingkungan Balai Kota Samarinda. Metode penelitian yang digunakan adalah metode inventarisasi dan menduga simpanan karbon di setiap lokasi penelitian, serta menganalisis serapan gas CO₂ dan produksi gas oksigen di laboratorium. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa komposisi jenis pohon di empat lokasi penelitian sangat beragam. Hasil analisis biomassa, cadangan karbon terbesar dimiliki oleh hutan kota Arboretum Politani yaitu sebesar 172.931,4 kg dan 81.277,8 kg. Demikian juga nilai terbesar serapan CO₂ dan produksi O₂ yaitu hutan kota Arboretum Politani sebesar 21.273,9 ton/tahun dan 56.730,3 ton/tahun. Komposisi jenis pohon di arboretum Politani didominasi jenis Mahoni, Karet, Gaharu dan Terap dengan kerapatan terbesarnya adalah jenis Karet sebesar 275 pohon/ha.

Kata kunci: Hutan Kota, komposisi jenis, serapan CO₂, produksi O₂

ABSTRACT

The development of urban forests to reduce CO₂ emissions is an environmental management strategy. However, urban forests must consider the composition of tree species that are able to absorb free CO₂ in the air. For this reason, this study aims to inform the combination of urban forest stands that are able to absorb the highest CO₂. This research was conducted in four urban forests in Samarinda City, namely Sempaja Arboretum (B2P2EHD), Politani Arboretum, Melati Foundation urban forest and urban forest located within the Samarinda City Hall. The research method used is the method of inventorying and estimating carbon storage at each research location, as well as analyzing CO₂ gas uptake and oxygen gas production in the laboratory. The results showed that the composition of tree species in the four research locations was very diverse. The results of the analysis of biomass, the largest carbon stock is owned by the urban forest Arboretum Politani, which is 172,931.4 kg and 81,277.8 kg. Likewise, the largest value of CO₂ absorption and O₂ production is the urban forest of Arboretum Politani, which is 21,273.9 tons/year and 56,730.3 tons/year. The tree material in the Politani arboretum is dominated by the types of Mahogany, Rubber, Agarwood and Applied with the largest density being the type of Rubber at 275 trees/ha.

Keywords: Urban Forest, type composition, CO₂ absorption, O₂ production

I. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastuktur dan alih fungsi lahan di Kota Samarinda untuk permukiman, pertambangan, perkebunan serta aktivitas produksi lainnya berdampak pada

lingkungan hidup kota Samarinda yang semakin tidak sehat. Permasalahan emisi CO₂ yang tinggi, dan banjir di beberapa tempat di Kota Samarinda. Kondisi diperparah dengan terbatasnya terbuka hijau, serta konsumsi

bahan bakul minyak dari fosil (BBM fosil) yang terus meningkat. Konsumsi BBM fosil baik dari transportasi, listrik, industri dan aktivitas lainnya menimbulkan konsentrasi CO₂ di udara terus meningkat sementara serapan dari ruang terbuka hijau yang rendah. Emisi CO₂ yang tinggi di Kota Samarinda akan makin tinggi jika sewaktu-waktu terjadi kebakaran hutan dan lahan. Pembangunan perkotaan dapat berakibat berkurangnya proporsi ruang terbuka dan dapat mengakibatkan gangguan fungsi ekologis pada suatu lingkungan perkotaan (Rawung 2015).

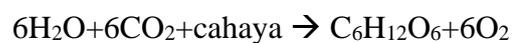
Upaya pengurangan emisi karbon dan pembangunan hutan kota diharapkan mampu mengurangi jumlah CO₂ di daerah perkotaan (Amin, 2016). Hutan kota adalah suatu hamparan lahan yang bertumbuhan pohon-pohon yang kompak dan rapat di dalam wilayah perkotaan baik pada tanah negara maupun tanah hak, yang ditetapkan sebagai hutan kota oleh pejabat yang berwenang (PP Nomor 63 tahun 2002). Hutan kota merupakan suatu lingkungan biotik dan abiotik yang tersusun atas rangkaian ekosistem dari komponen biologi, fisik, ekonomi, dan budaya yang memiliki keterkaitan satu sama lain (Purbawiyatna *et al.* 2012). Proses pembangunan suatu kota yang terfokus pada sektor ekonomi dapat mengakibatkan degradasi lingkungan di kota tersebut.

Ketersediaan ruang terbuka hijau khususnya hutan kota sebagai penyerap CO₂ dan penyuplai oksigen pada wilayah perkotaan sangat penting dan bermanfaat. Hutan kota dapat meningkatkan produksi oksigen yang sekaligus mampu menyerap CO₂, menjadi habitat bagi hidupan liar seperti kupu-kupu dan burung dan menjaga air tanah dan mengurangi resiko terjadinya banjir.

Keanekaragaman jenis pohon pada tipe penggunaan lahan yang berbeda akan mempunyai kemampuan menyerap dan menyimpan karbon yang beragam karena perbedaan jenis tumbuhan penyusunnya. Penghitungan cadangan karbon pada berbagai

penggunaan lahan dapat menggambarkan berapa banyak karbondioksida (CO₂) di atmosfer yang diserap oleh tumbuhan tersebut. Besarnya cadangan karbon antar lahan akan bervariasi, tergantung pada keanekaragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada, jenis tanah dan cara pengelolaannya (Hairiah *et al.*, 2011).

Produksi oksigen, serapan karbon dan air pada hutan kota saling mempengaruhi satu dengan lainnya. Hubungan ini terlihat pada proses fotosintesis pohon. Reaksi fotosintesis dapat direpresentasikan melalui persamaan di bawah ini:



Reaksi kimia di atas merupakan reaksi fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan agar bisa tumbuh. Dalam reaksi kimia tersebut, tumbuhan memerlukan air (H₂O) dan CO₂, dan kemudian memproduksi oksigen dan glukosa, air dan oksigen merupakan bagian yang saling terkait pada proses fotosintesis. Proses ini memerlukan bantuan sinar matahari. sehingga proses ini hanya berlangsung pada siang hari atau bila ada cahaya. Cahaya dan karbondioksida berfungsi untuk menguraikan senyawa karbondioksida menjadi oksigen (Jones, 1992).

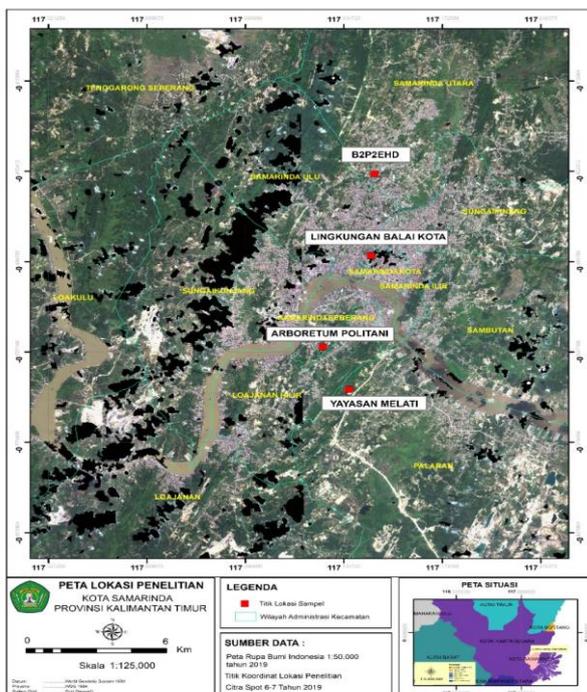
Tujuan penelitian ini adalah untuk menginformasikan kombinasi tegakan hutan kota yang mampu menyerap karbondioksida (CO₂) tertinggi. Hasil penelitian ini diharapkan bisa memberikan informasi ataupun data-data mengenai kombinasi jenis pohon terbaik dalam pembangunan hutan kota di Samarinda.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 6 (bulan) bulan mulai September 2020 sampai dengan Februari 2021. Pemilihan lokasi penelitian merujuk pada SK Wali Kota Samarinda No 660 / 291 / HK – KS / VIII / 2018 tentang penunjukan 16 lokasi Hutan Kota di Kota

