

Original Research Paper

Carbon Stock Dynamics with Spatial and Temporal Approaches in Forest Area with Special Purpose (KHDTK) Senaru

Lalu Rizki Aji Kertalam^{1*}, Sitti Latifah¹, Muhamad Husni Idris¹

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : August 07th, 2025

Revised : August 12th, 2025

Accepted : August 14th, 2025

*Corresponding Author: **Lalu Rizki Aji Kertalam**, Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Email:

rizkiajikertalam08@gmail.com

Abstract: Forests have the ability to reduce carbon dioxide (CO₂) and store it in the form of biomass. This study aims to determine the dynamics of carbon stocks in the Senaru Special Purpose Forest Area (KHDTK) with a spatial and time approach. Data collection was carried out in July-August 2024. Located in Senaru KHDTK. Vegetation data collection was carried out by systematic sampling with random start, vegetation data taken in the form of species, diameter and height were carried out on 43 sample plots measuring 20x20m with sub plots of 10x10m, 5x5m and 2x2m. Standing carbon stocks were determined using the allometric equation. Carbon stock dynamics were analyzed by comparing the results of the study with stock data from previous studies. Spatial analysis was conducted using ArcGis application with Inverse Distance Weight (IDW), Kriging and Spline spatial interpolation methods. The results showed that the average surface carbon stock was 66.35 tons/ha. It decreased by 13.48 tons/ha in 5 years, and decreased by 17.36 tons/ha in 10 years. The spatial interpolation method that has the least error rate is the Kriging method. To increase the carbon stock of Senaru KHDTK, it is necessary to increase the population of forestry plants including large-trunked multipurpose plants such as durian, dao, jackfruit and others.

Keywords: Carbon stok, Carbon dynamics, Interpolation method.

Pendahuluan

Sumber daya hutan merupakan salah satu sumber daya alam yang melimpah di Indonesia. Setelah Brasil dan Kongo, Indonesia memiliki hutan hujan tropis terbesar ketiga di dunia (Maulana *et al.*, 2019). Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan (PKTL) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) melaporkan bahwa, per tahun 2019, 94,1 juta hektar, atau 50,1% dari total luas daratan negara, ditutupi oleh hutan di Indonesia (Najicha, 2021). Karena hutan menyerap karbon dioksida yang berbahaya bagi manusia, dan menyediakan oksigen bagi kehidupan makhluk hidup, hutan Indonesia sering disebut sebagai paru-paru dunia (Wahyuni & Suranto, 2021).

Hutan tidak hanya menghasilkan oksigen tetapi juga menawarkan berbagai jasa lingkungan lain yang mungkin dibutuhkan manusia untuk

bertahan hidup. Hutan menawarkan beragam jasa lingkungan, seperti kompensasi karbon, pariwisata alam, kesuburan tanah, pengelolaan erosi dan banjir, perlindungan hidrologis, pasokan oksigen, serta keindahan dan keunikan alam (Desiana *et al.*, 2019). Hutan dapat menyimpan karbon setidaknya sepuluh kali lebih banyak daripada jenis vegetasi lainnya, menjadikannya penyerap dan penyimpan karbon terbesar dalam siklus karbon global (Sultan *et al.*, 2020)

Informasi tentang cadangan karbon dalam ekosistem hutan dapat dimanfaatkan untuk mendukung kegiatan *Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation* (REDD+) dalam konteks perdagangan karbon dunia (Hutajulu & Afifah, 2019). Pengukuran langsung menggunakan pengambilan sampel destruktif dan pengukuran tidak langsung menggunakan metode *non-destructive* merupakan dua pendekatan utama untuk mengukur biomassa dan

stok karbon hutan. Pengambilan sampel *destructive* melibatkan pengambilan vegetasi dan penghitungan biomasnya, sementara metode *non destructive* menggunakan persamaan alometrik yang telah ditetapkan untuk mencegah kerusakan pada tumbuhan (Irundu *et al.*, 2023). Perubahan jumlah cadangan karbon yang ada di suatu wilayah disebut sebagai dinamika cadangan karbon, yang berkaitan dengan pergerakan dan penyimpanan karbon dalam berbagai bentuk dalam skala waktu tertentu (Swardana, 2022).

Dinamika cadangan karbon hutan di pengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, seperti keanekaragaman pohon dapat mengatur karbon hutan secara kuat, struktur tegakan seperti kerapatan batang, tutupan tajuk, tinggi pohon, dan luas bidang dasar pohon (Saimun *et al.*, 2021). Selain itu, perubahan penggunaan lahan deforestasi, degradasi hutan, serta aktivitas manusia, seperti penebangan hutan dan konversi lahan menjadi area pertanian, juga berkontribusi terhadap pelepasan karbon dalam jumlah besar ke atmosfer (Houghton *et al.*, 2012).

Kemajuan teknologi sistem informasi geografis (SIG), memungkinkan pemantauan tentang dinamika cadangan karbon dengan memanfaatkan penginderaan jauh dan pemodelan spasial. Teknologi ini memungkinkan pengumpulan data yang lebih akurat dalam memahami perubahan cadangan karbon di berbagai wilayah dalam skala waktu tertentu (Goetz *et al.*, 2009). Salah satu pendekatan dalam Pemodelan spasial adalah metode interpolasi spasial yang digunakan untuk merepresentasikan, menganalisis, dan memprediksi fenomena atau proses yang terjadi di ruang geografis (Widodo, 2014).

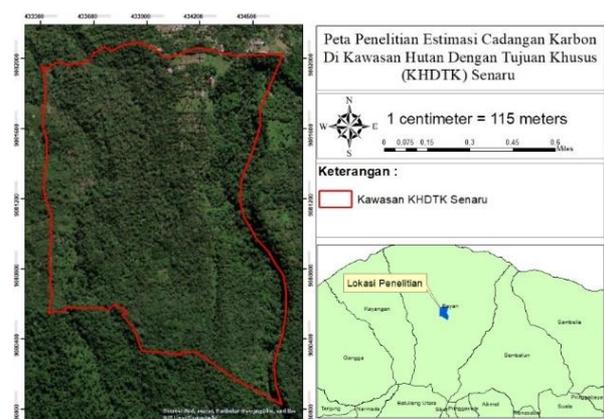
Metode Interpolasi spasial memiliki keunggulan dalam memperkirakan nilai di lokasi-lokasi yang tidak memiliki nilai pengukuran secara langsung, Sehingga menghasilkan peta distribusi yang lebih representatif (Rahmawati, 2011). Beberapa metode interpolasi yang umum digunakan dalam pemodelan spasial antara lain *Inverse Distance Weighted* (IDW), *Kriging*, dan *Spline* (Anderson, 2001) *cit* (Fajri, 2016). Interpolasi spasial telah digunakan untuk berbagai tujuan, beberapa diantaranya digunakan untuk memonitoring dan menduga tentang estimasi cadangan karbon di suatu wilayah.

Beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan metode interpolasi untuk mengestimasi cadangan karbon hutan, Pande (2012) mengevaluasi efektifitas metode interpolasi dalam mengukur sediaan tegakan yang menunjukkan bahwa metode kriging yang memiliki keakurasian paling baik. Penelitian serupa dilakukan oleh Asy'ari *et al.*, (2022) yang menunjukkan hasil yang berbeda, dengan metode IDW sebagai metode yang paling optimum. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang metode interpolasi memunculkan pertanyaan, metode interpolasi yang memiliki tingkat akurasi terbaik untuk memprediksi karbon tegakan hutan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menghitung dinamika cadangan karbon dengan pendekatan spasial dan waktu berbasis SIG untuk menduga distribusi cadangan karbon yang ada di KHDTK Senaru, Desa Senaru Kecamatan Bayan Lombok Utara.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian berlangsung di bulan Juli – Agustus 2024 yang berlokasi di Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Senaru, Desa Senaru Kecamatan Bayan Kabupaten Lombok Utara. Dengan luas total wilayah 225,7 ha.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Alat dan bahan penelitian

Alat penelitian ini meliputi, alat tulis kantor (ATK), *tally sheet*, Global Positioning System (GPS), dan pita ukur. Objek utama penelitian ini adalah vegetasi tegakan pohon yang ada di kawasan KHDTK Senaru Desa Senaru Kecamatan Bayan Kabupaten Lombok

Utara. Luas wilayah yang di gunakan pada penelitian ini seluas 171 ha dari total luas kawasan, karena di kurangi kawasan jurang yang tidak bisa dilakukan pengukuran pada area tersebut.

