



Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ) Universitas Papua

Web: <http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/kpej>



Utilizing Electromagnetic Radiation in Remote Sensing for Vegetation Health Analysis Using NDVI Approach with Sentinel-2 Imagery

Rizky Pamuji*, Andi Ichsan Mahardika, Nuruddin Wiranda, Novan Alkaf Bahraini Saputra, Muhammad Hifdzi Adini, & Delsika Pramatasari

Pendidikan Komputer, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lambung Mangkurat

*Corresponding author: rizky.pamuji@ulm.ac.id

Abstract: The process of utilizing electromagnetic radiation from the radiometric values (Near-Infrared/NIR) and RED in the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) on Sentinel-2 imagery involves measuring light reflection at specific wavelengths reflected by vegetation. NDVI is computed by taking the difference between NIR and RED reflectance, then dividing it by their sum. In-depth analysis of electromagnetic wave interaction and plant spectral characteristics, such as NIR light reflection in healthy leaves, enables mapping vegetation health levels. The research aims to process image data and create a model visualizing vegetation health in the Sentinel-2 research area. Across the total area of 601,971,281.26 m², 30.37% is healthy vegetation, 12.52% is moderate, and 53.33% is low or unhealthy. The least healthy area has an NDVI of -0.2006, while the healthiest area has a value of 0.6043.

Keywords: Bands, Electromagnetic radiation, Image data, NDVI, Sentinel-2

Pemanfaatan Radiasi Elektromagnetik dalam Penginderaan Jauh untuk Analisis Kesehatan Vegetasi berdasarkan Pendekatan NDVI Menggunakan Citra Sentinel-2

Abstrak: Proses pemanfaatan radiasi elektromagnetik dari nilai radiometrik (Near-Infrared/NIR) dan RED dalam Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) pada data citra Sentinel-2 melibatkan pengukuran refleksi cahaya pada panjang gelombang tertentu yang direfleksikan oleh vegetasi. NDVI dihitung dengan mengambil perbedaan antara reflektansi NIR dan RED, kemudian dibagi dengan jumlah reflektansi keduanya. Analisis mendalam terhadap interaksi gelombang elektromagnetik dan karakteristik spektral tanaman, seperti refleksi cahaya NIR pada daun sehat, memungkinkan pemetaan tingkat kesehatan vegetasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah data citra dan membuat model yang memvisualisasikan kesehatan vegetasi di area penelitian Sentinel-2. Dari total luas area penelitian yaitu 601,971,281.26 m², sebesar 30,37% adalah luas area vegetasi sehat, 12,52% luas area vegetasi sedang, dan 53,33% luas area vegetasi rendah atau tidak sehat. Daerah yang paling tidak sehat memiliki NDVI -0,2006, sedangkan daerah yang paling sehat memiliki nilai 0,6043.

Kata kunci: Band, Data citra, NDVI, Radiasi elektromagnetik, Sentinel-2

PENDAHULUAN

Pemanfaatan radiasi elektromagnetik dalam penginderaan jauh memegang peranan penting dalam pemodelan kesehatan vegetasi. Radiasi elektromagnetik dapat memberikan informasi tentang kesehatan vegetasi dengan radiasi elektromagnetik yang mencerminkan interaksi kompleks antara cahaya matahari dan permukaan bumi (Kurniadin et al., 2022), interaksi yang dimaksud adalah pemantulan radiasi elektromagnetik yang dipancarkan dari permukaan bumi untuk memperoleh dan melakukan analisis tentang informasi permukaan bumi. Pemanfaatan radiasi

elektromagnetik dengan penerapan teknologi penginderaan jauh dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) menjadi alat dan pendekatan yang efektif dan penting untuk mengetahui kondisi suatu vegetasi pada ekosistem tertentu (Singgalen et al., 2023)(Latuconsina et al., 2020)(Nadzirah et al., 2022). NDVI memanfaatkan citra spektral dari permukaan bumi untuk mengukur aktivitas fotosintesis dan penilaian terhadap kesehatan vegetasi (Lasaiba, 2022). Namun, penggunaan radiasi elektromagnetik tidak hanya memanfaatkan NDVI saja, tetapi juga melibatkan pemahaman mendalam terhadap aspek gelombang elektromagnetik (Syaputra & Soesanti, 2017) dan resolusi spektral (Suwargana, 2013) yaitu lebar dan banyaknya saluran yang dapat diserap oleh sensor penginderaan jauh. Semakin banyak saluran dan semakin detail warna yang bisa diambil, maka sensor dapat lebih baik memvisualisasikan objek. Resolusi spektral ini berkaitan langsung dengan kemampuan sensor untuk dapat mengidentifikasi objek.

