

Pemetaan Potensi Karbon Biru pada Kawasan Mangrove di Kabupaten Kayong Utara

Adityo Raynaldo*, Robin Saputra, Zan Zibar

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas IPA dan Kelautan, Universitas Oso
Jl Untung Suropati No 99, Pontianak, Kalimantan Basar 781 13 Indonesia
Email: adityoraynaldo@oso.ac.id

Abstract

Mapping of Mangroves Blue Carbon Potential in North Kayong Regency

Distribution and extent of existing mangroves, conditions, and potential for blue carbon are needed to encourage the economy of coastal communities as coastal ecosystem services. Kayong Utara Regency as one of the regencies in the coastal area of West Kalimantan has the potential for mangroves to be utilized by coastal communities but there has been no ecological study of the potential for blue carbon contained therein. This study aims to map the distribution of mangroves and their conditions and to map the spatial distribution of mangrove carbon stocks in the Kayong Utara Regency. The mapping method for the distribution of existing mangroves is carried out using the visual interpretation method by making a certain false-color RGB composite, the distribution of mangroves is identified using nine key elements of image interpretation. Mangrove conditions were analyzed through mangrove cover using the hemispherical photography method. Mapping of carbon stocks was carried out using a linear regression model formulation of several vegetation index variables and carbon stock values from making observation plots, then analyzed spatially. The research results show that the mangrove area in North Kayong Regency is 20,543.40 ha, spread throughout the district. Mangrove conditions consist of the categories rare 3.92%, moderate 53.07%, and dense 43.01%. Tree density (DBH \geq 10 cm) from 56 survey points ranged from 100 – 2800 individual ha⁻¹ with AGC values ranging from 4.21 – 1375.74 Mg ha⁻¹. The dominant mangrove species found included *Avicennia alba*, *A. lanata*, *A. marina*, *Bruguiera parviflora*, *Excoecaria agallocha*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, *Xylocarpus granatum*. The best linear regression model in this study uses the MDI2 variable with the formulation $y = 225.08x - 114.55$ and the Pearson correlation value (r) = 0.377. The AGC potential value of the selected model ranges from 0 – 631.92 Mg ha⁻¹ spread with the largest potential value found in Pulau Maya District.

Keyword: satellite imagery, regression model, conservation area, carbon stock

Abstrak

Data sebaran dan luasan mangrove eksisting, kondisi dan potensi karbon biru diperlukan untuk mendorong peningkatan ekonomi masyarakat pesisir sebagai jasa ekosistem pesisir yang masih terbatas saat ini. Kabupaten Kayong Utara sebagai salah satu Kabupaten di wilayah pesisir Kalimantan Barat memiliki potensi mangrove yang dimanfaatkan oleh masyarakat pesisir namun belum ada kajian ekologis tentang potensi karbon biru yang terdapat didalamnya. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran mangrove dan kondisinya serta memetakan distribusi spasial stok karbon mangrove di Kabupaten Kayong Utara. Metode pemetaan sebaran mangrove eksisting dilakukan dengan menggunakan metode interpretasi visual dengan membuat komposit false-color RGB tertentu, sebaran mangrove diidentifikasi dengan menggunakan sembilan unsur kunci interpretasi citra. Kondisi mangrove dianalisis melalui tutupan mangrove dengan metode hemispherical photography. Pemetaan stok karbon dilakukan dengan formulasi model regresi linear beberapa variabel indeks vegetasi dan nilai stok karbon dari pembuatan plot pengamatan, kemudian dianalisis secara spasial. Hasil penelitian menunjukkan luasan mangrove di Kabupaten Kayong Utara sebesar 20.543,40 ha, tersebar di seluruh Kecamatan. Kondisi mangrove terdiri atas kategori jarang 3,92%, sedang 53,07% dan rapat 43,01%. Kerapatan pohon (DBH \geq 10 cm) dari 56 titik survey berkisar antara 100 – 2800 ind ha⁻¹ dengan nilai AGC berkisar 4,21 – 1375,74 Mg ha⁻¹. Spesies mangrove dominan yang ditemukan antara lain *Avicennia alba*, *A. lanata*, *A. marina*, *Bruguiera parviflora*, *Excoecaria agallocha*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, *Xylocarpus granatum*. Model regresi linear yang terbaik pada penelitian ini menggunakan variabel MDI2 dengan formulasi $y = 225,08x - 114,55$ dan nilai korelasi pearson (r) = 0,377. Nilai potensi AGC dari model yang dipilih berkisar antara 0 – 631,92 Mg ha⁻¹ tersebar dengan nilai potensi terbesar terdapat di Kecamatan Pulau Maya.

Kata kunci : citra satelit, model regresi, kawasan konservasi, stok karbon

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan salah satu jenis ekosistem yang menyusun kawasan pesisir. Ekosistem mangrove disusun oleh jenis tumbuhan yang memiliki kemampuan adaptasi terhadap

salinitas dan pasang surut air laut, umumnya membentuk zonasi berupa penyebaran jenis yang mengelompok ke arah darat (Yuvaraj *et al.*, 2017; Jones *et al.*, 2015). Ekosistem mangrove berperan penting memberikan jasa lingkungan bagi Kawasan pesisir, keberadaan mangrove berperan sebagai habitat ikan (Vincentius *et al.*, 2019), perlindungan dari badai tropis (Zhang *et al.*, 2022), dan memiliki produktivitas tinggi (Alongi, 2020). Indonesia memiliki potensi emisi karbon yang cukup tinggi dengan kisaran 10-100 Tg CO₂eq dibandingkan dengan beberapa negara lain (Adame *et al.*, 2021). Deforestasi dan peningkatan emisi karbon di Indonesia ini utamanya disebabkan oleh degradasi dan alih guna lahan untuk tambak (*agriculture*), pembangunan dan pemanfaatan hasil kayu (Arifanti *et al.*, 2021). Kawasan mangrove sebagai salah satu penyimpan karbon terbesar (Murdiyarso *et al.*, 2015) berpotensi menambah emisi karbon akibat deforestasi alih guna lahan.

