

## Estimation of Carbon Stored in Mangrove Vegetation in Pinasungkulan Village, Minahasa Regency

(Estimasi Karbon Tersimpan pada Vegetasi Mangrove di Desa Pinasungkulan Kabupaten Minahasa)

Muhammad Erlangga, Joshian N.W. Schaduw\*, Darus Sa'adah J. Paransa,  
Antonius P. Rumengan, Royke M. Rampengan, Calvin F. A. Sondak

Marine Science Study Program, Faculty of Fisheries & Marine Science, Sam Ratulangi University

(Received 19 Jan. 2026; Revised 27 Feb 2026; Accepted 28 Feb. 2026)

**ABSTRACT.** Mangrove ecosystems have an important role in mitigating greenhouse gas emissions through their ability to absorb and store carbon. This study aims to determine mangrove vegetation density as well as to estimate aboveground biomass, belowground biomass, and stored carbon in Pinasungkulan Village, Tombariri District, Minahasa Regency. The method used was the line transect method with three plots measuring  $10 \times 10 \text{ m}^2$  on each transect and measurement of diameter at breast height (DBH) on individuals with a stem circumference  $\geq 16 \text{ cm}$ . The results showed four mangrove species, namely *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, and *Sonneratia alba*. The results of data analysis showed that tree density across 3 transects ranged from 800–1,400 ind/ha. Data analysis of aboveground biomass values across 3 transects ranged from 151.85–502.06 ton/ha with an average of 287.74 ton/ha. Data analysis of belowground biomass values across 3 transects ranged from 61.05–179.56 ton/ha with an average of 108.20 ton/ha. Data analysis of total mangrove biomass values across 3 transects ranged from 212.90–681.62 ton/ha with an average of 395,94 ton/ha. Data analysis of stored carbon values across 3 transects ranged from 100.06–320.36 ton/ha with an average of 186.09 ton/ha.

**Keywords:** mangrove vegetation, Pinasungkulan Village, mangrove vegetation density

**ABSTRAK.** Ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam mitigasi emisi gas rumah kaca melalui kemampuan penyerapan dan penyimpanan karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerapatan vegetasi mangrove serta estimasi biomassa di atas permukaan tanah, biomassa di bawah permukaan tanah, dan karbon tersimpan di Desa Pinasungkulan, Kecamatan Tombariri, Kabupaten Minahasa. Metode yang digunakan adalah metode garis transek dengan tiga plot berukuran  $10 \times 10 \text{ m}^2$  pada setiap transek dan pengukuran diameter batang setinggi dada (DBH) pada individu dengan keliling batang  $\geq 16 \text{ cm}$ . Hasil penelitian menunjukkan empat spesies mangrove, yaitu *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, dan *Sonneratia alba*. Hasil analisis data kerapatan pohon pada 3 transek berkisar antara 800–1.400 ind/ha. Analisis data nilai biomassa di atas permukaan tanah pada 3 transek berada pada kisaran 151,85–502,06 ton/ha dengan rata-rata 287,74 ton/ha. Analisis data nilai biomassa di bawah permukaan tanah pada 3 transek berkisar 61,05–179,56 ton/ha dengan rata-rata 108,20 ton/ha. Analisis data nilai biomassa total biomassa pada 3 transek berada pada kisaran 212,90–681,62 ton/ha dengan rata-rata 395,94 ton/ha. Analisis data nilai karbon tersimpan pada 3 transek berkisar antara 100,06–320,36 ton/ha dengan rata-rata 186,09 ton/ha.

