



Analisis Pemulihan Vegetasi Menggunakan NDVI Berbasis Citra Sentinel-2 Di Desa Kiram Kabupaten Banjar

(Vegetation Recovery Analysis Using NDVI Based on Sentinel-2 Imagery in Kiram Village, Banjar Regency)

Wirawan Noor Hadi^{1*}, Fonny Rianawati¹, Hadi Rosadi¹ & Yasinta Nur Shiba¹

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km 35,6, Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714, Indonesia

Informasi Artikel:

Submission : 06 April 2026
Revised : 04 Juni 2026
Accepted : 06 Juni 2026
Published : 18 Juni 2026

*Penulis Korespondensi:

Wirawan Noor Hadi
Program Studi Kehutanan, Fakultas
Kehutanan, Universitas Lambung
Mangkurat, Jl. A. Yani Km 35,6,
Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714,
Indonesia, Banjarbaru, Kalimantan
Selatan 70714, Indonesia
e-mail: wirawanhadi@ulm.ac.id
Telp: +62 822-5570-6230

Makila 20 (1) 2026: 246-258

DOI:

<https://doi.org/10.30598/makila.v20i1.25002>



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

Copyright ©2026 Author(s): Wirawan Noor Hadi, Fonny Rianawati, Hadi Rosadi & Yasinta Nur Shiba

Journal homepage:

<https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/makila>

Journal e-mail: makilajournal@gmail.com

Research Article · [Open Access](#)

ABSTRACT

This study aimed to analyze vegetation recovery dynamics in Kiram Village, Banjar Regency, South Kalimantan, Indonesia during the period 2023–2025 using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) derived from Sentinel-2 satellite imagery. A multi-temporal NDVI approach combined with NDVI change detection was applied to identify vegetation recovery trajectories and determine restoration priority zones. The results indicate a clear improvement in vegetation condition during the study period. The combined area of non-vegetation and low vegetation classes decreased from 11.47% in 2023 to 4.13% in 2025. In contrast, the medium vegetation class increased from 83.24% to 86.19%, while the high vegetation class increased from 5.29% to 9.69% over the same period. NDVI change detection further revealed that the study area could be classified into three vegetation recovery zones: rapid recovery, stable, and low-recovery zones. The dominance of medium vegetation, covering more than 80% of the study area, indicates that the Kiram landscape is currently in an intermediate vegetation recovery stage. These findings demonstrate that multi-temporal NDVI analysis is an effective approach for monitoring vegetation recovery dynamics and identifying priority areas for ecosystem restoration at the village landscape scale.

KEYWORDS: NDVI, vegetation recovery, change detection, ecosystem restoration, remote sensing

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika pemulihan vegetasi di Desa Kiram, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan selama periode 2023–2025 menggunakan analisis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) berbasis citra satelit Sentinel-2. Analisis dilakukan dengan pendekatan NDVI multi-temporal serta deteksi perubahan NDVI untuk mengidentifikasi trajektori pemulihan vegetasi dan menentukan zona prioritas restorasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kondisi vegetasi selama periode pengamatan yang ditandai dengan penurunan luas kelas non vegetasi dan vegetasi rendah dari 11,47% pada tahun 2023 menjadi 4,13% pada tahun 2025. Sebaliknya, kelas

vegetasi sedang meningkat dari 83,24% menjadi 86,19%, sedangkan vegetasi tinggi meningkat dari 5,29% menjadi 9,69% selama periode penelitian. Hasil analisis perubahan NDVI menunjukkan bahwa wilayah penelitian dapat diklasifikasikan ke dalam tiga zona pemulihan vegetasi, yaitu zona pemulihan cepat, zona stabil, dan zona pemulihan rendah. Dominasi vegetasi sedang yang mencakup lebih dari 80% wilayah penelitian menunjukkan bahwa lanskap Desa Kiram berada pada fase pemulihan vegetasi menengah. Penelitian ini menunjukkan bahwa analisis NDVI multi-temporal efektif digunakan untuk memantau dinamika pemulihan vegetasi serta mengidentifikasi zona prioritas restorasi ekosistem pada skala lanskap desa.

KATA KUNCI: NDVI, pemulihan vegetasi, deteksi perubahan, restorasi ekosistem, penginderaan jauh.

PENDAHULUAN

Ekosistem tropis memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan global, terutama dalam fungsi konservasi keanekaragaman hayati, pengaturan siklus hidrologi, serta penyimpanan karbon. Namun demikian, ekosistem ini juga merupakan salah satu ekosistem yang paling rentan terhadap berbagai bentuk gangguan antropogenik seperti deforestasi, kebakaran hutan dan lahan, serta perubahan penggunaan lahan yang tidak berkelanjutan. Gangguan tersebut menyebabkan degradasi ekosistem yang luas dan menurunkan kemampuan lanskap dalam menjalankan fungsi ekologisnya. Oleh karena itu, berbagai program rehabilitasi dan revegetasi lahan menjadi bagian penting dari strategi pengelolaan lanskap untuk memulihkan struktur vegetasi, fungsi ekosistem, serta keberlanjutan sumber daya alam.

