

Identifikasi Degradasi Tutupan Lahan dan Kerapatan Vegetasi di Kabupaten Murung Raya Melalui Algoritma NDVI

(Identification of Land Cover Degradation and Vegetation Density in Murung Raya Regency
Using the NDVI Algorithm)

Anggy Septrya Manggala¹, Sigit Heru Murti Budi Santosa², Bakti Setiawan^{3*}

¹Program Studi Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana/Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Jalan Kaliurang, Sekip Utara, Bulaksumur, Kelurahan Sinduadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281.

²Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Jalan Kaliurang, Sekip Utara, Bulaksumur, Kelurahan Sinduadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281.

³Departemen Teknik Arsitektur dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jalan Grafika No. 2, Kampus UGM, Kelurahan Sinduadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281.

*Corresponding author: bobi.setiawan@ugm.ac.id

ABSTRACT

As a strategic upstream area of the Barito River, Murung Raya Regency currently faces serious environmental challenges due to massive land clearing and development activities. This study aims to analyze the condition and density of vegetation in Murung Raya Regency using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from 2023 Landsat 8 satellite imagery. The results show that the total study area is 20,211.68 Ha, which is heavily dominated by Non-Vegetation (44.19%) and Very Low Vegetation (44.18%) classes, totaling 17,864.54 Ha or 88.39% of the total area. Spatially, these low NDVI values strongly correlate with bareland, infrastructure networks, and land clearing activities. Meanwhile, high-density forest only accounts for 8.84%, primarily in the northern region. These findings emphasize the urgent need for spatial planning policy evaluation and forest area protection in the upstream to ensure the sustainability of ecological functions in the future.

Keywords: NDVI, Murung Raya, Vegetation Density, Landsat 8, Environmental Degradation.

ABSTRAK

Sebagai wilayah hulu Sungai Barito yang strategis, Kabupaten Murung Raya saat ini menghadapi tantangan serius berupa degradasi lingkungan akibat aktivitas pembangunan dan pembukaan lahan yang masif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi dan kerapatan vegetasi di Kabupaten Murung Raya menggunakan indeks vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) melalui citra satelit Landsat 8 tahun 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total luas wilayah studi adalah 20.211,68 Ha, yang didominasi secara masif oleh kelas Non-Vegetasi (44,19%) dan Vegetasi Sangat Rendah (44,18%), dengan total akumulasi mencapai 17.864,54 Ha atau 88,39% dari luas wilayah. Secara spasial, rendahnya nilai NDVI ini berkorelasi kuat dengan keberadaan area terbuka (bareland), jaringan infrastruktur, dan aktivitas pembukaan lahan (land clearing). Sementara itu, hutan dengan kerapatan tajuk tinggi hanya tersisa 8,84%, terutama di wilayah utara. Temuan ini menegaskan urgensi perlunya evaluasi kebijakan tata ruang dan perlindungan kawasan hutan di hulu untuk menjamin keberlanjutan fungsi ekologis di masa depan.

Kata Kunci: NDVI, Murung Raya, Kerapatan Vegetasi, Landsat 8, Degradasi Lingkungan.

Diterima, 11 Februari 2025

Disetujui, 04 Desember 2025

Online, 30 Desember 2025

PENDAHULUAN

Kabupaten Murung Raya merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Kalimantan Tengah yang memiliki wilayah relatif luas dengan karakteristik tutupan lahan yang beragam, meliputi hutan alam, kawasan budidaya, lahan pertanian, wilayah permukiman, serta area dengan aktivitas pertambangan. Kondisi tersebut menjadikan Kabupaten Murung Raya memiliki peran strategis baik dari sisi ekologis maupun ekonomi. Seiring dengan meningkatnya aktivitas pembangunan dan pertumbuhan penduduk, tekanan terhadap lingkungan juga semakin besar, khususnya yang berkaitan dengan perubahan penggunaan dan tutupan lahan.

Vegetasi merupakan komponen utama dalam sistem lingkungan yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, antara lain melalui pengaturan iklim mikro, konservasi tanah dan air, serta penyerapan karbon. Perubahan kondisi vegetasi sering dijadikan sebagai indikator awal terjadinya degradasi lingkungan, seperti deforestasi, degradasi lahan, dan alih fungsi lahan yang tidak terkelola dengan baik. Oleh karena itu, pemantauan kondisi vegetasi secara spasial dan temporal menjadi kebutuhan penting dalam mendukung perencanaan dan pengelolaan wilayah yang berkelanjutan.