**Kata kunci:** vegetasi mangrove, Desa Pinasungkulan, kerapatan vegetasi mangrove

## PENDAHULUAN

Fenomena pemanasan global yang dirasakan saat ini telah memberikan dampak yang sangat besar pada kehidupan manusia. Salah satu penyebab terjadinya pemanasan global yaitu meningkatnya gas rumah kaca (GRK) di atmosfer dalam jumlah yang cukup besar. Gas rumah kaca yang berlebih di atmosfer dapat mengakibatkan meningkatnya suhu pada permukaan bumi sehingga menjadi salah satu penyebab terjadinya perubahan iklim. Penyebab pemanasan global adalah meningkatnya karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas-gas rumah kaca lain yang ada di atmosfer (Riani, 2012). Dampak yang dapat ditimbulkan akibat pemanasan global yaitu gunung es akan mencair dan daratan akan mengecil, perubahan tinggi permukaan laut yang berakibat pada kehidupan laut, serta banjir akibat terjadi pasang tinggi permukaan laut yang mencapai muara sungai (Pratama & Parinduri, 2019).

Vegetasi mangrove merupakan salah satu tipe ekosistem hutan yang memiliki potensi signifikan dalam mitigasi emisi gas rumah kaca (GRK), karena kemampuannya menyerap karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari atmosfer melalui proses fotosintesis. Karbondioksida yang diserap selanjutnya tersimpan pada biomassa tegakan pohon mangrove. Nilai karbondioksida yang diserap oleh vegetasi mangrove sangat berpengaruh pada besarnya biomassa tegakan pohon dan jenis mangrove.

Luasan mangrove di Indonesia menjadi salah satu yang terluas di dunia, dengan luas mencapai 3.489.140 Ha. Jumlah ini setara dengan 23% dari total ekosistem mangrove di seluruh dunia (Tan *et al.*, 2021). Salah satunya yang terletak

di Desa Pinasungkulan, Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara. Desa ini memiliki vegetasi ekosistem mangrove yang cukup padat dan masih terlindungi.

## METODE PENELITIAN

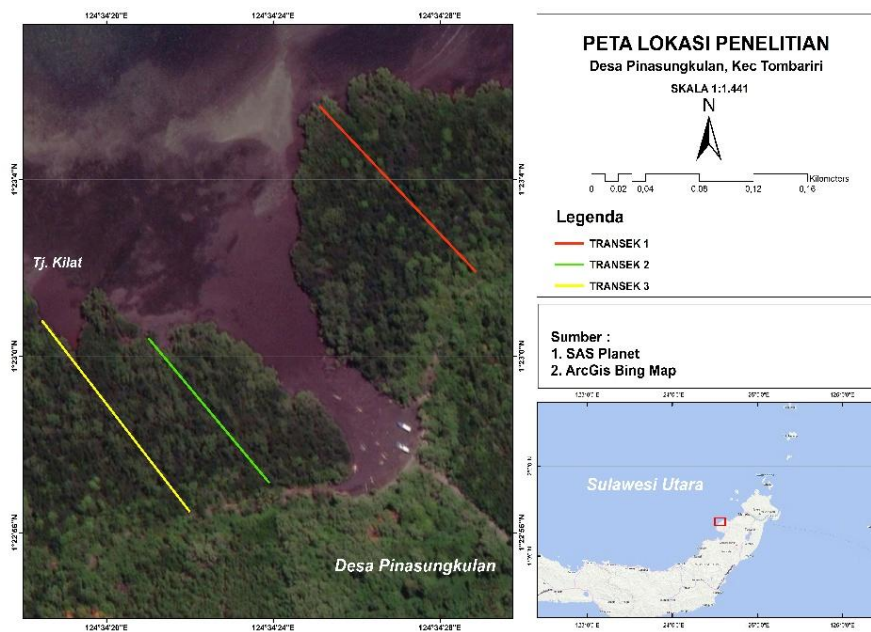
### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan vegetasi mangrove di Desa Pinasungkulan, Kabupaten Minahasa. Penelitian ini dilaksanakan terhitung mulai pada bulan Mei hingga bulan November Tahun 2025. Titik koordinat pada transek terletak pada 1°23'03" LU 124°34'27" BT, transek 2 terletak pada 1°22'58" LU 124°34'21" BT dan transek 3 terletak pada 1°22'57" LU 124°34'19" BT. Adapun peta lokasi penelitian tersaji pada Gambar 1.