Karbon biru pesisir pada ekosistem mangrove dapat dianalisis dari biomassa dan nilai karbon organik tanah (Howard *et al.*, 2014). Berdasarkan beberapa penelitian global sebelumnya, nilai stok karbon pada ekosistem mangrove rata-rata sebesar 702.5 Mg C_{org} ha⁻¹ (Alongi, 2020). Pemetaan sebaran dan potensi penyimpanan karbon pada ekosistem mangrove dapat dilakukan dengan pendekatan penginderaan jauh (Tran *et al.*, 2022), sehingga potensi karbon yang disimpan dan mungkin dilepas akibat degradasi dan alih guna lahan dapat diestimasi. Kombinasi band dapat dilakukan untuk memvisualisasikan citra sehingga dapat diaplikasikan dalam klasifikasi kawasan mangrove. Beberapa pendekatan indeks vegetasi juga umum dilakukan untuk mengklasifikasikan mangrove dari nilai spektral band pada citra (Gupta *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2018).

Penelitian mengenai kondisi hutan mangrove saat ini di Kabupaten Kayong Utara masih cukup minim, belum terdapat publikasi mengenai sebaran mangrove dan potensi karbon biru yang terdapat pada ekosistem mangrove. Data sebaran spasial, kondisi mangrove, serta analisis potensi karbon ekosistem ini sangat diperlukan dalam pengelolaan Kawasan mangrove serta keberlanjutannya. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran mangrove serta kondisinya, mengestimasi nilai stok karbon dan memetakan sebaran stok karbon mangrove melalui pendekatan penginderaan jauh di Kabupaten Kayong Utara.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini mengkaji seluruh kawasan mangrove yang ada di Kabupaten Kayong Utara melalui tiga tahapan, tahapan pertama adalah survei dan pemetaan mangrove dengan menggunakan kombinasi data penginderaan jauh dan data validasi/titik plot di lapangan. Tahapan kedua mengestimasi stok karbon mangrove melalui plot pengamatan dan persamaan allometrik yang tersedia. Tahapan ketiga yaitu melakukan pemetaan stok karbon melalui formulasi model hubungan antara beberapa parameter yang diekstraksi pada data citra satelit dengan nilai cadangan karbon di titik lokasi pengambilan sampel. Data penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari citra satelit Sentinel-2 (Multi-spectral Imager Instrument, MSI) dengan waktu perekaman citra dari bulan Juli – Agustus 2023. Citra satelit diunduh melalui laman <https://scihub.copernicus.eu/>. Data citra Sentinel-2 yang digunakan telah dilakukan orthorektifikasi dan terkoreksi secara atmosferik (Level 1C). Spesifikasi data yang digunakan pada penelitian ini tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Data penginderaan jauh yang digunakan pada penelitian ini

ID	Kode Citra	Tanggal	Resolusi spasial (m)
1	S2A_MSIL2A_20230812T025551_N0509_R032_T49MBU_20230812T090410	12 Agustus 2023	10
2	S2B_MSIL2A_20230725T024529_N0509_R132_T49MCU_20230725T055533	25 Juli 2023	10
3	S2B_MSIL2A_20230725T024529_N0509_R132_T49MCV_20230725T055533	25 Juli 2023	10

Pemetaan kawasan mangrove dilakukan dengan metode cepat menggunakan data penginderaan jauh (Winarso, 2018), peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) mangrove yang dikeluarkan oleh BIG digunakan sebagai data dasar dalam penentuan sebaran mangrove. Pemetaan mangrove existing tahun 2023 dilakukan melalui pendekatan komposit *false-color* RGB band NIR-SWIR-Red untuk memvisualisasikan keberadaan vegetasi mangrove dan dilakukan interpretasi visual dengan memperhatikan sembilan unsur kunci interpretasi citra, meliputi rona, warna, bentuk, ukuran, tekstur, pola bayangan, situs (letak), asosiasi dan konvergensi (Prahasta, 2008). Pemetaan kondisi mangrove dilakukan melalui klasifikasi NDVI dengan basis data tutupan tajuk (metode *hemispherical photography*) yang diambil di lapangan. Kriteria standar baku kerusakan mangrove didasarkan pada Kepmen LH No 201 Tahun 2004 (Tabel 2).

Pengambilan data lapangan dilakukan pada bulan Juni dan Agustus 2023 di empat kecamatan di Kabupaten Kayong Utara (Gambar 1). Sampel uji lapangan dipilih berdasarkan *purposive* dan *proportional sampling* berdasarkan pertimbangan keberadaan dan stratifikasi mangrove di Kabupaten Kayong Utara. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 3 (2014), jumlah minimal sampel dengan skala peta 1:50.000 adalah 30 sampel, ditambah dengan pertimbangan luasan mangrove di Kabupaten Kayong Utara lebih kurang 20.000 hektar, maka jumlah sampel minimal pada penelitian ini adalah ± 43 titik validasi dan 26 plot. Jumlah titik validasi dan titik plot yang dilakukan survey pada penelitian ini adalah sejumlah 56 titik.

Estimasi stok karbon atas permukaan/ *aboveground carbon stock* (AGC) dilakukan dengan membuat plot pengamatan 10 x 10 m² pada tiap titik survey yang mewakili stratifikasi mangrove berdasarkan pedoman dari Dharmawan *et al.* (2020) dan Howard *et al.* (2014). Pengukuran dalam setiap plot dilakukan pada setiap tegakan dengan *diameter breast height* (dbh) ≥ 10 cm sesuai pedoman teknis pengumpulan dan pengolahan data Geospasial mangrove (Peraturan Kepala BIG No 3, 2014), identifikasi jenis dilakukan berdasarkan pedoman Sidik *et al.* (2019). Perhitungan biomassa dan cadangan karbon atas permukaan dilakukan berdasarkan allometrik dari Komiyama *et al.* (2005) atau allometrik spesies spesifik lain yang tersedia.

