

## ESTIMASI SEKUESTRASI KARBON PADA TANAMAN POKOK HUTAN PRODUKSI DI KABUPATEN TUBAN, JAWA TIMUR

### Estimation of Carbon Sequestration in Production Forest Main Plants in Tuban Regency, East Java Province

**Dhina Mustikaningrum<sup>\*</sup>, Anisa Rosida**

Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sunan Bonang,  
Jln. Dr. Wahidin Sudirohusodo No. 798, Tuban

<sup>\*</sup> Penulis korespondensi: dhina.mustikaningrum@gmail.com

---

#### Abstrak

Kabupaten Tuban merasakan dampak perubahan iklim terhadap berbagai sektor pendukung perekonomian. Hal ini menjadikan upaya adaptasi di sektor-sektor tersebut penting sekaligus mitigasi perubahan iklim untuk mendukung penurunan emisi gas rumah kaca, salah satunya dengan menjaga keberadaan hutan produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jumlah serapan karbon oleh kedua tanaman utama tersebut. Metode yang digunakan adalah pendataan diameter pohon tanpa pemanenan. Data diameter digunakan untuk menghitung biomasa dan penyerapan karbon dengan persamaan alometrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jati memiliki nilai biomasa terendah yang dihasilkan pada umur 5 tahun sebesar 94,26 t ha<sup>-1</sup>, dan biomasa tertinggi tercatat pada umur 10 tahun sebesar 200,33 t ha<sup>-1</sup>, sedangkan mahoni umur 5 tahun, 10 tahun dan 15 tahun memiliki total biomasa masing-masing 40,76 t ha<sup>-1</sup>, 53,55 t ha<sup>-1</sup> dan 146,37 t ha<sup>-1</sup>. Dari nilai biomasa, total karbon yang tersimpan pada jati berumur 5 tahun, 10 tahun dan 15 tahun berturut-turut adalah 43,36 t ha<sup>-1</sup>, 92,15 t ha<sup>-1</sup> dan 90,05 t ha<sup>-1</sup>. Total simpanan karbon pada kayu mahoni umur 5 tahun, 10 tahun dan 15 tahun berturut-turut adalah 18,75 t ha<sup>-1</sup>, 24,63 t ha<sup>-1</sup> dan 67,33 ha. Hutan produksi jati dan mahoni pada kelompok umur ini memiliki luas total lebih dari 280 ha, sehingga total penyerapan karbon di BKPH Sundulan sebesar 78.471 ton C dari hutan produksi jati dan 1.835,3 ton C diserap dari hutan produksi mahoni.

**Kata kunci** : hutan produksi, jati, mahoni, mitigasi, penyerapan karbon

---

#### Abstract

Tuban Regency feels the impact of climate change on various economic supporting sectors. This makes the adaptation efforts in these sectors important as well as climate change mitigation to support the reduction of greenhouse gas emissions, one of which is by maintaining the existence of production forests. This study aims to identify the amount of carbon uptake by the two main plants. The method used is tree diameter data collection without harvesting. The diameter data is used to calculate biomass and carbon sequestration with allometric equations. The results showed that teak had the lowest biomass value produced at the age of 5 years at 94.26 t ha<sup>-1</sup>, and the highest biomass was recorded at the age of 10 years at 200.33 t ha<sup>-1</sup>. Meanwhile, mahogany at the age of 5 years, 10 years and 15 years had a total biomass of 40.76 t ha<sup>-1</sup>, 53.55 t ha<sup>-1</sup> and 146.37 t ha<sup>-1</sup>, respectively. From the biomass value, the total carbon stored in teak aged 5 years, 10 years and 15 years, respectively, was 43.36 t ha<sup>-1</sup>, 92.15 t ha<sup>-1</sup> and 90.05 t ha<sup>-1</sup>. While the the total carbon stores in mahogany aged 5 years, 10 years and 15 years respectively was 18.75 t ha<sup>-1</sup>, 24.63 t ha<sup>-1</sup> and 67.33 t ha<sup>-1</sup>. The teak and mahogany production forests in this age group have a total area of more than 280 ha, so that the total carbon sequestration at BKPH Sundulan is 78,471 tons C from teak production forests and 1,835.3 tons C absorbed from mahogany production forests.

