

Analisis Spasial Resiliensi Ekosistem Kawasan Gunung Lawu Bagian Timur Pasca Karhutla Tahun 2018 dan 2019 Menggunakan Citra Satelit Landsat 8

Farid Al Asyhari¹, Sugeng Wahyudiono², Tatik Suhartati²

Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, INSTIPER Yogyakarta

^{*)}Email Korespondensi : faridalasyhari@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis resiliensi ekosistem di kawasan Gunung Lawu, Kabupaten Magetan dan Ngawi, Jawa Timur, pasca kebakaran hutan dan lahan (karhutla) tahun 2018 dan 2019 dengan menggunakan citra satelit Landsat 8 dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Kebakaran hutan berdampak signifikan terhadap kerusakan tutupan vegetasi, degradasi tanah, serta menurunnya keanekaragaman hayati di kawasan tersebut. Penelitian menggunakan analisis Normalized Burn Ratio (NBR) untuk mengukur tingkat keparahan kebakaran serta Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) untuk memantau kerapatan dan pemulihan vegetasi pasca kebakaran. Data citra satelit multi-temporal tahun 2017 hingga 2022 dianalisis, dengan fokus pada periode pasca kebakaran tanpa kejadian baru antara 2020–2022. Hasil menunjukkan tingkat keparahan karhutla tahun 2018 berkisar rendah hingga sedang dengan nilai standar deviasi 0,33, dan tahun 2019 di tingkat rendah dengan standar deviasi 0,26. Analisis NDVI memperlihatkan kerapatan vegetasi yang mulai pulih dengan peningkatan dari 38% (2020) ke 54% (2021), namun mengalami penurunan menjadi 26% (2022) akibat faktor lingkungan dan intervensi. Transisi luas lahan yang berubah dari non-vegetasi ke vegetasi rapat juga meningkat dari 19,97 ha (2020) menjadi 55,91 ha (2022), menandakan pemulihan ekosistem berjalan secara bertahap. Studi ini menegaskan pentingnya monitoring berkelanjutan dengan resolusi spasial tinggi dan analisis komposisi spesies untuk mendukung rehabilitasi dan konservasi yang efektif di kawasan Gunung Lawu pasca karhutla.

Kata Kunci: Resiliensi; Gunung Lawu; Karhutla; Analisis Spasial; NDVI.

PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan atau karhutla merupakan salah satu permasalahan lingkungan di Indonesia yang serius dan sering kali terjadi pada musim kemarau yang berkepanjangan (Amri et al., 2024). Kebakaran hutan berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan No. 195 tahun 1996 adalah keadaan di mana suatu hutan mengalami kebakaran yang menyebabkan kerusakan pada suatu hutan serta hasil dari hutan yang menyebabkan kehilangan terhadap ekonomi dan lingkungan (Soraya et al., 2016).

Karhutla tidak hanya terjadi karena faktor alamiah, melainkan aktivitas manusia juga menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya karhutla. Fenomena karhutla mengakibatkan banyak dampak kerusakan lingkungan seperti terbukanya tutupan vegetasi dalam skala besar, degradasi tanah, kerusakan ekosistem dan hilangnya keanekaragaman hayati. Upaya pengendalian karhutla memberikan pengetahuan tentang pentingnya pengawasan terhadap bahaya karhutla dan penyebab terjadinya yang menjadi fokus utama pihak terkait dalam melakukan pencegahan maupun penanggulangan terjadinya karhutla. Pada rentang tahun

2018 dan 2019, riwayat karhutla yang terjadi di kawasan Gunung Lawu dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Riwayat Karhutla Kawasan Gunung Lawu tahun 2018-2019

No.	Tanggal	Lokasi Kejadian	BKPH
1	28 Juli 2018	Manyul	Lawu Utara
2	17 Agustus 2018	Sarangan	Lawu Selatan
3	21 Agustus 2018	Campurejo	Lawu Utara
4	23 Agustus 2018	Banjaran	Lawu Utara
5	24 Agustus 2018	Ngetrep	Lawu Utara
6	7 September 2018	Banjaran	Lawu Utara
7	8 September 2018	Banjaran	Lawu Utara
8	9 September 2018	Banjaran	Lawu Utara
9	11 September 2018	Ngetrep	Lawu Utara
10	15 November 2019	Bedagung	Lawu Selatan