Pemahaman mendalam tentang gelombang elektromagnetik yang direkam oleh berbagai band pada data citra satelit menjadi aspek yang krusial dalam penginderaan jauh. Citra satelit menyediakan informasi spasial yang luas dan mendetail tentang permukaan bumi, memungkinkan analisis yang mendalam terhadap kondisi lahan, vegetasi, dan fenomena alam lainnya. Resolusi spasial tinggi pada band seperti *Near-Infrared* (NIR) dan Red yang digunakan dalam pendekatan NDVI berguna memberikan informasi rinci mengenai kondisi vegetasi (Ginting & Faristyawan, 2020). Karakteristik spektral tanaman seperti cahaya NIR yang dipantulkan oleh daun yang sehat dari aktivitas fotosintesis yang baik, menjadi dasar utama dalam interpretasi nilai NDVI dan identifikasi vegetasi sehat. DVI dapat digunakan untuk melihat tingkat kehijauan suatu tanaman dan dapat mengetahui nilai tutupan dan presentasi vegetasi pada area yang ditentukan (Mahesti et al., 2020). Proses pengolahan citra juga melibatkan koreksi atmosfer untuk menghilangkan gangguan dari atmosfer yang dapat mempengaruhi interpretasi data. Dengan menonjolkan peran pemanfaatan radiasi elektromagnetik sejak awal, penelitian ini diarahkan untuk memberikan kontribusi yang signifikan dalam pemahaman dinamika vegetasi dan potensinya dalam berbagai konteks aplikatif.

Pentingnya pemahaman karakteristik spektral tanaman menjadi terlihat pada tahap awal pengolahan citra. Tanaman, sebagai objek dalam citra, memiliki kemampuan untuk memantulkan, menyerap, atau menyebarkan cahaya pada panjang gelombang tertentu. Oleh karena itu, pemahaman mendalam terhadap respons spektral tanaman, seperti daun yang cenderung memantulkan cahaya NIR, menjadi landasan kritis dalam mengartikan nilai NDVI dan mengidentifikasi vegetasi sehat. Melalui pendekatan ini, penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi yang signifikan pada pemahaman dinamika vegetasi, tetapi juga membuka potensi aplikatif yang lebih luas, terutama dalam konteks manajemen lingkungan yang berkelanjutan.

Pemanfaatan radiasi elektromagnetik dalam penginderaan jauh bukan hanya menghasilkan pemodelan kesehatan vegetasi yang akurat, tetapi juga membuka peluang untuk meningkatkan kebijakan dan tindakan yang lebih efektif dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan menghadapi tantangan lingkungan. Pada penelitian, digunakan data citra satelit Sentinel-2 untuk memodelkan kondisi kesehatan vegetasi di area penelitian dan luasannya menggunakan teknologi penginderaan jauh dengan pendekatan NDVI (Segarra et al., 2020). Data citra Sentinel-2 sendiri adalah citra dari satelit Sentinel-2 yang menyajikan data untuk kepentingan monitoring lahan (Kawamuna et al., 2017) serta pengamatan vegetasi. Melalui pemodelan ini tidak hanya dapat dimanfaatkan untuk mengetahui kondisi vegetasi yang ada di area penelitian tetapi juga

dapat menjadi salah satu referensi untuk menjelaskan kondisi ekosistem di area tersebut berdasarkan kondisi vegetasinya.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penelitian ini adalah penelitian yang bersifat eksperimental dan kuantitatif dengan penerapan penginderaan jauh dalam pengambilan data citra satelit Sentinel-2. Penggunaan NDVI sendiri adalah metode kuantitatif (Saleha et al., 2023). NDVI menghasilkan nilai numerik yang mengukur tingkat kesehatan vegetasi dan analisis kuantitatif digunakan untuk memahami distribusi dan perubahan dalam nilai-nilai ini (Izah et al., 2023). Penggunaan data citra satelit Sentinel-2 dan analisis NDVI merupakan pendekatan penginderaan jauh (Nursaputra et al., 2021) yang mana dalam konteks ini penginderaan jauh melibatkan penggunaan data dari sensor di atas permukaan bumi untuk mendapatkan informasi tentang vegetasi (Herawati, 2020; Prayoga, 2017).