Provinsi Kalimantan Selatan merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang mengalami tekanan ekologis akibat kejadian kebakaran hutan dan lahan yang berulang. Distribusi hotspot pada periode 2012–2021 menunjukkan bahwa wilayah ini memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap kejadian kebakaran, terutama pada periode kekeringan yang panjang (Kumalawati *et al.*, 2021). Peristiwa kebakaran besar yang terjadi pada periode 2014–2015 bahkan menyebabkan jutaan hektar lahan terbakar di berbagai wilayah Indonesia, sehingga mempertegas pentingnya upaya pengelolaan lanskap yang lebih terpadu dan adaptif (Saharjo dan Nugraha, 2022). Selain faktor aktivitas manusia, variasi curah hujan dan anomali iklim juga berperan penting dalam mempengaruhi frekuensi serta intensitas kejadian kebakaran hutan dan lahan (Syauфина *et al.*, 2024).

Dalam konteks rehabilitasi ekosistem pasca gangguan, pemantauan dinamika pemulihan vegetasi menjadi aspek penting untuk mengevaluasi keberhasilan program restorasi. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah pemanfaatan teknologi penginderaan jauh melalui analisis *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Indeks vegetasi ini mampu menggambarkan tingkat kehijauan, kerapatan tajuk, serta kondisi kesehatan vegetasi pada suatu wilayah secara

spasial dan temporal. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa NDVI merupakan indikator yang efektif untuk memantau proses suksesi vegetasi serta dinamika pemulihan ekosistem pada lanskap tropis (Valtonen *et al.*, 2021). Selain itu, klasifikasi berbasis ambang NDVI juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi kondisi vegetasi mulai dari lahan terdegradasi hingga vegetasi yang telah mengalami pemulihan (Ozgeldinova *et al.*, 2025).

Beberapa penelitian sebelumnya menekankan pentingnya pemantauan NDVI secara multi-temporal untuk memahami evolusi tutupan vegetasi dalam jangka waktu tertentu. Valtonen *et al.* (2021) menunjukkan bahwa analisis deret waktu NDVI mampu menggambarkan pola peningkatan kehijauan vegetasi sepanjang gradien restorasi hutan tropis. Peningkatan nilai NDVI secara konsisten umumnya mencerminkan proses pematangan ekosistem dan peningkatan biomassa vegetasi. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa integrasi analisis NDVI dengan metode klasifikasi dan validasi lapangan dapat meningkatkan akurasi interpretasi kondisi vegetasi serta membantu menjelaskan dinamika ekologi pada lanskap yang mengalami gangguan (Ozgeldinova *et al.*, 2025).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian yang menggunakan NDVI masih berfokus pada pemetaan kondisi vegetasi secara deskriptif tanpa mengaitkannya secara langsung dengan kebutuhan pengelolaan restorasi. Pada skala lanskap lokal atau desa, pendekatan NDVI umumnya hanya digunakan untuk menggambarkan perubahan tutupan vegetasi, namun belum banyak dimanfaatkan untuk mengidentifikasi trajektori pemulihan vegetasi dan menentukan prioritas lokasi rehabilitasi. Akibatnya, informasi yang dihasilkan dari analisis NDVI sering kali belum mampu memberikan arahan operasional yang jelas bagi pengelolaan restorasi ekosistem.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan pendekatan analisis NDVI yang tidak hanya memetakan kondisi vegetasi, tetapi juga mampu mengidentifikasi dinamika pemulihan vegetasi secara spasial sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan prioritas rehabilitasi. Analisis perubahan NDVI secara multi-temporal berpotensi memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai pola pemulihan vegetasi, area yang mengalami peningkatan kondisi vegetasi, serta area yang menunjukkan stagnasi atau penurunan kondisi vegetasi.

Kebaruan ilmiah (*novelty*) penelitian ini terletak pada penerapan analisis perubahan NDVI (*NDVI change detection*) untuk mengidentifikasi trajektori pemulihan vegetasi dan mengklasifikasikan wilayah penelitian ke dalam zona prioritas restorasi secara spasial pada skala lanskap desa. Pendekatan ini tidak hanya digunakan untuk memetakan kondisi vegetasi, tetapi juga untuk menerjemahkan dinamika NDVI menjadi informasi yang dapat digunakan secara operasional dalam perencanaan rehabilitasi ekosistem.

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan penelitian ini adalah menganalisis dinamika perubahan vegetasi di Desa Kiram, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan selama periode 2023–2025 menggunakan citra satelit Sentinel-2 berbasis NDVI dan mengidentifikasi trajektori pemulihan vegetasi melalui analisis perubahan NDVI untuk menentukan zona prioritas restorasi, yaitu zona