Sumber: Data Karhutla BKPH Lawu Utara dan Lawu Selatan KPH Lawu Ds

Perlu waktu lama untuk ekosistem di Gunung Lawu dapat kembali tumbuh kembali lestari seperti keadaan semula, proses kemampuan ekosistem hutan untuk menyerap gangguan namun tetap mempertahankan struktur dan sebagaimana fungsinya disebut dengan resiliensi ekosistem. Menurut (May et al., 2024), resiliensi merupakan strategi yang efektif dalam mengurangi terjadinya risiko bencana dengan cara mengembalikan ekosistem ke kondisi semula, sehingga dapat meningkatkan ketahanan suatu ekosistem terhadap bencana alam yang dapat terjadi sewaktu-waktu.

Resiliensi merupakan respon ekosistem terhadap terjadinya perubahan lingkungan karena faktor tertentu (Irwansyah et al., 2023). Resiliensi menjadi kunci utama dalam pemulihan dan pembangunan menghadapi berbagai ancaman kerusakan (Indra, 2016). Area hutan dan lahan yang terbakar, secara akurat dapat diukur melalui investigasi langsung di lapangan dengan teknik konvensional. Oleh karena itu, untuk memudahkan dalam pemantauan proses resiliensi kawasan Gunung Lawu pasca kebakaran hutan dan lahan, perlu memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh diharapkan dapat membantu mendapatkan informasi lebih cepat, tepat dan akurat dengan jangkauan yang lebih fleksibel (Firdaus, 2009). Analisis penginderaan jauh dengan sistem informasi geografis (SIG) merupakan salah satu teknik yang bisa digunakan untuk mengetahui seberapa besar dampak kerusakan yang timbul karena karhutla dan mengetahui resiliensi ekosistem kawasan hutan Gunung Lawu pasca karhutla. Karakteristik multispektral, multi temporal, skala besar dari data penginderaan jauh memberikan metode yang lebih nyaman dan cepat untuk mengidentifikasi area yang terdampak kebakaran (Hadi et al., 2021).

Analisis spasial untuk mengetahui tingkat resiliensi kawasan Gunung Lawu pasca karhutla dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan salah satu perkembangan teknologi bidang kehutanan dan penanggulangan bencana (Prayogo & Basith, 2020). Metode yang digunakan dalam analisis spasial pada penelitian ini adalah metode NBR dan NDVI.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli-Agustus 2025, bertujuan menganalisis efektivitas resiliensi ekosistem Gunung Lawu pasca kebakaran hutan dan lahan (karhutla) tahun 2018 dan 2019 di Kabupaten Magetan dan Ngawi, Jawa Timur. Dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan penginderaan jauh, studi ini mendeteksi perubahan tutupan lahan menggunakan metode *Normalized Burn Ratio* (NBR) untuk keparahan kebakaran dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk resiliensi. Data citra satelit dari tahun 2020-2022 digunakan sebagai perbandingan untuk menilai efektivitas

restorasi. Parameter penelitian meliputi tingkat keparahan kebakaran dan efektivitas resiliensi ekosistem melalui integrasi citra multitemporal dan analisis spasial. Metode kuantitatif digunakan dengan membandingkan citra satelit multitemporal untuk mengukur tingkat keparahan kebakaran dan efektivitas resiliensi pasca karhutla.

