

ANALISIS KERAPATAN VEGETASI UNTUK TINGKAT KESEHATAN MANGROVE DI KECAMATAN KAMPUNG LAUT KABUPATEN CILACAP MENGGUNAKAN METODE NDVI (*NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX*)

Rias Nur Qomariyah, Umar El Izzudin Kiat, S.Si., M.P.W.K.
Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta
E-mail: riasnur32@gmail.com

Abstract

One of the subdistricts in Cilacap Regency, Central Java, Indonesia, is Kampung Laut. Located geographically close to Segara Anakan, which is covered with mangroves, lies the Kampung Laut subdistrict. Mangrove forests are found along tide-affected coastal regions. The present study aims to: (1) examine the distribution of mangroves in Kampung Laut sub-district of Cilacap Regency using the Mangrove Vegetation Index (MVI) technique; and (2) examine the distribution of mangrove density level in Kampung Laut sub-district using the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) technique in 2023. (3) to use the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) technique to analyse the distribution of mangrove health levels in the Kampung Laut sub-district in 2023. The identification of mangrove vegetation is possible with remote sensing technology. Sentinel-2A picture data from 2023 was used in this investigation. The author employed the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) algorithm to assess the degree of mangrove health in the study region, while the Mangrove Vegetation Index (MVI) technique was used to estimate the distribution of mangroves in the study area.

According to the study, the accuracy test results of 91.30% were higher than the 85% minimum threshold for acceptance of an interpretation. 3,755.88 hectares is the mangrove area as a result. 621.39 hectares, or 16.54% of the total mangrove area, is in good condition, whereas 2,511.41 ha, or 66.87% of the mangrove area, is in very good condition. Both Klaces Village and Ujungalang Village are dominated by these factors. Furthermore, Panikel Village and Ujunggagak Village control the 430.44 ha (11.46%) of mangrove area with normal conditions and the 192.64 ha (5.13%) of mangrove area with poor conditions.

Keywords: Mangroves, NDVI, Sentinel 2-A, MVI, and Remote Sensing.

Abstrak

Salah satu kecamatan di Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia, adalah Kampung Laut. Secara geografis, Kecamatan Kampung Laut terletak di dekat Segara Anakan yang ditumbuhi hutan bakau. Hutan mangrove ditemukan di sepanjang wilayah pesisir yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengkaji sebaran mangrove di Kecamatan Kampung Laut, Kabupaten Cilacap dengan menggunakan teknik *Mangrove Vegetation Index* (MVI), (2) mengkaji sebaran tingkat kerapatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut dengan menggunakan teknik *Normalised Difference Vegetation Index* (NDVI)

pada tahun 2023. (3) menganalisis sebaran tingkat kesehatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut pada tahun 2023 dengan menggunakan teknik *Normalised Difference Vegetation Index* (NDVI). Identifikasi vegetasi mangrove dapat dilakukan dengan teknologi penginderaan jauh. Data citra Sentinel-2A dari tahun 2023 digunakan dalam penelitian ini. Penulis menggunakan algoritma *Normalised Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk menilai tingkat kesehatan mangrove di wilayah studi, sedangkan teknik *Mangrove Vegetation Index* (MVI) digunakan untuk mengestimasi sebaran mangrove di wilayah studi.

Menurut penelitian tersebut, hasil uji akurasi sebesar 91,30% lebih tinggi dari ambang batas minimum 85% untuk penerimaan interpretasi. Hasilnya, 3.755,88 hektar merupakan area mangrove. 621,39 hektar atau 16,54% dari total area mangrove berada dalam kondisi baik, sedangkan 2.511,41 hektar atau 66,87% dari total area mangrove berada dalam kondisi sangat baik. Desa Klaces dan Desa Ujungalang didominasi oleh faktor ini. Selanjutnya, Desa Panikel dan Desa Ujungagak memiliki 430,44 ha (11,46%) kawasan mangrove dengan kondisi normal dan 192,64 ha (5,13%) kawasan mangrove dengan kondisi buruk.

Kata Kunci: Mangrove, NDVI, Sentinel 2-A, MVI, dan Penginderaan Jauh.

1. PENDAHULUAN

Mangrove memiliki peran penting dalam berbagai ekosistem tropis, karena dapat menyediakan tempat berkembang biak untuk perikanan, membantu menstabilkan garis pantai, dan menyerap karbon (Donato, 2011 dalam Veettil, 2019). Vegetasi air seperti mangrove tumbuh di daerah pesisir dan memberikan banyak manfaat bagi lingkungan karena sangat tahan terhadap lingkungannya. Tetapi mangrove sangat peka terhadap perubahan lingkungan hidrologis, seperti perubahan kualitas air. Oleh karena itu, perubahan dalam ekosistem mangrove dapat menunjukkan perubahan lingkungan (Kuenzer et al., 2011). Meskipun pentingnya dan peran mangrove di alam telah diketahui, ekosistem mangrove merupakan salah satu habitat yang paling terancam di dunia, dan kehilangan habitat ini diperkirakan akan terus berlanjut seiring dengan populasi manusia yang semakin meningkat (Long dkk., 2014).

