

Vol. 7 No. 1 (2026), Halaman 66-76



GEOGRAPHIA

Jurnal Pendidikan dan Penelitian Geografi

ISSN: 2774-6968

DINAMIKA KERAPATAN VEGETASI PASCAKEBAKARAN DAN REHABILITASI DI KHDTK TEMANGGUNG

Variantika Metasari^{1*}, Rahmawaty², Feti Fatimatuazzahroh³

^{13*}Sekolah Pascasarjana, Universitas Terbuka, Indonesia

²Universitas Sumatera Utara, Indonesia

Email: variantika1@gmail.com^{1*}, rahmawaty@usu.ac.id², feti.fatimatuazzahroh@ecampus.ut.ac.id³

Website Jurnal: <http://ejurnal.unima.ac.id/index.php/geographia>



Akses dibawah lisensi CC BY-SA 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

DOI: <https://doi.org/10.53682/rczxtk75>

(Diterima: 27-02-2026; Direvisi: 28-04-2026; Disetujui: 05-06-2026)

ABSTRACT

This study analyzes vegetation cover dynamics in the BNPT Forest Area with Special Purposes (KHDTK) in Temanggung Regency during the pre-fire period (2013), post-fire period (2019), and post-rehabilitation period (2025) using multitemporal Landsat imagery. The research aims to identify changes in vegetation cover due to fire, evaluate post-rehabilitation recovery, and assess the accuracy of Normalized Difference Vegetation Index-based classification through field validation. The methods included vegetation index analysis, post-classification comparison, and accuracy assessment using a confusion matrix based on 60 sample points. The results revealed a clear three-phase dynamic. In 2013, the area was dominated by high-density vegetation covering 68.96 hectares (68%). Following the 2019 fire, high-density vegetation drastically decreased to 0.21 hectares (0.21%), while low-density vegetation increased to 44.91 hectares (44.43%). The 2019–2025 period showed significant recovery, with 84.5% of the area experiencing an increase in density class, and high-density vegetation reaching 73.88%, exceeding pre-fire conditions. The accuracy assessment yielded an overall accuracy of 86.87% and a Kappa index of 80%, indicating good and reliable agreement for landscape-scale analysis. Rehabilitation activities carried out during 2020–2023 were indicated to contribute to accelerating canopy cover recovery based on NDVI measurements. However, increased NDVI values primarily reflect recovery of greenness and biomass, thus further evaluation of vegetation structure and composition is necessary to ensure complete ecological restoration.

Keywords: Accuracy assessment, Forest fire, Forest rehabilitation, Remote sensing, Vegetation dynamics.

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis dinamika tutupan vegetasi di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus BNPT Kabupaten Temanggung pada periode prakebakaran 2013, pascakebakaran 2019, dan pascarehabilitasi 2025 menggunakan citra Landsat multitemporal. Penelitian bertujuan mengidentifikasi perubahan tutupan vegetasi akibat kebakaran, mengevaluasi pemulihan pascarehabilitasi, serta menilai akurasi klasifikasi berbasis Normalized Difference Vegetation Index melalui validasi lapangan. Metode yang digunakan meliputi analisis indeks vegetasi, post-classification comparison, dan uji akurasi menggunakan confusion matrix pada 60 titik sampel. Hasil

menunjukkan dinamika tiga fase yang jelas. Tahun 2013 kawasan didominasi vegetasi tinggi seluas 68,96 hektar (68%). Pascakebakaran 2019 vegetasi tinggi menurun drastis menjadi 0,21 hektar (0,21%), sedangkan vegetasi rendah meningkat menjadi 44,91 hektar (44,43%). Periode 2019–2025 menunjukkan pemulihan signifikan dengan 84,5% area mengalami peningkatan kelas kerapatan, dan vegetasi tinggi mencapai 73,88%, melampaui kondisi prakebakaran. Uji akurasi menghasilkan overall accuracy 86,87% dan indeks Kappa 80% yang menunjukkan tingkat kesesuaian baik dan reliabel untuk analisis skala lanskap. Rehabilitasi periode 2020–2023 terindikasi berkontribusi terhadap percepatan pemulihan tutupan tajuk berdasarkan ukuran NDVI. Namun, peningkatan nilai NDVI lebih merefleksikan pemulihan kehijauan dan biomassa, sehingga evaluasi lanjutan terhadap struktur dan komposisi vegetasi diperlukan untuk memastikan pemulihan ekologis secara utuh.

Kata kunci: Akurasi klasifikasi, Dinamika vegetasi, Kebakaran hutan, Penginderaan jauh, Rehabilitasi hutan.

PENDAHULUAN

Hutan merupakan sumber daya alam strategis yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem melalui fungsi ekologis, hidrologis, serta pengaturan iklim ([Wahyuni & Suranto, 2021](#)). Namun, fungsi tersebut menghadapi tekanan serius akibat meningkatnya degradasi hutan, salah satunya dipicu oleh kebakaran hutan. Kebakaran hutan diketahui menyebabkan penurunan kualitas tanah, gangguan siklus hidrologi, serta berkurangnya kerapatan vegetasi yang berimplikasi pada perubahan tutupan lahan secara signifikan ([Juniarti Listari et al., 2024](#)). Dalam konteks pengelolaan hutan, pemantauan perubahan vegetasi pascakebakaran menjadi penting untuk mengevaluasi tingkat kerusakan dan proses pemulihan ekosistem secara kuantitatif ([Hilga Yuferdiansyah, 2021](#)).

Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) BNPT Kabupaten Temanggung merupakan kawasan hutan seluas 102,584 ha yang memiliki fungsi sebagai area penelitian dan pengembangan pengelolaan hutan berbasis rehabilitasi ekosistem. Kawasan ini memiliki riwayat kebakaran berulang, yaitu pada tahun 1991, 1999, 2005, 2015, 2018, dan 2019 ([BNPT, 2023](#)). Frekuensi kejadian kebakaran tersebut menunjukkan bahwa kawasan ini memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap gangguan vegetasi, sehingga memerlukan pemantauan spasial-temporal untuk memahami dinamika perubahan tutupan lahan secara lebih komprehensif ([Anhar et al., 2022](#)).

Secara ekologis, kebakaran berulang dapat menyebabkan perubahan struktur vegetasi, penurunan kerapatan tajuk, serta memicu dominasi spesies pionir pada lahan terbuka ([Nur Annisa, 2022](#)). Berdasarkan inventarisasi BNPT (2023), vegetasi di kawasan KHDTK BNPT didominasi oleh tanaman budidaya

seperti kopi serta spesies pionir seperti kasia yang berkembang pada kondisi pascakebakaran. Kondisi ini menunjukkan bahwa dinamika vegetasi di kawasan tersebut dipengaruhi oleh kombinasi antara gangguan kebakaran dan intervensi rehabilitasi, termasuk kegiatan penanaman pada tahun 2020 dan 2023. Namun demikian, efektivitas rehabilitasi tersebut dalam meningkatkan kembali kerapatan vegetasi belum terukur secara kuantitatif dan spasial.

Pemantauan vegetasi melalui survei lapangan memiliki keterbatasan dalam cakupan spasial dan temporal, sehingga diperlukan pendekatan berbasis penginderaan jauh. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) merupakan indeks vegetasi yang banyak digunakan untuk mengestimasi tingkat kehijauan dan kerapatan vegetasi secara kuantitatif ([Simarmata et al., 2021](#)). NDVI efektif digunakan dalam analisis multitemporal karena mampu mendeteksi perubahan kondisi vegetasi akibat gangguan seperti kebakaran serta memantau proses pemulihan vegetasi dari waktu ke waktu ([Ruuhulhaq & Setianingrum, 2024](#)).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah memanfaatkan NDVI untuk menganalisis perubahan tutupan lahan dan kondisi vegetasi di berbagai kawasan hutan. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada perubahan tutupan lahan secara umum dan belum secara spesifik mengkaji dinamika kerapatan vegetasi pascakebakaran dan pascarehabilitasi dalam kerangka multitemporal yang terintegrasi ([Ghani Aryatama et al., 2023](#)). Selain itu, penelitian pada kawasan KHDTK yang memiliki karakteristik kebakaran berulang dan intervensi rehabilitasi masih relatif terbatas.

Penelitian ini memiliki kebaruan dalam pendekatan analisis NDVI multitemporal dengan membandingkan tiga periode kunci, yaitu sebelum kebakaran (2013), pascakebakaran (2019), dan pascarehabilitasi (2025), sehingga mampu menggambarkan dinamika perubahan kerapatan vegetasi secara lebih komprehensif serta mengevaluasi efektivitas pemulihan vegetasi secara kuantitatif.

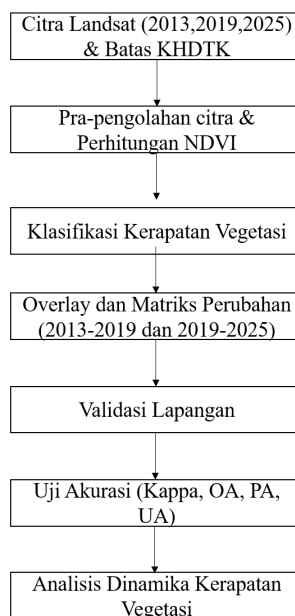
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis distribusi spasial kerapatan vegetasi pada tahun 2013, 2019, dan 2025; (2) menganalisis perubahan kerapatan vegetasi pada periode 2013–2019 dan 2019–2025; serta (3) mengevaluasi akurasi klasifikasi kerapatan vegetasi berbasis NDVI melalui validasi lapangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain longitudinal-komparatif untuk menganalisis dinamika kerapatan vegetasi di KHDTK BNPT Kabupaten Temanggung pada tiga periode pengamatan, yaitu tahun 2013, 2019, dan 2025.

Tahun 2013 digunakan sebagai representasi kondisi awal sebelum kebakaran besar, tahun 2019 merepresentasikan kondisi pascakebakaran, sedangkan tahun 2025 digunakan untuk merepresentasikan kondisi pascarehabilitasi. Pemilihan ketiga periode tersebut didasarkan pada riwayat kebakaran kawasan serta adanya kegiatan rehabilitasi vegetasi pada periode 2020–2023.

Data utama yang digunakan berupa citra satelit multitemporal Landsat 8 OLI untuk tahun 2013 dan 2019 serta Landsat 9 OLI-2 untuk tahun 2025. Citra diperoleh melalui portal USGS *Earth Explorer* dengan tingkat koreksi Level-2 yang telah terkoreksi atmosferik. Pemilihan citra Landsat didasarkan pada ketersediaan data historis, konsistensi sensor, resolusi spasial 30 m, serta kesesuaiannya untuk analisis vegetasi pada kawasan KHDTK seluas 102,584 ha. Data pendukung meliputi batas administrasi dari Ina-Geoportal dan batas KHDTK dari instansi pengelola. Seluruh data diproyeksikan ke sistem koordinat UTM Zona 49S datum WGS 84 untuk menjaga konsistensi spasial. Untuk memperjelas tahapan penelitian, alur penelitian disajikan pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Analisis NDVI