### Metode Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan metode garis transek yang merupakan suatu metode untuk mengevaluasi struktur dan komposisi pada vegetasi mangrove. Menurut Kauffman & Donato (2012), pengambilan data dilakukan dengan cara menarik garis lurus (transek) di sepanjang lebar vegetasi mangrove. Garis transek berfungsi sebagai dasar peletakan plot. Pada tiap garis transek dibuat 3 plot yang berukuran 10x10 m<sup>2</sup> dengan jarak antar plot menyesuaikan pada panjang tiap garis transek.

Setiap jenis yang terdapat di dalam plot kemudian diidentifikasi dengan melihat morfologi dari mangrove yang ditemukan yang meliputi daun, batang, bunga, akar dan buah. Identifikasi jenis pada penelitian ini menggunakan buku pengenalan mangrove di Indonesia (Noor *et al.*, 2006). Kemudian dicatat lingkar batang pohon setinggi dada atau 1,3 m dengan individu



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan data

pohon difokuskan pada individu yang memiliki keliling lingkaran pohon  $\geq 16$  cm.

**Analisis Data**

Analisis data pada penelitian ini meliputi analisis DBH, kerapatan vegetasi mangrove, analisis biomassa di atas permukaan tanah, analisis biomassa di bawah permukaan tanah, total biomassa dan analisis karbon tersimpan.

*Diameter Pohon (DBH)*

$$DBH = \frac{CBH}{\pi}$$

Keterangan:

- DBH : *Diameter at Breast height* (Diameter pohon)
- CBH : *Circle Breast High* (Keliling lingkaran pohon setinggi dada atau 1.3 m)
- $\pi$  : 3,14

*Kerapatan Vegetasi*

Analisis kerapatan vegetasi menggunakan rumus dari (Bengen, 2002) yaitu:

$$K = \frac{n}{A}$$

Keterangan:

- K = Kerapatan pohon (Ind/ha)
  - n = Jumlah total individu pohon
  - A = Luas area total pengambilan contoh
- Kriteria:

*Biomassa Permukaan Tanah*

Pada penelitian ini penghitungan biomassa pohon menggunakan persamaan allometrik umum menurut Komiyama *et al.* (2005).

$$W_{top} = \rho * 0,251DBH^{2,46}$$

Keterangan :

- $W_{top}$  : Biomassa diatas permukaan tanah (kg).
- DBH : Diameter batang pohon yang diukur setinggi dada  $\pm 1,3$  m.
- $\rho$  : Berat jenis pohon/kayu

*Biomassa di Bawah Permukaan Tanah*

Analisis ini merupakan analisis pada bagian akar bawah permukaan tanah, Pada analisis ini menggunakan persamaan dari

Komiyama *et al.* (2008)

$$W_R = 0.199 * p^{0.899} DBH^{2.22}$$

Keterangan:

WR : Biomassa akar (kg)

DBH : Diameter pohon setinggi dada

P : Berat jenis kayu ( $g/cm^3$ )

*Total Biomassa*

$$w_{Total} = W_{top} + W_R$$

Keterangan:

Wtotal : Biomassa total ( $kg/100 m^2$ )

*Analisis Karbon Tersimpan*

Analisis estimasi karbon tersimpan menggunakan rumus dari IPCC (2006).

$$C = B \times 0,47$$

Keterangan:

C : Jumlah stok karbon (ton)

B : Biomassa total

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengambilan dan identifikasi data ditemukan 4 spesies mangrove yaitu *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata* dan *Sonneratia alba*. Jenis ini lebih sedikit ditemukan daripada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Dekme *et al.*, 2016) yang menemukan 6 spesies mangrove yaitu *Avicennia alba*, *Bruguiera cylindrica*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia alba* dan *Sonneratia ovata*. Hal ini dapat berbeda karena jumlah transek yang lebih sedikit dan luasan area pengambilan data yang lebih terbatas (Gabi *et al.*, 2021).