$$AGB \text{ (Above ground biomass) (kg)} = 0.251 * \rho * D^{2.46}$$

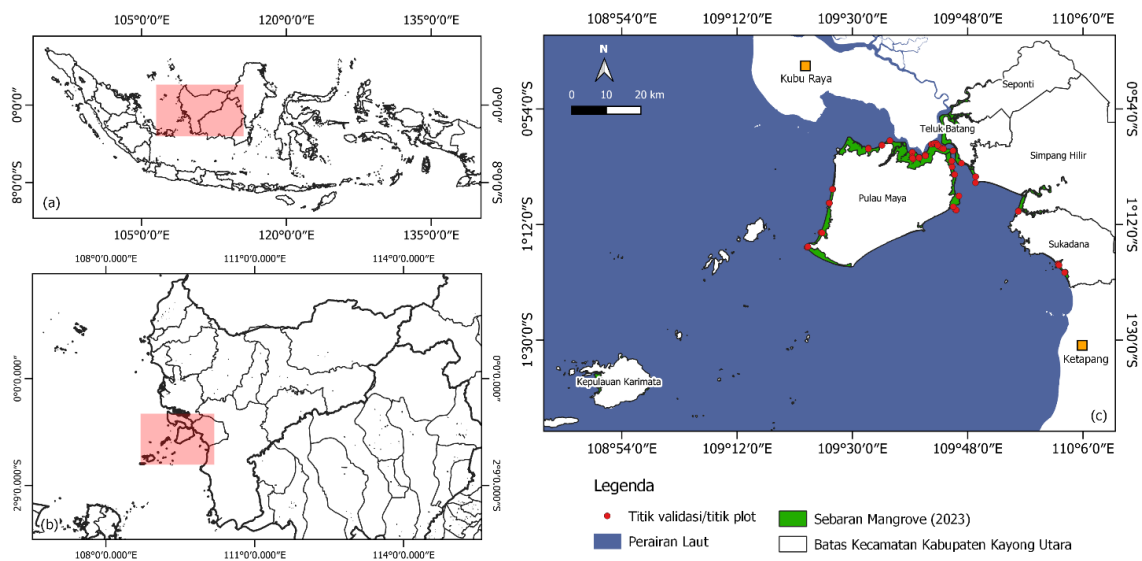
dimana ρ merupakan densitas kayu spesifik per spesies dalam satuan g/cm³ (Komiyama *et al.*, 2005; Zanne *et al.*, 2009), D merupakan diameter pohon setinggi dada dalam satuan cm. AGC dihitung berdasarkan nilai AGB, dimana 47% dari nilai AGB merupakan nilai AGC tiap individu pohon (Kauffman dan Donato, 2012).

Tabel 2. Kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove

Kriteria	Kategori	Persentase tutupan	Kerapatan pohon (ind ha ⁻¹)
Baik	Padat	≥ 75%	≥ 1.500
	Sedang	50%-75%	1.000-1.500
Rusak	Jarang	< 50%	<1.000

Tabel 3. Indeks vegetasi yang digunakan untuk formulasi model

Kategori	Formulasi	Sumber
NDVI	$(NIR - RED)/(NIR + RED)$	Ramdani <i>et al.</i> , 2019
IM	$(NIR - SWIR)/(NIR \times SWIR) \times 10000$	Winarso <i>et al.</i> , 2014
CMRI	$(NDVI - NDWI)$	Gupta <i>et al.</i> , 2018
MMRI	$(MNDWI - NDVI) / (MNDWI + NDVI)$	Diniz <i>et al.</i> , 2019
MDI	$(NIR - SWIR-1)/SWIR-1$	Wang <i>et al.</i> , 2018
MDI2	$(NIR - SWIR-2)/SWIR-2$	Wang <i>et al.</i> , 2018



Gambar 1. Lokasi penelitian: (a) Letak Geografis Provinsi Kalimantan Barat di Indonesia, (b) Letak Geografis Kabupaten Kayong di Provinsi Kalimantan Barat, (c) Sebaran mangrove berdasarkan data citra Sentinel-2 dan titik survey.

Pemetaan stok karbon dilakukan dengan formulasi model regresi linear nilai indeks vegetasi dari data citra satelit (Tabel 3) dan nilai stok karbon yang didapatkan pada plot pengamatan. Model terbaik dipilih berdasarkan nilai korelasi tertinggi dari keempat model regresi dan nilai deviasi terendah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

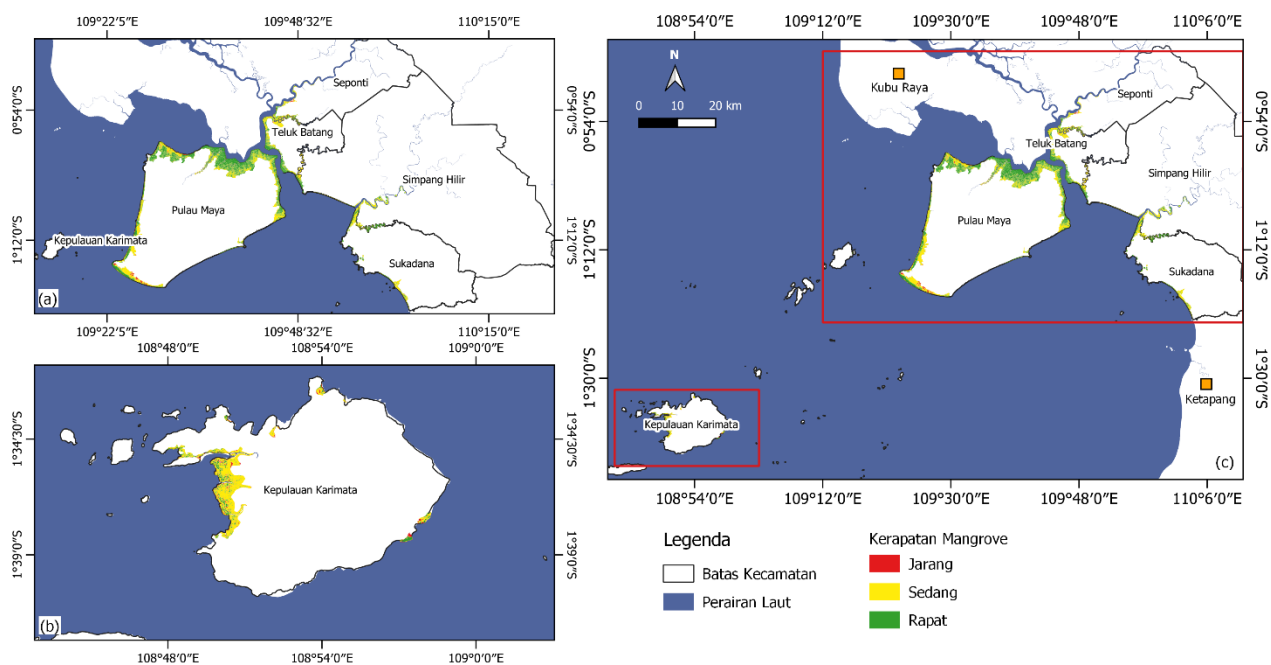
Hasil analisis menunjukkan luasan mangrove di Kabupaten Kayong Utara sebesar 20.543,40 ha, tersebar di Kecamatan Pulau Maya, Seponti, Teluk Batang, Simpang Hilir, Sukadana dan Kepulauan Karimata (Gambar 2). Penggunaan metode cepat untuk pemantauan mangrove berdasarkan Winarso (2018) memudahkan dalam mengetahui sebaran mangrove di seluruh Kabupaten Kayong Utara. Penggunaan data sebaran mangrove dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan sebaran existing pada sebaran mangrove pada tahun 2023. Berdasarkan standar baku kerusakan hutan mangrove (Kepmen LH No. 201, 2004), kondisi mangrove di Kabupaten Kayong Utara termasuk dalam kriteria baik (kategori kerapatan pohon rapat dan sedang) sebesar 92,08% dan kriteria rusak sebesar 3,92%. Kondisi mangrove dengan kriteria rusak disebabkan beberapa hal, diantaranya berada pada formasi awal zona mangrove (individu baru tumbuh), celah terbuka antara tutupan kanopi mangrove atau kondisi terbuka akibat penebangan mangrove (minim).

