

PENDUGAAN STOK KARBON TEGAKAN KARET AFDELING SETRO PTPN IX, KABUPATEN SEMARANG

Estimation of Carbon Stock in Rubber Tree Stands at Afdeling Setro, PTPN IX, Semarang Regency

Muhammad Yusron Alwan¹ dan Elias^{2*}

(Diterima 9 September 2025 /Disetujui 4 Desember 2025)

ABSTRACT

This study aimed to estimate the carbon stock stored in rubber tree stands at Afdeling Setro, PTPN IX, Semarang Regency. The estimation was carried out using a stratified random sampling method based on stand age classes, with sample plots measuring 20 × 20 m. Tree diameter data were collected directly in the field and used to calculate biomass using an allometric equation specific to rubber trees. Biomass values were then converted into carbon stock using a standard carbon content percentage. The results showed that the average carbon stock increased with the age of the stand. Age class I (6–10 years) had a carbon stock of 26,087 tons/ha, while age class IV (21–25 years) reached 96,578 tons/ha. The total research area covered 569,62 ha with an estimated total carbon stock of 23,716.09 tons. The relationship between stand age and carbon stock showed a positive correlation, indicating that the age of rubber trees influences the amount of carbon stored in the stand.

Keywords: carbon stock, diameter, rubber stand, stand age class

¹ Alumnus Program Sarjana Program Studi Manajemen Hutan, Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

² Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

* Penulis korespondensi: Elias
e-mail: elias@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Gas rumah kaca (GRK) adalah jenis gas yang ada di atmosfer dan memiliki peran penting dalam membatasi radiasi sinar matahari, sehingga membantu menjaga kestabilan suhu bumi (Kusumawardhani dan Gernowo 2015). Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca dapat menyebabkan penebalan lapisan atmosfer. Hal ini berdampak pada jumlah panas yang terperangkap di atmosfer, yang pada gilirannya dapat menyebabkan peningkatan suhu bumi, fenomena yang dikenal sebagai pemanasan global (Perbina dan Pasaribu 2022). Peningkatan emisi GRK secara global menimbulkan ancaman terhadap pemanasan global dan perubahan iklim yang ekstrem. GRK merujuk pada kelompok gas yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Cara mengurangi konsentrasi GRK di atmosfer, terutama CO₂, tidak hanya perlu mengurangi emisi, tetapi juga harus diimbangi dengan peningkatan penyerapan gas-gas tersebut. Untuk mengatasi masalah ini, penyerapan karbon menjadi salah satu solusi yang sangat penting. Melalui proses ini, tumbuhan menyerap CO₂ dan mengubahnya menjadi karbon organik dalam bentuk biomassa. Jumlah karbon yang terkandung dalam biomassa pada waktu tertentu dikenal sebagai stok karbon.