### Kerapatan Vegetasi

Kerapatan pohon adalah jumlah individu pohon di suatu area (Bengen, 2002). Kerapatan pohon adalah nilai yang menunjukkan jumlah atau banyaknya individu dari suatu jenis per satuan luas

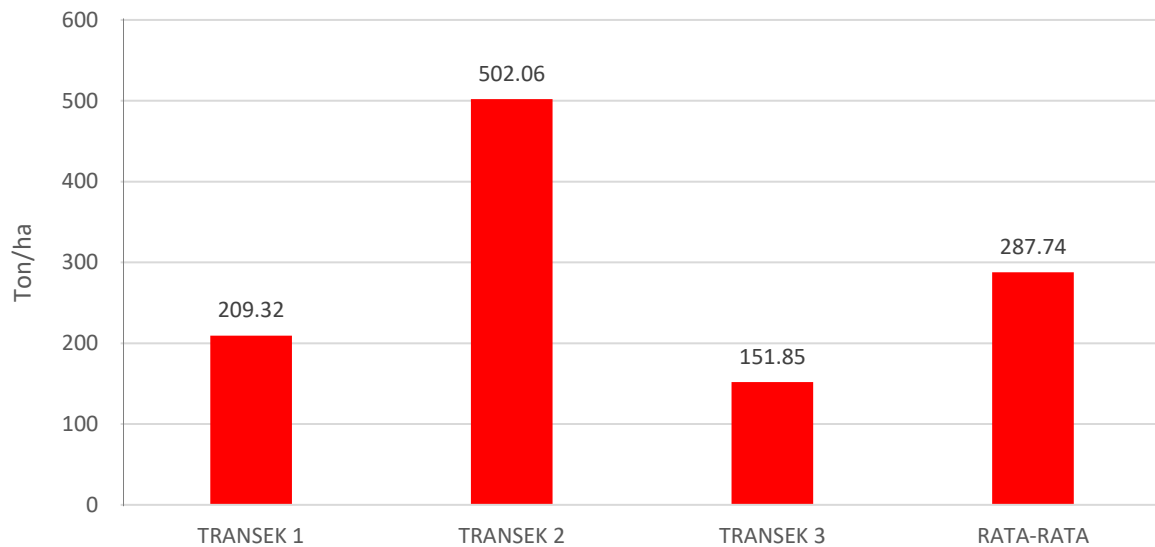
(Akbar *et al.*, 2015). Kerapatan pohon umumnya dinyatakan dalam satuan individu per hektar (Ind/ha). Pada hasil analisis data menunjukkan pada transek 2 memiliki nilai kerapatan tertinggi yaitu sebesar 1.400 ind/ha diikuti dengan transek 1 dengan nilai 1.233 ind/ha dan transek 3 dengan nilai 800 ind/ha. Nilai kerapatan mencerminkan tingkat penyesuaian suatu individu terhadap lingkungannya. Individu atau transek dengan nilai kerapatan tertinggi menunjukkan kemampuan penyesuaian yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan tersebut (Fachrul, 2007).