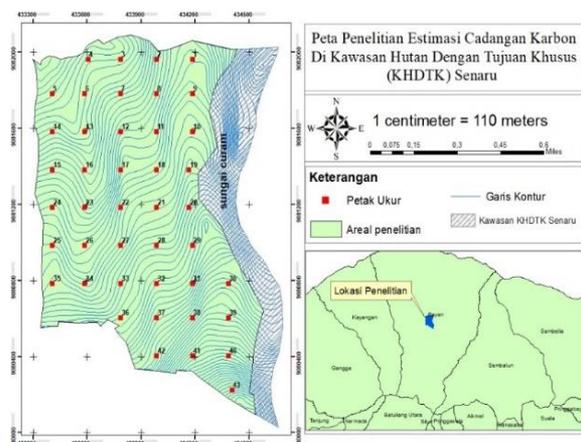
Metode perhitungan karbon

Metode dalam pelaksanaan penelitian ini adalah metode *Nondestructive sampling* pada pengukuran pohon, tiang, pancang, dan semai untuk menghindari kerusakan pada tegakan yang akan di ukur (Paulinda Maku *et al.*, 2020). Penelitian ini menggunakan persamaan *alometrik* dalam perhitungan cadangan karbon pada tegakan.

Metode pengumpulan data

Teknik Sampling

Penelitian menggunakan teknik *systematic sampling with random start*. Metode sistematis sampling ialah suatu metode pengambilan sampel, dimana hanya unsur pertama saja dari sampel dipilih secara acak, sedangkan unsur-unsur selanjutnya dipilih secara sistematis menurut pola tertentu (Triyono, 2003). Penggunaan teknik sampling ini bertujuan agar plot ukur tersebar secara merata di wilayah penelitian. Untuk penentuan jumlah plot dilakukan dengan intensitas sampling 1% dan menghasilkan 43 plot ukur.



Gambar 2. Sebaran plot ukur

Pengukuran vegetasi

Data vegetasi dikumpulkan menggunakan plot-plot dengan berbagai ukuran untuk menilai tingkat pertumbuhan berbagai jenis tanaman. Pohon dewasa mempunyai diameter > 20 cm dievaluasi pada plot berukuran 20 x 20 m,

sedangkan pohon muda dengan diameter antara 10 hingga 20 cm dikelompokkan tingkat pertumbuhan tiang dianalisis pada plot berukuran 10 x 10 m. Selain itu, anakan pohon dengan tinggi >1,5 meter dan pohon muda dengan diameter kurang dari 10 cm dikelompokkan pada tingkat pertumbuhan pancang dengan plot berukuran 5 x 5 m. Kemudian tingkat pertumbuhan semai dengan tinggi kurang dari 1,5 meter dianalisis pada plot berukuran 2 x 2 m (Rambey *et al.*, 2024).

Analisis data karbon

Analisis Biomassa

Rumus untuk Pendugaan biomassa pancang, tiang dan pohon menggunakan persamaan alometrik dengan persamaan 1.

$$W = 0.11 \rho D^{2.62} \quad (1)$$

Keterangan:

W = Biomassa pohon (kg/plot)

D = diameter (cm)

ρ = berat jenis kayu (g/cm^3) (Ketterings *et al.*, 2001 *cit* Maku *et al.*, 2020).

Untuk nilai berat jenis yang digunakan, diambil pada buku dan juga jurnal hasil penelitian.

Analisis perhitungan karbon tegakan

Data biomassa yang sudah dikumpulkan digunakan untuk menghitung karbon tegakan. Pendugaan karbon dihitung dengan rumus karbon menurut SNI dari BSN (2011) pada persamaan 2.

$$Cx = 47\% \times W \quad (2)$$

Keterangan:

Cx : Cadangan Karbon tegakan (Kg)

47 % : Persentase karbon

W : Biomassa (Siregar *et al.*, 2018)

Perhitungan karbon per hektar untuk biomassa diatas permukaan tanah

Data yang sudah diperoleh akan diakumulasi ke dalam luasan per hektar. Rumus yang digunakan pada persamaan 3.

$$Cn = \frac{Cx}{1000} \times \frac{10000}{L \text{ Plot}} \quad (3)$$

Keterangan:

Cn : kandungan karbon per hektar pada masing-masing carbon pool pada tiap plot(ton/ha)
 Cx : kandungan karbon pada masing-masing tegakan tiap plot (kg)
 L Plot: Luas plot pada masing-masing *pool* (m2) (Hilwan & Nurjannah, 2014).

Analisis dinamika karbon

Cadangan karbon yang ada di KHDTK Senaru dilakukan dengan cara melakukan *study literatur* atau studi pustaka dari jurnal, refresnsi dari penelitian sebelumnya dan buku terkait dengan penelitian yang sama. Studi literatur adalah jenis kegiatan penelitian di mana data dan informasi dikumpulkan dari berbagai sumber perpustakaan, termasuk buku referensi, temuan penelitian sebelumnya, artikel, catatan, dan jurnal yang relevan dengan masalah yang sedang dibahas (Sari *et al.*, 2022).

Analisis data spasial

Analisis data menggunakan metode idw

Interpolasi Inverse Distance Weighted (IDW) salah satu metode interpolasi spasial mengasumsikan bahwa setiap titik input memiliki pengaruh lokal yang berkurang seiring bertambahnya jarak (Yudanegara *et al.*, 2021). Yang dimaksud di sini adalah jarak antara titik data (sampel) dan blok yang perlu diprosimasi. Akibatnya, bobot meningkat seiring dengan kedekatan titik sampel dengan blok yang akan diestimasi, dan sebaliknya. Ketidakmampuan metode interpolasi IDW untuk mengestimasi nilai di bawah nilai minimum titik sampel dan di atas nilai maksimumnya merupakan salah satu kelemahannya. Rumus yang digunakan untuk perhitungan pada persamaan 4.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n z \left(\frac{1}{D_i^2} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{D_i^2} \right)} \quad (4)$$

Keterangan:

Z : Nilai sediaan karbon pada lokasi tertentu

Zi: Nilai sediaan karbon pada nilai ke – i

Di: jarak ke – i (Pande, 2012)

Analisis data menggunakan metode kriging

Kriging adalah teknik pemrosesan data geostatistik yang menggunakan model struktural semivariogram untuk memperkirakan nilai yang mewakili titik yang tidak disampel berdasarkan

titik-titik sampel di dekatnya. Kriging adalah teknik lain untuk menekankan pendekatan tertentu yang mengurangi varians dalam hasil estimasi (Yendra & Risman, 2019). Rumus yang digunakan pada persamaan 5.

$$Z(x) = \sum a_i z(x_i) \quad (5)$$

Keterangan:

$\sum \alpha$: 1

Z(x) : Nilai dugaan pada lokasi xs

Xi : Nilai Pengamatan

α_i : Pembobot (Pande, 2012).