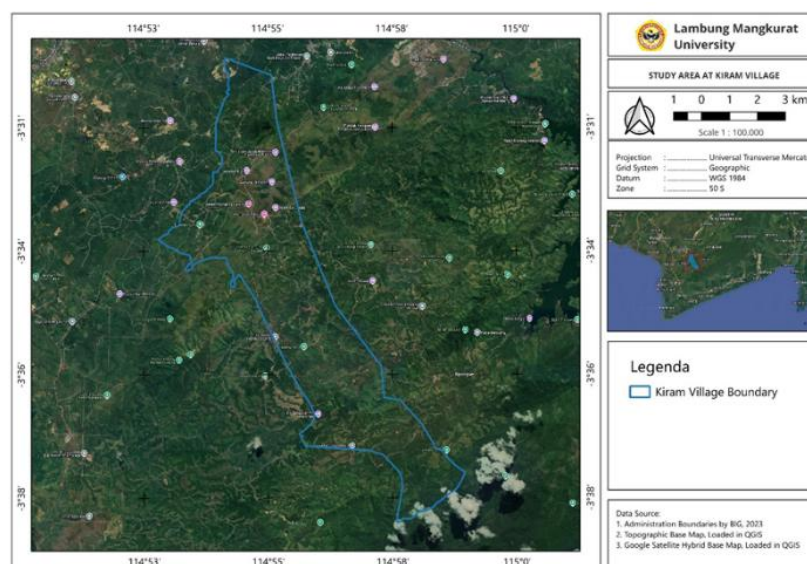
pemulihan cepat, zona stabil, dan zona pemulihan rendah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi pemantauan pemulihan ekosistem secara spasial serta mendukung perencanaan rehabilitasi hutan dan lahan secara lebih terarah dan adaptif.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Kiram yang terletak di wilayah tengah Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan. Secara geografis wilayah ini memiliki karakteristik lanskap yang heterogen dengan dominasi penggunaan lahan berupa hutan sekunder, area regenerasi alami, serta lahan pertanian masyarakat. Heterogenitas penggunaan lahan tersebut mencerminkan mosaik kondisi pemulihan vegetasi yang umum ditemukan pada lanskap tropis yang mengalami gangguan ekologis seperti kebakaran hutan dan pembukaan lahan (Rozaki *et al.*, 2023). Selain itu, kawasan ini juga menjadi lokasi berbagai program rehabilitasi vegetasi yang dilaksanakan oleh pemerintah sebagai upaya pemulihan ekosistem akibat gangguan kebakaran hutan dan perubahan penggunaan lahan.

Wilayah penelitian ditetapkan berdasarkan batas administrasi Desa Kiram dengan mempertimbangkan area yang memiliki riwayat gangguan dan kegiatan rehabilitasi vegetasi. Batas wilayah penelitian serta distribusi spasial penggunaan lahan ditampilkan pada peta lokasi penelitian (Gambar 1). Karakteristik lanskap yang beragam menjadikan wilayah ini representatif untuk menganalisis dinamika pemulihan vegetasi berbasis penginderaan jauh pada skala lanskap desa.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Data dan Sumber Data

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra satelit Sentinel-2 tahun 2023, 2024, dan 2025. Citra Sentinel-2 diperoleh dari European Space Agency (ESA) melalui platform data terbuka Copernicus Data Space Ecosystem. Penelitian ini menggunakan produk Sentinel-2 Level-2A (L2A) secara konsisten untuk seluruh tahun pengamatan. Produk Level-2A dipilih karena telah melalui proses koreksi atmosferik dan merepresentasikan nilai reflektansi permukaan atau *Bottom of Atmosphere* (BOA)/*Surface Reflectance*, sehingga lebih sesuai digunakan untuk analisis indeks vegetasi multi-temporal seperti NDVI. Berbeda dengan produk Sentinel-2 Level-1C (L1C) yang merepresentasikan reflektansi *Top of Atmosphere* (TOA) dan masih dipengaruhi oleh kondisi atmosfer, produk Level-2A telah dikoreksi dari pengaruh atmosfer seperti aerosol, uap air, dan hamburan atmosfer. Oleh karena itu, penggunaan citra Sentinel-2 Level-2A pada tahun 2023, 2024, dan 2025 memberikan dasar yang lebih konsisten untuk membandingkan dinamika NDVI antarwaktu.

Sebelum dilakukan analisis NDVI, citra Sentinel-2 Level-2A terlebih dahulu melalui tahapan pra-pengolahan yang meliputi pemilihan citra dengan tutupan awan rendah, pemotongan citra sesuai batas wilayah penelitian, penghilangan awan dan bayangan awan, serta penyeragaman sistem koordinat dan resolusi spasial. Tahapan ini dilakukan untuk memastikan bahwa nilai NDVI yang dihasilkan benar-benar merepresentasikan kondisi vegetasi permukaan dan dapat dibandingkan secara konsisten antar tahun pengamatan.

Analisis NDVI

Analisis kondisi vegetasi dilakukan menggunakan indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Indeks ini dihitung menggunakan persamaan standar $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, di mana NIR merupakan nilai reflektansi pada spektrum inframerah dekat dan RED merupakan nilai reflektansi pada spektrum merah. Nilai NDVI yang dihasilkan berada pada rentang -1 hingga +1 dan digunakan sebagai indikator tingkat kerapatan serta kesehatan vegetasi pada suatu wilayah (Mulya *et al.*, 2025). Untuk memudahkan interpretasi kondisi vegetasi, nilai NDVI yang diperoleh kemudian diklasifikasikan ke dalam empat kelas vegetasi. Klasifikasi tersebut meliputi kelas non-vegetasi ($NDVI < 0,1$), vegetasi rendah ($0,1 \leq NDVI < 0,3$), vegetasi sedang ($0,3 \leq NDVI < 0,6$), dan vegetasi tinggi ($NDVI \geq 0,6$). Klasifikasi berbasis ambang NDVI ini mengacu pada pendekatan yang umum digunakan dalam penelitian restorasi ekosistem tropis untuk membedakan kondisi lahan terdegradasi, vegetasi yang sedang pulih, serta vegetasi yang telah berkembang dengan baik (Valtonen *et al.*, 2021).

Hasil klasifikasi NDVI kemudian digunakan untuk memetakan distribusi spasial kondisi vegetasi pada masing-masing tahun pengamatan. Perbandingan nilai NDVI antar tahun juga digunakan untuk melihat kecenderungan perubahan kondisi vegetasi selama periode penelitian.