Penginderaan jauh merupakan salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam pemantauan kondisi vegetasi karena kemampuannya dalam menyediakan data spasial yang luas, konsisten, dan periodik. Salah satu parameter yang paling umum digunakan untuk menganalisis kondisi vegetasi adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). NDVI dihitung berdasarkan perbedaan normalisasi antara nilai reflektansi spektral kanal merah (*red*) dan inframerah dekat (*near infrared/NIR*), yang secara efektif merepresentasikan tingkat kehijauan dan kerapatan vegetasi.

Analisis NDVI perlu diperiksa dan diolah secara sistematis karena nilai indeks yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kualitas data citra, kondisi atmosfer, serta tahapan pra-pemrosesan yang diterapkan. Proses pengolahan NDVI, yang meliputi koreksi radiometrik dan geometrik, perhitungan indeks vegetasi, serta klasifikasi tingkat kerapatan vegetasi, bertujuan untuk menghasilkan informasi yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Tanpa pengolahan yang tepat, hasil analisis berpotensi menimbulkan kesalahan interpretasi terhadap kondisi vegetasi di lapangan.

Di Kabupaten Murung Raya, analisis NDVI menjadi penting mengingat adanya potensi perubahan tutupan lahan yang cukup signifikan akibat aktivitas manusia maupun faktor alam. Informasi spasial mengenai distribusi dan tingkat kerapatan vegetasi yang diperoleh dari analisis NDVI dapat digunakan untuk mengidentifikasi area dengan kondisi vegetasi rendah hingga tinggi, serta mendeteksi indikasi degradasi lingkungan secara dini. Hasil ini sangat bermanfaat sebagai dasar evaluasi kondisi lingkungan, perumusan kebijakan pengelolaan sumber daya alam, dan perencanaan pembangunan wilayah yang berkelanjutan.

Penyusunan hasil penelitian analisis NDVI dalam bentuk jurnal ilmiah, baik pada jurnal nasional terakreditasi SINTA maupun jurnal internasional, diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik dan praktis. Secara akademik, penelitian ini dapat memperkaya kajian penginderaan jauh dan analisis vegetasi di wilayah tropis. Secara praktis, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam pengambilan keputusan berbasis data spasial.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Wilayah ini dipilih karena merepresentasikan karakteristik wilayah hulu sungai Barito yang memiliki dinamika tutupan lahan yang kompleks, mulai dari hutan lindung hingga kawasan pertambangan aktif.

Pengumpulan Data

Data utama yang digunakan adalah citra satelit Landsat 8 dan data tutupan lahan tahun 2023. Perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan data adalah ArcGIS.

Penelitian ini menggunakan data citra satelit Landsat 8 karena satelit ini memiliki karakteristik yang sesuai untuk analisis vegetasi pada skala wilayah seperti Kabupaten Murung Raya. Landsat 8 menyediakan resolusi spasial 30 meter yang cukup detail untuk mengidentifikasi variasi tutupan lahan dan kerapatan vegetasi, serta resolusi temporal 16 hari yang memungkinkan pemantauan kondisi vegetasi secara periodik.

Selain itu, Landsat 8 dipilih karena ketersediaan datanya yang bersifat terbuka dan konsisten, sehingga banyak digunakan dalam penelitian penginderaan jauh dan **analisis lingkungan**. Konsistensi data ini penting untuk menghasilkan informasi yang dapat dibandingkan antarwaktu dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Perbedaan sensor OLI dan kenapa memilih Landsat 8 karena dilengkapi dengan sensor Operational Land Imager (OLI) yang merekam spektrum reflektif permukaan bumi pada beberapa band penting. Sensor OLI memiliki kualitas radiometrik yang lebih baik dibandingkan sensor Landsat generasi sebelumnya, sehingga mampu merepresentasikan perbedaan reflektansi objek permukaan secara lebih akurat.

Dalam analisis NDVI, sensor OLI sangat relevan karena menyediakan band merah (Band 4) dan inframerah dekat (Band 5/NIR) yang menjadi komponen utama perhitungan indeks vegetasi. Band merah berhubungan dengan penyerapan energi oleh klorofil, sedangkan band NIR dipantulkan kuat oleh vegetasi yang sehat. Kombinasi kedua band ini efektif untuk membedakan vegetasi dengan tingkat kerapatan yang berbeda serta memisahkannya dari area non-vegetasi.