**Keywords** : carbon sequestration, mahogany, mitigation, production forest, teak

---

## Pendahuluan

Dampak perubahan iklim terhadap berbagai sektor kehidupan telah dirasakan masyarakat global, tidak terkecuali warga Kabupaten Tuban, Jawa Timur. Kenaikan muka air laut dan peningkatan suhu mampu menurunkan produksi ikan dan pendapatan nelayan di wilayah ini. Petambak udang mengalami penurunan pendapatan akibat menurunnya produktivitas dan tingginya biaya operasional akibat upaya adaptasi perubahan iklim yang mereka lakukan (Suwarsih, Joesidawati dan Tribina, 2019). Perubahan pola curah hujan mengakibatkan banjir di beberapa tempat dan memaksa petani melakukan beragam upaya adaptasi agar produksi padi dan komoditas pertanian lainnya tidak semakin terpuruk.

Kontribusi sektor pertanian sendiri terhadap emisi gas rumah kaca (GRK) sebagai penyebab perubahan iklim di Kabupaten Tuban cukup tinggi, yakni sebesar 1665,67 Gg CO<sub>2</sub>e pada tahun 2019 (Mustikaningrum et al., 2021). Jika tidak diimbangi dengan upaya mitigasi, maka semakin tahun emisi gas rumah kaca akan meningkat. Mitigasi adalah upaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Salah satu aksi mitigasi yang potensial dilaksanakan adalah memperbanyak vegetasi, khususnya pohon yang berfungsi sebagai penyerap karbon di atmosfer, salah satu gas penyumbang emisi. Vegetasi ini mampu menyimpan cadangan karbon dan menyimpannya di dalam biomasa, sehingga jumlah karbon yang terbuang ke udara (emisi) dapat ditekan.

Di tengah situasi ini, Kabupaten Tuban justru kehilangan sebagian luasan hutannya. Pada awal tahun 2017 lalu, Perum Perhutani KPH Tuban merilis data bahwa sampai tahun tersebut, 4.000 hektare hutan produksi mengalami kerusakan. Tahun 2021 lalu, media massa meramalkan pemberitaan terkait beralihnya fungsi konservasi dari 40.000 pohon atau sekitar 126 hektare lahan hutan produksi KPH Tuban menjadi kilang minyak *Grass Root Refinery* (GRR) Tuban. Proyek ini mengurangi lahan hijau untuk kepentingan percepatan proyek strategis nasional (PSN) yang diproyeksikan sebagai kilang terbesar se-Asia Tenggara.

Tantangan lainnya yang dihadapi Kabupaten Tuban terkait mitigasi perubahan iklim adalah industrialisasi. Kabupaten Tuban mengalami pertumbuhan ekonomi maupun infrastruktur berkat melimpahnya sumberdaya alam dan lokasi strategis di pesisir pantai utara Jawa Timur. Ada beberapa industri besar (termasuk industri semen)

yang memanfaatkan sumberdaya alam sebagai bahan baku utama proses produksi, melakukan upaya penambangan dan pembukaan lahan secara luas yang berakibat pada berubahnya fungsi lahan produktif menjadi tambang. Padahal semen adalah sumber dari 8% emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) di dunia (Lehne dan Preston, 2018). Oleh karena itu, pabrik semen yang berlokasi di Kabupaten Tuban wajib mengalokasikan sumberdayanya untuk melakukan restorasi degradasi lingkungan ini melalui reboisasi. Tidak hanya itu, perusahaan wajib menempatkan mitigasi perubahan iklim sebagai program unggulan dalam *Corporate Social Responsibility* atau CSR bersama-sama dengan Pemerintah Kabupaten Tuban.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung cadangan karbon yang tersimpan pada hutan produksi di Kabupaten Tuban khususnya pada tanaman pokok yang dominan ditemukan di Perum Perhutani KPH Tuban, yaitu Jati (*Tectona grandis*) dan Mahoni (*Svietenia macrophylla*). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran terkait potensi hutan produksi di Kabupaten Tuban dalam mendukung aksi mitigasi perubahan iklim.

## Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan selama bulan Mei 2022 hingga Juli 2022. Penelitian dilakukan di hutan produksi BKPH Sundulan yang merupakan wilayah pengelolaan Perum Perhutani KPH Tuban, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur. Alat survey yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi: kamera, meteran (25 m), meteran jahit, stik ukur 1,3 m, gunting, dan alat tulis.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode non-destruktif atau tanpa proses perusakan maupun pemanenan. Penelitian dilakukan dengan membagi hutan tanaman jati, dan mahoni dalam 3 kategori umur, namun untuk tanaman sengon tidak tersedia beragam umur di lokasi. Kategori umur tersebut meliputi tanaman jati umur 5 tahun, jati umur 10 tahun dan jati umur 15 tahun. Begitu juga dengan kelompok umur pada tanaman mahoni, meliputi tanaman mahoni umur 5 tahun, mahoni umur 10 tahun dan mahoni umur 15 tahun.

Penentuan petak ukur (PU) dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu lokasi atau petak yang telah ditentukan sebelumnya berdasarkan hasil diskusi dengan Perum Perhutani KPH Tuban BKPH Sundulan. Pada setiap petak dilakukan tiga kali pengukuran dengan masing-masing berukuran 20 m x 20 m. Seluruh pohon yang berada dalam petak ukur kemudian dilakukan pengukuran diameter

batang setinggi dada atau *diameter at breast height* (DBH). DBH yaitu diameter pohon yang diukur setinggi 1,3 m dari atas permukaan tanah. DBH ini digunakan untuk menghitung luas bidang datar (LBD) dengan menggunakan persamaan (Hairiah dan Rahayu, 2007):

$$LBD = (0,5xD)^2 \times 3,14 \quad (1)$$

dimana: LBD adalah luas bidang datar, dan D adalah diameter batang. Angka LBD ini memiliki satuan luas hektare sehingga hasil perhitungan skala plot dikonversi ke dalam satuan hektare. Total biomasa pohon per plot dihitung dengan persamaan allometrik berikut:

$$Y = 0,11 \times \rho \times D^{2,62} \quad (2)$$

dimana: Y adalah biomasa total (g);  $\rho$  adalah berat jenis kayu ( $g\ cm^{-3}$ ) dan D adalah diameter pohon (cm). Nilai biomasa tegakan pohon tersebut digunakan untuk memperkirakan stok karbon yang tersimpan dalam tegakan karena 47% biomasa tersusun oleh karbon (Hairiah *et al.*, 2011; Maruapey dan Irnawati, 2019). Dari hasil perhitungan biomasa dapat diubah dalam bentuk karbon (kg) melalui proses perkalian nilai biomasa dengan faktor konversi sebesar 0,47 sebagaimana ditetapkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), Lembaga yang menyediakan data saintifik yang digunakan untuk mengambil kebijakan terkait perubahan iklim.

## Hasil dan Pembahasan

### *Diameter pohon*

Pada kelompok umur 5 tahun dan 10 tahun, tanaman jati memiliki rata-rata diameter batang lebih besar dibandingkan dengan tanaman mahoni. Namun pada umur 15 tahun, mahoni mengalami percepatan pertumbuhan sehingga memiliki rata-rata diameter batang lebih besar daripada tanaman jati di umur yang sama. Diameter tanaman jati pada umur 5 tahun, 10 tahun dan 15 tahun berurut-urut sebesar 13,1 cm, 17,7 cm dan 23,3 cm. Pada tanaman mahoni umur 5 tahun, 10 tahun dan 15 tahun memiliki diameter sebesar 10,7 cm, 12,4 cm dan 26,7 cm. Hal ini membuktikan bahwa semakin bertambah umur pohon, maka akan diikuti dengan meningkatnya diameter tegakan pohon dan biomasa tanaman.

Data diameter pohon digunakan untuk menghitung LBDs atau luas bidang dasar atau dikenal juga dengan basal area. LBDs menjadi parameter tegakan pohon yang digunakan untuk menggambarkan produktivitas pohon dan menjadi bagian penting dalam pengelolaan hutan. Semakin tinggi nilai LBDs maka semakin tinggi kerapatan pohon dalam kawasan hutan tersebut. Kerapatan dengan diameter pada rata-rata luas bidang dasar dan jumlah pohon per hektare sangat berhubungan secara alometri (Sadono dan Umroni, 2012).