Metode pengumpulan data berasal dari data primer berupa data penginderaan jauh. Data penginderaan jauh yang digunakan adalah citra satelit Landsat 8 yang dilengkapi dengan sensor OLI dan TIRS yang diunduh dari laman USGS, *earthexplorer.usgs.gov* dan data *shapefile* Rupa Bumi Indonesia (RBI) batas kabupaten Ngawi dan Magetan yang diunduh dari laman *indonesia-geospasial.com*. Penentuan citra yang digunakan adalah dari tahun 2018—2022, dengan rentang peristiwa karhutla yang terjadi pada tahun 2018—2019 dan tahun 2020—2022 untuk analisis NDVI karena pada rentang tahun tersebut tidak ada kebakaran yang terjadi. Tahap pertama dalam analisis data citra satelit atau pra pemrosesan adalah tahapan yang penting dilakukan untuk mengoreksi citra satelit landsat sebelum melanjutkan ke tahap analisis berikutnya, salah satu tahapannya yaitu koreksi radiometrik. Koreksi radiometrik bertujuan untuk menyesuaikan citra satelit yang diperoleh agar sesuai dengan keadaan yang sebenarnya (Salsabella, 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Wilayah

Gunung Lawu merupakan salah satu Gunung di Provinsi Jawa Timur yang pengelolaannya dipegang oleh Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Lawu Daerah Selatan yang termasuk bagian wilayah kerja Perum Perhutani divisi regional Jawa Timur, yang menaungi 2 Balai Kesatuan Pengelolaan Hutan (BKPH) yaitu: BKPH Lawu Utara di Kabupaten Ngawi dan BKPH Lawu Selatan di Kabupaten Magetan. Didominasi oleh dataran tinggi yang berkisar antara 721—1800 mdpl pada lerengnya dan 1800—3265 mdpl pada jalur pendakiannya, dengan kecepatan angin yang cenderung kencang pada musim kemarau.

B. Analisis NBR Tahun 2018 dan 2019

Analisis NBR dari citra satelit landsat 8 dilakukan untuk memperoleh indeks NBR dari citra pra kebakaran dan pasca kebakaran. Indeks NBR tersebut selanjutnya digunakan untuk proses selanjutnya yaitu analisis dNBR merupakan perhitungan selisih NBR Prefire dan Postfire. Menurut Rachmawati dalam Arrafi et al., (2022) menyatakan nilai NBR berkisar dari -1 hingga 1, nilai NBR yang menuju -1 menunjukkan bahwa area tersebut terbakar. Namun jika nilai NBR tinggi menuju 1 berarti area tersebut bervegetasi cukup baik.

Tabel 2. Klasifikasi Indeks NBR Untuk Tingkat Keparahahan Kebakaran

Klasifikasi Keparahahan Kebakaran	Indeks NBR
Pertumbuhan kembali pasca kebakaran yang tinggi	< (-0.25)
Pertumbuhan kembali pasca kebakaran yang rendah	(-0.25) – (-0.1)
Tidak Terbakar	(-0.1) – 0.1
Rendah – Keparahahan Kebakaran	0.1 – 0.27
Sedang – Rendah Keparahahan Kebakaran	0.27 – 0.44
Sedang – Tinggi Keparahahan Kebakaran	0.44 – 0.66
Tinggi – Keparahahan Kebakaran	> 0.66

Sumber: (Que et al., 2019)

Persamaan yang digunakan pada metode analisis *Normalized Burn Ratio* (NBR) dan *Differenced Normalized Burn Ratio* (dNBR) adalah sebagai berikut:

$$NBR = \frac{(NIR-SWIR)}{(NIR+SWIR)}$$

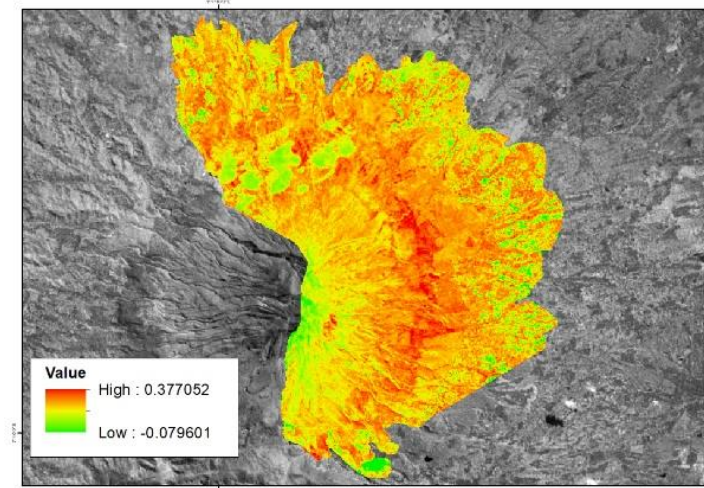
Keterangan:

NBR = *Normalized Burn Ratio*

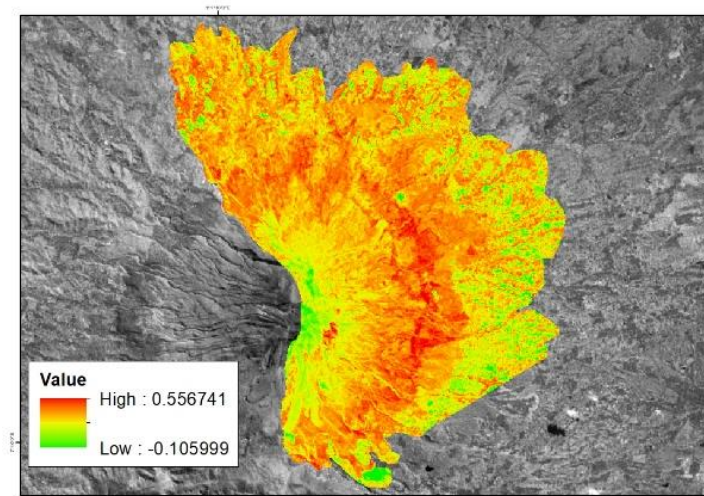
NIR = Nilai spektral *near infrared* (Band 5)

SWIR = Nilai spektral *short wave infrared* (Band 7)

Pada peta, nilai NBR ditunjukkan dengan rentang warna merah – hijau. Seperti pada gambar 4 dan 5, pada warna merah menunjukkan nilai NBR yang rendah, sedangkan warna hijau menunjukkan nilai NBR yang tinggi.



Gambar 1. NBR_{prefire} Tahun 2017



Gambar 2. NBR_{postfire} Tahun 2018

Selanjutnya setelah analisis NBR, dilanjutkan dengan menghitung analisis keparahan kebakaran setiap tahunnya menggunakan analisis dNBR yang memanfaatkan hasil dari analisis NBR_{prefire} sebelum kebakaran dan NBR_{postfire} setelah kebakaran. NBR_{prefire} diperoleh dari citra satelit 1 tahun sebelum karhutla terjadi yaitu tahun 2017.

$$dNBR = NBR_{prefire} - NBR_{postfire}$$

Keterangan:

dNBR = *Differenced Normalized Burn Ratio*

NBR_{prefire} = Nilai NBR sebelum kebakaran

NBR_{postfire} = Nilai NBR setelah kebakaran

Analisis *Normalized Burn Ratio* (NBR) menunjukkan perbedaan signifikan antara kondisi Gunung Lawu sebelum dan sesudah kebakaran, dengan banyak titik api terdeteksi pada tahun 2018, khususnya di BKPH Lawu Utara dan Lawu Selatan. Berdasarkan perhitungan yang disajikan pada tabel 4, rata-rata indeks NBR yang diperoleh dari nilai *high* dan *low* diperoleh adalah 0,23 pada tahun 2018 yang menunjukkan bahwa tingkat keparahan kebakarannya yaitu masuk dalam kategori rendah. Sedangkan pada tahun 2019, rata-rata indeks NBR yang diperoleh yaitu 0,15 yang menunjukkan bahwa tingkat keparahan kebakaran yang terjadi masuk dalam klasifikasi rendah.

