JoG Vol.01 No.01 (2026), pp. 26-31

Journal of Geosurface (JoG)

ISSN: 3124-3444 | https://ejournal.uigm.ac.id/index.php/JoG

ESTIMASI BIOMASSA DAN PENYIMPANAN KARBON PADA EKOSISTEM MANGROVE DI TAMAN NASIONAL SEMBILANG

Muhammad Solikin Zanwar[1], Debi Nadia Putri[2,*]

[1] Ssurvei dan Pemetaan, Universitas Indo Global Mandiri, Jl. Jend. Sudirman Km. 4 No. 62, Kota Palembang, Sumatera Selatan, 30129, Indonesia
[2] Teknik Geomatika, Universitas Indo Global Madiri, Jl. Jend. Sudirman Km. 4 No. 62, Kota Palembang, Sumatera Selatan, 30129, Indonesia

* Corresponding author: debinadiaputri@uigm.ac.id
Received: May 18, 2026; Accepted: Jun 25, 2026.

Abstrak

Fenomena perubahan iklim merupakan fenomena global yang ditandai oleh salah satunya cirinya yaitu peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi pada atmosfer yang diakibatkan oleh akumulasi dari gas rumag kaca (GRK). Gas rumah kaca berasal dari sumber alami ataupun aktivitas manusia. Dalam rencana mitigasi perubahan iklim dan pengendali emisi gas rumah kaca, ekosistem hutan menjadi peran utama sebagai penyerap (*sink*) dan penyimpan karbon alami. Keberadaan hutan berfungsi sebagai penyeimbang karbon karna mampu menyerap CO2 dari atmosfer melalui proses fotosistesis oleh tumbuhan dan penyimpanannya dalam biomassa. Salah satu ekosistem hutan yang berperan dalam pengendali emisi gas rumah kaca di Sumatera Selatan adalah daerah Kawasan Taman Nasional Berbak-Sembilang (TNBS). Pada Taman Nasional Berbak-Sembilang (TNBS), ekosistem magrove merupakan komponen ekologi yang paling mendominasi. Melalui proses analisis Integrasi *Algoritma Random Forest* dan pemanfaatan dari Indeks Vegetasi NDVI (*Normalized Differense Vegetation Index*), IRECI (*Interved Red Edge Chlorophyll Index*), dan TRVI (*Total Ratio Vegetation Index*) menggunakan data citra sentinel 2A melalui aplikasi GEE, diperoleh hasil bahwa pada kawasan Taman Nasional Berbak-Sembilang didominasi oleh vegetasi mangrove seluas ±1.221,55 Ha dan area non mangrove seluas ±0,63 Ha. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa 99% kawasan mangrove pada TNBS merupakan kawasan mangrove aktif. Hal ini memungkinkan bahwa dari hasil analisis pada kawasan TNBS estimasi nilai AGC yang dihasilkan adalah sebesar ± 7.455.772,77 Mg C (± 7,46 Juta Ton Karbon). Jumlah karbon tersebut tersimpan di biomassa di atas tanah (batang, cabang, daun).

Kata Kunci: *Mangrove, Sentinel-2A, NDVI, IRECI*

Abstract

Climate change is a global phenomenon characterized by an increase in the average temperature of the Earth's surface in the atmosphere caused by the accumulation of greenhouse gases (GHG). Greenhouse gases originate from both natural sources and human activities. In climate change mitigation plans and greenhouse gas emission controls, forest ecosystems play a key role as natural carbon sinks and stores. Forests act as carbon balancers because they absorb CO2 from the atmosphere through photosynthesis by plants and store it in biomass. One forest ecosystem that plays a role in controlling greenhouse gas emissions in South Sumatra is the Berbak-Sembilang National Park (TNBS) area. In Berbak-Sembilang National Park (TNBS), the mangrove ecosystem is the most dominant ecological component. Through the analysis process of the Random Forest Algorithm Integration and the utilization of the Vegetation Index NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), IRECI (Interved Red Edge Chlorophyll Index), and TRVI (Total Ratio Vegetation Index) using sentinel 2A image data through the GEE application, the results obtained that the Berbak-Sembilang National Park area is dominated by mangrove vegetation covering an area of ± 1,221.55 Ha and a non-mangrove area of ± 0.63 Ha. The results of the analysis also show that 99% of the mangrove area in TNBS is an active mangrove area. This allows that from the results of the analysis in the TNBS area the estimated AGC value produced is ± 7,455,772.77 Mg C (± 7.46 Million Tons of Carbon). The amount of carbon is stored in above-ground biomass (stems, branches, leaves).