Samarinda. Berdasarkan hasil identifikasi dipilih 4 (empat) lokasi yang memenuhi kriteria hutan kota pada penelitian ini yaitu, Hutan Kota Lingkungan Balai Kota, Hutan Kota Arboretum Sempaja (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Ekosistem Hutan Dipterocarpa /B2P2EHD), Hutan Kota Arboretum POLITANI, Hutan Kota Yayasan Melati. Kriteria hutan kota berdasarkan PP No 63 tahun 2002 tentang hutan kota, yaitu luas hutan kota dalam satu hamparan yang kompak paling sedikit 0.25 hektar dan presentase luas hutan kota paling sedikit 10% dari wilayah perkotaan dan atau disesuaikan dengan kondisi setempat.



Gambar 1. Peta Lokasi Hutan Kota di Pusat Kota Samarinda

Figure 1. Location Map of Urban Forest in Samarinda City Center

B. Prosedur Penelitian

1. Inventarisasi Karbon Hutan

Inventarisasi pohon dilakukan untuk mengetahui jumlah dan jenis pohon yang terdapat di lokasi penelitian. Penempatan plot pada lokasi penelitian dilakukan secara Purposive Sampling, yaitu dengan berdasarkan pertimbangan keterwakilan dan tujuan. Untuk memudahkan pencarian lokasi di lapangan,

lokasi di tandai dengan menggunakan GPS, Google Map pada ponsel android. Plot-plot penelitian yang digunakan untuk pengukuran biomassa vegetasi, berbentuk persegi panjang, berukuran 20 m x 20 m (BSN, 2011).

Pengukuran dilakukan dengan mencatat nama, diameter batang setinggi dada/ *Diameter at Breast Height* (DBH semua pohon yang dalam plot pengukuran. Identifikasi jenis dan pengukuran diameter pohon, tiang, dan pancang, Tahapan pengukuran biomassa diawali dengan identifikasi nama jenis pohon sesuai dengan tingkat pertumbuhan pohon dan luas masing-masing subplot, pengukuran diameter setinggi dada (dbh) untuk berbagai kondisi pohon, kemudian mengidentifikasi jenis pohon, dan pencatatan ke dalam *tallysheet*.

2. Pengukuran Iklim mikro

Data suhu dan kelembaban udara, dan intensitas cahaya dibutuhkan sebagai bahan pembandingan untuk penilaian fungsi modifikasi suhu dan kontrol kelembaban Hutan Kota. Pengukuran ini dilakukan pada musim hujan dan musim kemarau di dalam dan di luar Hutan Kota yang terbagi dalam tiga segmen pengukuran pagi pukul 06.00 – 07.00 am, pengukuran siang pukul 12.00 – 01.00 PM, dan Pengukuran sore pukul 05.00 – 06.00 pm selama 6 kali pengambilan. Tujuannya adalah mengetahui efek fungsi Hutan Kota sebagai ameliorasi iklim (pengatur mikroklimat/Panas udara), ventilasi kota (penyedia O₂), pengendali silau cahaya (Sinar matahari), paru-paru kota (udara segar), penurun stress (oksigen tinggi). Pengukuran dilakukan menggunakan alat Thermohyrometer dan Illuminometer.

3. Pendugaan Biomassa

Pengukuran dilakukan dengan cara tanpa merusak bagian tanaman (*non-destructive*) dengan menggunakan persamaan *allometrik*. Menurut Lubis dkk. (2013), persamaan allometrik memiliki kelebihan yaitu lebih

efisien dan efektif untuk digunakan selain itu tidak melakukan penebangan atau perusakan pada pohon hutan.

Metode yang digunakan untuk pengukuran biomassa vegetasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Parameter Biomassa dan Metode Pengukuran Biomassa yang digunakan
Table 1. Biomass Parameters and Methods of Biomass Measurement used

No	Parameter	Metode
1	Tingkat Semai dan tumbuhan bawah	Destruktif Pemanenan
2	Serasah daun dan ranting	Destruktif Pemanenan
3	Pohon hidup	Persamaan Allometrik
4	Pohon mati berdiri (nekromassa)	Persamaan Allometrik
5	Pohon mati rebah (nekromassa)	Persamaan Volume

4. Analisis Data

Penghitungan Biomassa Pohon, Tiang, Pancang

Pengukuran dilakukan pada plot yang terdapat kayu mati di dalamnya. Pengukuran ini dimaksudkan agar hasil dari biomassa lahan hutan menjadi lebih akurat. Hal yang perlu dilakukan terlebih dahulu untuk mengukur biomassa pohon mati yaitu mengukur DBH pohon. Penghitungan biomassa diukur menggunakan persamaan *allometrik* biomassa. Perhitungan dengan persamaan ini data yang digunakan yaitu diameter pohon. Rumus allometrik yang digunakan untuk mengukur biomassa di atas permukaan tanah menurut (Basuki *et al.*, 2009) adalah sebagai berikut :

$$\ln(\text{TAGB}) = c + \alpha \ln(\text{DBH})$$

Keterangan:

TAGB = total above ground biomass (kg/pohon)
 α, c = konstanta (daun lebar = 0.06, daun Jarum = 0.0333)
 DBH = diameter setinggi dada atau sekitar 1,3 m
 \ln = persamaan linier sederhana dengan transformasi/persamaan model power dan persamaan kuadrat.

Menurut Dawkins (1961) dan Gray (1966) dalam Chave *et al.*, (2005) mengemukakan bahwa nilai konstanta faktor bentuk F untuk jenis-jenis tumbuhan berdaun lebar (*boardleaf species*) adalah 0,06; sedangkan untuk jenis tumbuhan berdaun jarum (*conical shape*) menggunakan nilai faktor konstanta bentuk F adalah 0,0333.

Penghitungan Cadangan Karbon (stock carbon)

Seluruh hasil dari pengukuran seluruh komponen biomassa akan dikalikan dengan konsentrasi karbon. Menurut BSN, (2011) dalam mengukur estimasi jumlah karbon yang tersimpan dapat dihitung dengan mengalikan total berat massanya dengan konsentrasi C yang biasanya pada bahan organik sebesar 47%. Sehingga persamaannya yaitu:

$$C_b = B \times \% C \text{ organik}$$

Keterangan:

C_b = Kandungan karbon dari biomassa (kg);
 B = Total biomassa, dinyatakan dalam (kg);
 %C = organik adalah nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium. (IPCC, 2006)

Penghitungan Serapan Karbondioksida (CO₂) Hutan Kota

Nilai serapan CO₂ dihitung dengan mengalikan banyaknya karbon tersimpan dikalikan dengan 3,67 yang merupakan angka ekivalen/konversi unsur karbon (C) ke CO₂ [massa atom C=12 dan O=16, CO₂ = (1x12)+(2x16)= 44; konversinya = (44:12)= 3,67].