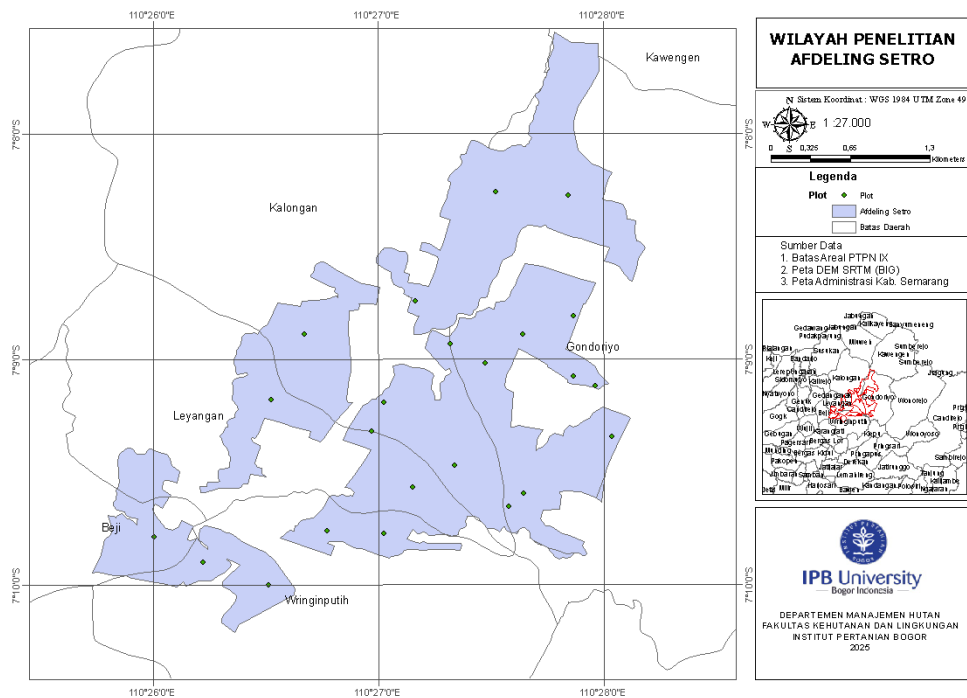
Hutan merupakan sumber daya yang memiliki nilai sangat penting serta bermanfaat untuk kehidupan, di antaranya sebagai jasa lingkungan, pengatur tata air, estetika, penyedia oksigen dan penyerap karbon (Rahayu *et al.* 2010). Salah satu peran hutan adalah sebagai penyerap karbon dimana biomassa pohon dan vegetasi di hutan berisi cadangan karbon cukup besar yang dapat menjaga keseimbangan siklus karbon di bumi (Elias 2002). Hutan merupakan penyerap karbon dan memainkan peranan penting dalam siklus karbon global serta dapat menyimpan karbon sekurangnya 10 kali lebih besar dibandingkan dengan tipe vegetasi lain (Samsoedin 2009 dalam Sultan *et al.* 2020). Semua komponen penyusun tegakan baik pohon, semak, liana dan epifit merupakan bagian dari biomassa di atas permukaan tanah. Karbon yang diserap oleh pohon akan disimpan dalam bentuk biomassa. Aliran karbon di atmosfer ke vegetasi merupakan aliran yang bersifat dua arah, yaitu pengikatan karbon ke dalam biomassa melalui fotosintesis dan pelepasan karbon ke atmosfer melalui proses dekomposisi dan pembakaran biomassa (Rahayu *et al.* 2005).

Pada Desa Wringinputih, tepatnya di Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang terdapat Kebun Ngobo yang merupakan salah satu unit usaha perkebunan karet yang berada di bawah naungan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yaitu PTPN-IX yang berlokasi di Jawa Tengah. Luas area yang dikelola oleh PTPN IX Kebun Ngobo mencapai 2.257,44 hektar, yang terbagi menjadi beberapa unit kerja, yaitu afdeling Setro, afdeling Jatirunggo, afdeling Klepu, dan afdeling Gebugan. Menurut penelitian Saragih *et al.* (2016), tanaman karet memiliki peran besar dalam penyerapan karbon dioksida dari kanopi yang lebar serta permukaan hijau daun yang luas. Hingga saat ini belum ada penelitian terhadap stok karbon di perkebunan karet Ngobo. Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan penelitian dengan tujuan mengetahui besarnya stok karbon di tegakan karet. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pihak terkait agar dapat mengambil kebijakan yang tepat dalam pengelolaan tegakan karet afdeling Setro PTPN IX, Kabupaten Semarang.

METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di areal Perkebunan Karet Kebun Ngobo, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah yang secara geografis terletak pada 110°22' BT–110°29' BT dan 7°08' LS–7°14' LS (Gambar 1). Penelitian difokuskan pada areal Afdeling Setro yang didominasi oleh tanaman karet yang secara geografis terletak pada 110°26' BT–110°28' BT dan 7°08' LS–7°10' LS. Penelitian lapangan dilakukan pada bulan Februari 2025 hingga Maret 2025.