Analisis kerapatan vegetasi dilakukan menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* atau NDVI. Pemilihan NDVI dalam penelitian ini didasarkan pada kemampuannya dalam merepresentasikan

tingkat kehijauan dan kerapatan vegetasi secara kuantitatif melalui perbandingan kanal inframerah dekat dan kanal merah. NDVI digunakan karena sesuai untuk analisis multitemporal, mudah diterapkan pada citra Landsat, dan mampu menunjukkan perubahan

vegetasi akibat gangguan maupun proses pemulihan kawasan. Dengan demikian, NDVI relevan digunakan untuk menganalisis dinamika vegetasi pada periode prakebakaran, pascakebakaran, dan pascarehabilitasi. (Marwan et al., 2021). Perhitungan NDVI menggunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Keterangan:

NIR = Saluran Inframerah Dekat
RED = Saluran Merah

Nilai NDVI yang dihasilkan berada pada kisaran -1 hingga +1, di mana nilai mendekati +1 menunjukkan vegetasi yang sangat rapat dan sehat, sedangkan nilai mendekati 0 menunjukkan lahan terbuka atau vegetasi jarang, dan nilai negatif (mendekati -1) mengindikasikan permukaan non-vegetasi seperti air, awan, atau permukaan tidak bervegetasi (Kurnia & Yulianandha, 2019). Klasifikasi kerapatan vegetasi dalam penelitian ini mengacu pada kelas NDVI yang digunakan dalam penelitian sebelumnya, yaitu lahan tidak bervegetasi, vegetasi sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi. Secara umum, rentang nilai NDVI dapat diinterpretasikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Kerapatan vegetasi

NDVI	Klasifikasi
-1.00 – (-0.03)	Lahan Tidak Bervegetasi
-0.03 – 0.15	Vegetasi Sangat Rendah
0.15 – 0.25	Vegetasi Rendah
0.25 – 0.35	Vegetasi Sedang
0,36 – 1,00	Vegetasi Tinggi

Sumber : (Aos & Putri, 2023)

Analisis Perubahan Tutupan Vegetasi

Perubahan kerapatan vegetasi dianalisis menggunakan metode *post-classification comparison*, yaitu dengan melakukan overlay terhadap hasil klasifikasi NDVI antarperiode. Analisis dilakukan pada dua interval waktu, yaitu 2013-2019 untuk melihat perubahan kondisi prakebakaran menuju pascakebakaran, dan 2019-2025 untuk melihat perubahan kondisi pascakebakaran menuju pascarehabilitasi.

Hasil *overlay* dianalisis menggunakan tabulasi silang untuk menghasilkan matriks transisi perubahan antar kelas kerapatan vegetasi. Matriks ini menunjukkan luas perubahan dari setiap kelas awal menuju kelas akhir, termasuk kategori tetap, meningkat, dan menurun. Hasil analisis disajikan dalam bentuk matriks perubahan, grafik proporsi perubahan, dan peta perubahan kerapatan vegetasi.

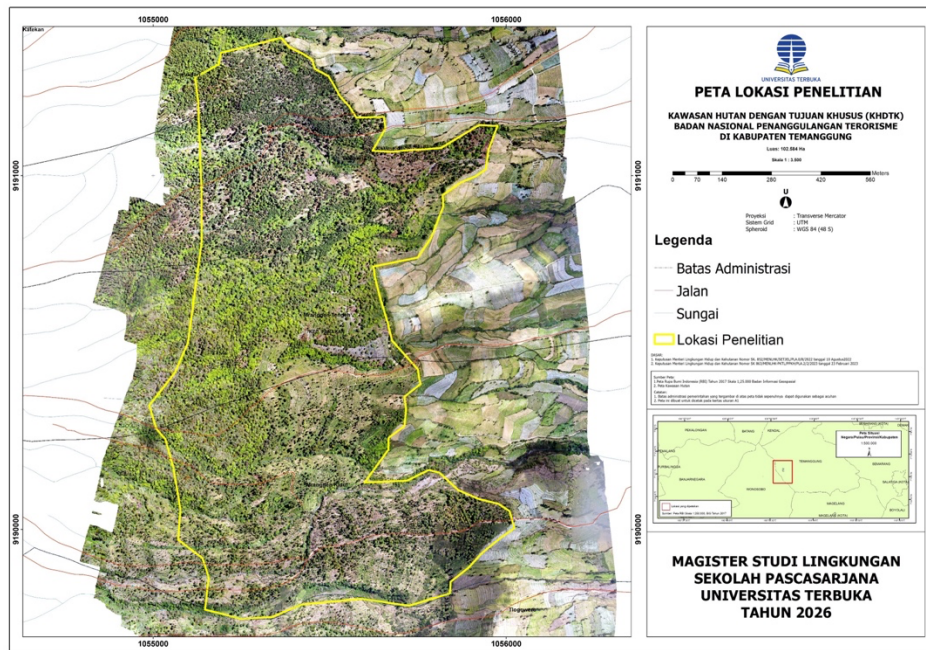
Validasi Lapangan dan Uji Akurasi

Validasi lapangan dilakukan untuk menguji hasil klasifikasi NDVI tahun 2025 sebagai representasi kondisi pascarehabilitasi. Penentuan titik sampel menggunakan metode *stratified random sampling* berdasarkan kelas kerapatan vegetasi rendah, sedang, dan tinggi.

Jumlah sampel sebanyak 60 titik, yang terdiri atas 20 titik pada kelas rendah, 20 titik pada kelas sedang, dan 20 titik pada kelas tinggi. Pembagian ini dilakukan agar setiap kelas kerapatan vegetasi terwakili secara seimbang dalam proses validasi.

Pada setiap titik sampel dilakukan observasi kondisi aktual vegetasi, pencatatan koordinat menggunakan GPS, pengamatan persentase tutupan tajuk pada plot 30 m × 30 m, serta dokumentasi lapangan. Data hasil pengamatan lapangan digunakan sebagai reference data dalam uji akurasi klasifikasi.