Band spektral lain pada Landsat 8, seperti SWIR atau band termal, memiliki fungsi utama untuk analisis kelembapan, kebakaran, atau suhu permukaan. Oleh karena itu, dalam penelitian yang berfokus pada kondisi dan kerapatan vegetasi, penggunaan sensor OLI dengan band Red dan NIR merupakan pilihan yang paling tepat.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas:

1. Citra Landsat 8 OLI sebagai data utama untuk perhitungan NDVI.
2. Data batas administrasi Kabupaten Murung Raya untuk menentukan wilayah kajian.

Citra Landsat 8 yang digunakan dipilih dengan mempertimbangkan kondisi tutupan awan yang rendah agar hasil analisis NDVI dapat merepresentasikan kondisi vegetasi secara optimal.

Pengolahan dan Analisis Data

Analisis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Pra-pengolahan: Melakukan koreksi atmosferik untuk mengurangi efek hamburan cahaya akibat partikel di atmosfer.

Cloud Masking: Mengingat tingginya intensitas awan di Murung Raya, dilakukan identifikasi piksel awan dan bayangan awan menggunakan fitur *Band Quality Assessment* (QA) di ArcGIS untuk memastikan piksel yang terganggu tidak dihitung sebagai objek vegetasi atau lahan terbuka.

NDVI adalah salah satu parameter yang digunakan untuk menganalisis kondisi vegetasi dari suatu wilayah. Data vegetasi sangat penting dan menjadi dasar penggunaan dan

perlindungan keanekaragaman hayati dan sumber daya alam lainnya [8]. Formula NDVI didasarkan pada reflektansi dari objek penginderaan jauh dalam saluran spektrum merah dan inframerah dekat yaitu untuk Landsat 8 adalah band 5 dan band 4 [9]. Berikut adalah rumus NDVI yang disajikan pada rumus dibawah ini:

$$NDVI = \frac{\text{Band 5} - \text{Band 4}}{\text{Band 5} + \text{Band 4}}$$

Keterangan Rumus:

NDVI = Normalized Difference Vegetation Index.

Band 4 = saluran band warna merah (Red).

Band 5 = saluran band inframerah dekat (Near Infrared).

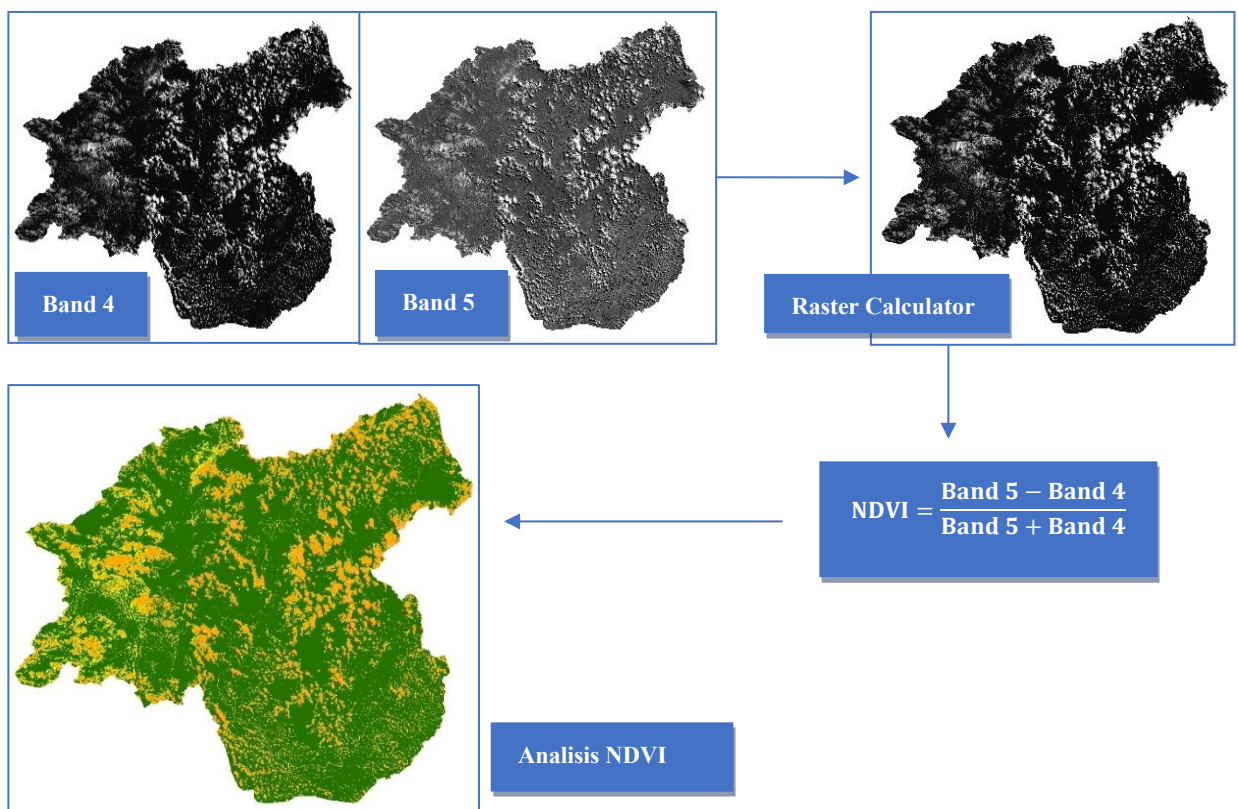
Klasifikasi NDVI dilakukan dengan membagi nilai indeks ke dalam lima kelas, yaitu non-vegetasi (NDVI < 0), vegetasi sangat rendah (0.00–0.20), vegetasi rendah (0.20–0.40), vegetasi sedang (0.40–0.60), dan vegetasi tinggi (>0.60). Pembagian kelas ini disusun berdasarkan interpretasi umum NDVI.