- Persamaan yang diperoleh menurut Agus dkk. (2011) yaitu :

$$CO_2 = C_b \times 3,67$$

Keterangan:

CO₂ = jumlah CO₂ yang terserap (ton/ha)
 C_b = karbon tersimpan (ton/ha)
 3,67 = angka ekivalen/konversi unsur karbon C ke CO₂

- Persamaan jumlah CO₂ yang terserap hutan kota /tahun yaitu :

$$\frac{CO_2 \times L_{hk}}{u}$$

Keterangan:

Net C Sequestration = Jumlah CO₂ yang diserap (ton/tahun)
L_{hk} = luas hutan kota (/ha)
u = Umur pohon (tahun) di ambil dari Tabel Hasil jenis pohon yang di temukan di lokasi penelitian

Penghitungan Produksi Oksigen (O₂) Hutan Kota

Menurut Wu *et al.*, (2018) Pengukuran O₂ di dasarkan pada estimasi simpanan carbon berdasarkan berat atom :

$$O_2 = CO_2 \times 32/12$$

Keterangan :

O₂ = Jumlah O₂ yang diproduksi (ton/tahun)
CO₂ = Jumlah CO₂ yang diserap (ton/tahun)
32 = Dari berat atom yaitu 16 x 2 = 32, 16 dari berat standar atom O₂
12 = Dari jumlah bulan dalam 1 tahun.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komposisi Jenis Pohon Penyusun Hutan Kota

Hasil inventarisasi jenis pohon yang ditanam di lokasi penelitian, didapatkan bahwa terdapat keragaman jenis yang berbeda pada masing-masing lokasi. Beberapa jenis pohon yang sama bisa ditemukan di beberapa lokasi yang berbeda. Jenis Gaharu bisa ditemukan di lokasi Arboretum Sempaja (B2P2EHD), Arboretum Politani dan Yayasan Melati. Jenis Meranti ditemukan di Arboretum Sempaja (B2P2EHD) dan Yayasan Melati. Jenis Mahoni ditemukan di lokasi Arboretum Politani, Yayasan Melati dan Balai Kota.

Tabel 2. Rekapitulasi jenis tanaman, diameter, kerapatan, serapan CO₂ dan Produksi O₂ di Hutan Kota Arboretum Sempaja (B2P2EHD).

Table 2. Recapitulation of plant species, diameter, density, CO₂ absorption and O₂ production in the Sempaja Arboretum City Forest (B2P2EHD).

No	Nama Jenis	Nama Latin	Diameter (cm)	Kerapatan (bt/ha)	Serapan CO ₂ (Ton/Tahun)	Produksi O ₂ (Ton/Tahun)
1	Gaharu	<i>Aquilaria malaccensis</i>	27,8	138	170,3	454,1
2	Terap	<i>Artocarpus elasticus</i>	59,3	38	100,2	267,1
3	Meranti Merah	<i>Shore ovalis</i>	34,4	63	96,2	256,6
4	Meranti Tembaga	<i>Shore leprosula</i>	39,4	25	44,1	117,7

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 diketahui bahwa gaharu mendominasi tanaman di Arboretum B2P2EHD dengan nilai kerapatan sebesar 138 batang/ha, kemudian meranti merah 63 batang/ha, terap 38 batang/ha dan meranti tembaga 25 batang/ha. Selain itu jenis gaharu juga memiliki kemampuan serapan CO₂ dan produksi O₂ yang lebih besar dibandingkan dengan jenis lain pada lokasi tersebut. Dengan demikian nilai kerapatan suatu jenis dapat berpengaruh terhadap besarnya serapan CO₂ dan produksi O₂ pada masing-masing jenis di

lokasi tersebut, semakin besar nilai kerapatan maka semakin besar pula kemampuan vegetasi tersebut dalam menyerap CO₂ maupun memproduksi O₂. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ivando (2019), yang menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi banyaknya karbon yang tersimpan adalah kerapatan tegakan, semakin besar kerapatan suatu jenis pohon maka semakin besar pula cadangan karbon.

Jenis Pohon yang ada di Arboretum B2P2EHD didominasi oleh jenis tanaman

kehutanan yaitu jenis meranti dan gaharu. Arboretum B2P2EHD merupakan salah satu sarana dan prasarana penelitian. Arboretum tersebut dibangun sebagai tempat pelestarian sumber plasma nuftah untuk mendukung kegiatan penelitian, sarana pendidikan dan pelatihan serta sebagai sarana rekreasi, juga berfungsi sebagai areal konservasi ex-situ

dalam hal koleksi jenis dan sebagai sarana untuk memperkenalkan jenis-jenis pohon kepada masyarakat luas. Pemilihan jenis tanaman yang ada di arboretum ini mempresentasikan jenis tumbuhan lokal Kalimantan (B2P2EHD, 2021).

Tabel 3. Rekapitulasi jenis tanaman, diameter, kerapatan, serapan CO₂ dan Produksi O₂ di Hutan Kota Arboretum Politani.

Table 3. Recapitulation of plant species, diameter, density, CO₂ absorption and O₂ production in the Urban Forest of the Arboretum Politani.

No	Nama Jenis	Nama Latin	Diameter (cm)	Kerapatan (bt/ha)	Serapan CO ₂ (Ton/Tahun)	Produksi O ₂ (Ton/Tahun)
1	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	72,6	58	477,3	1272,8
2	Karet	<i>Hevea brasiliensis</i>	28,4	275	854,4	2278,3
3	Gaharu	<i>Aquilaria malaccensis</i>	36,2	183	742,1	1978,9
4	Terap	<i>Artocarpus elasticus</i>	29,5	75	247,0	658,7
5	Palem Raja	<i>Roystonea regia</i>	39	8	36,4	97,1

Hasil identifikasi di lapang ditemukan ada 5 jenis tumbuhan yang terdapat pada hutan kota Arboretum Politani. Diameter terbesar ada pada jenis Mahoni sebesar 72,6 dengan total kerapatan 58 batang/ha. Pohon mahoni dapat menyerap CO₂ sebesar 477 ton/tahun. Jenis pohon dengan kerapatan terbanyak ada pada Karet dengan 275 batang/ha. Jenis ini mampu menyerap CO₂ terbesar dengan kapasitas 854,4 ton/tahun. Dalam kenyataannya, fase pohon memiliki peran ekologis lebih tinggi dari tiga fase lainnya yaitu sebagai penyerap karbon terbesar, penyumbang O₂ terbesar, dan daya cengkeram akar yang lebih kuat (Hairiah dan Rahayu, 2007). Hal ini akan berpengaruh pada biomassa dan cadangan karbon pada masing-masing lokasi hutan kota. Secara langsung hal ini akan menentukan besarnya serapan karbon dan produksi oksigen oleh vegetasi yang ada pada lokasi penelitian. Perbedaan nilai biomassa dan serapan CO₂ pada masing-masing lokasi penelitian juga ditentukan oleh

jumlah dan kerapatan pohon, diameter pohon, jenis pohon, tajuk dan faktor lingkungan. Faktor lingkungan yang dimaksud antara lain sinar matahari, kadar air, besaran suhu dan kesuburan tanah yang akan berpengaruh pada laju fotosintesis. Besarnya biomassa ditentukan oleh diameter, tinggi tanaman, kerapatan kayu, dan kesuburan tanah (Banjarnahor *et al.*, 2018; Azizah *et al.*, 2019; Sedjarawan *et al.*, 2014).

