

**PENDUGAAN BIOMASSA DAN SERAPAN KARBON DI BEBERAPA AREAL
TAMAN HUTAN KOTA JAKARTA, BEKASI DAN BOGOR**
*(Estimated Value of Biomass and Carbon Sequestration in Several Forest Park of
Jakarta, Bekasi and Bogor)*

**Nyoto Santoso¹, Sutopo^{1*}, Gilang Prastya Pambudi², Vregat Febriansyah Danarta³,
Rohma Alif Wibisono³, Tri Puji Astuti³ dan/and Dimas Aryo Wicaksono³**

¹Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan IPB,
Jawa Barat, Indonesia
Jl. Lingkar Akademik Kampus IPB Dramaga Bogor 16680; Telp: 0251-8626806;
Fax : 0251-8626886.
E-mail: dkshe@apps.ipb.ac.id

²Pusat Kajian Biodiversitas dan Rehabilitasi Hutan Tropika Fakultas Kehutanan IPB,
Jawa Barat, Indonesia
Jl. Lingkar Akademik Kampus IPB Dramaga Bogor 16680; Telp: 0251-8621677;
Fax.: 0251-8621256

³Corporate Environment Social Responsibility Security General Affair and Communication,
PT United Tractors Tbk. Jl. Raya Bekasi Km 22, Cakung, Jakarta Timur 13910,
Telp.: (021) 2457 9999

*Email: sutopo80@apps.ipb.ac.id

Tanggal diterima: 9 Oktober 2020; Tanggal disetujui: 9 Februari 2021; Tanggal direvisi: 3 Maret 2021

ABSTRACT

The presence of forest park as green open space in densely populated urban areas and high traffic activities such as Jakarta, Bekasi and Bogor is important in absorbing CO₂. However, the function of urban forests is limited because the studies were carried out on a small scale and at separate loci. This study aimed to estimate the biomass, storage and sequestration of carbon in five green open spaces located in Jakarta and Bogor areas. Biomass was estimated by non-destructive sampling for above ground biomass. The results estimated the forest park in Kanal Banjir Timur (KBT) absorbed CO₂ of 1,000.01 ton/ha/year, the forest park at head office absorbed CO₂ of 937.53 ton/ha/year, Mangrove Forest Park of Muara Tawar Bekasi absorbed CO₂ of 46.10 ton/ha/year, and the Bukit Golf Pantai Indah Kapuk area absorbed CO₂ of 147.91 tonnes/ha/year. Meanwhile the campus Forest Park of IPB University absorbed CO₂ of 0.16 ton/ha. The value difference is influenced by parameters such as size or scale of sampling areas, number of stands, diameter, height, and coefficient value for each plant species. This study is expected to contribute in providing information and data on biomass, carbon content, and absorption in urban areas.

Keywords: Biomass, carbon sequestration, urban forest

ABSTRAK

Keberadaan taman hutan sebagai ruang terbuka hijau di wilayah perkotaan yang padat penduduk dan aktivitas lalu lintas yang tinggi, seperti DKI Jakarta, Bekasi dan Bogor menjadi penting dalam menyerap CO₂. Namun informasi dan data mengenai peran hutan kota masih sangat sedikit, karena umumnya kajian dilakukan dalam skala kecil dan pada

lokus yang terpisah-pisah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menduga biomassa, simpanan dan serapan karbon pada lima ruang terbuka hijau di lima titik wilayah Jakarta dan Bogor. Metode yang digunakan untuk menduga biomassa adalah dengan *non-destructive sampling* untuk biomassa di atas permukaan tanah (*above ground biomass*). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa ruang terbuka hijau di Taman Kanal Banjir Timur (KBT) mampu menyerap CO₂ sebesar 1.000,01 ton/tahun; Taman Hutan *Tractors Head Office* mampu menyerap CO₂ sebesar 937,53 ton/tahun, Taman Wisata Mangrove Muara Tawar Bekasi mampu menyerap karbon CO₂ sebesar 46,10 ton/tahun, dan Taman Hutan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk mampu menyerap CO₂ sebesar 147,91 ton/tahun. Sementara Taman Hutan Kampus IPB Dramaga Bogor mampu menyerap CO₂ sebesar 0,16 ton/tahun. Perbedaan nilai tersebut dipengaruhi oleh berbagai parameter seperti luas areal kajian, jumlah tegakan, diameter, tinggi, dan nilai koefisien pada masing-masing jenis tumbuhan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam memberikan informasi dan data mengenai biomassa, kandungan dan serapan karbon di wilayah kajian.

Kata kunci : Biomassa, hutan kota, serapan karbon

I. PENDAHULUAN

Persoalan utama yang dirasakan namun seringkali diacuhkan oleh masyarakat yang tinggal di wilayah kota besar adalah terjadinya penurunan kualitas udara sebagai akibat dari bertambahnya emisi dari gas buang. Salah satu gas buang adalah CO₂ yang dapat bersumber dari kendaraan bermotor dan industri (Ismiyati, Marlita, & Saidah, 2014; Darmanto, & Sofyan, 2012). Kecenderungan penurunan kualitas udara terjadi selain karena kedua sumber pencemar tersebut, juga disebabkan karena sumber serapan alami, seperti pepohonan yang berfungsi menyerap gas buang (CO₂) di wilayah perkotaan sangat sedikit, bahkan pada beberapa pusat perkotaan tidak memiliki tegakan dan hanya berupa bangunan. Pentingnya tegakan pohon atau jalur hijau di wilayah perkotaan dalam menyerap gas buang tersebut karena jalur hijau di wilayah perkotaan benar-benar sangat efektif dalam mengurangi polutan gas CO (Izzah, Nasrullah, & Sulistyantara, 2019).

Karbon dioksida (CO₂) memiliki peranan penting dalam peningkatan gas rumah kaca. Rosot karbon dioksida berhubungan erat dengan biomassa tegakan. Pohon melalui proses fotosintesis menyerap CO₂ dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuh pohon (Karim,

Purwiyanto, & Agustriani, 2019). Biomassa tumbuhan berperan penting dalam siklus karbon. Pengukuran biomassa hutan mencakup seluruh biomassa hidup yang ada di atas permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah serta bahan organik yang mati meliputi kayu mati dan serasah.