Tabel 3. Perhitungan Statistik Analisis NBR

Tahun	High	Low	Mean	Std. Deviasi
2018	0,5567	-0,1060	0,2254	0,3314
2019	0,4114	-0,1072	0,1521	0,2593

Sumber: Data Penelitian 2025

C. Analisis NDVI Tahun 2020—2022

Hubungan antara analisis *Normalized Burn Ratio* (NBR) dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) merupakan aspek penting dalam memahami kemampuan kawasan Gunung Lawu untuk pulih setelah terkena kebakaran hutan dan lahan (karhutla). NBR dipakai untuk mengukur tingkat kerusakan akibat kebakaran melalui perubahan pantulan spektral pada daerah yang terkena, di mana nilai NBR rendah menandakan area yang terbakar cukup parah. Berbeda dengan NBR, NDVI mengukur kondisi dan kesehatan vegetasi dengan membandingkan pantulan cahaya merah dan inframerah dekat, dengan nilai tinggi yang menunjukkan vegetasi yang sehat dan padat. Untuk persamaan yang digunakan pada analisis NDVI adalah sebagai berikut:

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

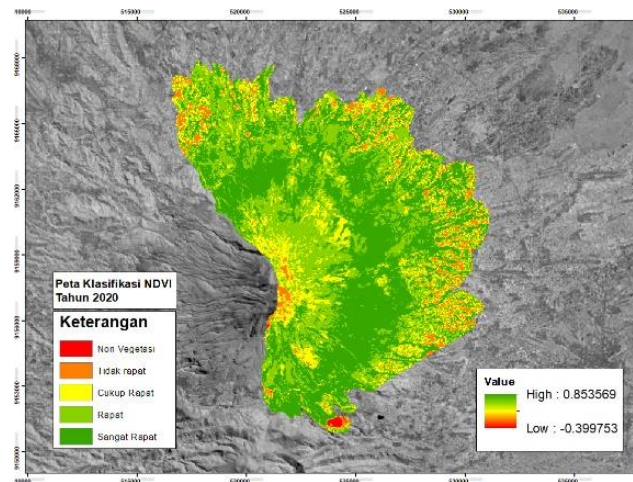
Keterangan:

NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = Nilai spektral *near infrared* (Band 5)

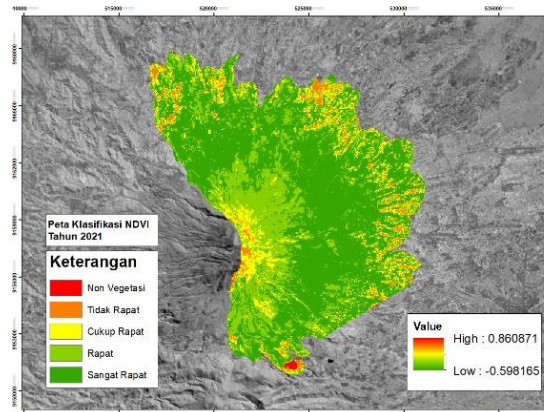
RED = Nilai spektral saluran red (Band 4)

Terdapat fluktuasi perubahan intensitas klasifikasi kerapatan vegetasi yang mengalami peningkatan yang cukup signifikan, dapat dilihat pada hasil sebagai berikut: Berdasarkan analisis NDVI yang dilakukan, dihasilkan peta kerapatan vegetasi kawasan Gunung Lawu pada tahun 2020, 2021 dan 2022.



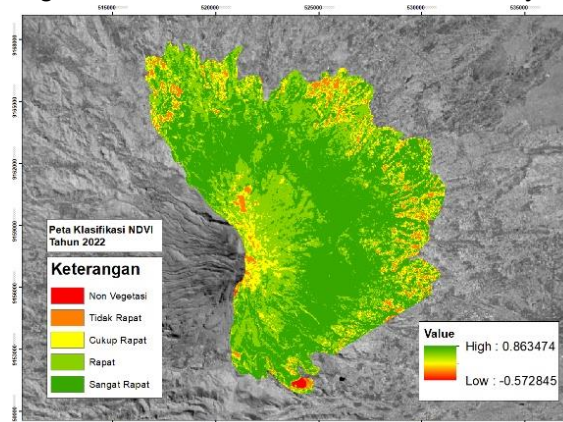
Gambar 3. Peta Hasil Analisis NDVI Tahun 2020