Kombinasi antara tanaman karet dengan tanaman hutan secara simultan selain dapat meningkatkan cadangan karbon juga dapat meningkatkan pola pelestarian hutan (Asmani, 2009). Tanaman karet dapat menyimpan cadangan karbon cukup besar, hal ini sejalan dengan penelitian Charlos dan Sahuri (2014) yang menjelaskan bahwa Cadangan karbon di perkebunan karet pada umur 10 tahun meningkat dengan adanya pola tumpangsari karet dan tanaman hutan sebesar 0,92 ton C/ha.

Tabel 4. Rekapitulasi jenis tanaman, diameter, kerapatan, di Hutan Kota Yayasan Melati.

Table 4. Recapitulation of plant species, diameters, densities, in the Melati Foundation City Forest.

No	Nama Jenis	Nama Latin	D (cm)	Kerapatan (bt/ha)
1	Kemiri	<i>Aleurites moluccana</i>	38,4	125
2	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	32,6	113
3	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	40,6	88
4	Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	23,3	113
5	Jati	<i>Gmelina arborea</i>	33,1	38
6	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	37,1	25
7	Gaharu	<i>Aquilaria malaccensis</i>	51,9	13
8	Meranti Tembaga	<i>Shorea leprosula</i>	23,2	25
9	Karet	<i>Hevea brasiliensis</i>	41,4	13
10	Lai	<i>Durio kutejensis</i>	39,2	13
11	Palem	<i>Phoenix roebelinii</i>	36,9	13
12	Meranti Merah	<i>Shorea ovalis</i>	29,9	13
13	Jabon	<i>Anthocephalus cadamba</i>	29,7	13
14	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	28,6	13
15	Jambu Air	<i>Syzygium polyanthum</i>	22,2	13

Hasil pengamatan di lapang di temukan 15 jenis pohon yang berada pada hutan kota Yayasan Melati, dengan rata-rata diameter berkisar 30-50 cm. Rijal (2008) menyatakan bahwa pengembangan hutan kota dapat dilakukan di kawasan industri, kawasan pendidikan tinggi, kawasan penelitian terpadu, kawasan budaya, kawasan bisnis dan pariwisata. Lebih lanjut, Ardani *et al.* (2016) juga menyatakan bahwa pengembangan RTH dapat dilakukan pada kawasan perkantoran, perumahan, sekolah, perguruan tinggi, rumah ibadah, dan lapangan olah raga untuk dijadikan kawasan bervegetasi.

Pada hutan kota Yayasan Melati ditemukan jenis kemiri memiliki kerapatan terbanyak yaitu 125 batang/ha. Lalu ada jenis mahoni dan kelapa juga mendominasi hutan kota wilayah tersebut sebesar 113 batang/ha. Mahoni banyak ditanam karena pertumbuhannya yang cepat. Menurut Manik *et al.*, (2015) Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) cocok dijadikan sebagai pohon peneduh jalan karena mampu tumbuh hingga puluhan tahun, tahan terhadap gangguan fisik, tidak

mudah terkena hama penyakit, tidak mudah tumbang dengan struktur kayu yang kuat, tumbuh lurus keatas dengan tajuk tinggi. Jika tanaman mahoni dapat dipertahankan keberadaannya maka akan memberikan kontribusi terhadap keselamatan lingkungan perkotaan dari ancaman pencemaran udara yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor serta limbah rumah tangga dan disamping bentuk-bentuk polutan lainnya yang dapat mengemisikan gas-gas tertentu di udara.

Tanaman yang mampu menyerap CO₂ yang cukup tinggi adalah mahoni. Berdasarkan penelitian Pranayudha (2013) bahwa mahoni memiliki nilai rata-rata biomassa sebesar 202, 11 ton/ha, nilai cadangan karbon rata-rata sebesar 94,99 ton/ha, dan nilai serapan CO₂ rata-rata sebesar 348,62 ton/ha. Dipertegas lagi penelitian Manik *et al.* (2015) yang dilakukan di berbagai jalur hijau arteri sekunder Kota Medan bagian tengah, bahwa Jenis mahoni (*Swietenia macrophylla*) memiliki nilai cadangan karbon yang cukup besar.

Tabel 5. Rekapitulasi jenis tanaman, diameter, kerapatan, di Hutan Kota Balai Kota Samarinda.

Table 5. Recapitulation of plant species, diameter, density, in the City Forest of Samarinda City Hall.

No	Nama Jenis	Nama Latin	D (cm)	Kerapatan (bt/ha)
1	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	36,6	27
2	Beringin	<i>Ficus benjamina</i>	54,4	8
3	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	56,7	9
4	Trambesi	<i>Samanea saman</i>	48,5	2
5	Gamal	<i>Gliricidia sepium</i>	20,7	5
6	Waru	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	30,1	4
7	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	22,3	1
8	Terap	<i>Artocarpus elasticus</i>	34,6	3
9	Sukun	<i>Artocarpus altitis</i>	30,6	2
10	Palem	<i>Roystonea regia</i>	44,3	1
11	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	22,4	1
12	Bungur	<i>Lagerstroemia anisoptera</i>	22,2	1
13	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i>	21,9	1

Beberapa jenis tanaman yang berpotensi menyerap karbon juga terdapat di kawasan hutan kota Balai Kota Samarinda. Pembangunan hutan kota juga harus memiliki manfaat bagi masyarakat dengan memperhatikan fasilitas yang tersedia dan kemudahan untuk menuju lokasi hutan kota untuk dapat memberikan kenyamanan bagi masyarakat yang berkunjung. Hal ini sejalan dengan Fahmi *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa pembangunan hutan kota harus memenuhi faktor yang mempengaruhi kesesuaian penggunaan lahan terhadap rencana pola ruang berupa kemudahan mendapatkan layanan, peningkatan kesejahteraan, aksesibilitas. Selain itu, Agus *et al.* (2017) juga menyatakan bahwa luas lahan dan kemudahan akses menuju hutan kota merupakan faktor utama dalam mengembangkan hutan kota. Tsunetsugu *et al.* (2007) menyatakan bahwa kawasan berhutan di kota dapat memberikan manfaat berupa kenyamanan dengan dibandingkan pada daerah kota yang cenderung bising tanpa pepohonan.

Hasil inventarisasi jenis tanaman di hutan kota Balai Kota Samarinda, ditemukan ada 13 spesies dengan kerapatan yang dominan oleh pohon Mahoni dengan jumlah 27 batang/ha. Kemudian di susul jenis pohon Angsana

dengan kerapatan sebesar 9 batang/ha. Tanaman angšana (*Pterocarpus indicus* Willd) merupakan salah satu dari sekian jenis tanaman pelindung yang sering ditemukan di pinggiran jalan. Angšana mampu menyerap 11,12 kg karbon dioksida (CO₂) dalam waktu satu tahun. Angšana dipergunakan sebagai pohon pelindung karena tanaman ini dapat mengakumulasi zat-zat pencemar di daunnya.

Angšana merupakan tipe tumbuhan yang memiliki akar kuat, mampu bertahan dari kerusakan yang diakibatkan oleh getaran kendaraan, dapat tumbuh pada suhu tinggi dan tahan terhadap angin sehingga cocok digunakan sebagai peneduh jalan.