Tabel 1. Diameter pohon dan luas bidang dasar.

| Jenis Pohon dan Kelompok Umur | Diameter rata-rata (cm) | LBDs ( $m^2\ ha^{-1}$ ) |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Mahoni (5 tahun)              | 10,7                    | 0,2                     |
| Mahoni (10 tahun)             | 12,4                    | 0,3                     |
| Mahoni (15 tahun)             | 26,7                    | 1,5                     |
| Jati (5 tahun)                | 13,1                    | 0,3                     |
| Jati (10 tahun)               | 17,7                    | 0,6                     |
| Jati (15 tahun)               | 23,3                    | 1,1                     |

Keterangan: LBDs = Luas Bidang Dasar.

Hasil perhitungan LBDs menunjukkan adanya linearitas dengan diameter pohon. Pada kelompok umur 5 tahun dan 10 tahun, tanaman jati memiliki LBDs lebih besar dibandingkan dengan tanaman mahoni. Namun pada umur 15 tahun, mahoni memiliki LBDs lebih tinggi daripada tanaman jati di umur yang sama. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang mengungkapkan bahwa nilai LBDs akan meningkat seiring dengan meningkatnya umur tanaman jati (Ginting dan Prayogo, 2018). Nilai LBDs terendah ditemukan pada mahoni umur 5 tahun dan mahoni umur 10

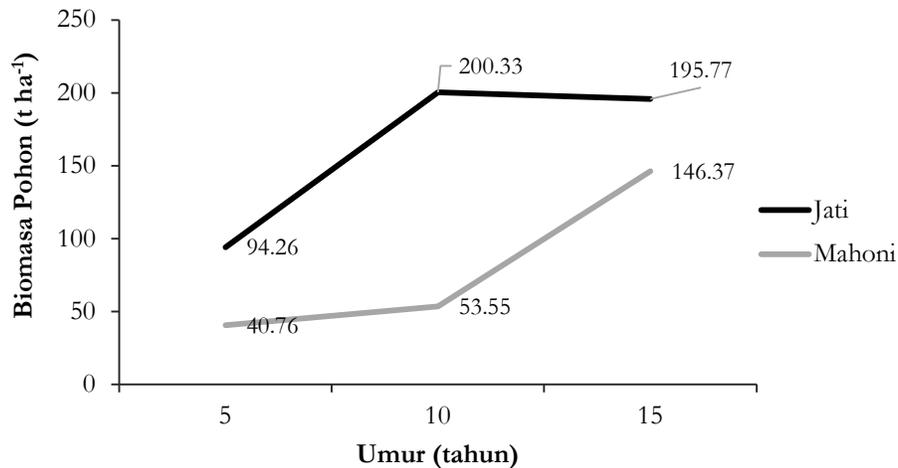
tahun. Mahoni umur 10 tahun memiliki LBDs lebih rendah dibandingkan jati umur 5 tahun. Hal ini karena jarak tanam mahoni yang lebih lebar di lokasi petak penelitian sehingga kerapatan mahoni lebih rendah dibandingkan hutan jati.

### *Biomasa pohon*

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kelompok umur tanaman memberikan pengaruh nyata terhadap nilai biomasa tanaman, baik pada tanaman mahoni maupun jati. Semakin tua umur pohon, semakin meningkat nilai biomasa tanaman.

Tanaman mahoni pada umur 5 tahun memiliki total biomasa 40,76 t ha<sup>-1</sup>, sedikit lebih tinggi dibandingkan mahoni umur 10 tahun, yakni sebesar 53,55 t ha<sup>-1</sup>. Pada umur 15 tahun, nilai biomasa mahoni mengalami peningkatan signifikan menjadi sebesar 146,37 t ha<sup>-1</sup> (Gambar 1). Kondisi sebaliknya terjadi pada tanaman jati. Pada periode yang sama, tanaman jati mengalami penurunan nilai

biomasa tegakan. Biomasa terendah dihasilkan pada tanaman jati umur 5 tahun sebesar 94,26 t ha<sup>-1</sup>, dan biomasa tertinggi tercatat pada umur pohon 10 tahun sebesar 200,33 t ha<sup>-1</sup>, lalu menurun pada umur 15 tahun yakni sebesar 195,77 t ha<sup>-1</sup>. Bertambahnya diameter adalah hasil dari proses fotosintesis yang mempengaruhi pertumbuhan batang.