Keywords: *Mangrove, Sentinel-2A, NDVI, IRECI*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena perubahan iklim merupakan fenomena global yang ditandai oleh salah satunya cirinya yaitu peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi pada atmosfer yang diakibatkan oleh akumulasi dari gas rumag kaca (GRK). Upaya pencegahan perubahan iklim merupakan bentuk strategis yang bertujuan untuk mengurangi laju emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Gas rumah kaca berasal dari sumber alami ataupun aktivitas manusia. Salah satu gas rumah kaca yang paling berpengaruh adalah karbon dioksida (CO2). Karbon dioksida (CO2) memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap dan memantulkan radiasi inframerah. Ketika gas CO2 terperangkap di atmosfer, panas yang ada di permukaan bumi tidak dapat terlepas ke luar angkasa yang menyebabkan terjadinya peningkatan suhu global secara progresif. Semakin tinggi kadar CO2 di udara, maka semakin besar pula potensi terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim ekstream (Ningrum et al., 2024).

Dalam rencana mitigasi perubahan iklim dan pengendali emisi gas rumah kaca, ekosistem hutan menjadi peran utama sebagai penyerap (sink) dan penyimpan karbon alami. Keberadaan hutan berfungsi sebagai penyeimbang karbon karna mampu menyerap CO2 dari atmosfer melalui proses fotosistesis oleh tumbuhan dan penyimpanannya dalam biomassa. Setiap tumbuhan yang berada dalam hutan memiliki kapasitas penyerapan karbon yang berbeda-beda tergantung jenis dan tipenya. Salah satu hutan yang paling besar penyerapan karbonnya adalah hutan mangrove. Hutan mangrove mampu menyerap dan menyimpan karbon tiga sampai lima kali lebih besar dibandingkan dengan hutan lainnya maupun hutan lahan kering (Ningrum et al., 2024).

Salah satu kawasan hutan mangrove yang ada di Indonesia adalah kawasan hutan mangrove Taman Nasional Berbak-Sembilang (TNBS) yang terletak di Provinsi Sumatera Selatan. Kawasan ini merupakan salah satu kawasan ekosistem mangrove terpenting di Indonesia yang berfungsi sebagai kawasan strategis dalam upaya konservasi dan pelestarian habitat mangrove (Ulqodry dkk., 2020). Secara geografis kawasan Taman Nasional Berbak-Sembilang terletak diantara 104°11'-104°57' Bujur Timur dan 01°38'-02°28' Lintang Selatan. Luas yang dimiliki oleh Taman Nasional Berbak-Sembilang adalah sekitar ± 267.592,42 Ha yang tercantum dalam Surat Kepala Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah II Nomor 270/BPKH/II/PKH/PLA.0/7/2019. berdasarkan latar belakang diatas, maka perlu dilakukan penelitian tentang estimasi biomassa yang terkandung dalam hutan mangrove di Taman Nasional Berbak Sembilang.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang dirumuskan pada penelitian ini adalah bagaimana mengetahui estimasi biomassa dan sekuestraksi karbon yang ada pada ekosistem mangrove di kawasan Taman Nasional Berbak-Sembilang.

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk pembuatan estimasi biomassa dan sekuestraksi karbon yang ada pada ekosistem mangrove di kawasan Taman Nasional Berbak-Sembilang.