Gambar 1 Peta Afdeling Setro PTPN IX, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah

Alat dan Bahan

Alat serta bahan yang digunakan adalah label, pita ukur diameter, meteran, *smartphone*, Kompas, tali tambang, tallysheet, laptop, Program *Microsoft Excel* dan *Microsoft Word*, GPS, dan program ArcGIS.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini ada dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang dikumpulkan meliputi informasi ukuran diameter pohon dan kerapatan tegakan. Pengambilan data dilakukan dengan metode *non-destructive* (tidak merusak) pada setiap pohon yang berada di dalam plot-plot contoh 20 m x 20 m yang merupakan petak ukur. Data sekunder diperoleh melalui studi literatur terkait penelitian-penelitian sebelumnya mengenai karbon yang tersimpan, serta data pendukung lainnya dari instansi pemerintah daerah, seperti profil dan kondisi umum lokasi penelitian, dan peta lokasi penelitian.

Penentuan ukuran dan jumlah petak ukur dilakukan dengan menggunakan metode *Stratified Sampling*, dimana penentuan sejumlah petak ukur dilakukan pada kelas umur tegakan. Lokasi penelitian difokuskan pada tegakan karet yang terletak di Afdeling Setro dengan luas areal 603 hektar. Intensitas sampling yang digunakan sebesar 0,16%. Keputusan ini didasarkan pada pertimbangan dari studi sebelumnya yang dilakukan pada area dengan luas yang lebih besar, yaitu 1.295 hektar, di mana digunakan intensitas sampling sebesar 0,05%. Pada penelitian ini, luas area penelitian lebih kecil, yaitu 603 hektar, sehingga digunakan intensitas sampling yang lebih tinggi (0,16%). Pemilihan intensitas 0,16% ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi hasil analisis tanpa mengorbankan efisiensi waktu dan sumber daya penelitian. Penentuan jumlah sampel petak ukur berdasarkan representatif terhadap populasi kelas umur dengan mempertimbangkan keterbatasan dana, tenaga, dan waktu (Suriani dan Jailani 2023).

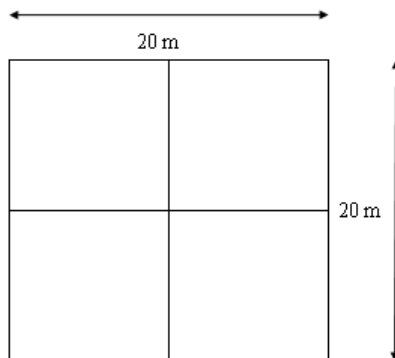
Jumlah petak ukur yang dibuat :

$$0,16\% = \frac{\text{Jumlah plot} \times \text{Luas plot contoh}}{\text{Luas hutan total}}$$

$$0,16\% = \frac{N \times 0,04 \text{ ha}}{603 \text{ ha}}$$

$$= 24,12 \text{ dibulatkan menjadi } 24$$

Melalui perhitungan tersebut didapati 24 petak ukur. Plot contoh berbentuk bujur sangkar berukuran 20 m x 20 m digunakan untuk pengambilan data (Gambar 2).



Gambar 2 Petak ukur (pengambilan data penelitian)

Pembagian petak ukur dibagi secara merata pada tiap-tiap kelas umur tegakan. Petak ukur dibuat berdasarkan kelas umur menurut Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan (2014) dan hasilnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pembagian jumlah petak ukur berdasarkan kelas umur tegakan

Kelas Umur	Umur Tegakan	Tahun Tanam	Jumlah Petak Ukur
1	6–10 Tahun	2015 dan 2017	6
2	11–15 Tahun	2010, 2011, dan 2013	6
3	16–20 Tahun	2005, 2006, dan 2008	6
4	21–25 Tahun	2002 dan 2003	6
Jumlah			24

Analisis Data

Kerapatan tegakan dihitung menggunakan jumlah tanaman di dalam petak ukur. Kerapatan tegakan karet pada afdeling Setro dihitung menggunakan rumus Cox (1971) sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas petak ukur}}$$

