


Bukti Korespondensi

Submit Artikel



✕
≡
●
?
⚙️
☰

Compose

99+ Mail

Chat

Spaces

Meet

Inbox 296

★ Starred

🕒 Snoozed

▶ Sent

📄 Drafts 15

⌵ More

Labels +

📧 ahmad.faizal@g.u... 55

📧 BSRE

📧 LHKPN

←

📧 🕒 🗑️ 📧 🕒 🔄 📧 📄 ⋮

[Akuatikisle] Submission Acknowledgement External Inbox x

Sangia Research Media and Publishing <journals@sangia.org> Wed, Feb 15, 2:06 PM
 to me ▾

Dear Dr. Ahmad Faizal

Thank you for submitting the manuscript, "Utilization of NDVI Transformation on Sentinel-2A Imagery for Mapping the Mangrove Area and Density in Makassar City" to **Akuatikisle**: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL:
<https://ejournal.stipwunaraha.ac.id/ISLE/author/submission/657>
 Username: faizal79

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Regards,

Pemanfaatan Transformasi NDVI pada Citra Sentinel 2A untuk Memetakan Luas dan Kerapatan Mangrove Kota Makassar

Utilization of NDVI Transformation on Sentinel-2A Imagery for Mapping the Mangrove Area and Density in Makassar City

Ahmad Faizal^{1*)}, Nita Mutainnah¹⁾, Muh Anshar Amran¹⁾, Amran Saru¹⁾, Khaerul Amri¹⁾ dan M. Natsir Nessa¹⁾

¹⁾Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Jln Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar

^{*)} e-mail: ahmad.faizal@unhas.ac.id

Abstrak

Ekosistem mangrove terdiri dari tanaman tropis yang mampu beradaptasi dengan tanah basah, gembur, air asin, dan fluktuasi pasang surut. Identifikasi Ekosistem mangrove dapat dilakukan dengan metode survei langsung maupun dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan luasan dan kerapatan mangrove di Kota Makassar menggunakan Citra Sentinel 2A. Metode yang digunakan adalah transformasi NDVI yang dilanjutkan dengan klasifikasi Unsupervised-ISODATA, ground check dengan metode plotting 10 x 10 meter dan *hemispherical photography*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan mangrove di Kota Makassar masih ditemukan pada Kecamatan Tallo dan Biringkanaya dengan luas ekosistem mangrove 68,81 Ha, pada kisaran tutupan 84.36-91.89% (kategori rapat). Begitu pula indeks vegetasi berdasarkan analisis NDVI berkisar antara 0.73-0.81 (kategori rapat) serta kerapatan jenis pada kisaran 2700-6400 pohon/ha (kategori rapat). Penggunaan Citra Sentinel 2A dengan transformasi NDVI dapat digunakan untuk pemetaan luasan dan kerapatan mangrove. Sebaran luas ekosistem mangrove di Makassar relative tidak luas namun memiliki kondisi yang baik.

Kata kunci : hemispherical photography, Penginderaan Jauh, Indeks Vegetasi, Makassar

Abstract

Mangrove ecosystems consist of tropical plants that have adapted to the salinity, tidal fluctuations, and loose soil condition. Identification of mangrove ecosystems can be carried out by direct survey methods or by utilizing remote sensing technology. This study aims to trace the area and density of mangroves in Makassar City using Sentinel-2A imagery. The method used is the NDVI transformation, followed by Unsupervised-ISODATA classification, ground check with the 10 x 10-meter plotting method, and hemispherical photography. The results showed that the existence of mangroves in Makassar City was still found in Tallo and Biringkanaya Districts, with 68.81 Ha mangrove ecosystem cover area in the range of 84.36 - 91.89% (dense category). Likewise, the vegetation index based on NDVI analysis ranged from 0.73 - 0.81 (dense category), and the species density was in the range of 2700 - 6400 trees/Ha (dense category). Sentinel-2A imagery transformed with NDVI can be used to track mangrove areas and their density. The wide distribution of mangrove ecosystems in Makassar is relatively small but has good conditions.

Keywords: hemispherical photography, Remote Sensing, Vegetation Index, Makassar

1. Pendahuluan

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem pesisir yang terdapat di daerah tropis dan subtropis (Lugo & Snedaker, 1974), dicirikan oleh struktur akar penyangga yang rapat, yang memungkinkan bertahan pada kondisi perubahan pasang surut (Srikanth et al., 2016). Mangrove menjadi habitat penting bagi ribuan spesies; sebagai tempat pemijahan, pemeliharaan dan mencari makan. Mangrove juga menjadi zona penyangga daratan dari bencana abrasi dan kerusakan akibat angin dan gelombang. Selain fungsi ekologis mangrove juga menjadi sumberdaya dan tempat bergantung masyarakat pesisir untuk melangsungkan hidup dan mata pencaharian mereka (Lugo & Snedaker, 1974; Rubertson, 1991)

Besarnya potensi dan fungsi mangrove menyebabkan ekosistem ini rentang mengalami degradasi. Permasalahan ini telah menjadi isu global, diperkirakan terjadi pengurangan tahunan sebesar 7 juta ha (Nunoo & Agyekumhene, 2022) yang menyebabkan penurunan 20-35% tutupan

mangrove (Carugati, et al., 2018). Degradasi ekosistem mangrove disebabkan oleh deforestasi, perubahan tata guna lahan, perubahan iklim, aktivitas antropogenik seperti pertanian (Yando, et al., 2021) dan bencana alam berupa badai (Lee, et al., 2021).

Kota Makassar sebagai daerah pesisir memiliki ekosistem mangrove, khususnya pada bantaran Sungai Tallo sebagian besar ditumbuhi oleh nipa dan bakau seperti; *Nypa fruticans*, *Rhizophora* sp., dan *Avicennia alba* yang sangat lebat (Beddu, 2011). Namun keseluruhan hutan mangrove di Kota Makassar mengalami penyusutan dari 411,7 ha pada tahun 2001 menjadi 100,07 ha pada tahun 2016 (Massa, 2021). Antisipasi kerusakan dan pengelolaan mangrove di Kota Makassar yang lebih baik diperlukan informasi tentang luas dan kerapatan mangrove secara temporal. Salah satu teknologi pemetaan yang akurat dan cepat adalah dengan menggunakan data-data penginderaan jauh dan metode ekstraksi data yang tepat.

Mangrove tumbuh di daerah peralihan darat dan laut, sehingga ada tiga fitur utama yang sangat berpengaruh pada pengenalan obyek melalui penginderaan jauh yaitu vegetasi, tanah dan air (Kuenzer, et al., 2011), ketiga fitur tersebut sangat berpengaruh terhadap pantulan spektral yang diterima oleh sensor penginderaan jauh, sehingga identifikasi kerapatan memerlukan transformasi khusus. Dalam indentifikasi kerapatan vegetasi sering digunakan berbagai transformasi indeks vegetasi.

Indeks vegetasi adalah nilai tunggal yang dihitung dari penggabungan beberapa band spektral dari suatu citra, dengan tujuan untuk meningkatkan pengenalan fitur-fitur vegetasi (Huete et al., 2002), juga digunakan untuk membedakan vegetasi dari obyek lain pada citra satelit (Fang & Liang (2014). Berbagai jenis indeks yang biasa digunakan dalam transformasi yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Enhanced Vegetation Index* (EVI), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), *Green Index* (GI) (Fang & Liang, 2014; Xue & SU, 2017). Hasil penelitian Faizal & Amran (2005) menemukan bahwa NDVI sebagai model transformasi indeks vegetasi yang paling efektif digunakan pada ekosistem mangrove di Sulawesi Selatan.

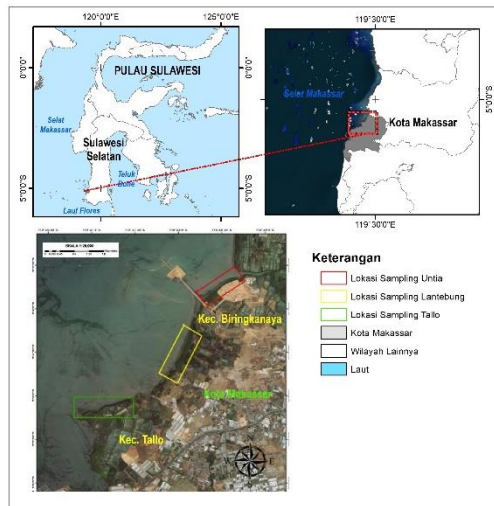
NDVI adalah indeks yang digunakan untuk menghitung kerapatan vegetasi termasuk mangrove dengan mengukur perbedaan antara panjang gelombang inframerah-dekat (yang dipantulkan oleh vegetasi) dan cahaya merah (yang diserap oleh vegetasi) (Fang & Liang, 2014; Gessesse & Melesse, 2019). NDVI digunakan untuk mengukur tingkat kehijauan vegetasi dan tingkat kerapatan vegetasi (Gessesse & Melesse, 2019; Jimenes et al., 2022). Berdasarkan dari berbagai penelitian maka transformasi NDVI sangat memungkinkan untuk memetakan luas dan kerapatan mangrove di Kota Makassar.

Semua jenis citra satelit yang menggunakan panjang gelombang merah dan infra merah dekat sebagai salah satu sensornya dapat digunakan untuk indentifikasi kerapatan mangrove dengan transformasi NDVI; seperti citra Landsat untuk semua generasi, MODIS, SPOT, Sentinel dan lain-lain (Moses et al., 2012). Penggunaan citra satelit Sentinel telah banyak digunakan diberbagai tempat untuk indentifikasi mangrove seperti di Afrika Barat (Mondal, et al 2019), Pulau Qeshm Iran (Ghorbanian, et al., 2021), dan China (Hu et al., 2020; Jia et al., 2019). Maka dari uraian tersebut maka dilakukan penelitian penggunaan transformasi NDVI pada citra Sentinel 2A dengan tujuan untuk pemetaan luasan dan kerapatan mangrove di Kota Makassar.

2. Bahan Dan Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Tallo dan Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan pada posisi geografis 5°03'45''S - 5°05'15''S dan 119°27'00''E - 119°29'00''E (Gambar 1). Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Sentinel-2A, hasil perekaman pada 21 April 2019 dan survei lapangan Maret tahun 2020. Data diperoleh dari hasil download pada link: <http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/> dengan spesifikasi panjang gelombang yang digunakan seperti pada Tabel 1.



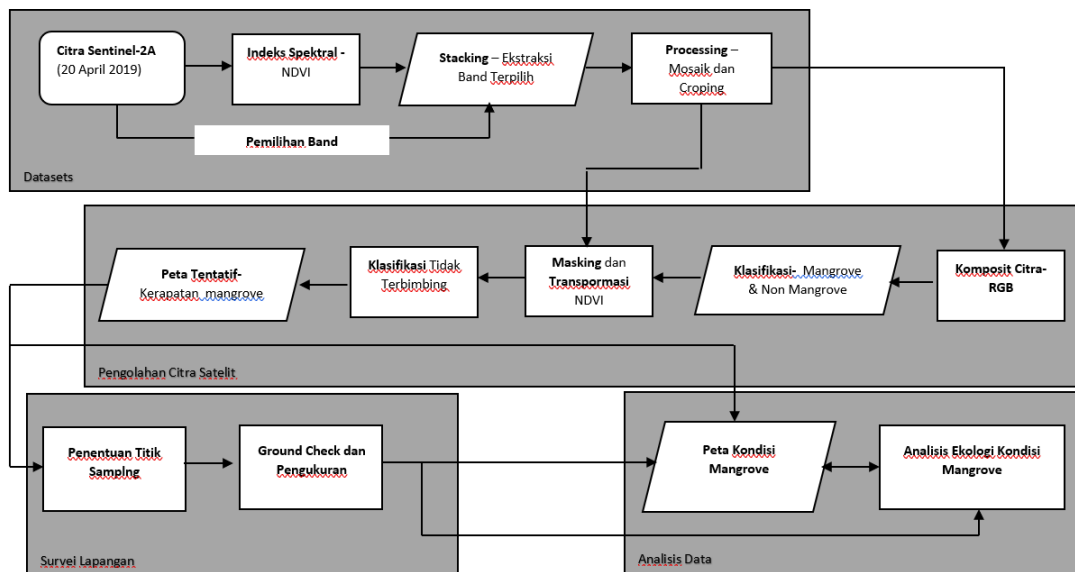
Gambar 1. Peta Lokasi penelitian, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.

Tabel 1. Spesifikasi panjang gelombang Sentinel 2A yang digunakan.

No	Sentinel-2 Band	Nilai Tengah Panjang Gelombang (μm)	Nama Panjang Gelombang	Resolusi Spasial (m)
1	Band 2	0.490	Biru (B)	10
2	Band 3	0.560	Hijau (G)	10
3	Band 4	0.665	Merah (R)	10
4	Band 8	0,865	Inframerah Dekat (NIR)	10

2.2. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dengan mengintegrasikan antara pengolahan citra satelit Sentinel 2A dengan survei teresterial (*cek lapangan*) Prosedur pelaksanaan penelitian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan penelitian (Modifikasi dari Gilani et al., 2021)

Gambar 2 menunjukkan diagram alir penelitian yang terdiri dari 4 tahap yaitu, tahap ekstraksi data set, tahap pengolahan citra satelit, tahap survei lapangan dan tahap analisis data. Secara detail prosedur pengolahan data sebagai berikut :

2.2.1. Ekstraksi data set :

- Download citra satelit Sentinel-2A dari <http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/> ; didapatkan dari perekaman data 20 April 2019 dengan tile T50 MQV dan T50 MRU, yang terdiri dari 13 Band.
- Pemilihan panjang gelombang berdasarkan kebutuhan untuk analisis NDVI sehingga terseleksi panjang gelombang pada band 4 dan 8 dan kebutuhan komposit citra untuk ekstraksi data penutupan lahan sehingga terseleksi band 2 dan 3.
- *Stacking* dengan menggunakan gabungan beberapa citra terpilih dengan komposit citra yang mengacu pada nilai *Optimum index Factor* (OIF) (Mannopo et al, 2015)
- *Mosaiking* dan *Cropping* dilakukan untuk memotong dan memperjelas area kerja penelitian yang mengacu pada nilai spektral (Li et al., 2019)

2.2.2. Pengolahan Citra Satelit

- Komposit Citra RGB 342 kombinasi panjang gelombang hijau (band 3), Merah (band 4) dan biru (band 2) (Chavez et al., 1982).
- Klasifikasi citra dengan menggunakan *Unsupervised-ISODATA* yang mengacu pada klusterisasi nilai spektral berdasarkan nilai rata-rata. Hasil klasifikasi citra menghasilkan kelas penutup lahan berupa mangrove dan non mangrove.
- *Masking* dengan tujuan memisahkan obyek mangrove dan non mangrove.
- Identifikasi vegetasi dengan transformasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Rouse et al, 1973), Penerapan transformasi NDVI menggunakan panjang gelombang inframerah dekat (Band 8) dan panjang gelombang merah (band 4) dengan persamaan sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan : NIR : *Band Near Infrared*; R : *Band Red*

- Klasifikasi kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI dengan mengacu pada Departemen Kehutanan (2003) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Baku tingkat kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI (Departemen Kehutanan, 2003).

No	Kategori Kerapatan Mangrove	Nilai NDVI
1	Jarang	0 ≤ 0.33
2	Sedang	0.34 ≤ 0.42
3	Rapat	0.43 ≤ 1.00

2.2.3. Survei Lapangan

- Penentuan titik sampling untuk *Ground Check* didasarkan pada hasil klasifikasi *unsupervised*. Secara purposive sampling dimana setiap stasiun masing-masing 3 plot berukuran 10 x 10 m.
- Presentase tutupan kanopi dengan menggunakan metode *hemispherical photography*; teknik pengambilan tutupan kanopi menggunakan kamera dengan titik pengambilan gambar ditempatkan di tengah plot pengamatan (Dharmawan & Pramudji, 2014).

- Pengukuran kerapatan mangrove dilakukan sampling pada tiap stasiun menggunakan metode transek garis dan petak contoh (*Transect Line Plot*). Pengukuran data kerapatan mangrove menggunakan metode petak contoh (*Transect Line Plot*) mengacu pada Kepmen LH Nomor 201 Tahun 2004.

2.2.4. Analisis Data;

- Penentuan kerapatan dan persen tutupan kanopi mangrove dilakukan dengan mengacup pada kriteria seperti pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Kriteria tingkat tutupan kanopi vegetasi mangrove

No.	Kriteria	Penutupan (%)
1	Jarang	< 50%
2	Sedang	50 – 69%
3	Rapat	70 – 100%

Sumber : DepHut (2005) dan KEPMEN LH No. 201 (2004)

Tabel 4. Kriteria tingkat kerapatan vegetasi mangrove

No.	Kriteria	Kerapatan (Pohon/Ha)
1	Jarang	< 1000
2	Sedang	≥ 1000 - < 1500
3	Rapat	≥ 1500

Sumber : Dewanti, et al., (1999)

- Data kerapatan jenis (i) adalah jumlah tegakan jenis dalam satuan unit area dihitung dengan rumus:

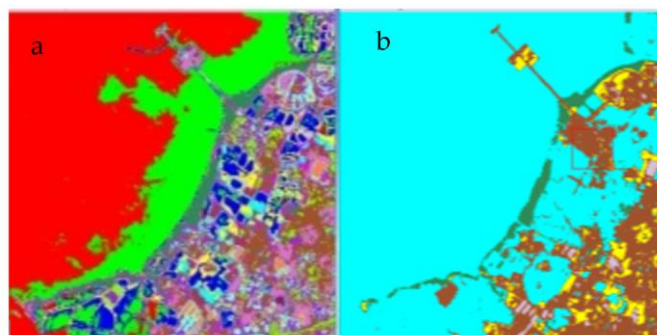
$$Di = \frac{ni}{A} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan : Di: Kerapatan jenis (ind/m²); ni : Jumlah tegakan (pohon); dan A: luas are (m²)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tutupan Mangrove

Hasil klasifikasi citra dengan metode klasifikasi *unsupervised-ISODATA* untuk memisahkan antara tutupan mangrove dan non mangrove, dengan subtraksi data secara otomatis didapatkan 30 kluster spektral, yang kemudian disederhanakan menjadi 15 kluster data berdasarkan pantulan spektral seperti pada Gambar 3.

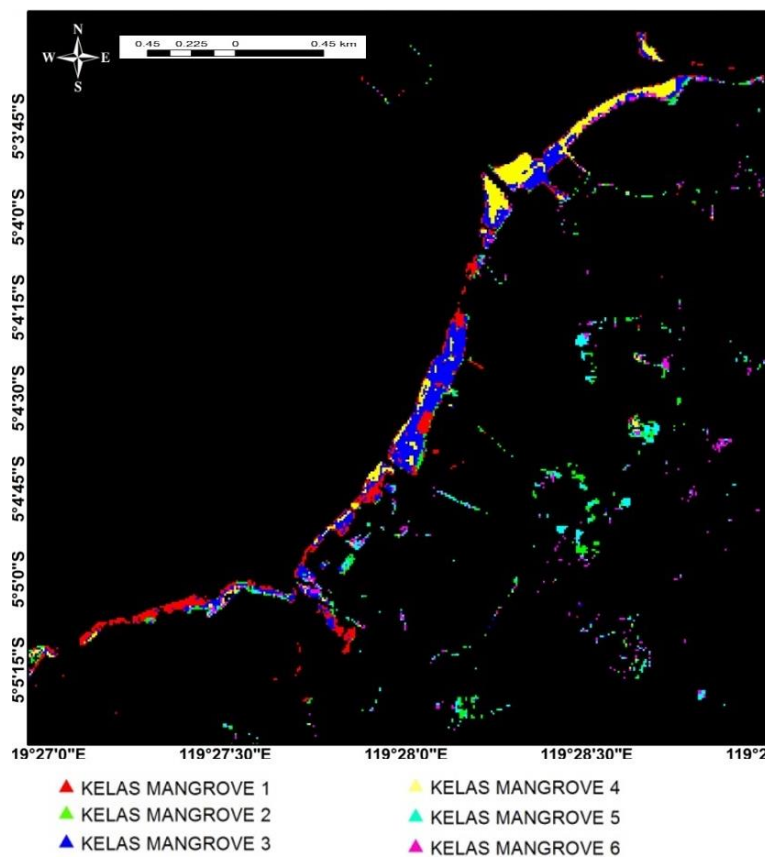


Gambar 3. Hasil klasifikasi *Unsupervised-ISODATA* (a) 30 kluster dan (b) 15 kluster

Metode Klasifikasi *Unsupervised* ISODATA dilakukan untuk kategorisasi pada interaksi yang terjadi. Setiap interaksi akan dikalkulasi ulang dan mereklasifikasi pixel ke bentuk baru. Proses pemisahan, penggabungan dan penghapusan kelas dilakukan berdasarkan parameter input. Semua pixel diklasifikasikan ke kelas terdekat kecuali deviasi standar atau ambang batas jarak yang telah ditentukan. Proses ini berlanjut sampai jumlah piksel dalam setiap perubahan kelas kurang dari ambang perubahan piksel yang dipilih atau jumlah maksimum interaksi tercapai.

Hasil klasifikasi pada penelitian ini menunjukkan ada 30 kelas spektral yang diperoleh dari sistem secara otomatis dari semua piksel citra dalam bentuk kelas vegetasi. Danoeadoro (2012) menyatakan bahwa hasil klasifikasi *unsupervised* dengan nilai maksimum 30 dan interative 100 diperoleh sebanyak 30 kelas yang berbeda kemudian diidentifikasi dan mengelompokkan objek yang sama dengan metode *combine class*. Setelah penggabungan beberapa kelas yang dianggap sama dengan metode *combine class*. Terdapat 15 jenis warna dan rona berbeda pada piksel sebelum mendapatkan hasil seperti Gambar 4 dan dipenelitian ini menggabungkan piksel yang menunjukkan mangrove menjadi 6 kelas mangrove yang berbeda.

Kombinasi dan penggabungan kelompok nilai piksel digunakan untuk memisahkan antara tutupan lahan mangrove dan non mangrove, dengan 6 kelompok tutupan lahan mangrove berdasarkan kemiripan pantulan spektral.



Gambar 4. Hasil klasifikasi Mangrove

Hasil Perhitungan luasan untuk masing-masing kelas mangrove didapatkan bahwa kelas mangrove 3 memiliki luasan yang paling besar dengan luas 20,95 Ha, disusul kelas mangrove 1 12,48 Ha dan paling kecil adalah 6,98 Ha pada kelas mangrove 5. Total luas mangrove di Kota Makassar adalah 68,81 Ha, secara detail ditampilkan seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Luas tutupan mangrove di Kota Makassar hasil analisis citra satelit Sentinel 2A.

Stasiun	Nama Kelas Mangrove	Luas (Ha)
1	Kelas Mangrove 1	12.48
2	Kelas Mangrove 2	8.38
3	Kelas Mangrove 3	20.95
4	Kelas Mangrove 4	11.99
5	Kelas Mangrove 5	6.98
6	Kelas Mangrove 6	8.03
Total luas		68.81

Hasil pengukuran tutupan mangrove di lapangan pada setiap stasiun pengamatan atau kelompok kelas mangrove dengan menggunakan metode *hemispherical photography*, didapatkan seperti pada Tabel 6. Ada tiga jenis mangrove yang ditemukan pada semua stasiun pengamatan yaitu *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba*, dengan kisaran tutupan 84.36-91.89%. Mengacu pada kriteria yang ditetapkan pada DepHut (2005) dan KEPMEN LH No. 201 (2004), semua stasiun berada pada kategori rapat.