Kota merupakan sebuah sistem terbuka, baik secara fisik maupun ekonomi, bersifat tidak statis, dan dinamis atau bersifat sementara. Keberadaan sebuah kota bertujuan dalam hal pemenuhan kebutuhan penduduk, sehingga bisa bertahan dan melanjutkan hidupnya. Seiring dengan itu, maka akan terjadi perkembangan kota sebagai pusat perdagangan, jasa permukiman, pemerintahan, budaya, pendidikan, dan rekreasi. Meningkatnya jumlah penduduk di perkotaan akan menyebabkan semakin banyaknya pemanfaatan sumber daya alam dan lingkungan. Semakin banyaknya jumlah kendaraan bermotor dan berbagai industri yang menggunakan bahan bakar menyebabkan konsentrasi gas CO₂ di udara semakin meningkat (Darmanto & Sofyan, 2012). Sejalan dengan hal tersebut kualitas udara di perkotaan akan semakin buruk karena adanya pencemaran udara dari berbagai sumber yang dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global.

Keberadaan ruang terbuka hijau di kawasan perkotaan dapat menjadi alternatif

pengganti hutan alami yang telah terdegradasi. Kota juga merupakan pusat kegiatan yang dapat menghasilkan emisi karbon, sehingga keberadaan kawasan hijau di perkotaan perlu ditingkatkan. Fungsi vegetasi dalam ruang terbuka hijau yaitu sebagai penghasil oksigen dan penyerap karbon dioksida melalui proses fotosintesis (Hamdaningsih, Fandeli, & Baiquni, 2010). Tumbuhan memerlukan karbon dioksida, air, dan unsur hara serta sinar matahari untuk kelangsungan hidupnya. Tumbuhan mengubah karbon dioksida dan air dengan bantuan sinar matahari (sebagai sumber energi) menjadi karbohidrat, oksigen, dan air (Yustiningsih, 2019). Karbohidrat tersebut tersimpan dalam batang, daun, bunga, ranting, dan buah, sehingga karbon yang tersimpan dalam tanaman dapat menggambarkan jumlah karbon dioksida yang terserap oleh tanaman. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur kandungan biomassa dan menduga nilai serapan karbon yang terserap di lima lokasi hutan kota, sehingga dapat bermanfaat dalam memberikan informasi dan data mengenai potensi biomassa dan serapan karbon di beberapa titik wilayah Jakarta, Bekasi, dan Bogor.

II. METODOLOGI

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di bulan September 2019 dan bulan Juli 2020. Pengambilan data bertempat di lima lokasi, yaitu: (1) Taman Hutan Kanal Banjir Timur (KBT) Jakarta Timur, (2) Taman Hutan *United Tractors Head Office* Cakung Jakarta Timur, (3) Taman Wisata Mangrove Muara Tawar Bekasi, (4) Taman Hutan Mangrove Bukit Golf Pantai Indah Kapuk Jakarta Utara, dan (5) Taman Hutan Kampus IPB Dramaga Bogor.

Taman Hutan Banjir Kanal Timur berada pada koordinat $6^{\circ}13'42,16''$ LS dan $106^{\circ}55'3,86''$ BT dengan luas total 3,94 ha. Taman Hutan *United Tractors Head Office* berada pada koordinat $6^{\circ}11'1,84''$ LS dan

$106^{\circ}55'49,01''$ BT dengan luas total (areal taman dan gedung-gedung perkantoran) sebesar 18,8 ha. Areal taman wisata mangrove di Muara Tawar berada pada koordinat $6^{\circ}04'48,3''$ LS dan $107^{\circ}00'10,3''$ BT, dengan luas wilayah yang tertanam mangrove adalah 0,2 ha. Areal penanaman yang berada di Taman Hutan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk, Jakarta Utara pada koordinat $6^{\circ}07'10,6''$ LS dan $106^{\circ}44'24,9''$ BT, dengan luas areal yang tertanam mangrove, yaitu 0,18 ha. Lokasi pendugaan kandungan biomassa dan serapan karbon di Taman Hutan Kampus IPB berada pada koordinat $6^{\circ}32'44''$ LS dan $106^{\circ}43'5''$ BT dengan luas areal yang tertanam adalah 0,09 ha. Pengambilan data lapangan dilakukan pada bulan Juni-Juli 2020. Berikut adalah gambaran peta lokasi kajian pendugaan biomassa dan serapan karbon di ketiga wilayah studi (Gambar 1).

B. Metode

Pengumpulan data untuk parameter diameter dan tinggi tanaman/pohon menggunakan metode sensus dan sampling dengan melakukan pengukuran tanpa melakukan penebangan. Metode sensus dilakukan pada lokasi Taman Kanal Banjir Timur (KBT), Taman *United Tractors Head Office* dan Taman Hutan Kampus IPB Dramaga Bogor. Hal ini karena kerapatan tanaman pada areal kajian tergolong tidak merata (spot tertentu) dan terdapat emplasemen (tempat terbuka) diantara tanaman. Metode sampling dilakukan di lokasi Muara Tawar Bekasi dan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk. Hal ini karena kerapatan tanaman pada areal kajian tergolong merata.

Data yang diperoleh dengan *sampling* menggunakan petak contoh berbentuk bujur sangkar dengan sub plot ukuran $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ untuk semai (pemudaan tingkat tanaman sampai setinggi 1,5 m), sub plot $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ untuk pancang (pemudaan dengan tinggi $> 1,5\text{ m}$ dan diameter $< 10\text{ cm}$), dan sub plot $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ untuk pohon (diameter 10 cm) (Warpur, 2016). Petak contoh tersebut

diletakkan pada wilayah penanaman berupa mangrove karena kondisi tegakan cenderung mengelompok. Pada setiap plot diidentifikasi jenis tumbuhan di ekosistem mangrove yang ditemukan secara menyeluruh dengan berpedoman pada buku Panduan Pengenalan Mangrove Indonesia (Noor, Khazali, & Suryadiputra, 2006), mengukur lingkaran tiap batang mangrove yang ditemukan, kemudian mencatat jumlah individu masing-masing spesies mangrove tersebut.

C. Analisis Data

1. Analisis potensi biomassa

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah *non-destructive sampling* atau tanpa penebangan. Metode ini dilakukan dengan mengukur diameter pohon dengan menggunakan rumus allometrik yang sesuai untuk mengestimasi biomassa menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Chave, et al., (2005). Rumus allometrik dipakai untuk menaksir biomasa pohon di daerah tropis, baik ukuran besar maupun kecil, serta untuk pohon-pohon yang tumbuh di zona iklim lembab.