### Biomassa Permukaan Tanah

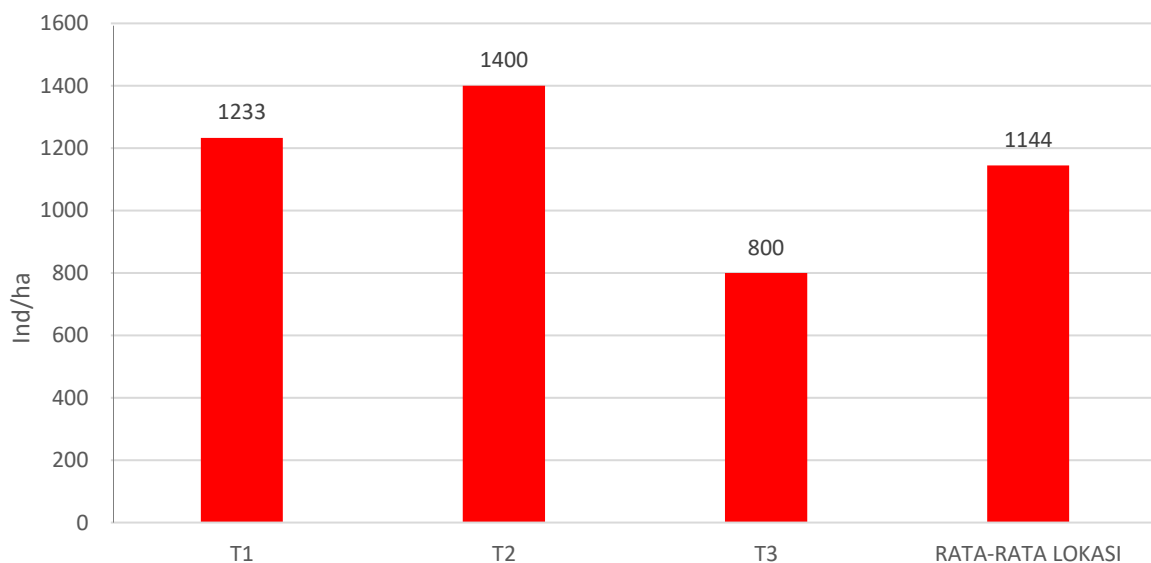
Biomassa permukaan tanah mencerminkan akumulasi bahan organik yang tersimpan dalam tubuh pohon dan menjadi indikator utama dalam penilaian stok karbon. Estimasi biomassa permukaan tanah dilakukan secara *non-destructive* melalui pendekatan *allometrik* berdasarkan masing-masing jenis. Pada hasil analisis data nilai biomassa permukaan tanah menunjukkan nilai tertinggi pada transek 2 dengan nilai sebesar 502,06 ton/ha. Kemudian diikuti pada transek 1 dengan nilai sebesar 209,32 ton/ha, transek 3 dengan nilai sebesar 151,85 ton/ha dengan nilai rata-rata pada lokasi penelitian sebesar 287,74 ton/ha. Menurut Kauffman & Donato (2012) variasi nilai biomassa sangat berpengaruh pada tingkat kerapatan individu, jenis individu serta usia individu. Transek yang memiliki nilai biomassa yang lebih rendah dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti dominasi tegakan yang muda dan rendahnya nilai kerapatan pada transek tersebut.