Analisis data menggunakan metode spline

Pendekatan Spline menggunakan rumus matematika yang meminimalkan kelengkungan total suatu permukaan untuk memperkirakan nilai. Dengan memanfaatkan efek peregangan data, metode interpolasi Spline dapat memperkirakan nilai minimum dan maksimum (Kurniadi, 2018). Rumus yang digunakan pada persamaan 6.

$$S_{(x,y)} = T(x,y) + \sum_{j=i}^N \lambda_j R(r_j) \quad (6)$$

Keterangan:

J : 1, 2, ..., n

N : Jumlah titik

λ_j : Koefisien yang ditemukan dari system persamaan linear

rj : jarak dari titik (x, y) ke j (Pande, 2012)

Analisis uji validasi

Informasi tentang keakuratan dan peringkat dari setiap metode diperoleh dengan uji validasi menggunakan. RMSE (*Root Mean Squared Error*). Rata-rata akar kuadrat dari rasio antara nilai karbon estimasi dan riil setiap model dikenal sebagai RMSE. Model estimasi karbon yang lebih baik ditunjukkan dengan nilai RMSE yang lebih rendah. Nilai root mean square error (RMSE) yang dihasilkan dengan nilai minimum menggunakan persamaan 7. Semakin baik, semakin rendah nilai RMSE-nya. Semakin dekat data sampel dengan nilai yang diharapkan, semakin rendah nilai RMSE-nya (Faudzan dkk., 2015). Hal ini menunjukkan bahwa model yang digunakan untuk memprediksi inventaris karbon akan lebih baik jika nilai RMSE-nya lebih rendah.

$$\text{RMSE: } \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z(y_i)]^2} \quad (7)$$

Keterangan:

Z(xi) : Nilai data aktual

Z(yi) : Nilai data pendugaan

n : Jumlah sampel

Hasil dan Pembahasan

Gambaran umum lokasi penelitian

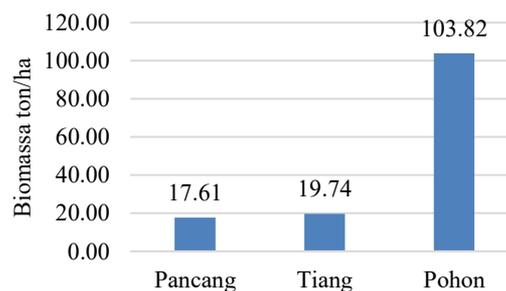
Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Senaru, yang terletak di Desa Senaru, Kecamatan Bayan, Lombok Utara, menjadi lokasi administratif penelitian ini. Dengan koordinat -8.3058676, 116.4010504, luas kawasan ini sekitar 225,7 hektar. Berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor SK.392/Menhut-II/2004, kawasan ini ditetapkan sebagai Hutan Pendidikan pada tahun 2004 (Aji *et al.*, 2019). Karena KHDTK Senaru telah secara eksplisit ditetapkan sebagai hutan pendidikan, fokus pengelolannya adalah menyediakan wadah untuk pelatihan, pendidikan, penelitian, dan pengembangan terkait pengelolaan kawasan hutan (Markum *et al.*, 2017).

Kawasan yang dikelola oleh Universitas Mataram di wilayah Senaru ini berada dekat dengan pemukiman penduduk. Universitas Mataram, bekerja sama dengan masyarakat setempat, untuk mengelola Kawasan hutan dengan sistem agroforestri yang memadukan antara tanaman berkayu dan tanaman serbaguna (seperti pohon buah-buahan). Sehingga vegetasi yang ada di Kawasan hutan tersebut cukup beragam. (Latifah *et al.*, 2020).

Biomassa

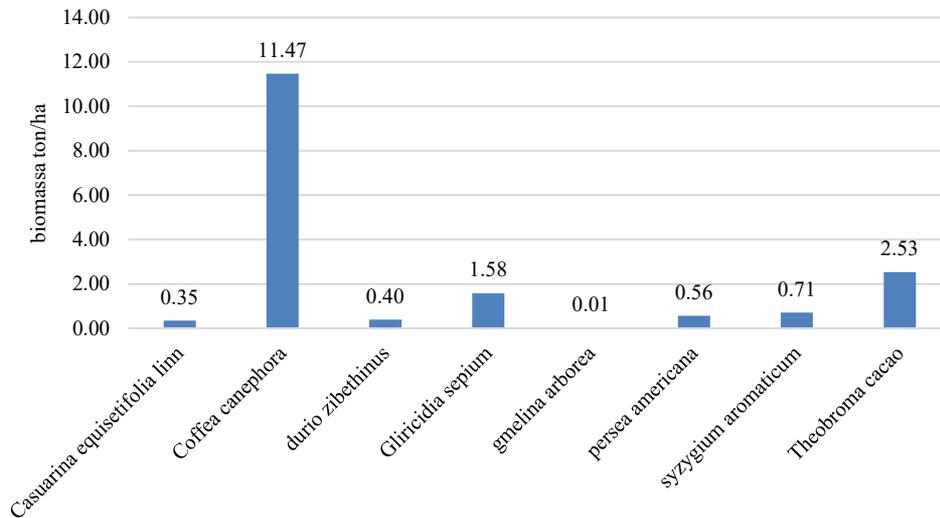
Hasil pengamatan dilapangan ditemukan sebanyak 24 spesies vegetasi, 23 spesies tingkat pohon, 13 spesies tingkat tiang dan 8 spesies tingkat pancang. Spesies terdiri dari Alpukat (*persea americana*), bajur (*Pterospermum javanicum*), cengkeh (*syzygium aromaticum*), dadap serep (*erythrina subumbrans*), dao

(*Dracontomelon dao*), duren (*durio zibethinus*), gamal (*Gliricidia sepium*), jati putih (*gmelina arborea*), kakao (*Theobroma cacao*), kapuk (*ceiba pentandra*), kayu putih (*Melaleuca leucadendra syn. M. leucadendron*), kemiri (*aleurites moluccanus*), kepuh (*sterculia foetida*), kopi robusta (*Coffea canephora*), Lamtoro (*leucaena leucocephala*), loquat (*Eriobotrya japonica*), mahoni (*swietenia macrophylla*), Mangga (*Mangifera indica*), Nangka (*Artocarpus heterophyllus*), Pohon are (*Ficus racemosa*), Rambutan (*Nephelium lappaceum*), Sawo susu (*Chrysophyllum cainito*), Sengon (*Albizia chinensis*), Cemara udang (*Casuarina equisetifolia linn.*

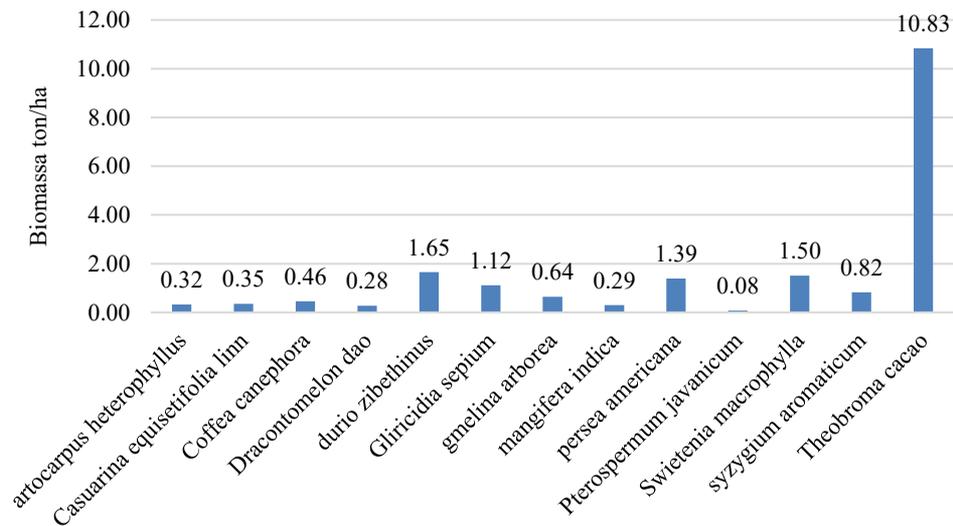


Gambar 3. Grafik perhitungan total Biomassa

Jumlah biomassa yang ada di KHDTK Senaru dengan jumlah 141,17 ton/ha, dengan rincian kandungan biomassa tingkat pohon sebesar 103,82 ton/ha, tingkat tiang sebesar 19,74 ton/ha, dan tingkatan pancang sebesar 17,61 ton/ha (Gambar 3). Jumlah biomassa tersebut dipengaruhi oleh besar diameter pohon, tinggi, dan juga jumlah individu pada setiap tingkatan. Sejalan dengan studi Sribianti *et al.*, (2022), ukuran diameter batang akan berbanding lurus dengan nilai biomassa, sehingga apabila suatu pohon memiliki ukuran diameter yang besar maka besar pula nilai biomassa yang dimiliki oleh pohon tersebut. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai karbon pada tingkatan pohon yang memiliki nilai paling tinggi dari semua tingkatan, dikarenakan tingkat pohon memiliki nilai diameter yang besar (>20 cm).