Rumus allometrik tersebut yaitu :

$$(AGB)_{est} = \rho \times \exp(-1,499 + 2,148 \ln(D) + 0,207 (\ln(D))^2 - 0,0281 (\ln(D))^3)$$

Keterangan:

$(AGB)_{est}$ = Above Ground Biomass

ρ = Berat jenis kayu (gram/cm^3)

D = Diameter (cm)

Rumus allometrik yang digunakan untuk jenis Bakau (*Rhizophora* sp.) menggunakan rumus allometrik Dharmawan (2010) dengan nilai R^2 sebesar 0,936 yaitu:

$$Y = 0,1466(Dbh)^{2,3136}$$

Keterangan:

Y = Above Ground Biomass

Dbh = Diameter setinggi dada (cm)

Selanjutnya untuk penentuan biomassa pohon persatuan luas dengan rumus:

$$\text{Biomassa pohon persatuan luas} = \frac{\sum B}{L}$$

Keterangan:

$\sum B$ = Total biomassa pohon tiap kelas

L = Luas areal (ha)

2. Analisis potensi karbon

Kandungan karbon dari biomassa pohon yang diperoleh dihitung dengan cara dikalikan 0,5 (ton/ha) menurut Brown (1997).

3. Serapan karbon dioksida (CO₂)

Besar simpanan karbon yang didapatkan kemudian dikonversi menjadi nilai serapan karbon dioksida (CO₂) menggunakan rumus rasio berat molekul karbon dioksida terhadap karbon sebagai berikut (Azzahra, Suryanti, & Febrianto, 2020):

$$CO_2 = \frac{44}{12} C$$

Keterangan:

(CO₂) = Jumlah gas (CO₂) yang diserap (ton/ha)

C = Jumlah karbon yang disimpan (ton/ha)

Hasil analisis data kandungan biomassa dan serapan karbon merupakan ekspresi pendugaan hanya untuk 1 tahun, yaitu pada tahun dilakukan pengambilan data (lokasi 1 dan 2) pada tahun 2019 dan lokasi 3, 4, dan 5 pada tahun 2020, sehingga tidak berlaku atau dapat dikonversi pada tahun sebelum dan pada tahun berikutnya.



Gambar (Figure) 1. Peta lokasi pengambilan data biomassa dan serapan karbon di wilayah DKI Jakarta, Bekasi, dan Bogor (*Location map for biomass and carbon sequestration data collection in DKI Jakarta, and Bogor areas*)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Rekapitulasi hasil perhitungan pendugaan biomassa dan serapan karbon dioksida (CO₂) di keseluruhan areal kajian dapat dilihat pada Tabel 1.

1. Kandungan biomassa dan nilai serapan karbon di Taman Hutan Banjir Kanal Timur (BKT)

Taman Hutan Kanal Banjir Timur (KBT) memiliki empat blok taman hutan dan pada keempat blok memiliki nilai kandungan karbon berbeda. Adapun hasil rekapitulasi biomassa dan kandungan karbon di Taman Hutan KBT (blok 1-blok 4) disajikan pada Tabel 2 dan untuk penjelasan masing-masing blok disajikan pada pada Tabel 3 sampai Tabel 6.

Blok taman hutan yang memiliki kandungan biomassa dan serapan karbon yang terbesar yaitu pada blok 1, yaitu sebesar 197,75 ton (biomassa) dan 340,79 ton CO₂ (serapan karbon). Hal ini karena pada blok 1 memiliki jenis yang beragam

dengan kerapatan paling tinggi dari blok lainnya. Jenis yang paling dominan pada Taman Hutan BKT ini adalah jenis *Eucalyptus deglupta*. Jenis ini berada pada masing-masing blok di Taman Hutan BKT dengan jumlah yang paling tinggi. Kemampuan pohon-pohon di Taman Hutan BKT dalam penyerapan karbon CO₂ sebesar 1.000,01 ton/ha. Berikut adalah hasil analisis karbon yang terdapat di masing-masing blok di Taman Hutan BKT (Tabel 3 sampai Tabel 6).

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa jenis *Eucalyptus deglupta* memiliki simpanan karbon tertinggi dari jenis lainnya, yaitu sebesar 50,82 ton dengan luas blok 1,13 ha. Hal ini dikarenakan jenis tersebut memiliki diameter yang besar dan jumlah pohon yang banyak, yaitu 94 pohon.

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa jenis *Eucalyptus deglupta* memiliki simpanan karbon tertinggi dari jenis lainnya yaitu sebesar 33,12 ton dengan luas blok 0,78 ha. Hal ini dikarenakan pada jenis tersebut memiliki diameter yang besar dan jumlah yang banyak, yaitu 90 pohon.

Tabel (Table) 1. Rekapitulasi nilai pendugaan biomassa dan serapan Karbon dioksida (CO₂) (Recapitulation of estimated value of biomass and carbon dioxide (CO₂) sequestration)

No	Lokasi (Location)	Luas (Area) (ha)	Biomassa (Biomass) (ton)	CO ₂ (ton)
1	Taman Hutan Kanal Banjir Timur	3,94	580,277	1.000,014
2	Taman Hutan United Tractors Head Office United Tractors	18,80	543,973	937,526
3	Taman Wisata Mangrove Muara Tawar Bekasi	0,20	25,166	46,102
4	Taman Hutan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk	0,18	80,677	147,907
5	Taman Hutan Kampus IPB Dramaga Bogor	0,09	0,092	0,158

Sumber (Source): Data primer pengukuran lapang (Primary data from field observation)

Tabel (Table) 2. Total biomassa dan kandungan karbon di Taman Hutan KBT (Total biomass and carbon sequestration in KBT Forest Park)

No	Blok (Block)	Luas areal (Area) (ha)	Biomassa (Biomass) (Ton)	Karbon (Carbon) (Ton)	CO ₂ (Ton)
1.	Blok (Block) 1	1,13	197,751	92,944	340,793
2.	Blok (Block) 2	0,78	114,002	53,581	196,463
3.	Blok (Block) 3	0,59	85,918	40,381	148,065
4.	Blok (Block) 4	1,44	182,606	85,825	314,692
Total			580,277	272,731	1.000,014

Sumber (Source): Data primer pengukuran lapang (Primary data from field observation)

Tabel (Table) 3. Total biomassa dan kandungan karbon di Taman Hutan KBT Blok 1 (Total biomass and carbon content in the KBT Forest Park Block 1)

No.	Jenis (Type)	Nama ilmiah (Scientific name)	Biomassa (Biomass) (ton)	Karbon (Carbon) (ton)
1.	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i> L.	6,675	3,137
2.	Flamboyan	<i>Delonix regia</i> (Hook.) Raf	19,257	9,051
3.	Jambu Air	<i>Syzygium aqueum</i> (Burm. f.) Alston	0,607	0,285
4.	Unidentification	Unidentification	0,149	0,070
5.	Ketapang Kencana	<i>Terminalia mantaly</i> H Perrier	6,470	3,041
6.	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	0,605	0,285
7.	Mangga	<i>Mangifera</i> sp.	0,596	0,280
8.	Pelangi	<i>Eucalyptus deglupta</i> Blume.	108,127	50,819
9.	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i> L.	0,410	0,192
10.	Trembesi	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	54,856	25,782
Total			197,751	92,943