Tabel 1. Rata-rata tutupan vegetasi berdasarkan kelompok jenis mangrove pada setiap stasiun

Stasiun	Plot	Jenis	Tutupan Kanopi (%)	Rata-Rata Tutupan Kanopi (%)	Kategori
1	101	<i>Rhizophora mucronata</i>	87.99	86.74	Rapat
	102	<i>Avicennia marina</i>	88.24		
		<i>Rhizophora mucronata</i>	84.01		
	103	<i>Rhizophora mucronata</i>	84.01		
2	201	<i>Avicennia marina</i>	91.35	87.03	Rapat
	202	<i>Rhizophora mucronata</i>	90.16		
		<i>Avicennia marina</i>	90.16		
	203	<i>Avicennia marina</i>	90.16		
		<i>Rhizophora mucronata</i>	75.26		
	204	<i>Sonneratia alba</i>	75.26		
3	301	<i>Avicennia marina</i>	91.36	91.89	Rapat
	302	<i>Avicennia marina</i>	92.46		
		<i>Rhizophora mucronata</i>	92.46		
	303	<i>Avicennia marina</i>	91.43		
4	401	<i>Avicennia marina</i>	91.79	89.42	Rapat
	402	<i>Avicennia marina</i>	92.06		
		<i>Rhizophora mucronata</i>	92.06		
	403	<i>Rhizophora mucronata</i>	89.07		
5	504	<i>Avicennia marina</i>	87.14	84.36	Rapat
	505	<i>Avicennia marina</i>	87.83		
		<i>Rhizophora mucronata</i>	87.83		
6	601	<i>Avicennia marina</i>	80.86	86.87	Rapat
	602	<i>Rhizophora mucronata</i>	91.37		
		<i>Rhizophora mucronata</i>	82.38		

Berdasarkan hasil pengukuran survey lapangan pada setiap stasiun kawasan mangrove (Gambar 4), diperoleh luasan secara berturut-turut sebagai berikut; pada kelas mangrove 3 diperoleh luasan tertinggi seluas 20,95 ha yang mana persebaran terbanyaknya diperoleh dari daerah Lantebung dan didominasi oleh jenis *Avicennia marina* dengan persentase sebesar 96,70%, kelas mangrove 1 diperoleh luasan 12.48 ha dengan persebaran terbanyak terdapat di sekitaran muara Tallo yang didominasi oleh *Rhizophora mucronata* dengan persentase 86,17% luasan tertinggi ketiga diperoleh dari kelas mangrove 4 dengan luasan 11,99 ha dengan persebaran terbanyak pada daerah Untia dengan persentase 98,08%. Pada kelas mangrove 2 dengan luasan 8.38 ha yang persebarannya di daerah Lantebung, didominasi oleh *Rhizophora mucronata* dengan persentase sebesar 64 %. Kemudian kelas mangrove 6 dengan luasan 8.03 ha yg didominasi oleh *Avicennia marina* dengan persentase sebesar 90% dan luasan terendah pada kelas mangrove 5 yaitu seluas 6,98 ha yang didominasi oleh jenis *Avicennia marina*

Dari jenis yang ditemukan, *Rhizophora mucronata* merupakan jenis mangrove yang mendominasi pada setiap stasiun pengamatan. Hal tersebut berdasar pada morfologi akar *Rhizophora mucronata* mampu beradaptasi pada tipe substrat setiap stasiun pengamatan. Menurut Setyawan (2003) *Rhizophora mucronata* dapat tumbuh dan beradaptasi dengan baik pada kondisi substrat yang dalam atau tebal dan berlumpur dikarenakan memiliki bentuk akar tunjang seperti jangkar yang menancap ke dalam tanah.

Avicennia marina juga sering dijumpai dilokasi pengamatan karena *Avicennia marina* merupakan spesies mangrove yang hidup di wilayah tropis, sub tropis, rawa dan tepi sungai (Purnobasuki & Suzuki, 2005). *Avicennia marina* memiliki akar napas (*pneumatofore*) yang merupakan akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur secara vertikal dari akar horizontal yang terbenam di dalam tanah. dapat ditemukan di seluruh Indonesia.

Sonneratia alba merupakan jenis yang juga sering dijumpai pada beberapa stasiun pengamatan hal ini dikarenakan jenis tersebut memiliki kemampuan adaptasi yang pada berbagai kondisi lingkungan yang ekstrim seperti perubahan salinitas dan kondisi oksigen yang rendah dan substrat yang cenderung berlumpur. Menurut de Leon & White (1999) dengan morfologi akar nafas *Sonneratia alba* dapat menyerap oksigen pada saat surut dan mencegah kelebihan air pada saat pasang.

Integrasi antara hasil analisis citra satelit sentinel dan data lapangan, secara deskriptif menunjukkan keterkaitan antara persen tutupan mangrove dan sebaran tutupan mangrove, hal yang sama juga telah didapatkan pada berbagai penelitian ekstraksi data tutupan mangrove dari citra satelit (Mondal, et al 2019; Hu et al., 2020; horbanian, et al., 2021;),

3.2. Kerapatan Mangrove

Kerapatan mangrove dianalisis dari Citra Sentinel 2A dengan menggunakan transformasi NDVI. Berdasarkan atas hasil analisis citra didapatkan kisaran nilai NDVI pada keseluruhan stasiun pengamatan adalah 0.73-0.81, dengan nilai indeks NDVI tertinggi pada stasiun 4 sebesar 0.81 dan nilai indeks NDVI terendah adalah stasiun 5 sebesar 0,73. Nilai NDVI masing-masing stasiun seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai NDVI berdasarkan kelas mangrove.

Stasiun	Nama Kelas Mangrove	Nilai NDVI
1	Kelas Mangrove 1	0.77
2	Kelas Mangrove 2	0.72
3	Kelas Mangrove 3	0.79
4	Kelas Mangrove 4	0.81

5	Kelas Mangrove 5	0.73
6	Kelas Mangrove 6	0.79

Berdasarkan kriteria kerapatan mangrove yang mengacu pada Dewanti et al., (1999) pada Tabel 2, menunjukkan bahwa nilai NDVI mangrove di Kota Makassar pada semua stasiun penelitian termasuk dalam kategori rapat (NDVI > 0.43). kerapatan mangrove di Makassar juga dijelaskan dalam penelitian Sari et al., (2023), khususnya di daerah Lantebung dan Untia.

Hasil pengukuran lapangan kerapatan mangrove (pohon/ha) yang tumbuh di masing-masing stasiun pengukuran disajikan pada Tabel 8. Nilai kerapatan pohon pada semua stasiun lebih dari 1500 pohon/ha dan masuk kategori rapat (Dewanti, et al., 1999). Kerapatan paling tinggi ditemukan pada stasiun 3 (6400 pohon/ha)

Tabel 2. Kondisi Kerapatan Mangrove di Lokasi Penelitian

Stasiun	Nama Kelas Mangrove	Kerapatan pohon/ha	Kategori Kerapatan Mangrove
1	Kelas Mangrove 1	4000	Rapat
2	Kelas Mangrove 2	3200	Rapat
3	Kelas Mangrove 3	6400	Rapat
4	Kelas Mangrove 4	3900	Rapat
5	Kelas Mangrove 5	2700	Rapat
6	Kelas Mangrove 6	4200	Rapat

Pada lokasi penelitian ditemukan 3 jenis mangrove yang teridentifikasi dalam kelompok mangrove sejati (Tabel 8). Keberadaan ketiga jenis mangrove tersebut memiliki persentase kemunculan yang berbeda pada setiap kelas, yang mana jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* selalu ditemukan disetiap kelas mangrove sementara *Sonneratia alba* hanya ditemukan pada dua kelas mangrove yaitu kelas mangrove 1 dan 2.

Berdasarkan hasil karakteristik kelas diperoleh nilai kerapatan tertinggi pada kelas mangrove 4 yaitu sebesar 3400 pohon/ha dan kerapatan rendah pada kelas mangrove 2 sebesar 1875 pohon/ha. Kerapatan tertinggi dijumpai di kelas mangrove 4 dengan tutupan kanopi sebesar 89,42% dengan nilai NDVI 0,812. Nilai tersebut merupakan nilai NDVI yang paling besar dari masing masing kelas mangrove, sedangkan nilai NDVI yang paling rendah berada di kelas mangrove 2 dengan nilai 0,7179. Hal ini dijelaskan oleh Tran et al., (2022) bahwa kerapatan tegakan memperlihatkan pola bahwa semakin tinggi kerapatan tegakan maka semakin tinggi pula nilai index vegetasinya. Selain itu hal ini diperkuat bahwa analisis kerapatan NDVI juga dapat digunakan untuk memantau perubahan kerapatan, jenis, dan tutupan total mangrove (Akbar et al., 2020; Singgalen et al., 2021).

3.3. Karakteristik Mangrove di Kota Makassar

Berdasarkan pengolahan citra dan survei lapangan serta analisis data, karakteristik mangrove di Kota Makassar ditampilkan seperti pada Tabel 9. Karakteristik kelas mangrove meliputi nilai kerapatan mangrove, tutupan kanopi dan nilai NDVI, jumlah tegakan per pixel dan luas mangrove.

Karakteristik kelas mangrove yang diperoleh dari citra pada saat klasifikasi terdapat 6 kelas mangrove. Kelas mangrove yang memiliki kerapatan paling tinggi yaitu kelas mangrove 3 dengan nilai 6400 pohon/ha sedangkan kelas mangrove paling rendah adalah kelas mangrove 5 dengan nilai 2700 pohon/ha. Kelas mangrove yang memiliki tutupan kanopi yang paling tinggi adalah kelas mangrove 3 dengan nilai tutupan 91,89% sedangkan kelas mangrove yang memiliki tutupan rendah adalah kelas mangrove 5 dengan nilai 84,35%. Komposisi jenis mangrove yang paling dominan pada

tiap-tiap kelas yaitu *Rhizophora mucronata*. Jenis tersebut memiliki nilai persentase paling tinggi daripada jenis lainnya..

Tabel 9. Karakteristik kondisi mangrove untuk setiap stasiun

Karakteristik Kelas	Stasiun					
	1	2	3	4	5	6
Kelompok mangrove						
Kerapatan pohon/ha	4000	3200	6400	3900	2700	4200
%Tutupan Kanopi	86,75	87,03	91,89	89,42	84,35	86,88
NDVI	0,775	0,7179	0,791	0,8125	0,7297	0,7901
Jumlah tegakan (pixel)	31,33	18,75	30,33	34,00	26,00	21,00
Luas (ha)	12,48	8,38	20,95	11,99	6,98	8,03

Tabel 7 menunjukkan bahwa Stasiun 3 dalam hal daerah Lantebung menunjukkan kondisi mangrove yang paling bagus, baik dalam hal luas, kerapatan maupun tutupan kanopinya, salah satu penyebabnya daerah ini menjadi kawasan rehabilitasi (Sari et al., 2023). Selain itu kecenderungan terlihat adanya kesamaan antara luas (ha) dengan kerapatan mangrove dan tutupan kanopi seperti hanya di Malaysia (Yasin et al., (2022); dan beberapa kasus di Indonesia (Akbar et al., 2020; Singgalen et al., 2021)

4. Simpulan

Mangrove di Kota Makassar ditemukan di Kecamatan Tallo dan Biringkanaya, Berdasarkan integrasi pengolahan data citra Sentinel 2A perekaman April 2019 dengan survei lapangan, luas ekosistem mangrove 68,81 Ha, dengan kisaran tutupan 84.36 - 91.89% atau kategori rapat. Begitu pula indeks vegetasi berdasarkan analisis NDVI berkisar antara 0.73-0.81 atau kategori rapat yang sejalan dengan hasil pengukuran lapangan dengan kerapatan jenis pada kisaran 2700-6400 pohon/ha atau kategori rapat.

Daftar Pustaka

- Akbar, M. R., Arisanto, P. A. A., Sukirno, B. A., Merdeka, P. H., Priadhi, M. M., & Zallesa, S. (2020). Mangrove vegetation health index analysis by implementing NDVI (normalized difference vegetation index) classification method on sentinel-2 image data case study: Segara Anakan, Kabupaten Cilacap. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 584(1), 012069. doi:10.1088/1755-1315/584/1/012069
- Beddu S. (2011). Bantaran sungai sebagai konservasi lansekap alami; Studi kasus: bantaran Sungai Tallo Makassar. *Jurnal Teknik Lingkungan* 5:1-7.
- Carugati, L., Gatto, B., Rastelli, E., Lo Martire, M., Coral, C., Greco, S., & Danovaro, R. (2018). Impact of mangrove forests degradation on biodiversity and ecosystem functioning. *Scientific Reports*, 8(1), 13298. doi:10.1038/s41598-018-31683-0
- Chavez, P., Berlin, G. and Sowers, L. (1982). Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 8, 23-30
- Danoedoro, P., (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Departemen Kehutanan (2003). *Buku Panduan Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan, Jakarta
- Departemen Kehutanan, (2005). *Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial. Jakarta.

- de Leon, R. O. D., & White, A. T. (1999). Mangrove Rehabilitation in the Philippines. In W. Streever (Ed.), *An International Perspective on Wetland Rehabilitation* (pp. 37-42). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Dewanti, R, T. Maulana, S. Budiman, F. Zinuddin & Munyati. (1999). Kondisi Hutan Mangrove di Kalimantan Timur, Sumatera, Jawa, Bali, dan Maluku. *Majalah LAPAN*, Edisi Penginderaan Jauh, (91) : 29-43.
- Dharmawan I.W., & Pramudji. E., (2014) .*Panduan Monitoring Status Ekosistem Mangrove. PT. Sarana Komunikasi Utama*. vii + 35hlm
- Faizal, A., & Amran, M. A. (2005). Model transformasi indeks vegetasi yang efektif untuk prediksi kerapatan mangrove rhizopora mukronata. Dalam *Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV*, 14-15 September. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Fang, H., & Liang, S. (2014). Leaf Area Index Models☆ *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*: Elsevier.
- Gessese, A. A., & Melesse, A. M. (2019). Chapter 8 - Temporal relationships between time series CHIRPS-rainfall estimation and eMODIS-NDVI satellite images in Amhara Region, Ethiopia. In A. M. Melesse, W. Abteu, & G. Senay (Eds.), *Extreme Hydrology and Climate Variability* (pp. 81-92): Elsevier
- Ghorbanian, A., Zaghian, S., Asiyabi, R. M., Amani, M., Mohammadzadeh, A., & Jamali, S. (2021). Mangrove Ecosystem Mapping Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Satellite Images and Random Forest Algorithm in Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 13(13), 2565.
- Gilani, H., Naz, H. I., Arshad, M., Nazim, K., Akram, U., Abrar, A., & Asif, M. (2021). Evaluating mangrove conservation and sustainability through spatiotemporal (1990–2020) mangrove cover change analysis in Pakistan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 249, 107128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107128>
- Hu, L., Xu, N., Liang, J., Li, Z., Chen, L., & Zhao, F. (2020). Advancing the Mapping of Mangrove Forests at National-Scale Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Time-Series Data with Google Earth Engine: A Case Study in China. *Remote Sensing*, 12(19), 3120.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1), 195-213. doi:[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Jia, M., Wang, Z., Wang, C., Mao, D., & Zhang, Y. (2019). A New Vegetation Index to Detect Periodically Submerged Mangrove Forest Using Single-Tide Sentinel-2 Imagery. *Remote Sensing*, 11(17), 2043.
- Jimenez, R. B., Lane, K. J., Hutyra, L. R., & Fabian, M. P. (2022). Spatial resolution of Normalized Difference Vegetation Index and greenness exposure misclassification in an urban cohort. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 32(2), 213–222. <https://doi.org/10.1038/s41370-022-00409-w>
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup, (2004). KepMen LH No. 201 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Salinan. 62 Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T. V., & Dech, S. (2011). Remote Sensing of Mangrove Ecosystems: A Review. *Remote Sensing*, 3(5), 878-928.
- Lee, C. K. F., Duncan, C., Nicholson, E., Fatoyinbo, T. E., Lagomasino, D., Thomas, N., . . . Murray, N. J. (2021). Mapping the Extent of Mangrove Ecosystem Degradation by Integrating an Ecological Conceptual Model with Satellite Data. *Remote Sensing*, 13(11), 2047.
- Li, X., Feng, R., Guan, X., Shen, H., & Zhang, L. (2019). Remote sensing image mosaicking: Achievements and challenges. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 7(4), 8-22
- Lugo, A. E., & Snedaker, S. C., (1974). *The Ecology of Mangroves. Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1), 39–64. doi:10.1146/annurev.es.05.110174.000351

- Manoppo A.K.S., Anggraini N., dan Marini Y. (2015). Identifikasi Mangrove dengan Metode Optimum Index Factor (OIF) pada Data SPOT 6 dan Landsat 8 di Pulau Lingayan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX 2015*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
- Massa, Y. M (2021), Berebut Lahan Di Pesisir Makassar, Ruang Mangrove Butuh Diperjuangkan. Blue Forest-Yayasan Hutan Biru (publish 2021, April 9) website : <https://blue-forests.org/id/ruang-berita/kabar-dari-kami/berebut-lahan-di-pesisir-makassar-ruang-mangrove-butuh-diperjuangkan>
- Mondal, P., Liu, X., Fatoyinbo, T. E., & Lagomasino, D. (2019). Evaluating Combinations of Sentinel-2 Data and Machine-Learning Algorithms for Mangrove Mapping in West Africa. *Remote Sensing*, 11(24), 2928.
- Nunoo, F. and Agyekumhene, A. (2022) Mangrove Degradation and Management Practices along the Coast of Ghana. *Agricultural Sciences*, 13, 1057-1079. doi: [10.4236/as.2022.1310065](https://doi.org/10.4236/as.2022.1310065).
- Purnobasuki dan Suzuki. (2005). *Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove*. PT Airlangga University Press. Surabaya.
- Robertson, A. I., (1991), Plant-animal interactions and the structure and function of mangrove forest ecosystems. *Australian Journal of Ecology*, 16: 433-443. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1991.tb01073.x>
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. (1973). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). *Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium*, Greenbelt, 10-14 December, SP-351, 309-317.
- Sari, K. I., Budimawan, & Selamat, M. B. (2023). Sustainability Study of Mangrove Area Management in the North Coast of Makassar City (Case Study: Lantebung and Untia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1134(1), 012050. doi:10.1088/1755-1315/1134/1/012050
- Setyawan, A.D., Winarno, K., Purnama, P.C. (2003). Review: ekosistem mangrove di Jawa: 1. Kondisi terkini. *Biodiversitas* 4 (2): 130-142.
- Singgale Y. A., Gudiatoc., PrasetyoS. Y. J., & FibrianiC. (2021). Mangrove Monitoring Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): Case Study In North Halmahera, Indonesia. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(2), 219-239. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i2.34771>
- Srikant, S., Lum,S.K.Y., & Zhong, C., (2016). Mangrove root: adaptations and ecological importance. *Trees*: 30(2), 451–465. doi: <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1233-0>
- Tran, T. V., Reef, R., & Zhu, X. (2022). A Review of Spectral Indices for Mangrove Remote Sensing. *Remote Sensing*, 14(19), 4868.
- Xue, J., & Su, B. (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*, 2017, 1353691. doi:10.1155/2017/1353691
- Yando, E. S., Sloey, T. M., Dahdouh-Guebas, F., Rogers, K., Abuchahla, G. M. O., Cannicci, S., . . . Friess, D. A. (2021). Conceptualizing ecosystem degradation using mangrove forests as a model system. *Biological Conservation*, 263, 109355. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109355>.
- Yasin, M. Y., Mohd Noor, N., Mohd Yusoff, M., Abdullah, J., & Noor, N. M. (2021). SPOT Imagery Observation on Mangrove Changes Using NDVI Density Analysis: The Case of Sepang Besar River, Malaysia. *The Arab World Geographer*, 23(2-3), 217-228. doi:10.5555/1480-6800.23.2.217

Review Artikel

Editor
2023-03-03 01:58 PM

Subject: [Akuatikisle] Editor Decision

Delete

Dear Dr. Dr. Ahmad Faizal

We have reached a decision regarding your submission to Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil,

Manuscript ID: #657

Manuscript title: "Utilization of NDVI Transformation on Sentinel-2A Imagery for Mapping the Mangrove Area and Density in Makassar City".

Our decision is: Revisions Required

The Editorial Team declares your manuscript worthy of publication in Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Your manuscript is currently peer-reviewed. For additional information, here we attach your manuscript invoice (attached). If there are things that are not clear, you can contact us via this email.

Regards,

R. Rochmady

Direktur Eksekutif Center Study for Coastal and Isle Indonesia (SCoCI)

Jl. Letjend. Gatot Subroto, Km.7 Lasalepa, Muna, Sulawesi Tenggara 93654, Indonesia

Surel: rochmady@sangia.org

ORCID: 0000-0002-5152-9727 | Scopus ID: 57200993405

Editor-in-chief

Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil

Laman: <https://ejournal.stipwunaraha.ac.id/index.php/ISLE>

Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir, dan Pulau-Pulau Kecil

<http://ejournal.stipwunaraha.ac.id/ISLE>

I. PEMANFAATAN TRANSFORMASI NDVI PADA CITRA SENTINEL 2A UNTUK

Formatted: Bab

MEMETAKAN LUAS DAN KERAPATAN MANGROVE KOTA MAKASSAR

Utilization of NDVI Transformation on Sentinel-2A Imagery for Mapping the Mangrove Area and Density in Makassar City

Ahmad Faizal^{1*)}, Nita Mutainnah¹⁾, Muh Anshar Amran¹⁾, Amran Saru¹⁾, Khaerul Amri¹⁾ dan M. Natsir Nessa¹⁾

¹⁾Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Jln Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar

^{*)} e-mail: ahmad.faizal@unhas.ac.id

Abstrak

Ekosistem mangrove terdiri dari tanaman tropis yang mampu beradaptasi dengan tanah basah, gembur, air asin, dan fluktuasi pasang surut. Identifikasi Ekosistem mangrove dapat dilakukan dengan metode survei langsung maupun dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan luasan dan kerapatan mangrove di Kota Makassar menggunakan Citra Sentinel 2A. Metode yang digunakan adalah transformasi NDVI yang dilanjutkan dengan klasifikasi Unsupervised-ISODATA, ground check dengan metode plotting 10 x 10 meter dan *hemispherical photography*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan mangrove di Kota Makassar masih ditemukan pada Kecamatan Tallo dan Biringkanaya dengan luas ekosistem mangrove 68,81 Ha, pada kisaran tutupan 84.36-91.89% (kategori rapat). Begitu pula indeks vegetasi berdasarkan analisis NDVI berkisar antara 0.73-0.81 (kategori rapat) serta kerapatan jenis pada kisaran 2700-6400 pohon/ha (kategori rapat). Penggunaan Citra Sentinel 2A dengan transformasi NDVI dapat digunakan untuk pemetaan luasan dan kerapatan mangrove. Sebaran luas ekosistem mangrove di Makassar relative tidak luas namun memiliki kondisi yang baik.

Kata kunci : hemispherical photography, Penginderaan Jauh, Indeks Vegetasi, Makassar

Abstract

Mangrove ecosystems consist of tropical plants that have adapted to the salinity, tidal fluctuations, and loose soil condition. Identification of mangrove ecosystems can be carried out by direct survey methods or by utilizing remote sensing technology. This study aims to trace the area and density of mangroves in Makassar City using Sentinel-2A imagery. The method used is the NDVI transformation, followed by Unsupervised-ISODATA classification, ground check with the 10 x 10-meter plotting method, and hemispherical photography. The results showed that the existence of mangroves in Makassar City was still found in Tallo and Biringkanaya Districts, with 68.81 Ha mangrove ecosystem cover area in the range of 84.36 - 91.89% (dense category). Likewise, the vegetation index based on NDVI analysis ranged from 0.73 - 0.81 (dense category), and the species density was in the range of 2700 - 6400 trees/Ha (dense category). Sentinel-2A imagery transformed with NDVI can be used to track mangrove areas and their density. The wide distribution of mangrove ecosystems in Makassar is relatively small but has good conditions.