Tabel 1. Klasifikasi Kerapatan Vegetasi

No	Indeks Vegetasi	Klasifikasi Kerapatan	Deskripsi Umum
1	-1 – 0.00	Non-vegetasi	Air, awan, bangunan, tanah kosong
2	0.00 – 0.20	Vegetasi sangat rendah	Lahan terbuka, semak jarang, lahan kering
3	0.21 – 0.40	Vegetasi rendah	Rumput, lahan pertanian awal tanam
4	0.41 – 0.60	Vegetasi sedang	Pertanian aktif, semak lebat
5	> 0.60	Vegetasi tinggi	Hutan lebat, mangrove, kanopi rapat

Langkah-langkah dalam penelitian ini secara garis besar dapat dilihat pada diagram alir penelitian sebagai berikut:

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Sumber: Hasil Pengolahan Citra Landsat 8 OLI, 2023

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pada hasil pengolahan citra satelit di wilayah studi Kabupaten Murung Raya, diperoleh sebaran nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang bervariasi, dengan total luas wilayah studi sebesar 20.211,68 Ha. Hasil klasifikasi menunjukkan dominasi masif pada kelas Non-vegetasi dan Vegetasi sangat rendah dengan akumulasi luasan mencapai 17.864,54 Ha atau sekitar 88,39% (pembulatan dari 88,387%) dari keseluruhan wilayah studi (Tabel 2).

Tabel 2. Distribusi Luas dan Persentase Kelas NDVI

No	Nilai NDVI	Kelas	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	-1 - 0.00	Non-Vegetasi	8.932,54	44,19
2	0.00 – 0.20	Vegetasi Sangat Rendah	8.932,00	44,18
3	0.21 – 0.40	Vegetasi Rendah	366,77	1,81
4	0.41 - 0.60	Vegetasi Sedang	198,37	0,98
5	>0.60	Vegetasi Tinggi	1.782,00	8,84
Total			20.211,68	100%

Sumber: Hasil analisis peneliti

Dominasi kelas Non-Vegetasi (-1–0.00) yang mencapai 44,19% mengindikasikan keberadaan objek permukaan non-klorofil yang masif. Secara spasial, nilai negatif ini berasosiasi dengan badan air, khususnya Sungai Barito yang merupakan nadi transportasi di Murung Raya, serta genangan air pada lubang-lubang bekas tambang (*pit*). Selain itu, kelas Vegetasi Sangat Rendah (0.00 – 0.20) yang mencakup 44,18% luasan mengindikasikan adanya lahan terbuka (*bareland*) akibat aktivitas pembukaan lahan (*land clearing*).