Tahapan yang dilakukan untuk penelitian identifikasi vegetasi dengan menggunakan analisis NDVI pada data citra satelit Sentinel-2 yaitu 1) penentuan area studi/penelitian (*Region of Interest - ROI*) yang sesuai dengan tujuan penelitian, batas-batas geografis dan luas area studi, 2) prapersiapan data, 3) pengolahan data, 4) pemodelan vegetasi dan analisis spasial.

1. Penentuan Area Penelitian

Area penelitian yang dipilih secara administratif terletak di kota Banjarmasin, provinsi Kalimantan Selatan, namun tidak berfokus di kota Banjarmasin saja melainkan mencakup wilayah di sekitarnya dengan total luas area sekitar 418772637.7169082 m². Secara geografis area penelitian ini terletak di sekitar koordinat poligon dengan koordinat titik:

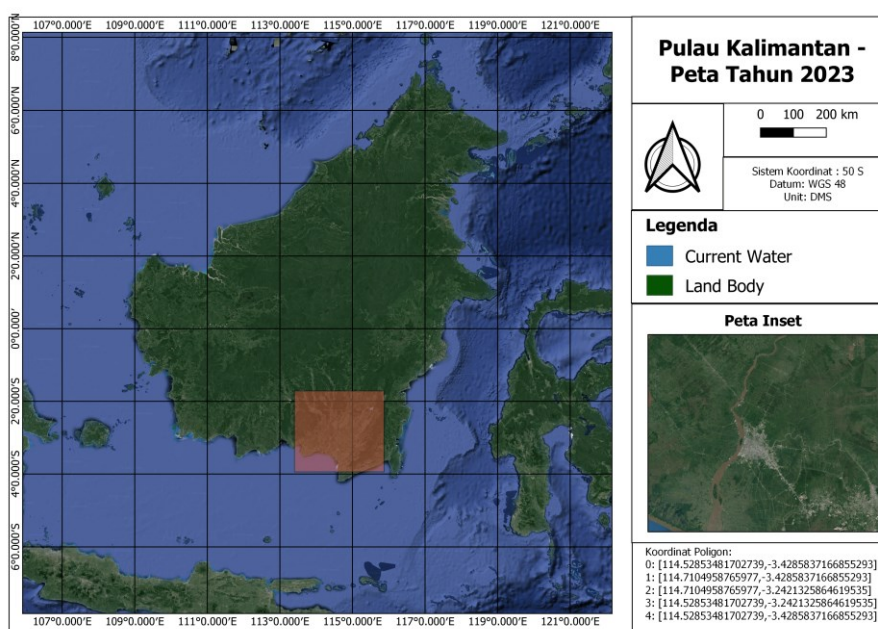
0: [114.52853481702739,-3.4285837166855293]

1: [114.7104958765977,-3.4285837166855293]

2: [114.7104958765977,-3.2421325864619535]

3: [114.52853481702739,-3.2421325864619535]

4: [114.52853481702739,-3.4285837166855293]



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2. Prapemrosesan Data

Data citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra Sentinel-2 berdasarkan titik koordinat area penelitian yang telah ditentukan. Rentang waktu data citra yang digunakan dari tanggal 1 Januari 2022 hingga 31 Desember 2022. Kumpulan data citra sepanjang tahun 2022 ini dikompilasi menjadi satu data citra yang saling mengoreksi antar citra sehingga menghasilkan data citra yang utuh atau disebut juga teknik *image collection* (Liu & Hodgson, 2016). Kemudian melakukan proses koreksi geometrik pada citra untuk mereduksi kesalahan geometrik yang terjadi pada citra, sehingga dihasilkan citra terkoreksi geometrik. Proses penghilangan tutupan awan juga dilakukan sehingga area yang diproses lebih jelas dan jernih.