Berat biomassa tanaman karet dihitung menggunakan persamaan alometrik Saragih *et al.* (2016). alometrik yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$W = 3,42D^{1,15}$$

Keterangan

W = Biomassa kering pohon (kg)

D = Diameter pohon (cm)

Estimasi cadangan karbon dari biomassa menggunakan rumus SNI nomor 7724 (2011) sebagai berikut:

$$Cb = B \times \% C \text{ Organik}$$

Keterangan

Cb = Kandungan karbon dari biomassa (ton/ha)

B = Biomassa total (ton)

%C Organik = Persentase kandungan karbon yaitu 47% (SNI 2011)

HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. Perkebunan Nusantara IX (Persero) didirikan pada 11 Maret 1996. Awalnya, kebun ini dimiliki oleh perusahaan swasta Belanda bernama Firma MC. TH. Crone. Pada 10 Desember 1957, pemerintah Republik Indonesia menasionalisasinya dengan nama Persatuan Perkebunan Negara (PPN). Kemudian, pada 1 Agustus 1973 berganti nama menjadi PT Perkebunan XVIII (Persero), dan sejak 1 Mei 1980, dikenal sebagai Kebun Ngobo. Kebun Ngobo terdiri dari empat afdeling, yaitu Afdeling Jatirunggo, Gebugan, Setro, dan Klepu. Jenis tanah yang terdapat di areal Kebun Ngobo terdiri dari Latosol, Regosol dan Grumosol. Kondisi pH tanah berkisar 5,5–6,5. Wilayah ini memiliki iklim sedang, dengan suhu rata-rata bulanan berkisar antara 28 hingga 30°C, suhu minimum harian sekitar 22°C, dan suhu maksimum harian mencapai 31°C. Curah hujan tahunan rata-rata berada di kisaran 3000–3500 mm, dengan frekuensi hujan tahunan sekitar 140–150 hari.

Dalam penelitian ini, fokus pada areal tegakan karet di Afdeling Setro karena memiliki luas terbesar, yaitu 702 hektar, dengan luas tegakan karet sebesar 603 hektar. Kemiringan areal Afdeling Setro berkisar antara 20°–60° dengan ketinggian tempat berkisar antara 200–550 mdpl.

Pendugaan potensi massa karbon dilakukan pada lokasi tegakan yang dibedakan berdasarkan kelas umur. Kelas umur I mencakup tegakan yang ditanam pada tahun 2015 dan 2017 dengan luas total 70,8 Ha. Kelas umur II terdiri dari tegakan yang ditanam pada tahun 2010, 2011, dan 2013 dengan luas total 142,49 Ha. Kelas umur III meliputi tegakan yang ditanam pada tahun 2005, 2006, dan 2008 dengan luas total 233,78 Ha dan kelas umur IV terdiri dari tegakan yang ditanam pada tahun 2002 dan 2003 dengan luas total 155,55 Ha.

Hasil perhitungan kerapatan tegakan, rata-rata diameter pohon, potensi biomassa dan potensi stok karbon berdasarkan kelas umur tegakan karet disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kerapatan tegakan, diameter pohon, biomassa dan stok karbon di Afdeling Setro

Kelas Umur	Kerapatan (pohon/Ha)	Rata-rata Diameter (cm)	Luas Areal (Ha)	Potensi Biomassa (Ton/Ha)	Potensi Stok Karbon (Ton/Ha)
I	725	15,00	70,8	55,869	26,105
II	650	20,23	142,49	72,349	34,507
III	629	25,79	233,78	90,442	42,508
IV	608	27,83	155,55	95,933	45,089

Kerapatan tegakan pada Tabel 2 menunjukkan kisaran kerapatan pada tegakan karet berjumlah antara 608 hingga 725 pohon per hektar. Tegakan karet yang berusia tua mempunyai tingkat kerapatan yang lebih kecil jika dibandingkan tegakan karet yang memiliki usia lebih muda. Sadono dan Silalahi (2010) menyatakan faktor utama dalam perkembangan tegakan adalah kerapatannya. Pernyataan tersebut sesuai dengan hasil penelitian Hairiah dan Rahayu (2007) yang menjelaskan bahwa persaingan antar tegakan akan kecil jika kerapatannya rendah, sehingga tegakan dapat tumbuh lebih optimal.