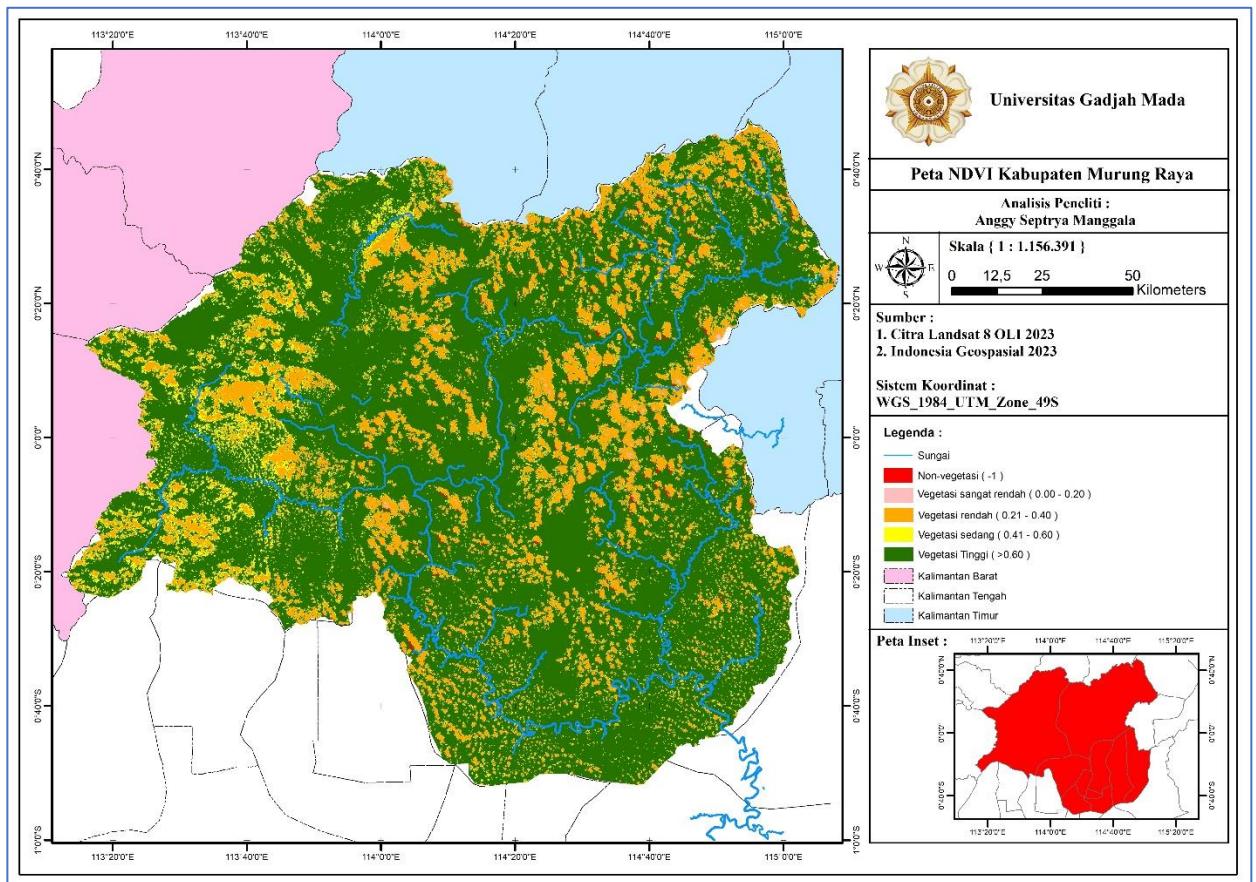
Korelasi Nilai NDVI dengan Kondisi Tutupan Lahan Eksisting

Hubungan antara nilai indeks vegetasi dengan kondisi tutupan lahan di lapangan menunjukkan pola yang selaras dengan aktivitas antropogenik di Kabupaten Murung Raya:

1. Area Pertambangan dan Infrastruktur: Rendahnya nilai NDVI (0.00 – 0.20) pada sebagian besar wilayah berkorelasi kuat dengan area pertambangan batubara aktif dan jalan koridor logistik. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa aktivitas ekstraktif di Kalimantan Tengah secara drastis menurunkan nilai reflektansi inframerah dekat karena hilangnya tajuk pohon.
2. Hutan Sekunder dan Lahan Pertanian: Kelas vegetasi sedang (0.41 – 0.60) dengan luasan 198,37 Ha merepresentasikan tutupan lahan berupa semak belukar atau hutan sekunder yang telah mengalami suksesi alami. Di Kabupaten Murung Raya, area ini biasanya ditemukan pada zona penyangga antara pemukiman dan kawasan hutan produksi.
3. Hutan Lahan Kering Primer: Meskipun hanya mencakup 8,84%, kelas vegetasi tinggi (>0.60) menunjukkan area yang masih memiliki kerapatan tajuk yang terjaga. Wilayah ini secara lapangan merupakan hutan hujan tropis yang didominasi oleh famili *Dipterocarpaceae*, yang masih banyak dijumpai di wilayah utara Murung Raya seperti Kecamatan Uut Murung.

Pembahasan Faktor Pengaruh

Tingginya persentase lahan dengan vegetasi rendah dan non-vegetasi dalam penelitian ini memberikan indikasi adanya tekanan terhadap ekosistem hutan di lokasi studi. Transformasi lahan dari hutan menjadi area non-vegetasi menyebabkan penurunan kemampuan penyerapan karbon di wilayah tersebut. Namun, perlu dipertimbangkan pula faktor koreksi atmosferik; mengingat Murung Raya memiliki topografi berbukit dan curah hujan tinggi, efek bayangan lereng dan tutupan awan tipis terkadang dapat mendistorsi nilai NDVI menjadi lebih rendah dari kondisi klorofil sebenarnya di lapangan.



Gambar 2. Peta NDVI Kabupaten Murung Raya

Sumber: Hasil analisis peneliti

NDVI sebagai indeks vegetasi telah terbukti efektif dalam mengukur variasi tingkat kehijauan dan memisahkan kelas tutupan lahan yang berbeda pada citra satelit. Sebagai contoh, studi di Bangli Regency menggunakan NDVI dari citra Landsat 8 untuk mengklasifikasikan perubahan tutupan lahan dan memperoleh akurasi yang baik, yang menunjukkan pemisahan jelas antara vegetasi dan non-vegetasi secara spasial. Di Kota Semarang, penggunaan NDVI bahkan dipadukan dengan indeks lain untuk mengidentifikasi kelas seperti lahan terbuka dan badan air, sementara di Kabupaten Magelang, NDVI dimanfaatkan untuk mengukur kerapatan vegetasi melalui klasifikasi terpandu.

Dalam konteks Kabupaten Murung Raya, hasil analisis menunjukkan bahwa kawasan dengan nilai NDVI tinggi (>0,60) merepresentasikan hutan hujan tropis primer dan sekunder dengan tajuk rapat, terutama di wilayah utara seperti Kecamatan Uut Murung. Hal ini sejalan dengan studi yang menyatakan bahwa estimasi NDVI memiliki korelasi signifikan dengan kondisi vegetasi real di lapangan. Karakteristik nilai indeks ini juga terbukti sejalan dengan variasi tutupan lahan dari vegetasi rapat hingga area terbangun, serta mampu memvalidasi stratifikasi densitas hutan berdasarkan data lapangan.

Namun, berbeda dengan kondisi ekologis yang stabil, hasil penelitian di lokasi studi justru menunjukkan dominasi kelas Non-Vegetasi dan Vegetasi Sangat Rendah yang mencapai 88,39%. Rendahnya nilai NDVI ini (0,00 – 0,20) memiliki korelasi yang kuat dengan karakteristik lahan terbuka (*bareland*), area tanah tanpa vegetasi, serta pembangunan jaringan infrastruktur jalan dan area terbangun lainnya di wilayah studi. Penurunan nilai indeks ini sejalan dengan fenomena hilangnya tajuk pohon yang menyebabkan dominasi objek permukaan non-klorofil. Selain aktivitas antropogenik, perlu ditekankan bahwa kondisi atmosfer di Murung Raya yang memiliki curah hujan tinggi dan topografi berbukit dapat menyebabkan gangguan berupa tutupan awan tipis serta bayangan lereng. Faktor-faktor

tersebut berpotensi mendistorsi nilai NDVI menjadi lebih rendah dari kondisi sebenarnya, sehingga langkah *cloud masking* menjadi krusial dalam pengolahan data.