Gambar 2. Validasi Kondisi Lapangan terbaru.

Analisis Perubahan NDVI dan Zonasi Restorasi

Untuk menganalisis dinamika pemulihan vegetasi secara lebih mendalam, penelitian ini juga menerapkan analisis perubahan NDVI (*NDVI change detection*) berbasis citra multi-temporal. Analisis perubahan dilakukan dengan menghitung selisih nilai NDVI antar tahun pengamatan, yaitu periode 2023–2024, 2024–2025, serta perubahan kumulatif selama periode 2023–2025. Peta perubahan NDVI diperoleh dengan mengurangi nilai NDVI pada tahun sebelumnya dengan nilai NDVI pada tahun berikutnya sehingga dapat diketahui arah dan besaran perubahan kondisi vegetasi pada setiap piksel citra. Klasifikasi perubahan NDVI dilakukan menggunakan pendekatan ambang nilai (*threshold*) sebesar $\pm 0,05$ untuk membedakan peningkatan vegetasi, kondisi stabil, dan penurunan vegetasi (Zhou *et al.*, 2023). Nilai perubahan NDVI dihitung menggunakan persamaan $\Delta NDVI = NDVI_{t_2} - NDVI_{t_1}$, kemudian diklasifikasikan menjadi tiga kategori perubahan vegetasi sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Klasifikasi Perubahan NDVI untuk Analisis Pemulihan Vegetasi di Desa Kiram.

Kategori Perubahan Vegetasi	Nilai $\Delta NDVI$	Interpretasi Ekologis	Zona Restorasi
Penurunan Vegetasi	$\Delta NDVI < -0,05$	Terjadi penurunan kerapatan vegetasi atau degradasi tutupan lahan	Zona Pemulihan Rendah
Stabil / Tidak Berubah	$-0,05 \leq \Delta NDVI \leq 0,05$	Perubahan vegetasi relatif kecil atau tidak signifikan	Zona Stabil
Peningkatan Vegetasi	$\Delta NDVI > 0,05$	Terjadi peningkatan kehijauan dan kerapatan vegetasi	Zona Pemulihan Cepat

Keterangan: Ambang $\pm 0,05$ ditetapkan sebagai batas teknis untuk memisahkan perubahan NDVI yang relatif kecil/stabil dari perubahan yang menunjukkan peningkatan atau penurunan vegetasi. Nilai tersebut digunakan untuk mengurangi kemungkinan interpretasi berlebihan terhadap variasi kecil yang dapat dipengaruhi oleh faktor musiman, atmosfer residual, bayangan awan, dan kondisi fenologi vegetasi.