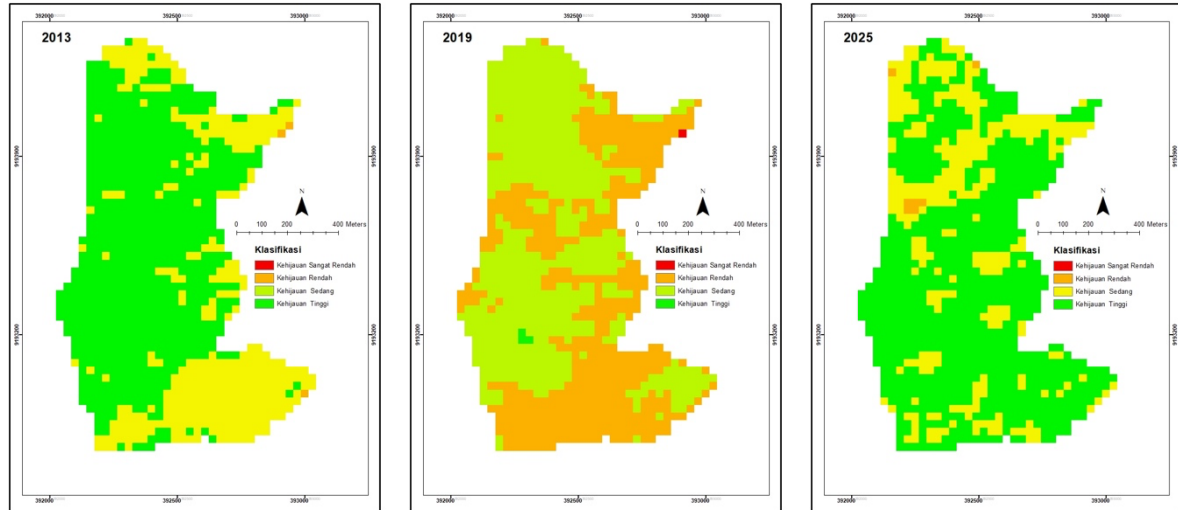
Uji akurasi dilakukan menggunakan confusion matrix untuk menghitung *overall accuracy*, *producer's accuracy*, *user's accuracy*, dan koefisien kappa. *Overall accuracy* digunakan untuk mengetahui proporsi total sampel yang terklasifikasi dengan benar. *Producer's accuracy* menunjukkan kemampuan klasifikasi dalam mengenali kelas referensi lapangan, sedangkan *user's accuracy* menunjukkan tingkat keandalan kelas hasil klasifikasi. Koefisien kappa digunakan untuk mengukur tingkat kesesuaian antara hasil klasifikasi dan kondisi aktual lapangan dengan mempertimbangkan kemungkinan kesesuaian secara acak.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian, 2026

HASIL PENELITIAN Dinamika Tutupan Vegetasi Pasca Kebakaran dan Rehabilitasi

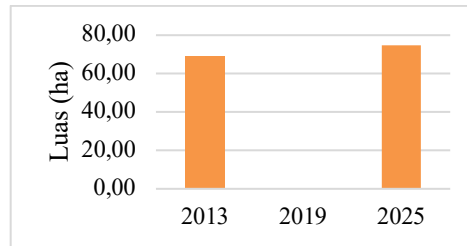
Hasil analisis NDVI multitemporal pada tahun 2013, 2019, dan 2025 disajikan pada [Gambar 3](#).



Gambar 3. Distribusi Spasial NDVI Tahun 2013, 2019, dan 2025

Berdasarkan klasifikasi kerapatan vegetasi, pada tahun 2013 diperoleh vegetasi tinggi 68% (68,96 ha), vegetasi sedang 31,69% (32,12 ha), dan vegetasi rendah 0,27% (0,27 ha). Pada tahun 2019, vegetasi tinggi menurun menjadi 0,21% (0,21 ha), vegetasi sedang 55,26% (55,85 ha), vegetasi rendah 44,43% (44,91 ha),

dan muncul vegetasi sangat rendah 0,09%. Pada tahun 2025, vegetasi tinggi meningkat menjadi 73,88% (74,80 ha), vegetasi sedang 25,63% (25,96 ha), vegetasi rendah 0,49% (0,48 ha), dan vegetasi sangat rendah tidak terdeteksi (0%). Perubahan luasan vegetasi tinggi antar periode disajikan pada [Gambar 4](#).



Gambar 4. Perubahan Luasan Vegetasi Tinggi Tahun 2013, 2019, dan 2025

Analisis Perubahan Tutupan Vegetasi

Perubahan tutupan vegetasi dianalisis menggunakan metode *post-classification comparison* dengan *overlay* hasil klasifikasi NDVI tahun 2013, 2019, dan 2025. Matriks perubahan tutupan vegetasi 2019 - 2025 ([Tabel](#)

[3](#)). Dari 46,80 ha vegetasi rendah, 34,34 ha (73,4%) meningkat menjadi tinggi dan 12,12 ha (25,9%) menjadi sedang. Vegetasi sedang (55,50 ha) juga menunjukkan peningkatan, dengan 40,06 ha (72,2%) berubah menjadi tinggi.

