

## Estimasi Indeks Luas Daun dan Fotosintesis Bersih Kanopi Hutan Mangrove di Pantai Salupu Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang

Mario Justinianus Santrum\*, Moses Kopong Tokan, Mbing Maria Imakulata

Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Nusa Cendana, Indonesia

\*E-mail: mariosantrum59@gmail.com

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received: Oct 27, 2021

Revised: Nov 30, 2021

Accepted: Dec 01, 2021

#### Keywords

Mangrove, fotosintesis kanopi

### ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menduga indeks luas daun ( $m^2$  luas daun per  $m^2$  luas tanah) dari kanopi hutan mangrove di Pantai Salupu. Kemudian, indeks luas daun (L) dialihkan ke fotosintesis bersih kanopi dengan menggunakan laju rata-rata fotosintesis per satuan luas daun (A). Metode penelitian ini adalah pengamatan lapangan. Sampel ditentukan dengan menggunakan teknik garis transek dan plot. Data diolah dengan menggunakan persamaan nilai rata-rata dari pembacaan cahaya yang diambil di bawah kanopi (I<sub>mean</sub>), dan dianalisis dengan menggunakan persamaan pendugaan indeks luas daun (L) dan pendugaan fotosintesis bersih kanopi (PN). Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks luas daun dari kanopi hutan mangrove di Pantai Salupu adalah sebesar  $3,297 m^2$  luas daun per  $m^2$  luas tanah. Sementara, fotosintesis bersih kanopi hutan mangrove adalah sebesar  $85,46 kg C$  per ha per hari atau sebesar  $34,31 ton C$  per hektar per tahun.

*This research aims to estimate leaf area index ( $m^2$  leaf area  $m^{-2}$  ground area) of mangrove forest canopy in Salupu Beach. The leaf area index (L) may then be converted to nett canopy photosynthesis using the average rate of photosynthesis per unit leaf area (A). The method of this research is field observation. Samples were determined by transect line plot. Data were calculated by the equation of mean value of the light readings taken under the canopy (I<sub>mean</sub>), and analyzed by the equation of estimation of leaf area index (L) and estimation of nett canopy photosynthesis (PN). The result showed that the leaf area index of the mangrove forest canopy in Salupu Beach amounted to  $3,297 m^2$  leaf area  $m^2$  ground area. Meanwhile, nett photosynthesis of Salupu Beach's mangrove forest canopy is at  $85,46 kg C ha^{-1} day^{-1}$  ( $34,31 ton C ha^{-1} year^{-1}$ ).*

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



**How to Cite:** Santrum, M. J., Tokan, M. K., Imakulata, M. M. (2021). Estimasi indeks luas daun dan fotosintesis bersih kanopi hutan mangrove di pantai Salupu Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang. *Haumeni Journal of Education*, 1(2), 38-43.

### PENDAHULUAN

Kanopi hutan merupakan lingkungan yang heterogen berdasarkan ruang. Distribusi, ukuran, dan orientasi daun-daun dalam ruang menentukan pola ketersediaan cahaya dalam kanopi, mengontrol proses perkembangan daun, keseimbangan energi dan penggunaan air oleh daun, dan fotosintesis (Norman and Campbell, 1989 dalam Ellsworth and Reich, 1993). Fotosintesis sangat penting bagi produksi material tumbuhan, karbon global, dan siklus materi (Tuittila *et al.*, 2004; Qi *et al.*, 2012 dalam Zheng *et al.*, 2012). Ekosistem hutan sangat penting dalam siklus karbon global karena 80% karbon yang tersimpan pada vegetasi daratan tersimpan dalam bentuk biomasa hutan (Olson *et al.*, 1985 dalam Misson *et al.*, 2006).