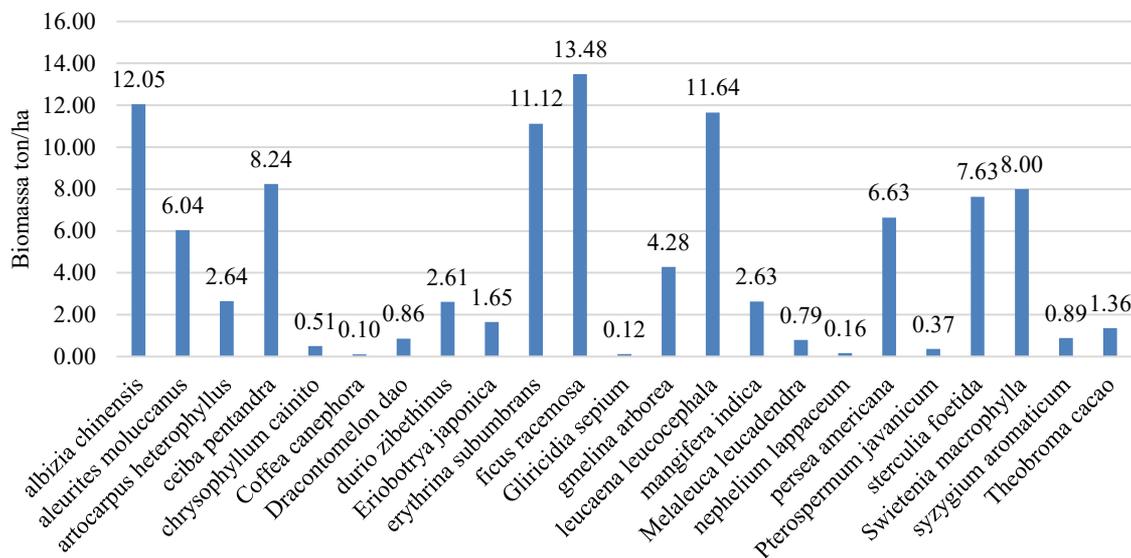
Gambar 4. Grafik biomassa per jenis tingkat pancang



Gambar 5. Grafik biomassa per jenis tingkat tiang

Berdasarkan Gambar 4 dan 5 Kopi robusta (*Coffea canephora*) dan Kakao (*Theobroma cacao*) adalah penyumbang biomassa terbanyak pada tingkatan pancang dan tiang dengan total biomassa masing masing sebesar 11,47 ton/ha untuk kopi robusta dan 10,83 ton/ha untuk kakao. Kopi robusta dan kakao menjadi penyumbang biomassa tertinggi disebabkan karena jenis vegetasi tersebut memiliki jumlah individu paling banyak dari jenis vegetasi yang lain, dengan total individu masing masing sebanyak

221 individu jenis kopi robusta dan 82 individu jenis kakao. Sejalan dengan Siregar *et al.*, (2018) Diameter dan kepadatan pohon mempunyai dampak yang signifikan terhadap jumlah biomassa. Namun, jika pohon yang berdiameter kecil, parameternya ini tidak berkontribusi terhadap jumlah biomassa yang besar. Sementara itu, tegakan hutan terutama pada pohon muda, anakan dan semai mempunyai pengaruh yang luar biasa.

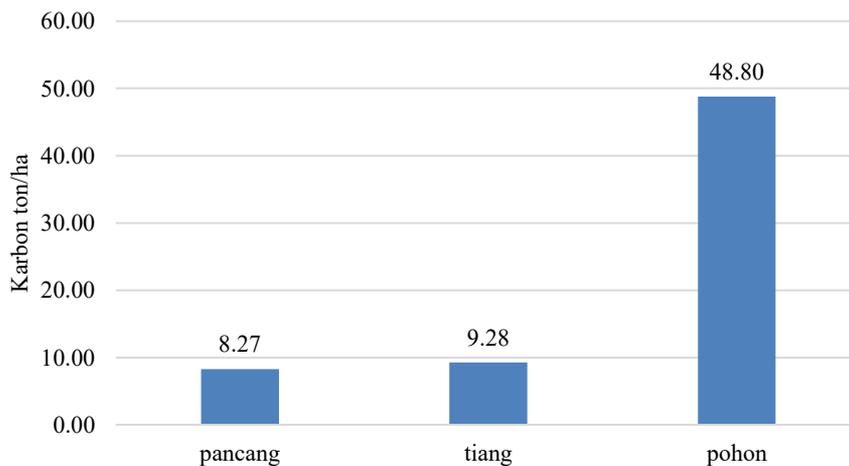


Gambar 6. Grafik biomassa per jenis tingkat pohon

Data pada gambar 6 Pohon are (*Ficus racemosa*) sebanyak 4 individu diidentifikasi sebagai donor biomassa terbesar, dengan total biomassa 13,48 ton/ha. Pohon are (*Ficus racemosa*) menjadi penyumbang biomassa terbanyak dikarenakan diameternya yang

berukuran besar. Sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Chave *et al.*, (2014) *Diameter at Breat Height (DBH)* merupakan indikator utama dan memiliki korelasi kuat dalam estimasi biomassa pohon tropis.

Cadangan karbon



Gambar 7. Grafik cadangan karbon total Di KHDTK Senaru

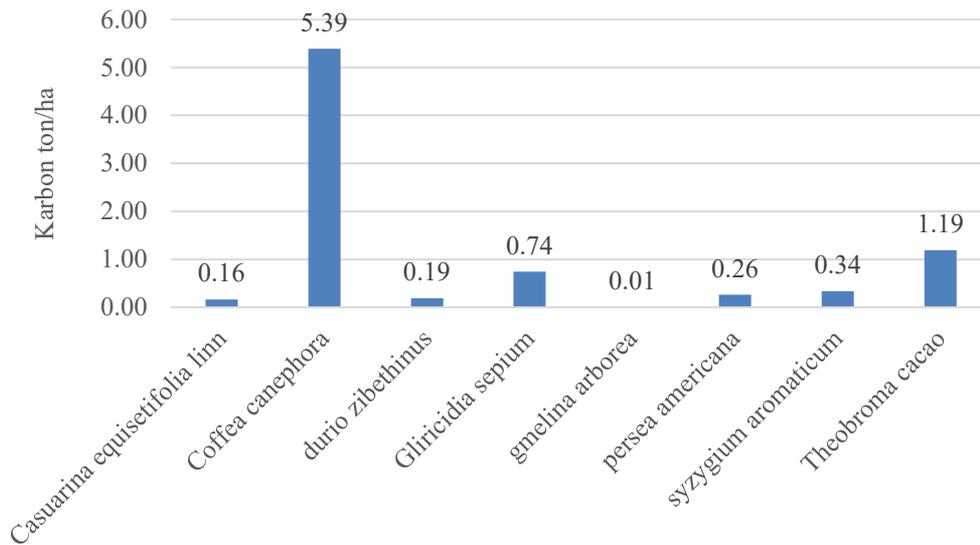
Data pada gambar 7 menunjukkan cadangan karbon KHDTK Senaru dari 43 plot contoh dengan luas areal penliat 171 ha. Didapatkan hasil cadangan karbon tegakan di KHDTK Senaru adalah sebesar 66,35 ton/ha. Terdiri dari karbon pada tingkat pancang sebesar