Potensi biomassa dan karbon tegakan karet disajikan dalam Tabel 2, menunjukkan bahwa besarnya potensi biomassa dan karbon tersebut ditentukan oleh kerapatan tegakan dan ukuran diameter pohon dalam tegakan karet. Pada kelas umur I, yang mencakup tegakan berumur 6 hingga 10 tahun dengan tahun tanam 2015 dan 2017, rata-rata diameter pohon yang diperoleh adalah 15 cm dengan luas area 70,8 hektar. Tegakan pada kelas umur ini memiliki potensi biomassa sebesar 55,869 ton per hektar, yang dikonversikan menjadi stok karbon sebesar 26,105 ton per hektar. Kelas umur II, yang terdiri dari tegakan dengan usia 11 hingga 15 tahun yang ditanam pada 2010, 2011, dan 2013, menunjukkan rata-rata diameter pohon sebesar 20,23 cm dengan luas area 142,49 hektar. Pada kelas umur ini, potensi biomassa mencapai 72,349 ton per hektar, dengan stok karbon sebesar 34,507 ton per hektar. Pada kelas umur III, yang terdiri dari tegakan berumur 16 hingga 20 tahun yang ditanam

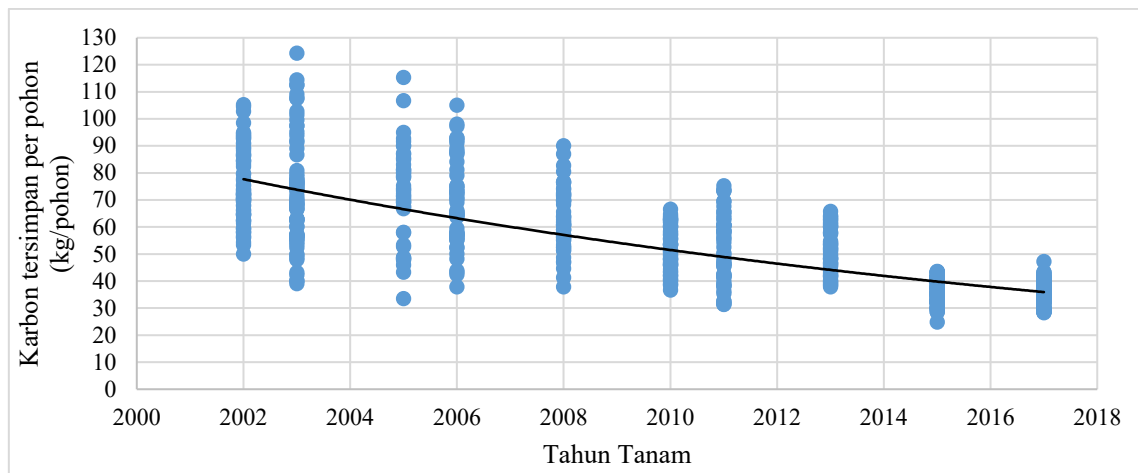
pada tahun 2005, 2006, dan 2008, rata-rata diameter pohon mencapai 25,79 cm dengan luas total 233,78 hektar. Potensi biomassa pada kelas umur ini lebih tinggi dibandingkan kelas sebelumnya, yaitu 90,442 ton per hektar, dengan stok karbon sebesar 42,508 ton per hektar. Kelas umur IV, yang merupakan kelompok tegakan tertua dengan usia 21 hingga 25 tahun dan tahun tanam 2002 dan 2003, memiliki rata-rata diameter pohon sebesar 27,83 cm dan luas area 155,55 hektar. Potensi biomassa pada kelas ini tercatat sebagai yang tertinggi, yaitu 95,933 ton per hektar, dengan stok karbon sebesar 45,089 ton per hektar. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian antara lain: Pratiwi *et al.* (2021) di lokasi yang sama, yang menyatakan semakin tinggi umur tegakan karet semakin meningkat pula nilai biomassa dan stok karbonnya; dan penelitian Lubis *et al.* (2013), yang menyatakan bahwa potensi biomassa dan stok karbon tegakan mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan diameter batang.