Pada tahun 2020, peta menunjukkan variasi vegetasi dengan warna-warna yang menggambarkan kepadatan vegetasi mulai dari area yang tidak rimbun (berwarna merah) hingga area yang cukup rimbun (berwarna hijau tua). Hal ini menjelaskan bahwa pasca karhutla tahun 2019, kawasan hutan Gunung Lawu berangsur mengalami perubahan kondisi dari yang sebelumnya kering dan vegetasinya sedikit menjadi bervegetasi cukup rimbun karena faktor alamiah ekosistem itu sendiri maupun karena intervensi manusia dalam rehabilitasi lahan kritis.



Gambar 4. Peta Hasil Analisis NDVI Tahun 2021

Pada tahun 2021, terdapat sedikit peningkatan dalam area yang rimbun, dengan sebagian besar area masih didominasi oleh vegetasi yang tidak rimbun dan cukup rimbun. Hal ini dapat terjadi karena faktor lingkungan yang tidak terduga seperti musim kemarau yang panjang pada awal tahun 2021 hingga bulan Agustus-September, sehingga menyebabkan pertumbuhan vegetasi yang sedikit lamban dari tahun sebelumnya.



Gambar 5. Peta Hasil Analisis NDVI Tahun 2022

Pada tahun 2022, peta menunjukkan tren positif dengan peningkatan luas area vegetasi rimbun yang lebih signifikan, mengindikasikan upaya rehabilitasi atau pertumbuhan alamiah yang efektif dari tahun-tahun sebelumnya. Untuk membuktikan efektifitas resiliensi ekosistem yang berlangsung selama tahun 2020—2022 efektif atau tidak, dapat dibuktikan dengan melakukan perhitungan standar deviasi sebagai tolak ukur keakuratan yang sesuai dengan klasifikasi NDVI pada tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Indeks NDVI Untuk Analisis Resiliensi

Klasifikasi Kerapatan Vegetasi	Indeks NDVI
Non Vegetasi	(-1.00) - 0.12
Tidak Rapat	0.12 - 0.22
Cukup Rapat	0.22 - 0.42
Rapat	0.42 - 0.72
Sangat Rapat	0.72 - 1.00

Sumber: Sunaryo & Iqmi dalam Hardianto et al., (2021)

Tabel 5. Perhitungan Statistik Analisis NDVI

Tahun	High	Low	Mean	Std. Deviasi
2017	0.4473	-0.0267	0.2103	0.2370
2018	0.4379	-0.0221	0.2079	0.2300
2019	0.4496	-0.0320	0.2088	0.2408
2020	0.8536	-0.3998	0.2269	0.6267
2021	0.8609	-0.5982	0.1314	0.7295
2022	0.8635	-0.5728	0.1453	0.7182

Sumber: Data Penelitian 2025

Berdasarkan perhitungan analisis NDVI yang telah dilakukan pada tabel 5, daerah hijau yang diperoleh dengan melihat nilai indeks kerapatan vegetasi NDVI, apabila nilai yang dihasilkan mendekati 1 maka daerah tersebut dikategorikan memiliki tingkat kehijauan yang baik atau rimbun. Sebaliknya, daerah dengan nilai indeks NDVI yang kurang seperti tanah bebatuan atau lahan kosong memiliki nilai mendekati -1. Pada tahun 2020 indeks NDVI tertinggi masuk pada klasifikasi kerapatan vegetasi sangat rapat. Sedangkan indeks NDVI terendahnya masuk pada klasifikasi non vegetasi dengan rata-rata indeks NDVI yang diperoleh yaitu 0.2269 yang masuk pada klasifikasi kerapatan vegetasi yang cukup rapat dengan persebaran vegetasi pada tingkat sedang berdasarkan dari nilai standar deviasi.