3. Tahapan Pengolahan Data

Tahap pengolahan, dimana dilakukan penerapan algoritma NDVI sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (1)$$

Keterangan:

NIR = Band inframerah dekat (B8)

RED = Band merah (B4)

Data citra yang digunakan adalah jenis citra satelit multisppektral (Corbane et al., 2020). Diperlukan susunan komposisi band yang di modifikasi sesuai kebutuhan NDVI (nilai radiometrik) untuk mendapatkan data citra tingkat kesehatan vegetasi yang diperlukan. Nilai radiometrik yang diberikan kepada NIR adalah band 8 (B8) dengan panjang gelombang 835.1nm (S2A)/833nm (S2B) dan RED adalah band 4 (B4) dengan Panjang gelombang 664.5nm (S2A)/665nm (S2B). Nilai radiometrik B8 dalam Sentinel-2 dipilih karena tanaman umumnya menyerap cahaya di band NIR, dan sebagian besar tidak memantulkannya, oleh karena itu B8 memberikan informasi yang baik tentang seberapa banyak cahaya diserap oleh tanaman. Kemudian tanaman juga memantulkan cahaya di band merah (RED), sehingga B4 memberikan informasi tentang sejauh mana tanaman memantulkan cahaya (Aklilu Tesfaye & Gessesse Awoke, 2021). Selain menentukan band untuk mendapatkan citra natural NDVI, juga dibuat kategori warna lain terhadap citra NDVI yang telah diperoleh dengan rentang cahaya 0-1 untuk memudahkan visualisasi terkait tingkat kesehatan vegetasi dengan berbagai kategori agar lebih mudah diamati.

Tabel 1. Kategori warna tingkat kesehatan vegetasi

Warna	Rentang Nilai NDVI	Informasi
Biru	-1 s/d 0	Air/kandungan air
Merah	0 s/d 0.39	Area non-vegetasi/vegetasi tidak sehat
Kuning	0.39 s/d 0.6	Vegetasi sedang/jarang-jarang
Hijau Gelap	0.6 s/d 1	Vegetasi sehat & rapat

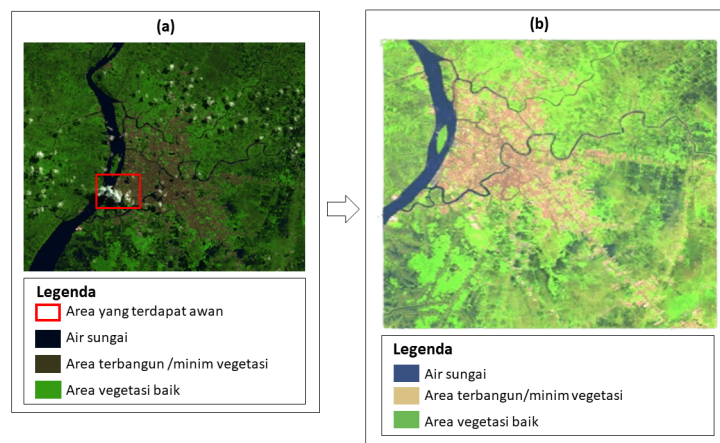
4. Pemodelan Vegetasi dan Analisis Spasial

Pada tahap akhir, dimunculkan pemodelan tingkat kesehatan vegetasi. Tampilan tersebut dilengkapi dengan visualiasasi area-area yang menunjukkan kondisi tingkat-kesehatan vegetasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Koreksi Geometrik dan Tutupan Awan

Koreksi geometrik proses *cropping* atau pemotongan citra dilakukan untuk membatasi daerah kajian proses pengolahan data agar pemrosesan data menjadi lebih ringan. Penghilangan tutupan awan terhadap data citra juga dilakukan agar tidak ada kondisi vegetasi di area tersebut yang tidak dapat terlihat karena tertutup awan. Dari kumpulan kompilasi data citra yang sudah diakuisi ditentukan parameter 20% untuk awan, artinya hanya kompilasi data citra dengan tutupan awan maksimal 20% saja yang digunakan, sisanya dieliminasi (Corbane et al., 2020), hal ini perlu dilakukan agar citra yang diperoleh jelas tidak tertutup awan. Secara teknis dari data citra satelit yang digunakan proses yang dilakukan adalah menghilangkan citra dengan persentase piksel berawan di atas 20%. Hasil pengoreksian geometrik dan tutupan awan dapat dilihat di Gambar 2.