Sumber (Source): Data primer pengukuran lapang (Primary data from field observation)

Tabel (Table) 4. Total biomassa dan kandungan karbon di Taman Hutan KBT Blok 2 (*Total biomass and carbon content at KBT Forest Park Block 2*)

No.	Jenis (Type)	Nama ilmiah (Scientific name)	Biomassa (Biomass) (ton)	Karbon (Carbon) (ton)
1.	Beringin	<i>Ficus benjamina</i> L.	0,041	0,019
2.	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i> L.	0,026	0,012
3.	Flamboyan	<i>Delonix regia</i> (Hook.) Raf	29,228	13,737
4.	Glodokan tiang	<i>Polyalthia longifolia</i> Sonn.	3,657	1,719
5.	Kayu Putih	<i>Melaleuca leucadendra</i> L.	0,016	0,007
6.	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i> L.	0,080	0,038
7.	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq	0,336	0,158
8.	Mangga	<i>Mangifera</i> sp	1,672	0,786
9.	Nyamplung	<i>Calophyllum inophyllum</i>	0,176	0,083
10.	Pelangi	<i>Eucalyptus deglupta</i>	70,469	33,120
11.	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i> L.	0,544	0,256
12.	Trembesi	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	7,756	3,645
Total			114,002	53,581

Sumber (Source): Data primer pengukuran lapang (*Primary data from field observation*)

Tabel (Table) 5. Total biomassa dan kandungan karbon di Taman Hutan KBT Blok 3 (*Total biomass and carbon sequestration at KBT Forest Park Block 3*)

No.	Jenis (Type)	Nama ilmiah (Scientific name)	Biomassa (Biomass) (ton)	Karbon (Carbon) (ton)
1.	Flamboyan	<i>Delonix regia</i> (Hook.) Raf	22,517	10,583
2.	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq	0,672	0,316
3.	Mindi	<i>Melia azedarach</i> L.	1,363	0,641
4.	Pelangi	<i>Eucalyptus deglupta</i> Blume	37,296	17,529
5.	Sirsak	<i>Annona muricata</i> Linn.	0,258	0,121
6.	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i> L.	2,152	1,011
7.	Trembesi	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	21,661	10,180
Total			85,918	40,381

Sumber (Source): Data primer pengukuran lapang (*Primary data from field observation*)

Tabel (Table) 6. Total biomassa dan kandungan karbon di Taman Hutan KBT Blok 4 (*Total biomass and carbon sequestration at KBT Forest Park Block 4*)

No.	Jenis (Type)	Nama ilmiah (Scientific name)	Biomassa (Biomass) (ton)	Karbon (Carbon) (ton)
1.	Flamboyan	<i>Delonix regia</i> (Hook.) Raf	12,097	5,685
2.	Kapuk Randu	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	1,104	0,520
3.	Ketapang Kencana	<i>Terminalia mantaly</i> H Perrier	1,920	0,901
4.	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq	10,885	5,116
5.	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lamk.	0,124	0,058
6.	Pelangi	<i>Eucalyptus deglupta</i> Blume.	98,238	46,172
7.	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i> L.	0,501	0,236
8.	Trembesi	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	57,737	27,137
Total			182,606	85,825

Sumber (Source): Data primer pengukuran lapang (*Primary data from field observation*)

Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa jenis *E. deglupta* memiliki simpanan karbon tertinggi dari yang lain, yaitu sebesar 17,529 ton dengan luas blok sebesar 0,59 ha. Hal tersebut karena *E. deglupta* memiliki diameter yang besar dan jumlah yang banyak, yaitu 52 pohon.

Berdasarkan Tabel 6 tersebut menunjukkan bahwa jenis *E. deglupta* tetap menjadi yang paling tertinggi dengan nilai karbon sebesar 46,172 ton. Hal ini dikarenakan pada jenis Pelangi memiliki diameter yang besar dan jumlah yang banyak yaitu 138 pohon dengan luas blok 4, yaitu 1,44 ha.

2. Kandungan biomassa dan nilai serapan karbon di Taman Hutan Head Office PT United Tractors Tbk

Jenis yang memiliki nilai serapan karbon tertinggi adalah jenis *Pterocarpus indicus*. Hal ini dikarenakan jenis tersebut memiliki diameter yang besar dan jumlahnya banyak (75 pohon), sehingga mempengaruhi nilai karbonnya. Kemampuan pohon-pohon di Taman Hutan *United Tractors Head Office* dalam penyerapan karbon CO₂ sebesar 937,526 ton. Berikut adalah hasil rekapitulasi nilai dan serapan karbon pada vegetasi di sekitar Taman Hutan *United Tractors Head Office* (Tabel 7).

3. Kandungan biomassa dan nilai serapan karbon di Taman Hutan Mangrove Muara Tawar Bekasi

Nilai biomassa dan serapan karbon tertinggi di wilayah Taman Hutan Mangrove Muara Tawar Bekasi dimiliki oleh jenis *R. mucronata*, dengan nilai biomassa 24,46 ton dan nilai karbon 12,23 ton. Selain itu, jenis tersebut memiliki nilai serapan karbon (ton) tertinggi dibandingkan dengan jenis lainnya dengan luas areal kajian sebesar 0,2 ha. Hal ini dikarenakan

jenis *R. mucronata* memiliki jumlah pohon yang paling banyak, yaitu 1.640 pohon. Kemampuan pohon-pohon tanaman *PT United Tractors Tbk* di Taman Hutan Mangrove Muara Tawar Bekasi dalam penyerapan CO₂ sebesar 46,10 ton. Berikut adalah hasil analisis karbon yang terdapat di areal Taman Hutan Mangrove Muara Tawar Bekasi (Tabel 8).

4. Kandungan biomassa dan nilai serapan karbon di Taman Hutan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk

Kandungan biomassa dan nilai serapan karbon yang berada di lokasi Taman Hutan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk memiliki perbedaan berdasarkan pada jenis tanaman yang diukur, yaitu hanya ada lima jenis yang berada di lokasi sampling. Kelima jenis tersebut diantaranya adalah bakau kurap (*R. mucronata*), bintaro (*C. manghas*), flamboyan (*D. regia*), trembesi (*S. saman*), dan lamtoro (*L. leucocephala*). Adapun kandungan karbon pada masing-masing jenis tanaman yang berada di lokasi sampling Taman Hutan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk disajikan pada tabel berikut (Tabel 9).