Keywords: hemispherical photography, Remote Sensing, Vegetation Index, Makassar

1. Pendahuluan

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem pesisir yang terdapat di daerah tropis dan subtropis (Lugo & Snedaker, 1974), dicirikan oleh struktur akar penyangga yang rapat, yang memungkinkan bertahan pada kondisi perubahan pasang surut (Srikanth et al., 2016). Mangrove menjadi habitat penting bagi ribuan spesies; sebagai tempat pemijahan, pemeliharaan dan mencari makan. Mangrove juga menjadi zona penyangga daratan dari bencana abrasi dan kerusakan akibat angin dan gelombang. Selain fungsi ekologis mangrove juga menjadi sumberdaya dan tempat bergantung masyarakat pesisir untuk melangsungkan hidup dan mata pencaharian mereka (Lugo & Snedaker, 1974; Rubertson, 1991)

Besarnya potensi dan fungsi mangrove menyebabkan ekosistem ini rentan, mengalami degradasi. Permasalahan ini telah menjadi isu global, diperkirakan terjadi pengurangan tahunan sebesar 7 juta ha (Nunoo & Agyekumhene, 2022) yang menyebabkan penurunan 20-35% tutupan mangrove (Carugati, et al., 2018). Degradasi ekosistem mangrove disebabkan oleh deforestasi, perubahan tata guna lahan, perubahan iklim, aktivitas antropogenik seperti pertanian (Yando, et al., 2021) dan bencana alam berupa badai (Lee, et al., 2021).

Deleted: g

Commented [a1]: delete

Deleted:

Kota Makassar sebagai daerah pesisir memiliki ekosistem mangrove, khususnya pada bantaran Sungai Tallo sebagian besar ditumbuhi oleh nipa dan bakau seperti; *Nypa fruticans*, *Rhizophora* sp., dan *Avicennia alba* yang sangat lebat (Beddu, 2011). Namun keseluruhan hutan mangrove di Kota Makassar mengalami penyusutan dari 411,7 ha pada tahun 2001 menjadi 100,07 ha pada tahun 2016 (Massa, 2021). Antisipasi kerusakan dan pengelolaan mangrove di Kota Makassar yang lebih baik diperlukan informasi tentang luas dan kerapatan mangrove secara temporal. Salah satu teknologi pemetaan yang akurat dan cepat adalah dengan menggunakan data-data penginderaan jauh dan metode ekstraksi data yang tepat.

Mangrove tumbuh di daerah peralihan darat dan laut, sehingga ada tiga fitur utama yang sangat berpengaruh pada pengenalan obyek melalui penginderaan jauh yaitu vegetasi, tanah dan air (Kuenzer, et al., 2011), ketiga fitur tersebut sangat berpengaruh terhadap pantulan spektral yang diterima oleh sensor penginderaan jauh, sehingga identifikasi kerapatan memerlukan transformasi khusus. Dalam indentifikasi kerapatan vegetasi sering digunakan berbagai transformasi indeks vegetasi.

Indeks vegetasi adalah nilai tunggal yang dihitung dari penggabungan beberapa band spektral dari suatu citra, dengan tujuan untuk meningkatkan pengenalan fitur-fitur vegetasi (Huete et al., 2002), juga digunakan untuk membedakan vegetasi dari obyek lain pada citra satelit (Fang & Liang (2014). Berbagai jenis indeks yang biasa digunakan dalam transformasi yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Enhanced Vegetation Index* (EVI), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), *Green Index* (GI) (Fang & Liang, 2014; Xue & SU, 2017). Hasil penelitian Faizal & Amran (2005) menemukan bahwa NDVI sebagai model transformasi indeks vegetasi yang paling efektif digunakan pada ekosistem mangrove di Sulawesi Selatan.

NDVI adalah indeks yang digunakan untuk menghitung kerapatan vegetasi termasuk mangrove dengan mengukur perbedaan antara panjang gelombang inframerah-dekat (yang dipantulkan oleh vegetasi) dan cahaya merah (yang diserap oleh vegetasi) (Fang & Liang, 2014; Gessesse & Melesse, 2019). NDVI digunakan untuk mengukur tingkat kehijauan vegetasi dan tingkat kerapatan vegetasi (Gessesse & Melesse, 2019; Jimenes et al., 2022). Berdasarkan dari berbagai penelitian maka transformasi NDVI sangat memungkinkan untuk memetakan luas dan kerapatan mangrove di Kota Makassar.

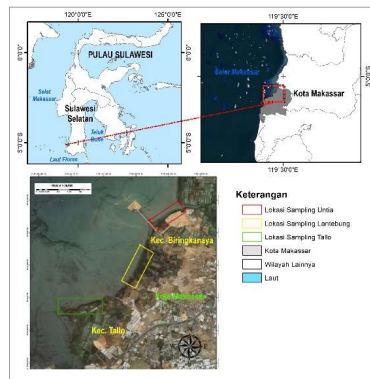
Semua jenis citra satelit yang menggunakan panjang gelombang merah dan infra merah dekat sebagai salah satu sensornya dapat digunakan untuk indentifikasi kerapatan mangrove dengan transformasi NDVI; seperti citra Landsat untuk semua generasi, MODIS, SPOT, Sentinel dan lain-lain (Moses et al., 2012). Penggunaan citra satelit Sentinel telah banyak digunakan diberbagai tempat untuk indentifikasi mangrove seperti di Afrika Barat (Mondal, et al 2019), Pulau Qeshm Iran (Ghorbanian, et al., 2021), dan China (Hu et al., 2020; Jia et al., 2019). Maka dari uraian tersebut maka dilakukan penelitian penggunaan transformasi NDVI pada citra Sentinel 2A dengan tujuan untuk pemetaan luasan dan kerapatan mangrove di Kota Makassar.

2. Bahan Dan Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Tallo dan Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan pada posisi geografis 5°03'45''S - 5°05'15''S dan 119°27'00''E - 119°29'00''E (Gambar 1). Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Sentinel-2A, hasil

perekaman pada 21 April 2019 dan survei lapangan Maret tahun 2020. Data diperoleh dari hasil download pada link: <http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/> dengan spesifikasi panjang gelombang yang digunakan seperti pada Tabel 1.



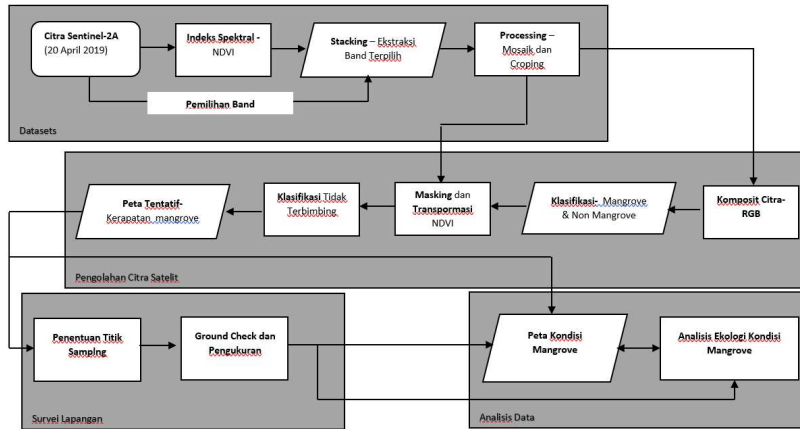
Gambar 1. Peta Lokasi penelitian, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.

Tabel 1. Spesifikasi panjang gelombang Sentinel 2A yang digunakan.

No	Sentinel-2 Band	Nilai Tengah Panjang Gelombang (μm)	Nama Panjang Gelombang	Resolusi Spasial (m)
1	Band 2	0.490	Biru (B)	10
2	Band 3	0.560	Hijau (G)	10
3	Band 4	0.665	Merah (R)	10
4	Band 8	0,865	Inframerah Dekat (NIR)	10

2.2. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dengan mengintegrasikan antara pengolahan citra satelit Sentinel 2A dengan survei terestrial (*cek lapangan*) Prosedur pelaksanaan penelitian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan penelitian (Modifikasi dari Gilani et al., 2021)

Gambar 2 menunjukkan diagram alir penelitian yang terdiri dari 4 tahap yaitu, tahap ekstraksi data set, tahap pengolahan citra satelit, tahap survei lapangan dan tahap analisis data. Secara detail prosedur pengolahan data sebagai berikut :

2.2.1. Ekstraksi data set :

- Download citra satelit Sentinel-2A dari <http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/> ; didapatkan dari perekaman data 20 April 2019 dengan tile T50 MQV dan T50 MRU, yang terdiri dari 13 Band.
- Pemilihan panjang gelombang berdasarkan kebutuhan untuk analisis NDVI sehingga terseleksi panjang gelombang pada band 4 dan 8 dan kebutuhan komposit citra untuk ekstraksi data penutupan lahan sehingga terseleksi band 2 dan 3.
- *Stacking* dengan menggunakan gabungan beberapa citra terpilih dengan komposit citra yang mengacu pada nilai *Optimum index Factor* (OIF) (Mannopo et al, 2015)
- *Mosaiking* dan *Cropping* dilakukan untuk memotong dan memperjelas area kerja penelitian yang mengacu pada nilai spektral (Li et al., 2019)

2.2.2. Pengolahan Citra Satelit

- Komposit Citra RGB 342 kombinasi panjang gelombang hijau (band 3), Merah (band 4) dan biru (band 2) (Chavez et al., 1982).
- Klasifikasi citra dengan menggunakan *Unsupervised-ISODATA* yang mengacu pada klasterisasi nilai spektral berdasarkan nilai rata-rata. Hasil klasifikasi citra menghasilkan kelas penutup lahan berupa mangrove dan non mangrove.
- *Masking* dengan tujuan memisahkan obyek mangrove dan non mangrove.
- Identifikasi vegetasi dengan transformasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Rouse et al, 1973), Penerapan transformasi NDVI menggunakan panjang gelombang inframerah dekat (Band 8) dan panjang gelombang merah (band 4) dengan persamaan sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan : NIR : *Band Near Infrared*; R : *Band Red*

- Klasifikasi kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI dengan mengacu pada Departemen Kehutanan (2003) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Baku tingkat kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI (Departemen Kehutanan, 2003).

No	Kategori Kerapatan Mangrove	Nilai NDVI
1	Jarang	$0 \leq 0.33$
2	Sedang	$0.34 \leq 0.42$
3	Rapat	$0.43 \leq 1.00$

2.2.3. Survei Lapangan

- Penentuan titik sampling untuk *Ground Check* didasarkan pada hasil klasifikasi *unsupervised*. Secara purposive sampling dimana setiap stasiun masing-masing 3 plot berukuran 10 x 10 m.
- Presentaseutupan kanopi dengan menggunakan metode *hemispherical photography*; teknik pengambilanutupan kanopi menggunakan kamera dengan titik pengambilan gambar ditempatkan di tengah plot pengamatan (Dharmawan & Pramudji, 2014).
- Pengukuran kerapatan mangrove dilakukan sampling pada tiap stasiun menggunakan metode transek garis dan petak contoh (*Transect Line Plot*). Pengukuran data kerapatan mangrove menggunakan metode petak contoh (*Transect Line Plot*) mengacu pada Kepmen LH Nomor 201 Tahun 2004.

Commented [a2]: Italic

Commented [a3]: Mengapa di Tabel 6, ada stasiun terdiri dari 4 plot, ada juga stasiun yang terdiri dari 2 plot?

Commented [a4]: Mengapa ada persentaseutupan kanopi? Sedangkan di judul, latar belakang dan tujuan penelitian tidak ada penjelasan mengenaiutupan kanopi.

2.2.4. Analisis Data;

- Penentuan kerapatan dan persenutupan kanopi mangrove dilakukan dengan mengacu pada kriteria seperti pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Kriteria tingkatutupan kanopi vegetasi mangrove

No.	Kriteria	Penutupan (%)
1	Jarang	< 50%
2	Sedang	50 – 69%
3	Rapat	70 – 100%

Sumber : DepHut (2005) dan KEPMEN LH No. 201 (2004)

Tabel 4. Kriteria tingkat kerapatan vegetasi mangrove

No.	Kriteria	Kerapatan (Pohon/Ha)
1	Jarang	< 1000
2	Sedang	$\geq 1000 - < 1500$
3	Rapat	≥ 1500

Sumber : Dewanti, et al., (1999)

Deleted: e

- Data kerapatan jenis (i) adalah jumlah tegakan jenis dalam satuan unit area dihitung dengan rumus:

$$Di = \frac{ni}{A} \dots\dots\dots (2)$$

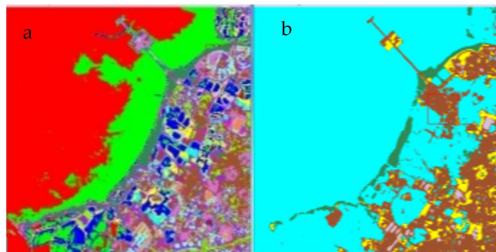
Keterangan : Di: Kerapatan jenis (ind/m²); ni : Jumlah tegakan (pohon); dan A: luas area (m²)

Commented [a5]: Perbaiki kriteriautupan kanopi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tutupan Mangrove

Hasil klasifikasi citra dengan metode klasifikasi *unsupervised-ISODATA* untuk memisahkan antara tutupan mangrove dan non mangrove, dengan subtraksi data secara otomatis didapatkan 30 kluster spektral, yang kemudian disederhanakan menjadi 15 kluster data berdasarkan pantulan spektral seperti pada Gambar 3.



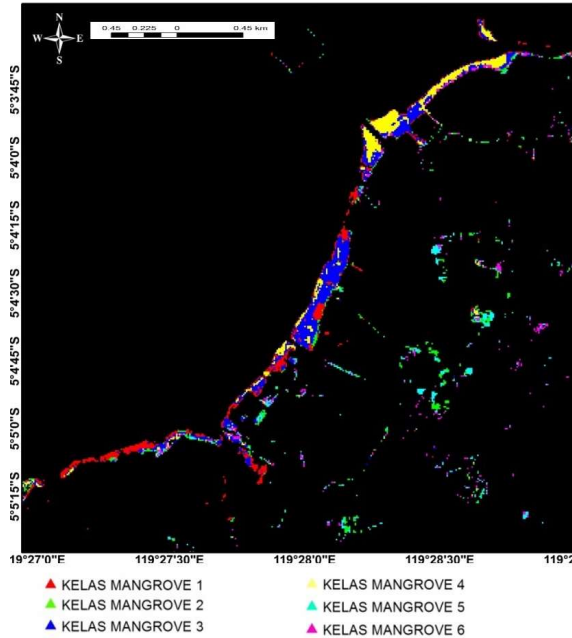
Gambar 3. Hasil klasifikasi *Unsupervised-ISODATA* (a) 30 kluster dan (b) 15 kluster

Metode Klasifikasi *Unsupervised ISODATA* dilakukan untuk kategorisasi pada interaksi yang terjadi. Setiap interaksi akan dikalkulasi ulang dan mereklasifikasi pixel ke bentuk baru. Proses pemisahan, penggabungan dan penghapusan kelas dilakukan berdasarkan parameter input. Semua pixel diklasifikasikan ke kelas terdekat kecuali deviasi standar atau ambang batas jarak yang telah ditentukan. Proses ini berlanjut sampai jumlah piksel dalam setiap perubahan kelas kurang dari ambang perubahan piksel yang dipilih atau jumlah maksimum interaksi tercapai.

Hasil klasifikasi pada penelitian ini menunjukkan ada 30 kelas spektral yang diperoleh dari sistem secara otomatis dari semua piksel citra dalam bentuk kelas vegetasi. Danoeadoro (2012) menyatakan bahwa hasil klasifikasi *unsupervised* dengan nilai maksimum 30 dan interative 100 diperoleh sebanyak 30 kelas yang berbeda kemudian diidentifikasi dan mengelompokkan objek yang sama dengan metode *combine class*. Setelah penggabungan beberapa kelas yang dianggap sama dengan metode *combine class*. Terdapat 15 jenis warna dan rona berbeda pada piksel sebelum mendapatkan hasil seperti Gambar 4 dan dipenelitian ini menggabungkan piksel yang menunjukkan mangrove menjadi 6 kelas mangrove yang berbeda.

Kombinasi dan penggabungan kelompok nilai piksel digunakan untuk memisahkan antara tutupan lahan mangrove dan non mangrove, dengan 6 kelompok tutupan lahan mangrove berdasarkan kemiripan pantulan spektral.

Deleted: r



Gambar 4. Hasil klasifikasi Mangrove

Hasil Perhitungan luasan untuk masing-masing kelas mangrove didapatkan bahwa kelas mangrove 3 memiliki luasan yang paling besar dengan luas 20,95 Ha, disusul kelas mangrove 1 12,48 Ha dan paling kecil adalah 6,98 Ha pada kelas mangrove 5. Total luas mangrove di Kota Makassar adalah 68,81 Ha, secara detail ditampilkan seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Luas tutupan mangrove di Kota Makassar hasil analisis citra satelit Sentinel 2A.

Stasiun	Nama Kelas Mangrove	Luas (Ha)
1	Kelas Mangrove 1	12.48
2	Kelas Mangrove 2	8.38
3	Kelas Mangrove 3	20.95
4	Kelas Mangrove 4	11.99
5	Kelas Mangrove 5	6.98
6	Kelas Mangrove 6	8.03
Total luas		68.81

Hasil pengukuran tutupan mangrove di lapangan pada setiap stasiun pengamatan atau kelompok kelas mangrove dengan menggunakan metode *hemispherical photography*, didapatkan seperti pada Tabel 6. Ada tiga jenis mangrove yang ditemukan pada **semua stasiun** pengamatan yaitu *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba*, dengan kisaran tutupan 84.36-91.89%. Mengacu pada kriteria yang ditetapkan pada DepHut (2005) dan KEPMEN LH No. 201 (2004), semua stasiun berada pada kategori rapat.

Tabel 1. Rata-rata tutupan vegetasi berdasarkan kelompok jenis mangrove pada setiap stasiun

Deleted: e

Formatted: Font color: Red

Commented [a6]: *Sonneratia alba* hanya di temukan pada stasiun 1 dan stasiun 2. Bukan di **semua stasiun**.

Commented [a7]: Perbaiki kriteria /kategori tutupan kanopi

Deleted: 6

Stasiun	Plot	Jenis	Tutupan Kanopi (%)	Rata-Rata Tutupan Kanopi (%)	Kategori
1	101	<i>Rhizophora mucronata</i>	87.99	86.74	Rapat
	102	<i>Avicennia marina</i>	88.24		
		<i>Rhizophora mucronata</i>			
	103	<i>Rhizophora mucronata</i>	84.01		
2	201	<i>Avicennia marina</i>	91.35	87.03	Rapat
	202	<i>Rhizophora mucronata</i>	90.16		
		<i>Avicennia marina</i>			
	203	<i>Rhizophora mucronata</i>	75.26		
3	204	<i>Avicennia marina</i>	91.36	91.89	Rapat
	301	<i>Avicennia marina</i>	92.46		
		<i>Rhizophora mucronata</i>			
	302	<i>Avicennia marina</i>	91.43		
4	303	<i>Avicennia marina</i>	91.79	89.42	Rapat
	401	<i>Avicennia marina</i>	92.06		
		<i>Rhizophora mucronata</i>			
	402	<i>Avicennia marina</i>	89.07		
5	403	<i>Avicennia marina</i>	87.14	84.36	Rapat
	504	<i>Rhizophora mucronata</i>	87.83		
	505	<i>Avicennia marina</i>	80.86		
6	601	<i>Avicennia marina</i>	91.37	86.87	Rapat
	602	<i>Rhizophora mucronata</i>	82.38		

Commented [a8]: Perbaiki semua kriteria/kategori untuk tutupan kanopi mangrove

Commented [a9]: Ini tutupan/spesies? Jika iya , ini tidak sinkron antar jumlah spesies yang di temukan dengan persentase tutupan kanopi.

Berdasarkan hasil pengukuran survey lapangan pada setiap stasiun kawasan mangrove (Gambar 4), diperoleh luasan secara berturut-turut sebagai berikut; pada kelas mangrove 3 diperoleh luasan tertinggi seluas 20,95 ha yang mana persebaran terbanyaknya diperoleh dari daerah Lantebung dan didominasi oleh jenis *Avicennia marina* dengan persentase sebesar 96,70%, kelas mangrove 1 diperoleh luasan 12.48 ha dengan persebaran terbanyak terdapat di sekitaran muara Tallo yang didominasi oleh *Rhizophora mucronata* dengan persentase 86,17% luasan tertinggi ketiga diperoleh dari kelas mangrove 4 dengan luasan 11,99 ha dengan persebaran terbanyak pada daerah Untia dengan persentase 98,08%. Pada kelas mangrove 2 dengan luasan 8.38 ha yang persebarannya di daerah Lantebung, didominasi oleh *Rhizophora mucronata* dengan persentase sebesar 64 %. Kemudian kelas mangrove 6 dengan luasan 8.03 ha yg didominasi oleh *Avicennia marina* dengan persentase sebesar 90% dan luasan terendah pada kelas mangrove 5 yaitu seluas 6,98 ha yang didominasi oleh jenis *Avicennia marina*

Dari jenis yang ditemukan, *Rhizophora mucronata* merupakan jenis mangrove yang mendominasi pada setiap stasiun pengamatan. Hal tersebut berdasar pada morfologi akar *Rhizophora mucronata* mampu beradaptasi pada tipe substrat setiap stasiun pengamatan. Menurut Setyawan (2003) *Rhizophora mucronata* dapat tumbuh dan beradaptasi dengan baik pada kondisi substrat yang dalam

atau tebal dan berlumpur dikarenakan memiliki bentuk akar tunjang seperti jangkar yang menancap ke dalam tanah.

Avicennia marina juga sering dijumpai dilokasi pengamatan karena *Avicennia marina* merupakan spesies mangrove yang hidup di wilayah tropis, sub tropis, rawa dan tepi sungai (Purnobasuki & Suzuki, 2005). *Avicennia marina* memiliki akar napas (*pneumatofore*) yang merupakan akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur secara vertikal dari akar horizontal yang terbenam di dalam tanah.dapat ditemukan di seluruh Indonesia.

Sonneratia alba merupakan jenis yang juga sering dijumpai pada beberapa stasiun pengamatan hal ini dikarenakan jenis tersebut memiliki kemampuan adaptasi yang pada berbagai kondisi lingkungan yang ekstrim seperti perubahan salinitas dan kondisi oksigen yang rendah dan substrat yang cenderung berlumpur. Menurut de Leon & White (1999) dengan morfologi akar nafas *Sonneratia alba* dapat menyerap oksigen pada saat surut dan mencegah kelebihan air pada saat pasang.