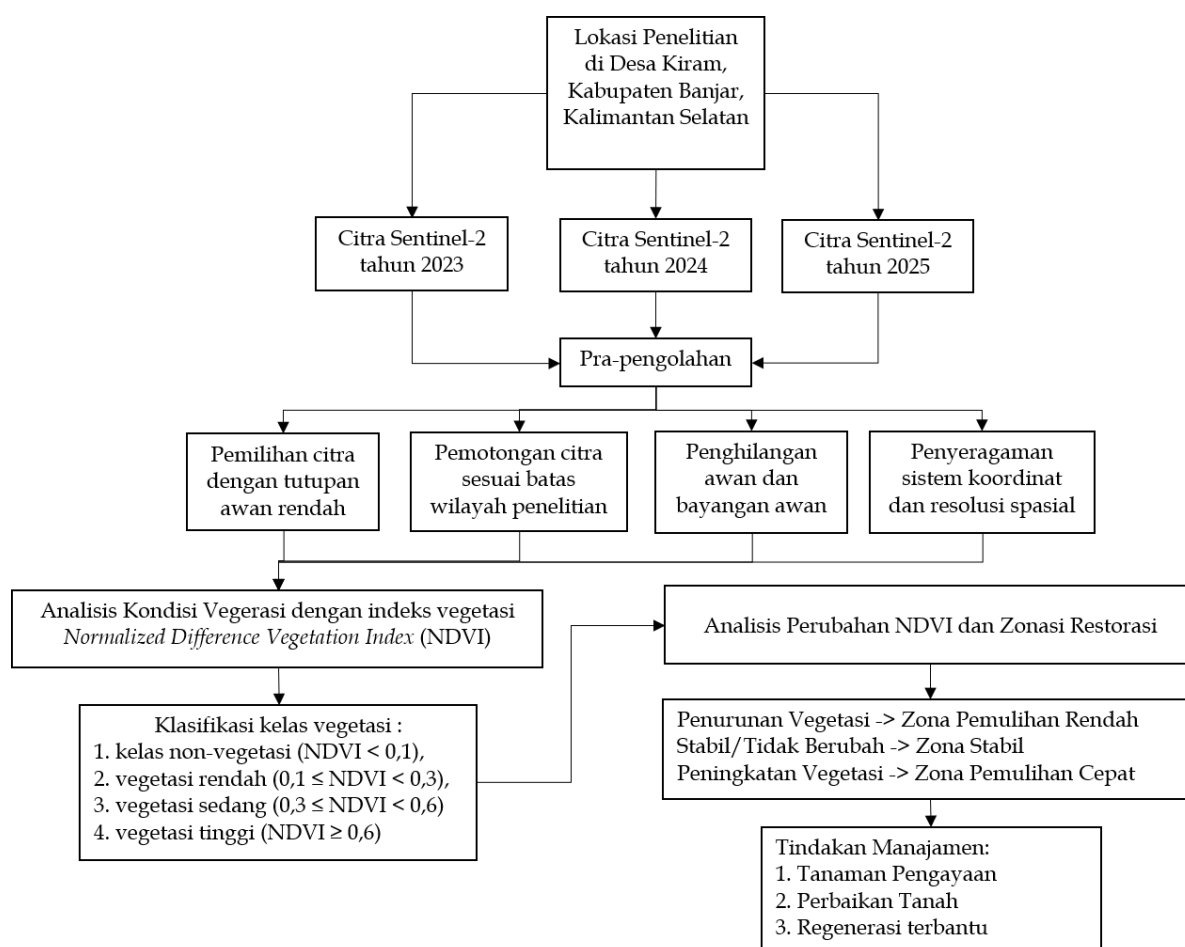
Persamaan perubahan NDVI

$$\Delta NDVI = NDVI_{t_2} - NDVI_{t_1} \dots\dots\dots (1)$$

di mana:

$NDVI_{t1}$ = nilai NDVI pada tahun sebelumnya

$NDVI_{t2}$ = nilai NDVI pada tahun berikutnya



Gambar 2. Alur penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dinamika Nilai NDVI Tahun 2023–2025

Hasil analisis NDVI selama periode 2023–2025 menunjukkan adanya peningkatan kondisi vegetasi di Desa Kiram, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. Distribusi nilai NDVI memperlihatkan pergeseran komposisi tutupan vegetasi dari kelas vegetasi rendah menuju kelas vegetasi sedang dan tinggi. Perubahan tersebut menunjukkan adanya proses pemulihan vegetasi yang berlangsung secara bertahap pada lanskap penelitian. Distribusi persentase masing-masing kelas NDVI selama periode penelitian disajikan pada **Tabel 2**.

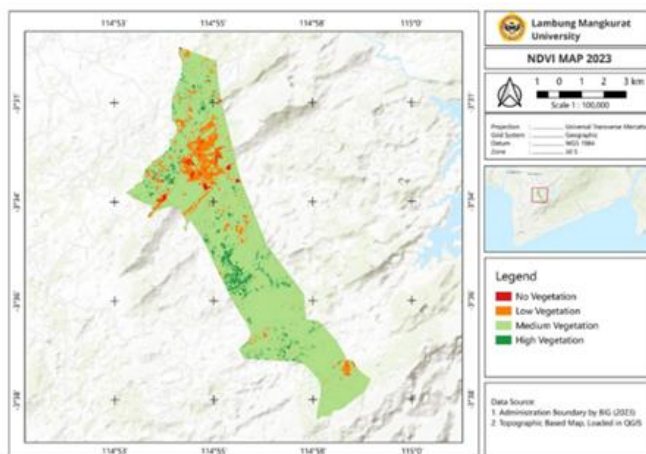
Tabel 2. Distribusi Kategori NDVI Tahun 2023–2025 di Desa Kiram.

No	NDVI Category	Year		
		2023	2024	2025
1	Non Vegetasi	1,25%	0,90%	0,68%
2	Vegetasi Rendah	10,22%	4,37%	3,45%

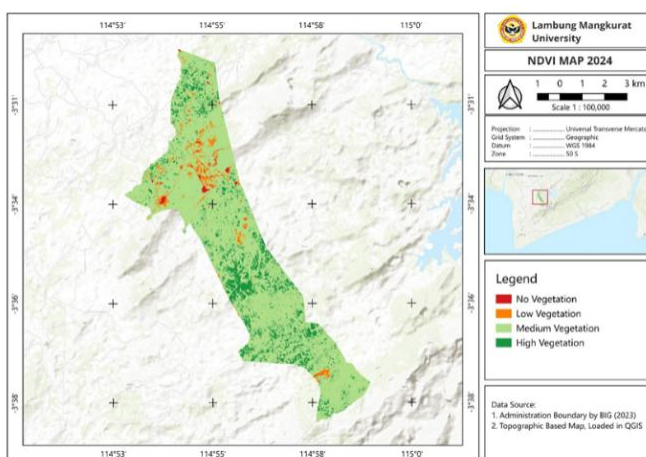
No	NDVI Category	Year		
		2023	2024	2025
3	Vegetasi Sedang	83,24%	80,25%	86,19%
4	Vegetasi Tinggi	5,29%	14,48%	9,69%
Percentage		100,00%	100,00%	100,00%

Penurunan signifikan terlihat pada kelas non vegetasi dan vegetasi rendah yang secara kumulatif menurun dari 11,47% pada tahun 2023 menjadi 4,13% pada tahun 2025. Penurunan tersebut menunjukkan adanya peningkatan tutupan vegetasi pada sebagian besar wilayah penelitian. Sebaliknya, kelas vegetasi sedang dan vegetasi tinggi menunjukkan peningkatan luas area, yang mencerminkan perkembangan tajuk vegetasi serta meningkatnya kerapatan penutupan lahan.