Tabel (Table) 7. Total biomassa dan nilai serapan karbon di Taman Hutan *United Tractors Head Office* (Total biomass and carbon sequestration value in *United Tractors Head Office Forest Park*)

No.	Jenis (Type)	Nama ilmiah (Scientific name)	Biomassa (Biomass) (ton)	Karbon (Carbon) (ton)	CO ₂ (ton)
1.	Akasia	<i>Acacia mangium</i> Willd.	5,245	2,463	9,043
2.	Alpukat	<i>Persea americana</i> Mill	0,056	0,038	0,113
3.	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i> Willd	159,424	74,937	274,762
4.	Ara kijang	<i>Ficus crassiramea</i> Miq.	11,656	5,471	20,078
5.	Ara suci	<i>Ficus religiosa</i> L.	0,752	0,357	1,297
6.	Belimbing	<i>Averrhoa carambola</i> L.	0,075	0,038	0,132
7.	Belimbing wuluh	<i>Averrhoa bilimbi</i> L.	0,094	0,038	0,169
8.	Beringin	<i>Ficus benjamina</i> L.	0,526	0,244	0,921
9.	Biola cantik	<i>Ficus lyrata</i> Warb.	6,918	3,252	11,919
10.	Buah roda	<i>Hura crepitans</i> L.	0,226	0,113	0,376
11.	Cemara	<i>Casuarina sp</i>	4,550	2,143	7,858
12.	Dadap merah	<i>Erythrina crista-galli</i> L.	7,934	3,722	13,668
13.	Flamboyan	<i>Delonix regia</i> (Hook.) Raf	6,072	2,858	10,453
14.	Glodokan tiang	<i>Polyalthia longifolia</i> Sonn.	10,152	4,775	17,503
15.	Jamblang	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	3,478	1,636	5,997
16.	Jambu biji	<i>Psidium guajava</i> Linn.	0,338	0,169	0,602
17.	Jambu bol	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M.Perry	5,471	2,576	9,419

Pendugaan Biomassa dan Serapan Karbon di Beberapa Areal Taman Hutan Kota Jakarta, Bekasi dan Bogor

Nyoto Santoso, Sutopo, Gilang Prastya Pambudi, Vregat Febriansyah Danarta, Rohma Alif Wibisono, Tri Puji Astuti dan/and Dimas Aryo Wicaksono

Lanjutan (*To be continue*)

No.	Jenis (Type)	Nama ilmiah (Scientific name)	Biomassa (Biomass) (ton)	Karbon (Carbon) (ton)	CO ₂ (ton)
18.	Jambu mede	<i>Anacardium occidentale</i> Linn.	0,978	0,451	1,673
19.	Jati	<i>Tectona grandis</i> Linn. f	31,791	14,946	54,783
20.	Kamboja	<i>Plumeria</i> sp	2,745	1,278	4,719
21.	Kapuk	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	22,353	10,509	38,540
22.	Karet kebo	<i>Ficus elastica</i> Roxb.	12,765	5,997	22,015
23.	Kecrutan	<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.	1,918	0,902	3,328
24.	Kersen	<i>Muntingia calabura</i> Linn.	0,132	0,056	0,226
25.	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i> Linn.	0,113	0,056	0,188
26.	Ketapang kencana	<i>Terminalia mantaly</i> H Perrier	1,034	0,489	1,786
27.	Kordia	<i>Cordia sebestena</i> Linn.	0,414	0,188	0,714
28.	Krei payung	<i>Filicium decipiens</i> (Wight & Arn.) Thwaites	2,576	1,203	4,437
29.	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i> (Schltdl.) Benth.	0,733	0,357	1,278
30.	Mahang damar	<i>Macaranga triloba</i> (Thunb.) Mull. Arg.	0,808	0,376	1,372
31.	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq	0,006	0,003	0,011
32.	Mangga	<i>Mangifera indica</i> Linn.	103,889	48,824	179,051
33.	Matoa	<i>Pometia pinnata</i> JR Forst. & G. Forst.	0,019	0,019	0,038
34.	Mengkudu	<i>Morinda citrifolia</i> Linn.	0,451	0,207	0,790
35.	Mindi kecil	<i>Melia azedarach</i> Linn.	0,226	0,113	0,395
36.	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lamk.	6,900	3,234	11,882
37.	Daun kupu-kupu	<i>Bauhinia purpurea</i> Linn.	6,975	3,290	12,032
38.	Pelangi	<i>Eucalyptus deglupta</i> Blume	2,256	1,072	3,892
39.	Sosis	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth	10,829	5,095	18,650
40.	Sawo	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	0,338	0,169	0,583
41.	Sawo kecil	<i>Manilkara kauki</i> Linn.	0,902	0,432	1,560
42.	Sirsak	<i>Annona muricata</i> Linn.	0,008	0,004	0,015
43.	Sukun	<i>Artocarpus altilis</i> (Park.) Fsb.	7,088	3,328	12,201
44.	Tabebuaya kuning	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. Ex DC.) Mattos	14,344	6,730	24,703
45.	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i> Linn.	56,494	26,546	97,346
46.	Tengguli	<i>Cassia fistula</i> Linn.	2,256	1,053	3,873
47.	Trembesi	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	25,718	12,088	44,330
49.	Walisongo	<i>Schefflera actinophylla</i> (Endl.) Harms	0,207	0,094	0,357
50.	Waru daun merah	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	3,741	1,767	6,448
Total			543,973	255,706	937,526

Sumber (*Source*): Data primer pengukuran lapang (*Primary data from field observation*)

Tabel (*Table*) 8. Total biomassa dan nilai serapan karbon di Taman Hutan Mangrove Muara Tawar Bekasi (*Total Biomass and carbon sequestration at Mangrove Forest Park Muara Tawar Bekasi*)

No.	Jenis (Type)	Nama ilmiah (Scientific name)	Biomassa (<i>Biomass</i>) (ton)	Karbon (<i>Carbon</i>) (ton)	CO ₂ (ton)
1.	Bakau Kurap	<i>Rhizophora mucronata</i> Lam.	24,461	12,231	44,809
2.	Bakau Minyak	<i>Rhizophora apiculata</i> Blume	0,272	0,136	0,498
3.	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i> L.	0,433	0,217	0,794
Total			25,166	12,583	46,102

Sumber (*Source*): Data primer pengukuran lapang (*Primary data from field observation*)

Tabel (Table) 9. Total biomassa dan nilai serapan karbon di Taman Hutan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk (*Total biomass and carbon sequestration value at Forest Park of Bukit Golf Pantai Indah Kapuk*)