Sebaran mangrove yang terdapat di enam kecamatan di Kabupaten Kayong Utara memiliki luasan antara 804,32 - 13.878,65 ha, terluas ditemukan di Kecamatan Pulau Maya dan terkecil ditemukan di Kecamatan Seponti (Tabel 4). Kecamatan Pulau Maya memiliki potensi luasan mangrove terbesar diantara semua Kecamatan di Kabupaten Kayong Utara, terutama di bagian Utara Kecamatan, tepatnya di Desa Dusun Kecil. Berdasarkan persentase kriteria kerapatan/tutupan tajuk, kawasan mangrove dengan kategori rapat ditemukan sebesar 43,01%, sedang 53,07% dan jarang 3,92% dari seluruh Kecamatan.

Distribusi spasial beberapa model input yang dipilih menunjukkan variasi yang berbeda antar variabel, variabel MDI dan MDI2 lebih menunjukkan perbedaan yang kontras antar sebaran mangrove di Kabupaten Kayong Utara (Gambar 3). Nilai indeks NDVI di lokasi ditemukan pada

rentang 0,20 – 0,67, indeks mangrove (IM) pada rentang -2,24 – 4,95, CMRI pada rentang -0,16 – 1,27, MMRI pada rentang -17.000 – 2551,22, MDI pada rentang -0,29 – 2,07 dan MDI2 pada rentang -0,16 – 3,52. Rentang nilai indeks variabel sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya (Sun *et al.*, 2021; Suardana *et al.*, 2023).

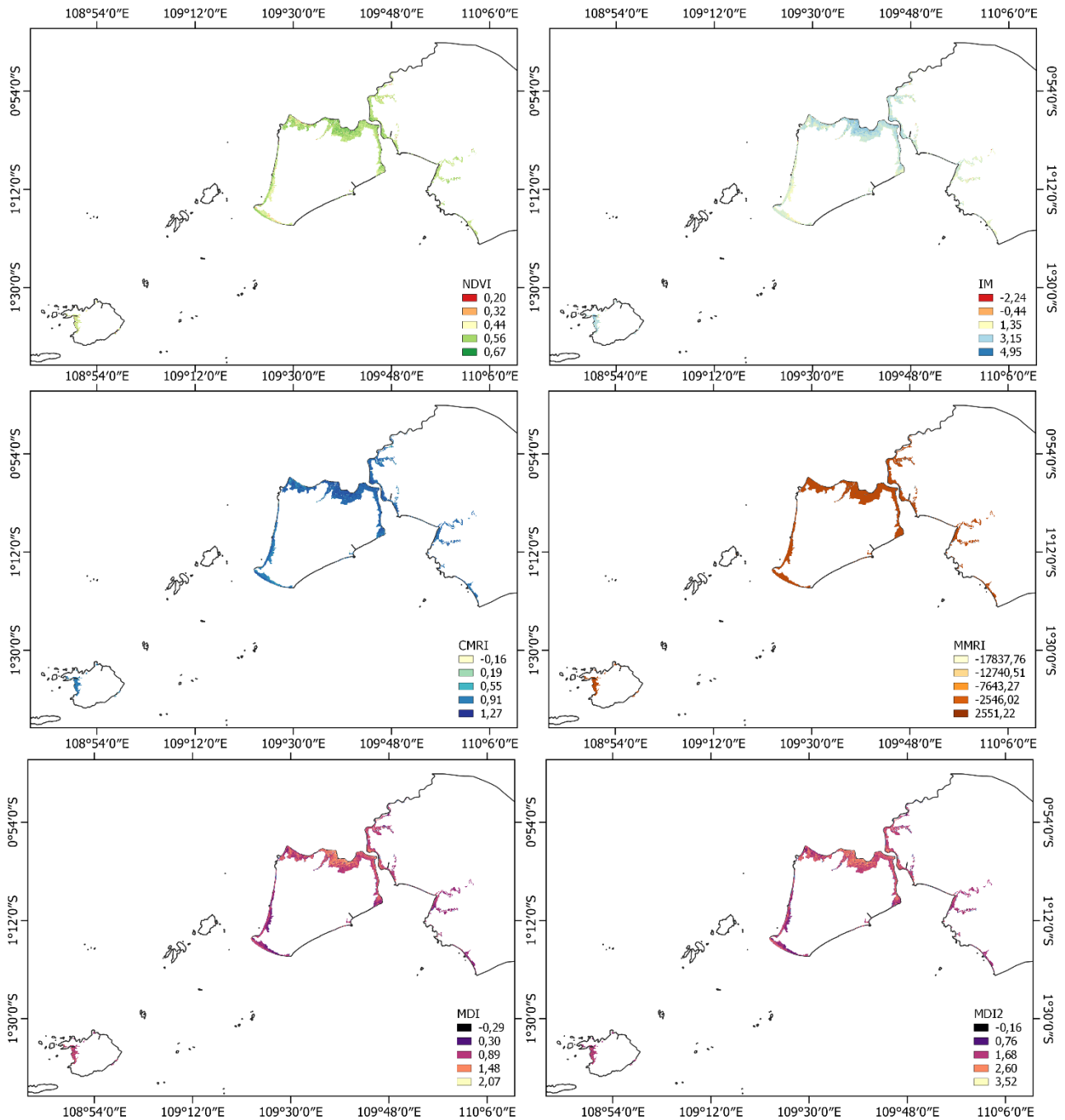
Kerapatan pohon (DBH \geq 10 cm) dari 56 titik survey berkisar antara 100 – 2800 ind/ha dengan nilai Aboveground Carbon Stock (AGC) berkisar 4,21 – 1375,74 Mg ha⁻¹ dan rata-rata dari seluruh titik validasi sebesar 285,17 Mg ha⁻¹ (Tabel 5). Spesies mangrove dominan yang ditemukan antara lain *Avicennia alba*, *Avicennia lanata*, *Avicennia marina*, *Bruguiera parviflora*, *Excoecaria agallocha*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Xylocarpus granatum*. Nilai potensi stok karbon atas permukaan di Kabupaten Kayong Utara ditemukan lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa daerah di Indonesia berdasarkan penelitian Murdiyarso *et al.* (2015), seperti Kabupaten Kubu Raya (Kalimantan Barat) dengan nilai rerata 134,8 Mg ha⁻¹, Kabupaten Mimika (Provinsi Papua) dengan nilai rerata AGC 255,1 Mg ha⁻¹ dan Kabupaten Cilacap (Jawa Tengah) dengan nilai rerata AGC 6,9 Mg ha⁻¹.