### Biomassa di Bawah Permukaan Tanah

Menurut Komiyama *et al.* (2005), biomassa di bawah permukaan tanah



Gambar 2. Kerapatan vegetasi



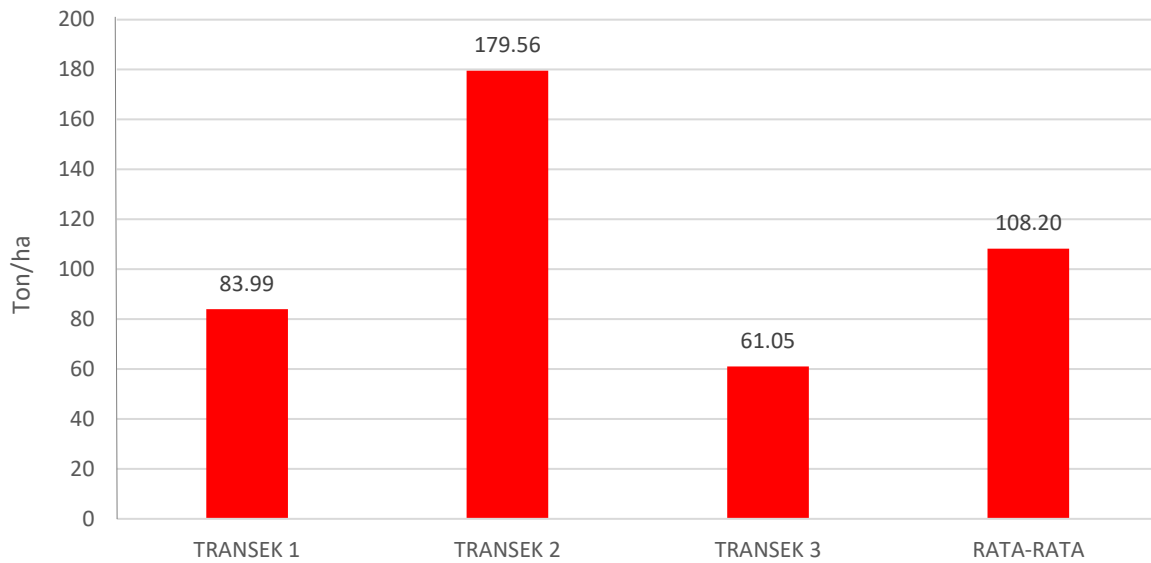
Gambar 3. Biomassa permukaan tanah

menyumbang sekitar 20-50% dari total biomassa pohon mangrove, tergantung pada jenis pohon, usia pohon, serta kondisi lingkungan. Pada hasil analisis data nilai biomassa di bawah permukaan tanah menunjukkan nilai tertinggi pada transek 2 dengan nilai sebesar 179,56 ton/ha. Kemudian diikuti pada transek 1 dengan nilai sebesar 83,99 ton/ha, transek 3

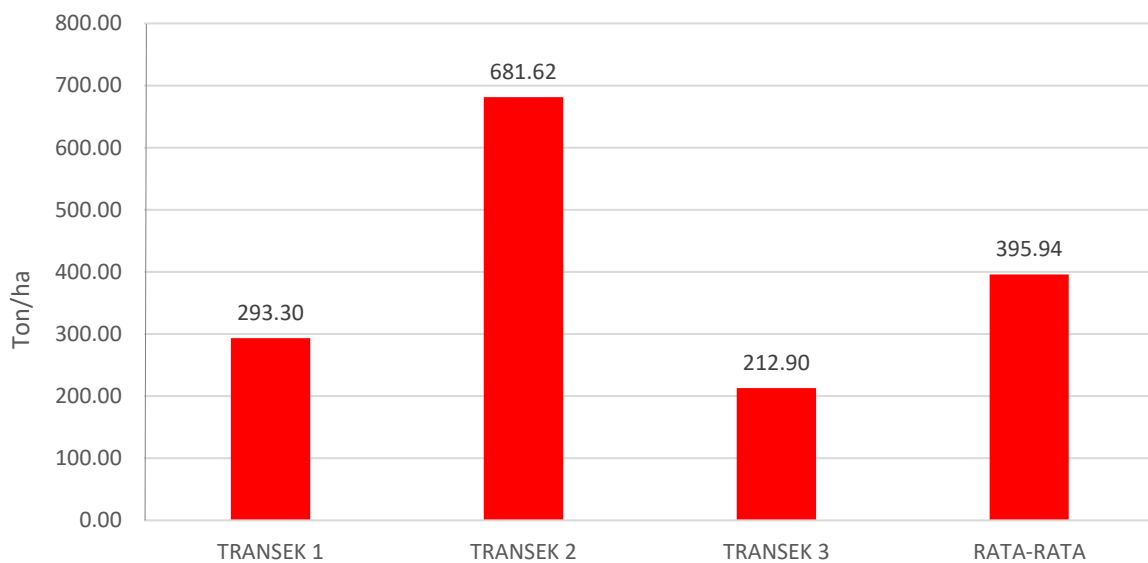
dengan nilai sebesar 61,05 ton/ha dengan nilai rata-rata pada lokasi penelitian sebesar 108,20 ton/ha.