Tabel 2. Perubahan Tutupan Vegetasi 2013 - 2019

Tahun 2013	Kerapatan Vegetasi Tahun 2019 (ha)			
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	0,09	0,21		
Sedang		22,83	9,69	
Tinggi		23,53	45,88	0,21

Sumber: Hasil Penelitian, 2026

Tabel 3. Perubahan Tutupan Vegetasi 2019 – 2025

Tahun 2019	Kerapatan Vegetasi Tahun 2025 (ha)		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Sangat Rendah		0,06	
Rendah	0,34	12,12	34,34
Sedang	0,11	15,33	40,06
Tinggi			0,21

Sumber: Hasil Penelitian, 2026

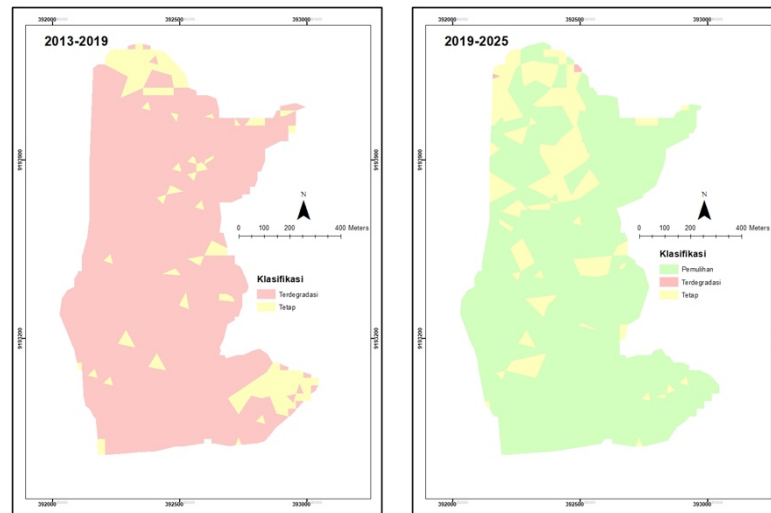
Total luas area yang mengalami peningkatan kelas kerapatan vegetasi sebesar 86,58 ha (84,5%), sedangkan area yang stabil atau mengalami penurunan lanjutan sebesar 15,88 ha. Distribusi spasial perubahan kerapatan vegetasi pada kedua periode disajikan pada Gambar 4. Pada periode 2013-2019, luas area yang mengalami degradasi (penurunan kelas) sebesar 92,24 ha. Pada periode 2019-2025, luas area yang mengalami peningkatan kelas sebesar 86,58 ha. Vegetasi tinggi berubah dari 69,62 ha (2013) menjadi 0,21 ha (2019), kemudian menjadi 74,61 ha (2025).

Evaluasi Akurasi Klasifikasi NDVI

Evaluasi akurasi dilakukan untuk menguji tingkat kesesuaian antara hasil klasifikasi

NDVI tahun 2025 dan kondisi aktual di lapangan. Uji akurasi menggunakan matriks kesalahan (*confusion matrix*) yang disusun berdasarkan 60 titik sampel hasil *stratified random sampling*. Matriks kesesuaian ([Tabel 4](#)) menyajikan distribusi kesalahan klasifikasi antara data referensi hasil verifikasi lapangan dan hasil interpretasi citra. Nilai diagonal pada matriks adalah jumlah sampel yang terklasifikasi dengan benar, sedangkan nilai di luar diagonal adalah kesalahan klasifikasi antar kelas ([Ardilia Putri & Hapsari Handayani, 2024](#)).

Hasil perhitungan *overall accuracy* dan indeks kappa untuk 3 kelas kerapatan vegetasi dapat dilihat pada [Tabel 5](#).



Gambar 5. Perubahan Tutupan Vegetasi Tahun 2013 - 2019 dan 2019 - 2025

Tabel 4. Matriks Kesesuaian Klasifikasi NDVI dengan Data Lapangan

Referensi / Klasifikasi	Rendah	Sedang	Tinggi	Total
Rendah	18	2	0	20
Sedang	3	16	1	20
Tinggi	0	2	18	20
Total	21	20	19	60

Sumber: Hasil Penelitian, 2026

Tabel 5. Perhitungan Overall Accuracy dan Indeks Kappa

Jumlah Kelas	Overall accuracy	Indeks Kappa
3	86,87%	80%

Sumber: Hasil Penelitian, 2026

Berdasarkan matriks kesesuaian, kesalahan klasifikasi terutama terjadi pada kelas vegetasi sedang, dengan adanya pertukaran klasifikasi antara kelas sedang dengan kelas rendah maupun tinggi.

PEMBAHASAN

Dinamika Tutupan Vegetasi Pasca Kebakaran dan Rehabilitasi

Dinamika tutupan vegetasi pada kawasan penelitian menunjukkan pola tiga fase utama, yaitu fase stabil sebelum kebakaran, fase degradasi pascakebakaran, dan fase pemulihan pascarehabilitasi. Pola ini tercermin secara kuantitatif dari perubahan proporsi kerapatan vegetasi pada periode pengamatan. Pada tahun 2013, vegetasi dengan kerapatan tinggi mendominasi sebesar 68% (68,96 ha), yang menunjukkan kondisi ekosistem relatif stabil dengan struktur tegakan yang kompleks. Kondisi pra-kebakaran ini mendukung berbagai fungsi ekologis, seperti penyimpanan karbon, pengaturan tata air, serta penyediaan habitat,

sehingga menunjukkan bahwa ekosistem berada dalam keseimbangan dinamis (Farizal et al., 2021).

Namun, pada tahun 2019 terjadi penurunan drastis vegetasi tinggi menjadi hanya 0,21% (0,21 ha), disertai peningkatan vegetasi rendah hingga 44,43% (44,91 ha). Penurunan ini mengindikasikan terjadinya degradasi yang signifikan akibat kebakaran, yang tidak hanya menyederhanakan struktur tegakan tetapi juga memicu perubahan iklim mikro, seperti peningkatan suhu permukaan dan penurunan kelembapan tanah (Johnstone et al., 2022; Turner et al., 2022).