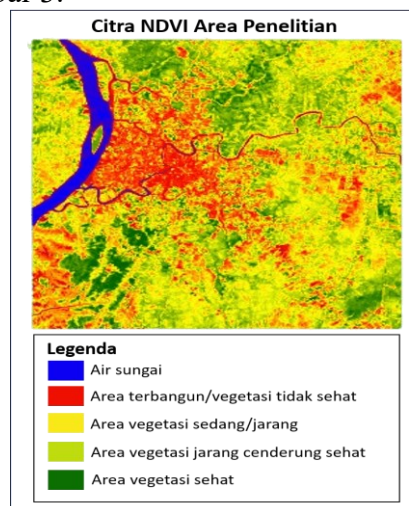


Gambar 2. (a) Citra natural sebelum dikoreksi dan (b) sesudah citra dikoreksi

Berdasarkan Gambar 2 bagian (b) dapat terlihat area penelitian yang sudah terlihat jelas dengan sedikit awan yang masih menutupi beberapa titik area. Hal ini membuat sebagian besar area dapat terlihat kondisi vegetasinya dan memudahkan proses analisis di tahapan selanjutnya.

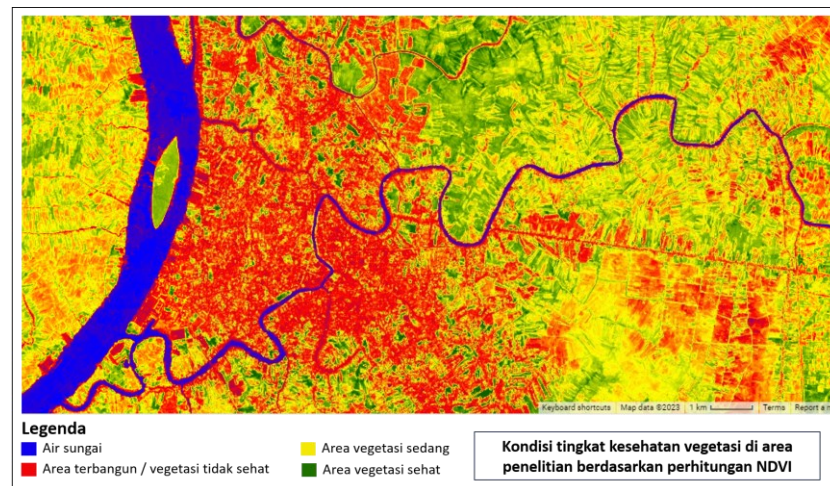
2. Hasil Perhitungan NDVI

Dari hasil pengolahan data citra dengan algoritma NDVI dan komposisi band yang telah ditetapkan. Diperoleh pemodelan data citra tingkat kondisi vegetasi di area penelitian seperti pada Gambar 3.