8,27 ton/ha, tingkat tiang sebesar 9,28 ton/ha, tingkat pohon sebesar 48,80 ton/ha. Vegetasi tingkat pohon merupakan penyumbang karbon terbanyak hal ini dikarenakan pada tingkat pohon memiliki diameter yang besar dan tinggi. Sejalan dengan Paradika *et al.*, (2021) bahwa vegetasi

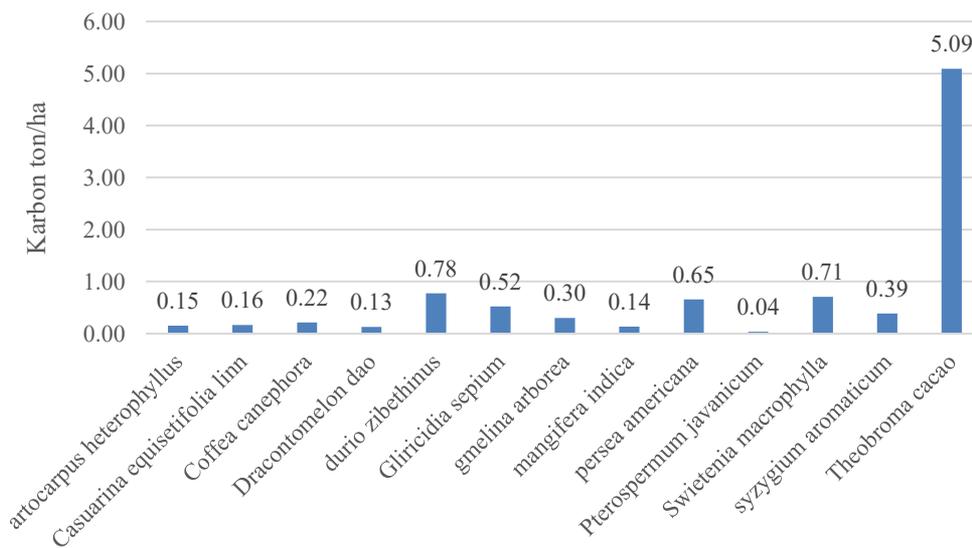
tingkat pohon menerima lebih banyak sinar matahari daripada tingkat vegetasi lain yang ditutupi oleh vegetasi pohon.

KHDTK Senaru yang dikelola dengan sistem agroforestry menyimpan cadangan karbon tegakan sebesar 66,35 ton/ha, dimana ini di golongkan menjadi simpanan karbon tingkat sedang. Saputro *et al.*, (2024) Menyatakan

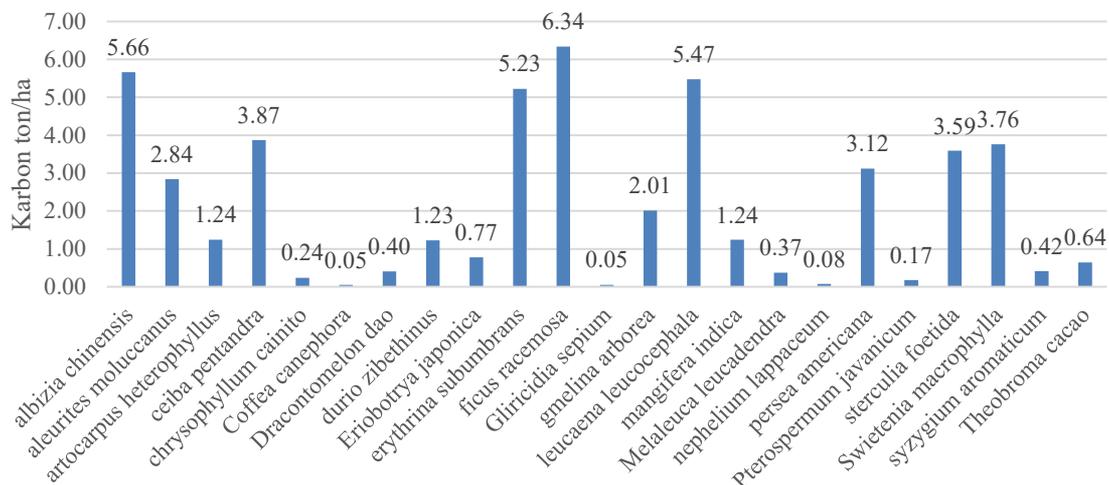
cadangan karbon di suatu wilayah dibagi menjadi 3 kategori yakni dibawah 35 ton/ha dikategorikan rendah, kategori sedang jika nilai 35 - 100 ton/ha, dan kategori tinggi jika nilai cadangan karbon diatas 100 ton/ha. Nilai cadangan karbon disuatu wilayah berhubungan dengan pengaturan iklim mikro disuatu wilayah.



Gambar 8. Grafik Cadangan Karbon per jenis Pancang



Gambar 9. Grafik Cadangan Karbon per jenis Tiang



Gambar 10. Grafik Cadangan Karbon per jenis Pohon

Sistem agroforestry yang ada di KHDTK Senaru didominasi dengan tumbuhan kopi robusta (*Coffea canephora*) dan juga kakao (*Theobroma cacao*). Tumbuhan tersebut tergolong menjadi tumbuhan yang memiliki diameter yang rata - rata kecil sehingga menghasilkan cadangan karbon yang kecil pula. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Luth & Setiyono (2019) menghasilkan cadangan karbon sebesar 32 ton/ha. dengan kombinasi tumbuhan cengkeh dan kopi arabika. Dibandingkan dengan penelitian Siarudin &

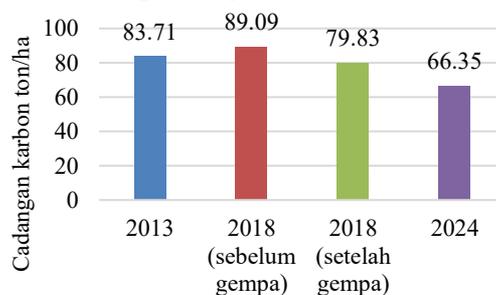
Indrajaya (2017) menghasilkan 64 ton/ha karbon di atas permukaan tanah dengan sistem agroforestry Jati putih. Berdasarkan penelitian tersebut dapat diduga bahwa cadangan karbon disuatu wilayah dipengaruhi oleh jenis individu suatu spesies, berat jenis spesies, besar diameter dan tinggi dari masing masing individu. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Paradika (2021) cadangan karbon pada suatu vegetasi di pengaruhi oleh berat jenis, diameter dan tinggi dari vegetasi tersebut.

Dinamika cadangan karbon

Cadangan karbon di suatu Kawasan bersifat dinamis, artinya dapat berubah (bertambah atau berkurang) dalam waktu yang relatif singkat karena adanya kehilangan atau perubahan fase pertumbuhan pada jenis jenis pohon (Latifah *et al.*, 2020). Hasil pengamatan dan dari penelitian yang telah dilaksanakan di Kawasan KHDTK Senaru dari tahun ketahun mendapatkan hasil pada gambar 11. Terjadi penurunan terhadap cadangan karbon yang ada di KHDTK Senaru dari tahun tahun sebelumnya. Ditinjau dari tabel Indeks Nilai Penting (INP) pada tahun 2013 dan 2024 disajikan pada tabel 1.