Tahun 2025 terjadi pemulihan yang sangat kuat, di mana vegetasi tinggi meningkat kembali menjadi 73,88% (74,80 ha). Analisis perubahan tutupan vegetasi menunjukkan bahwa sebesar 86,58 ha (84,5%) area mengalami peningkatan kelas kerapatan vegetasi pada periode 2019–2025. Secara khusus, sekitar 73,4% vegetasi rendah pada tahun 2019 bertransisi menjadi vegetasi tinggi,

serta 72,2% vegetasi sedang juga meningkat menjadi kelas tinggi. Temuan ini menegaskan bahwa intervensi rehabilitasi berperan signifikan dalam mempercepat proses regenerasi vegetasi pascakebakaran.

Pengaruh Penggunaan Lahan terhadap Pemulihan Vegetasi

Kondisi vegetasi di kawasan penelitian sangat dipengaruhi oleh pola penggunaan lahan yang ada di sekitar area tersebut. Keberadaan tanaman kopi, yang tumbuh di bawah naungan vegetasi berkayu, membentuk sistem agroforestri yang relatif stabil. Sistem agroforestri kopi ini tidak hanya berfungsi sebagai penghasil ekonomi bagi masyarakat, tetapi juga tetap mempertahankan tutupan hijau yang tinggi. Hal ini berkontribusi pada peningkatan nilai NDVI, meskipun sistem agroforestri ini secara struktural berbeda dengan hutan alami. Dalam hal ini, tanaman kopi dapat memberikan kontribusi positif terhadap stabilitas iklim mikro dan penurunan erosi tanah, sekaligus mendukung biodiversitas dalam skala tertentu (Limerti M et al., 2025).

Namun, meskipun sistem agroforestri kopi memiliki manfaat ekologis, pada beberapa bagian kawasan masih ditemukan praktik budidaya tembakau yang membutuhkan kondisi lahan terbuka. Budidaya tembakau ini menuntut adanya pembukaan lahan dan penghilangan vegetasi penutup alami, yang berisiko besar terhadap degradasi tanah, penurunan kesuburan, dan hilangnya fungsi ekosistem yang vital seperti pengaturan tata air dan penyediaan habitat bagi fauna lokal. Selain itu, praktik ini dapat menghambat regenerasi alami vegetasi, mengingat lahan terbuka cenderung lebih rentan terhadap erosi dan kehilangan humus yang mendukung pertumbuhan tanaman (Khoso et al., 2025).

Secara sosial dan ekonomi, budidaya tembakau memiliki nilai penting karena merupakan salah satu komoditas utama yang menyediakan mata pencaharian bagi banyak petani. Namun, ketergantungan pada budidaya tembakau menghalangi masyarakat untuk beralih ke alternatif pertanian yang lebih ramah lingkungan (Baqiyatus Sofwani, 2022). Oleh karena itu, penting untuk mengintegrasikan program rehabilitasi dengan pendekatan yang lebih inklusif, yang tidak hanya mengedepankan perbaikan ekologis, tetapi juga menawarkan alternatif ekonomi yang dapat

memberi manfaat finansial setara tanpa merusak lingkungan.

Dengan demikian, pengelolaan lahan yang berkelanjutan perlu mempertimbangkan tidak hanya aspek produktivitas lahan, tetapi juga dampaknya terhadap keberlanjutan ekosistem dan regenerasi alami vegetasi. Pendekatan pengelolaan berbasis agroforestri berkelanjutan dan konservasi tanah dapat menjadi solusi yang lebih holistik dalam menjaga keseimbangan antara kebutuhan ekonomi dan pemulihan ekosistem.

Keterbatasan NDVI dan Implikasi untuk Evaluasi Pemulihan

Namun demikian, peningkatan tutupan vegetasi yang cukup tinggi tersebut perlu diinterpretasikan secara hati-hati. Meskipun nilai NDVI menunjukkan tren pemulihan yang kuat, hasil ini lebih merefleksikan peningkatan biomassa dan kehijauan, bukan pemulihan struktur ekosistem secara menyeluruh. Peningkatan luas vegetasi tinggi hingga lebih dari 70% pada tahun 2025 tidak sepenuhnya mencerminkan pemulihan ekosistem alami, melainkan juga dipengaruhi oleh mosaik penggunaan lahan yang terdiri atas vegetasi alami, agroforestri kopi, dan lahan terbuka untuk tembakau.

Keterbatasan ini juga tercermin dalam hasil uji akurasi klasifikasi, di mana nilai *overall accuracy* sebesar 86,87% dan indeks kappa sebesar 80% menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Namun demikian, kesalahan klasifikasi masih terjadi terutama pada kelas vegetasi sedang, yang menunjukkan adanya kesulitan dalam membedakan kelas dengan karakteristik spektral yang serupa. Fenomena ini berkaitan dengan adanya *mixed pixel* pada citra resolusi menengah, terutama pada area dengan heterogenitas vegetasi yang tinggi (Karna & Jayakumar, 2026).

NDVI memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan kompleksitas struktur vegetasi, terutama pada kondisi biomassa tinggi yang cenderung mengalami saturasi (Ouattara et al., 2025). Indeks ini juga tidak mampu membedakan komposisi jenis maupun struktur vertikal vegetasi, sehingga berpotensi memberikan estimasi yang lebih tinggi terhadap tingkat keberhasilan pemulihan pada tahap awal (Latuconsina et al., 2020). Oleh karena itu, penggunaan NDVI sebaiknya dikombinasikan dengan indeks lain, seperti EVI atau SAVI, serta pendekatan klasifikasi berbasis objek atau

machine learning untuk meningkatkan akurasi interpretasi (Simarmata et al., 2021).

Selain faktor penggunaan lahan, keberhasilan regenerasi vegetasi juga dipengaruhi oleh karakteristik gangguan. Tidak adanya kebakaran berulang dalam periode pengamatan memungkinkan proses regenerasi berlangsung lebih optimal. Sebaliknya, pada ekosistem dengan gangguan berulang, kapasitas resiliensi cenderung menurun akibat degradasi yang lebih kompleks, seperti hilangnya sumber benih dan penurunan kualitas tanah (Putra et al., 2025).