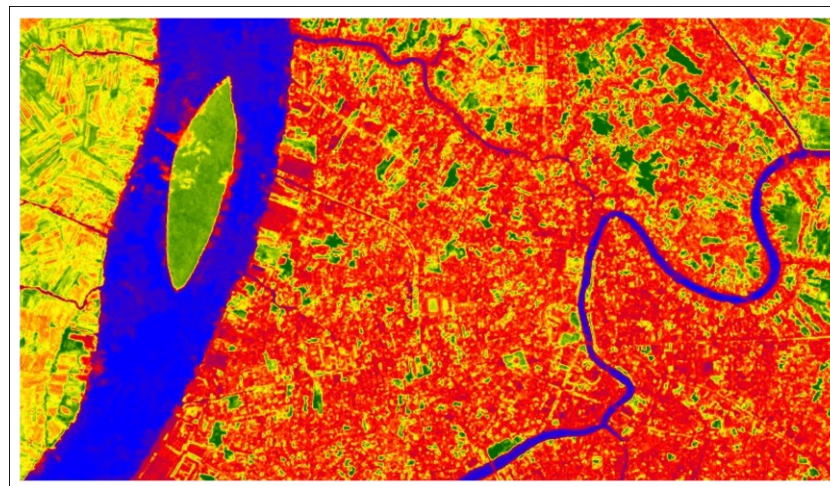


Gambar 3. Citra NDVI

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat hasil pengolahan data citra yang menunjukkan kondisi vegetasi di area tersebut. Area yang berwarna merah mengindikasikan area dengan vegetasi tidak sehat atau non-vegetasi (Lasaiba, 2022)(Purwanto, 2015). Area dengan warna merah adalah area terbangun yang lebih didominasi oleh bangunan dan sedikit vegetasi. Kalau diperhatikan lebih seksama, pada pinggiran sungai (warna biru) justru didominasi warna merah yang artinya tidak banyak vegetasi disana padahal dekat dengan sumber air tempat tanaman akan mudah untuk berkembang (Purwanto, 2015). Hal ini dapat diasumsikan bahwa di pinggiran sungai banyak terjadi aktivitas manusia dan banyak bangunan-bangunan disekitar pinggiran sungai sehingga sedikit sekali tanaman atau vegetasi yang sehat disana. Namun hal ini tentu memerlukan penelitian lebih lanjut.



(a)



(b)

Gambar 5. (a) Kondisi vegetasi di pinggiran sungai dan lahan terbangun (b) Perbesaran citra

Di area yang berwarna kuning atau hijau terang (pucat) menunjukkan area yang memiliki tingkat kepadatan vegetasi yang sedang/jarang. Area tersebut diindikasikan sebagai area yang memiliki vegetasi namun aktivitas fotosintesisnya rendah, sehingga vegetasinya disana kurang sehat.

Terakhir adalah area yang berwarna hijau tua, area tersebut mengindikasikan tingkat kepadatan tanaman yang tinggi dengan aktivitas fotosintesis yang baik, sehingga dapat memantulkan cahaya dengan warna hijau tua dengan jelas yang menunjukkan vegetasi sehat (Purwanto, 2015). Perbedaan warna yang menunjukan kondisi vegetasi ini adalah karena refleksi dari tajuk vegetasi di area penelitian. Refleksi dari tajuk vegetasi yang kecil menyebabkan warna hijau yang muncul di citra terlihat lebih terang yang merepresentasikan vegetasi sedang/jarang, sebaliknya refleksi tajuk vegetasi yang tinggi memunculkan warna yang hijau tua pada area tersebut yang merepresentasikan vegetasi yang sehat. Sedangkan untuk air tidak merefleksikan tajuk karena bukan vegetasi.

3. Klasifikasi Kesehatan Vegetasi

Ditetapkan rentang nilai NDVI dalam merepresentasikan luas lahan berdasarkan kondisi vegetasinya. Dengan menggunakan kriteria rentang nilai NDVI, distribusi luas area dalam berbagai kategori memberikan gambaran yang jelas tentang kondisi vegetasi di wilayah penelitian.

Tabel 2. Hasil Persebaran Kesehatan Vegetasi

Rentang Nilai NDVI	Kriteria	Luas (m ²)	Luas (%)
-1 s/d 0	Air	20567626.13	3,42%
0 s/d 0.39	Non-vegetasi/vegetasi rendah	320923034.79	53,33%
0.39 s/d 0.6	Vegetasi sedang/jarang	75427032.37	12,52%
0.6 s/d 1	Vegetasi sehat & rapat	182782588.97	30,73%

Berdasarkan Tabel 2, telah dikelompokkan kondisi vegetasi berdasarkan rentang nilai NDVI tertentu. Rentang nilai ini dapat dianggap sebagai *threshold* vegetasi yang membantu menunjukan tingkatan-tingkatan kondisi kesehatan vegetasi dengan jelas (Mahesti et al., 2019). Dari luas area penelitian (601,971,281.26 m²), 12,52% adalah area dengan kondisi vegetasi sedang/jarang dengan rentang nilai NDVI 0,39 hingga 0,6, lalu 30,73% merupakan area dengan kondisi vegetasi sehat dengan nilai NDVI 0,6 hingga 1 dan 53,33% merupakan area dengan kondisi vegetasi rendah atau tidak sehat dengan rentang nilai NDVI 0 hingga 0,39 dan 3,42% sisanya adalah air. Dari seluruh area penelitian yang telah diproses dengan pendekatan NDVI, nilai minimumnya adalah -0.2006 dan nilai maksimumnya adalah 0.6040. Angka-angka ini menunjukkan bahwa nilai NDVI terendah atau area dengan vegetasi paling tidak sehat adalah -0.2006, sementara area dengan vegetasi paling sehat memiliki nilai 0.6040. Hal ini menunjukkan kondisi vegetasi yang ada di area penelitian tetapi juga dapat menjadi salah satu referensi untuk menjelaskan kondisi ekosistem di area tersebut berdasarkan kondisi vegetasinya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diperoleh kesimpulan dalam berbagai aspek sesuai yaitu:

1. Pada proses koreksi geometrik dilakukan untuk pemotongan citra dan pembatasan area penelitian serta meningkatkan efisiensi pemrosesan data. Penghilangan tutupan awan pada data citra dilakukan dengan batasan piksel maksimal 20% tutupan awan untuk memastikan visualisasi kondisi vegetasi yang jelas. Hasil visualisasi data citra berdasarkan perhitungan NDVI dapat dibagi ke dalam kriteria nilai dengan luas masing-masing kategori. Dari total luas area penelitian yaitu 601,971,281.26 m²,

- sebesar 30,37% adalah luas area vegetasi sehat, 12,52% luas area vegetasi sedang, dan 53,33% luas area vegetasi rendah atau tidak sehat.
2. Diperoleh kondisi vegetasi di area lahan terbangun atau terdapat banyak aktivitas memiliki kondisi vegetasi yang tidak sehat. Asumsi ini perlu ditindaklanjuti di masa yang akan datang untuk membuktikan kebenarannya. Selain itu, perlu juga dilakukan analisis lebih lanjut di pinggiran sungai yang menunjukkan kondisi vegetasi yang tidak sehat meskipun dekat dengan sumber air. Hal ini dapat melibatkan survei lapangan untuk memahami aktivitas manusia dan potensi dampaknya terhadap ekosistem Sungai.
 3. Data citra yang menunjukan tingkat kesehatan vegetasi dalam penelitian ini adalah sebuah model, sehingga kedepannya perlu dilakukan validasi lapangan untuk memastikan keakuratan hasil pengolahan dengan kondisi vegetasi yang sebenarnya. Hal ini dapat dilakukan dengan perbandingan hasil lapangan dengan citra yang telah diolah.
 4. Dari aspek keberlanjutannya, perlu pemantauan periodik menggunakan citra satelit untuk mengamati perubahan kondisi vegetasi. Ini dapat membantu dalam mendeteksi perubahan yang mungkin terjadi seiring waktu dan mengidentifikasi faktor-faktor penyebabnya. Terakhir, mengintegrasikan data dari sumber lain, seperti data iklim, tanah, atau kegiatan manusia, untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kesehatan vegetasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aklilu Tesfaye, A., & Gessesse Awoke, B. (2021). Evaluation of the saturation property of vegetation indices derived from sentinel-2 in mixed crop-forest ecosystem. *Spatial Information Research*, 29(1), 109–121. <https://doi.org/10.1007/s41324-020-00339-5>
- Corbane, C., Politis, P., Kempeneers, P., Simonetti, D., Soille, P., Burger, A., Pesaresi, M., Sabo, F., Syrris, V., & Kemper, T. (2020). A global cloud free pixel- based image composite from Sentinel-2 data. *Data in Brief*, 31, 105737. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105737>
- Ginting, D. N. B., & Faristyawan, R. (2020). Deteksi Tipe dan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Analisis Digital Citra Penginderaan Jauh. *Geomatika*, 26(1), 17. <https://doi.org/10.24895/jig.2020.26-1.977>
- Herawati, E. (2020). Permodelan Erosi di Daerah Aliran Sungai dengan Menggunakan Penginderaan Jarak Jauh. *Researchgate.Net*, April.
- Izah, A., Shafarani, F. K., Afrianto, F., & Permana, M. (2023). Hubungan Antara Kepadatan Vegetasi Dan Land Surface Temperature di Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Plano Buana*, 4(1), 12–21. <https://doi.org/10.36456/jpb.v4i1.7533>
- Kawamuna, A., Suprayogi, A., & Wijaya, A. P. (2017). *Jurnal Geodesi Undip Januari 2017 Analisis kesehatan Hutan Mangrove berdasarkan Jurnal Geodesi Undip Januari 2017*. 6, 277–284.
- Kurniadin, N., Yani, M., Nurgiantoro, N., Annafiyah, A., Prasetya, F. V. A. S., Insanu, R. K., Wumu, R., & Suryalfihra, S. I. (2022). Deteksi Perubahan Suhu Permukaan Tanah dan Hubungannya dengan Pengaruh Albedo dan NDVI Menggunakan Data Satelit Landsat-8 Multitemporal di Kota Palu Tahun 2013 - 2020. *Geoid*, 18(1), 82. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v18i1.13157>
- Lasaiba, M. A. (2022). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Oli/Tirs Untuk Identifikasi Erapatan Vegetasi Menggunakan Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Di Kota Ambon. In *Jurnal Geografi Geografi dan Pengajarannya* (Vol. 20, Issue