2. DATA DAN METODE

2.1 Data

Data (bahan) yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah yang pertama Batas Administrasi Taman Nasional Berbak-Sembilang yang digunakan sebagai batas daerah penelitian. Kemudian selanjutnya menggunakan data Citra Sentinel-2A yang digunakan sebagai data utama untuk melakukan analisis AGC yang terkandung di permukaan tanah dengan metode NDVI, IRECI, dan TRVI.

2.2 Metode

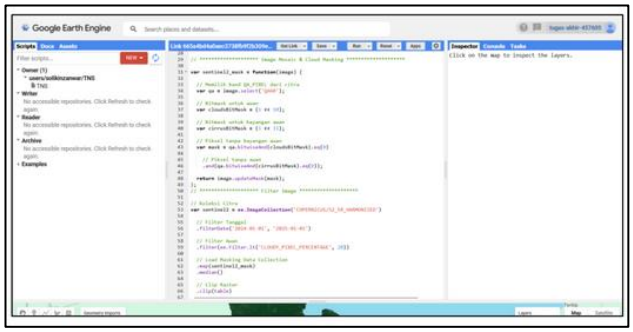
Metode yang digunaka dalam penelitian ini adalah diantaranya:

1. Persiapan alat dan bahan
2. Pengolahan data penelitian
3. Analisis perolehan hasil

2.3 Pengolahan Data

a) Image Mosaic dan *Cloud Masking*

Pada tahap ini dilakukan proses *Masking* awan dan bayangan dilakukan dengan memanfaatkan *band* kualitas QA60 dari Sentinel-2. Bit ke-10 dan ke-11, yang masing-masing menunjukkan awan dan cirrus, digunakan untuk membuat masker. Setelah itu, citra dikomposit dengan metode median untuk memperoleh representasi visual terbaik dari area studi sepanjang tahun Proses ini divisualisasikan pada Gambar yang memperlihatkan proses analisis *mosaic* dan *cloud masking* di area penelitian. Tahap ini penting karena kualitas citra yang bersih dari awan akan menentukan akurasi pada langkah klasifikasi dan analisis indeks vegetasi selanjutnya. Berikut adalah proses *image mosaic* dan *cloud masking* sebagai berikut :



Gambar 1. *Image Mosaic* dan *Cloud Masking*

b) Composite Band

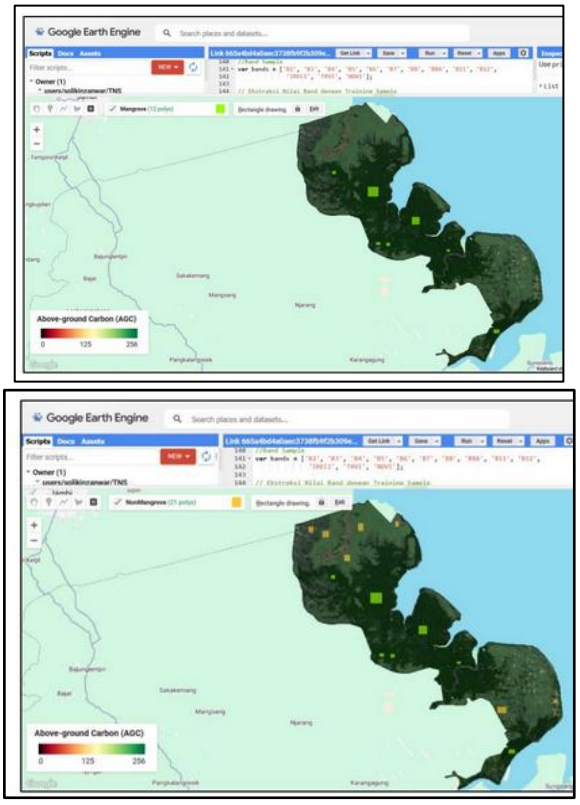
Citra multispektral yang telah dimasking kemudian dikalibrasi dengan faktor reflektansi 0.0001. Band yang digunakan (B2 hingga B12) digabungkan (stacking) menjadi satu citra komposit yang siap digunakan dalam proses klasifikasi dan perhitungan indeks vegetasi. Komposit ini memungkinkan integrasi spektral antar-*band*, yang sangat penting dalam mendeteksi tutupan vegetasi secara akurat.