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa rehabilitasi berperan penting dalam mempercepat pemulihan tutupan vegetasi pascakebakaran. Namun demikian, temuan utama menunjukkan bahwa peningkatan nilai NDVI tidak secara langsung mencerminkan pemulihan ekosistem secara utuh, karena dipengaruhi oleh mosaik penggunaan lahan serta keterbatasan indeks tersebut yang muncul secara berulang dalam merepresentasikan struktur vegetasi. Keterbatasan NDVI ini muncul secara berulang dalam interpretasi setiap fase pemulihan, mulai dari ketidakmampuan mendeteksi perubahan mikroklimat pascakebakaran, hingga saturasi pada biomassa tinggi pascarehabilitasi.

Oleh karena itu, evaluasi keberhasilan rehabilitasi perlu mempertimbangkan aspek struktur tegakan, komposisi jenis, serta fungsi ekologis secara lebih komprehensif.

Implikasi dari temuan ini adalah perlunya pendekatan pengelolaan yang tidak hanya berfokus pada peningkatan tutupan vegetasi secara kuantitatif, tetapi juga pada kualitas pemulihan ekosistem, melalui integrasi pendekatan multi-indeks misalnya EVI atau SAVI dan pengelolaan penggunaan lahan yang adaptif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis NDVI multitemporal tahun 2013, 2019, dan 2025, dinamika tutupan vegetasi di kawasan penelitian menunjukkan pola tiga fase yang jelas, yaitu fase stabil prakebakaran, fase degradasi pascakebakaran, dan fase pemulihan pascarehabilitasi. Sebelum kebakaran (2013), kawasan didominasi vegetasi berkategori tinggi seluas 68,96 ha (68%) yang mencerminkan struktur kanopi relatif rapat dan stabil. Pascakebakaran (2019) terjadi penurunan drastis vegetasi tinggi menjadi hanya 0,21 ha

(0,21%) yang diikuti peningkatan kelas rendah (44,91 ha) dan sedang (55,85 ha), mengindikasikan hilangnya dominasi tajuk dan penurunan biomassa secara masif pada skala lanskap.

Analisis perubahan tutupan vegetasi melalui menunjukkan bahwa periode 2013-2019 didominasi oleh degradasi vegetasi seluas 92,24 ha, sedangkan periode 2019-2025 menunjukkan tren pemulihan yang signifikan. Sekitar 84,5% area (86,58 ha) mengalami peningkatan kelas kerapatan pada fase rehabilitasi, dan luas vegetasi tinggi pada tahun 2025 mencapai 74,80 ha (73,88%), melampaui kondisi prakebakaran. Temuan ini mengindikasikan bahwa intervensi rehabilitasi yang dilaksanakan pada tahun 2020-2023 berkontribusi terhadap percepatan pemulihan tutupan tajuk berdasarkan ukuran NDVI dalam kurun waktu enam tahun pascakebakaran.

Hasil evaluasi akurasi klasifikasi NDVI tahun 2025 menunjukkan nilai *overall accuracy* sebesar 86,87% dan indeks Kappa sebesar 80%. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa hasil klasifikasi memiliki tingkat reliabilitas yang memadai untuk analisis dinamika tutupan vegetasi pada skala lanskap. Namun, keterbatasan NDVI dalam merepresentasikan kompleksitas struktur tegakan serta adanya potensi kesalahan klasifikasi pada kelas transisi perlu menjadi perhatian. Evaluasi lanjutan terhadap komposisi jenis dan struktur tegakan disarankan untuk memastikan pemulihan ekologis secara menyeluruh.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang telah diidentifikasi, disarankan agar pengelola kawasan KHDTK BNPT Kabupaten Temanggung tidak hanya mengandalkan indeks NDVI dalam mengevaluasi keberhasilan rehabilitasi, mengingat indeks ini lebih mencerminkan peningkatan kehijauan dan biomassa daripada pemulihan struktur ekosistem secara utuh. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi lanjutan yang mencakup pemantauan komposisi jenis vegetasi, struktur tegakan, serta keanekaragaman hayati fauna di kawasan tersebut untuk memastikan bahwa pemulihan yang terjadi bersifat ekologis dan berkelanjutan, tidak hanya kuantitatif.

Selain itu, mengingat luas vegetasi tinggi pada tahun 2025 telah melampaui kondisi