Gambar 2. Peta sebaran kondisi mangrove di Kabupaten Kayong Utara

Tabel 4. Luasan dan kondisi mangrove di Kabupaten Kayong Utara

No	Kecamatan	Luas per Kerapatan (ha)			Luas Sebaran Total (ha)
		Jarang	Sedang	Rapat	
1	Pulau Maya	490,97	6.717,34	6.670,34	13.878,65
2	Seponti	63,99	542,63	197,70	804,32
3	Teluk Batang	59,58	1.253,73	867,23	2.180,54
4	Simpang Hilir	49,92	832,58	505,31	1.387,81
5	Sukadana	41,68	851,84	460,82	1.354,34
6	Kepulauan Karimata	100,23	723,59	149,92	937,74
Total Luas Mangrove Kabupaten Kayong Utara					20.543,40



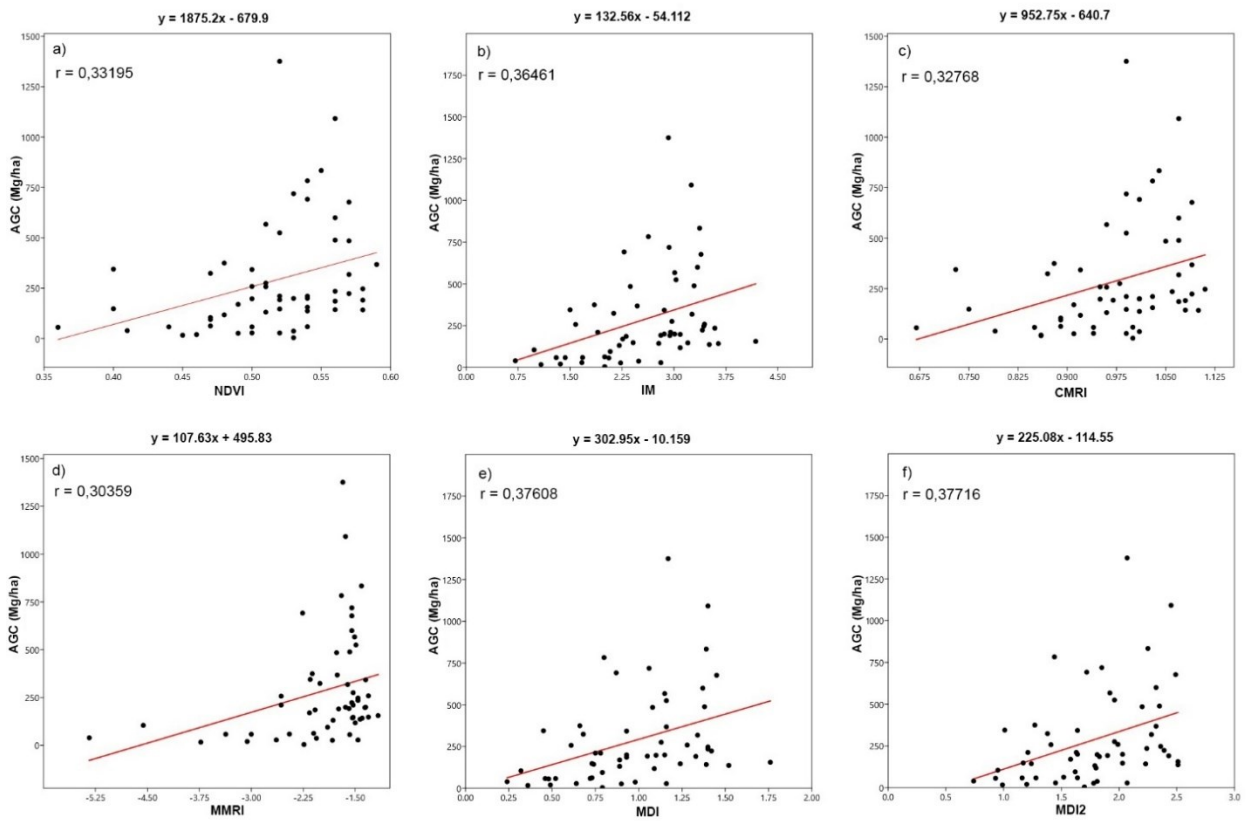
Gambar 3. Distribusi spasial variabel model input NDVI (a), IM (b), CMRI (c), MMRI (d), MDI (e), dan MDI2 (f).