Menurut Hakim dan Utomo (2003), fungsi RTH dapat dibedakan menjadi dua yaitu fungsi sosial dan fungsi ekologi. Fungsi sosial ruang terbuka hijau antara lain: sebagai tempat bermain atau sarana olah raga, sebagai tempat komunikasi sosial, sebagai tempat menghirup udara segar, sebagai tempat menampung dan menunggu, sebagai pembatas antara gedung dan keramaian: sebagai sarana penelitian, pendidikan dan nasehat, serta sebagai masyarakat serta lingkungan. Sarana menciptakan kebersihan, kesehatan dan keindahan. Fungsi ekologis RTH meliputi

sarana perbaikan iklim mikro untuk penjernihan udara, sarana penyerapan air hujan, pengaturan tata air dan perlindungan banjir, serta pengelolaan ekosistem khusus untuk perlindungan plasma.

Permasalahan pencemaran udara di daerah perkotaan umumnya menjadi pertimbangan penanaman vegetasi di area sekitar perkantoran selain juga disesuaikan dengan kondisi lahan serta tugas dan fungsi dari instansi tersebut. Sesuai tujuan pembangunan RTH/hutan kota sebagai upaya pengurangan emisi karbon dan produksi oksigen untuk membuat udara lebih segar. Kurniawan dan Alfian (2010) menyatakan bahwa jenis vegetasi yang digunakan dalam program pembangunan dan pengembangan suatu kawasan ruang terbuka hijau kota hendaklah dipilih berdasarkan babarapa pertimbangan dengan tujuan agar tanaman dapat tumbuh dengan baik dan tanaman tersebut dapat menanggulangi masalah disekitar tapak.

Keanekaragaman jenis pohon yang ditemukan di lokasi penelitian juga akan mempengaruhi

iklim mikro wilayah tersebut. Nowak dan Dwyer (2007) menyatakan pohon yang ada di hutan kota termasuk dampaknya, dapat mempengaruhi suasana lingkungan perkotaan, suhu dan iklim mikro, pemurnian polutan udara, emisi senyawa organik, volatilitas yang berkontribusi pada pembentukan ozon dan penghematan energi. Hal ini disebabkan oleh penurunan pemanasan dan pendinginan bangunan, di samping itu, keanekaragaman pohon juga meningkatkan nilai estetika kawasan.

Iklim mikro merupakan salah satu kebutuhan masyarakat perkotaan yang sangat penting. Menciptakan kenyamanan termal di luar ruangan. Iklim mikro sebagai tolok ukur pengambilan keputusan kenyamanan termal terdiri dari empat komponen: suhu, kelembaban, dan kecepatan angin. Dan paparan sinar matahari. Ruang Terbuka Hijau (RTH) adalah salah satu cara untuk menciptakan iklim mikro bagi kepentingan manusia (Mala et. al, 2019)

Tabel 6. Rata-rata Suhu Udara, Kelembapan Udara, intensitas Cahaya di lokasi Penelitian
 Table 6. Average Air Temperature, Air Humidity, Light Intensity at the Research Site

No	Lokasi	Suhu Udara (°C)						Kelembapan Udara (%)						Intensitas Cahaya (lux)	
		Di dalam Hutan Kota			Di Luar Hutan Kota			Dalam vegetasi			Luar Vegetasi			Dlm	Luar
		Max	Min	rata-rata	Max	Min	rata-rata	Max	Min	rata-rata	Max	Min	rata-rata		
1	Arboretum B2P2EHD	30	27	27	31	29	30	64	57	55	72	64	66	32	2682
2	Balai Kota	30	27	28	31	28	30	66	56	59	76	64	69	52	1290
3	Arboretum Politani	30	27	28	31	28	29	69	58	65	78	65	71	68	1171
4	Yayasan Melati	30	27	29	31	29	30	69	57	52	75	64	69	192	3454

Pada tabel 6 menunjukkan adanya perbedaan suhu yang terjadi pada iklim kota dan iklim hutan kota dimana terjadi penurunan suhu udara dan intensitas cahaya, hal ini di duga intensitas cahaya yang masuk ke permukaan tanah berkurang karena tersaring

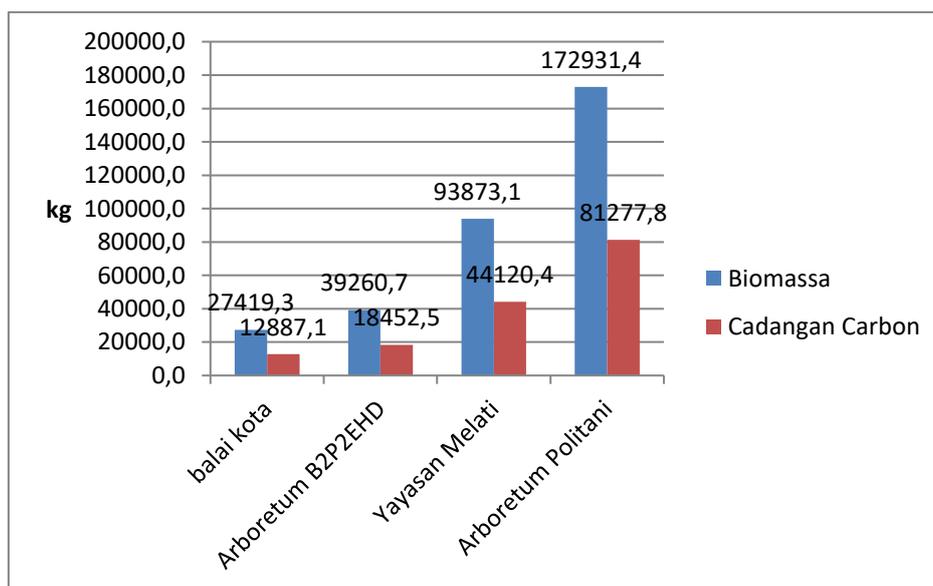
oleh tajuk pohon serta terjadi proses fotosintesis (Rahmadhani *et al.*, 2019), proses penyerapan CO₂ di udara dan melepaskan O₂ membuat ruang di bawah tajuk kaya akan oksigen. Kelembapan udara dibawah vegetasi hutan di tengah kota memiliki tingkat

kelembapan yang lebih tinggi dibandingkan data iklim kota samarinda hal ini diduga di pengaruhi tutupan vegetasi yang bisa menyaring jumlah cahaya yang masuk sehingga mempengaruhi suhu udara sehingga menciptakan iklim mikro yang sejuk.

Menurut Hakim dan Utomo (2003) vegetasi berfungsi sebagai pengendali iklim untuk kenyamanan manusia. Faktor iklim yang mempengaruhi kenyamanan manusia adalah suhu, radiasi sinar matahari, angin, kelembapan, suara dan aroma. Sebagai pengontrol radiasi sinar matahari dan suhu, vegetasi menyerap panas dari pancaran sinar matahari sehingga menurunkan suhu dan iklim mikro.