#### **Biomassa Total**

Biomassa total diperoleh dengan menambahkan nilai biomassa permukaan tanah dan biomassa di bawah permukaan tanah. Pada hasil analisis data nilai



Gambar 4. Biomassa di bawah permukaan tanah



Gambar 5. Biomassa total

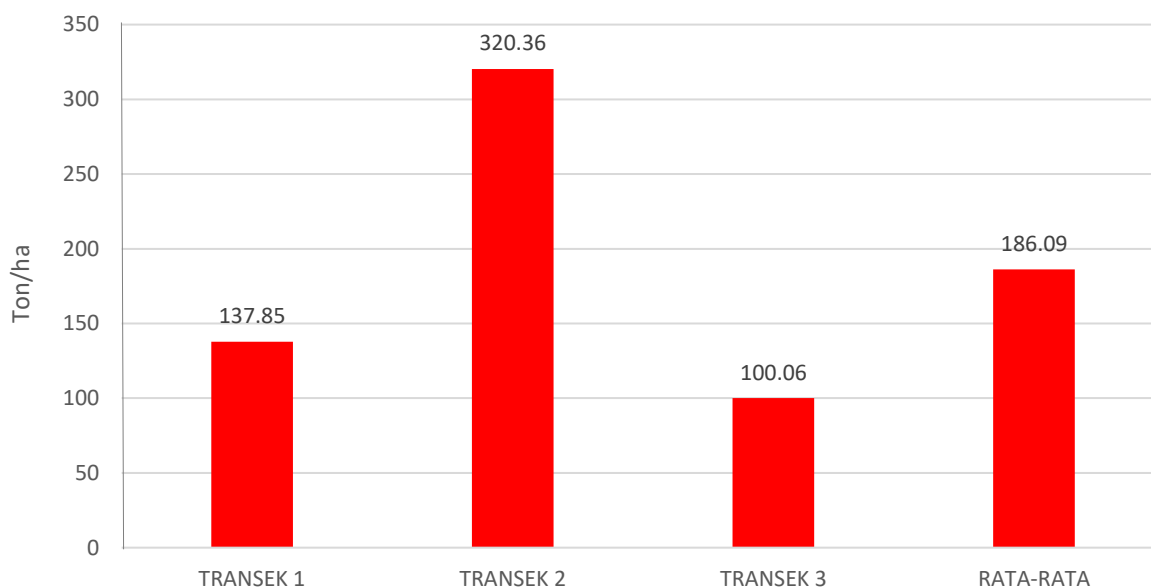
biomassa total menunjukkan nilai tertinggi pada transek 2 dengan nilai sebesar 681,62 ton/ha. Kemudian diikuti pada transek 1 dengan nilai sebesar 293,30 ton/ha, transek 3 dengan nilai sebesar 212,90 ton/ha dengan nilai rata-rata pada lokasi penelitian sebesar 395,94 ton/ha. Nilai biomassa total

**Karbon Tersimpan**

Estimasi karbon tersimpan pada

yang didapat telah mewakili nilai keseluruhan masing-masing individu dikarenakan nilai biomassa permukaan tanah ditambahkan dengan nilai biomassa di bawah permukaan tanah. Nilai tersebut selanjutnya dikonversi untuk mendapatkan nilai stok karbon.

penelitian ini dilakukan melalui pendekatan allometrik, yaitu dengan mengukur biomassa



Gambar 6. Karbon tersimpan

dan mengalikan dengan faktor konversi karbon. Pada hasil analisis data nilai karbon tersimpan tertinggi berada pada transek 2 dengan nilai sebesar 320,36 ton/ha. Kemudian diikuti pada transek 1 dengan nilai sebesar 137,85 ton/ha, transek 3 dengan nilai sebesar 100,06 ton/ha dengan nilai rata-rata pada lokasi penelitian sebesar 186,09 ton/ha. Menurut IPCC (2006), kandungan karbon dalam bahan organik umumnya diasumsikan sebesar 47% dari total biomassa kering. Nilai estimasi karbon pada mangrove umumnya seabnding dengan nilai biomassa karena nilai karbon bergantung pada besarnya nilai biomassa individu (Lumbu *et al.*, 2022).