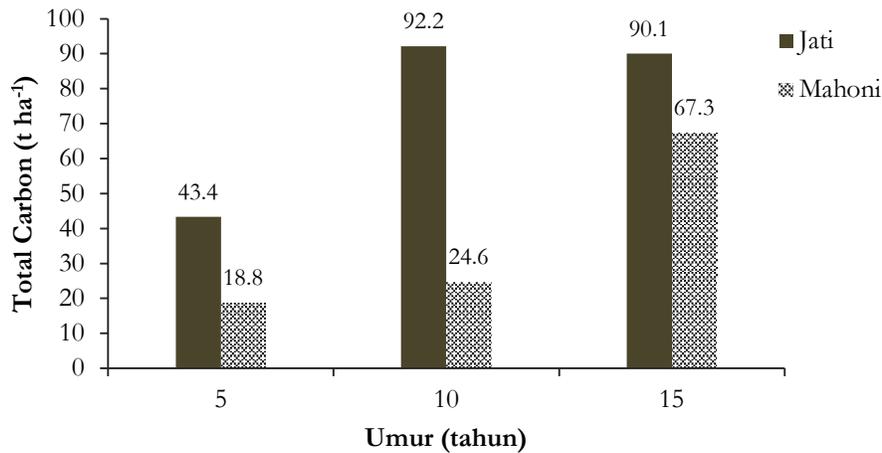
Gambar 1. Total biomasa pohon jati dan mahoni dalam berbagai kelompok umur.

Bertambahnya umur pohon dapat meningkatkan jumlah pembentukan dan pembelahan sel. Selama proses tersebut, jumlah cabang bagian-bagian pohon lainnya akan bertambah, dimana karbon yang berasal dari CO<sub>2</sub> di atmosfer diambil oleh pohon dan disimpan dalam bentuk biomasa. Hal tersebut terbukti pada pohon mahoni yang meningkat biomasa seiring dengan meningkatnya umur. Namun kondisi tersebut tidak terjadi pada pohon jati, dimana ada penurunan nilai biomasa dari umur 10 tahun sampai 15 tahun. Hal ini terjadi karena dampak dari proses penjarangan yang dilakukan pengelola yakni Perum Perhutani KPH Sundulan setiap 5 tahun sekali. Penjarangan mengakibatkan penurunan jumlah tegakan per hektare. Penjarangan dilakukan untuk meningkatkan diameter pohon, sehingga penurunan nilai biomasa tidak signifikan karena diameter tetap bertambah, hanya jumlah tegakan per hektare yang berkurang (Basuki *et al.*, 2008).

#### Cadangan karbon

Bertambahnya diameter batang pohon akan menentukan besarnya karbon yang terserap dalam suatu tegakan. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya kemampuan pohon dalam

menyimpan karbon bebas dari atmosfer. Hasil perhitungan total karbon yang tersimpan dalam biomasa pohon berbanding lurus dengan nilai biomasa pohon. Pohon jati di umur 5 tahun menyimpan karbon sebesar 43,35 t ha<sup>-1</sup>, lalu meningkat signifikan pada umur 10 tahun yakni sebesar 92,15 t ha<sup>-1</sup>. Namun pada umur 15 tahun, pohon jati justru menyimpan karbon lebih sedikit dari sebelumnya, yaitu sebesar 90,05 t ha<sup>-1</sup> (Gambar 2). Hal ini berbeda dengan pohon mahoni dimana terjadi peningkatan karbon tersimpan seiring dengan meningkatnya umur. Proses penjarangan yang mempengaruhi jumlah tegakan dalam satuan luas sebagaimana dijelaskan sebelumnya mempengaruhi total karbon tersimpan di lahan hutan produksi yang dikelola BKPH Sundulan. Hal ini karena perhitungan total karbon dilakukan dengan menggunakan persamaan alometrik dimana ada keterkaitan antara persamaan penentuan biomasa hingga total karbon, sehingga bersifat linear. Menurut Insusanty *et al.* (2017), penjarangan ini adalah bagian dari manajemen hutan dan lahan yang bersama-sama dengan jenis vegetasi/ tanaman hutan dan kondisi iklim, kegiatan penjarangan sangat mempengaruhi cadangan karbon di suatu lokasi.