No.	Jenis (Type)	Nama ilmiah (Scientific name)	Biomassa (Biomass) (ton)	Karbon (Carbon) (ton)	CO ₂ (ton)
1.	Bakau kurap	<i>Rhizophora mucronata</i> Lam.	20,610	10,305	37,785
2.	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i> L.	1,534	0,767	2,812
3.	Flamboyan	<i>Delonix regia</i> (Hook.) Raf.	15,538	7,769	28,486
4.	Trembesi	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	35,420	17,710	64,937
5.	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i> (Schltdl.) Benth.	7,574	3,787	13,886
Total			80,677	40,338	147,907

Sumber (Source): Data primer pengukuran lapangan (*Primary data from field observation*)

Tabel (Table) 10. Total biomassa dan nilai serapan karbon di Taman Hutan Kampus IPB Dramaga Bogor (*Total biomass and carbon sequestration at Taman Hutan Kampus of IPB Dramaga Bogor*)

No.	Jenis (Type)	Nama ilmiah (Scientific name)	Biomassa (Biomass) (ton)	Karbon (Carbon) (ton)	CO ₂ (ton)
1.	Rasamala	<i>Liquidambar excelsa</i> (Noronha) Oken	0,014	0,006	0,024
2.	Meranti Tembaga	<i>Shorea leprosula</i> Miq.	0,034	0,016	0,059
3.	Bisbul	<i>Diospyros discolor</i> Willd.	0,012	0,006	0,021
4.	Eboni	<i>Diospyros celebica</i> Bakh.	0,005	0,003	0,009
5.	Merbau	<i>Intsia bijuga</i> (Colebr.) Kuntze	0,016	0,007	0,027
6.	Tengkawang Tungkul	<i>Shorea stenoptera</i> Burck	0,003	0,001	0,005
7.	Sanrego	<i>Lunasia amara</i> Blanco	0,001	0,0005	0,002
8.	Ceremai	<i>Phyllanthus acidus</i> (L.) Skeels	0,001	0,001	0,002
9.	Suren	<i>Toona sureni</i> (Blume) Merr.	0,005	0,003	0,009
Total			0,092	0,043	0,158

Sumber (Source): Data primer pengukuran lapangan (*Primary data were field measurements*)

Pada Tabel 9 menunjukkan bahwa jenis *S. saman* pada areal Taman Hutan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk memiliki nilai biomassa (ton) dan serapan karbon (ton) tertinggi dibandingkan dengan jenis lainnya dengan luas areal kajian sebesar 0,18 ha. Hal ini dikarenakan jenis tersebut memiliki nilai rata-rata diameter pohon yang paling besar dengan jumlah individu, yaitu sebanyak 27 pohon. Kemampuan tanaman di Taman Hutan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk dalam penyerapan CO₂ sebesar 147,91 ton.

5. Kandungan biomassa dan nilai serapan karbon di Taman Hutan Kampus IPB Dramaga Bogor

Tanaman yang terdapat di areal Taman Hutan Kampus IPB Dramaga merupakan perwakilan dari beberapa jenis yang dilindungi dan langka dari kelompok hutan dataran. Pada Tabel 10 adalah hasil analisis

karbon yang terdapat di areal Taman Hutan Kampus IPB Dramaga.

Tabel 10 menunjukkan bahwa tanaman jenis *S. leprosula* memiliki biomassa tertinggi dan kemampuan serapan karbon tertinggi. Hal ini dikarenakan jenis *S. leprosula* memiliki diameter yang besar dengan jumlah pohon sebanyak 28 individu. Kemampuan pohon-pohon tanaman *United Tractors* di Taman Hutan Kampus IPB Dramaga Bogor dalam penyerapan karbon CO₂ sebesar 0,16 ton.

B. Pembahasan

Pendugaan biomassa dan serapan CO₂ pada kajian ini merupakan nilai riil. Faktor luas areal kajian memiliki pengaruh terhadap nilai biomassa dan serapan CO₂. Hal ini dapat dilihat bahwa nilai biomassa dan serapan CO₂ pada lokasi Taman Hutan KBT dan *United Tractor Head Office* merupakan yang terbesar karena kedua lokasi tersebut memiliki luas areal yang

lebih luas dibandingkan lokasi kajian lainnya yang masing-masing luas arealnya di bawah 1 ha. Perbedaan nilai biomassa dan serapan CO₂ di masing-masing lokasi kajian juga dipengaruhi oleh jumlah dan kerapatan pohon, diameter pohon, jenis pohon, tajuk pohon, faktor lingkungan yang meliputi penyinaran matahari, kadar air, suhu, dan kesuburan tanah yang mempengaruhi laju fotosintesis. Besarnya biomassa ditentukan oleh diameter, tinggi tanaman, kerapatan kayu, dan kesuburan tanah (Banjarnahor, Setiawan, & Darmawan, 2018; Azizah et al., 2019; Sedjarawan, Akhbar, & Heriyanto, 2014).

Pada lokasi Taman Hutan KBT dan *United Tractor Head Office* memiliki jumlah pohon yang banyak dengan rata-rata diameter yang besar, kerapatan pohon yang termasuk tinggi dan jenis pohon yang memiliki berat jenis rata-rata cukup tinggi. Diketahui bahwa pada lokasi Taman Hutan Mangrove Muara Tawar Bekasi memiliki jumlah pohon yang lebih banyak dan kerapatan yang lebih tinggi dibandingkan lokasi lainnya. Namun diameter dan tinggi pohonnya relatif lebih kecil karena tanaman/tumbuhan pada lokasi Taman Hutan Mangrove Muara Tawar Bekasi sebagian besar (99%) masih pada tingkat pancang. Hal inipun sama dengan kondisi pohon yang berada di Taman Hutan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk, dimana mayoritas pertumbuhan pohonnya termasuk dalam tingkat pancang. Jumlah individu yang paling sedikit dan kerapatan terendah terdapat pada lokasi Taman Hutan Kampus IPB Dramaga Bogor. Diameter dan tinggi pada tumbuhan di lokasi tersebut relatif kecil karena seluruh tumbuhannya masih pada tingkat pancang dan umur relatif masih muda (< 1 tahun). Hal ini mempengaruhi terhadap kandungan biomassa dan cadangan karbon karena umur mempengaruhi diameter batang tegakan, yang berbanding lurus dengan kandungan biomassa dan karbon (Uthbah, Sudiana, & Yani, 2017). Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi rendahnya serapan karbon adalah kerapatan tegakan bahwa kerapatan

berbanding lurus dengan serapan karbon di hutan kota dalam mereduksi CO₂ (Handika, Fitriada, & Rhodiyah, 2020). Kerapatan tegakan pada areal penanaman di Taman Hutan Kampus IPB Dramaga sangat rendah masing-masing hanya memiliki jarak tanam 1 m x 1 m. Perbedaan biomassa tersebut diakibatkan oleh adanya perbedaan jumlah pohon/kerapatan dan diameter rata-rata pohon (Saharjo, & Wardhana, 2011).