Oleh karena itu, pemantauan dinamika penggunaan lahan akibat aktivitas manusia dan kebijakan pembangunan di Kabupaten Murung Raya menjadi sangat penting. Fenomena penurunan nilai NDVI ini memiliki implikasi serius terhadap fungsi ekologis, sebagaimana terlihat pada studi di Provinsi Jambi di mana penurunan indeks vegetasi berkorelasi langsung dengan deforestasi nyata. Selain pada ekosistem daratan, penggunaan NDVI juga terbukti krusial dalam memantau kawasan konservasi pesisir, seperti terlihat pada analisis perubahan kerapatan vegetasi mangrove di Taman Nasional Ujung Kulon yang menunjukkan variasi kondisi kesehatan hutan secara temporal. Hal ini memperkuat posisi NDVI sebagai instrumen standar dalam evaluasi fungsi ekologis di berbagai tipe kawasan lindung di Indonesia. Perubahan kerapatan vegetasi yang terdeteksi melalui NDVI harus menjadi bahan pertimbangan utama dalam rencana pembangunan berkelanjutan guna mempertahankan fungsi ekologis dan kapasitas penyerapan karbon di wilayah tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dipaparkan, berikut adalah kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian mengenai kondisi kerapatan vegetasi di Kabupaten Murung Raya:

1. Klasifikasi Kerapatan Vegetasi: Analisis NDVI menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) berhasil mengidentifikasi lima tingkat kerapatan vegetasi di Kabupaten Murung Raya, yaitu Non-vegetasi, Vegetasi Sangat Rendah, Vegetasi Rendah, Vegetasi Sedang, dan Vegetasi Tinggi.
2. Dominasi Tutupan Lahan: Wilayah studi secara masif didominasi oleh kelas Non-vegetasi (44,19%) dan Vegetasi Sangat Rendah (44,18%), dengan total akumulasi mencapai 17.864,54 Ha atau 88,39% (pembulatan dari 88,387%) dari luas wilayah penelitian.
3. Kondisi Ekosistem dan Aktivitas Antropogenik:
 - a. Tingginya persentase kelas Non-vegetasi dan Vegetasi Sangat Rendah mengindikasikan objek non-klorofil yang luas, mencakup badan air (Sungai Barito), area lahan terbuka (*bareland*), serta wilayah yang mengalami pembukaan lahan untuk kepentingan pembangunan infrastruktur logistik.
 - b. Hutan primer dengan kerapatan tajuk yang terjaga (Vegetasi Tinggi) ditemukan hanya mencakup 8,84% dari luas wilayah, yang sebagian besar berada di bagian utara seperti Kecamatan Uut Murung.
4. Indikasi Degradasi Lingkungan: Besarnya proporsi lahan dengan vegetasi rendah dan non-vegetasi memberikan indikasi adanya tekanan yang signifikan terhadap ekosistem hutan di lokasi studi. Perubahan ini menyebabkan penurunan kemampuan penyerapan karbon di wilayah Kabupaten Murung Raya.
5. Faktor Teknis Pengolahan: Mengingat topografi berbukit dan curah hujan tinggi di Murung Raya, faktor atmosferik seperti tutupan awan tipis dan efek bayangan lereng diakui dapat mendistorsi nilai NDVI menjadi lebih rendah dari kondisi klorofil sebenarnya di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti banyak mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Geografi, Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada dalam menempuh pendidikan Magister Ilmu Lingkungan serta dalam proses penyusunan jurnal ilmiah ini. Kemudian kepada pihak KPHP Kabupaten Murung Raya dan Ketua Hutan Tanaman Rakyat (HTR) Bitan Sempango, Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Murung Raya, dan semua pihak pemerintah Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah, dan bahkan kepada para keluarga, orang tua, kerabat,

teman-teman, dan semua pihak yang telah mendukung dan membantu diadakannya penelitian ini pada area studi Kabupaten Murung Raya.