sebelum kebakaran namun masih menyisakan sekitar 15,88 ha area yang tidak menunjukkan pemulihan optimal, diperlukan strategi pengelolaan yang adaptif dengan penguatan program mitigasi kebakaran secara berkelanjutan, seperti pembuatan sekat bakar, peningkatan kesadaran masyarakat sekitar, serta pengembangan sistem deteksi dini kebakaran. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan indeks vegetasi tambahan seperti *Enhanced Vegetation Index* (EVI) atau *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) serta metode klasifikasi berbasis objek untuk mengurangi kesalahan akibat tumpang tindih spektral dan fenomena mixed pixel pada kelas vegetasi transisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anhar, I. P., Rina Mardiana, & Rai Sita. 2022. Dampak Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut terhadap Manusia dan Lingkungan Hidup (Studi Kasus: Desa Bunsur, Kecamatan Sungai Apit, Kabupaten Siak, Provinsi Riau). *Jurnal Sains Komunikasi Dan Pengembangan Masyarakat [JSKPM]*, 6(1), 75–85. <https://doi.org/10.29244/jskpm.v6i1.967>
- Aos, A. N. A., & Putri, N. 2023. Dinamika Vegetasi dan Suhu Permukaan Lahan Berbasis Remote Sensing di Waduk Jatigede Provinsi Jawa Barat: Studi Pendahuluan. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 4(2), 67–76. <https://doi.org/10.23960/jgrs.ft.unila.112>
- Ardilia Putri, K., & Hapsari Handayani, H. 2024. *Perbandingan Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Artificial Neural Network (ANN), Support Vector Machine (SVM), dan Random Forest (RF) dengan Bahasa Pemrograman R Comparison of Land Cover Classification Results Using Artificial Neural Network (ANN), Support Vector Machine (SVM), And Random Forest (RF) Methods with R Programming Language*. 19(2), 349–360.
- BNPT. 2023. *Inventarisasi Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Badan Nasional Penanggulangan Terorisme (BNPT) Pada Kawasan Hutan Produksi Tetap Di Kabupaten Temanggung Provinsi Jawa Tengah*.
- Farizal, A., Bambang, A. N., & Budihardjo, M. A. 2021. *Analisis perencanaan penataan kawasan suaka margasatwa gunung tunggangan, sragen, jawa tengah dengan pendekatan sensitivitas ekologis dan tekanan ekologis menggunakan sistem informasi geografis (SIG)*. <https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/5993/>
- Ghani Aryatama, M., Sukmono, A., & Hadi, F. 2023. Analisis perubahan tutupan lahan menggunakan citra sentinel-1 multitemporal (Studi Lokasi: Kecamatan Singorojo, Kabupaten Kendal). In *Jurnal Geodesi Undip Juli*.
- Hilga Yuferdiansyah. (2021). *Analisis dampak kebakaran hutan dan lahan terhadap perubahan tutupan lahan di kecamatan Kerumutan*. <https://repository.uir.ac.id/9364/1/163410301.pdf>
- Juniarti Listari, Padma Sudira, Resti Ananda, Riyan Fadli Saputra, & Fatmawati. 2024. *Efek kebakaran hutan terhadap lingkungan hidup dan sumber daya alam di Pekanbaru*. <https://share.google/W7e0ipKJwocvQGkOb>
- Karna, S., & Jayakumar, S. 2026. Differential impact of fire on tree diversity, composition, structure and carbon stock in tropical savanna. *Next Sustainability*, 7, 100229. <https://doi.org/10.1016/j.nxsust.2025.100229>
- Kurnia, D., & Yulianandha, A. (2019). *Penggunaan metode NDVI (normalized difference vegetation index) dan savi (soil adjusted vegetation index) untuk mengetahui ketersediaan ruang terbuka hijau terhadap pemenuhan kebutuhan oksigen (Studi Kasus : Kota Yogyakarta)*.
- 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>
- Limerti M, Idris, A. I., & Ramli, M. A. 2025. Analisis Vegetasi Pada Tegakan Pinus

- merkusii Di Desa Rambusaratu Kecamatan Mamasa Provinsi Sulawesi Barat. *Pangale Journal of Forestry and Environment*, 5(2), 39–60.
<https://doi.org/10.31605/pangale.v5i2.5936>
- Marwan, M., Wirandha, F. S., Husna, M., Saria, C. O., Nizzamuddin, N., & Yanis, M. 2021. Analisis Normalized Difference Vegetation Index pada Unmanned Aerial Vehicle untuk Identifikasi Pertumbuhan Tanaman Padi di Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh. *POSITRON*, 11(2), 121.
<https://doi.org/10.26418/positron.v11i2.48102>
- Nur Annisa. 2022. *Pencemaran Udara Akibat Kebakaran Hutan Berdampak Pada Wilayah Kalimantan Tengah Serta Bagaimana Kebijakan Pengendaliannya*.
- Ouattara, B., Thiel, M., Forkuor, G., Mouillot, F., Laris, P., Tondoh, E. J., & Sponholz, B. 2025. Fire Impacts, vegetation Recovery, and environmental drivers in West African savannas (2014–2023): A High-Resolution remote sensing assessment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 143.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104783>
- Putra, I. K. Y. D., Manessa, M. D. M., & Wibowo, A. 2025. Analisis spatio-temporal perubahan tutupan lahan dan kaitannya dengan temperatur permukaan lahan di desa ciputri periode 2005-2035. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 12(2), 379–393.
<https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2025.012.2.16>
- Putu Aryastana, I Gede Yogi Adnyana Puspita Riana, Ilona Dwiyeni Nahak, I Wayan Wartana, & Ida Bagus Made Yatana. 2023. Analisis indeks vegetasi pada citra Landsat 8 untuk penentuan perubahan tutupan lahan di Kabupaten Badung, Provinsi Bali. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 12(2), 127–136.
<https://doi.org/10.22225/pd.12.2.6370.127-136>
- Ruuhulhaq, M. S., & Setianingrum, S. 2024. Pemanfaatan Citra Satelit Landsat untuk Analisis Kerapatan Vegetasi Menggunakan Metode NDVI di Kota Serang Tahun 2014 dan 2024. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 12(3), 352–359.
<https://doi.org/10.23887/jjpg.v12i3.81193>
- Simarmata, N., Wikantika, K., Agnestasia Tarigan, T., Aldyansyah, M., Kurnia Tohir, R., Fauziah, A., & Purnama, Y. 2021. *Analisis transformasi indeks ndvi, ndwi dan savi untuk identifikasi kerapatan vegetasi mangrove menggunakan citra sentinel di pesisir timur provinsi lampung*.
<http://ksdae.menlhk.go.id/>
- Wahyuni, H., & Suranto, S. 2021. Dampak Deforestasi Hutan Skala Besar terhadap Pemanasan Global di Indonesia. *JlIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*, 6(1), 148–162.
<https://doi.org/10.14710/jiip.v6i1.10083>