Pada saat sekarang, peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer dipertajam oleh pengambilan dan pelepasan CO<sub>2</sub> dari dalam tanah, laut dan melalui aktivitas manusia. Peningkatan CO<sub>2</sub> di atmosfer mempunyai potensi untuk mempengaruhi ekosistem darat dan laut. Peningkatan pengambilan CO<sub>2</sub> oleh laut memungkinkan peningkatan derajat keasaman air laut, yang kemudian diikuti oleh perubahan kimia air laut yang mempunyai potensi untuk mempengaruhi kehidupan di laut (Orr *et al.*, 2005 *dalam* Montoya, 2007). Sementara pada ekosistem darat, kenaikan konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara dapat merangsang fotosintesis tumbuhan (Lloyd and Farquhar, 1996 *dalam* Montoya, 2007). Meskipun demikian, peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer yang diikuti oleh penurunan luas hutan menyebabkan terjadinya pemanasan global. Pemanasan global menyebabkan terjadinya perubahan iklim. Perubahan iklim mempengaruhi stabilitas ekonomi.

## **METODE**

Indeks luas daun adalah sebuah pengukuran yang digunakan secara luas untuk menjelaskan struktur kanopi tumbuhan. Indeks luas daun kanopi secara khusus ditentukan sebagai luas satu sisi dari lembaran hijau daun-lembaran hijau daun yang diproyeksikan di atas satuan luas tanah. Sebagai sebuah ukuran dari kepadatan vegetasi, indeks luas daun biasanya ditampilkan dalam satuan m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> (m<sup>2</sup> luas daun per m<sup>2</sup> luas tanah) (Nikolov and Zeller, 2005). Oleh karena lembaran hijau daun merupakan organ utama bagi fotosintesis dan transpirasi tumbuhan, indeks luas daun merupakan sebuah parameter struktural dari kanopi vegetasi yang mengontrol pertukaran energi dan gas antara ekosistem darat dan atmosfer. Indeks luas daun sangat berhubungan dengan fotosintesis, transpirasi, evapotranspirasi, produktivitas, dan laju produktivitas.

Kanopi tumbuhan terdiri dari susunan tumbuh-tumbuhan dengan daun-daun yang berdistribusi tertentu pada ruang dengan arah sudut yang bermacam-macam. Bagaimana sekumpulan daun menangkap cahaya matahari dan menggunakan energi cahaya untuk menyusun CO<sub>2</sub> menjadi senyawa yang lebih kompleks adalah dasar dari fotosintesis kanopi. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi fotosintesis kanopi, selain melalui penangkapan cahaya oleh daun-daun, juga meliputi hubungan sudut antara daun-daun dan geometri Bumi-matahari serta posisi vertikal dan horisontal dari daun-daun. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi fotosintesis kanopi meliputi kondisi lingkungan (suhu, kecepatan angin, kelembaban, dan konsentrasi CO<sub>2</sub>), sejarah hidup daun-daun, ketersediaan nutrisi dan kelembaban tanah, pertukaran gas pada stomata, dan jalur tertentu fotosintesis (Baldocchi & Amthor, 2001).

Penelitian ini dilaksanakan di hutan mangrove Pantai Salupu, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang, dari bulan April hingga Mei 2021. Sampel plot ditentukan dengan menggunakan metode garis transek (English, Wilkinson, and Baker, 1997). Transek-transek diletakkan secara sistematis dengan jarak antar transek 50 m. Untuk pengukuran cahaya, pada setiap transek dibuat plot-plot berukuran 10 m x 10 m, yang diletakkan secara sistematis dengan jarak antar plot 20 m. Untuk tujuan penelitian ini, dibutuhkan paling sedikit 100 titik pengukuran, sehingga harus didapatkan minimal

100 plot. Data dari hasil pengukuran cahaya yang telah dikumpulkan diolah dengan menggunakan rumus  $I_{0\text{mean}}$ ,  $I_{\text{mean}}$ ,  $\text{Ln } I_{0\text{mean}}$  dan  $\text{Ln } I_{\text{mean}}$ . Data hasil olahan dianalisis dengan menggunakan rumus estimasi indeks luas daun ( $L = ((\log_e (I/I_0))/-k \text{ m}^2 \text{ luas daun m}^{-2} \text{ luas tanah})$ ) dan estimasi fotosintesis bersih kanopi ( $P_n = A \cdot d \cdot L$ ) (English, Wilkinson, and Baker, 1997).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran cahaya dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini

**Tabel 1. Data Pengukuran Cahaya**

Data Pengukuran Cahaya di bawah kanopi							
41,3	48,8	117,4	56,4	63,5	65,4	65,2	63,4
77,3	45,1	84,2	57,1	68,7	71,6	59,8	102,9
99,4	50,8	80,1	205,6	72,4	59,3	55,7	113,1
123,3	61,2	73,4	113,2	55,8	53,2	60,6	254,1
58,4	62,2	79,1	169,7	57,8	76,1	66,3	250,6
57,2	44,6	105,3	91,1	59,1	68,9	67,9	242,8
68,3	47,9	87,1	97,8	49,2	63,4	60,1	126,5
72,5	48,7	95,2	95,7	64,6	98,8	70,4	178,1
90,1	165,6	64,1	107,4	72,3	90,5	48,9	156,6
52,3	102,5	63,3	66,8	50,1	92,3	89,6	160,2
54,4	146,7	50,5	58,2	48,9	90,1	75,8	172,2

Nilai pengukuran cahaya seperti pada tabel 1 di atas adalah nilai-nilai pengukuran cahaya di bawah kanopi yang sesungguhnya berjumlah 100 karena ada 100 titik pengukuran tetapi karena sudah melalui prosedur pengolahan awal data (survey manual for tropical marine resources, English, Wilkinson, and Baker, 1997), nilai yang tersisa untuk diolah lebih lanjut berjumlah 88. Pengukuran awal cahaya di luar kanopi ( $I_{0\text{awal}}$ ) adalah sebesar 1165, dan pengukuran akhir cahaya di luar kanopi ( $I_{0\text{akhir}}$ ) adalah sebesar 1103. Sudut zenith cahaya ( $\theta_r$ ) adalah sebesar  $50^\circ$ .

Data di atas kemudian diolah lebih lanjut dan diperoleh rata-rata pengukuran awal dan akhir cahaya di luar kanopi ( $I_{0\text{mean}}$ ) adalah sebesar 1134, rata-rata pengukuran cahaya di bawah kanopi ( $I_{\text{mean}}$ ) adalah sebesar 87, penutupan kanopi ( $\Pi$ ) adalah sebesar 0,88,  $\text{Ln } I_{0\text{mean}}$  adalah sebesar 7,033, dan  $\text{Ln } I_{\text{mean}}$  adalah sebesar 4,468. Koefisien penyerapan cahaya oleh kanopi ( $k$ ) yang digunakan adalah koefisien penyerapan cahaya oleh kanopi dari jenis *Rhizophora*, yakni sebesar 0,5.

Untuk menduga besarnya indeks luas daun, digunakan rumus  $L = L' \cdot \cos(\theta_r)$ . Sementara  $L'$  diperoleh dari  $\text{Ln } I_{\text{mean}} - \text{Ln } I_{0\text{mean}}$ . Dari data di atas, diperoleh  $L'$  adalah sebesar 5,131. Sementara cosinus dari sudut zenith cahaya matahari adalah sebesar 0,642. Dengan demikian, indeks luas daun ( $L$ ) dari kanopi hutan mangrove yang diperoleh adalah sebesar 3,294

Fotosintesis bersih kanopi hutan mangrove dapat diduga dengan menggunakan rumus  $P_n = A \cdot d \cdot L$ , dimana  $P_n$  adalah fotosintesis bersih kanopi yang dicari,  $A$  adalah rata-rata laju fotosintesis per satuan luas daun,  $d$  adalah lamanya siang hari, dan  $L$  adalah perkiraan indeks luas daun yang diperoleh. Nilai untuk  $A$  yang digunakan adalah rata-rata laju fotosintesis per satuan luas daun dari spesies *Rhizophora* pada musim kering yakni sebesar  $0,216 \text{ g C m}^{-2}$ . Lamanya siang hari ( $d$ ) adalah 12 jam. Perkiraan indeks luas daun ( $L$ ) yang diperoleh adalah sebesar 3,294. Berdasarkan rumus di atas, fotosintesis bersih kanopi

hutan mangrove di Pantai Salupu, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang adalah sebesar 34,31 ton C ha<sup>-1</sup> thn<sup>-1</sup>.