Kecamatan Kampung Laut terletak di wilayah pesisir Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Kecamatan ini agak terisolasi karena jauh dari jalan raya dan pusat Kota Cilacap karena lokasinya yang terpencil dan berada di tepi laut, Kecamatan Kampung Laut terletak di tepi laguna Segara Anakan. Letaknya yang dekat dengan laut dan terbentuknya beberapa komunitas di antara gugusan pulau-pulau kecil di Laguna Segara Anakan, kecamatan ini dikenal dengan sebutan Kampung Laut. Luas keseluruhan wilayah ini adalah 14.222 hektar, yang terdiri dari laut yang ditutupi oleh hutan bakau dan daratan yang terbentuk oleh endapan

lumpur di laguna Segara Anakan.

Aktivitas manusia dan unsur alam telah merusak habitat mangrove di Kampung Laut. Berkurangnya luas perairan, menurunnya kualitas air, dan menyusutnya luasan hutan mangrove merupakan beberapa perubahan lingkungan fisik yang terjadi di kawasan tersebut. Pengendapan atau sedimentasi telah menyebabkan penyempitan Laguna Segara Anakan, sekitar 3.000.000 meter kubik lumpur setiap tahunnya. Sembilan sungai kecil Citanduy, Kayumati, Cikujung, Cibeureum, Cikonde, Muaradua, Ujung Alang, dan Donan menyumbangkan endapan tersebut. Laut dulunya dianggap sebagai bentang alam pemandangan, namun pada tahun 1990-an, ditemukan bahwa laut merupakan tanah-tanah yang timbul ke atas.

Sekelompok spesies tanaman yang hidup berdampingan di satu lokasi untuk membentuk unit yang saling bergantung disebut vegetasi. Susunan tanaman di dalam ruang untuk membentuk tegakan dan, lebih luas lagi, untuk membentuk jenis vegetasi dikenal sebagai struktur vegetasi. Untuk mengetahui jenis, komposisi, dan bentuk struktur vegetasi (kerapatan tanaman) dapat dilakukan melalui analisis vegetasi. Kerapatan vegetasi adalah proporsi suatu jenis tumbuhan atau vegetasi yang terdapat pada suatu area tertentu. Telah lama digunakan sebagai ukuran jumlah dan kualitas vegetasi, indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis dari band merah dan band NIR (*Near-Infrared Radiation*) (Lillesand dan Kiefer, 1997). Indeks Vegetasi perbedaan Ternormalisasi atau NDVI, adalah indeks vegetasi yang umum digunakan. Ide dibalik perhitungan NDVI adalah bahwa meskipun tanaman hijau memantulkan radiasi inframerah dekat, tanaman tersebut juga sangat efektif menyerap radiasi yang berhubungan dengan fotosintesis (PAR) dalam spektrum cahaya tampak (Ryan, L. 1997).

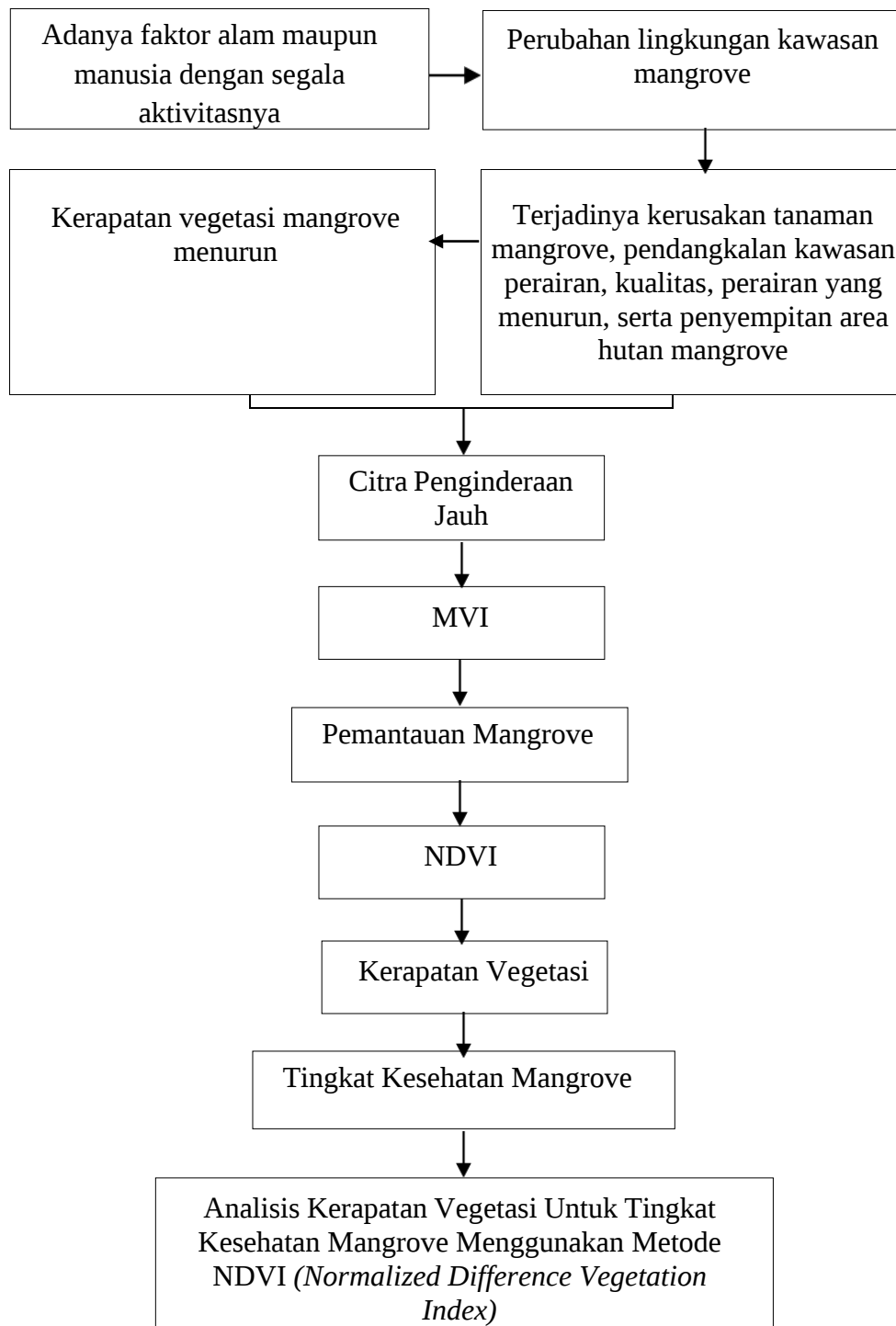
Kondisi mangrove semakin hari semakin memburuk, oleh karena itu data dan informasi mengenai kondisi mangrove di Kecamatan Kampung Laut harus dikaji untuk mengelola mangrove secara berkelanjutan dan melestarikan serta dapat menjaga lingkungannya. Berbeda dengan vegetasi darat pada umumnya, ekosistem mangrove di sepanjang perbatasan antara darat dan laut memberikan efek pencatatan yang khusus. Indeks Vegetasi perbedaan Ternormalisasi (*Normalised Difference Vegetation Index*), atau transformasi NDVI, biasanya digunakan untuk mendeteksi tingkat kerapatan vegetasi mangrove (Kawamuna et al., 2017). Citra Sentinel-2A digunakan untuk menghitung nilai indeks vegetasi, sedangkan