Pada tahun 2021 indeks NDVI tertinggi masuk pada klasifikasi kerapatan vegetasi sangat rapat. Sedangkan indeks NDVI terendahnya masuk pada klasifikasi non vegetasi dengan rata-rata indeks NDVI yang diperoleh yaitu 0.1314 yang masuk pada klasifikasi kerapatan vegetasi yang tidak rapat dengan persebaran vegetasi yang tinggi berdasarkan dari nilai standar deviasi. Pada tahun 2022 indeks NDVI tertinggi masuk pada klasifikasi kerapatan vegetasi yang rapat. Sedangkan indeks NDVI terendahnya masuk pada klasifikasi non vegetasi dengan rata-rata indeks NDVI yang diperoleh yaitu 0.1453 yang masuk pada klasifikasi kerapatan vegetasi yang tidak rapat dengan persebaran vegetasi yang tinggi berdasarkan dari nilai standar deviasi.

D. Uji Akurasi Confusion Matrix

Uji Akurasi Confusion Matrix berdampingan dengan *Assessment Point* yang berfungsi untuk panduan dalam melakukan *Ground Check* sesuai dengan klasifikasinya. Hasil dari *Ground Check* disebut *Ground Truth* yang diperoleh melalui survei lapangan secara langsung dengan menggunakan *Google Earth Pro* untuk mengetahui kondisi tutupan/penggunaan lahan secara aktual yang hasil *Confusion Matrix* analisis NDVI disajikan pada tabel 6—tabel 9. Pada analisis NBR (*Normalized Burn Ratio*) dan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), *Confusion Matrix* digunakan untuk membandingkan hasil klasifikasi yang didapatkan dari citra dengan data lapangan atau data referensi yang valid.

Uji akurasi dimulai dengan pembuatan asesmen poin akurasi dengan menggunakan tools *Create Accuracy Assessment Point* untuk menjadi titik acuan dalam melakukan *Ground*

Check sesuai dengan acuan klasifikasi yang digunakan dan dengan melihat keadaan di lapangan atau *Ground Check* secara langsung maupun dengan *Google Earth Pro*, maka dalam penelitian ini ada 7 kelas keparahan kebakaran untuk uji akurasi dengan metode NBR dan 5 kelas kerapatan vegetasi untuk uji akurasi efektifitas resiliensi ekosistem Gunung Lawu pasca karhutla dengan metode NDVI.

Penelitian ini dilakukan uji akurasi pada kedua metode analisis yaitu NBR untuk membuktikan akurasi tingkat keparahan kebakaran yang terjadi pada tahun 2018 dan 2019, yang disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Uji Akurasi *Confusion Matrix* NBR Tahun 2018

Klasifikasi	PT	PR	TB	R	S	T	ST	Total	U_A (%)	Kappa (%)
PT	6	2	0	1	1	0	0	10	60	0
PR	1	7	1	0	1	0	0	10	70	0
TB	0	2	6	0	0	1	1	10	60	0
R	0	0	3	7	0	0	0	10	70	0
S	0	0	1	1	7	1	0	10	70	0
T	0	0	0	2	3	5	0	10	50	0
ST	0	0	0	0	2	2	6	10	60	0
Total	7	11	11	11	14	9	7	70	0	0
P_A (%)	86	64	55	64	50	56	86	0	63	0
Kappa (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57

Sumber: Data Penelitian 2025

Tabel 7. Uji Akurasi *Confusion Matrix* NBR Tahun 2019

Klasifikasi	PT	PR	TB	R	S	T	ST	Total	U_A (%)	Kappa (%)
PT	5	4	1	0	0	0	0	10	50	0
PR	0	7	2	1	0	0	0	10	70	0
TB	0	0	2	3	5	0	0	10	20	0
R	0	0	2	5	1	2	0	10	50	0
S	0	0	0	5	4	1	0	10	40	0
T	0	0	1	4	3	2	0	10	20	0
ST	0	0	1	1	1	4	3	10	30	0
Total	5	11	9	19	14	9	3	70	0	0
P_A (%)	100	64	22	26	29	22	100	0	40	0
Kappa (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30

Sumber: Data Penelitian 2025

Keterangan:

PT: Pertumbuhan Kembali Pasca Kebakaran Yang Tinggi PR: Pertumbuhan Kembali Pasca Kebakaran Yang Rendah TB: Tidak Terbakar R: Rendah S: Sedang T: Tinggi ST: Sangat Tinggi U_A: User Accuracy P_A: Producer's Accuracy.