B. Biomassa dan Cadangan Karbon Hutan Kota

Karbon merupakan unsur utama pembentuk bahan organik yang tersimpan pada makhluk hidup khususnya tanaman. Menurut Aprianto (2016), hampir setengah dari biomassa organisme hidup merupakan karbon karenanya secara alami karbon banyak tersimpan di permukaan bumi di darat maupun lautan dibandingkan dengan jumlah karbon di atmosfer. Jumlah karbon yang diserap oleh tanaman dapat diketahui melalui biomassa tanaman tersebut. Hasil perhitungan cadangan biomassa pada Hutan Kota yang merupakan rekapitulasi dari pengambilan data diameter pohon, tiang, pancang, tumbuhan bawah dan serasah. Hasil pengukuran biomassa pada tanaman di ke 4 (empat) hutan kota, di sajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Biomassa dan Cadangan Karbon di Lokasi Penelitian
 Figure 2. Biomass and Carbon Stock at the Research Site

Dari hasil analisis biomassa dari empat lokasi penelitian dapat dilihat bahwa vegetasi penyusun hutan kota yang ada di Arboretum Politani mempunyai biomassa dan cadangan karbon terbesar yaitu sebesar 172.931,4 kg dan 81.277,8 kg. Hal ini disebabkan karena vegetasi di lokasi tersebut mempunyai kerapatan dan diameter lebih besar yang lebih besar dibanding lokasi lainnya. Selain itu

terdapat jenis vegetasi yang mempunyai rata-rata diameter cukup besar sehingga menyumbang nilai biomassa dan cadangan karbon yang cukup tinggi. Bismark dkk. (2008) menyatakan bahwa peningkatan biomassa dan cadangan karbon (karbon tersimpan) disebabkan ukuran pohon di lokasi tersebut.

Yunita (2016) menjelaskan bahwa sesuai dengan peningkatan biomassa yang berkaitan

erat dengan proses fotosintesis pada tanaman, yaitu biomassa dan karbon semakin bertambah karena tumbuhan menyerap CO₂ dari udara dan mengubahnya menjadi senyawa organik sebagai hasil fotosintesis yang digunakan tanaman untuk melakukan pertumbuhan, baik secara horizontal maupun vertikal. Fink (1969) yang dikutip oleh Pretzsch (2009) menyatakan biomassa organik pada vegetasi hutan terdiri dari 90-95% unsur C, H, O dengan proporsi 44-59% C, 42-46% O dan 5-7% H, yang jumlahnya pada tiap organ meningkat seiring laju pertumbuhannya.

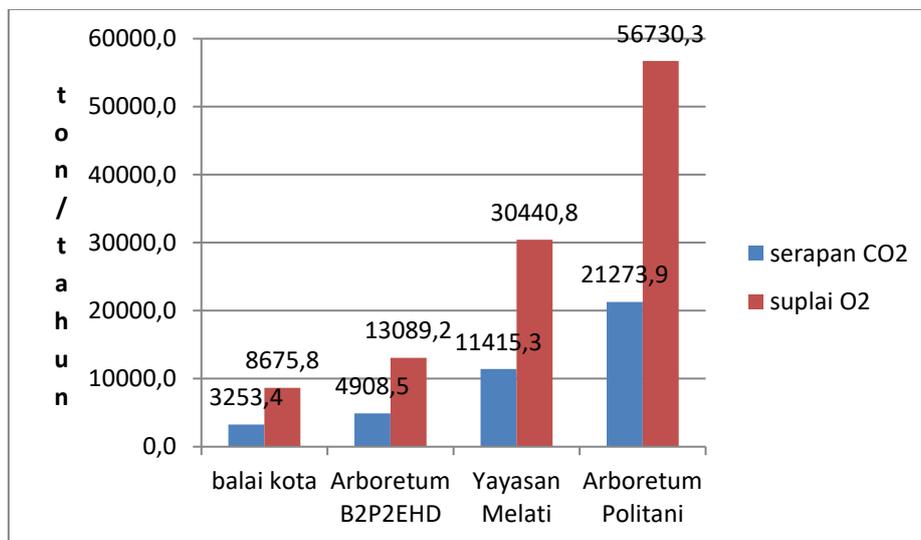
Biomassa hutan memberikan estimasi penyimpanan karbon dalam vegetasi hutan. Nilai karbon tersimpan menyatakan banyaknya karbon yang mampu diserap oleh tumbuhan dalam bentuk biomassa. Hairiah dan Rahayu (2007) menyatakan bahwa jumlah karbon yang tersimpan antar lahan berbeda-beda, tergantung pada keragaman dan kepadatan tumbuhan yang ada, jenis tanah, serta cara pengelolannya. Jenis tanaman karet memiliki serapan karbon yang tinggi, hal ini telah dijelaskan pada penelitian sebelumnya bahwa sangat berkaitan erat antara kepadatan tumbuhan dengan salah satunya yaitu kandungan organik tanah. kandungan C organik tanah pola tumpangsari karet dan tanaman hutan lebih tinggi dibandingkan sistem monokultur sehingga pola tumpangsari memiliki cadangan karbon tanah lebih tinggi dibandingkan sistem mnokultur. Hal ini karena pada pola tumpangsari biomassa pohon dan serasah lebih tinggi sehingga bahan organik akan lebih terjaga. Menurut Young (1989); Elsas *et al.* (2007), kadar bahan organik tanah akan terjaga melalui serasah dan sisa akar/ranting dari pohon sehingga terjadi peningkatan aktivitas fauna tanah. Penjelasan lain dinyatakan oleh Ito *et al.* (2014), bahwa kandungan karbon tanah nyata dipengaruhi oleh serasah tanaman. Perbedaan rata-rata

kandungan C-tanah antara yang memiliki serasah dan tidak memiliki serasah dapat mencapai 67%.

Kandungan biomassa pohon adalah penjumlahan dari kandungan biomassa setiap organ pohon dan merupakan gambaran dari semua bahan organik yang dihasilkan dari fotosintesis. Selama fotosintesis, CO₂ di udara diserap oleh tanaman dengan bantuan sinar matahari, diubah menjadi karbohidrat, didistribusikan ke seluruh tubuh tanaman, dan disimpan dalam bentuk daun, batang, ranting, buah dan bunga (Hairiah dan Rahayu, 2007). Perbedaan cadangan karbon pada tegakan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Adapaun umur tegakan, kepadatan dan keragaman jenis vegetasi pengisi adalah faktor yang mempengaruhi cadangan karbon yang tersimpan pada suatu lahan (Uthbah *et al.*, 2017). Adanya perbedaan cadangan karbon dikarenakan adanya perbedaan jenis dan kepadatan pohon pada masing-masing plot. Menurut Supriadi (2012) hal lain yang dapat mempengaruhi jumlah karbon yang tersimpan adalah umur tanaman, kondisi tanaman, kesuburan tanah, teknis budidaya yang diterapkan. Cadangan karbon yang tinggi pada tanaman dipengaruhi oleh besarnya biomassa yang dilihat dari diameter batang tanaman tersebut. Pulai merupakan jenis pohon *fast growing* (cepat tumbuh). Menurut Hamdaningsih (2010) bahwa jenis pohon *fast growing* menghasilkan riap yang tinggi sehingga penyerapan karbon dan biomasnya pun tinggi. Menurut IPCC (2006) kelas karbon dibagi ke dalam dua kelas kategori, kelas karbon kategori baik jika besar kandungan karbon pada suatu kawasan sebesar 138 ton/ha atau lebih dari 138 ton/ha, sedangkan kelas karbon kategori kurang baik yaitu jika kandungan karbon yang didapat di bawah 138 ton/ha.