Integrasi antara hasil analisis citra satelit sentinel dan data lapangan, secara deskriptif menunjukkan keterkaitan antara persen tutupan mangrove dan sebaran tutupan mangrove, hal yang sama juga telah didapatkan pada berbagai penelitian ekstraksi data tutupan mangrove dari citra satelit (Mondal, et al 2019; Hu et al., 2020; horbanian, et al., 2021;),

3.2. Kerapatan Mangrove

Kerapatan mangrove dianalisis dari Citra Sentinel 2A dengan menggunakan transformasi NDVI. Berdasarkan atas hasil analisis citra didapatkan kisaran nilai NDVI pada keseluruhan stasiun pengamatan adalah 0.73-0.81, dengan nilai indeks NDVI tertinggi pada stasiun 4 sebesar 0.81 dan nilai indeks NDVI terendah adalah stasiun 5 sebesar 0,73. Nilai NDVI masing-masing stasiun seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai NDVI berdasarkan kelas mangrove.

Stasiun	Nama Kelas Mangrove	Nilai NDVI
1	Kelas Mangrove 1	0.77
2	Kelas Mangrove 2	0.72
3	Kelas Mangrove 3	0.79
4	Kelas Mangrove 4	0.81
5	Kelas Mangrove 5	0.73
6	Kelas Mangrove 6	0.79

Berdasarkan kriteria kerapatan mangrove yang mengacu pada Dewanti et al., (1999) pada Tabel 2, menunjukkan bahwa nilai NDVI mangrove di Kota Makassar pada semua stasiun penelitian termasuk dalam kategori rapat (NDVI > 0.43). Kerapatan mangrove di Makassar juga dijelaskan dalam penelitian Sari et al., (2023), khususnya di daerah Lantebung dan Untia.

Hasil pengukuran lapangan kerapatan mangrove (pohon/ha) yang tumbuh di masing-masing stasiun pengukuran disajikan pada Tabel 8. Nilai kerapatan pohon pada semua stasiun lebih dari 1500 pohon/ha dan masuk kategori rapat (Dewanti, et al., 1999). Kerapatan paling tinggi ditemukan pada stasiun 3 (6400 pohon/ha).

Tabel 2. Kondisi Kerapatan Mangrove di Lokasi Penelitian

Stasiun	Nama Kelas Mangrove	Kerapatan pohon/ha	Kategori Kerapatan Mangrove
1	Kelas Mangrove 1	4000	Rapat
2	Kelas Mangrove 2	3200	Rapat
3	Kelas Mangrove 3	6400	Rapat

Deleted: k

Deleted: 8

4	Kelas Mangrove 4	3900	Rapat
5	Kelas Mangrove 5	2700	Rapat
6	Kelas Mangrove 6	4200	Rapat

Pada lokasi penelitian ditemukan 3 jenis mangrove yang teridentifikasi dalam kelompok mangrove sejati (Tabel 8). Keberadaan ketiga jenis mangrove tersebut memiliki persentase kemunculan yang berbeda pada setiap kelas, yang mana jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* selalu ditemukan disetiap kelas mangrove sementara *Sonneratia alba* hanya ditemukan pada dua kelas mangrove yaitu kelas mangrove 1 dan 2.

Berdasarkan hasil karakteristik kelas diperoleh nilai kerapatan tertinggi pada kelas mangrove 4 yaitu sebesar 3400 pohon/ha dan kerapatan rendah pada kelas mangrove 2 sebesar 1875 pohon/ha. Kerapatan tertinggi dijumpai di kelas mangrove 4 dengan tutupan kanopi sebesar 89,42% dengan nilai NDVI 0,812. Nilai tersebut merupakan nilai NDVI yang paling besar dari masing masing kelas mangrove, sedangkan nilai NDVI yang paling rendah berada di kelas mangrove 2 dengan nilai 0,7179. Hal ini dijelaskan oleh Tran et al., (2022) bahwa kerapatan tegakan memperlihatkan pola bahwa semakin tinggi kerapatan tegakan maka semakin tinggi pula nilai index vegetasinya. Selain itu hal ini diperkuat bahwa analisis kerapatan NDVI juga dapat digunakan untuk memantau perubahan kerapatan, jenis, dan tutupan total mangrove (Akbar et al., 2020; Singgalen et al., 2021).

3.3. Karakteristik Mangrove di Kota Makassar

Berdasarkan pengolahan citra dan survei lapangan serta analisis data, karakteristik mangrove di Kota Makassar ditampilkan seperti pada Tabel 9. Karakteristik kelas mangrove meliputi nilai kerapatan mangrove, tutupan kanopi dan nilai NDVI, jumlah tegakan per pixel dan luas mangrove.

Karakteristik kelas mangrove yang diperoleh dari citra pada saat klasifikasi terdapat 6 kelas mangrove. Kelas mangrove yang memiliki kerapatan paling tinggi yaitu kelas mangrove 3 dengan nilai 6400 pohon/ha sedangkan kelas mangrove paling rendah adalah kelas mangrove 5 dengan nilai 2700 pohon/ha. Kelas mangrove yang memiliki tutupan kanopi yang paling tinggi adalah kelas mangrove 3 dengan nilai tutupan 91,89% sedangkan kelas mangrove yang memiliki tutupan rendah adalah kelas mangrove 5 dengan nilai 84,35%. Komposisi jenis mangrove yang paling dominan pada tiap-tiap kelas yaitu *Rhizophora mucronata*. Jenis tersebut memiliki nilai persentase paling tinggi daripada jenis lainnya..

Tabel 9. Karakteristik kondisi mangrove untuk setiap stasiun

Karakteristik Kelas	Stasiun					
	1	2	3	4	5	6
Kelas mangrove						
Kerapatan pohon/ha	4000	3200	6400	3900	2700	4200
%Tutupan Kanopi	86,75	87,03	91,89	89,42	84,35	86,88
NDVI	0,775	0,7179	0,791	0,8125	0,7297	0,7901
Jumlah tegakan (pixel)	31,33	18,75	30,33	34,00	26,00	21,00
Luas (ha)	12,48	8,38	20,95	11,99	6,98	8,03

Tabel 7 menunjukkan bahwa Stasiun 3 dalam hal daerah Lantebung menunjukkan kondisi mangrove yang paling bagus, baik dalam hal luas, kerapatan maupun tutupan kanopinya, salah satu penyebabnya daerah ini menjadi kawasan rehabilitasi (Sari et al., 2023). Selain itu kecenderungan terlihat adanya kesamaan antara luas (ha) dengan kerapatan mangrove dan tutupan kanopi seperti hanya di Malaysia (Yasin et al., (2022); dan beberapa kasus di Indonesia (Akbar et al., 2020; Singgalen et al., 2021)

4. Simpulan

Mangrove di Kota Makassar ditemukan di Kecamatan Tallo dan Biringkanaya, Berdasarkan integrasi pengolahan data citra Sentinel 2A perekaman April 2019 dengan survei lapangan, luas ekosistem mangrove 68,81 Ha, dengan kisaran tutupan 84.36 - 91.89% atau kategori rapat. Begitu pula indeks vegetasi berdasarkan analisis NDVI berkisar antara 0.73-0.81 atau kategori rapat yang sejalan dengan hasil pengukuran lapangan dengan kerapatan jenis pada kisaran 2700-6400 pohon/ha atau kategori rapat.

Commented [a10]: Perbaiki kategori nya

Daftar Pustaka

- Akbar, M. R., Arisanto, P. A. A., Sukirno, B. A., Merdeka, P. H., Priadhi, M. M., & Zallesa, S. (2020). Mangrove vegetation health index analysis by implementing NDVI (normalized difference vegetation index) classification method on sentinel-2 image data case study: Segara Anakan, Kabupaten Cilacap. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 584(1), 012069. doi:10.1088/1755-1315/584/1/012069
- Beddu S. (2011). Bantaran sungai sebagai konservasi lansekap alami; Studi kasus: bantaran Sungai Tallo Makassar. *Jurnal Teknik Lingkungan* 5:1-7.
- Carugati, L., Gatto, B., Rastelli, E., Lo Martire, M., Coral, C., Greco, S., & Danovaro, R. (2018). Impact of mangrove forests degradation on biodiversity and ecosystem functioning. *Scientific Reports*, 8(1), 13298. doi:10.1038/s41598-018-31683-0
- Chavez, P., Berlin, G. and Sowers, L. (1982). Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 8, 23-30
- Danoedoro, P., (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Departemen Kehutanan (2003). *Buku Panduan Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan, Jakarta
- Departemen Kehutanan, (2005). *Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial. Jakarta.
- de Leon, R. O. D., & White, A. T. (1999). Mangrove Rehabilitation in the Philippines. In W. Streever (Ed.), *An International Perspective on Wetland Rehabilitation* (pp. 37-42). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Dewanti, R, T. Maulana, S. Budiman, F. Zinuddin & Munyati. (1999). Kondisi Hutan Mangrove di Kalimantan Timur, Sumatera, Jawa, Bali, dan Maluku. *Majalah LAPAN*, Edisi Penginderaan Jauh, (91) : 29-43.
- Dharmawan I.W., & Pramudji. E., (2014) *.Panduan Monitoring Status Ekosistem Mangrove. PT. Sarana Komunikasi Utama*. vii + 35hlm
- Faizal, A., & Amran, M. A. (2005). Model transformasi indeks vegetasi yang efektif untuk prediksi kerapatan mangrove rhizopora mukronata. Dalam *Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV*, 14-15 September. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Fang, H., & Liang, S. (2014). Leaf Area Index Models☆ *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*: Elsevier.
- Gessesse, A. A., & Melesse, A. M. (2019). Chapter 8 - Temporal relationships between time series CHIRPS-rainfall estimation and eMODIS-NDVI satellite images in Amhara Region, Ethiopia. In A. M. Melesse, W. Abtew, & G. Senay (Eds.), *Extreme Hydrology and Climate Variability* (pp. 81-92): Elsevier
- Ghorbanian, A., Zaghian, S., Asiyabi, R. M., Amani, M., Mohammadzadeh, A., & Jamali, S. (2021). Mangrove Ecosystem Mapping Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Satellite Images and Random Forest Algorithm in Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 13(13), 2565.

- Gilani, H., Naz, H. I., Arshad, M., Nazim, K., Akram, U., Abrar, A., & Asif, M. (2021). Evaluating mangrove conservation and sustainability through spatiotemporal (1990–2020) mangrove cover change analysis in Pakistan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 249, 107128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107128>
- Hu, L., Xu, N., Liang, J., Li, Z., Chen, L., & Zhao, F. (2020). Advancing the Mapping of Mangrove Forests at National-Scale Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Time-Series Data with Google Earth Engine: A Case Study in China. *Remote Sensing*, 12(19), 3120.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1), 195-213. doi:[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Jia, M., Wang, Z., Wang, C., Mao, D., & Zhang, Y. (2019). A New Vegetation Index to Detect Periodically Submerged Mangrove Forest Using Single-Tide Sentinel-2 Imagery. *Remote Sensing*, 11(17), 2043.
- Jimenez, R. B., Lane, K. J., Hutyra, L. R., & Fabian, M. P. (2022). Spatial resolution of Normalized Difference Vegetation Index and greenness exposure misclassification in an urban cohort. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 32(2), 213–222. <https://doi.org/10.1038/s41370-022-00409-w>
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup, (2004). KepMen LH No. 201 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Salinan. 62 Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T. V., & Dech, S. (2011). Remote Sensing of Mangrove Ecosystems: A Review. *Remote Sensing*, 3(5), 878-928.
- Lee, C. K. F., Duncan, C., Nicholson, E., Fatoyinbo, T. E., Lagomasino, D., Thomas, N., . . . Murray, N. J. (2021). Mapping the Extent of Mangrove Ecosystem Degradation by Integrating an Ecological Conceptual Model with Satellite Data. *Remote Sensing*, 13(11), 2047.
- Li, X., Feng, R., Guan, X., Shen, H., & Zhang, L. (2019). Remote sensing image mosaicking: Achievements and challenges. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 7(4), 8-22
- Lugo, A. E., & Snedaker, S. C., (1974). *The Ecology of Mangroves. Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1), 39–64. doi:10.1146/annurev.es.05.110174.000351
- Manoppo A.K.S., Anggraini N., dan Marini Y. (2015). Identifikasi Mangrove dengan Metode Optimum Index Factor (OIF) pada Data SPOT 6 dan Landsat 8 di Pulau Lingayan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX 2015*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
- Massa, Y. M (2021), Berebut Lahan Di Pesisir Makassar, Ruang Mangrove Butuh Diperjuangkan. Blue Forest-Yayasan Hutan Biru (publish 2021, April 9) website : <https://blue-forests.org/id/ruang-berita/kabar-dari-kami/berebut-lahan-di-pesisir-makassar-ruang-mangrove-butuh-diperjuangkan>
- Mondal, P., Liu, X., Fatoyinbo, T. E., & Lagomasino, D. (2019). Evaluating Combinations of Sentinel-2 Data and Machine-Learning Algorithms for Mangrove Mapping in West Africa. *Remote Sensing*, 11(24), 2928.
- Nunoo, F. and Agyekumhene, A. (2022) Mangrove Degradation and Management Practices along the Coast of Ghana. *Agricultural Sciences*, 13, 1057-1079. doi: [10.4236/as.2022.1310065](https://doi.org/10.4236/as.2022.1310065).
- Purnobasuki dan Suzuki. (2005). *Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove*. PT Airlangga University Press. Surabaya.
- Robertson, A. I., (1991), Plant-animal interactions and the structure and function of mangrove forest ecosystems. *Australian Journal of Ecology*, 16: 433-443. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1991.tb01073.x>
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. (1973). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). *Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium*, Greenbelt, 10-14 December, SP-351, 309-317.

- Sari, K. I., Budimawan, & Selamat, M. B. (2023). Sustainability Study of Mangrove Area Management in the North Coast of Makassar City (Case Study: Lantebung and Untia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1134(1), 012050. doi:10.1088/1755-1315/1134/1/012050
- Setyawan, A.D., Winarno, K., Purnama, P.C. (2003). Review: ekosistem mangrove di Jawa: 1. Kondisi terkini. *Biodiversitas* 4 (2): 130-142.
- Singgalen Y. A., Gudiato C., Prasetyo S. Y. J., & Fibriani C. (2021). Mangrove Monitoring Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): Case Study In North Halmahera, Indonesia. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(2), 219-239. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i2.34771>
- Srikant, S., Lum, S.K.Y., & Zhong, C., (2016). Mangrove root: adaptations and ecological importance. *Trees*: 30(2), 451–465. doi: <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1233-0>
- Tran, T. V., Reef, R., & Zhu, X. (2022). A Review of Spectral Indices for Mangrove Remote Sensing. *Remote Sensing*, 14(19), 4868.
- Xue, J., & Su, B. (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*, 2017, 1353691. doi:10.1155/2017/1353691
- Yando, E. S., Sloey, T. M., Dahdouh-Guebas, F., Rogers, K., Abuchahla, G. M. O., Cannicci, S., . . . Friess, D. A. (2021). Conceptualizing ecosystem degradation using mangrove forests as a model system. *Biological Conservation*, 263, 109355. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109355>.
- Yasin, M. Y., Mohd Noor, N., Mohd Yusoff, M., Abdullah, J., & Noor, N. M. (2021). SPOT Imagery Observation on Mangrove Changes Using NDVI Density Analysis: The Case of Sepang Besar River, Malaysia. *The Arab World Geographer*, 23(2-3), 217-228. doi:10.5555/1480-6800.23.2.217

**Perbaikan Atas
Review Artikel**

Editor-in-chief

Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil

Laman: <https://ejournal.stipwunaraha.ac.id/index.php/ISLE>

Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir, dan Pulau-Pulau Kecil

<http://ejournal.stipwunaraha.ac.id/ISLE>

Author
2023-03-06 01:34 PM

Subject: Utilization of NDVI Transformation on Sentinel-2A Imagery for Mapping the Mangrove Area and Density in Makassar City

Delete

Dear
Chief Editor of Akuatikisle Journal

We thank you for the responses from the journal chip editors and reviewers, and for the improvements and corrections to the articles we have submitted.

We have corrected the article according to the reviewer's suggestions.

In some parts of the Yellow block, we make improvements and additions to answering or correct suggestions from reviewers for errors made by authors in previously submitted articles.

For the Article processing charge (APC) or publication fee for this article, we will pay it as soon as possible

Thank You
Best regards

Dr. Ahmad Faizal

Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir, dan Pulau-Pulau Kecil
<http://ejournal.stipwunaraha.ac.id/ISLE>

Close

Penerapan Transformasi NDVI pada Citra Sentinel 2A untuk Pemetaan Kondisi Mangrove di Kota Makassar

Application of NDVI Transformation on Sentinel 2A Imagery for Mapping Mangrove Conditions in Makassar City

Ahmad Faizal^{1*)}, Nita Mutainnah¹⁾, Muh Anshar Amran¹⁾, Amran Saru¹⁾, Khaerul Amri¹⁾ dan M. Natsir Nessa¹⁾

¹⁾Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Jln Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar

^{*)} e-mail: ahmad.faizal@unhas.ac.id

Abstrak

Ekosistem mangrove terdiri dari tanaman tropis yang mampu beradaptasi dengan tanah basah, gembur, air asin, dan fluktuasi pasang surut. Identifikasi Ekosistem mangrove dapat dilakukan dengan metode survei langsung maupun dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan luas, persen tutupan dan kerapatan mangrove di Kota Makassar menggunakan Citra Sentinel 2A. Metode yang digunakan adalah transformasi NDVI yang dilanjutkan dengan klasifikasi Unsupervised-ISODATA, ground check dengan metode plotting 10 x 10 meter dan *hemispherical photography*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan mangrove di Kota Makassar masih ditemukan pada Kecamatan Tallo dan Biringkanaya dengan luas ekosistem mangrove 68,81 Ha, pada kisaran tutupan 84.36-91.89% (kategori padat). Begitu pula indeks vegetasi berdasarkan analisis NDVI berkisar antara 0.73-0.81 (kategori padat) serta kerapatan jenis pada kisaran 2700-6400 pohon/ha (kategori padat). Penggunaan Citra Sentinel 2A dengan transformasi NDVI dapat digunakan untuk pemetaan luasan dan kerapatan mangrove. Sebaran luas ekosistem mangrove di Makassar relative tidak luas namun memiliki kondisi yang baik.

Kata kunci : hemispherical photography, Penginderaan Jauh, Indeks Vegetasi, Makassar

Abstract

Mangrove ecosystems consist of tropical plants that have adapted to the salinity, tidal fluctuations, and loose soil condition. Identification of mangrove ecosystems can be carried out by direct survey methods or by utilizing remote sensing technology. This study aims to map the area, percent cover, and density of mangroves in Makassar City using Sentinel 2A Imagery. The method used is the NDVI transformation, followed by Unsupervised-ISODATA classification, ground check with the 10 x 10-meter plotting method, and hemispherical photography. The results showed that the existence of mangroves in Makassar City was still found in Tallo and Biringkanaya Districts, with 68.81 Ha mangrove ecosystem cover area in the range of 84.36 - 91.89% (dense category). Likewise, the vegetation index based on NDVI analysis ranged from 0.73 - 0.81 (dense category), and the species density was in the range of 2700 - 6400 trees/ha (dense category). Sentinel-2A imagery transformed with NDVI can be used to track mangrove areas and their density. The wide distribution of mangrove ecosystems in Makassar is relatively small but has good conditions.

Keywords: hemispherical photography, Remote Sensing, Vegetation Index, Makassar

1. Pendahuluan

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem pesisir yang terdapat di daerah tropis dan subtropis (Lugo & Snedaker, 1974), dicirikan oleh struktur akar penyangga yang rapat, yang memungkinkan bertahan pada kondisi perubahan pasang surut (Srikanth et al., 2016). Mangrove menjadi habitat penting bagi ribuan spesies; sebagai tempat pemijahan, pemeliharaan dan mencari makan. Mangrove juga menjadi zona penyangga daratan dari bencana abrasi dan kerusakan akibat angin dan gelombang. Selain fungsi ekologis mangrove juga menjadi sumberdaya dan tempat bergantung masyarakat pesisir untuk melangsungkan hidup dan mata pencaharian mereka (Lugo & Snedaker, 1974; Rubertson, 1991)

Besarnya potensi dan fungsi mangrove menyebabkan ekosistem ini rentan mengalami degradasi. Permasalahan ini telah menjadi isu global, diperkirakan terjadi pengurangan tahunan sebesar 7 juta ha (Nunoo & Agyekumhene, 2022) yang menyebabkan penurunan 20-35% tutupan

mangrove (Carugati, et al., 2018). Degradasi ekosistem mangrove disebabkan oleh deforestasi, perubahan tata guna lahan, perubahan iklim, aktivitas antropogenik seperti pertanian (Yando, et al., 2021) dan bencana alam berupa badai (Lee, et al., 2021).

Kota Makassar sebagai daerah pesisir memiliki ekosistem mangrove, khususnya pada bantaran Sungai Tallo sebagian besar ditumbuhi oleh nipa dan bakau seperti; *Nypa fruticans*, *Rhizophora* sp., dan *Avicennia alba* yang sangat lebat (Beddu, 2011). Namun keseluruhan hutan mangrove di Kota Makassar mengalami penyusutan dari 411,7 ha pada tahun 2001 menjadi 100,07 ha pada tahun 2016 (Massa, 2021). Antisipasi kerusakan dan pengelolaan mangrove di Kota Makassar yang lebih baik diperlukan informasi tentang luas dan kerapatan mangrove secara temporal. Salah satu teknologi pemetaan yang akurat dan cepat adalah dengan menggunakan data-data penginderaan jauh dan metode ekstraksi data yang tepat. Ada dua jenis penilaian mangrove yang dapat dilakukan dengan menggunakan data penginderaan jauh yaitu; persen tutupan kanopi mangrove dan kerapatan mangrove.

Identifikasi vegetasi dengan analisis spektral pada dasarnya adalah penemu kenalan tutupan kanopi dari vegetasi (Kuenzer, et al., 2011; Danoeadoro, 2012) Kanopi atau sering pula disebut tajuk pohon adalah kondisi yang terbentuk dari tumpah tindih dari cabang-cabang pohon, semakin tebal tajuk maka semakin tinggi persen tutupan vegetasinya, dan implikasinya pada semakin tinggi pantulan spectral khususnya pada panjang gelombang merah (Danoeadoro, 2012). Selain identifikasi melalui analisis spektral dari citra satelit tutupan kanopi juga dapat diukur dengan menggunakan metode *hemispherical photography* (Pretzsch et al. 2015). Metode *hemispherical photography* juga dapat digunakan sebagai alat pembuktian hasil klasifikasi citra satelit

Mangrove tumbuh di daerah peralihan darat dan laut, sehingga ada tiga fitur utama yang sangat berpengaruh pada pengenalan obyek melalui penginderaan jauh yaitu vegetasi, tanah dan air (Kuenzer, et al., 2011), ketiga fitur tersebut sangat berpengaruh terhadap pantulan spektral yang diterima oleh sensor penginderaan jauh, sehingga identifikasi kerapatan memerlukan transformasi khusus. Dalam identifikasi kerapatan vegetasi sering digunakan berbagai transformasi indeks vegetasi.

Indeks vegetasi adalah nilai tunggal yang dihitung dari penggabungan beberapa band spektral dari suatu citra, dengan tujuan untuk meningkatkan pengenalan fitur-fitur vegetasi (Huete et al., 2002), juga digunakan untuk membedakan vegetasi dari obyek lain pada citra satelit (Fang & Liang (2014). Berbagai jenis indeks yang biasa digunakan dalam transformasi yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Enhanced Vegetation Index* (EVI), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), *Green Index* (GI) (Fang & Liang, 2014; Xue & SU, 2017). Hasil penelitian Faizal & Amran (2005) menemukan bahwa NDVI sebagai model transformasi indeks vegetasi yang paling efektif digunakan pada ekosistem mangrove di Sulawesi Selatan.