c) Klasifikasi Tutupan Lahan (Mangrove – Non Mangrove)

Klasifikasi dilakukan menggunakan *algoritma Random Forest* di GEE. Kelas yang dihasilkan adalah: mangrove (0) dan non-mangrove (1). Data latih diperoleh melalui digitasi manual terhadap poligon vegetasi dan area terbuka. Fitur input yang digunakan dalam klasifikasi meliputi nilai reflektansi dari band Sentinel-2 (B2–B12) dan tiga indeks vegetasi yaitu NDVI, IRECI, TRVI.

d) Digitasi Area Sampel

Digitasi sampling area dilakukan untuk mendefinisikan area pelatihan (*training* area) dan validasi dalam proses klasifikasi. Digitasi dilakukan secara manual di dalam GEE, dengan membuat poligon yang mencerminkan tutupan mangrove dan non-mangrove. Poligon ini juga digunakan untuk proses masking hasil AGC agar hanya menghitung nilai pada area vegetasi mangrove. Berikut adalah proses digitasi mangrove dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Digitasi Sampel Mangrove dan Non-Mangrove

e) Analisis Indeks Vegetasi

Untuk mengidentifikasi dan menganalisis tutupan vegetasi mangrove serta mengestimasi biomassa dan penyimpanan karbon. NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dihitung menggunakan rasio antara pantulan pita *NIR* dan *Red*, berfungsi untuk mendeteksi tingkat kehijauan dan aktivitas fotosintesis vegetasi. IRECI (*Inverted Red-Edge Chlorophyll Index*) merupakan indeks berbasis *red-edge* yang sensitif terhadap konsentrasi klorofil, sehingga efektif dalam membedakan vegetasi mangrove dari non-mangrove serta memperkirakan biomassa. Sementara itu, TRVI (*Total Ratio Vegetation Index*) menggunakan akar kuadrat rasio *NIR* terhadap *Red* untuk memberikan estimasi yang lebih stabil terhadap variabilitas vegetasi. Ketiga indeks ini dikombinasikan dalam model regresi multivariat untuk menghitung *Above-ground Carbon* (AGC), yang kemudian dikonversi menjadi nilai karbon dalam satuan megagram per hektar (Mg/ha).

f) Above-Ground Carbon (AGC)

Estimasi karbon yang berada di atas permukaan tanah (Above-Ground Carbon / AGC) diketahui dengan mengintegrasikan tiga indeks vegetasi seperti NDVI (Normalized Difference Index), IRECI (Inverted Red Edge Chlorophyll Index) dan TRVI (Total Ratio Vegetation Index). Ketiga indeks ini dihitung dari spektrum pantulan vegetasi yang diambil dari citra Sentinel-2 dan digunakan dalam model regresi empiris untuk menghasilkan nilai AGC.

AGC dihitung menggunakan model regresi linier multivariat berbasis indeks vegetasi dengan rumus:

$$AGC=104.741\times IRECI+3.025\times TRVI+13.99$$

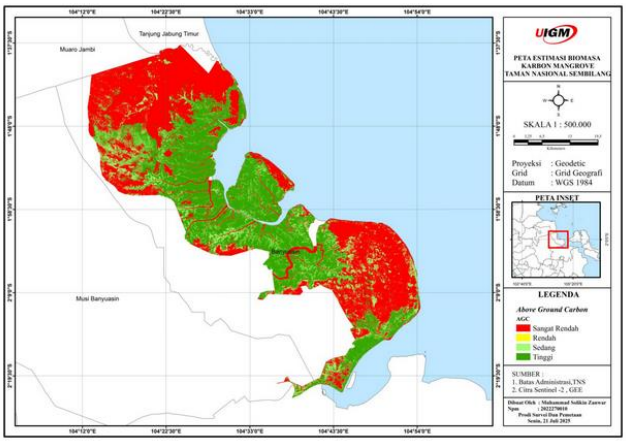
$$AGC = 104.741 \times IRECI + 3.025 \times TRVI + 13.99$$