C. Potensi Serapan CO₂ dan Produksi O₂

Hasil perhitungan serapan CO₂ dan produksi O₂ di empat lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Serapan CO₂ dan Produksi O₂ vegetasi penyusun hutan kota di samarinda
 Figure 3. CO₂ uptake and O₂ production of urban forest making up vegetation in Samarinda

Pada Gambar 3 bisa dilihat bahwa vegetasi yang ada di hutan kota Arboretum Politani mempunyai serapan CO₂ dan Produksi O₂ yang lebih besar dibandingkan lokasi lainnya yaitu sebesar 21.273,9 ton/tahun dan 56.730,3 ton/tahun. Hutan kota dengan serapan CO₂ dan produksi O₂ terendah adalah hutan kota lingkungan Balai Kota yaitu sebesar 3.253,4 ton/tahun dan 8.675,8 ton/tahun.

Menurut Sugirahayu dan Rusdiana (2011), penyerapan karbon dipengaruhi oleh jumlah, kerapatan pohon, dan faktor lingkungan. Tumbuhan bawah memberikan kontribusi karbon lebih sedikit dibandingkan komponen lainnya karena ukuran tumbuhan bawah yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan pohon, tetapi mempunyai peran dalam menyerap karbon.

Tabel 7. Kemampuan Vegetasi Dalam Menyerap CO₂ dan menghasilkan O₂ berdasarkan tingkat pertumbuhan tanaman.

Table 7. Vegetation Ability to Absorb CO₂ and produce O₂ based on plant growth rate.

Lokasi	Tingkat	CO ₂ (ton)	CO ₂ (ton/ha)	CO ₂ (ton/th)	O ₂ (ton/th)
Balai Kota	Pohon	14,46	180,70	15,81	42,16
	Tiang	1,74	86,97	20,29	54,12
	Pancang	1,59	317,07	110,98	295,94
	TB & Serasah	0,0016	1,97	0,69	1,84
B2P2EHD	Pohon	3,03	19,82	1,65	4,40
	Tiang	1,59	79,61	15,92	42,46
	Pancang	0,49	318,42	191,05	509,48
	TB & Serasah	0,0024	3,00	1,05	2,80
Yayasan Melati	Pohon	6,23	77,83	11,45	30,52
	Tiang	2,58	129,01	43,00	114,68
	Pancang	0,88	176,15	146,79	391,45
	TB & Serasah	0,00	1,68	0,59	1,57
Arboretum Politani	Pohon	9,43	78,57	6,55	17,46
	Tiang	3,74	124,69	23,38	62,34
	Pancang	0,94	125,00	41,67	111,11
	TB & Serasah	0,0027	2,26	0,79	2,11

Berdasarkan tingkat pertumbuhan tanaman bisa dilihat bahwa secara umum bahwa pada tingkat pancang mempunyai serapan CO₂ dan produksi O₂ yang lebih besar dibandingkan tingkat pertumbuhan lainnya. Pada tingkat pertumbuhan yang lebih awal memerlukan lebih banyak energi yang digunakan untuk memperbanyak jumlah sel dan memperbesar volume sel. Besarnya penyerapan CO₂ di tingkat pancang disebabkan karena vegetasi yang tumbuh memiliki diameter yang besar berkisar 20-108 cm, kerapatan yang tinggi serta strata tajuk yang lengkap.

Proses penghasilan energi pada tumbuhan dilakukan melalui proses respirasi dengan memecah karbohidrat menjadi CO₂ dan uap air. Sebagai makhluk hidup autotrof tumbuhan mampu menghasilkan karbohidrat sendiri melalui proses fotosintesis. Fotosintesis terdiri dari dua reaksi, yaitu reaksi oksidasi (oksidasi air) dimana terjadi pemindahan elektron disertai pelepasan O₂ sebagai hasil samping dan reaksi reduksi (reduksi CO₂) untuk membentuk senyawa organik, misalnya karbohidrat (Gardner *et al.*, 1991). Kebutuhan energi yang dihasilkan melalui proses respirasi sebanding dengan penyediaan sumber karbohidrat yang dihasilkan melalui proses fotosintesis. Semakin besar energi yang dibutuhkan akan memerlukan penyerapan CO₂ dan produksi oksigen yang lebih banyak.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Komposisi jenis vegetasi penyusun hutan kota Kota Arboretum Sempaja (B2P2EHD) didominasi oleh 4 jenis utama yaitu Gaharu, Terap, Meranti Merah dan Meranti Tembaga dengan kerapatan terbesarnya adalah gaharu sebesar 138 pohon/ha. Komposisi jenis penyusun hutan kota Arboretum Politani didominasi jenis Mahoni, Karet, Gaharu dan Terap dengan kerapatan terbesarnya adalah jenis Karet sebesar 275 pohon/ha. Komposisi Jenis vegetasi penyusun hutan kota Yayasan

Melati terdiri dari 15 jenis tanaman dengan kerapatan terbesar adalah jenis Kemiri sebesar 125 pohon/ha. Komposisi Jenis vegetasi penyusun hutan kota lingkungan Balai Kota terdiri dari 13 jenis tanaman dengan kerapatan terbesar adalah jenis Mahoni sebesar 27 pohon/ha. Hasil analisis biomassa, cadangan karbon terbesar dimiliki oleh hutan kota Arboretum Politani yaitu sebesar 172.931,4 kg dan 81.277,8 kg. Demikian juga nilai terbesar serapan CO₂ dan produksi O₂ yaitu hutan kota Arboretum Politani sebesar 21.273,9 ton/tahun dan 56.730,3 ton/tahun.

B. Implikasi

- a. Dari data serapan CO₂ dan produsen O₂ pada Hutan Kota yang ada pada penelitian ini diharapkan dapat dilakukan penelitian lanjutan agar dapat mengetahui hubungan dinamika Hutan Kota dan kesejahteraan/kenyamanan masyarakat perkotaan khususnya warga Kota Samarinda.
- b. Hutan Kota di Kota Samarinda belum sepenuhnya di fungsikan dan diperhatikan sebagai mana mestinya hal ini di buktikan dari 16 lokasi yang berstatus Hutan Kota, selama kurun waktu 2018 sampai 2020 mengalami penurunan menjadi 4 lokasi yaitu Hutan Kota Lingkungan Balai Kota, Hutan Kota Arboretum Sempaja (B2P2EHD), Hutan Kota Arboretum Politani, dan Hutan Kota SMU 10 Melati.
- c. Ruang terbuka Hijau khususnya ruang Hutan Kota belum memenuhi standar yang sudah di tentukan dalam UUD 63 tahun 2002 pasal 8.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Hairiah, K., & Mulyani, A. (2011). Pengukuran cadangan karbon tanah gambut. Petunjuk Praktis.
- Amin, N. (2018). CADANGAN KARBON PADA TUMBUHAN HUTAN KOTA BANDA ACEH. *Prosiding Biotik*, 4(1).
- Aprianto, D., Wulandari, C. dan Masruri, N. W. 2016. Karbon Tersimpan pada Kawasan