Tabel 3 menyajikan potensi biomassa dan stok karbon pada Afdeling Setro. Potensi total biomassa sebesar 50.330,46 ton dan stok karbon 23.716,09 ton. Nilai potensi stok karbon terbesar ditemukan pada kelas umur III dengan rentang umur tegakan 16–20 tahun dengan total potensi karbon sebesar 9.937,42 ton dengan luas areal sebesar 233,78 Ha. Diikuti oleh kelas umur IV yang memiliki rentang umur tegakan 21-25 tahun dengan potensi karbon sebesar 7.013,55 ton. Dengan luas areal 155,55 Ha. Kelas umur II dengan rentang usia 11–15 tahun memiliki potensi karbon sebesar 4.916,84 ton dengan luas areal 142,49 Ha. Kelas umur I dengan rentang usia tegakan 6–10 tahun memiliki luas areal sebesar 70.8 Ha dengan potensi total karbon 1.848,27 ton.

Tabel 3 Potensi biomassa dan stok karbon tegakan karet di Afdeling Setro

Kelas Umur	Luas Areal (Ha)	Total Potensi Biomassa (Ton)	Total Potensi Stok Karbon (Ton)
I	70,8	3.955,53	1.848,27
II	142,49	10.309,02	4.916,84
III	233,78	21.143,45	9.937,42
IV	155,55	14.922,44	7.013,55
Total	602,62	50.330,46	23.716,09

Berdasarkan uji korelasi Pearson, nilai pendugaan karbon tersimpan memiliki korelasi kuat dengan kelas umur tegakan karet, dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 dengan taraf signifikan (α) sebesar 0,05, diperoleh nilai $p\text{-value} > \alpha$ sehingga data tersebut berdistribusi normal setelah dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov. Pada uji ANOVA diperoleh nilai signifikansi kurang dari α , maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antar kelompok umur. Hal ini sesuai dengan data pada Tabel 2 di mana data tersebut memperlihatkan jika stok karbon pada tegakan karet sangat dipengaruhi oleh kelas umur tanaman. Semakin tinggi kelas umur maka semakin besar stok karbonnya. Hasil penghitungan menunjukkan bahwa semakin besar diameter pohon karet, semakin besar pula stok karbon. Hal ini dapat disimpulkan dari hasil perhitungan. tegakan dengan umur tertua pada KU IV (21–25 tahun) memiliki rata-rata stok karbon per hektar terbesar dibandingkan dengan kelas umur yang lebih muda seperti yang tertera pada Tabel 2. Hasil yang sama dapat dilihat pada grafik hubungan umur tegakan karet dengan stok karbonnya yang disajikan pada Gambar 3. Data karbon tersimpan per pohon pada tiap umur tegakan karet (dari tahun tanam 2002, 2003, 2005, 2006, 2008, 2010, 2011, 2013, 2015, dan 2017) diperoleh dari hasil pengukuran diameter pohon karet di lapangan dan penghitungan biomassa per pohon dengan persamaan biomassa pohon karet $W = 3,42D^{1,15}$. Hasil perhitungan biomassa pohon tersebut kemudian dikonversi menjadi karbon tersimpan per pohon menggunakan formula $C_b = B \times \% C \text{ Organik}$.