- 1). <https://doi.org/10.26740/jggp.v20n1.p53-65>
- Latuconsina, R., Mardiatmoko, G., & Putuhena, J. D. (2020). Variation of Ndvi Vegetation Index in Landscape Change of Ambon City, Maluku Province. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 4(1), 1–13. <https://doi.org/10.30598/jhppk.2020.4.1.1>
- Liu, S., & Hodgson, M. E. (2016). Satellite image collection modeling for large area hazard emergency response. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 118, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.04.007>
- Mahesti, T., Umar, E., Ariadi, A., Prasetyo, S. Y. J., & Fibriani, C. (2020). Identifikasi Perubahan Tutupan Vegetasi dan Curah Hujan Kabupaten Semarang Menggunakan Citra Satelit Lansat 8. *Indonesian Journal of Modeling and Computing*, 3(1), 30–42.
- Mahesti, T., Umar, E., Ariadi, A., Yulianto, S., Prasetyo, J., Fibriani, C., Studi, P., Sistem, M., Informasi, F. T., Kristen, U., Wacana, S., & Barat, U. (2019). *Identifikasi Perubahan Tutupan Vegetasi dan Curah Hujan Kabupaten Semarang Menggunakan Citra Satelit Lansat 8*.
- Nadzirah, R., Indarto, I., & Brillyansyah, D. F. (2022). Klasifikasi Penggunaan Lahan Kelas Sawah Berbasis Data Citra Sentinel-2 dengan Algoritma MLC: Studi Kasus Kabupaten Jember Tahun 2019. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 10(1), 24–38. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v10i1.319>
- Nursaputra, M., Halimah Larekeng, S., Siady Hamzah, A., Subhan Mustari, A., Rahman Arif, A., Prio Ambodo, A., Lawang, Y., Ardiansyah Program Studi Kehutanan, A., & Nursaputra Program Studi Kehutanan, M. (2021). Pemanfaatan Penginderaan Jauh Dalam Penilaian Keberhasilan Reklamasi di Lahan Pasca Tambang PT. Vale Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 11(1), 39–48.
- Prayoga, M. P. (2017). Analisis Spasial Tingkat Kekeringan Wilayah Berbasis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1–96.
- Purwanto, A. (2015). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Identifikasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Kecamatan Silat Hilir Kabupaten Kapuas Hulu. *Edukasi*, 13(1), 27–36.
- Saleha, A. N., Cahyadi, F. D., & Sasongko, A. S. (2023). Perubahan Lahan Mangrove di Pesisir Utara Teluk Banten. *Journal of Marine Research*, 12(4), 727–736. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i4.40294>
- Segarra, J., Buchailot, M. L., Araus, J. L., & Kefauver, S. C. (2020). Remote sensing for precision agriculture: Sentinel-2 improved features and applications. *Agronomy*, 10(5), 1–18. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050641>
- Singgalen, Y. A., Pariwisata, P. S., Katolik, U., Atma, I., Utara, K. K., Utara, K. H., Utara, P. M., Lahan, P., & Analysis, S. (2023). Penerapan Metode Spatio-Temporal Analysis dalam Analisis Dinamika Tutupan dan Penggunaan Lahan Berbasis NDVI dan NDWI. *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, 4(2), 1052–1061. <https://doi.org/10.30865/klik.v4i2.1313>
- Suwargana, N. (2013). TSuwargana, N. (2013). Temporal Dan Spektral Pada Citra Satelit Landsat, Spot Dan Ikonos. *Jurnal Ilmiah Widya*, 1(2), 167–174.
- Syaputra, R., & Soesanti, I. (2017). Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik. In *LP3M UMY Yogyakarta*.