Dari hasil analisis data dengan menggunakan metode tidak langsung yaitu metode pengukuran cahaya ini, diperoleh indeks luas daun sebesar 3,294 m<sup>2</sup> luas daun per m<sup>2</sup> luas tanah. Hasil penelitian Maass *dkk.*, (1994) tentang perubahan musiman indeks luas daun pada hutan gugur tropis di Mexico Barat dari tahun 1990 hingga 1991 dengan menggunakan metode langsung yaitu pengukuran serasah daun dan metode tidak langsung yaitu pengukuran cahaya, ditemukan bahwa indeks luas daun maksimum dan minimum yang diperoleh dari metode langsung adalah sebesar 4,2 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup> dan 0,5 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup>, sementara indeks luas daun maksimum dan minimum yang diperoleh dari metode tidak langsung adalah sebesar 4,7 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup> dan 1,0 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup>. Dari hasil penelitian Kamal *et al.* (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Estimation of Mangrove Leaf Area Index from ALOS AVNIR-2 Data (A Comparison of Tropical and Sub-Tropical Mangroves)” ditemukan bahwa indeks luas daun untuk daerah tropis (Karimunjawa-Indonesia) terentang dari 0,88 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup> sampai dengan 5,33 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup>, sementara indeks luas daun untuk daerah sub-tropis (Moreton Bay-Australia) terentang dari 0,26 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup> sampai dengan 3,23 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup>. Di lihat dari garis lintang, Indonesia termasuk dalam zona tropis karena secara geografis Indonesia berada di sekitar ekuator atau katulistiwa yang dibatasi oleh dua garis lintang, 23,5<sup>0</sup> LS dan 23,5<sup>0</sup> LU. Dari data-data pendukung ini diketahui bahwa indeks luas daun yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan di hutan mangrove Pantai Salupu berada dalam rentangan indeks luas daun untuk hutan-hutan di wilayah tropis.

Dari hasil analisis data, diperoleh fotosintesis bersih kanopi hutan mangrove di Pantai Salupu, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang adalah sebesar 34,31 ton C ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>. Dari hasil penelitian Gong, Ong, dan Clough (1997) tentang estimasi indeks luas daun dan produksi fotosintetik pada kanopi mangrove *Rhizophora apiculata* di Hutan Mangrove Peninsular, Malaysia, diperoleh Fotosintesis bersih kanopi sebesar 56 ton C ha<sup>-1</sup> thn<sup>-1</sup>. Dari hasil penelitian Sapto, June, dan Sugiarto (2008) tentang estimasi produksi primer bersih menggunakan pendekatan remote sensing dan permodelan fisiologi tumbuhan di Hutan Rawa Gambut Kalamangan, Kota Palangkaraya, Kalimantan, diperoleh rerata fotosintesis bersih kanopi sebesar 2250 gram C m<sup>-2</sup> thn<sup>-1</sup> atau sebesar 24,75 ton C ha<sup>-1</sup> thn<sup>-1</sup>. Dari hasil penelitian Rusdiana dan Sugirahayu (2011) tentang perbandingan simpanan Karbon pada beberapa penutupan lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur berdasarkan sifat fisik dan sifat kimia tanahnya, diperoleh simpanan karbon pada hutan sekunder sebesar 37,03 ton C ha<sup>1</sup>, hutan mangrove sebesar 51,50 ton C ha<sup>1</sup>, hutan rawa sebesar 38,40 ton C ha<sup>1</sup>, agroforestri sebesar 36,36 ton C ha<sup>1</sup>, dan perkebunan kelapa sawit sebesar 0,06 ton C ha<sup>1</sup>. Lebih lanjut menurut Rusdiana dan Sugirahayu (2011), perbedaan simpanan karbon di masing-masing penutupan lahan dipengaruhi oleh jumlah dan kerapatan pohon, jenis pohon, faktor lingkungan yang meliputi penyinaran matahari, kadar air, suhu, dan kesuburan tanah yang mempengaruhi laju fotosintesis. Hal ini dibuktikan dari hasil kegiatan inventarisasi tegakan yang dilakukan pada masing-masing penutupan lahan dan diketahui bahwa hutan