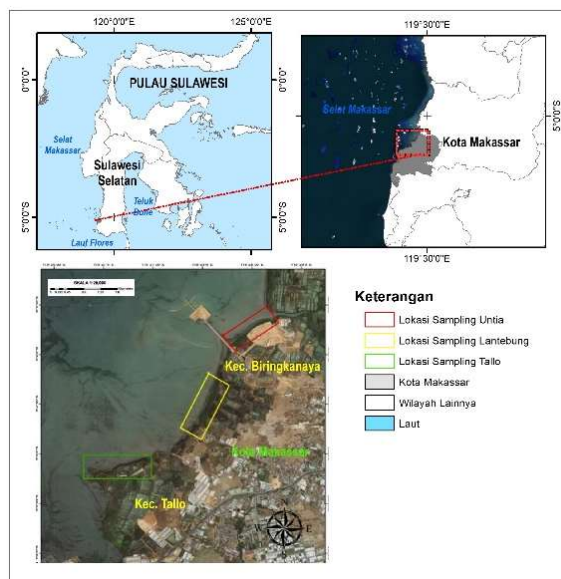
NDVI adalah indeks yang digunakan untuk menghitung kerapatan vegetasi termasuk mangrove dengan mengukur perbedaan antara panjang gelombang inframerah-dekat (yang dipantulkan oleh vegetasi) dan cahaya merah (yang diserap oleh vegetasi) (Fang & Liang, 2014; Gessesse & Melesse, 2019). NDVI digunakan untuk mengukur tingkat kehijauan vegetasi dan tingkat kerapatan vegetasi (Gessesse & Melesse, 2019; Jimenes et al., 2022). Berdasarkan dari berbagai penelitian maka transformasi NDVI sangat memungkinkan untuk memetakan luas dan kerapatan mangrove di Kota Makassar.

Semua jenis citra satelit yang menggunakan panjang gelombang merah dan infra merah dekat sebagai salah satu sensornya dapat digunakan untuk identifikasi kerapatan mangrove dengan transformasi NDVI; seperti citra Landsat untuk semua generasi, MODIS, SPOT, Sentinel dan lain-lain (Moses et al., 2012). Penggunaan citra satelit Sentinel telah banyak digunakan diberbagai tempat untuk identifikasi mangrove seperti di Afrika Barat (Mondal, et al 2019), Pulau Qeshm Iran (Ghorbanian, et al., 2021), dan China (Hu et al., 2020; Jia et al., 2019). Maka dari uraian tersebut maka dilakukan penelitian penggunaan transformasi NDVI pada citra Sentinel 2A dengan tujuan untuk pemetaan luasan, persen tutupan dan kerapatan mangrove di Kota Makassar.

2. Bahan Dan Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Tallo dan Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan pada posisi geografis $5^{\circ}03'45''S$ - $5^{\circ}05'15''S$ dan $119^{\circ}27'00''E$ - $119^{\circ}29'00''E$ (Gambar 1). Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Sentinel-2A, hasil perekaman pada 21 April 2019 dan survei lapangan Maret tahun 2020. Data diperoleh dari hasil download pada link: <http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/> dengan spesifikasi panjang gelombang yang digunakan seperti pada Tabel 1.



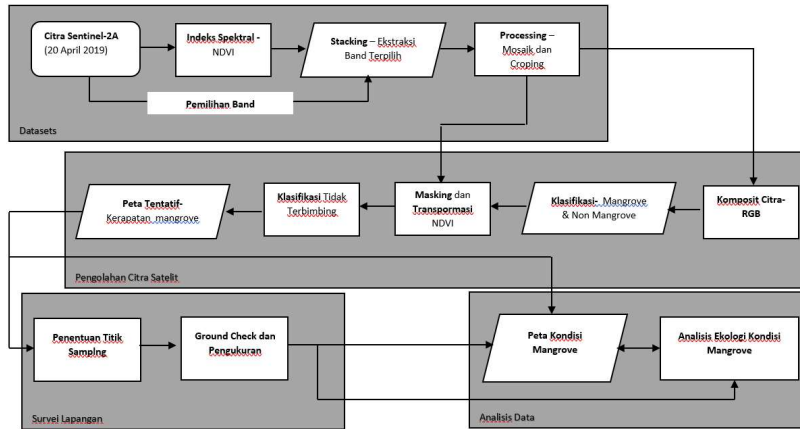
Gambar 1. Peta Lokasi penelitian, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.

Tabel 1. Spesifikasi panjang gelombang Sentinel 2A yang digunakan.

No	Sentinel-2 Band	Nilai Tengah Panjang Gelombang (μm)	Nama Panjang Gelombang	Resolusi Spasial (m)
1	Band 2	0,490	Biru (B)	10
2	Band 3	0,560	Hijau (G)	10
3	Band 4	0,665	Merah (R)	10
4	Band 8	0,865	Inframerah Dekat (NIR)	10

2.2. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dengan mengintegrasikan antara pengolahan citra satelit Sentinel 2A dengan survei teresterial (*cek lapangan*) Prosedur pelaksanaan penelitian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan penelitian (Modifikasi dari Gilani et al., 2021)

Gambar 2 menunjukkan diagram alir penelitian yang terdiri dari 4 tahap yaitu, tahap ekstraksi data set, tahap pengolahan citra satelit, tahap survei lapangan dan tahap analisis data. Secara detail prosedur pengolahan data sebagai berikut :

2.2.1. Ekstraksi data set :

- Download citra satelit Sentinel-2A dari <http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/> ; didapatkan dari perekaman data 20 April 2019 dengan tile T50 MQV dan T50 MRU, yang terdiri dari 13 Band.
- Pemilihan panjang gelombang berdasarkan kebutuhan untuk analisis NDVI sehingga terseleksi panjang gelombang pada band 4 dan 8 dan kebutuhan komposit citra untuk ekstraksi data penutupan lahan sehingga terseleksi band 2 dan 3.
- *Stacking* dengan menggunakan gabungan beberapa citra terpilih dengan komposit citra yang mengacu pada nilai *Optimum index Factor* (OIF) (Mannopo et al, 2015)
- *Mosaiking* dan *Cropping* dilakukan untuk memotong dan memperjelas area kerja penelitian yang mengacu pada nilai spektral (Li et al., 2019)

2.2.2. Pengolahan Citra Satelit

- Komposit Citra RGB 342 kombinasi panjang gelombang hijau (band 3), Merah (band 4) dan biru (band 2) (Chavez et al., 1982).
- Klasifikasi citra dengan menggunakan *Unsupervised-ISODATA* yang mengacu pada klusterisasi nilai spektral berdasarkan nilai rata-rata. Hasil klasifikasi citra menghasilkan kelas penutup lahan berupa mangrove dan non mangrove.
- *Masking* dengan tujuan memisahkan obyek mangrove dan non mangrove.
- Identifikasi vegetasi dengan transformasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Rouse et al, 1973), Penerapan transformasi NDVI menggunakan panjang gelombang inframerah dekat (Band 8) dan panjang gelombang merah (band 4) dengan persamaan sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan : NIR : *Band Near Infrared*; R : *Band Red*

- Klasifikasi kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI dengan mengacu pada Departemen Kehutanan (2003) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Baku tingkat kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI (Departemen Kehutanan, 2003).

No	Kategori Kerapatan Mangrove	Nilai NDVI
1	Jarang	$0 \leq 0.33$
2	Sedang	$0.34 \leq 0.42$
3	Padat	$0.43 \leq 1.00$

2.2.3. Survei Lapangan

- Penentuan titik sampling untuk *Ground Check* didasarkan pada hasil klasifikasi *unsupervised*. Secara *purposive sampling* dimana setiap keterwakilan stasiun dengan plot ukuran 10 x 10 meter.
- Pembuktianutupan kanopi dari pengamatan citra satelit di uji dengan menggunakan metode *hemispherical photography*; teknik pengambilanutupan kanopi menggunakan kamera dengan titik pengambilan gambar ditempatkan di tengah plot pengamatan (Dharmawan & Pramudji, 2014).
- Pengukuran kerapatan mangrove dilakukan sampling pada tiap stasiun menggunakan metode transek garis dan petak contoh (*Transect Line Plot*). Pengukuran data kerapatan mangrove menggunakan metode petak contoh (*Transect Line Plot*) mengacu pada Kepmen LH Nomor 201 Tahun 2004.

Commented [a1]: Italic

Commented [Faiz2R1]: Sudah diperbaiki sesuai saran Reviewer A

Commented [a3]: Mengapa ada persentaseutupan kanopi? Sedangkan di judul, latar belakang dan tujuan penelitian tidak ada penjelasan mengenaiutupan kanopi.

Commented [Af4R3]: Sudah dilengkapi bagian di blok kuning pada Judul, Abstrak dan Pendahuluan

2.2.4. Analisis Data;

- Penentuan persenutupan kanopi dengan menggunakan rumus *hemispherical photography* dengan menghitung jumlah pikselutupan vegetasi mangrove dalam analisis gambar biner (Chianucci dan Andrea, 2012) dengan rumus :

$$\% \text{ Cover} = \frac{P255}{\sum P} \times 100\%$$

Dimana ;

% Cover = Persenutupan kanopi mangrove;

P 255= Jumlah piksel bernilai 255 dan

$\sum P$ = Jumlah Seluruh piksel

- Penentuan kerapatan dan persenutupan kanopi mangrove dilakukan dengan mengacu pada kriteria seperti pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tutupan kanopi dengan men

Tabel 3. Kriteria tingkatutupan kanopi vegetasi mangrove

No.	Kriteria	Penutupan (%)
1	Jarang	< 50%
2	Sedang	50 – 69%
3	Padat	70 – 100%

Sumber : DepHut (2005) dan KEPMEN LH No. 201 (2004)

Tabel 4. Kriteria tingkat kerapatan vegetasi mangrove

No.	Kriteria	Kerapatan (Pohon/Ha)
1	Jarang	< 1000
2	Sedang	≥ 1000 - < 1500
3	Padat	≥ 1500

Sumber : Dewanti, et al., (1999)

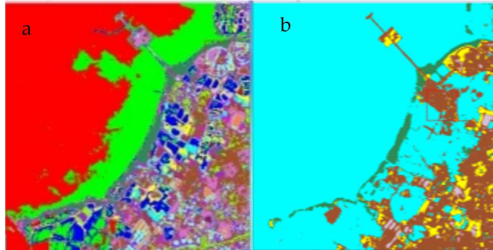
Commented [a5]: Perbaiki kriteria tutupan kanopi

Commented [Af6R5]: sudah diperbaiki sesuai dengan KEPMEN LH 201 (padat)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tutupan Mangrove

Hasil klasifikasi citra dengan metode klasifikasi *unsupervised-ISODATA* untuk memisahkan antara tutupan mangrove dan non mangrove, dengan subtraksi data secara otomatis didapatkan 30 kluster spektral, yang kemudian disederhanakan menjadi 15 kluster data berdasarkan pantulan spektral seperti pada Gambar 3.

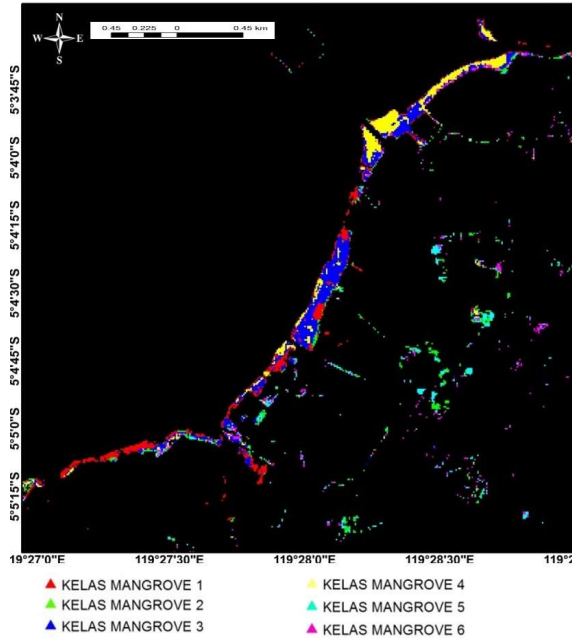


Gambar 3. Hasil klasifikasi *Unsupervised-ISODATA* (a) 30 kluster dan (b) 15 kluster

Metode Klasifikasi *Unsupervised ISODATA* dilakukan untuk kategorisasi pada interaksi yang terjadi. Setiap interaksi akan dikalkulasi ulang dan mereklasifikasi pixel ke bentuk baru. Proses pemisahan, penggabungan dan penghapusan kelas dilakukan berdasarkan parameter input. Semua pixel diklasifikasikan ke kelas terdekat kecuali deviasi standar atau ambang batas jarak yang telah ditentukan. Proses ini berlanjut sampai jumlah piksel dalam setiap perubahan kelas kurang dari ambang perubahan piksel yang dipilih atau jumlah maksimum interaksi tercapai.

Hasil klasifikasi pada penelitian ini menunjukkan ada 30 kelas spektral yang diperoleh dari sistem secara otomatis dari semua piksel citra dalam bentuk kelas vegetasi. Danoeadoro (2012) menyatakan bahwa hasil klasifikasi *unsupervised* dengan nilai maksimum 30 dan interative 100 diperoleh sebanyak 30 kelas yang berbeda kemudian diidentifikasi dan mengelompokkan objek yang sama dengan metode *combine class*. Setelah penggabungan beberapa kelas yang dianggap sama dengan metode *combine class*. Terdapat 15 jenis warna dan rona berbeda pada piksel sebelum mendapatkan hasil seperti Gambar 4 dan dipenelitian ini menggabungkan piksel yang menunjukkan mangrove menjadi 6 kelas mangrove yang berbeda.

Kombinasi dan penggabungan kelompok nilai piksel digunakan untuk memisahkan antara tutupan lahan mangrove dan non mangrove, dengan 6 kelompok tutupan lahan mangrove berdasarkan kemiripan pantulan spektral.



Gambar 4. Hasil klasifikasi Mangrove

Hasil Perhitungan luasan untuk masing-masing kelas mangrove didapatkan bahwa kelas mangrove 3 memiliki luasan yang paling besar dengan luas 20.95 Ha, disusul kelas mangrove 1 12,48 Ha dan paling kecil adalah 6,98 Ha pada kelas mangrove 5. Total luas mangrove di Kota Makassar adalah 68,81 Ha, secara detail ditampilkan seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Luas tutupan mangrove di Kota Makassar hasil analisis citra satelit Sentinel 2A.

Stasiun	Nama Kelas Mangrove	Luas (Ha)
1	Kelas Mangrove 1	12.48
2	Kelas Mangrove 2	8.38
3	Kelas Mangrove 3	20.95
4	Kelas Mangrove 4	11.99
5	Kelas Mangrove 5	6.98
6	Kelas Mangrove 6	8.03
Total luas		68.81

Hasil pengukuran tutupan mangrove di lapangan pada setiap stasiun pengamatan atau kelompok kelas mangrove dengan menggunakan metode *hemispherical photography*, didapatkan seperti pada Tabel 6. Ada tiga jenis mangrove yang ditemukan pada lokasi penelitian yaitu; *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata* pada semua stasiun penelitian dan *Sonneratia alba* pada stasiun 1 dan 2 dengan kisaran tutupan 84.36-91.89%. Mengacu pada kriteria yang ditetapkan pada DepHut (2005) dan KEPMEN LH No. 201 (2004), semua stasiun berada pada kategori padat.

Commented [a7]: Perbaiki kriteria /kategori tutupan kanopi

Commented [Af8R7]: Kategori kanopi sch diperbaiki (padat)

Tabel 6. Rata-rata tutupan vegetasi berdasarkan atas hasil pengukuran dengan *hemispherical photography*

No	Stasiun	%Tutupan ± StdDEV	Kategori Tutupan	Jenis Mangrove Yang ditemukan
1	1	86,74 ±2,37	Padat	<i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia marina</i> <i>Sonneratia alba</i>
2	2	87,03 ±7,86	Padat	<i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia marina</i> <i>Sonneratia alba</i>
3	3	91,89 ±0,52	Padat	<i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia marina</i>
4	4	89,42 ±2,48	Padat	<i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia marina</i>
5	5	84,34 ±4,92	Padat	<i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia marina</i>
6	6	86,87 ±6,36	Padat	<i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia marina</i>

Berdasarkan hasil analisis citra satelit (Gambar 4) dan pengukuran survey lapangan pada setiap stasiun kawasan mangrove dengan metode *hemispherical photography* (Tabel 6), diperoleh luasan secara berturut-turut sebagai berikut; pada kelas mangrove 3 diperoleh luasan tertinggi seluas 20,95 ha yang mana persebaran terbanyaknya diperoleh dari daerah Lantebung dan didominasi oleh jenis *Avicennia marina* dengan persentase sebesar 96,70%, kelas mangrove 1 diperoleh luasan 12,48 ha dengan persebaran terbanyak terdapat di sekitaran muara Tallo yang didominasi oleh *Rhizophora mucronata* dengan persentase 86,17% luasan tertinggi ketiga diperoleh dari kelas mangrove 4 dengan luasan 11,99 ha dengan persebaran terbanyak pada daerah Untia dengan persentase 98,08%. Pada kelas mangrove 2 dengan luasan 8,38 ha yang persebarannya di daerah Lantebung, didominasi oleh *Rhizophora mucronata* dengan persentase sebesar 64 %. Kemudian kelas mangrove 6 dengan luasan 8,03 ha yg didominasi oleh *Avicennia marina* dengan persentase sebesar 90% dan luasan terendah pada kelas mangrove 5 yaitu seluas 6,98 ha yang didominasi oleh jenis *Avicennia marina*

Dari jenis yang ditemukan, *Rhizophora mucronata* merupakan jenis mangrove yang mendominasi pada setiap stasiun pengamatan. Hal tersebut berdasar pada morfologi akar *Rhizophora mucronata* mampu beradaptasi pada tipe substrat setiap stasiun pengamatan. Menurut Setyawan (2003) *Rhizophora mucronata* dapat tumbuh dan beradaptasi dengan baik pada kondisi substrat yang dalam atau tebal dan berlumpur dikarenakan memiliki bentuk akar tunjang seperti jangkar yang menancap ke dalam tanah.

Avicennia marina juga sering dijumpai dilokasi pengamatan karena *Avicennia marina* merupakan spesies mangrove yang hidup di wilayah tropis, sub tropis, rawa dan tepi sungai (Purnobasuki & Suzuki, 2005). *Avicennia marina* memiliki akar napas (*pneumatofore*) yang merupakan akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur secara vertikal dari akar horizontal yang terbenam di dalam tanah.dapat ditemukan di seluruh Indonesia.

Sonneratia alba merupakan jenis yang juga sering dijumpai pada beberapa stasiun pengamatan hal ini dikarenakan jenis tersebut memiliki kemampuan adaptasi yang pada berbagai kondisi lingkungan yang ekstrim seperti perubahan salinitas dan kondisi oksigen yang rendah dan substrat yang cenderung berlumpur. Menurut de Leon & White (1999) dengan morfologi akar nafas *Sonneratia alba* dapat menyerap oksigen pada saat surut dan mencegah kelebihan air pada saat pasang.

Integrasi antara hasil analisis citra satelit sentinel dan data lapangan, secara deskriptif menunjukkan keterkaitan antara sebaran mangrove (analisis citra) dan persen tutupan kanopi mangrove (*hemispherical photography*), hal yang sama juga telah didapatkan pada berbagai penelitian ekstraksi data tutupan mangrove dari citra satelit (Mondal, et al 2019; Hu et al., 2020; horbanian, et al., 2021;),

3.2. Kerapatan Mangrove

Kerapatan mangrove dianalisis dari Citra Sentinel 2A dengan menggunakan transformasi NDVI. Berdasarkan atas hasil analisis citra didapatkan kisaran nilai NDVI pada keseluruhan stasiun pengamatan adalah 0.73-0.81, dengan nilai indeks NDVI tertinggi pada stasiun 4 sebesar 0.81 dan nilai indeks NDVI terendah adalah stasiun 5 sebesar 0,73. Nilai NDVI masing-masing stasiun seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai NDVI berdasarkan kelas mangrove.

Stasiun	Nama Kelas Mangrove	Nilai NDVI
1	Kelas Mangrove 1	0.77
2	Kelas Mangrove 2	0.72
3	Kelas Mangrove 3	0.79
4	Kelas Mangrove 4	0.81
5	Kelas Mangrove 5	0.73
6	Kelas Mangrove 6	0.79

Berdasarkan kriteria kerapatan mangrove yang mengacu pada Dewanti et al., (1999) pada Tabel 2, menunjukkan bahwa nilai NDVI mangrove di Kota Makkassar pada semua stasiun penelitian termasuk dalam kategori padat (NDVI > 0.43). Kerapatan mangrove di Makassar juga dijelaskan dalam penelitian Sari et al., (2023), khususnya di daerah Lantebung dan Untia.

Hasil pengukuran lapangan kerapatan mangrove (pohon/ha) yang tumbuh di masing-masing stasiun pengukuran disajikan pada Tabel 8. Nilai kerapatan pohon pada semua stasiun lebih dari 1500 pohon/ha dan masuk kategori rapat (Dewanti, et al., 1999). Kerapatan paling tinggi ditemukan pada stasiun 3 (6400 pohon/ha).

Tabel 1. Kondisi Kerapatan Mangrove di Lokasi Penelitian

Stasiun	Nama Kelas Mangrove	Kerapatan pohon/ha	Kategori Kerapatan Mangrove
1	Kelas Mangrove 1	4000	Padat
2	Kelas Mangrove 2	3200	Padat
3	Kelas Mangrove 3	6400	Padat
4	Kelas Mangrove 4	3900	Padat
5	Kelas Mangrove 5	2700	Padat
6	Kelas Mangrove 6	4200	Padat

Pada lokasi penelitian ditemukan 3 jenis mangrove yang teridentifikasi dalam kelompok mangrove sejati (Tabel 8). Keberadaan ketiga jenis mangrove tersebut memiliki persentase kemunculan yang berbeda pada setiap kelas, yang mana jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* selalu ditemukan disetiap kelas mangrove sementara *Sonneratia alba* hanya ditemukan pada dua kelas mangrove yaitu kelas mangrove 1 dan 2.

Berdasarkan hasil karakteristik kelas diperoleh nilai kerapatan tertinggi pada kelas mangrove 4 yaitu sebesar 3400 pohon/ha dan kerapatan rendah pada kelas mangrove 2 sebesar 1875 pohon/ha. Kerapatan tertinggi dijumpai di kelas mangrove 4 dengan tutupan kanopi sebesar 89,42% dengan nilai NDVI 0,812. Nilai tersebut merupakan nilai NDVI yang paling besar dari masing masing kelas mangrove, sedangkan nilai NDVI yang paling rendah berada di kelas mangrove 2 dengan nilai 0,7179. Hal ini dijelaskan oleh Tran et al., (2022) bahwa kerapatan tegakan memperlihatkan pola bahwa semakin tinggi kerapatan tegakan maka semakin tinggi pula nilai index vegetasinya. Selain

itu hal ini diperkuat bahwa analisis kerapatan NDVI juga dapat digunakan untuk memantau perubahan kerapatan, jenis, dan tutupan total mangrove (Akbar et al., 2020; Singgalen et al., 2021).

3.3. Karakteristik Mangrove di Kota Makassar

Berdasarkan pengolahan citra dan survei lapangan serta analisis data, karakteristik mangrove di Kota Makassar ditampilkan seperti pada Tabel 9. Karakteristik kelas mangrove meliputi nilai kerapatan mangrove, tutupan kanopi dan nilai NDVI, jumlah tegakan per pixel dan luas mangrove.