Data pada tabel 1 dan 2 didapatkan adanya perubahan dalam komposisi spesies yang mendominasi setiap tingkat vegetasi di KHDTK Senaru yang awalnya didominasi oleh tumbuhan berkayu dan merupakan pohon yang memiliki diameter yang besar kini sudah tergantikan oleh tumbuhan tumbuhan yang memiliki nilai

ekonomi tinggi. Tingkat Pohon, spesies seperti Dadap, Sengon, Mahoni yang mendominasi pada 2013 kini digantikan oleh spesies seperti Alpukat (*Persea americana*), Duren, Kakao, Kemiri pada 2024. Faktor ini diduga menjadi penyebab turunnya cadangan karbon di wilayah tersebut sejalan dengan penelitian Saimun *et al.*, (2021) keanekaragaman pohon dapat mengatur karbon hutan secara kuat, struktur tegakan seperti kerapatan batang, tutupan tajuk, tinggi pohon, dan luas bidang dasar pohon.



Gambar 11. Cadangan karbon Di KHDTK Senaru

Tabel 1. Indeks Nilai Penting (INP) >10% Pancang, Tiang, Pohon Tahun 2013

No	Spesies	KR%	FR%	DR%	INP (%)
Tingkat Pohon					
1	Dadap	98,33	0,67	18,27	87,06
2	Sengon	100	0,77	12,71	79,91
3	Mahoni	25	0,23	2,08	19,17
4	Nangka	20	0,3	1,35	18,38
5	Randu	11,67	0,17	2,58	13,97
6	pulai	13,33	0,13	2,67	13,57
7	Alpukat	18,33	0,13	0,86	11,53
Tingkat Tiang					
1	Dadap	66,67	0,37	2,1	77,87
2	Sengon	43,33	0,23	1,26	48,68
3	kakao	43,33	0,2	0,64	37,27
4	Gamal	26,67	0,07	0,48	21
5	Nangka	16,67	0,17	0,28	20,05
6	Kaliandra	16,67	0,1	0,37	17,66
7	Alpukat	10	0,1	0,27	13,7
8	Kemiri	6,67	0,07	0,32	11,31
Tingkat Pancang					
1	Kopi	786,67	0,37	2	146,05
2	Kakao	320	0,47	1,1	92,47
3	Gamal	80	0,2	0,2	27,48

Sumber: Data Skunder

Tingkat Tiang dan Pancang, didominasi oleh spesies Kakao (*Theobroma Cacao*) dan Kopi robusta (*Coffea Chanephora*) yang mengalami peningkatan nilai yang cukup signifikan, sedangkan beberapa spesies lain

mengalami penurunan. Peningkatan kontribusi dua spesies ini menunjukkan adanya pengaruh faktor ekonomi yang lumayan besar sehingga masyarakat menjadikannya sebagai pilihan utama untuk ditanam.

Tabel 2. Indeks Nilai Penting (INP) >10% Pancang, Tiang, Pohon Tahun 2024

No	Spesies	KR-I (%)	FR-I (%)	DR-I (%)	INP (%)
Tingkat Pohon					
1	Alpukat	14,08	14,41	7,20	35,69
2	Dadap Serep	11,65	6,31	16,33	34,28
3	Duren	8,25	9,91	3,28	21,45
4	Jati Putih	6,80	1,80	4,92	13,51
5	Kakao	6,80	6,31	1,99	15,09
6	Kapuk	4,37	5,41	10,25	20,03
7	Kemiri	4,37	6,31	7,84	18,52
8	Lamtoro	6,31	6,31	6,88	19,50
9	Mahoni	8,25	5,41	6,06	19,72
10	Nangka	6,31	9,01	2,86	18,18
11	Pohon Are	1,94	1,80	8,59	12,33
Tingkat Tiang					
1	Kakao	57,34	36,51	59,30	153,15
2	Alpukat	8,39	14,29	7,39	30,07
3	Cengkeh	3,50	6,35	2,69	12,53
4	Duren	8,39	14,29	8,77	31,45
5	Jati putih	3,50	4,76	3,69	11,94
6	Gamal	6,29	7,94	5,27	19,50
7	Mahoni	4,90	4,76	5,69	15,35
Tingkat Pancang					
1	Kakao	13,08	21,05	17,74	51,87

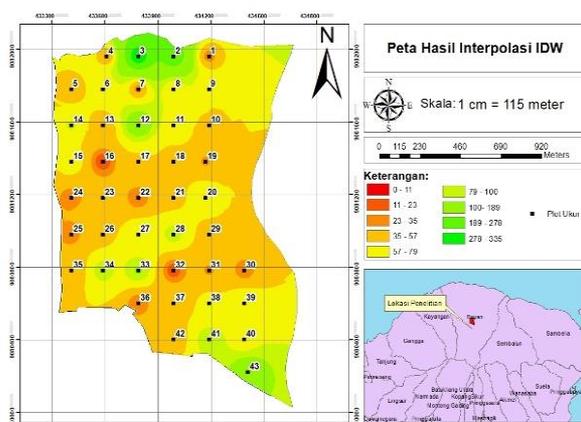
2	Kopi robusta	68,22	44,74	61,82	174,78
3	Gamal	10,90	13,16	10,14	34,20
4	Alpukat	4,05	10,53	3,76	18,34

Keterangan: Data Primer

Perubahan jenis yang mendominasi pada setiap tingkatan vegetasi yang memungkinkan terjadinya dinamika cadangan karbon yang ada di wilayah tersebut, yang awalnya didominasi oleh tumbuhan yang memiliki diameter yang besar dan tinggi kini berganti oleh tumbuhan yang memiliki nilai ekonomi. Jumlah spesies meningkat dan menurun berbanding lurus dengan jumlah karbon yang tersimpan (Erly *et al.*, (2019). Salah satu tanda penyimpanan karbon yang substansial di suatu wilayah adalah keanekaragaman spesies yang tinggi. Kapasitas komunitas hutan untuk menyimpan karbon dipengaruhi secara positif oleh keanekaragaman spesies (Yastori *et al.*, 2016).

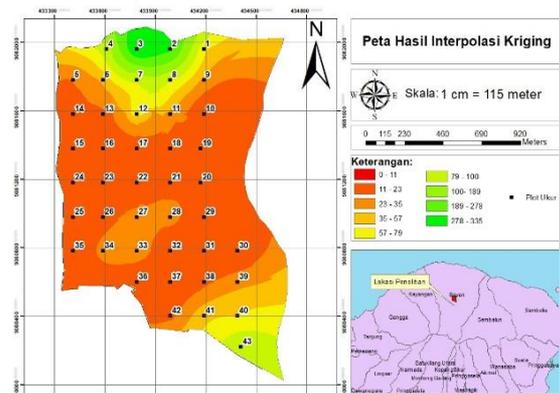
Interpolasi spasial

Hasil analisis Sistem Informasi Geografis (SIG), hasil interpolasi serta sebarannya untuk masing-masing metode dapat berdasarkan bobot terbaik. Studi ini menghasilkan peta pemodelan untuk masing-masing metode IDW, *Kriging*, dan *Spline* pada Gambar 12. Hasil yang disajikan merupakan perbandingan interpolasi antara ketiga metode interpolasi, yang dijelaskan dalam bentuk gradasi warna. Setiap metode interpolasi memiliki distribusi gradasi warna yang berbeda, dan setiap rentang warna mewakili nilai yang berbeda, yang mewakili distribusi stok karbon per hektar. Gambar 12 hingga 15 menunjukkan hasil studi ini.

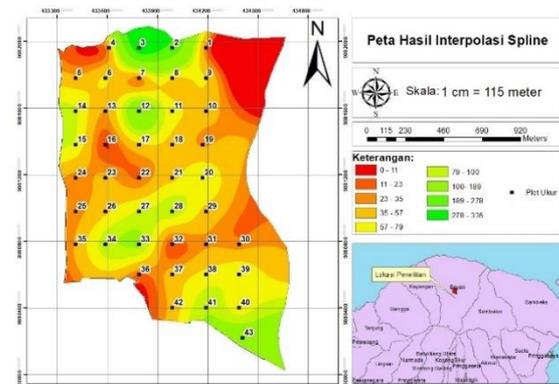


Gambar 12. Hasil Interpolasi Metode IDW

Berdasarkan gambar 12 metode *Inverse Distance Weight* (IDW) menggunakan 43 titik plot ukur yang digunakan menjadi sampel permodelan cadangan karbon. Hasil nilai RMSE metode IDW ini memiliki tingkat eror sebesar 4,02. Hasil pendugaan dengan metode IDW ini dipengaruhi oleh jarak balik yang digunakan dalam melakukan pendugaan. Sejalan dengan penelitian Fajri (2016) Titik sampel yang digunakan cukup rapat, sehingga metode Interpolasi IDW lebih bagus hasilnya.