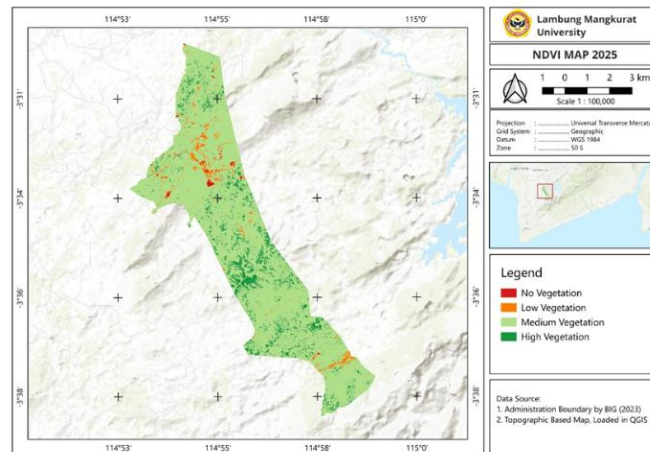
Pola peningkatan nilai NDVI tersebut sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa peningkatan NDVI merupakan indikator peningkatan produktivitas vegetasi dan pemulihan ekosistem pada lanskap tropis yang mengalami gangguan (Valtonen *et al.*, 2021). NDVI yang semakin tinggi mencerminkan bertambahnya biomassa vegetasi serta meningkatnya aktivitas fotosintesis pada suatu wilayah.



a) Peta NDVI Tahun 2023



b) Peta NDVI Tahun 2024



c) Peta NDVI Tahun 2025

Gambar 3. Peta hasil analisis NDVI per Tahun

Peta distribusi NDVI tahun 2023 hingga 2025 dapat dilihat pada Gambar 3 (a,b dan c) bahwa pada awal periode penelitian, vegetasi sedang mendominasi sebagian besar lanskap dengan keberadaan vegetasi tinggi yang masih terbatas pada beberapa patch kecil. Pada tahun 2024 terjadi peningkatan signifikan pada kelas vegetasi tinggi yang mencapai 14,48%, menunjukkan adanya percepatan proses pemulihan vegetasi. Meskipun pada tahun 2025 persentase vegetasi tinggi sedikit menurun menjadi 9,69%, pola umum tetap menunjukkan kecenderungan peningkatan nilai NDVI secara keseluruhan.

Fluktuasi nilai NDVI pada tahun 2025 masih perlu ditafsirkan secara hati-hati karena penelitian ini belum mengintegrasikan data curah hujan lokal dan catatan kejadian lapangan secara rinci pada periode pengamatan tersebut. Namun, berdasarkan informasi iklim sekunder dari BMKG (2025), musim kemarau 2025 di Indonesia diprediksi berlangsung sama hingga lebih lambat dari normal, dengan curah hujan sebagian besar zona musim berada pada kategori normal, meskipun risiko kekeringan dan kebakaran lahan tetap perlu diwaspadai pada periode kemarau. Oleh karena itu, perubahan NDVI pada tahun 2025 diduga berkaitan dengan kombinasi antara variabilitas iklim musiman, kondisi kelembapan permukaan, serta aktivitas penggunaan lahan masyarakat di sekitar area kajian. Dugaan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa dinamika NDVI pada lanskap tropis dapat dipengaruhi oleh variasi curah hujan, tekanan antropogenik, dan kondisi mikroklimat lokal (Guan *et al.*, 2021; Kang *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2022; Sun *et al.*, 2023; Dong *et al.*, 2025).

Secara umum, dominasi kelas vegetasi sedang yang mencapai lebih dari 80% area penelitian menunjukkan bahwa lanskap Desa Kiram berada pada fase pemulihan menengah (intermediate recovery stage). Kondisi ini menggambarkan bahwa proses regenerasi vegetasi sedang berlangsung menuju tahap suksesi yang lebih matang.

Analisis Perubahan NDVI (2023–2025)

Analisis perubahan NDVI dilakukan untuk mengidentifikasi trajektori pemulihan vegetasi selama periode penelitian. Perubahan nilai NDVI dihitung berdasarkan selisih nilai NDVI antar tahun pengamatan sehingga dapat diketahui arah perubahan kondisi vegetasi. Hasil analisis perubahan NDVI disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Perubahan Kategori NDVI Tahun 2023–2025 di Desa Kiram.

Kategori NDVI	2023 (%)	2025 (%)	Perubahan	Interpretasi
Non Vegetasi	1,25	0,68	−0,57	Terjadi penurunan area lahan terbuka
Vegetasi Rendah	10,22	3,45	−6,77	Terjadi peningkatan kepadatan vegetasi
Vegetasi Sedang	83,24	86,19	2,95	Tahap pemulihan vegetasi dominan
Vegetasi Tinggi	5,29	9,69	4,4	Terjadi peningkatan kerapatan tajuk

Perubahan tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar area yang sebelumnya berada pada kelas vegetasi rendah telah beralih menjadi kelas vegetasi sedang atau tinggi. Peningkatan nilai NDVI ini menunjukkan adanya proses regenerasi vegetasi yang cukup aktif di wilayah penelitian.

Fenomena peningkatan NDVI pada fase awal pemulihan vegetasi juga banyak dilaporkan dalam penelitian restorasi hutan tropis, di mana peningkatan nilai NDVI umumnya terjadi secara cepat pada tahap awal regenerasi sebelum kemudian mencapai kondisi stabil seiring dengan meningkatnya umur vegetasi (Valtonen *et al.*, 2021).