perangkat lunak ArcGIS digunakan untuk menghitung kerapatan vegetasi di Kecamatan Kampung Laut, Kabupaten Cilacap. Hasil studi NDVI akan ditampilkan dalam bentuk peta, sehingga memudahkan untuk mengidentifikasi wilayah dengan vegetasi yang lebat. Para pembuat kebijakan dapat menggunakan data dari informasi yang dikumpulkan untuk meningkatkan langkah-langkah yang diambil untuk mengurangi kerusakan mangrove.

Pentingnya penggunaan teknologi penginderaan jauh untuk memantau kerapatan vegetasi di Kecamatan Kampung Laut, Kabupaten Cilacap. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan teknik NDVI untuk aplikasi penginderaan jauh untuk mengetahui tingkat kerapatan vegetasi yang digunakan untuk menilai kesehatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut, Kabupaten Cilacap. Hasil dari penelitian kerapatan vegetasi ini diharapkan dapat digunakan sebagai informasi untuk meremediasi kerusakan mangrove yang telah terjadi. Berdasarkan pemaparan diatas akan dilakukan penelitian terkait kerapatan vegetasi dengan judul “Analisis Kerapatan Vegetasi untuk Tingkat Kesehatan Mangrove di Kecamatan Kampung Laut Kabupaten Cilacap menggunakan Metode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)”. Penelitian ini akan didasarkan pada informasi latar belakang yang disajikan di sini.

2. METODE PENELITIAN

Analisis deskriptif kuantitatif dan pendekatan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) digunakan dalam metodologi penelitian ini. Tujuan dari teknik deskriptif kuantitatif adalah untuk menggambarkan suatu gejala, peristiwa, atau kejadian saat ini dengan menggunakan data dalam bentuk nilai numerik yang berasal dari skenario dunia nyata. Prosesnya meliputi pengumpulan, kategorisasi, evaluasi, dan pengolahan data untuk memberikan laporan dan kesimpulan yang terutama dimaksudkan untuk memberikan representasi objektif dari suatu situasi. Penginderaan Jauh (PJ) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan untuk mendukung metodologi studi ini. Metode yang dikenal sebagai metodologi *Normalised Difference Vegetation Index* (NDVI) digunakan untuk menentukan tingkat kesehatan mangrove.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sebaran Mangrove Menggunakan Teknik *Mangrove Vegetation Index* (MVI) di Kecamatan Kampung Laut Tahun 2023

Berdasarkan hasil pengolahan MVI Kecamatan Kampung Laut tahun 2023 diketahui sebaran mangrove dan non mangrove serta luas wilayah yang terdapat di wilayah Kecamatan Kampung Laut tahun 2023. Sebaran mangrove ditunjukkan

dengan warna hijau. Dibawah ini tabel 1 menampilkan data luas wilayah sebaran mangrove di Kecamatan Kampung Laut tahun 2023.