mangrove memiliki jumlah pohon yang lebih banyak, diameter pohon yang relatif lebih besar, dan tinggi pohon yang relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan penutupan lahan lainnya.

Indeks luas daun mempunyai hubungan yang erat dengan laju fotosintesis bersih (laju asimilasi bersih) kanopi hutan mangrove. Daun merupakan salah satu organ tumbuhan yang mempunyai fungsi sebagai organ fotosintetik karena di dalam daun terkandung klorofil, suatu pigmen penyerap energi cahaya, yang menjalankan proses fotosintesis untuk menghasilkan gula. Semakin luas daun, semakin banyak kandungan klorofilnya, yang artinya semakin tinggi pula laju fotosintesis. Semakin tinggi laju fotosintesis, semakin cepat pertumbuhan suatu tanaman. Pada awal pertumbuhan vegetasi mangrove, indeks luas daun tumbuh-tumbuhan mangrove akan meningkat sejalan dengan peningkatan usia tumbuh-tumbuhan mangrove. Peningkatan indeks luas daun ini diikuti oleh peningkatan laju fotosintesis atau laju asimilasi, sehingga pertumbuhan tumbuh-tumbuhan mangrove juga semakin cepat (Saragih, 2019). Namun demikian, dengan semakin bertambahnya indeks luas daun (luas setiap lembaran daun) dan semakin rapatnya pertumbuhan tumbuh-tumbuhan mangrove, laju fotosintesis bersih (laju asimilasi bersih) kanopi akan menurun. Hal ini disebabkan karena antara daun yang satu dengan daun yang lainnya akan saling menaungi, sehingga daun-daun yang berada di bagian bawah tidak dapat melakukan fotosintesis secara maksimal. Dengan demikian, indeks luas daun dan laju fotosintesis bersih atau laju asimilasi bersih kanopi mempunyai hubungan yang positif hingga pada suatu kondisi tertentu keduanya mempunyai hubungan yang negatif. Pada tahun 1971, Miller mendemonstrasikan pentingnya orientasi daun pada kanopi hutan menentukan produktivitas optimum dari hutan mangrove (Rodriquez, 2008). Ia menemukan bahwa peningkatan kemiringan orientasi daun yang dalam akan meningkatkan fotosintesis bersih hingga ke indeks luas daun 8, tetapi dengan peningkatan orientasi daun ke arah horisontal akan mengurangi fotosintesis bersih kanopi hingga ke indeks luas daun yang lebih rendah.

## **SIMPULAN**

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Indeks luas daun dari kanopi hutan mangrove di Pantai Salupu, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang, adalah sebesar  $3,294 \text{ m}^2\text{m}^{-2}$  dan berada dalam rentangan indeks luas daun untuk hutan-hutan di wilayah tropis.
2. Jumlah karbon yang tersimpan pada tegakkan vegetasi hutan mangrove di Pantai Salupu, dari hasil fotosintesis kanopi hutan, adalah sebesar  $34,31 \text{ ton C ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$ .
3. Indeks luas daun dan laju fotosintesis bersih kanopi hutan mempunyai hubungan positif hingga pada suatu kondisi tertentu keduanya mempunyai hubungan negatif.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Armitage, D. (2002). Socio-Institutional dynamics and the political ecology of mangrove forest conservation in central Sulawesi, Indonesia. *Journal Of Global Environmental Change*. 12, 203 – 217.
- Barbour, M. G., Burk, J. H., & Pitts, W. D. (1987). *Terrestrial plant ecology*. Edisi Kedua. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Menlo Park, California.