Variabel indeks vegetasi yang umum digunakan dalam mendeteksi vegetasi dan mendeteksi keberadaan mangrove berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya (Gupta *et al.* 2018; Winarso *et al.*, 2014, Diniz *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2018) menghasilkan nilai korelasi yang cukup selaras, dengan nilai korelasi pearson berkisar 0,30 – 0,38 (hubungan positif rendah). Tiap kenaikan nilai variabel x indeks vegetasi maka nilai variabel y (AGC) ditemukan mengalami peningkatan, namun memiliki hubungan yang rendah karena sebagian data tersebar jauh dari garis linear (Gambar 4). Model regresi linear terbaik pada penelitian ini adalah menggunakan variabel MDI2 dengan formulasi $y = 225,08x - 114,55$ dan nilai korelasi pearson (r) = 0,38.

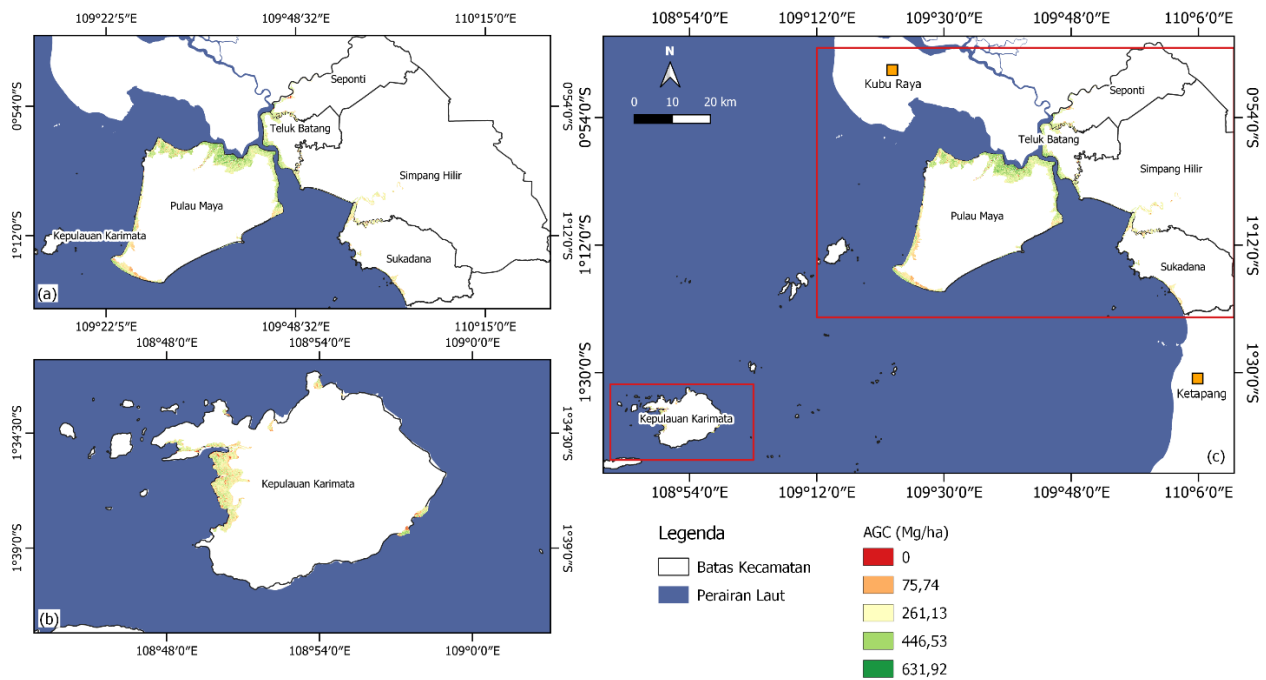
Nilai hubungan analisis model AGC penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Suardana *et al.* (2023) di lokasi Teluk Benoa, Bali, beberapa faktor diantaranya karena sebagian besar kondisi mangrove di Kabupaten Kayong Utara memiliki kerapatan dan tutupan tajuk sedang-tinggi (Tabel 4) namun memiliki variasi nilai diameter yang cukup tinggi, sehingga indeks vegetasi yang digunakan tidak dapat sepenuhnya menggambarkan nilai stok karbon dari vegetasi mangrove. Variabel diameter tegakan mangrove merupakan variabel utama dalam penentuan stok karbon vegetasi mangrove (AGC) (Komiyama *et al.* 2005), namun di lokasi penelitian nilai rerata diameter pada tiap titik tidak selalu menentukan besarnya nilai tutupan yang direkam oleh citra satelit.

Tabel 5. Analisis Aboveground Carbon Stock (AGC)

Sampel Point	Kerapatan pohon (ind ha ⁻¹)	AGC (Mg ha ⁻¹)	Spesies Dominan	Sampel Point	Kerapatan pohon (ind ha ⁻¹)	AGC (Mg ha ⁻¹)	Spesies Dominan
1	700	246.79	<i>R. apiculata</i>	29	1600	210.62	<i>E. agallocha</i>
2	1600	142.05	<i>R. apiculata</i>	30	1700	488.54	<i>R. apiculata</i>
3	1100	210.50	<i>X. granatum</i>	31	2100	599.59	<i>R. apiculata</i>
4	2200	1092.06	<i>R. apiculata</i>	32	2300	677.00	<i>R. apiculata</i>
5	2300	318.05	<i>X. granatum</i>	33	1200	342.51	<i>R. apiculata</i>
6	900	143.25	<i>X. granatum</i>	34	1100	199.53	<i>R. apiculata</i>
7	900	155.51	<i>R. mucronata</i>	35	1300	136.75	<i>R. apiculata</i>
8	900	199.27	<i>X. granatum</i>	36	600	27.72	<i>R. apiculata</i>
9	500	190.55	<i>R. mucronata</i>	37	1300	130.97	<i>A. lanata</i>
10	1000	197.47	<i>R. mucronata</i>	38	1200	94.53	<i>R. stylosa</i>
11	100	192.21	<i>R. mucronata</i>	39	700	26.23	<i>A. lanata</i>
12	700	718.99	<i>X. granatum</i>	40	2800	62.64	<i>E. agallocha</i>
13	500	146.48	<i>B. parviflora</i>	41	200	4.21	<i>A. alba</i>
14	400	55.83	<i>X. granatum</i>	42	2700	484.59	<i>R. apiculata</i>
15	1100	833.70	<i>R. mucronata</i>	43	2000	367.80	<i>R. apiculata</i>
16	600	783.00	<i>X. granatum</i>	44	2200	344.49	<i>R. apiculata</i>
17	400	117.55	<i>R. mucronata</i>	45	700	36.93	<i>R. apiculata</i>
18	400	258.58	<i>R. mucronata</i>	46	1100	691.57	<i>R. apiculata</i>
19	500	275.14	<i>X. granatum</i>	47	2000	169.69	<i>R. apiculata</i>
20	400	524.74	<i>R. mucronata</i>	48	1000	28.11	<i>E. agallocha</i>
21	500	1375.74	<i>R. mucronata</i>	49	2000	104.53	<i>E. agallocha</i>
22	700	566.95	<i>R. mucronata</i>	50	1000	57.95	<i>E. agallocha</i>
23	800	374.45	<i>B. parviflora, E. agallocha</i>	51	500	16.52	<i>A. marina</i>
24	1200	147.77	<i>R. apiculata</i>	52	400	19.84	<i>A. marina</i>
25	1600	234.72	<i>R. apiculata</i>	53	900	39.20	<i>A. marina</i>
26	1200	223.16	<i>R. apiculata</i>	54	2100	58.00	<i>E. agallocha</i>
27	1700	323.59	<i>R. apiculata</i>	55	2300	257.10	<i>E. agallocha</i>
28	1100	185.40	<i>R. apiculata</i>	56	1300	58.75	<i>E. agallocha</i>