Tabel 1. Sebaran Luas Mangrove di Kecamatan Kampung Laut Tahun 2023

Kriteria	Luas (Ha)	Persentase (%)
Mangrove	3.755,88	26,41
Non Mangrove	10.466,12	73,59
Jumlah	14,222	100

Sumber: Pengolahan data

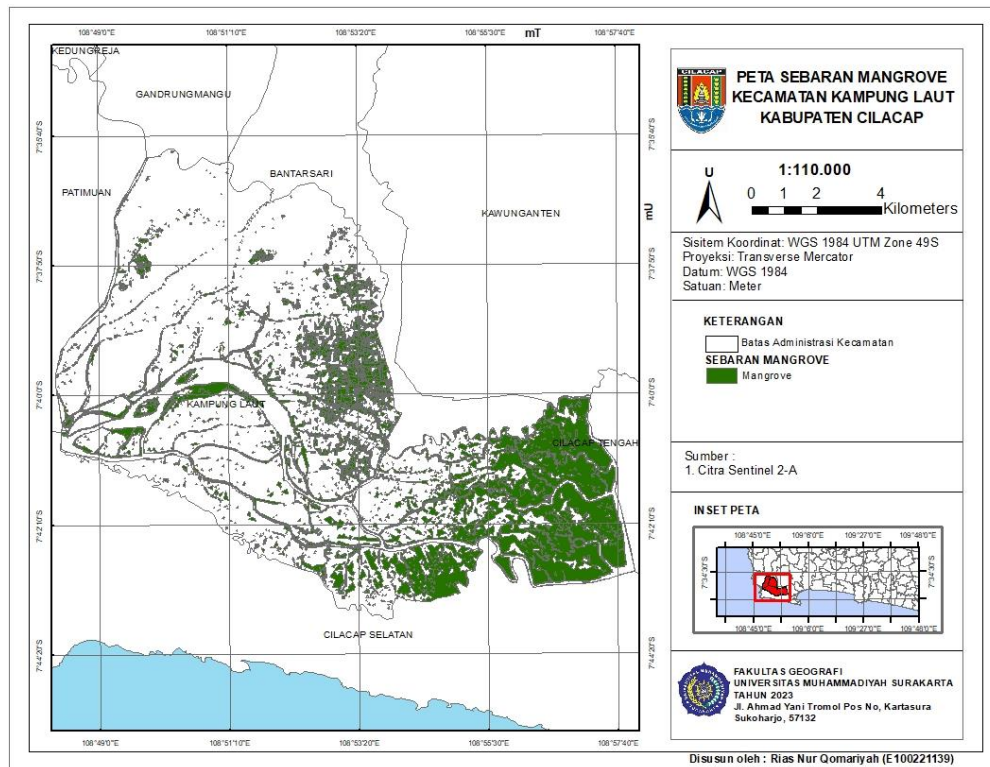
Berdasarkan tabel 1 diatas menunjukkan sebaran mangrove di Kecamatan Kampung Laut tahun 2023 diperoleh luas wilayah mangrove sebesar 3.755,88 ha dengan persentase 26,41% dari total 14.222 ha luas keseluruhan wilayah kecamatan, sedangkan sebaran non mangrove diperoleh luas wilayah sebesar 10.466,12 ha dengan persentase 73,59% dari total 14,222 ha luas keseluruhan wilayah. Kecamatan Kampung Laut terbagi menjadi 4 desa yaitu Desa Ujunggagak, Desa Klaces, Desa Ujungalang, dan Desa Panikel. Tabel 2 berikut ini menampilkan data nama desa dan luas mangrove kecamatan yang ada di Kecamatan Kampung Laut.

Tabel 2. Sebaran Luas Mangrove Desa Kecamatan Kampung Laut Tahun 2023

No	Desa	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Ujunggagak	192,64	5,13
2	Klaces	430,44	11,46
3	Ujungalang	2.511,41	66,87
4	Panikel	621,39	16,54
	Jumlah	3.755,88	100

Sumber: Pengolahan data

Berdasarkan tabel 2 diatas menunjukkan bahwa Desa Ujunggagak memiliki luas mangrove sebesar 192,64 ha dengan persentase 5,13%, Desa Klaces memiliki luas mangrove sebesar 430,44 ha dengan persentase 11,46%, Desa Ujungalang memiliki luas mangrove sebesar 2.511,41 dengan persentase 66,87%, dan Desa Panikel memiliki luas mangrove sebesar 621,39 dengan persentase 16,54%. Desa Ujunggagak merupakan desa yang memiliki luas mangrove wilayah paling kecil di Kecamatan Kampung Laut sedangkan Desa Ujungalang merupakan desa yang memiliki luas mangrove wilayah paling luas di Kecamatan Kampung Laut. Gambar 2 berikut ini menampilkan gambar peta sebaran mangrove di Kecamatan Kampung Laut.



Gambar 2. Peta Sebaran Mangrove di Kecamatan Kampung Laut Tahun 2023

3.2 Sebaran Tingkat Kerapatan Mangrove Menggunakan Teknik *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) di Kecamatan Kampung Laut Tahun 2023

Kecamatan Kampung Laut pada tahun 2023 mendapatkan nilai minimum -1,00 dan nilai maksimum 1,00 berdasarkan hasil pengolahan NDVI. Terdapat tiga kelas yang membentuk klasifikasi tersebut, yaitu jarang yang ditunjukkan dengan warna merah, sedang yang ditunjukkan dengan warna kuning, dan lebat yang ditunjukkan dengan warna hijau. Dibawah ini tabel 3 menampilkan data luas wilayah tingkat kerapatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut tahun 2023.