Selain mencerminkan peningkatan kerapatan vegetasi, nilai NDVI yang lebih tinggi juga berkorelasi dengan penurunan suhu permukaan lahan (*land surface temperature*) serta peningkatan kelembaban mikroklimat di bawah tajuk vegetasi (Cho *et al.*, 2024). Dengan demikian, peningkatan NDVI tidak hanya menunjukkan pemulihan tutupan vegetasi tetapi juga peningkatan fungsi ekologis lanskap.

Zonasi Prioritas Restorasi Vegetasi

Analisis perubahan NDVI juga digunakan untuk mengidentifikasi zona prioritas restorasi pada wilayah penelitian. Berdasarkan trajektori perubahan NDVI, wilayah penelitian dapat dikelompokkan ke dalam tiga zona pemulihan vegetasi. Zona pertama adalah zona pemulihan cepat (*rapid recovery zone*) yang ditandai dengan peningkatan nilai NDVI secara konsisten selama periode penelitian. Zona ini menunjukkan bahwa proses regenerasi vegetasi berlangsung dengan baik, baik melalui regenerasi alami maupun melalui kegiatan rehabilitasi yang telah dilakukan sebelumnya. Zona kedua adalah zona stabil (*stable zone*) yang ditandai dengan nilai NDVI menengah dan perubahan yang relatif kecil dari tahun ke tahun. Zona ini menunjukkan bahwa vegetasi telah berkembang secara stabil, namun laju pemulihan vegetasi tidak mengalami percepatan yang signifikan. Zona ketiga adalah zona pemulihan rendah (*stagnant or low recovery zone*) yang ditandai dengan nilai NDVI rendah atau penurunan NDVI selama periode pengamatan. Zona pemulihan rendah yang ditandai oleh nilai NDVI rendah atau penurunan NDVI perlu dipahami sebagai area

yang berpotensi mengalami hambatan regenerasi vegetasi. Hambatan tersebut dapat berkaitan dengan degradasi lahan, tekanan penggunaan lahan, keterbatasan kelembapan tanah, atau gangguan ekologis lain yang memengaruhi proses pemulihan vegetasi (Chen *et al.*, 2023; Qu *et al.*, 2020). Wilayah ini merupakan area yang memerlukan intervensi rehabilitasi lebih lanjut, seperti penanaman pengayaan (*enrichment planting*), perbaikan kondisi tanah, atau penerapan teknik regenerasi alami berbantuan.

Heterogenitas spasial pemulihan vegetasi yang ditemukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa dinamika pemulihan ekosistem pada lanskap tropis sangat dipengaruhi oleh interaksi antara faktor iklim, kondisi lingkungan lokal, serta aktivitas penggunaan lahan oleh masyarakat. Kondisi ini juga dilaporkan dalam berbagai penelitian restorasi lanskap yang menunjukkan bahwa hingga 70% variasi dinamika NDVI pada lanskap tropis dipengaruhi oleh aktivitas manusia (Mengmeng *et al.*, 2024).

Dengan demikian, penggunaan analisis NDVI multi-temporal yang dikombinasikan dengan analisis perubahan NDVI dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai dinamika pemulihan vegetasi serta membantu mengidentifikasi wilayah yang memerlukan prioritas pengelolaan restorasi. Pendekatan ini menunjukkan bahwa NDVI tidak hanya berfungsi sebagai indikator kondisi vegetasi, tetapi juga dapat digunakan sebagai alat pendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan rehabilitasi ekosistem berbasis data spasial.

KESIMPULAN

Analisis NDVI multi-temporal menggunakan citra satelit Sentinel-2 menunjukkan bahwa kondisi vegetasi di Desa Kiram, Kabupaten Banjar mengalami peningkatan selama periode 2023–2025. Peningkatan tersebut ditandai oleh menurunnya luas area non-vegetasi dan vegetasi rendah, serta meningkatnya proporsi kelas vegetasi sedang dan vegetasi tinggi. Hasil analisis perubahan NDVI juga menunjukkan bahwa proses pemulihan vegetasi berlangsung secara spasial tidak seragam, sehingga wilayah penelitian dapat diklasifikasikan ke dalam zona pemulihan cepat, zona stabil, dan zona pemulihan rendah. Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi pengelolaan hutan dan perencanaan restorasi ekosistem pada skala lanskap desa. Zona pemulihan cepat dapat diprioritaskan untuk perlindungan dan pemeliharaan vegetasi agar proses suksesi alami tetap berlangsung. Zona stabil perlu diarahkan pada pengelolaan adaptif melalui pemantauan berkala, pengendalian gangguan, dan penguatan fungsi ekologis kawasan. Sementara itu, zona pemulihan rendah perlu menjadi prioritas intervensi restorasi melalui penanaman pengayaan, perbaikan kondisi tapak, pengendalian tekanan penggunaan lahan, serta pendampingan masyarakat dalam pengelolaan lahan yang lebih berkelanjutan. Dengan demikian, pendekatan NDVI yang dikombinasikan dengan deteksi perubahan tidak hanya mampu menggambarkan trajektori pemulihan vegetasi, tetapi juga dapat digunakan sebagai dasar spasial

dalam menentukan prioritas pengelolaan hutan dan restorasi ekosistem secara lebih terarah, efisien, dan berbasis data.