Taman Kanal Banjir Timur memiliki nilai biomassa, simpanan karbon, dan serapan karbon tertinggi. Hal ini karena pohon-pohon di lokasi tersebut memiliki rata-rata diameter yang besar, kerapatan pohon yang termasuk tinggi, dan jenis pohon yang memiliki berat jenis rata-rata cukup tinggi. Besarnya biomassa pada masing-masing petak ukur akan dipengaruhi oleh jenis pohon, jumlah, dan diameter (Istomo, & Farida, 2010; Yunita, 2016). Gambaran umur populasi sering dinyatakan dalam diameter, sehingga semakin bertambah umur tanaman, maka semakin besar kandungan biomassa di atas tanah (Manafe, Kaho, & Risamasu, 2016). Perbedaan cadangan karbon yang tersimpan disebabkan adanya perbedaan besaran diameter diantara tegakan, dimana semakin besar diameter pohon penyusun suatu lahan, maka berat biomassa pohon pada lahan tersebut akan semakin besar pula. Secara umum biomassa pada tiap bagian pohon terbesar diperoleh dari pohon dengan diameter yang terbesar pula (Samsuudin, Sukiman, Wardani, & Heriyanto, 2016). Berat biomassa yang besar akan mempengaruhi besarnya cadangan karbon pada suatu lahan (Hanafi, & Bernardianto, 2012). Besarnya stok karbon tiap bagian pohon dipengaruhi oleh biomassa. Oleh karena itu, setiap peningkatan terhadap biomassa akan diikuti oleh peningkatan stok karbon. Hal ini menunjukkan besarnya biomassa berpengaruh terhadap stok karbon. Menurut Heriyanto, Wibowo, & Garsetiasih (2010) menyatakan bahwa kandungan karbon pada tanaman menggambarkan berapa besar tanaman tersebut mengikat CO₂ dari udara.

Peningkatan diameter disebabkan karena penyimpanan biomassa hasil konversi CO₂ yang semakin bertambah besar seiring dengan semakin banyaknya CO₂ yang diserap pohon (Manafe, Kaho, & Risamasu, 2016).

Biomassa pada batang umumnya memiliki kontribusi paling besar dibandingkan dengan biomassa pada bagian lainnya (Putri, & Wulandari, 2015). Hal ini disebabkan karena batang menyimpan sebagian besar cadangan hasil fotosintesis untuk pertumbuhan tanaman. Sebagian karbon akan menjadi bahan bakar untuk proses hidup tanaman dan sebagian masuk dalam struktur tumbuhan dan menjadi bagian dari tumbuhan, misalnya selulosa (Garsetiasih, Rianti, & Heriyanto, 2018). Selulosa merupakan molekul gula linear berantai panjang yang tersusun oleh karbon, sehingga semakin tinggi selulosa, maka kandungan karbon akan semakin tinggi. Makin besar diameter pohon diduga memiliki potensi selulosa dan zat penyusun kayu lainnya akan lebih besar.

Tegakan di Taman Kanal Banjir Timur umumnya sudah berupa pohon, dan memiliki tajuk yang tebal. Daun sendiri merupakan bagian dari tanaman atau pohon yang memiliki kontribusi dalam menghasilkan biomassa. Hal ini karena daun merupakan tempat berlangsungnya proses fotosintesis, sehingga berpengaruh terhadap ukuran biomassa. Meskipun proses fotosintesis menyerap karbon dioksida, namun hasil fotosintesis tersebut didistribusikan ke bagian lainnya (batang, cabang, dan ranting), sehingga kandungan biomassa pada bagian non-fotosintesis akan lebih besar dibandingkan dengan bagian daun yang melakukan proses fotosintesis (Widyasari, Saharjo, Solichin, & Istomo, 2010).

Tingginya potensi simpanan karbon dipengaruhi juga oleh berat jenis vegetasinya (Mohammadi, Limaie, Lohmander, & Olsson, 2017). Jumlah karbon tersimpan berbeda-beda tergantung pada jenis tumbuhan, karena berat jenisnya berbeda (Pebriandi, Sribudiani, &

Mukhamadun, 2013). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi berat jenis, maka kandungan biomassa karbon yang tersimpan pada tumbuhan tersebut semakin besar. Hal ini diperkuat sejalan dengan pendapat Tim Perubahan Iklim Badan Litbang Kehutanan (TPIBLK, 2010), yang menyatakan bahwa besarnya biomassa ditentukan oleh diameter setinggi dada, tinggi total pohon, berat jenis, dan kesuburan tanah. Tipe hutan yang memiliki komposisi berat jenis pohon tinggi mempunyai potensi simpanan yang cenderung lebih tinggi daripada tipe hutan dengan kerapatan tinggi tetapi jenis pohonnya berberat jenis rendah (Maulana, 2010). Peningkatan dimensi pohon melalui diameter dan tinggi pohon akan meningkatkan jumlah simpanan karbonnya (Basrudin, & Wahyuni, 2017).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Potensi biomassa tersimpan di Taman Hutan Kanal Banjir Timur dengan luas areal 3,94 ha adalah 580,277 ton dengan serapan karbon dioksida (CO₂) sebesar 1.000,01 ton. Potensi biomassa tersimpan di Taman Hutan *United Tractors Head Office* dengan luas areal 18,8 ha adalah 543,97 ton dengan serapan karbon dioksida (CO₂) sebesar 937,53 ton. Potensi biomassa tersimpan di Taman Wisata Mangrove Muara Tawar Bekasi dengan luas areal 0,20 ha adalah 25,17 ton dengan serapan karbon dioksida (CO₂) sebesar 46,10 ton. Potensi biomassa tersimpan di Taman Hutan Bukit Golf Pantai Indah Kapuk dengan luas areal 0,18 ha adalah 80,68 ton dengan serapan karbon dioksida (CO₂) sebesar 147,91 ton. Potensi biomassa tersimpan di Taman Hutan Kampus IPB Dramaga Bogor dengan luas areal 0,09 ha adalah 0,09 ton dengan serapan karbon dioksida (CO₂) sebesar 0,16 ton.