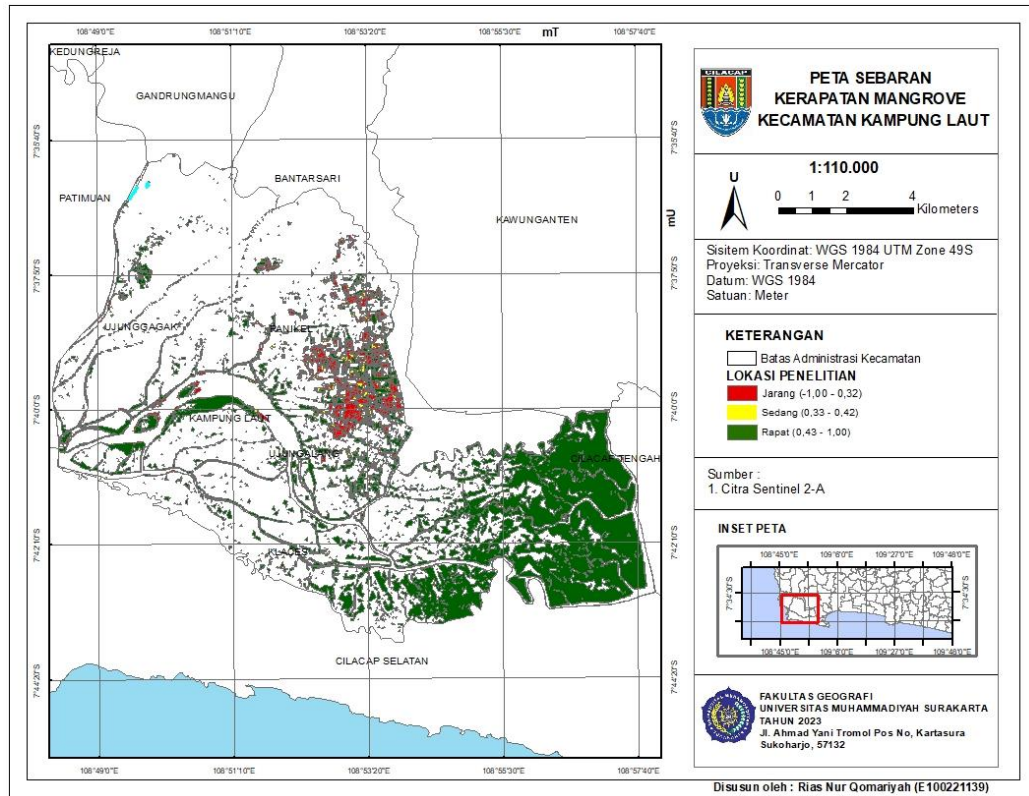
Tabel 3. Tingkat Kerapatan Mangrove di Kecamatan Kampung Laut Tahun 2023.

Nilai NDVI	Kriteria	Luas (Ha)	Persentase (%)
0,43 – 1,00	Rapat	3.087,23	82,20
0,33 – 0,42	Sedang	201,303	5,36
-1,00 – 0,32	Jarang	467,347	12,44
Jumlah		3.755,88	100

Sumber: Pengolahan data

Berdasarkan nilai yang telah diperoleh dari perhitungan NDVI, maka didapatkan peta kerapatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut. Dari tabel diatas sebesar 3.087,23 ha dari total luas tersebut 3.755,88 ha dengan persentase luas 82,20% merupakan daerah mangrove dengan kerapatan rapat, 201,303 ha dengan persentase

luas 5,36% merupakan daerah mangrove dengan kerapatan sedang, dan 467,347 ha dengan persentase 12,44% merupakan daerah mangrove dengan kerapatan jarang. Berikut ini gambar 3 hasil peta dari klasifikasi tingkat kerapatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut tahun 2023.



Gambar 3. Peta Sebaran Tingkat Kerapatan Mangrove di Kecamatan Kampung Laut Tahun 2023

3.3 Sebaran Tingkat Kesehatan Mangrove Menggunakan Teknik *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) di Kecamatan Kampung Laut Tahun 2023

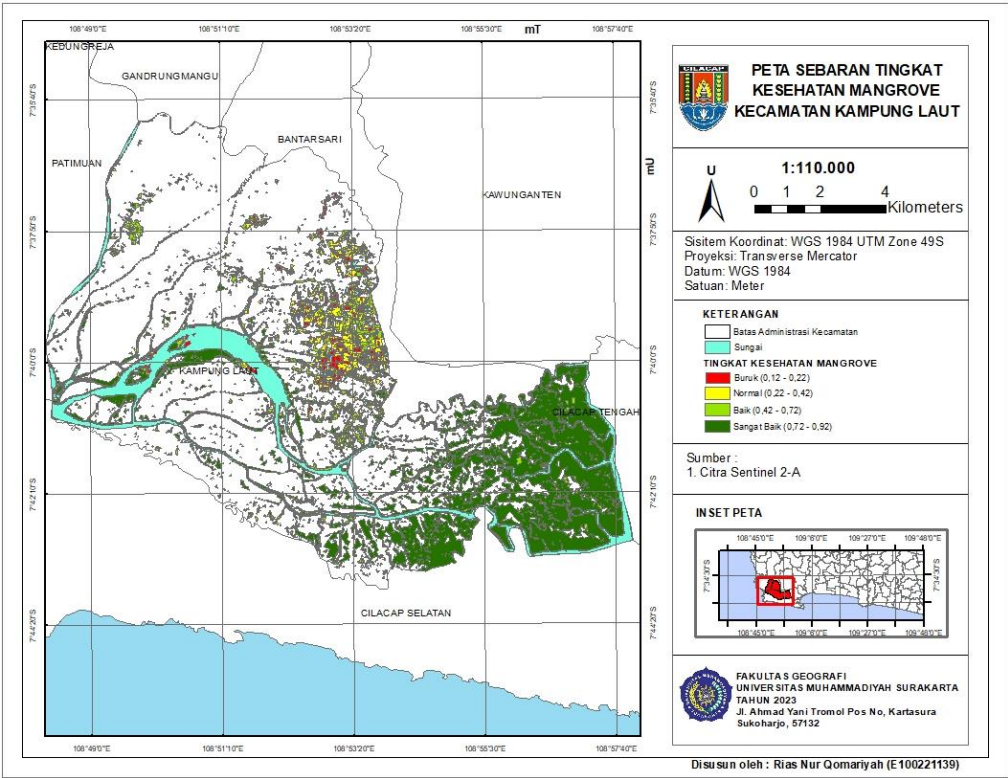
Hasil pengolahan NDVI Kecamatan Kampung Laut tahun 2023 menunjukkan bahwa nilai minimumnya adalah 0,12 dan nilai maksimumnya adalah 0,92. Empat kelas digunakan untuk klasifikasi, yaitu buruk ditunjukkan dengan warna merah pada peta, normal ditunjukkan dengan warna kuning, baik ditunjukkan dengan warna hijau muda, dan sangat baik ditunjukkan dengan warna hijau tua. Data tingkat kesehatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut pada tahun 2023 ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Tingkat Kesehatan Mangrove di Kecamatan Kampung Laut Tahun 2023.