DAFTAR PUSTAKA

- Benedict, T., Brown, J., Boyte, S., Howard, D., Fuchs, B., Wardlow, B. & Evenson, K. 2021. Exploring VIIRS continuity with MODIS in an expedited capability for monitoring drought-related vegetation conditions. *Remote Sensing*, 13(6):1210. <https://doi.org/10.3390/rs13061210>.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2025). *Prediksi musim kemarau tahun 2025 di Indonesia: Pemutakhiran Mei 2025*. BMKG. <https://www.bmkg.go.id/iklim/prediksi-musim/prediksi-musim-kemarau-tahun-2025-di-indonesia-pemutakhiran-mei-2025-2>
- Chen, X., Wang, Y., Chen, Y., Fu, S. & Zhou, N. 2023. NDVI-based assessment of land degradation trends in Balochistan, Pakistan, and analysis of the drivers. *Remote Sensing*, 15(9):2388. <https://doi.org/10.3390/rs15092388>.
- Dong, S., Zhuang, W., Zhang, S. & Xie, S. 2025. Spatiotemporal distribution of the impact of climate change and human activities on NDVI in China. *Problemy Ekorozwoju*, 20(1):174–189. <https://doi.org/10.35784/preko.6696>.
- Gao, S., Dong, G., Jiang, X., Nie, T., Yin, H. & Guo, X. 2021. Quantification of natural and anthropogenic driving forces of vegetation changes in the Three-River Headwater Region (1982–2015) based on geographical detector. *Remote Sensing*, 13(20):4175. <https://doi.org/10.3390/rs13204175>.
- Guan, J., Yao, J., Li, M. & Zheng, J. 2021. Assessing the spatiotemporal evolution of anthropogenic impacts on remotely sensed vegetation dynamics in Xinjiang, China. *Remote Sensing*, 13(22):4651. <https://doi.org/10.3390/rs13224651>.
- Kang, Y., Guo, E., Wang, Y., Bao, Y. & Mandula, N. 2021. Monitoring vegetation change and its potential drivers in Inner Mongolia (2000–2019). *Remote Sensing*, 13(17):3357. <https://doi.org/10.3390/rs13173357>.
- Kumalawati, R., Yuliarti, A., Anggraeni, R. & Murliawan, K. 2021. Distribution of hotspots during 2012–2021 in South Kalimantan. *Jurnal Geografika (Geography of Wetland Environment)*, 2(1):1. <https://doi.org/10.20527/jgp.v2i1.4532>.
- Mengmeng, G., Yang, N. & Liu, Q. 2024. What drives vegetation evolution in the middle reaches of the Yellow River Basin, climate change or human activities? *Sustainability*, 16(22):10122. <https://doi.org/10.3390/su162210122>.
- Mulya, A. J., Mardiansyah, W., & Khakim, M. Y. N. (2025). Perbandingan *Normalized Difference Vegetation Index* antara citra satelit MODIS, Landsat, dan Planet Scope untuk identifikasi deforestasi akibat pertambangan di Kabupaten Lahat. *Jurnal Penelitian Sains*, 27(2), 1–11. <https://doi.org/10.56064/jps.v27i2.1206>
- Ozgeldinova, Z., Zhanguzhina, A., Mukayev, Z., Berdenov, Z. & Ulykpanova, M. 2025. Assessment of the dynamics and condition of post-fire forest recovery in the Amankaragay Massif, Kostanay Region, Republic of Kazakhstan. *Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science*, 5(2):713–733. <https://doi.org/10.47352/jmans.2774-3047.276>.
- Rozaki, Z., Rejeki, T., Rahayu, L. & Ramli, M. 2023. Farmers' food security in forest and peatland fire-prone areas of South Kalimantan, Indonesia. *Jurnal Sylva Lestari*, 11(3):527–542. <https://doi.org/10.23960/jsl.v11i3.770>.
- Saharjo, B. & Nugraha, D. 2022. The effect of rainfall on hotspot reduction in Indonesia during 2019–2020. *Journal of Tropical Silviculture*, 13(3):184–190. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.13.03.184-190>.

- Stasiun Klimatologi Kalimantan Selatan. (2026). *Kaleidoskop iklim dan kualitas udara 2025 Kalimantan Selatan*. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. <https://staklim-kalsel.bmkg.go.id/kaleidoskop-iklim-dan-kualitas-udara-2025-kalimantan-selatan/>
- Sun, L., Li, H., Wang, J., Chen, Y., Xiong, N., Zong, W. & Xu, J. 2023. Impacts of climate change and human activities on NDVI in the Qinghai-Tibet Plateau. *Remote Sensing*, 15(3):587. <https://doi.org/10.3390/rs15030587>.
- Syaufina, L., Sitanggang, I., Purwanti, E., Rahmawan, H., Trisminingsih, R., Ardiansyah, F. & Satyawati, V. 2024. Forest and land fire policy implications in Indonesia: Technological support needs. *Journal of Tropical Silviculture*, 15(1):70–77. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.15.01.70-77>.
- Valtonen, A., Korkiatupa, E., Holm, S., Malinga, G. & Nakadai, R. 2021. Remotely sensed vegetation greening along a restoration gradient of a tropical forest, Kibale National Park, Uganda. *Land Degradation & Development*, 32(18):5166–5177. <https://doi.org/10.1002/ldr.4096>.
- Zhou, M., Zhu, Z., Woodcock, C. E., & Holden, C. E. (2023). Integration of Landsat time-series vegetation indices improves consistency of change detection. *International Journal of Digital Earth*, 16(1), 1929–1947. <https://doi.org/10.1080/17538947.2023.2200040>.