Gambar 3 Hubungan umur tegakan karet terhadap stok karbon

Berdasarkan hasil analisis regresi, kelas umur dan karbon tersimpan pada tanaman karet memiliki hubungan dengan persamaan regresi $Y = -0,038 + 0,044X$ dan R^2 sebesar 57%, yang menggambarkan bahwa nilai karbon semakin meningkat seiring dengan bertambahnya umur tegakan, di mana stok karbon pada tegakan karet Afdeling Setro sebesar 57% dipengaruhi oleh kelas umur tegakan, sedangkan 43% dipengaruhi oleh faktor lainnya.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa tegakan karet di Afdeling Setro, PTPN IX, Kabupaten Semarang memiliki potensi dalam kemampuan menyimpan karbon. Hubungan antara umur tegakan dan stok karbon memiliki korelasi positif dengan persamaan regresi $Y = -0,038 + 0,044X$ dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 57%, yang mengindikasikan bahwa usia tegakan berkontribusi terhadap lebih dari separuh variasi nilai stok karbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Cox GW. 1971. *Laboratory manual of general ecology 2nd Ed.* Iowa : Brow G. Publi. Dubuque
- Elias. 2002. *Reduce Impact Logging.* Bogor: IPB Press.
- Hairiah K, Rahayu S. 2007. Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. *Bogor World Agroforestry Centre.*
- Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan. 2014. Pedoman budidaya karet (*Hevea brasiliensis*) yang baik.
- Kusumawardhani ID, Gernowo R. 2015. Analisis perubahan iklim berbagai variabilitas curah hujan dan emisi gas metana (CH_4) dengan metode grid analysis and display system (GrADS) di Kabupaten Semarang. *Youngster Physics Journal.* 4(1): 49-54.
- Lubis SH, Arifin HS, Syamsuudin I. 2013. Analisis cadangan karbon pohon pada lanskap hutan kota di DKI Jakarta. *Jurnal Penelitian dan Ekonomi Kehutanan.* 10(1):120.
- Perbina N, Pasaribu RF. 2022. Peran Cop26 sebagai pendukung pencapaian tujuan 13 SDGS di Indonesia, dalam pandangan Greenpeace. Selodang Mayang. *Jurnal Ilmiah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Indragiri Hilir.* 8(1): 31-38.
- Pratiwi G, Sasmito B, Bashit N. 2021. Analisis prediksi nilai biomassa atas permukaan (aboveground biomass) pohon karet menggunakan citra sentinel-1a terhadap usia tegakan. *Jurnal Geodesi dan Geomatika.* 4(1); 21-33.

- Rahayu S, Setiawan E, Suyanto. 2010. Sistem agroforestri di kawasan penyangga Hutan Lindung Seasot, potensinya sebagai penambat karbon. *World Agroforestry Centre (ICRAF)*. Bogor.
- Rahayu, Subekti, Betha L, Noordwijk V. 2005. Cadangan karbon di atas permukaan tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan, Kalimantan Timur.
- Sadono R, Silalahi ML. 2010. Penentuan tingkat kompetisi tegakan jati hasil uji keturunan umur 11 tahun di KPH Ngawi. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 4(2): 80-86.
- Saragih, ES, Muhdi, Hanafiah, DS. 2016. Pendugaan cadangan karbon pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) umur 10 tahun di Perkebunan Rakyat Desa Tarean, Kecamatan Silindak, Kabupaten Serdang Bedagai. *Peronema Forestry Science Journal*. 5(2) : 5-19.
- SNI. 2011. pengukuran dan penghitungan cadangan karbon–pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (*ground based forest carbon accounting*). Standar Nasional Indonesia 7724.
- Sultan, Hasanuddin, Latifah H, Awal N. 2020. Nilai serapan karbon hutan pinus di Desa Pesse Kecamatan Donri – Donri Kabupaten Soppeng. *Jurnal Penelitian Kehutanan Bonita*. 2(1): 32-36.
- Suriani N, Jailani MS. 2023. Pengaruh kelembapan media terhadap pertumbuhan dan evapotranspirasi lima varietas anggrek dendrobium. *Agromix*. 14(1): 96-103. <https://doi.org/10.35891/agx.v14i1.3014>.