Karakteristik kelas mangrove yang diperoleh dari citra pada saat klasifikasi terdapat 6 kelas mangrove. Kelas mangrove yang memiliki kerapatan paling tinggi yaitu kelas mangrove 3 dengan nilai 6400 pohon/ha sedangkan kelas mangrove paling rendah adalah kelas mangrove 5 dengan nilai 2700 pohon/ha. Kelas mangrove yang memiliki tutupan kanopi yang paling tinggi adalah kelas mangrove 3 dengan nilai tutupan 91,89% sedangkan kelas mangrove yang memiliki tutupan rendah adalah kelas mangrove 5 dengan nilai 84,35%. Jenis mangrove yang paling dominan pada tiap-tiap kelas yaitu *Rhizophora mucronata*. Jenis tersebut memiliki nilai persentase paling tinggi daripada jenis lainnya..

Tabel 9. Karakteristik kondisi mangrove untuk setiap stasiun

Karakteristik Kelas	Stasiun					
	1	2	3	4	5	6
Kelas mangrove						
Kerapatan pohon/ha	4000	3200	6400	3900	2700	4200
%Tutupan Kanopi	86,75	87,03	91,89	89,42	84,35	86,88
NDVI	0,775	0,7179	0,791	0,8125	0,7297	0,7901
Luas (ha)	12,48	8,38	20,95	11,99	6,98	8,03

Tabel 7 menunjukkan bahwa Stasiun 3 dalam hal daerah Lantebung menunjukkan kondisi mangrove yang paling bagus, baik dalam hal luas, kerapatan maupun tutupan kanopinya, salah satu penyebabnya daerah ini menjadi kawasan rehabilitasi (Sari et al., 2023). Selain itu kecenderungan terlihat adanya kesamaan antara luas (ha) dengan kerapatan mangrove dan tutupan kanopi seperti hanya di Malaysia (Yasin et al., (2022); dan beberapa kasus di Indonesia (Akbar et al., 2020; Singgalen et al., 2021)

4. Simpulan

Mangrove di Kota Makassar ditemukan di Kecamatan Tallo dan Biringkanaya, Berdasarkan integrasi pengolahan data citra Sentinel 2A perekaman April 2019 dengan survei lapangan, luas ekosistem mangrove 68,81 Ha, dengan kisaran tutupan kanopi 84.36 - 91.89% atau kategori padat Begitu pula indeks vegetasi berdasarkan analisis NDVI berkisar antara 0.73-0.81 atau kategori padat yang sejalan dengan hasil pengukuran lapangan dengan kerapatan jenis pada kisaran 2700-6400 pohon/ha atau kategori padat.

Daftar Pustaka

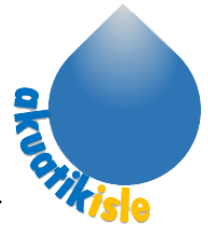
- Akbar, M. R., Arisanto, P. A. A., Sukirno, B. A., Merdeka, P. H., Priadhi, M. M., & Zallesa, S. (2020). Mangrove vegetation health index analysis by implementing NDVI (normalized difference vegetation index) classification method on sentinel-2 image data case study: Segara Anakan, Kabupaten Cilacap. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 584(1), 012069. doi:10.1088/1755-1315/584/1/012069

- Beddu S. (2011). Bantaran sungai sebagai konservasi lansekap alami; Studi kasus: bantaran Sungai Tallo Makassar. *Jurnal Teknik Lingkungan* 5:1-7.
- Carugati, L., Gatto, B., Rastelli, E., Lo Martire, M., Coral, C., Greco, S., & Danovaro, R. (2018). Impact of mangrove forests degradation on biodiversity and ecosystem functioning. *Scientific Reports*, 8(1), 13298. doi:10.1038/s41598-018-31683-0
- Chavez, P., Berlin, G. and Sowers, L. (1982). Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 8, 23-30
- Chianucci, F. & Andrea, C. 2012. Digital Hemispherical Photography for Estimating Forest Canopy Properties: Current Controversies and Opportunities. *I-Forest-Biogeosciences and Forestry*, 5, 290-295. doi: 10.3832/ifer077-005.
- Danoedoro, P., (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Departemen Kehutanan (2003). *Buku Panduan Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan, Jakarta
- Departemen Kehutanan, (2005). *Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial. Jakarta.
- de Leon, R. O. D., & White, A. T. (1999). Mangrove Rehabilitation in the Philippines. In W. Streever (Ed.), *An International Perspective on Wetland Rehabilitation* (pp. 37-42). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Dewanti, R, T. Maulana, S. Budiman, F. Zinuddin & Munyati. (1999). Kondisi Hutan Mangrove di Kalimantan Timur, Sumatera, Jawa, Bali, dan Maluku. *Majalah LAPAN*, Edisi Penginderaan Jauh, (91) : 29-43.
- Dharmawan I.W., & Pramudji. E., (2014) *.Panduan Monitoring Status Ekosistem Mangrove. PT. Sarana Komunikasi Utama*. vii + 35hlm
- Faizal, A., & Amran, M. A. (2005). Model transformasi indeks vegetasi yang efektif untuk prediksi kerapatan mangrove rhizophora mukronata. Dalam *Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV*, 14-15 September. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Fang, H., & Liang, S. (2014). Leaf Area Index Models☆ *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*: Elsevier.
- Gesse, A. A., & Melesse, A. M. (2019). Chapter 8 - Temporal relationships between time series CHIRPS-rainfall estimation and eMODIS-NDVI satellite images in Amhara Region, Ethiopia. In A. M. Melesse, W. Abtew, & G. Senay (Eds.), *Extreme Hydrology and Climate Variability* (pp. 81-92): Elsevier
- Ghorbanian, A., Zaghian, S., Asiyabi, R. M., Amani, M., Mohammadzadeh, A., & Jamali, S. (2021). Mangrove Ecosystem Mapping Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Satellite Images and Random Forest Algorithm in Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 13(13), 2565.
- Gilani, H., Naz, H. I., Arshad, M., Nazim, K., Akram, U., Abrar, A., & Asif, M. (2021). Evaluating mangrove conservation and sustainability through spatiotemporal (1990–2020) mangrove cover change analysis in Pakistan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 249, 107128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107128>
- Hu, L., Xu, N., Liang, J., Li, Z., Chen, L., & Zhao, F. (2020). Advancing the Mapping of Mangrove Forests at National-Scale Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Time-Series Data with Google Earth Engine: A Case Study in China. *Remote Sensing*, 12(19), 3120.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1), 195-213. doi:https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2
- Jia, M., Wang, Z., Wang, C., Mao, D., & Zhang, Y. (2019). A New Vegetation Index to Detect Periodically Submerged Mangrove Forest Using Single-Tide Sentinel-2 Imagery. *Remote Sensing*, 11(17), 2043.

- Jimenez, R. B., Lane, K. J., Hutyra, L. R., & Fabian, M. P. (2022). Spatial resolution of Normalized Difference Vegetation Index and greenness exposure misclassification in an urban cohort. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 32(2), 213–222. <https://doi.org/10.1038/s41370-022-00409-w>
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup, (2004). KepMen LH No. 201 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Salinan. 62 Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T. V., & Dech, S. (2011). Remote Sensing of Mangrove Ecosystems: A Review. *Remote Sensing*, 3(5), 878-928.
- Lee, C. K. F., Duncan, C., Nicholson, E., Fatoyinbo, T. E., Lagomasino, D., Thomas, N., . . . Murray, N. J. (2021). Mapping the Extent of Mangrove Ecosystem Degradation by Integrating an Ecological Conceptual Model with Satellite Data. *Remote Sensing*, 13(11), 2047.
- Li, X., Feng, R., Guan, X., Shen, H., & Zhang, L. (2019). Remote sensing image mosaicking: Achievements and challenges. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 7(4), 8-22
- Lugo, A. E., & Snedaker, S. C., (1974). *The Ecology of Mangroves. Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1), 39–64. doi:10.1146/annurev.es.05.110174.000351
- Manoppo A.K.S., Anggraini N., dan Marini Y. (2015). Identifikasi Mangrove dengan Metode Optimum Index Factor (OIF) pada Data SPOT 6 dan Landsat 8 di Pulau Lingayan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX 2015*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
- Massa, Y. M (2021), Berebut Lahan Di Pesisir Makassar, Ruang Mangrove Butuh Diperjuangkan. Blue Forest-Yayasan Hutan Biru (publish 2021, April 9) website : <https://blue-forests.org/id/ruang-berita/kabar-dari-kami/berebut-lahan-di-pesisir-makassar-ruang-mangrove-butuh-diperjuangkan>
- Mondal, P., Liu, X., Fatoyinbo, T. E., & Lagomasino, D. (2019). Evaluating Combinations of Sentinel-2 Data and Machine-Learning Algorithms for Mangrove Mapping in West Africa. *Remote Sensing*, 11(24), 2928.
- Nunoo, F. and Agyekumhene, A. (2022) Mangrove Degradation and Management Practices along the Coast of Ghana. *Agricultural Sciences*, 13, 1057-1079. doi: [10.4236/as.2022.1310065](https://doi.org/10.4236/as.2022.1310065).
- Purnobasuki dan Suzuki. (2005). *Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove*. PT Airlangga University Press. Surabaya.
- Pretzsch, H., Biber, P., UHL, E., Dahlhausen, J., Rötzer, T., Caldentey, J., Koike, T., Van Con, T., Chavanne, A., Seifert, T. & Du Toit, B., 2015. Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centres, parks, and forests. *Urban forestry & urban greening*, 14(3), 466-479. doi: 10.1016/j.ufug.2015.04.006
- Robertson, A. I., (1991), Plant-animal interactions and the structure and function of mangrove forest ecosystems. *Australian Journal of Ecology*, 16: 433-443. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1991.tb01073.x>
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. (1973). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). *Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium*, Greenbelt, 10-14 December, SP-351, 309-317.
- Sari, K. I., Budimawan, & Selamat, M. B. (2023). Sustainability Study of Mangrove Area Management in the North Coast of Makassar City (Case Study: Lantebung and Untia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1134(1), 012050. doi:10.1088/1755-1315/1134/1/012050
- Setyawan, A.D., Winarno, K., Purnama, P.C. (2003). Review: ekosistem mangrove di Jawa: 1. Kondisi terkini. *Biodiversitas* 4 (2): 130-142.
- Singgalen Y. A., Gudiato C., Prasetyo S. Y. J., & Fibriani C. (2021). Mangrove Monitoring Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): Case Study In North Halmahera, Indonesia. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(2), 219-239. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i2.34771>

- Srikant, S., Lum, S.K.Y., & Zhong, C., (2016). Mangrove root: adaptations and ecological importance. *Trees: 30(2)*, 451–465. doi: <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1233-0>
- Tran, T. V., Reef, R., & Zhu, X. (2022). A Review of Spectral Indices for Mangrove Remote Sensing. *Remote Sensing*, 14(19), 4868.
- Xue, J., & Su, B. (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*, 2017, 1353691. doi:10.1155/2017/1353691
- Yando, E. S., Sloey, T. M., Dahdouh-Guebas, F., Rogers, K., Abuchahla, G. M. O., Cannicci, S., . . . Friess, D. A. (2021). Conceptualizing ecosystem degradation using mangrove forests as a model system. *Biological Conservation*, 263, 109355. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109355>.
- Yasin, M. Y., Mohd Noor, N., Mohd Yusoff, M., Abdullah, J., & Noor, N. M. (2021). SPOT Imagery Observation on Mangrove Changes Using NDVI Density Analysis: The Case of Sepang Besar River, Malaysia. *The Arab World Geographer*, 23(2-3), 217-228. doi:10.5555/1480-6800.23.2.217

Accepted dan Profread



Tanda Terima Naskah

Judul Naskah:

Utilization of NDVI Transformation on Sentinel-2A Imagery for Mapping the Mangrove Area and Density in Makassar City

Penulis:

Ahmad Faizal, Nita Mutmainna, Muh Anshar Amran, Amran Saru, Khairul Amri, Muh Nastsir Nessa

Korespondensi; **Ahmad Faizal**, email: ahmad.faizal@unhas.ac.id

Naskah dengan judul di atas berkode #657 diterima redaksi per tanggal 15 Februari 2023, oleh Tim Editorial dinyatakan memenuhi syarat untuk dipublikasikan pada terbitan berkala ilmiah:

Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil
Volume 7, Nomor 1, Mei 2023

Penting kami informasikan bahwa Terbitan Berkala Ilmiah (TBI) Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil oleh Kemenristek/BRIN dinyatakan:

Akreditasi Sinta 4

Terimakasih atas kepercayaan anda telah bekerjasama dengan kami. Demikian surat ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Raha, 04 Maret 2023
Pimpinan Redaksi,

Rochmady

Editor in-Chief Akuatikisle Journal
Email: rochmady@sangia.org



Compose

Inbox 296

Starred

Snoozed

Sent

Drafts 15

More

Labels

- ahmad.faizal@g.u... 55
- BSRE
- LHKPN

S Sangia Publishing <journals@sangia.org> to me

Dear Dr. Ahmad Faizal

Berikut disampaikan informasi terkait naskah yang saudara kirimkan kepada kami, dengan identitas naskah sebagai berikut:

Kode Naskah: #657
 Judul Naskah: "Utilization of NDVI Transformation on Sentinel-2A Imagery for Mapping the Mangrove Area and Density in Makassar City"
 Our decision is to: **Accept Submission**
 Status: **Proofread**

- Catatan Penting**, mohon untuk diperhatikan agar:
1. Melakukan pemeriksaan dan perbaikan terkait tanda baca, typo, dan lainnya.
 2. Melengkapi nomor halaman dan DOI dari setiap Referensi yang digunakan (NOTE: jika artikel memiliki DOI).
 3. Hasil perbaikan dimuat pada Tabel Koreksi (*terlampir*).
 4. Cara pengisian tabel koreksi dapat dilihat pada contoh Tabel Koreksi (*terlampir*).
 5. Hasil koreksi sedapat mungkin dikirimkan kembali kepada kami dalam waktu 1-2 hari kerja atau sesegera mungkin.

Kami juga melampirkan naskah proofread, konfirmasi pembayaran, dan tanda terima naskah (LoA).
 Jika ada hal-hal yang kurang jelas, saudara dapat menghubungi kami melalui email ini.

 --
 Regards,

R. Rochmady
 Direktur Eksekutif [Center Study for Coastal and Isle Indonesia \(SCoCI\)](#)
 Jl. Letjend. Gatot Subroto, Km.7 Lasalepa, Muna, Sulawesi Tenggara 93654, Indonesia
 Surel: rochmady@sangia.org
 ORCID: [0000-0002-5452-9727](https://orcid.org/0000-0002-5452-9727) | Scopus ID: [57200993495](https://scopus.com/authorid/57200993495)

 Editor in-Chief [Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir, dan Pulau-Pulau Kecil](#)

4 Attachments • Scanned by Gmail



Penerapan Transformasi NDVI pada Citra Sentinel 2A untuk pemetaan kondisi mangrove di Kota Makassar

Application of NDVI Transformation on Sentinel 2A Imagery for mapping mangrove conditions in Makassar City

Ahmad Faizal , Nita Mutainnah, Muh Anshar Amran, Amran Saru, Khaerul Amri, M. Natsir Nessa

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Jln Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar, Indonesia.

Article Info:

Diterima: 15 Februari 2023
Disetujui: 04 Maret 2023
Dipublikasi: xx Maret 2023

Keywords:

Hemispherical photography;
Remote Sensing; *Vegetation*
Index; *Makassar*

Korespondensi:

Ahmad Faizal

Departemen Ilmu Kelautan,
Fakultas Ilmu Kelautan dan
Perikanan Universitas Hasanuddin,
Jln Perintis Kemerdekaan Km 10
Makassar, Indonesia

 ahmad.faizal@unhas.ac.id

ABSTRAK. Ekosistem mangrove terdiri dari tanaman tropis yang mampu beradaptasi dengan tanah basah, gembur, air asin, dan fluktuasi pasang surut. Identifikasi ekosistem mangrove dapat dilakukan dengan metode survei langsung maupun dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan luas, persen tutupan dan kerapatan mangrove di Kota Makassar menggunakan Citra Sentinel 2A. Metode yang digunakan adalah transformasi NDVI yang dilanjutkan dengan klasifikasi Unsupervised-ISODATA, ground check dengan metode plotting 10 x 10 meter dan *hemispherical photography*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan mangrove di Kota Makassar masih ditemukan pada Kecamatan Tallo dan Biringkanaya dengan luas ekosistem mangrove 68,81 Ha, pada kisaran tutupan 84,36-91,89% (kategori padat). Begitu pula indeks vegetasi berdasarkan analisis NDVI berkisar antara 0,73-0,81 (kategori padat) serta kerapatan jenis pada kisaran 2700-6400 pohon/ha (kategori padat). Penggunaan Citra Sentinel 2A dengan transformasi NDVI dapat digunakan untuk pemetaan luasan dan kerapatan mangrove. Sebaran luas ekosistem mangrove di Makassar relative tidak luas namun memiliki kondisi yang baik.

ABSTRACT. Mangrove ecosystems consist of tropical plants that have adapted to the salinity, tidal fluctuations, and loose soil condition. Identification of mangrove ecosystems can be carried out by direct survey methods or by utilizing remote sensing technology. This study aims to map the area, percent cover, and density of mangroves in Makassar City using Sentinel 2A Imagery. The method used is the NDVI transformation, followed by Unsupervised-ISODATA classification, ground check with the 10 x 10-meter plotting method, and hemispherical photography. The results showed that the existence of mangroves in Makassar City was still found in the Tallo and Biringkanaya districts, with 68.81 ha of mangrove ecosystem cover area in the range of 84.36 - 91.89% (dense category). Likewise, the vegetation index based on NDVI analysis ranged from 0.73 - 0.81 (dense category), and the species density was in the range of 2700 - 6400 trees/ha (dense category). Sentinel-2A imagery transformed with NDVI can be used to track mangrove areas and their density. The wide distribution of mangrove ecosystems in Makassar is relatively small but has good conditions.

Copyright© Mei 2023, Faizal A., Mutainnah, N., Amran, M.A., Saru, A., Amri, K., Nessa, M.N.
Under License a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

1. Pendahuluan

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem pesisir yang terdapat di daerah tropis dan subtropis (Lugo & Snedaker, 1974), dicirikan oleh struktur akar penyangga yang rapat, yang memungkinkan bertahan pada kondisi perubahan pasang surut (Srikanth *et al.*, 2016). Mangrove menjadi habitat penting bagi ribuan spesies, sebagai tempat pemijahan, pemeliharaan dan mencari makan. Mangrove juga menjadi zona penyangga daratan dari bencana abrasi dan kerusakan akibat angin dan gelombang. Selain fungsi ekologis mangrove juga menjadi sumberdaya dan tempat bergantung masyarakat pesisir untuk melangsungkan hidup dan mata pencaharian mereka (Lugo & Snedaker, 1974; Rubertson, 1991).

Besarnya potensi dan fungsi mangrove menyebabkan ekosistem rentan mengalami degradasi. Permasalahan tersebut telah menjadi isu global, diperkirakan terjadi pengurangan tahunan sebesar tujuh juta hektar (Nunoo & Agyekumhene, 2022) yang menyebabkan penurunan 20-35% tutupan mangrove (Carugati *et al.*,

2018). Degradasi ekosistem mangrove disebabkan oleh deforestasi, perubahan tata guna lahan, perubahan iklim, aktivitas antropogenik seperti pertanian (Yando *et al.*, 2021) dan bencana alam berupa badai (Lee *et al.*, 2021).

Kota Makassar sebagai daerah pesisir memiliki ekosistem mangrove, khususnya pada bantaran Sungai Tallo sebagian besar ditumbuhi oleh nipa dan bakau seperti; *Nypa fruticans*, *Rhizophora* sp., dan *Avicennia alba* yang sangat lebat (Beddu, 2011). Namun keseluruhan hutan mangrove di Kota Makassar mengalami penyusutan dari 411,7 ha pada tahun 2001 menjadi 100,07 ha pada tahun 2016 (Massa, 2021). Antisipasi kerusakan dan pengelolaan mangrove di Kota Makassar yang lebih baik diperlukan informasi tentang luas dan kerapatan mangrove secara temporal. Salah satu teknologi pemetaan yang akurat dan cepat adalah dengan menggunakan data-data penginderaan jauh dan metode ekstraksi data yang tepat. Ada dua jenis penilaian mangrove yang dapat dilakukan dengan menggunakan data penginderaan jauh yaitu; persen tutupan kanopi mangrove dan kerapatan mangrove.

Identifikasi vegetasi dengan analisis spektral pada dasarnya

adalah penemu kenalan tutupan kanopi dari vegetasi (Kuenzer *et al.*, 2011; Danoeodoro, 2012) Kanopi atau sering pula disebut tajuk pohon adalah kondisi yang terbentuk dari tumpah tindi dari cabang-cabang pohon, semakin tebal tajuk maka semakin tinggi persen tutupan vegetasinya, dan implikasinya pada semakin tinggi pantulan spectral khususnya pada panjang gelombang merah (Danoeodoro, 2012). Selain indentifikasi melalui analisis spectral dari citra satelit tutupan kanopi juga dapat diukur dengan menggunakan metode *hemispherical photography* (Pretzsch *et al.* 2015). Metode *hemispherical photography* juga dapat digunakan sebagai alat pembuktian hasil klasifikasi citra satelit.

Mangrove tumbuh di daerah peralihan darat dan laut, sehingga ada tiga fitur utama yang sangat berpengaruh pada pengenalan obyek melalui penginderaan jauh yaitu vegetasi, tanah dan air (Kuenzer *et al.*, 2011), ketiga fitur tersebut sangat berpengaruh terhadap pantulan spektral yang diterima oleh sensor penginderaan jauh, sehingga indentifikasi kerapatan memerlukan tranpormasi khusus. Dalam indentifikasi kerapatan vegetasi sering digunakan berbagai transformasi indeks vegetasi.

Indeks vegetasi adalah nilai tunggal yang dihitung dari penggabungan beberapa band spektral dari suatu citra, dengan tujuan untuk meningkatkan pengenalan fitur-fitur vegetasi (Huete *et al.*, 2002), juga digunakan untuk membedakan vegetasi dari obyek lain pada citra satelit (Fang & Liang, 2014). Berbagai jenis indeks yang biasa digunakan dalam tranpormasi yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Enhanced Vegetation Index* (EVI), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), *Green Index* (GI) (Fang & Liang, 2014; Xue & SU, 2017). Hasil penelitian Faizal & Amran (2005) menemukan bahwa NDVI sebagai model transformasi indeks vegetasi yang paling efektif digunakan pada ekosistem mangrove di Sulawesi Selatan.