B. Saran

Berdasarkan hasil analisis pendugaan kandungan karbon di beberapa tempat studi di wilayah Jakarta dan Bogor menunjukkan bahwa hutan kota memiliki peran penting dalam menyerap karbon. Oleh karena itu, untuk mendukung informasi dan data potensi serapan karbon tersebut, maka perlu dilakukan pemantauan berkelanjutan setiap tahun, sehingga dapat diketahui kecenderungan potensi daya serap karbon tersebut secara berkala meski berada pada lokasi dan luasan yang sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sangat berterimakasih kepada *PT United Tractors Tbk* yang telah memberikan kepercayaan untuk melakukan kajian ini. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi parameter pengelolaan wilayah perkotaan yang berkelanjutan untuk mengurangi emisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Azzahra, F.S., Suryanti, S., & Febrianto, S. (2020). Estimasi serapan karbon pada hutan mangrove Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(2), 308 – 315.
- 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.
- Basrudin, & Wahyuni, S. (2017). Keragaman dan potensi biomassa tumbuhan bawah pada Kecamatan Laeya Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Ecogreen*, 3(2), 97-104.
- Brown, S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a Primer. *FAO Forestry Paper*, 134, 13–33.
- 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>.
- Darmanto, N.S., & Sofyan, A. (2012). Analisis distribusi pencemar udara NO₂, SO₂, CO dan O₂ di Jakarta dengan WRF-CHEM. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 18(1), 54-64.
- Dharmawan, I.W.S. (2010). Pendugaan karbon di atas tanah pada tegakan *Rhizophora mucronata* di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15(1), 50 -56.
- Garsetiasih, R., Rianti, A., & Heriyanto, N. M. (2018). Potensi tumbuhan bawah pada tegakan hutan tanaman Acacia. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 15(2), 97–111.
- Hamdaningsih, S.S., Fandeli., & Baiquni, M. (2010). Studi kebutuhan hutan kota berdasarkan kemampuan vegetasi dalam penyerapan karbon di Kota Mataram. *Majalah Geografi Indonesia*, 24(1), 1–9. <https://jurnal.ugm.ac.id/mgi/article/download/13336/9553>.
- Hanafi, N., & Bernardianto, R.B. (2012). Pendugaan cadangan karbon pada sistem penggunaan lahan di areal PT. Sikatan Wana Raya. *Media Sains*, 4(2).
- Handika, R.A., Fitirrada, W., & Rodhiyah, Z. (2020). Potensi vegetasi hutan kota dalam reduksi emisi karbon dioksida (CO₂) di Kota Jambi. *Biospecies*, 13(1), 23–28. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v13i1.8463>.

- Heriyanto, N.M., Wibowo, A., & Garsetiasih, R. (2010). Potensi karbon pada hutan tanaman tusam, mahoni dan jati di Jawa Barat dan Banten. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 7(3), 1-11.
- Ismiyati, Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, 1(3), 241-248.
- Istomo, I., & Farida, N.E. (2017). Potensi simpanan karbon di atas permukaan tanah tegakan *Acacia nilotica* L. (Willd) ex. Del. di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 7(2), 155–162. <https://doi.org/10.29244/jpsl.7.2.155-162>
- Izzah, A. N., Nasrullah, N., & Sulistyantara, B. (2019). Efektifitas jalur hijau jalan dalam mengurangi polutan gas CO. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(4), 337-342.
- Karim, M.A., Purwiyanto, A.I.S., & Agustriani, F. (2019). *Analysis of carbon content (C) production rate of mangrove litter at Pulau Payung, Banyuasin District. Marine Science Research Journal* 11(1), 1–8.
- Manafe, G., Kaho, M. R., & Risamasu, F. (2016). Estimasi biomassa permukaan dan stok karbon pada tegakan pohon *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* di Perarian Pesisir Oebelo Kabupaten Kupang. *Bumi Lestari Journal of Environment*, 16(2), 163. <https://doi.org/10.24843/blje.2016.v16.i02.p09>
- Maulana, I.S. (2010). Pendugaan pensitas karbon tegakan hutan alam di Kabupaten Jayapura, Papua. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 7(4), 261–274. <https://doi.org/10.20886/jsek.2010.7.4.261-274>
- Mohammadi, Z., Limaiei, S.M., Lohmander, P., & Olsson, L. (2017). Estimating the aboveground carbon sequestration and its economic value (case study: Iranian caspian forests). *Journal of Forest Science*, 63(11), 511–518. <https://doi.org/10.17221/88/2017-JFS>
- Noor, Y.R., Khazali, M., & Suryadiputra, I.N.N. (2006). *Panduan pengenalan mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP, Bogor.
- Pebriandi, Sribudiani, E, & Mukhamadun. (2013). Estimation of the carbon potential in the above ground at the stand level poles and trees in Sentajo Protected Forest. <http://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFAPERTA/article/viewFile/2670/2602>
- Putri, A.H.M., & Wulandari, C. (2015). Potensi penyerapan karbon pada tegakan damar mata kucing (*Shorea Javanica*) di Pekon Gunung Kemala Krui Lampung Barat. *Jurnal Sylva Lestari*, 3(2), 13. <https://doi.org/10.23960/jsl2313-20>
- Saharjo, B.H., & Wardhana, H.F.P. (2011). Pendugaan potensi simpanan karbon pada tegakan pinus (*Pinus merkusii*) di KPH. Cianjur Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten. *Jurnal Penelitian Silviculture Tropika* 3(1), 96-100.
- Samsuodin, I., Sukiman, H., Wardani, M., & Heriyanto, N.M. (2016). Biomassa dan kandungan karbon kayu afrika (*Maesopsis emenii* Engl.) di Bodogol, Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 13(1), 73–81. <https://doi.org/10.20886/jpht.2016.13.1.73-81>.
- 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.
- TPIBLK [Tim Perubahan Iklim Badan Litbang Kehutanan]. (2010). *Cadangan karbon pada berbagai tipe*

- hutan dan jenis tanaman di Indonesia.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Kementerian Kehutanan, Bogor. IDN.
- Uthbah, Z., Sudiana, E., & 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. <https://doi.org/10.20884/1.sb.2017.4.2.404>.
- Warpur, M. (2016). Struktur vegetasi hutan mangrove dan pemanfaatannya di Kampung Ababai di Distrik Supiori Selatan Kabupaten Supiori. *Jurnal Biodjati*, 1(1), 19-26.
- Widyasari, E.N.A., Saharjo, B.H., Solichin., & Istomo. (2010). Pendugaan biomassa dan potensi karbon terikat di atas permukaan tanah pada hutan rawa gambut bekas terbakar di Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15(1), 41–49.
- Yunita 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.
- Yustiningsih, M. (2019). Intensitas cahaya dan efisiensi fotosintesis pada tanaman naungan dan tanaman terpapar langsung cahaya matahari. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 4(2), 44–49.