Nilai NDVI	Kriteria	Luas (Ha)	Persentase (%)
0,72 – 0,92	Sangat Baik	2.511,41	66,87
0,42 – 0,72	Baik	621,39	16,54
0,22 – 0,42	Normal	430,44	11,46
0,12 – 0,22	Buruk	192,64	5,13
Jumlah		3.755,88	100

Sumber: Pengolahan data

Berdasarkan nilai yang telah diperoleh dari perhitungan NDVI, dapat dilihat bahwa tingkat kesehatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut didominasi tingkat kesehatan mangrove yang sangat baik dengan rentang nilai 0,72 sampai 0,92. Berdasarkan tabel di atas, terdapat empat jenis kawasan mangrove yang berbeda: 2.511,41 ha dengan persentase luas 66,87%, 621,39 ha dengan persentase luas 16,54%, 430,44 ha dengan persentase luas 11,46%, 192,64 ha dengan persentase 5,13%, dan kawasan mangrove dengan kondisi sangat baik, kondisi baik, kondisi normal, dan kondisi buruk. Hasil klasifikasi tingkat kesehatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut pada tahun 2023 ditunjukkan pada peta Gambar 4.



Gambar 4. Peta Sebaran Tingkat Kesehatan Mangrove di Kecamatan Kampung Laut Tahun 2023

Berdasarkan data diatas maka perlu dilakukan penelitian lapangan untuk mengetahui tingkat akurasi dari tingkat kesehatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut. Seelah dilakukan uji akurasi lapangan, makan dapat diketahui tingkat keakurasinya. Hasil uji akurasi lapangan disajikan pada tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Uji Akurasi Lapangan Tingkat Kesehatan Mangrove

Klasifikasi	Data Lapangan				Total
	b	n	ba	sba	
Buruk (b)	5	0	0	0	5
Normal (n)	2	8	0	0	10
Baik (ba)	0	0	5	0	5
Sangat baik (sba)	0	0	0	3	3
Total	7	8	5	3	23

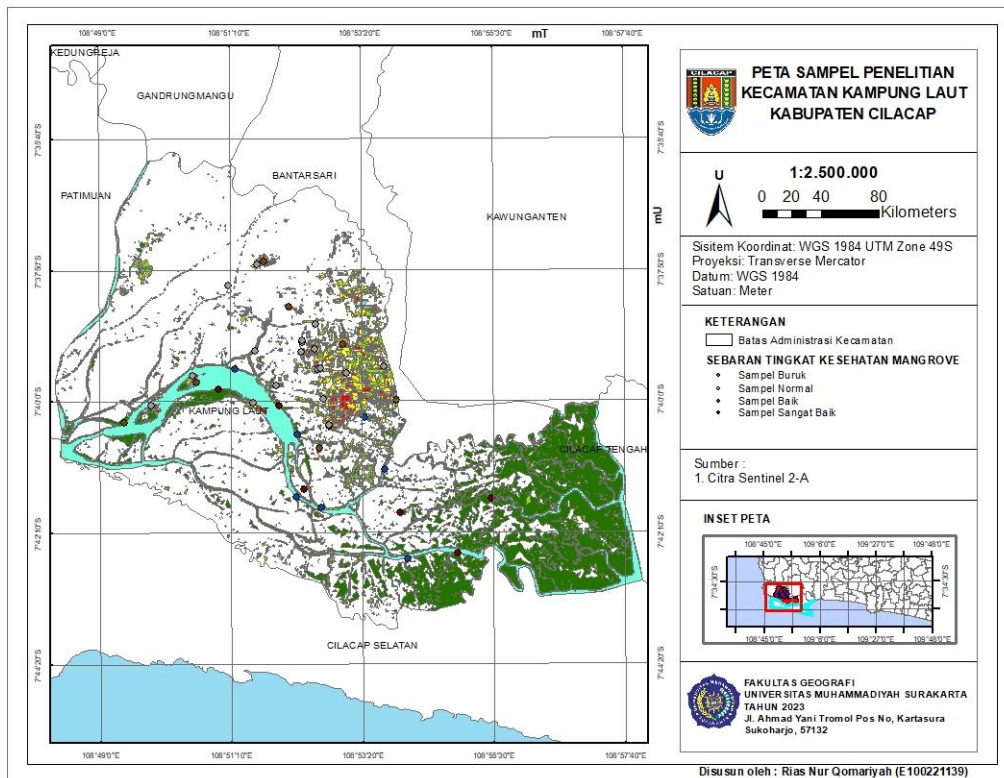
Sumber: hasil uji akurasi

Keterangan:

 : Salah
 : Benar

$$\begin{aligned}\text{Tingkat uji akurasi} &= \text{sampel benar} / \text{total sampel} \times 100\% \\ &= 21/23 \times 100\% = 91,30\%\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan tingkat uji akurasi tingkat kesehatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut, keakuratan data yang dimiliki yaitu 91,30%. Tingkat kesehatan mangrove memiliki jumlah sampel 23, terhitung terdapat 2 sampel yang tidak sesuai dengan hasil pengecekan di lapangan. Klasifikasi 2 sampel yang tidak sesuai memiliki tingkat kesehatan mangrove dengan klasifikasi normal pada peta dengan hasil uji lapangan yaitu memiliki tingkat kesehatan mangrove dengan kondisi klasifikasi buruk. Gambar 5 berikut ini menampilkan gambar peta sampel tingkat kesehatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut.



Gambar 5. Peta Sampel Sebaran Tingkat Kesehatan Mangrove di Kecamatan Kampung Laut Tahun 2023

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Peta persebaran mangrove Kecamatan Kampung Laut dengan Citra Sentinel-2A dapat memperoleh informasi tentang sebaran mangrove di Kecamatan Kampung Laut dengan mengacu pada peta yang dibuat menggunakan citra Sentinel-2A. Peta tersebut menggambarkan bahwa mangrove tidak tersebar secara merata di seluruh kecamatan. Hal ini dipengaruhi oleh pasang surut air laut dan juga karena berada di daerah di mana bahan-bahan organik terakumulasi dan pelumpuran. Dengan luas 2.511,41 ha, Desa Ujungalang memiliki area mangrove terbesar, sementara Desa Ujungagagak memiliki area terkecil, yaitu 192,64 ha.
2. Berdasarkan tingkat kerapatannya, mangrove di Kecamatan Kampung Laut didominasi oleh kelas kerapatan rapat dengan luas sebesar 3.087,23 ha yang memiliki rentang nilai NDVI 0,43 sampai 1,00. Tingkat kerapatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut memiliki 3 kelas yaitu tingkat kerapatan rapat dengan luas sebesar 3.087,23 ha dengan persentase 82,20%, tingkat kerapatan

sedang dengan luas sebesar 201,303 ha dengan persentase 5,36%, dan tingkat kerapatan jarang dengan luas sebesar 467,347 ha dengan persentase 12,44%. Berdasarkan penelitian yang didapatkan tingkat kerapatan mangrove di Kecamatan Kampung Laut dipengaruhi oleh faktor alam dan faktor manusia.

3. Berdasarkan tingkat kesehatannya, mangrove di Kecamatan Kampung Laut didominasi oleh tingkat kesehatan mangrove sangat baik dengan luas sebesar 2.511,41 ha dengan persentase 66,87% dari total luasan mangrove. Dengan menggunakan pendekatan NDVI, kesehatan mangrove dapat ditentukan dengan melihat nilai indeks vegetasi. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa pendekatan NDVI memiliki tingkat akurasi sebesar 91,30% dalam menentukan tingkat kesehatan mangrove.

4.2 Saran

1. Diharapkan kepada pemerintah untuk dapat mengedukasi masyarakat melalui penyuluhan agar masyarakat menjadi lebih sadar akan kondisi tanaman mangrove dan ikut berperan aktif dalam menjaga kelestarian alam sekitar.
2. Kepada peneliti selanjutnya, diharapkan mampu melakukan penelitian dengan memperbanyak informasi penelitian agar hasil yang didapat lebih bervariasi.
3. Kepada masyarakat agar mampu menjaga tanaman mangrove dengan cara mengadakan penanaman bibit, memperhatikan kesehatan mangrove, penanaman kembali tanaman mangrove maupun kegiatan lainnya.

PERSANTUNAN

Ucapan Terimakasih saya sampaikan kepada Bapak Umar El Izzudin Kiat, S.Si., M.P.W.K. sebagai Dosen Pembimbing Skripsi saya yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan saran, arahan dan juga ilmu yang bermanfaat selama proses bimbingan sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian ini. Selain itu beberapa pihak seperti keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan semangat, motivasi dan bantuan selama proses penelitian sampai akhirnya terselesaikan penulisan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aftriana, C,V. 2013. Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi Kota Semarang Menggunakan Bantuan Teknologi Penginderaan Jauh. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.