NDVI adalah indeks yang digunakan untuk menghitung kerapatan vegetasi termasuk mangrove dengan mengukur

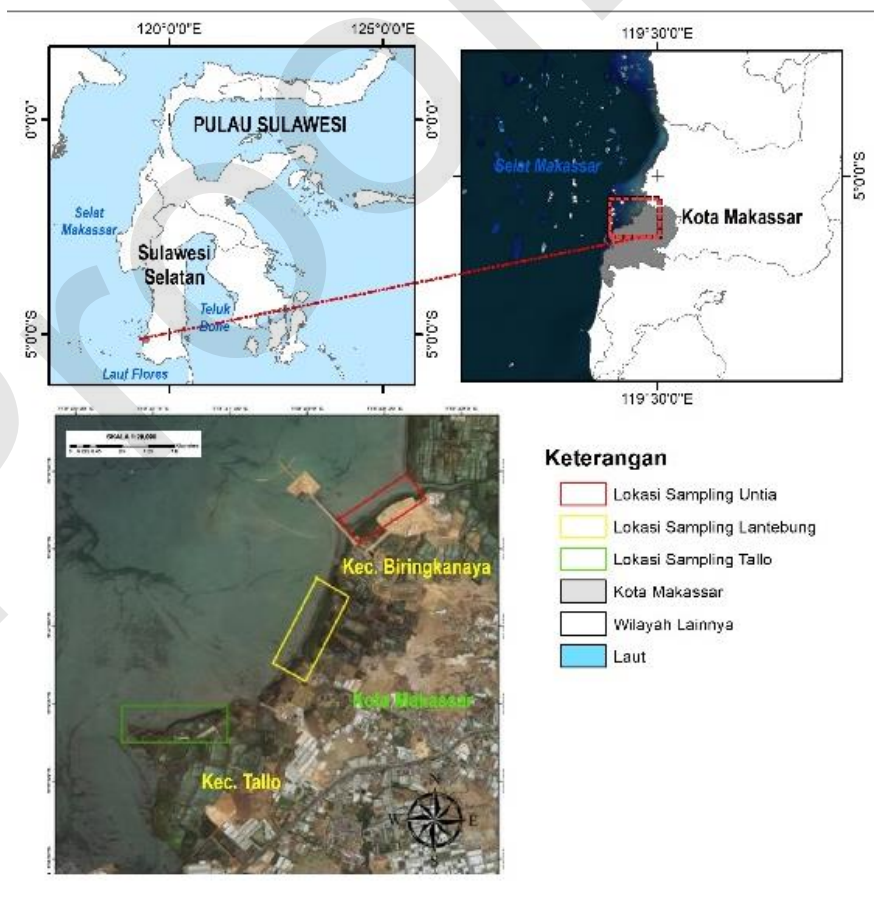
perbedaan antara panjang gelombang inframerah-dekat (yang dipantulkan oleh vegetasi) dan cahaya merah (yang diserap oleh vegetasi) (Fang & Liang, 2014; Gessesse & Melesse, 2019). NDVI digunakan untuk mengukur tingkat kehijauan vegetasi dan tingkat kerapatan vegetasi (Gessesse & Melesse, 2019; Jimenes *et al.*, 2022). Berdasarkan dari berbagai penelitian maka tranpormasi NDVI sangat memungkinkan untuk memetakan luas dan kerapatan mangrove di Kota Makassar.

Semua jenis citra satelit yang menggunakan panjang gelombang merah dan infra merah dekat sebagai salah satu sensornya dapat digunakan untuk indentifikasi kerapatan mangrove dengan transformasi NDVI; seperti citra Landsat untuk semua generasi, MODIS, SPOT, Sentinel dan lain-lain (Moses *et al.*, 2012). Penggunaan citra satelit Sentinel telah banyak digunakan diberbagai tempat untuk indentifikasi mangrove seperti di Afrika Barat (Mondal *et al.*, 2019), Pulau Qeshm Iran (Chorbanian *et al.*, 2021), dan China (Hu *et al.*, 2020; Jia *et al.*, 2019). Maka dari uraian tersebut maka dilakukan penelitian penggunaan tranpormasi NDVI pada citra Sentinel 2A dengan tujuan untuk pemetaan luasan, persen tutupan dan kerapatan mangrove di Kota Makassar.

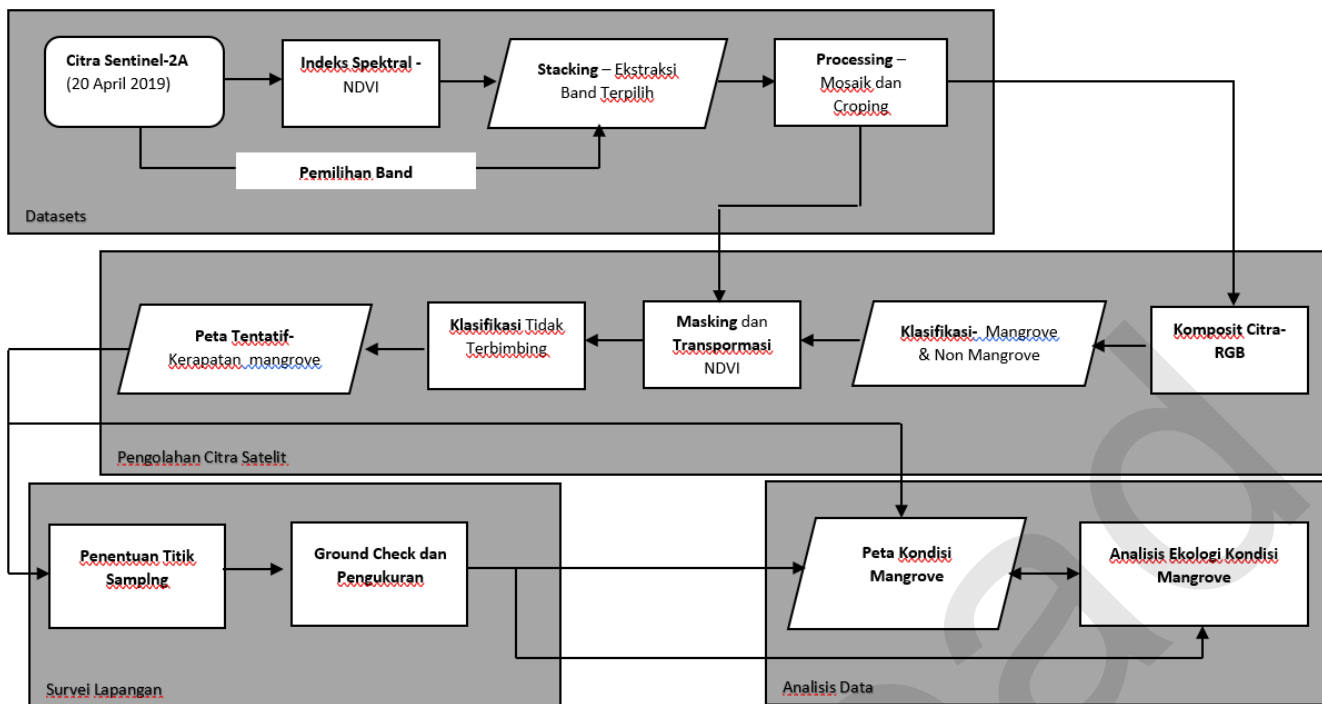
2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Tallo dan Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan pada posisi geografis 5°03'45''S - 5°05'15''S dan 119°27'00''E - 119°29'00''E (Gambar 1). Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Setinel-2A, hasil perekaman pada 21 April 2019 dan survei lapangan Maret tahun 2020. Data diperoleh dari hasil download pada link: <http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/> dengan spesifikasi panjang gelombang yang digunakan seperti pada Tabel 1.



Gambar 1. Peta Lokasi penelitian, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.



Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan penelitian (Modifikasi dari Gilani *et al.*, 2021).

Tabel 1. Spesifikasi panjang gelombang Sentinel 2A yang digunakan.

No	Sentinel-2 Band	Nilai Tengah Panjang Gelombang (µm)	Nama Panjang Gelombang	Resolusi Spasial (m)
1	Band 2	0.490	Biru (B)	10
2	Band 3	0.560	Hijau (G)	10
3	Band 4	0.665	Merah (R)	10
4	Band 8	0,865	Inframerah Dekat (NIR)	10

2.2. Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian dengan mengintegrasikan antara pengolahan citra satelit Sentinel 2A dengan survei terestrial (*cek lapangan*) Prosedur pelaksanaan penelitian seperti pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan diagram alir penelitian yang terdiri dari 4 tahap yaitu, tahap ekstraksi data set, tahap pengolahan citra satelit, tahap survei lapangan dan tahap analisis data. Secara detail prosedur pengolahan data sebagai berikut:

2.2.1. Ekstraksi data set

- Download citra satelit Sentinel-2A dari <http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/>; didapatkan dari perekaman data 20 April 2019 dengan tile T50 MQV dan T50 MRU, yang terdiri dari 13 Band.
- Pemilihan panjang gelombang berdasarkan kebutuhan untuk analisis NDVI sehingga terseleksi panjang gelombang pada band 4 dan 8 dan kebutuhan komposit citra untuk ekstraksi data penutupan lahan sehingga terseleksi band 2 dan 3.
- *Stacking* dengan menggunakan gabungan beberapa citra terpilih dengan komposit citra yang mengacu pada nilai *Optimum index Factor* (OIF) (Mannopo *et al.*, 2015).
- *Mozaiking* dan *Cropping* dilakukan untuk memotong dan memperjelas area kerja penelitian yang mengacu pada nilai spektral (Li *et al.*, 2019).

2.2.2. Pengolahan Citra Satelit

- Komposit Citra RGB 342 kombinasi panjang gelombang hijau

- (band 3), Merah (band 4) dan biru (band 2) (Chavez *et al.*, 1982).
- Klasifikasi citra dengan menggunakan *Unsupervised-ISODATA* yang mengacu pada klusterisasi nilai spektral berdasarkan nilai rata-rata. Hasil klasifikasi citra menghasilkan kelas penutupan lahan berupa mangrove dan non mangrove.
- *Masking* dengan tujuan memisahkan obyek mangrove dan non mangrove.
- Identifikasi vegetasi dengan transformasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Rouse *et al.*, 1973), Penerapan transformasi NDVI menggunakan panjang gelombang inframerah dekat (Band 8) dan panjang gelombang merah (band 4) dengan persamaan sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan: NIR : *Band Near Infrared*; R : *Band Red*.

- Klasifikasi kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI dengan mengacu pada Departemen Kehutanan (2003) seperti pada Tabel 2.

2.2.3. Survei Lapangan

- Penentuan titik sampling untuk *Ground Check* didasarkan pada hasil klasifikasi *unsupervised*. Secara purposive sampling dimana setiap keterwakilan stasiun dengan plot ukuran 10 x 10 meter.
- Pembuktian tutupan kanopi dari pengamatan citra satelit di uji

- dengan menggunakan metode *hemispherical photography*; teknik pengambilan tutupan kanopi menggunakan kamera dengan titik pengambilan gambar ditempatkan di tengah plot pengamatan (Dharmawan & Pramudji, 2014).
- Pengukuran kerapatan mangrove dilakukan sampling pada tiap stasiun menggunakan metode transek garis dan petak contoh (*Transect Line Plot*). Pengukuran data kerapatan mangrove

menggunakan metode petak contoh (*Transect Line Plot*) mengacu pada Kepmen LH Nomor 201 Tahun 2004.

2.3. Analisis Data

Penentuan persen tutupan kanopi dengan menggunakan rumus *hemispherical photography* dengan menghitung jumlah piksel tutupan vegetasi mangrove dalam analisis gambar binner (Chianucci & Andrea, 2012) dengan rumus:

$$\% \text{ Cover} = \frac{P_{255}}{\Sigma P} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Dimana; % Cover = Persen tutupan kanopi mangrove; P 255= Jumlah piksel bernilai 255 dan Σ P = Jumlah Seluruh piksel.

Tabel 2. Kriteria Baku tingkat kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI (Departemen Kehutanan, 2003).

Kategori Kerapatan Mangrove	Nilai NDVI
Jarang	0 ≤ 0.33
Sedang	0.34 ≤ 0.42
Rapat	0.43 ≤ 1.00

Tabel 3. Kriteria tingkat tutupan kanopi vegetasi mangrove.

Kriteria	Penutupan (%)
Jarang	< 50%
Sedang	50 – 69%
Rapat	70 – 100%

Sumber: DepHut (2005) dan KEPMEN LH No. 201 (2004).

Tabel 4. Keriteria tingkat kerapatan vegetasi mangrove.

Kriteria	Kerapatan (Pohon/Ha)
Jarang	< 1000
Sedang	≥ 1000 - < 1500
Rapat	≥ 1500

Sumber: Dewanti et al. (1999)

Tabel 5. Luas tutupan mangrove di Kota Makassar hasil analisis citra satelit Sentinel 2A.

Stasiun	Nama Kelas Mangrove	Luas (Ha)
1	Kelas Mangrove 1	12.48
2	Kelas Mangrove 2	8.38
3	Kelas Mangrove 3	20.95
4	Kelas Mangrove 4	11.99
5	Kelas Mangrove 5	6.98
6	Kelas Mangrove 6	8.03
Total luas		68.81

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tutupan Mangrove

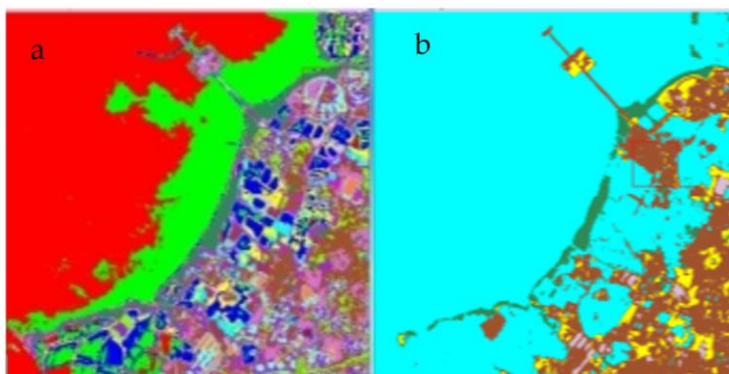
Hasil klasifikasi citra dengan metode klasifikasi *unsupervised-ISODATA* untuk memisahkan antara tutupan mangrove dan non mangrove, dengan subtraksi data secara otomatis didapatkan 30 kluster spektral, yang kemudian disederhanakan menjadi 15 kluster data berdasarkan pantulan spektral seperti pada Gambar 3.

Metode Klasifikasi *Unsupervised ISODATA* dilakukan untuk kategorisasi pada interaksi yang terjadi. Setiap interaksi akan dikalkulasi ulang dan mereklasifikasi pixel ke bentuk baru. Proses pemisahan, penggabungan dan penghapusan kelas dilakukan berdasarkan parameter input. Semua pixel diklasifikasikan ke kelas terdekat kecuali deviasi standar atau ambang batas jarak yang telah ditentukan. Proses ini berlanjut sampai jumlah piksel dalam setiap perubahan kelas kurang dari ambang perubahan piksel yang dipilih atau jumlah maksimum interaksi tercapai.

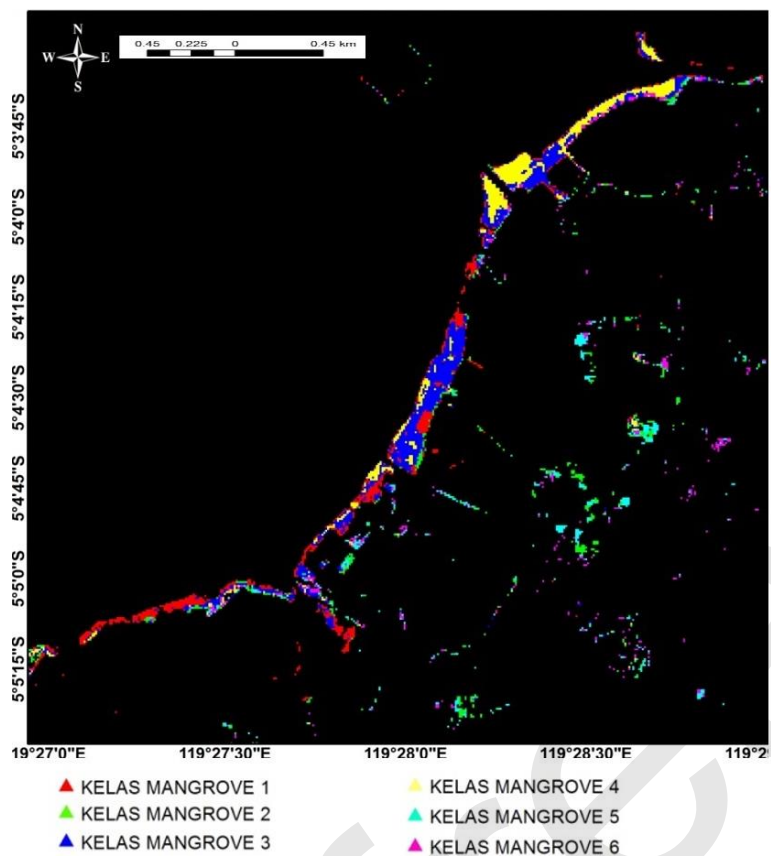
Hasil klasifikasi pada penelitian ini menunjukkan ada 30 kelas spektral yang diperoleh dari sistem secara otomatis dari semua piksel citra dalam bentuk kelas vegetasi. Danoeodoro (2012) menyatakan bahwa hasil klasifikasi *unsupervised* dengan nilai maksimum 30 dan interative 100 diperoleh sebanyak 30 kelas yang berbeda kemudian diidentifikasi dan mengelompokkan objek yang sama dengan metode *combine class*. Setelah penggabungan beberapa kelas yang dianggap sama dengan metode *combine class*. Terdapat 15 jenis warna dan rona berbeda pada piksel sebelum mendapatkan hasil seperti Gambar 4 dan dipenelitian ini menggabungkan piksel yang menunjukkan mangrove menjadi 6 kelas mangrove yang berbeda.

Kombinasi dan penggabungan kelompok nilai piksel digunakan untuk memisahkan antara tutupan lahan mangrove dan non mangrove, dengan 6 kelompok tutupan lahan mangrove berdasarkan kemiripan pantulan spektral.

Hasil Perhitungan luasan untuk masing-masing kelas mangrove didapatkan bahwa kelas mangrove 3 memiliki luasan yang paling besar dengan luas 20.95 Ha, disusul kelas mangrove 1 12,48 Ha dan paling kecil adalah 6,98 Ha pada kelas mangrove 5.



Gambar 3. Hasil klasifikasi *Unsupervised-ISODATA* (a) 30 kluster dan (b) 15 kluster.



Gambar 4. Hasil klasifikasi Mangrove.

Total luas mangrove di Kota Makassar adalah 68,81 Ha, secara detail ditampilkan seperti pada Tabel 5.

Hasil pengukuran tutupan mangrove di lapangan pada setiap stasiun pengamatan atau kelompok kelas mangrove dengan menggunakan metode *hemispherical photography*, didapatkan seperti pada Tabel 6. Ada tiga jenis mangrove yang ditemukan pada lokasi penelitian yaitu; *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata* pada semua stasiun penelitian dan *Sonneratia alba* pada stasiun 1 dan 2 dengan kisaran tutupan 84.36-91.89%. Mengacu pada kriteria yang ditetapkan pada DepHut (2005) dan KEPMEN LH No. 201 (2004), semua stasiun berada pada kategori padat.

Berdasarkan hasil analisis citra satelit (Gambar 4) dan pengukuran survey lapangan pada setiap stasiun kawasan mangrove dengan metode *hemispherical photography* (Tabel 6), diperoleh luasan secara berturut-turut sebagai berikut; pada kelas

mangrove 3 diperoleh luasan tertinggi seluas 20,95 ha yang mana persebaran terbanyaknya diperoleh dari daerah Lantebung dan didominasi oleh jenis *Avicennia marina* dengan persentase sebesar 96,70%, kelas mangrove 1 diperoleh luasan 12,48 ha dengan persebaran terbanyak terdapat di sekitaran muara Tallo yang didominasi oleh *Rhizophora mucronata* dengan persentase 86,17% luasan tertinggi ketiga diperoleh dari kelas mangrove 4 dengan luasan 11,99 ha dengan persebaran terbanyak pada daerah Untia dengan persentase 98,08%. Pada kelas mangrove 2 dengan luasan 8,38 ha yang persebarannya di daerah Lantebung, didominasi oleh *Rhizophora mucronata* dengan persentase sebesar 64 %. Kemudian kelas mangrove 6 dengan luasan 8,03 ha yg didominasi oleh *Avicennia marina* dengan persentase sebesar 90% dan luasan terendah pada kelas mangrove 5 yaitu seluas 6,98 ha yang didominasi oleh jenis *Avicennia marina*.

Tabel 6. Rata-rata tutupan vegetasi berdasarkan atas hasil pengukuran dengan *hemispherical photography*.

Stasiun	%Tutupan ± SD	Kategori Tutupan	Jenis Mangrove Yang ditemukan
1	86,74 ±2,37	Padat	<i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia marina</i> <i>Sonneratia alba</i>
2	87,03 ±7,86	Padat	<i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia marina</i> <i>Sonneratia alba</i>
3	91,89 ±0,52	Padat	<i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia marina</i>
4	89,42 ±2,48	Padat	<i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia marina</i>
5	84,34 ±4,92	Padat	<i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia marina</i>
6	86,87 ±6,36	Padat	<i>Rhizophora mucronata</i> <i>Avicennia marina</i>

Tabel 7. Nilai NDVI berdasarkan kelas mangrove.

Stasiun	Nama Kelas Mangrove	Nilai NDVI
1	Kelas Mangrove 1	0.77
2	Kelas Mangrove 2	0.72
3	Kelas Mangrove 3	0.79
4	Kelas Mangrove 4	0.81
5	Kelas Mangrove 5	0.73
6	Kelas Mangrove 6	0.79

Tabel 8. Kondisi Kerapatan Mangrove di Lokasi Penelitian.

Stasiun	Nama Kelas Mangrove	Kerapatan pohon/ha	Kategori Kerapatan Mangrove
1	Kelas Mangrove 1	4000	Padat
2	Kelas Mangrove 2	3200	Padat
3	Kelas Mangrove 3	6400	Padat
4	Kelas Mangrove 4	3900	Padat
5	Kelas Mangrove 5	2700	Padat
6	Kelas Mangrove 6	4200	Padat

Tabel 9. Karakteristik kondisi mangrove untuk setiap stasiun.

Karakteristik Kelas	Stasiun					
	1	2	3	4	5	6
Kerapatan pohon/ha	4000	3200	6400	3900	2700	4200
%Tutupan Kanopi	86,75	87,03	91,89	89,42	84,35	86,88
NDVI	0,775	0,7179	0,791	0,8125	0,7297	0,7901
Luas (ha)	12,48	8,38	20,95	11,99	6,98	8,03

Dari jenis yang ditemukan, *Rhizophora mucronata* merupakan jenis mangrove yang mendominasi pada setiap stasiun pengamatan. Hal tersebut berdasar pada morfologi akar *Rhizophora mucronata* mampu beradaptasi pada tipe substrat setiap stasiun pengamatan. Menurut Setyawan (2003) *Rhizophora mucronata* dapat tumbuh dan beradaptasi dengan baik pada kondisi substrat yang dalam atau tebal dan berlumpur dikarenakan memiliki bentuk akar tunjang seperti jangkar yang menancap ke dalam tanah.

Avicennia marina juga sering dijumpai dilokasi pengamatan karena *Avicennia marina* merupakan spesies mangrove yang hidup di wilayah tropis, sub tropis, rawa dan tepi sungai (Purnobasuki & Suzuki, 2005). *Avicennia marina* memiliki akar napas (*pneumatofore*) yang merupakan akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur secara vertikal dari akar horizontal yang terbenam di dalam tanah. dapat ditemukan di seluruh Indonesia.

Sonneratia alba merupakan jenis yang juga sering dijumpai pada beberapa stasiun pengamatan hal ini dikarenakan jenis tersebut memiliki kemampuan adaptasi yang pada berbagai kondisi lingkungan yang ekstrim seperti perubahan salinitas dan kondisi oksigen yang rendah dan substrat yang cenderung berlumpur. Menurut de Leon & White (1999) dengan morfologi akar nafas *Sonneratia alba* dapat menyerap oksigen pada saat surut dan mencegah kelebihan air pada saat pasang.