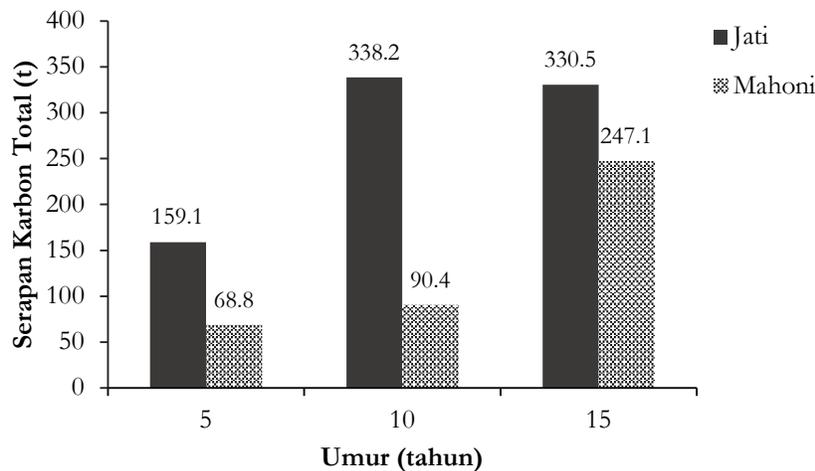


Gambar 2. Total karbon jati dan mahoni dalam berbagai kelompok umur.

**Estimasi sekuestrasi karbon**

Penambahan jumlah kandungan biomasa akan diikuti oleh penambahan kandungan stok karbon serta sekuestrasi karbon karena terjadi penyerapan gas CO<sub>2</sub> dari atmosfer melalui mekanisme proses fotosintesis yang menghasilkan biomasa. Biomasa tersebut kemudian dialokasikan ke daun, ranting, batang dan akar yang berakibat pada bertambahnya diameter serta tinggi pohon. Sekuestrasi karbon ini dihitung dalam bentuk serapan karbon.

Berdasarkan hasil perhitungan biomasa sampai cadangan karbon di atas, didapatkan bahwa karbon yang diserap oleh tegakan jati dan mahoni di area BKPH Sundulan adalah sebesar 1.234,1 t ha<sup>-1</sup>. Dimana apabila dirinci, pohon jati umur 5 tahun, 10 tahun dan 15 tahun berkontribusi terhadap serapan C masing-masing sebesar 159,1 t ha<sup>-1</sup>, 338,2 t ha<sup>-1</sup> dan 330,5 t ha<sup>-1</sup>. Tanaman mahoni pada umur 5 tahun, 10 tahun dan 12 tahun menyumbang serapan karbon berturut-turut sebesar 68,8 t ha<sup>-1</sup>, 90,4 t ha<sup>-1</sup> dan 247,1 t ha<sup>-1</sup> (Gambar 3).



Gambar 3. Serapan karbon jati dan mahoni dalam berbagai kelompok umur.

Serapan karbon erat kaitannya dengan upaya mitigasi perubahan iklim, yakni bagaimana mengurangi emisi gas rumah kaca, salah satu penyebab terjadinya perubahan iklim. Penanaman

pohon dikenal sebagai salah satu aksi mitigasi yang populer karena kemampuan pohon menyerap karbon yang terdapat dalam gas CO<sub>2</sub>, salah satu gas rumah kaca. Apabila hasil serapan karbon per

hektare dikonversi ke luas total hutan produksi jati dan mahoni di area BKPH Sundulan, maka jumlah serapan karbon total di wilayah ini adalah 80.306 ton. BKPH Sundulan melaporkan bahwa luas Jati umur 5 tahun, 10 tahun dan 15 tahun di wilayah kelolanya adalah berturut turut sebesar 72,6 ha, 140,6 ha dan 58,6 ha. Luas mahoni umur 5 tahun, 10 tahun dan 15 tahun adalah berturut-turut sebesar 4,6 ha, 8,6 ha dan 3 ha. Berdasarkan data tersebut maka, luas hutan jati di BKPH Sundulan menyerap C dari udara sebanyak 78.471 ton C, jauh lebih tinggi dibandingkan mahoni dengan total serapan C sebanyak 1.835,5 ton. Tanaman Jati umur 10 tahun memiliki luasan 8 Ha lebih besar daripada hutan jati umur 15 tahun, namun jati umur 10 tahun menyerap C terbanyak yakni 59% dari total serapan C oleh hutan produksi jati dan mahoni di wilayah BPKH Sundulan. Total serapan C oleh jati umur 15 tahun adalah sebesar 24% dari total serapan C di wilayah yang sama. Dengan demikian maka, ekosistem hutan produksi jati dan mahoni layak dipertahankan di wilayah kelola Perum Perhutani KPH Tuban. Karena, meskipun tampak lebih kecil potensi serapan C, namun mahoni terbukti memiliki struktur tegakan yang menyerupai hutan alami (Raharjo *et al.*, 2016).