- Arhatin, R.E. 2007. *Pengkajian Algoritma Indeks Vegetasi dan Metode Klasifikasi Mangrove dari Data Satelit Landsat-5 TM dan Landsat-7 ETM+ : Studi Kasus di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Baloloy, A. B., Blanco, A. C., Ana, R. R., & Nadaoka, K. (2020, August). Development and application of a new mangrove vegetation index (MVI) for rapid and accurate mangrove mapping. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 166, 95-117. doi:10.1016/j.isprsjprs.2020.06.001.
- Barus, B dan U. S. Wiradisastra, 2000, Sistem Informasi Geografi Sarana Manajemen Sumberdaya, Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.
- Barus, B dan U. S. Wiradisastra, 2000, Sistem Informasi Geografi Sarana Manajemen Sumberdaya, Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.
- Bernhardsen, (2002). *Pengertian Geographic Information System*.
- Bernhardsen, (2002). *Pengertian Geographic Information System*.
- Danoedoro, Projo, 1996, *Pengolahan Citra digital Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh*, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar pengindraan jauh digital*. Yogyakarta: UGM.
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. & Kanninen, M. 2011. Mangroves Among the Most Carbon-Rich Forests in the Tropics. *Nature geoscience*. 4(5):293–297.
- Drusch, M., U. D. Bello, S. Carlier, O. Colin, V. Fernandez, F. Gascon, B. Hoersch, C.Isola, P. Laberinti, P. Martimort, A. Meygret, F. Spoto, O. Sy, F. Marchese and.
- ESA. (2015). *SENTINEL-2 User Handbook*. AS: International Business Publications.
- Hatulesila, J. W., Mardiatmoko, G., dan Wattimury, J,. 2017. *Analisis Spasial Ruang Terbuka Hijau (RTH) untuk Penanganan Perubahan Iklim*. Ambon.
- Indarto, Rufiani Nadzirah, & Hadrian Rekso Belagama. 2020. *Pemetaan Lahan Sub-Optimal Berbasis Nilai NDVI Sentinel 2a: Studi Pendahuluan*. Jember: Program Studi Teknik Pertanian Universitas Jember.
- Irawan, S., & Malau, A.O., (2016). Analisis Persebaran Mangrove di Pulau Batam Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh. *Jurnal Integrasi*, 8(2), 80–87.

- Irwanto. 2007. Analisis Vegetasi Untuk Pengelolaan Kawasan Hutan Lindung Pulau Marsegu, Kabupaten Seram Bagian Barat, Provinsi Maluku (tesis). Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Kawamuna, A., Suprayogi, A., & Wijaya, A.P,. 2017. Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi Ndvi Pada Citra Sentinel-2. *Jurnal Geodesi Undip*. 6 (1) : (ISSN:2337-845X) 277.
- Kuenzer, C., Bluemel A., Gebhardt S., Quoc T. V., and Dech S. 2011. Remote Sensing of Mangrove Ecosystems, A Review. *Remote Sensing*, 3: 878-928.
- Kurniadi, A. (2014). *Analisis Kualitas Lingkungan Permukaan Di Kecamatan Kotagede Kota Yogyakarta Menggunakan Citra Quicbird Yogyakarta*. (Skripsi). Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia.
- Laremba S. 2014. *Sebaran dan Kerapatan Mangrove di Teluk Kota Kendari Sulawesi Tenggara*. Makassar: FKIP Universitas Hassanudin.
- Lillesand, T.M., dan kiefer, R.W., 1997, *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Mather, P. M. (1987). *Computer Processing of Remotly Sensed Data*. London: John Willey & Sons.
- Murai, S. (1999). *GIS Workbook Volume 1 Trans*. Tokyo: University Of Tokyo.
- Murai, S. (1999). *GIS Workbook Volume 1 Trans*. Tokyo: University Of Tokyo.
- Odum, E.P. (1993). *Dasar-dasar Ekologi Terjemahan Tjahjono Samingan*. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- P. Bargellini. (2012). Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. *Remote Sensing of Environment*, 120.
- Rahmadi, Taifik, Eni Yuniastuti, Maulana Abdul Hakim, dan Ayu Suciani. 2021. *Pemetaan Distribusi Mangrove Menggunakan Citra Sentinel-2A : Studi Kasus Kota Langsa*. *Jurnal Jambura Geoscience Review*, Vol. 4, No. 1, hlm 1-10.
- Romimohtarto, K., & Juwana, S. (2001). *Biologi Laut : Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Jakarta: Djambatan.
- Ryan L. (1997). *Creating A Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Image Using Multispec*. University of New Hampshire. UK.
- Salladien. (1980). *Konsep Dasar Demografi*. Surabaya: Bina Ilmu.
- Soenarmo, S.H. (2009). *Penginderaan Jauh dan Pengenalan Sistem Informasi*

Geografi Untuk Bidang Ilmu Kebumian. Bandung : Penerbit ITB.

Suharjo, Arozaq, M., & Sunarhadi, M. A. (2017). *Geomorfologi Dasar*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.

Sutanto, 1986. *Penginderaan Jauh Jilid I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

_____, 1999. *Penginderaan Jauh Jilid II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Veettil, B.K., R.D. Ward, N.X. Quang, N.T.T. Trang, & T.H. Giang. 2019. Mangroves of Vietnam: Historical development, current state of research and future threats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 218: 212–236. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.12.021>.

Zubaidah A, Y. Vetrita, F. Yulianto, K. A. Ds, And M. Rokhis, 2012. Kapasitas Indeks Lahan Terbakar Normalized Burn Ratio (Nbr) Dan Normalized Difference Vegetation Index (Ndvi) Dalam Mengidentifikasi Bekas Lahan Terbakar Berdasarkan Data Spot-4. 18, (1) 13.