$$AGC=104.741\times IRECI+3.025\times TRVI+13.99$$

Nilai AGC ini kemudian dikalikan dengan faktor 0.47 untuk mengubah estimasi biomassa menjadi karbon dalam satuan megagram per hektar (Mg/ha). Proses *masking* kembali dilakukan untuk memastikan hanya piksel mangrove yang digunakan dalam perhitungan akhir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari klasifikasi tutupan lahan menggunakan *algoritma Random Forest* menunjukkan bahwa kawasan Taman Nasional Berbak-Sembilang didominasi oleh vegetasi mangrove dengan persentase 99% yaitu seluas ± 1.221,55 Ha dan vegetasi non mangrove hanya seluas ± 0,63 Ha dari total luas keseluruhan dari hasil analisis.



Gambar 3. Peta Estimasi Biomassa dan Karbon Mangrove

Hasilnya, total AGC yang tersimpan pada kawasan mangrove di lokasi penelitian mencapai ±7.455.772,77 Mg C (sekitar 7,46 juta ton karbon), yang menunjukkan peran krusial ekosistem ini sebagai penyerap karbon alami dalam skala besar. Dengan pendekatan berbasis indeks vegetasi NDVI, IRECI, dan TRVI yang terotomatisasi dalam platform Google Earth Engine, penelitian ini membuktikan bahwa pemantauan karbon secara spasial dapat dilakukan secara efisien, akurat, dan mendukung program konservasi serta mitigasi berbasis alam (Nature-Based Solutions) di kawasan pesisir tropis.

Distribusi spasial dari nilai AGC yang di dapat dikategorikan dalam beberapa kelas: Sangat Rendah (<8 Mg/Ha), Rendah (8-59

Mg/Ha), Sedang (59-111 Mg/Ha), Tinggi (111-163 Mg/Ha). Distribusi biomassa menunjukkan konsentrasi AGC tinggi terdapat pada wilayah selatan dan tengah kawasan, sedangkan bagian utara dan timur laut didominasi oleh kategori rendah. Hasil luasan pada penelitian estimasi biomassa dan karbon mangrove adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Klasifikasi Distribusi SpaSial Nilai AGC

Klasifikasi	Luas (Ha)	Persentase (%)
Sangat Rendah	99.710,7	47
Rendah	0,1	0
Sedang	32.295,7	15
Tinggi	80.003,3	38

Berdasarkan tabel 1 di atas, nilai AGC yang tinggi dimiliki oleh kawasan mangrove seluas 80.003,3 Ha. Selanjutnya kawasan mangrove dengan luas 32.395,7 Ha memiliki nilai AGC sedang. Nilai AGC yang rendah terdapat di 0,06 luas mangrove. Semetara itu, nilai AGC sangat rendah terdapat di 99.710,7 Ha luas kawasan mangrove. Dari keseluruhan hasil penelitian, kawasan Taman Nasional Berbak-Sembilang di dominasi oleh nilai AGC Sangat Rendah sebesar 47% dan disusul oleh Nilai AGC Tinggi sebesar 38%. Sementara untuk nilai ACG Sedang hanya sebesar 15% dan nilai AGC Rendah dengan presentasi 0,001%.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan melalui integrasi algoritma Random Forest dan pemanfaatan indeks vegetasi NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), IRECI (Inverted Red Edge Chlorophyll Index), dan TRVI (Total Ratio Vegetation Index), diperoleh hasil bahwa kawasan penelitian didominasi oleh vegetasi mangrove seluas ±1.221,55 hektar. Area non-mangrove hanya mencakup ±0,63 hektar, menunjukkan bahwa lebih dari 99% wilayah studi merupakan kawasan mangrove aktif. Estimasi nilai AGC yang dihasilkan melalui model regresi empiris menunjukkan total karbon sebesar ±7.455.772,77 Mg C (sekitar 7,46 juta ton karbon), yang merepresentasikan karbon tersimpan pada biomassa di atas tanah seperti batang, cabang, dan daun. Distribusi spasial nilai AGC menunjukkan bahwa wilayah selatan dan tengah Taman Nasional Sembilang mendominasi kelas tinggi, sedangkan bagian utara dan timur laut cenderung termasuk dalam kelas rendah.