DAFTAR PUSTAKA

- Lillesand TM, Kiefer RW, Chipman JW. 2015. *Remote Sensing and Image Interpretation* (7th ed.). John Wiley & Sons.
- Rouse JW, Haas RH, Schell JA, Deering DW. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium* (pp. 309–317). NASA.
- Jensen JR. 2016. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective* (4th ed.). Pearson Education.
- Roy DP, Wulder MA, Loveland TR, et al. 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145: 154–172.
- Irons JR, Dwyer JL, Barsi JA. 2012. The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission. *Remote Sensing of Environment*, 122: 11–21.
- Xue J, Su B. 2017. Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. *Journal of Sensors*, 2017: 1–17.
- Wicaksono P. 2018. *Analisis Perbandingan Algoritma Cloud Masking pada Citra Satelit Optik di Wilayah Tropis*. Jurnal Geografi Indonesia.
- Wachid N, Tyas WP. 2022. Analisis transformasi ndvi dan kaitannya dengan lst menggunakan platform berbasis cloud: Google Earth Engine. *Jurnal Planologi*, 19(1): 60-74.
- Silitonga O, Purnama D, Nofriadiansyah E. 2018. Pemetaan kerapatan vegetasi mangrove di sisi tenggara Pulau Enggano menggunakan data citra satelit. *Jurnal Enggano*, 3(1): 98-111.
- Putra EH. 2012. Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Pendekatan Kebutuhan Oksigen Menggunakan Citra Satelit EO-1 ALI (Earth Observer-1 Advanced Land Imager) di Kota Manado. *Earth Observer*, 1: 41-54.
- Arisandy A, Herlina L. 2022. Analisis Perubahan Tutupan Lahan Akibat Aktivitas Pertambangan di Kabupaten Murung Raya Menggunakan Citra Landsat 8. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1): 45-53.
- Randa AP, Syam, A. 2023. Identifikasi Lahan Terbuka dan Area Tambang Menggunakan Algoritma Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Kalimantan. *Jurnal Teknologi Sumberdaya Alam*, 12(3): 112-120.
- Nugroho AS, et al. 2021. Monitoring Kerapatan Vegetasi di Kawasan Rehabilitasi DAS melalui Transformasi NDVI. *Jurnal Sylva Lestari*, 9(2): 210-225.
- Prasetyo LB. 2017. Pendekatan Spasial untuk Manajemen Keanekaragaman Hayati di Kalimantan Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Geomatika*.
- Sutanto. 2016. *Penginderaan Jauh Dasar*. Gadjah Mada University Press.
- Wahyuni S, et al. 2020. Aplikasi Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Kerapatan Vegetasi di Wilayah Pegunungan Muller. *Jurnal Geografi Indonesia*, 34(1): 12-20.
- Putu A, et al. 2022. *Application of normalized difference vegetation index in classifying land cover change over Bangli Regency by using Landsat 8 imagery*. *Journal of Infrastructure Planning and Engineering*.
- Januar. 2016. *Analisis penggunaan NDVI dan BSI untuk identifikasi tutupan lahan pada citra Landsat 8 (Studi Kasus: Kota Semarang)*. Jurnal Geodesi Undip.
- Budiputra AR. 2021. Analisis Kerapatan Vegetasi di Kabupaten Magelang Menggunakan Citra Landsat 8 Bermetode NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(11): 1332–1340.

- Andalas RP, et al. 2019. *Analysis of land cover changing and vegetation index at Kuranji Watershed, Padang, West Sumatera, Indonesia*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology.
- Gandhi GM, Parthiban S, Thummalu N, Christy A. 2015. NDVI: Vegetation Change Detection using Remote Sensing and GIS – A Case Study of Vellore District. *Procedia Computer Science*, 57: 1199–1210.
- Solihin MA, Putri AN, Setiawan A, Siliwangi D, Arifin M. 2017. Karakteristik Indeks Vegetasi pada Berbagai Penggunaan Lahan di Hulu Sub DAS Cikapundung melalui Interpretasi Citra Satelit Landsat 8. *Kultivasi*, 16(1): 300–306.
- Kumar A. 2011. Stratification of forest density and its validation by NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): a case study of Keonjhar district, Orissa. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2(1): 127–135.
- Higginbottom TP, Aditama MFR, Mustafa A, et al. 2024. Time-series analysis of satellite imagery for detecting vegetation cover changes in Indonesia. *Scientific Reports*, 14(2145): 1–15.
- Pratiwi LK, Baskoro DPT, Arifin M. 2023. *Analisis Perubahan NDVI sebagai Indikator Perubahan Tutupan Vegetasi di Provinsi Jambi* [Skripsi/Tesis]. Bogor: IPB University.
- Maulana I, Bakri SS, Onrizal. 2021. Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi Mangrove di Taman Nasional Ujung Kulon. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 5(2): 138–147.
- Nailufar B. 2024. Analisis Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi dengan Metode NDVI di Kota Batu. *Mintakat: Jurnal Arsitektur*, 25(1): 42–51.