Gambar 4. Hubungan antara nilai AGC dan NDVI (a), IM (b), CMRI (c), MMRI (d), MDI (e), dan MDI2 (f)



Gambar 5. Peta prediksi sebaran stok karbon (AGC) mangrove berdasarkan variabel MDI2 citra Sentinel-2 di Kabupaten Kayong Utara

Tabel 6. Nilai Prediksi Stok Karbon di Kabupaten Kayong Utara

No	Kecamatan	Mean AGC ± SD (Mg ha ⁻¹)	Total AGC (Mg)
1	Pulau Maya	319,77 ± 97,65	1.100.304
2	Seponti	290,24 ± 81,75	56.569
3	Teluk Batang	321,35 ± 71,72	172.592
4	Simpang Hilir	272,19 ± 62,26	91.561
5	Sukadana	261,19 ± 71,54	86.441
6	Kepulauan Karimata	263,04 ± 88,69	64.182

Variabel Mangrove Discrimination Index 2 (Wang *et al.*, 2018) dipilih untuk menggambarkan distribusi nilai AGC pada seluruh kawasan mangrove di Kabupaten Kayong Utara karena memiliki nilai korelasi yang paling tinggi. Berdasarkan hasil analisis spasial, nilai potensi AGC dari model yang dipilih berkisar antara 0 – 677,69 Mg ha⁻¹ di seluruh Kabupaten Kayong Utara, dengan nilai potensi stok karbon terbesar terdapat di Kecamatan Pulau Maya (Gambar 5). Nilai korelasi dari model yang dipilih memiliki akurasi yang lebih tinggi dari beberapa penelitian sejenis menggunakan indeks vegetasi, seperti Sun *et al.* (2021) menggunakan indeks EVI, BNDVI citra Sentinel-2 ($r = 0,25$ dan $0,35$).

Tabel 6 menampilkan kesimpulan dari peta prediksi sebaran stok karbon (AGC) mangrove berdasarkan variabel MDI2 citra Sentinel-2 di Kabupaten Kayong Utara. Hasil menunjukkan rata-rata nilai AGC mangrove di Kabupaten Kayong Utara berkisar antara 260 – 320 Mg ha⁻¹. Nilai prediksi total AGC tiap kecamatan berkisar antara 56.569 – 1.100.304 Mg dengan nilai potensi tertinggi ditemukan di Kecamatan Pulau Maya. Luaran peta prediksi stok karbon pada penelitian ini relatif lebih besar dibandingkan dengan beberapa penelitian lain seperti Suardana *et al.* (2023) dengan kisaran nilai prediktif 0 – 163 Mg ha⁻¹ dan Sun *et al.* (2021) dengan kisaran nilai prediktif 0 – 30 Mg ha⁻¹.

KESIMPULAN

Luasan mangrove di Kabupaten Kayong Utara sebesar 20.543,40 ha, tersebar di Kecamatan Pulau Maya, Seponti, Teluk Batang, Simpang Hilir, Sukadana dan Kepulauan Karimata. Kondisi mangrove 92,08% dalam keadaan baik menurut kriteria Kepmen LH No 201 Tahun 2004. Nilai stok karbon mangrove di Kabupaten Kayong Utara berkisar antara 4,21–1375,74 Mg ha⁻¹ dan nilai total prediksi stok karbon tertinggi di Kecamatan Pulau Maya dengan nilai 1,1 juta Mg. Model regresi linear terbaik dalam penelitian ini menggunakan variabel mangrove discrimination index 2 (MDI 2) dengan nilai korelasi pearson (r) = 0,38 dan formulasi $y = 225,08x - 114,55$. Model regresi linear memiliki hubungan yang rendah antar variabel x dan y, diperlukan kombinasi beberapa variabel dan atau menggunakan model regresi lainnya untuk meningkatkan akurasi model..

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah mendanai kegiatan penelitian ini melalui Surat Keputusan Nomor 0536/E5/PG.02.00/2023 dan kontrak penelitian Nomor 187/E5/PG.02.00.PL/2023; 123/LL11/KM/2023; 47/UNOSO.4/PL/VII/2023, serta pemerintah Kabupaten Kayong Utara dan Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Kalbar yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adame, M.F., Connolly, R.M., Turschwell, M.P., Lovelock, C.E., Fatoyinbo, T., & Lagomasino, D. (2021). Future carbon emissions from global mangrove forest loss. *Global Change Biology*, 27(12), 2856–66. doi: 10.1111/gcb.15571.