5. REFERENCES

Britney Liayanti Windewani, & Galuh P. W. Utami. (2024). Identifikasi Jenis- Jenis Tumbuhan Mangrove Yang Ada Di Indonesia. Journal of International Multidisciplinary Research, 2(7), 210–218.

Istikorini, Y., & Sari, O. Y. (2022). Jurnal Sylva Lestari. Jurnal Sylva Lestari, 10(2), 211–222.

Maulana, P., Arifin, W. A., & Minsaris, L. O. A. (2023). Estimasi Stok Karbon Tersimpan Pada Hutan Mangrove Di Paluh Kurau, Deli Serdang. Journal of Scientech Research and Development, 5(2), 770–779.

Niagara, Y., Ernawati, & Purwandari, E. P. (2020). Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Untuk Pemetaan Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Unsupervised K-Means Berbasis Web Gis (Studi Rekursif: Jurnal Informatika, 8(1), 100–110.

Ningrum, T. D. P., Diana, R., & Rustam, R. (2024). Estimasi stok karbon tanah pada ekosistem mangrove di Muara Badak Ulu dan Salo Palai Kalimantan Timur. ULIN: Jurnal Hutan Tropis, 8(1), 255.

Rizki, A. S., Hadi, A. P., Cerminand, N. I., & Rizali, M. (2024). Analisis Spasial Kontribusi Jasa Ekosistem Mangrove Sebagai Blue Carbon Dalam Implementasi FOLU Net Sink Di Pulau Lombok (Spatial Analysis of Mangrove Ecosystem Service Contribution as Blue Carbon in

the Implementation of FOLU Net Sink on Lombok Island). 1(Desember), 86–98.

Sofian, A., Harahab, N., & Marsoedi, M. (2001). Kondisi Dan Manfaat Langsung Ekosistem Hutan Mangrove Desa Penunggul Kecamatan Nguling Kabupaten Pasuruan. El–Hayah, 2(2), 56–63.

Suardana, A. A. M. A. P., Anggraini, N., Nandika, M. R., Aziz, K., As-Syakur, A. R., Ulfa, A., Wijaya, A. D., Prasetio, W., Winarso, G., & Dimyati, R. D. (2023). Estimation and Mapping Above-Ground Mangrove Carbon Stock Using Sentinel-2 Data Derived Vegetation Indices in Benoa Bay of Bali Province, Indonesia. Forest and Society, 7(1),

Sundoko, A., Ulqodry, T. Z., & Armanto, M. E. (2023). Jurnal Penelitian Sains. 25(2), 109–119. Ulqodry, T. Z., Suganda, A., Agussalim, A., Aryawati, R., & Absori, A. (2020). Estimasi Serapan Karbon Mangrove Melalui Proses Fotosintesis Di Taman Nasional Berbak-Sembilang. Jurnal Kelautan Nasional, 15(2), 77–84.

Wulandari, N. (2020). Penggunaan metode NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) dan SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) untuk mengetahui ketersediaan ruang terbuka hijau terhadap pemenuhan kebutuhan oksigen. Jurnal Teknik Sipil ITM, 1(1), 1–9.