- Clough, B. F., Ong, J. E., & Gong, W. K. (1997). Estimating leaf area index and photosynthetic production in canopies of the mangrove rhizophora apiculata. *Marine Ecology Progress Series*, 159, 285 – 292
- Dahdouh, F-Guebas. (2000). *General introduction: mangrove vegetation structure dynamics and regeneration*, (online), (fdahdouh@vub.ac.be, diakses 28 Desember 2003).
- Ellsworth, D. S., & Reich, P. B. (1993). *Canopy structure and vertical patterns of photosynthesis and related leaf traits in a deciduous forest*. 96, 169 – 178.
- English, S., Wilkinson, C., & Baker, V. (1997). *Survey manual for tropical marine resources*. Australian Institute of Marine Science. Townsville.
- Garrity, S. (2014). *LAI: Teori And Practice*. Decagon Devices, Inc. USA.
- Hidayatullah, M. (2014). *Keanekaragaman jenis mangrove di Nusa Tenggara Timur*. *Warta Cendana – Balai Penelitian Kehutanan Kupang*, 8(1).
- Kamal, M., Phinn, S., & Adi, N. S. (2016). *Estimation of mangrove leaf area index from ALOS AVNIR-2 Data (A comparison of tropical and sub-tropical mangroves)*. AIP Conference Proceedings 1755, 040005 (2016)
- Muin, A., Hartono, B. D., Mandey, C. F. T., Diba, F., Manginsela, F. B., Ridho, M. R., Kaunang, R., Sadarun, B., Sudirman, Suharto, Fahrum, S. A., Subagyo, W., dan Rismayadi, Y. (2000). *Falsafah Sains: hutan mangrove sebagai obyek sains*, (online), (rudy@cbn.net.id, diakses 28 Desember 2003).
- Nikolov, N., & Zeller, K. (2006). *Efficient retrieval of vegetation leaf area index and canopy clumping factor from satellite data to support pollutant deposition assessments*. Elsevier Environmental Pollution 141 (2006) 539 – 549.
- PERDA Kabupaten Kupang Nomor 1. (2015). *Rencana tata ruang wilayah Kabupaten Kupang tahun 2014 – 2034*.
- Saenger, P., Hegerl, E. J., & Davie, J. D. S. (1983). *Global status of mangrove ecosystems*. International Union For Conservation Of Nature And Natural Resources – Asian Institute Of Technology Bangkok: Thailand.
- Soeroyo dan Sukardjo, S. (1990). *Struktur dan komposisi hutan mangrove di Grajagan, Banyuwangi*. Makalah Disajikan Dalam Seminar IV Ekosistem Mangrove Di Bandar Lampung. Panitia Nasional Program MAB Indonesia – LIPI, Bandar Lampung 7 – 9 Agustus 1990.
- Sugiarto, Y., June, T., & Spto, B. P. (2008). Estimation of net primary production (NPP) using remote sensing approach and plant physiological modeling. *J.Agromet* 22 (2), 183 – 199.
- Tomlinson, P. B. (1986). *The botany of mangroves*. USA:Cambridge University Press
- Windarni, C., Setiawan, A., & Rusita. (2018). Estimasi karbon tersimpan pada hutan mangrove di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Silva Lestari*, 6(1), 66 – 74
- Zheng, Y., Zhao, Z., Zhou, J., & Zhou, H. (2012). Evaluation of different leaf and canopy photosynthesis models: A case study with black locust (*Robinia pseudoacacia*) Plantations on a loess plateau. *Pak. J. Bot.*, 44(2): 531 – 539