- Alongi, D.M. (2020). Carbon Balance in Salt Marsh and Mangrove Ecosystems: A Global Synthesis. *JMSE*, 8(10), 1-21. doi: 10.3390/jmse8100767.
- Arifanti, V.B., Novita, N., Subarno, & Tosiani, A. (2021). Mangrove deforestation and CO₂ emissions in Indonesia. In: *The 6th INAFOR 2021 Stream 3*. IOP Publishing, p.1–9. doi: 10.1088/1755-1315/874/1/012006.
- Dharmawan, I.W.E., Suyarso, Ulumuddin, Y.I., Prayudha, B., & Pramudji. (2020). *Panduan Monitoring Struktur Komunitas Mangrove di Indonesia*. PT Media Sains Nasional, Bogor.
- Diniz, C., Cortinhas, L., Nerino, G., Rodrigues, J., Sadeck, L., & Adami, M. (2019). Brazilian Mangrove Status: Three Decades of Satellite Data Analysis. *Remote Sensing*, 11(7), 1-19. doi: 10.3390/rs11070808.
- Gupta, K., Mukhopadhyay, A., Giri, S., Chanda, A., Datta Majumdar, S., & Samanta, S. (2018). An index for discrimination of mangroves from non-mangroves using LANDSAT 8 OLI imagery. *MethodsX*, 5(2018), 1129–1139. doi: 10.1016/j.mex.2018.09.011.
- LAPAN. 2015. Pedoman Pengolahan Data Penginderaan Jauh Landsat 8 Untuk Mangrove. Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Jakarta.
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., & Pidgeon, E. (2014). Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses. *Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature, USA*.
- Kauffman, J.B., & Donato, D.C. (2012). Protocols for the Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass and Carbon Stocks in Mangrove Forests. Working Paper 86. CIFOR, Bogor.
- Jones, T., Ratsimba, H., Ravaoarinorotsihoarana, L., Glass, L., Benson, L., & Teoh, M. (2015). The Dynamics, Ecological Variability and Estimated Carbon Stocks of Mangroves in Mahajamba Bay, Madagascar. *Journal of Marine Science and Engineering*, 4(3), 793–820. doi: 10.3390/jmse3030793.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 201. (2014). Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. KLH, Jakarta.
- Komiyama, A., Pongpan, S., & Kato, S. (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21(4), 471–477. doi: 10.1017/S0266467405002476
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J.B., Warren, M.W., Sasmito, S.D., & Donato, D.C. (2015). The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5 (12), 1089–1092. doi: 10.1038/nclimate2734.
- Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 3. (2014). Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove. BIG, Jakarta.
- Prahasta, E. 2008. Remote Sensing: Praktis Penginderaan Jauh & Pengelahan Citra Dijital Dengan Perangkat Lunak ER Mapper. Informatika, Bandung.
- Ramdani, F., Rahman, S., & Giri, C. (2018). Principal polar spectral indices for mapping mangroves forest in South East Asia: study case Indonesia. *International Journal of Digital Earth*, 12(10), 1103–1117. doi: 10.1080/17538947.2018.1454516.
- Sidik, F., Kusuma, D.W., Kadarisman, H.P., & Suhardjono. (2019). *Panduan Mangrove: Survei Ekologi dan Pemetaan*. Balai Riset dan Observasi Laut (BRSDM) – KKP, Bali.
- Sun, S., Wang, Y., Song, Z., Chen, C., Zhang, Y., Chen, X., Chen, W., Yuan, W., Wu, X., & Ran, X. (2021). Modelling Aboveground Biomass Carbon Stock of the Bohai Rim Coastal Wetlands by Integrating Remote Sensing, Terrain, and Climate Data. *Remote Sensing*, 2021(13), 1-16. doi: 10.3390/rs13214321.
- Suardana, A.A.Md.A.P, Anggraini, N., Nandika, M.R., Aziz, K., As-syakur, Abd.R., Ulfa, A., Wijaya, A.D., Prasetyo, W., Winarso, G., & Dimiyati, 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(11), 116-134. doi: 10.24259/fs.v7i1.22062
- Tran, T.V., Reef, R., & Zhu, X. (2022). A Review of Spectral Indices for Mangrove Remote Sensing. *Remote Sensing*, 14(4868), 1-29. doi: 10.3390/rs14194868.
- Winarso, G., Purwanto, A.D., & Yuwono, D.M. (2014). New Mangrove Index As Degradation/Health Indicator Using Remote Sensing Data : Segara Anakan And Alas Purwo Case Study. 12th Biennial Conference of Pan Ocean Remote Sensing Conference (PORSEC 2014), 04 – 07 November 2014, Bali.

- Winarso, G. (2018). Metode Cepat Pemantauan Hutan Mangrove Menggunakan Data Penginderaan Jauh. Seminar Nasional Geomatika 2018: Penggunaan dan Pengembangan Produk Informasi Geospasial Mendukung Daya Saing Nasional, September 2018, Bogor.
- Vincentius, A., Nessa, M.N., Jompa J., & Saru, A. (2019). Complex Relationship Between Mangrove Ecosystem Variables and Fish Assemblages at Maumere Bay, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 253, 1-10. doi:10.1088/1755-1315/253/1/012035
- Wang, D., Wan, B., Qiu, P., Su, Y., Guo, Q., & Wang, R. (2018). Evaluating the Performance of Sentinel-2, Landsat 8 and Pléiades-1 in Mapping Mangrove Extent and Species. *Remote Sensing*, 10(9), 1-27. doi: 10.3390/rs10091468.
- Yuvaraj, E., Dharanirajan, K., Jayakumar, S., & Balasubramaniam, J. (2017). Distribution and zonation pattern of mangrove forest in Shoal Bay Creek, Andaman Islands, India. *Indian Journal of Marine Sciences*, 46(03), 1-9.
- Zanne, A.E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D.A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S.L., Miller, R.B., Swenson, N.G., Wiemann, M.C., & Chave, J. (2009). Global wood density database. Available via Dryad: <https://datadryad.org/stash/dataset/>
- Zeng, Y., Friess, D.A., Sarira, T.V., Siman, K., & Koh, L.P. (2021). Global potential and limits of mangrove blue carbon for climate change mitigation. *Current Biology*, 31(8), 1737-1743. doi: 10.1016/j.cub.2021.01.070.
- Zhang, X., Lin, P., & Chen, X. (2022). Coastal Protection by Planted Mangrove Forest during Typhoon Mangkhut. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(1288), 1-20. doi: 10.3390/jmse10091288