Integrasi antara hasil analisis citra satelit sentinel dan data lapangan, secara deskriptif menunjukkan keterkaitan antara sebaran mangrove (analisis citra) dan persen tutupan kanopi mangrove (*hemispherical photography*), hal yang sama juga telah didapatkan pada berbagai penelitian ekstraksi data tutupan mangrove dari citra satelit (Mondal et al., 2019; Hu et al., 2020; Horbanian et al., 2021).

3.2. Kerapatan Mangrove

Kerapatan mangrove dianalisis dari Citra Sentinel 2A dengan menggunakan transformasi NDVI. Berdasarkan atas hasil analisis

citra didapatkan kisaran nilai NDVI pada keseluruhan stasiun pengamatan adalah 0.73-0.81, dengan nilai indeks NDVI tertinggi pada stasiun 4 sebesar 0.81 dan nilai indeks NDVI terendah adalah stasiun 5 sebesar 0,73. Nilai NDVI masing-masing stasiun seperti pada Tabel 7.

Berdasarkan kriteria kerapatan mangrove yang mengacu pada Dewanti et al. (1999) pada Tabel 2, menunjukkan bahwa nilai NDVI mangrove di Kota Makassar pada semua stasiun penelitian termasuk dalam kategori padat (NDVI > 0.43). Kerapatan mangrove di Makassar juga dijelaskan dalam penelitian Sari et al. (2023), khususnya di daerah Lantebung dan Untia.

Hasil pengukuran lapangan kerapatan mangrove (pohon/ha) yang tumbuh di masing-masing stasiun pengukuran disajikan pada Tabel 8. Nilai kerapatan pohon pada semua stasiun lebih dari 1500 pohon/ha dan masuk kategori rapat (Dewanti et al., 1999). Kerapatan paling tinggi ditemukan pada stasiun 3 (6400 pohon/ha).

Pada lokasi penelitian ditemukan 3 jenis mangrove yang teridentifikasi dalam kelompok mangrove sejati (Tabel 8). Keberadaan ketiga jenis mangrove tersebut memiliki persentase kemunculan yang berbeda pada setiap kelas, yang mana jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* selalu ditemukan disetiap kelas mangrove sementara *Sonneratia alba* hanya ditemukan pada dua kelas mangrove yaitu kelas mangrove 1 dan 2.

Berdasarkan hasil karakteristik kelas diperoleh nilai kerapatan tertinggi pada kelas mangrove 4 yaitu sebesar 3400 pohon/ha dan kerapatan rendah pada kelas mangrove 2 sebesar 1875 pohon/ha. Kerapatan tertinggi dijumpai di kelas mangrove 4 dengan tutupan kanopi sebesar 89,42% dengan nilai NDVI 0,812. Nilai tersebut merupakan nilai NDVI yang paling besar dari masing masing kelas mangrove, sedangkan nilai NDVI yang paling rendah berada di kelas mangrove 2 dengan nilai 0,7179. Hal ini dijelaskan oleh Tran et al., (2022) bahwa kerapatan tegakan memperlihatkan pola bahwa semakin tinggi kerapatan tegakan maka semakin tinggi pula nilai

index vegetasinya. Selain itu hal ini diperkuat bahwa analisis kerapatan NDVI juga dapat digunakan untuk memantau perubahan kerapatan, jenis, dan tutupan total mangrove (Akbar *et al.*, 2020; Singgalen *et al.*, 2021).

3.3. Karakteristik Mangrove di Kota Makassar

Berdasarkan pengolahan citra dan survei lapangan serta analisis data, karakteristik mangrove di Kota Makassar ditampilkan seperti pada Tabel 9. Karakteristik kelas mangrove meliputi nilai kerapatan mangrove, tutupan kanopi dan nilai NDVI, jumlah tegakan per pixel dan luas mangrove.

Karakteristik kelas mangrove yang diperoleh dari citra pada saat klasifikasi terdapat 6 kelas mangrove. Kelas mangrove yang memiliki kerapatan paling tinggi yaitu kelas mangrove 3 dengan nilai 6400 pohon/ha sedangkan kelas mangrove paling rendah adalah kelas mangrove 5 dengan nilai 2700 pohon/ha. Kelas mangrove yang memiliki tutupan kanopi yang paling tinggi adalah kelas mangrove 3 dengan nilai tutupan 91,89% sedangkan kelas mangrove yang memiliki tutupan rendah adalah kelas mangrove 5 dengan nilai 84,35%. Jenis mangrove yang paling dominan pada tiap-tiap kelas yaitu *Rhizophora mucronata*. Jenis tersebut memiliki nilai persentase paling tinggi daripada jenis lainnya.

Tabel 7 menunjukkan bahwa Stasiun 3 dalam hal daerah Lantebung menunjukkan kondisi mangrove yang paling bagus, baik dalam hal luas, kerapatan maupun tutupan kanopinya, salah satu penyebabnya daerah ini menjadi kawasan rehabilitasi (Sari *et al.*, 2023). Selain itu kecenderungan terlihat adanya kesamaan antara luas (ha) dengan kerapatan mangrove dan tutupan kanopi seperti hanya di Malaysia (Yasin *et al.*, 2022) dan beberapa kasus di Indonesia (Akbar *et al.*, 2020; Singgalen *et al.*, 2021).

4. Simpulan

Mangrove di Kota Makassar ditemukan di Kecamatan Tallo dan Biringkanaya, Berdasarkan integrasi pengolahan data citra Sentinel 2A perekaman April 2019 dengan survei lapangan, luas ekosistem mangrove 68,81 ha, dengan kisaran tutupan kanopi 84.36 - 91.89% atau kategori padat. Begitu pula indeks vegetasi berdasarkan analisis NDVI berkisar antara 0.73-0.81 atau kategori padat yang sejalan dengan hasil pengukuran lapangan dengan kerapatan jenis pada kisaran 2700-6400 pohon/ha atau kategori padat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada masyarakat Kecamatan Tallo dan Biringkanaya Kota Makassar yang membantu penelitian.

Publisher's Note

Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Wuna on behalf of Sangia Publishing remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Supplementary files

Data sharing not applicable to this article as no datasets were generated or analyzed during the current study, and/or contains supplementary material, which is available to authorized users.

Competing interest

All author(s) declare no competing interest.

Referensi

- Akbar, M. R., Arisanto, P. A. A., Sukirno, B. A., Merdeka, P. H., Priadhi, M. M., & Zallesa, S. 2020. Mangrove vegetation health index analysis by implementing NDVI (*normalized difference vegetation index*) classification method on sentinel-2 image data case study: Segara Anakan, Kabupaten Cilacap. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 584(1), 012069. doi:10.1088/1755-1315/584/1/012069
- Beddu S. 2011. Bantaran sungai sebagai konservasi lansekap alami; Studi kasus: bantaran Sungai Tallo Makassar. *Jurnal Teknik Lingkungan* 5:1-7.
- Carugati, L., Gatto, B., Rastelli, E., Lo Martire, M., Coral, C., Greco, S., & Danovaro, R. 2018. Impact of mangrove forests degradation on biodiversity and ecosystem functioning. *Scientific Reports*, 8(1), 13298. doi:10.1038/s41598-018-31683-0
- Chavez, P., Berlin, G. & Sowers, L. 1982. Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 8, 23-30
- Chianucci, F. & Andrea, C. 2012. Digital Hemispherical Photography for Estimating Forest Canopy Properties: Current Controversies and Opportunities. *I-Forest-Biogeosciences and Forestry*, 5, 290-295. doi: 10.3832/ifer077-005.
- Danoedoro, P., 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Departemen Kehutanan. 2003. *Buku Panduan Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan, Jakarta
- Departemen Kehutanan, 2005. *Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial. Jakarta.
- de Leon, R. O. D., & White, A. T. 1999. Mangrove Rehabilitation in the Philippines. In W. Streever (Ed.), *An International Perspective on Wetland Rehabilitation* (pp. 37-42). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Dewanti, R, T. Maulana, S. Budiman, F. Zinuddin & Munyati. 1999. Kondisi Hutan Mangrove di Kalimantan Timur, Sumatera, Jawa, Bali, dan Maluku. *Majalah LAPAN*, Edisi Penginderaan Jauh, (91): 29-43.
- Dharmawan I.W., & Pramudji. E., 2014. *Panduan Monitoring Status Ekosistem Mangrove*. PT. Sarana Komunikasi Utama. vii + 35hlm
- Faizal, A., & Amran, M. A. 2005. Model transformasi indeks vegetasi yang efektif untuk prediksi kerapatan mangrove rhizophora mukronata. Dalam *Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV*, 14-15 September. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Fang, H., & Liang, S. 2014. Leaf Area Index Models☆ *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*: Elsevier.
- Gessesse, A. A., & Melesse, A. M. 2019. Chapter 8 - Temporal relationships between time series CHIRPS-rainfall estimation and eMODIS-NDVI satellite images in Amhara Region, Ethiopia. In A. M. Melesse, W. Abtew, & G. Senay (Eds.), *Extreme Hydrology and Climate Variability* (pp. 81-92): Elsevier
- Ghorbanian, A., Zaghian, S., Asiyabi, R. M., Amani, M., Mohammadzadeh, A., & Jamali, S. 2021. Mangrove Ecosystem Mapping Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Satellite Images and Random Forest Algorithm in Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 13(13), 2565.
- Gilani, H., Naz, H. I., Arshad, M., Nazim, K., Akram, U., Abrar, A., & Asif, M. 2021. Evaluating mangrove conservation and sustainability through spatiotemporal (1990-2020) mangrove cover change analysis in Pakistan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 249, 107128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107128>
- Hu, L., Xu, N., Liang, J., Li, Z., Chen, L., & Zhao, F. 2020. Advancing the Mapping of Mangrove Forests at National-Scale Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Time-Series Data with Google Earth Engine: A Case Study in China. *Remote Sensing*, 12(19), 3120.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1), 195-213. doi:[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Jia, M., Wang, Z., Wang, C., Mao, D., & Zhang, Y. 2019. A New Vegetation Index to Detect Periodically Submerged Mangrove Forest Using Single-Tide Sentinel-2 Imagery. *Remote Sensing*, 11(17), 2043.
- Jimenez, R. B., Lane, K. J., Hutyra, L. R., & Fabian, M. P. 2022. Spatial resolution of Normalized Difference Vegetation Index and greenness exposure misclassification in an urban cohort. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 32(2), 213-222. <https://doi.org/10.1038/s41370-022-00409-w>
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2004. KepMen LH No. 201 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Salinan. 62 Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T. V., & Dech, S. 2011. Remote Sensing of Mangrove Ecosystems: A Review. *Remote Sensing*, 3(5), 878-928.

- Lee, C. K. F., Duncan, C., Nicholson, E., Fatoyinbo, T. E., Lagomasino, D., Thomas, N., . . . Murray, N. J. 2021. Mapping the Extent of Mangrove Ecosystem Degradation by Integrating an Ecological Conceptual Model with Satellite Data. *Remote Sensing*, 13(11), 2047.
- Li, X., Feng, R., Guan, X., Shen, H., & Zhang, L. 2019. Remote sensing image mosaicking: Achievements and challenges. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 7(4), 8-22
- Lugo, A. E., & Snedaker, S. C., 1974. The Ecology of Mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1), 39-64. doi:10.1146/annurev.es.05.110174.000351
- Manoppo A.K.S., Anggraini N., & Marini Y. 2015. Identifikasi Mangrove dengan Metode Optimum Index Factor (OIF) pada Data SPOT 6 dan Landsat 8 di Pulau Lingayan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX 2015*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
- Massa, Y.M. 2021. Berebut Lahan Di Pesisir Makassar, Ruang Mangrove Butuh Diperjuangkan. Blue Forest-Yayasan Hutan Biru (publish 2021, April 9) website : <https://blue-forests.org/id/ruang-berita/kabar-dari-kami/berebut-lahan-di-pesisir-makassar-ruang-mangrove-butuh-diperjuangkan>
- Mondal, P., Liu, X., Fatoyinbo, T. E., & Lagomasino, D. 2019. Evaluating Combinations of Sentinel-2 Data and Machine-Learning Algorithms for Mangrove Mapping in West Africa. *Remote Sensing*, 11(24), 2928.
- Nunoo, F. and Agyekumhene, A. 2022. Mangrove Degradation and Management Practices along the Coast of Ghana. *Agricultural Sciences*, 13, 1057-1079. doi: [10.4236/as.2022.1310065](https://doi.org/10.4236/as.2022.1310065).
- Purnobasuki dan Suzuki. 2005. *Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove*. PT Airlangga University Press. Surabaya.
- Pretzsch, H., Biber, P., UHL, E., Dahlhausen, J., Rötzer, T., Caldentey, J., Koike, T., Van Con, T., Chavanne, A., Seifert, T. & Du Toit, B., 2015. Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centres, parks, and forests. *Urban forestry & urban greening*, 14(3), 466-479. doi: 10.1016/j.ufug.2015.04.006
- Robertson, A. I., 1991, Plant-animal interactions and the structure and function of mangrove forest ecosystems. *Australian Journal of Ecology*, 16: 433-443. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1991.tb01073.x>
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. & Deering, D.W. 1973. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). *Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium*, Greenbelt, 10-14 December, SP-351, 309-317.
- Sari, K. I., Budimawan, & Selamat, M. B. 2023. Sustainability Study of Mangrove Area Management in the North Coast of Makassar City (Case Study: Lantebung and Untia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1134(1), 012050. doi:10.1088/1755-1315/1134/1/012050
- Setyawan, A.D., Winarno, K., Purnama, P.C. 2003. Review: ekosistem mangrove di Jawa: 1. Kondisi terkini. *Biodiversitas* 4 (2): 130-142.
- Singgale Y. A., Gudiatoc., Prasetyo S. Y. J., & Fibrini C. 2021. Mangrove Monitoring Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): Case Study In North Halmahera, Indonesia. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(2), 219-239. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i2.34771>
- Srikant, S., Lum, S.K.Y., & Zhong, C., 2016. Mangrove root: adaptations and ecological importance. *Trees*: 30(2), 451-465. doi: <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1233-0>
- Tran, T. V., Reef, R., & Zhu, X. 2022. A Review of Spectral Indices for Mangrove Remote Sensing. *Remote Sensing*, 14(19), 4868.
- Xue, J., & Su, B. 2017. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*, 2017, 1353691. doi:10.1155/2017/1353691
- Yando, E. S., Sloey, T. M., Dahdouh-Guebas, F., Rogers, K., Abuchahla, G. M. O., Cannicci, S., . . . Friess, D. A. 2021. Conceptualizing ecosystem degradation using mangrove forests as a model system. *Biological Conservation*, 263, 109355. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109355>.
- Yasin, M. Y., Mohd Noor, N., Mohd Yusoff, M., Abdullah, J., & Noor, N. M. 2021. SPOT Imagery Observation on Mangrove Changes Using NDVI Density Analysis: The Case of Sepang Besar River, Malaysia. *The Arab World Geographer*, 23(2-3), 217-228. doi:10.5555/1480-6800.23.2.217

Ahmad Faizal, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Jln Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar, Indonesia.

Email: ahmad.faizal@unhas.ac.id

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9258-9347>

URL Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=u1gaDSoAAAAJ>

Nita Mutainnah, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Jln Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar, Indonesia.

Email: nitamutmainna32@gmail.com

Muh Anshar Amran, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Jln Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar, Indonesia.

Email: anshar_btg@yahoo.co.id

Amran Saru, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Jln Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar, Indonesia.

Email: amransaruprof@gmail.com

Khaerul Amri, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Jln Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar, Indonesia.

Email: kamri.ikl@gmail.com

M. Natsir Nessa, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Jln Perintis Kemerdekaan Km 10 Makassar, Indonesia.

Email: akh_faizal@yahoo.co.id

How to cite this article:

Faizal A., Mutainnah, N., Amran, M.A., Saru, A., Amri, K., Nessa, M.N., 2023. Application of NDVI Transformation on Sentinel 2A Imagery for Mapping Mangrove Conditions in Makassar City. *Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil* 7(1): 59-66.

<https://doi.org/10.29239/j.akuatikisle.7.1.59-66>

Perbaikan Profread



akuatikisle



Active



Compose

- Inbox 296
- Starred
- Snoozed
- Sent
- Drafts 15
- More

Labels +

- ahmad.faizal@g.u... 55
- BSRE
- LHKPN



1 of 4



Dr. Ahmad Faizal, ST, M.Si <ahmad.faizal@unhas.ac.id>
to Sangia

Mar 7, 2023, 12:34 PM

Dear

R. Rochmady
Direktur Eksekutif [Center Study for Coastal and Isle Indonesia \(SCoCI\)](#)

Terima kasih atas konfirmasinya atas acpedednya artikel kami di Jurnal [Akuatikisle](#).
bersama email ini kami kirimkan koreksi atas naskah
Kode Naskah: #657
Judul Naskah: "Utilization of NDVI Transformation on Sentinel-2A Imagery for Mapping the Mangrove Area and Density in Makassar City"
sesuai dengan catatan yang kami lampirkan pada tabel koreksi di file atachment,

terima kasih atas
Hormat Kami

Dr. Ahmad Faizal



One attachment • Scanned by Gmail



No	Lokasi Koreksi	Bagian yang dikoreksi
1	Hal 2/60 kolom 1 paragraf 1 baris ke 6 dan baris ke 7	Spectral menjadi spektral
2	Hal 3/61 kolom 1 paragraf 2 baris ke 2	tahappengolahan menjadi tahap pengolahan
3	Hal 4/62 Tabel 2 baris ke 4	Rapat menjadi Padat
4	Hal 4/62 Tabel 3 baris ke 4	Rapat menjadi Padat
5	Hal 4/62 Tabel 4 baris ke 4	Rapat menjadi Padat
6	Hal 4/62 kolom 2 paragraf 3 baris ke 3 dan baris ke 5	Pixel menjadi Piksel
7	Hal 6/64 kolom 2 paragraf 3 baris ke 4	Rapat menjadi Padat
8	<p>Daftar Pustaka : Hal 7/65 Kolom 2, Urut 12 :</p> <p>Ghorbanian, A., Zaghian, S., Asiyabi, R. M., Amani, M., Mohammadzadeh, A., & Jamali, S. (2021). Mangrove Ecosystem Mapping Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Satellite Images and Random Forest Algorithm in Google Earth Engine. <i>Remote Sensing</i>, 13(13), 2565.</p>	<p>Tambahan DOI :</p> <p>https://doi.org/10.3390/rs13132565</p>
9	<p>Daftar Pustaka : Hal 7/65 Kolom 2, Urut 14 :</p> <p>Hu, L., Xu, N., Liang, J., Li, Z., Chen, L., & Zhao, F. (2020). Advancing the Mapping of Mangrove Forests at National-Scale Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Time-Series Data with Google Earth Engine: A Case Study in China. <i>Remote Sensing</i>, 12(19), 3120.</p>	<p>Tambahan DOI :</p> <p>https://doi.org/10.3390/rs12193120</p>
10	<p>Daftar Pustaka : Hal 7/65 Kolom 2, Urut 16 :</p> <p>Jia, M., Wang, Z., Wang, C., Mao, D., & Zhang, Y. (2019). A New Vegetation Index to Detect Periodically Submerged Mangrove Forest Using Single-Tide Sentinel-2 Imagery. <i>Remote Sensing</i>,</p>	<p>Tambahan DOI</p> <p>https://doi.org/10.3390/rs11172043</p>

	<i>11(17)</i> , 2043.	
11	<p>Daftar Pustaka : Hal . 7/65 Kolom 2, Urut 19 :</p> <p>Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T. V., & Dech, S. (2011). Remote Sensing of Mangrove Ecosystems: A Review. <i>Remote Sensing</i>, 3(5), 878-928.</p>	<p>Tambahan DOI :</p> <p>https://doi.org/10.3390/rs3050878</p>
12	<p>Daftar Pustaka : Hal . 8/66 Kolom 1, Urut 1 :</p> <p>Lee, C. K. F., Duncan, C., Nicholson, E., Fatoyinbo, T. E., Lagomasino, D., Thomas, N., . . . Murray, N. J. (2021). Mapping the Extent of Mangrove Ecosystem Degradation by Integrating an Ecological Conceptual Model with Satellite Data. <i>Remote Sensing</i>, 13(11), 2047.</p>	<p>Tambahan DOI :</p> <p>https://doi.org/10.3390/rs13112047</p>
13	<p>Daftar Pustaka : Hal . 8/66 Kolom 1, Urut 2 :</p> <p>Li, X., Feng, R., Guan, X., Shen, H., & Zhang, L. (2019). Remote sensing image mosaicking: Achievements and challenges. <i>IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine</i>, 7(4), 8-22</p>	<p>Tambahan DOI :</p> <p>DOI: 10.1109/MGRS.2019.2921780</p>
14	<p>Daftar Pustaka : Hal . 8/66 Kolom 1, Urut 6 :</p> <p>Mondal, P., Liu, X., Fatoyinbo, T. E., & Lagomasino, D. (2019).</p>	<p>Tambahn DOI :</p> <p>https://doi.org/10.3390/rs11242928</p>

	<p>Evaluating Combinations of Sentinel-2 Data and Machine-Learning Algorithms for Mangrove Mapping in West Africa. <i>Remote Sensing</i>, 11(24), 2928.</p>	
	<p>Daftar Pustaka : Hal . 8/66 Kolom 2, Urut 6 :</p> <p>Tran, T. V., Reef, R., & Zhu, X. (2022). A Review of Spectral Indices for Mangrove Remote Sensing. <i>Remote Sensing</i>, 14(19), 4868.</p>	<p>Tambahan DOI :</p> <p>https://doi.org/10.3390/rs14194868</p>

Publish

Gmail

Compose

99+ Mail

Inbox 296

Starred

Snoozed

Sent

Drafts 15

More

Labels +

- ahmad.faizal@g.u... 55
- BSRE
- LHKPN

S Sangia Publishing <journals@sangia.org> to me

Mar 8, 2023, 1:20 AM

Indonesian > English Translate message Turn off for: Indonesian

Dear Dr. Ahmad Faizal

Selamat! Naskah final anda telah diterbitkan. Berikut kami lampirkan naskah final anda dengan identitas sebagai berikut:

Kode Naskah: #657
Judul Naskah: "Application of NDVI Transformation on Sentinel 2A Imagery for mapping mangrove conditions in Makassar City"
DOI: <https://doi.org/10.29239/akuatikisle.7.1.59-66>
Status: **Published**.

Artikel tersebut dapat ditemukan melalui URL: <https://ejournal.stipwunarahua.ac.id/ISLE/article/view/s2023111> atau melalui URL: <https://www.journals.sangia.org/ISLE/article/view/s2023111>
Untuk memperluas diseminasi atas artikel anda, kami sangat merekomendasikan agar URL naskah tersebut dapat disebarluaskan melalui sosial media yang anda miliki. Terima kasih atas kepercayaan anda telah menerbitkan naskah di **Akuatikisle**. Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.

- NOTE:**
1. DOI artikel akan aktif dalam beberapa waktu ke depan.
 2. Untuk terindeks Google Scholar menunggu penarikan metadata artikel oleh algoritma Google. Proses ini membutuhkan waktu agar seluruh metadata naskah sesuai dengan metadata artikel.
 3. Proses penarikan data oleh algoritma Google tersebut sepenuhnya diluar kendali kami, namun biasanya memerlukan waktu kurang lebih satu minggu sejak naskah ditayangkan.

One attachment • Scanned by Gmail