Gambar 13. Hasil Interpolasi Metode Kriging



Gambar 14. Hasil Interpolasi Metode Spline

Data pada gambar 13 metode kriging mendapatkan nilai RMSE sebesar 2,91. Hasil perhitungan nilai RMSE dalam metode kriging di pengaruhi oleh hubungan antara sampel data yang digunakan untuk menduga cadangan karbon tersebut. Sejalan dengan penelitian Pramono (2008) yang mempengaruhi Metode

kriging yakni parameter interpal dan jumlah titik. Li & Heap (2008) menyatakan semakin banyak titik pengamatan, interpolasi akan lebih mampu merepresentasikan variasi spasial.

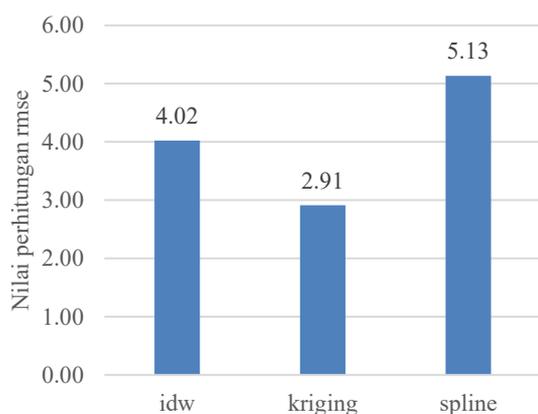
Data pada gambar 14 metode spline mendapatkan nilai RMSE sebesar 5,13. Ini dipengaruhi oleh nilai data pada sampel yang memiliki perbedaan cukup signifikan dengan jarak yang cukup dekat, sehingga hasil pendugaan dari metode ini menghasilkan data yang kurang bagus. Pendekatan ini kurang tepat dalam keadaan ketika terdapat variasi nilai yang signifikan pada jarak yang relatif pendek, klaim Pasaribu dan Haryani (2012).

Studi telah menunjukkan bahwa akurasi estimasi interpolasi dipengaruhi oleh kuantitas data spasial yang dibutuhkan, termasuk elevasi, jarak, jumlah titik, dan nilai karbon per plot. Setiap teknik interpolasi spasial dan interpolasi geostatistik memiliki kemampuan untuk memodifikasi beberapa parameter, sehingga menghasilkan data yang presisi untuk estimasi, sejalan dengan studi oleh Asy'ari *et al.*, (2022). Tabel 3 menampilkan nilai komputasi RMSE untuk setiap teknik interpolasi.

Tabel 3. Hasil Validasi Metode Interpolasi

Metode Interpolasi	Nilai RMSE
Inverse Distance Weight (IDW)	4,02
Kriging	2,91
Spline	5,13

Keterangan: data primer 2024



Gambar 15. Grafik hasil validasi metode interpolasi

Data pada gambar 15 ketiga metode interpolasi tersebut memiliki nilai RMSE masing masing 4,02 untuk metode IDW, 2,91 untuk metode *Kriging* dan 5,13 untuk metode *Spline*,

sehingga menunjukkan bahwa metode kriging adalah metode terbaik dikarenakan memiliki nilai error paling rendah yakni sebesar 2,91. Metode *Inverse Distance Weight* (IDW) merupakan teknik interpolasi spasial yang paling efektif untuk menduga biomassa tegakan hutan dan memiliki tingkat kesalahan paling rendah jika dibandingkan dengan teknik interpolasi spasial lainnya, berdasarkan hasil penelitian Asy'ari *et al.*, (2022) tentang Pendugaan Biomassa Tegakan Hutan Hujan Tropis di Bukit Mandingin dengan Metode Interpolasi Spasial.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilaksanakan di KHDTK Senaru ditemukan : Cadangan karbon yang ada di KHDTK Senaru sebesar 66,35 ton/ha. Dengan rincian cadangan karbon pada tingkat pancang sebesar 8,27 ton/ha, tingkat tiang sebesar 9,28 ton/ha, tingkat pohon sebesar 48,80 ton/ha. Cadangan karbon yang ada di KHDTK Senaru mengalami dinamika, pada tahun 2013 cadangan karbon permukaan sebesar 83,71 ton/ha, kemudian pada tahun 2018 sebelum dan sesudah gempa sebesar 89,09 Ton/ha dan 79,83 Ton/ha, dan pada tahun 2024 cadangan karbon atas permukaan sebesar 66,35 ton/ha. Metode Interpolasi yang ditemukan memiliki tingkat ketepatan paling mendekati nilai aktual cadangan karbon adalah metode Kriging. Dengan rincian kriging mendapat nilai validasi RMSE sebesar 2,91, *Inverse Distance Weiht* (IDW) sebesar 4,02, dan spline sebesar 5,13.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih peneliti ucapkan kepada kepada kedua orang tua dan dosen pembimbing Program Studi Kehutanan yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Aji, I. M. L., Rini, D. S., & Webliana, K. (2019). Pemanfaatan kawasan hutan dengan tujuan khusus (KHDTK) Senaru sebagai sarana wisata edukasi melalui pengenalan jenis vegetasi. *Transformasi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 15(1), 53–60.
- Asy'ari, M., Syam'ani, S., & Satriadi, T. (2022).