- Sistem Agroforestri di Register 39 Datar Setuju KPHL Batutegei Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Sylva Lestari* 4(1): 21-30.
- Ardani, C., Hanafi, N., and Pribadi, T. 2016. Perkiraan Luas Ruang Terbuka Hijau untuk Memenuhi Kebutuhan Oksigen di Kota Palangkaraya. *Jurnal Hutan Tropis* 1(1): 32–38. DOI: 10.20527/JHT.V1I1.1481
- Asmani, N. 2009. “Penyerapan Emisi Dan Peningkatan Pendapatan Masyarakat Sekitar Kawasan Hutan Produksi Yang Terdegradasi Melalui Kegiatan Agroforestry Karet.” In Seminar Nasional Karet PERHEPI, 1–10. Jambi.
- Azizah, M., Yuliani, M., & Heriyanto. (2019). Cadangan karbon pada tegakan pohon hutan kota di Taman Margasatwa Ragunan DKI Jakarta. *Florea* 6(1), 1-9.
- Banjarnahor, K.G., Setiawan, A., & Darmawan, A. (2018). Estimasi perubahan karbon tersimpan di atas tanah di Arboretum Universitas Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*, 6(2), 51–59.
- Basuki, T. M., van Laake, P. E., Skidmore, A. K., & Hussin, Y. A. (2009). Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management*, 257(8), 1684–1694. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.01.027>
- Bismark, M, N Heriyanto, dan S Iskandar. 2008. Biomassa dan kandungan karbon pada hutan produksi di Cagar Biosfer Pulau Siberut, Sumatera Barat. *Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 5(5): 397-407.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional, (2011). Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon-Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting). BSN, Jakarta.
- B2P2EHD. 2021. <https://www.diptero.or.id/sarana-dan-prasarana/arboretum-sempaja/>. Diakses pada tanggal 15 Desember 2021.
- Charlos, T.S. dan Sahuri, S. 2014. Potensi Peningkatan Penyerapan Karbon Di Perkebunan Karet Sembawa, Sumatera Selatan. *Widyaiset* 17(3): 363–70.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J. P., Nelson, B. W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., & Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87–99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Elsas, Jansson, V dan Trevors, T. 2007. *Modern Soil Microbiology*. USA: CRC Press Taylor and Francis Group.
- Fahmi, F., Sitorus, S. R., and Fauzi, A. 2016. Evaluasi Pemanfaatan Penggunaan Lahan Berbasis Rencana Pola Ruang Kota Baubau, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Tataloka* 18(1): 27–39. DOI: 10.14710/tataloka.18.1.27-39
- Gardner, P, NA. Campbell dan JB. Reece. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. UI Press. Jakarta. p. 111-113
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. *Petunjuk Praktis Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Plot ke Tingkat Bentang Lahan*. Edisi Ke-2. Malang (ID): World Agroforestry Centre ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Indonesia
- Hakim, R dan Utomo. 2003. *Komponen Perancangan Arsitektur Lanskap*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Hamdaningsih, S. S. (2010). Studi kebutuhan hutan kota berdasarkan kemampuan vegetasi dalam penyerapan karbon di kota mataram. *Majalah Geografi Indonesia*. 24(1): 1-9.
- Hairiah, K., Subekti, R. 2007. Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. World Agroforestry Centre ICRAF. Bogor.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. *Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. And Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Ito, E., Toriyama, J., Araki, M., Kiyono, Y., Kanzaki, M., Tith, B., Keth, S., Chandararity, L., and Chan, S. 2014. Psysicochemical Surface Soil Properties after Litter-Removal Manipulation in a Cambodia Lowland Dry Evergreen Forest. *Journal of Plantation Crops* 48(2): 195–211.

- Ivando D., I. S. Banuwa, dan A. Bintoro. 2019. Karbon Tersimpan pada Berbagai Tipe Kerapatan Tegakan di Hutan Rakyat Desa Sukoharjo I Kecamatan Sukoharjo Kabupaten Pringsewu. *Jurnal Belantara [JBL]* Vol. 2, No. 1, Maret 2019 (53-61). DOI: <https://doi.org/10.29303/jbl.v2i1.96>
- Jones, H.G., 1992. *Plants and Microclimate: A Quantitative approach to environmental plant physiology*. Cambridge University Press. New York.
- Kurniawan, H., & Alfian, R. (2010). Konsep pemilihan vegetasi lansekap pada taman lingkungan di Bunderan Waru Surabaya. *Buana Sains*, 10(2), 181-188.
- Lubis, S.H., H.S. Arifin., dan I. Samsudin. 2013. Analisis cadangan karbon pohon pada lanskap hutan kota di DKI Jakarta. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 10(1), 1-20.
- Mala, Y. P., Kalangi, J. I., & Saroinsong, F. B. (2019). pengaruh ruang terbuka hijau terhadap iklim mikro dan kenyamanan termal pada 3 lokasi di Kota Manado. *Eugenia*, 24(2).
- Manik, E., Siti L. dan Pindi P. 2016. Pendugaan Karbon Tersimpan di Berbagai Jalur Hijau Jalan Arteri Sekunder Kota Medan Bagian Tengah. *Peronema Forestry Science Journal*. 5 (1): 1-10.
- Nowak, D. J. & J. F. Dwyer. 2007. *Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems (Urban and Community Forestry in the Northeast)*. Springer, New York.
- Pranayudha, B. 2013. *Volume, Biomassa, Cadangan Karbon dan Serapan CO₂ Pada Areal Rehabilitasi Tanabe Foundation Di Hutan Pendidikan Gunung Walat*. Skripsi. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Purbawiyatna, A., Kartodihardjo, H., Alikodra, H. S., and Prasetyo, L. B. 2012. Analisis Kebijakan Pengelolaan Hutan Rakyat untuk Mendorong Fungsi Lindung. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 2(1): 1–10. DOI: 10.29244/JPSL.2.1.1
- Rawung, F. C. 2015. Efektivitas Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam Mereduksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Kawasan Perkotaan Boroko. *Media Matrasain* 12(2): 17–32.
- Rijal, S. 2008. Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kota Makassar Tahun 2017. *Jurnal Hutan dan Masyarakat* 3(1): 65–77.
- Sedjarawan, W., Akhbar, & Arianingsih, I. (2014). Biomassa dan karbon pohon di atas permukaan tanah di tepi jalan Taman Nasional Lore Lindu. *Jurnal Warta Rimba*, 2(1), 105–111.
- Sugirahayu, L dan Rusdiana, O. 2011. Perbandingan Simpanan Karbon pada Beberapa Penutupan Lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur Berdasarkan Sifat Fisik dan Sifat Kimia Tanahnya. *Jurnal Silviculture Tropika* 2(3): 149-155.
- Supriadi, H. (2012). Peran Tanaman Karet dalam Mitigasi Perubahan Iklim. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar* 3(1): 79-90.
- Tsunetsugu, Y., Park, B. J., Ishii, H., Hirano, H., Kagawa, T., and Miyazaki, Y. 2007. Physiological Effects of Shinrin-yoku (Taking in the Atmosphere of the Forest) in an Old-Growth Broadleaf Forest in Yamagata Prefecture, Japan. *Journal of Physiological Anthropology* 26(2): 135–142.
- Uthbah, Z., Sudiana, E., dan Yani, E. (2017). Analisis Biomassa dan Cadangan Karbon pada Berbagai Umur Tegakan Damar (*Agathis dammara* Lamb. Rich.) di KPH Banyumas Timur. *Scripta Biologica* 4(2): 119-124.
- Wu, S., Liang, Z., & Li, S. (2018). Relationships between urban development level and urban vegetation states: A global perspective. *Urban Forestry and Urban Greening*, 38(5), 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.12.010>.
- Young, A. 1989. *Agroforestry for Soil Conservation*. USA: CAB International.
- Yunia, L. 2016. Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Meranti (*Shorea leprosula*) di Hutan Alam pada Area Silin PT Inhutani II Pulau Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis*, 4(2): 187-197.