### KESIMPULAN

Kerapatan pohon memiliki nilai tertinggi pada transek 2 dengan nilai 1.440 ind/ha dengan nilai rata-rta pada lokasi penelitian sebesar 1.144 ind/ha. Pada hasil analisis biomassa permukaan tanah memiliki nilai rata-rata sebesar 287,74 ton/ha, nilai rata-rata biomassa di bawah permukaan tanah sebesar 108,20 ton/ha

dan nilai rata-rata total biomassa sebesar 395,94 ton/ha. Karbon tersimpan memiliki nilai rata-rata pada lokasi penelitian sebesar 186,09 ton/ha.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bengen, D. G. 2002. Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. Institut Pertanian Bogor. 58 hal.
- Dekme, Z. F., Lasut, M. T., Thomas, A., & Kainde, R. P. 2016. Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Di Hutan Mangrove Kecamatan Tombariri Kabupaten Minahasa. *Jurnal Cocos*, 7(2), 1-7. <https://doi.org/10.35791/cocos.v7i2.11735>
- Gabi, F. G., Sondak, C. F. A., Kumampung, D. R. H., Darwisito, S., Ompi, M., Rembet, U. N. W. J. 2021. Struktur Komunitas Mangrove Gamlamo, Kecamatan Jailolo, Halmahera Barat, Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 9(3), 34-43. <https://doi.org/10.35800/jplt.9.3.2021.36489>
- IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Agriculture, Forestry and Other Land Use. The Institute for Global Enviromental Strategies (IGES).

- Kauffman, J. B., Donato, D. C. 2012. Protocols for The Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass and Carbon Stocks In Mangrove Forests. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia. p 40.
- Komiyama, A., Pongpan, S., Kato, S. 2005. Common Allometric Equations for Estimating The Tree Weight of Mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21, 471–477.
- Komiyama, A., Ong, J. E., Pongpan, S. 2008. Allometry, Biomass, and Productivity of Mangrove Forests: A Review. *Aquatic Botany*, 89(2), 128-137.
- Lumbu, T., Rumengan, A., Paruntu, C. P., Darwisito, S., Ompi, M., Mandagi, S. 2022. Kajian Simpanan Karbon pada Biomassa Mangrove di Pesisir Desa Tatengesan Kecamatan Pusomaen Kabupaten Minahasa Tenggara Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 10(1), 63-71. <https://doi.org/10.35800/jplt.10.1.2022.55001>
- Noor, Y. R., Khazali, M., Suryadiputra, I. N. N. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. Wetlands Internasional Indonesia Programme. 220 hal.
- Pratama, R., Parinduri, L. 2019. Penanggulangan Pemanasan Global. *Buletin Utama Teknik*, 15(1), 91–95. <http://dx.doi.org/10.30743/but.v15i1.1879>
- Riani, E. 2012. Perubahan Iklim dan Biota Akuatik : Dampak pada Bioakumulasi Bahan Berbahaya dan Beracun & Reproduksi. IPB Press. 219 hal.
- Tan, T. J. A., Siregar, L. H. 2021. Peranan Ekosistem Hutan Mangrove pada Migitasi Bencana Bagi Masyarakat Pesisir Pantai. *Prosoding Mitigasi Bencana*, 1(1), 27-35. <http://dx.doi.org/10.46576/prosundhar.v1i0.4>