- Estimasi Biomassa Tegakan Hutan Hujan Tropis Di Bukit Mandiangin Menggunakan Metode Interpolasi Spasial. *Jurnal Hutan Tropis*, 10(3), 315.
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B. C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P. M., Goodman, R. C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W. A., Muller-Landau, H. C., Mencuccini, M., Nelson, B. W., Ngomanda, A., Nogueira, E. M., Ortiz-Malavassi, E., ... Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10), 3177–3190.
- Desiana, ., Roslinda, E., & Kartikawati, S. M. (2019). Jasa Lingkungan Taman Keanekaragaman Hayati (Kehati) Badan Lingkungan Hidup Di Kabupaten Sekadau Tahun 2017. *Jurnal Hutan Lestari*, 7(1), 442–452.
- Erly, H., Wulandari, C., Safe'i, R., Kaskoyo, H., & Winarno, G. D. (2019). Species Diversity of Trees and Carbon Stock in Resort Pemerihan, Bukit Barisan Selatan National Park. *Jurnal Sylva Lestari*, 7(2), 139.
- Fajri, I. (2016). *Perbandingan Metode Interpolasi IDW, Kriging, dan Spline pada Data Spasial Suhu Permukaan Laut*.
- Faudzan, A., Suryani, S., & Budiawati, T. (2015). Perbandingan Metode Inverse Distance Weighted (Idw) Dengan Metode Ordinary Kriging Untuk Estimasi Sebaran Polusi Udara Di Bandung. *E-Proceeding of Engineering*, 2(2), 6726–6734.
- Goetz, S. J., Baccini, A., Laporte, N. T., Johns, T., Walker, W., Kellndorfer, J., Houghton, R. A., & Sun, M. (2009). Mapping and monitoring carbon stocks with satellite observations: A comparison of methods. *Carbon Balance and Management*, 4(2), 1–7.
- Hilwan, I., & Nurjannah, A. S. (2014). Potensi simpanan karbon pada tegakan revegetasi lahan pasca tambang di PT Jorong Barutama Greston, Kalimantan Selatan. *Jurnal Silviculture Tropika*, 5(3), 188–195.
- Houghton, R. A., House, J. I., Pongratz, J., Van Der Werf, G. R., Defries, R. S., Hansen, M. C., Le Quéré, C., & Ramankutty, N. (2012). Carbon emissions from land use and land-cover change. *Biogeosciences*, 9(12), 5125–5142.
- Hutajulu, G. B., & Afifah, H. (2019). Nilai Ekonomi Simpanan Karbon Hutan Alam Taman Nasional Way Kambas. *BIOTIKA Jurnal Ilmiah Biologi*, 17(2).
- Idris, M. H., Latifah, S., Aji, I. M. L., Wahyuningsih, E., Indriyatno, & Ningsih, R. V. (2013). Studi Vegetasi Cadangan Karbon Di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Senaru, Bayan Lombok Utara. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(1), 25–36.
- Irundu, D., Idris, A. I., & Sudiatmiko, Prayogi, I. I. (2023). Biomassa Dan Karbon Tersimpan Diatas Tanah Pada Hutan Rakyat Agroforestri. *Jurnal Hutan Dan Masyarakat*, 15(1), 32–41.
- Latifah, S., Idris, M. H., Firdaus, R. S., Valentino, N., & Hidayati, E. (2020). Vegetation Characteristics and Carbon Stocks After Earthquake In Forest For Specific Purpose (KHDTK) Senaru. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Hutan*, 17(2), 173–189.
- Li, J., & Heap, A. D. (2008). A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists. In N. Williams (Ed.), *Australian Geological Survey Organisation* (Vol. 68, Issue 23).
- Luth, F., & Setiyono, H. (2019). Kemampuan Agroforestri Berbasis Kopi (*Coffea arabica*) dalam Menyimpan Cadangan Karbon. *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 7(1), 34.
- Maku, B. P., Suarna, I. W., & Diara, I. W. (2020). Analisis Potensi Cadangan Karbon Untuk Pengelolaan Hutan Di Taman Wisata Alam Danau Buyan-Danau Tamblingan. *ECOTROPIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 14(2), 154.
- Markum, Latifah, S., & Setiawan, B. (2017). Analisis Kebijakan Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Di Senaru Kabupaten Lombok Utara. *Jurnal Sangkareang Mataram*, 3(4), 56–62.
- Maulana, A., Suryanto, P., Widiyatno, W., Faridah, E., & Suwignyo, B. (2019). Dinamika Suksesi Vegetasi pada Areal Pasca Perladangan Berpindah di

- Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 13(2), 181–194.
- Najicha, F. U. (2021). Dampak Kebijakan Alih Fungsi Kawasan Hutan Lindung Menjadi Areal Pertambangan Berakibat Pada Degradasi Hu. *Proceeding of Conference on Law and Social Studies*, 28, 11.
- Pande, I. P. A. (2012). *Teknik Interpolasi Sediaan Tegakan Berbasis IHMB pada Hutan Lahan Kering PT Inhutani I Labanan Kabupaten Berau Kalimantan Timur*.
- Paradika, G. Y., Kissinger, K., & Rezekiah, A. A. (2021). Pendugaan Cadangan Karbon Vegetasi Di Sempadan Sungai Pada Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (Khdtk) Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal Sylva Scientiae*, 4(1), 98.
- Pasaribu, J. M., & Haryani, N. S. (2012). Perbandingan Teknik Interpolasi Dem Srtm Dengan Metode Inverse Distance Weighted (Idw), Natural Neighbor Dan Spline (Comparison of Dem Srtm Interpolation Techniques Using Inverse Distance Weighted (Idw), Natural Neighbor and Spline Method). *Jurnal Penginderaan Jauh*, 9(2), 126–139.
- Pramono, G. H. (2008). Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan. *Forum Geografi*, 22(2), 145.
- Rambey, R., Rahmawaty, Rauf, A., Nababan, E. S. M., Delvian, Aththorick, T. A., & Ismail, M. H. (2024). Vegetation structure of associated flora in *Amorphophallus gigas* Teijsm. & Binn. (Araceae) habitats, North Padang Lawas Regency, North Sumatra. *Plant Science Today*, 11(3), 267–278.
- Ratnawati, S. D. (2015). *Penggunaan Metode Interpolasi Spasial Inverse Distance Weighting dan Thin Plate Spline Pada Data Spasial*.
- Saimun, M. S. R., Karim, M. R., Sultana, F., & Arfin-Khan, M. A. S. (2021). Multiple drivers of tree and soil carbon stock in the tropical forest ecosystems of Bangladesh. *Trees, Forests and People*, 5, 100108.
- Saputro, R. W., Izzati, M., & Yusuf, M. (2024). Tree carbon stock analysis in education forest KHDTK Wanadipa UNDIP, Semarang. *Journal of Bioresources and Environmental Sciences*, 3(1), 27–36.
- Sari, N. K. M., Wahyuningsih, E., & Webliana, K. (2022). Daya Dukung Wisata Alam Air Terjun Segenter Di Taman Hutan Raya Nuraksa, Kabupaten Lombok Barat. *Journal of Forest Science Avicennia*, 5(2), 125–136.
- Septiani, E. F., Ghofar, A., & Febrianto, S. (2018). Pemetaan Karbon Di Padang Lamun Pantai Prawean Bandengan Jepara. *Majalah Ilmiah Globe*, 20(2), 117–124.
- Siarudin, M., & Indrajaya, Y. (2017). Dinamika Cadangan Karbon Sistem Agroforestry Gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) Pada Hutan Rakyat Di Tasikmalaya Dan Banjar, Jawa Barat. *Jurnal Wasian*, 4(1), 37.
- Siregar, Y. F., Wasis, B., & Hilwan, I. (2018). Carbon Stock Potential of Nabundong Forest KPH Region VI North Sumatera. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 23(1), 67–73.
- Sribianti, I., Daud, M., Aziz Abdullah, A., & Sardiawan, A. (2022). Estimasi Biomassa, Cadangan Karbon, Produksi O₂ dan Nilai Jasa Lingkungan Serapan CO₂ Tegakan Hutan di Taman Hutan Raya Abdul Latief. *Jurnal Hutan Dan Masyarakat*, 14(1), 12–26.
- Sultan, S., Hasanuddin, H., 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.
- Swardana, A. (2022). Dinamika Perubahan Cadangan Karbon Akibat Perubahan Penggunaan Lahan di Kesatuan Hidrologis Gambut (KHG) Pulau Rangsang. *JAGROS: Jurnal Agroteknologi Dan Sains (Journal of Agrotechnology Science)*, 6(2), 115–124.
- Wahyuni, H., & Suranto, S. (2021). Dampak Deforestasi Hutan Skala Besar terhadap Pemanasan Global di Indonesia. *JlIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*, 6(1), 148–162.
- Widodo, R. B. (2014). Pemodelan Spasial Resiko Kebakaran Hutan (Studi Kasus Provinsi Jambi, Sumatera). *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 10(2), 127.
- Yastori, Chairul, Syamsuardi, Mansyurdin, & Maideliza, T. (2016). Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Dan Pendugaan

- Cadangan Karbon Di Atas Permukaan Tanah Di Kawasan Hutan Bukit Barisan Bagian Barat Kota Padang. *Jurnal Metamorfosa*, 3(2), 65–73.
- Yendra, R., & Risman, R. R. (2019). Penerapan Metode Ordinary Kriging pada Pendugaan Kriminalitas di Kota Pekanbaru Riau. *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 5(1), 13–22.
- Yudanegara, R. A., Astutik, D., Hernandi, A., Soedarmodjo, T. P., & Alexander, E. (2021). Penggunaan Metode Inverse Distance Weighted (Idw) Untuk Pemetaan Zona Nilai Tanah (Studi Kasus: Kelurahan Gedong Meneng, Bandar Lampung). *Elipsoida : Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 4(2), 85–90.