### Kesimpulan

Total karbon tersimpan pada jati umur 5 tahun, 10 tahun dan 15 tahun secara berturut-turut sebesar 43,36 t ha<sup>-1</sup>, 92,15 t ha<sup>-1</sup> dan 90,05 t ha<sup>-1</sup>. Total karbon mahoni umur 5 tahun, 10 tahun dan 15 tahun berturut-turut sebesar 18,75 t ha<sup>-1</sup>, 24,63 t ha<sup>-1</sup> dan 67,33 t ha<sup>-1</sup>. Hutan produksi jati di wilayah Perum Perhutani KPH Tuban BKPH Sundulan berkontribusi pada serapan C total sebesar 78.471 ton, sedangkan hutan produksi mahoni menyerap C sebanyak 1.835,5 ton. Keberadaan hutan produksi jati dan mahoni layak dipertahankan sebagai salah satu aksi mitigasi perubahan iklim di Kabupaten Tuban.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah mendukung penelitian ini secara finansial melalui Hibah Penelitian Dosen Pemula dengan kontrak nomor 030/SPH/PT/LL7/2022. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Perum Perhutani KPH Tuban yang mendukung perijinan lokasi dan penyediaan data, serta kepada Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Sunan Bonang yang mendukung implementasi penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- Basuki, T.M., Riyanto, H.D dan Sukresno. 2008. Kajian kuantifikasi kandungan karbon pada hutan tanaman jati (*Tectona grandis* Linn). Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam 51:101-106.
- Ginting, T. dan Prayogo, C. 2018. Pendugaan cadangan karbon hutan jati (*Tectona grandis* Linn. F) dengan berbagai persamaananalometrik pada berbagai kelas umur jati. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan 5(2):1019-1026.
- Hairiah, K. dan Rahayu, S. 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. World Agroforestry Centre 77.
- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R.R. dan Rahayu, S. 2011. Pengukuran cadangan karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan. Petunjuk praktis. Edisi kedua. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya, Malang, Indonesia.
- Insusanty, E., Ikhwan, M. dan Sadjati, E. 2017. Kontribusi agroforestri dalam mitigasi gas rumah kaca melalui penyerapan karbon. Jurnal Hutan Tropis 53:181-187.
- Lehne, J. and Preston, F. 2018. Making Concrete Change; Innovation in Low-carbon Cement and Concrete. Chatham House Report, 1-122. www.chathamhouse.org
- Maruapey, A. dan Irnawati. 2019. Studi sekuestrasi karbon pada tegakan jati (*Tectona grandis* Linn.) di areal penghijauan Kabupaten Sorong. Median 111:1-9.
- Mustikaningrum, D., Kristiawan, dan Suprayitno. 2021. Emisi gas rumah kaca sektor pertanian di Kabupaten Tuban: inventarisasi dan potensi aksi mitigasi. Jurnal Wilayah dan Lingkungan 92:155-171, doi:10.14710/jwl.9.2.155-171.
- Raharjo, S.A.S., Kurniawan, H., Umroni, A., Pujiono, E. dan Wanaha, M. 2016. Potensi mahoni (*Svietenia macrophylla* King) pada hutan rakyat sistem Kaliwo di Malimada, Sumba Barat Daya. Jurnal Ilmu Lingkungan 141:1-10, doi:10.14710/jil.14.1.1-10.
- Sadono, R. dan Umroni, A. 2012. Penentuan indeks kepadatan tegakan sengon di hutan rakyat Kecamatan Kranggan dan Pringsurat Kabupaten Temanggung. Ilmu Kehutanan 61:53-60.
- Suwarsih, Joesidawati, M.I. dan Tribina, A. 2019. Dampak perubahan iklim terhadap produktivitas industri tambak udang berdasarkan persepsi petambak udang. Studi kasus Kabupaten Tuban. Prosiding Seminar Nasional Kelautan 11:60-68.