Tabel 8. Overall Accuracy NBR

2018	2019
63%	40%

Sumber: Data Penelitian 2025

Akurasi klasifikasi keparahan kebakaran di kawasan Gunung Lawu tahun 2018 dan 2019 dihitung menggunakan *Confusion Matrix* pada analisis NBR dengan data citra Landsat 8 dan metode *Stratified Random Sampling*. Hasilnya, akurasi keseluruhan (*Overall Accuracy*) sebesar 63% pada 2018 dan 40% pada 2019, sementara nilai kappa masing-masing 57% dan

30%. Nilai ini tergolong rendah karena belum mencapai standar USGS yang menginginkan akurasi interpretasi di atas 85%.

Tabel 9. Confusion Matrix Analisis NDVI Tahun 2017

Klasifikasi	NV	TR	CR	R	SR	Total	U_A (%)	Kappa (%)
NV	2	0	3	1	4	10	20	0
TR	0	3	2	0	5	10	30	0
CR	1	6	0	1	2	10	0	0
R	2	2	1	3	2	10	30	0
SR	0	4	2	4	3	13	23	0
Total	5	24	14	14	19	53	0	0
P_A (%)	40	13	0	21	16	0	14	0
Kappa (%)	0	0	0	0	0	0	0	38

Sumber: Data Penelitian 2025

Keterangan:

AA: Awan dan Air NV: Non Vegetasi TR: Tidak Rapat CR: Cukup Rapat R: Rapat
U_A: User Accuracy P_A: Producer's Accuracy

Tabel 10. Confusion Matrix Analisis NDVI Tahun 2020

Klasifikasi	NV	TR	CR	R	SR	Total	U_A (%)	Kappa (%)
NV	6	2	2	0	0	10	60	0
TR	1	6	1	0	2	10	60	0
CR	1	3	9	2	1	16	56	0
R	2	5	2	5	2	16	31	0
SR	0	3	1	1	5	10	50	0
Total	10	19	15	8	10	62	0	0
P_A (%)	60	32	60	63	50	0	50	0
Kappa (%)	0	0	0	0	0	0	0	38

Sumber: Data Penelitian 2025

Tabel 11. Confusion Matrix Analisis NDVI Tahun 2021

Klasifikasi	NV	TR	CR	R	SR	Total	U_A (%)	Kappa (%)
NV	5	2	1	0	2	10	50	0
TR	1	8	1	0	1	11	73	0
CR	1	2	10	1	1	15	67	0
R	0	4	1	8	1	14	57	0
SR	1	2	0	0	7	10	70	0
Total	8	18	13	9	12	60	0	0
P_A (%)	63	44	77	89	58	0	63	0
Kappa (%)	0	0	0	0	0	0	0	54

Sumber: Data Penelitian 2025

Tabel12. Confusion Matrix NDVI Tahun 2022

Klasifikasi	NV	TR	CR	R	SR	Total	U_A (%)	Kappa (%)
NV	5	1	0	3	1	10	50	0
TR	1	3	3	1	2	10	30	0
CR	0	2	7	1	0	10	70	0
R	2	2	3	4	3	14	29	0
SR	7	4	3	4	11	29	38	0
Total	15	12	16	13	17	73	0	0
P_A (%)	33	25	44	31	65	0	41	0
Kappa (%)	0	0	0	0	0	0	0	26

Sumber: Data Penelitian 2025

Keterangan:

AA: Awan dan Air NV: Non Vegetasi TR: Tidak Rapat CR: Cukup Rapat R: Rapat
 U_A: User Accuracy P_A: Producer's Accuracy

Berdasarkan *Confusion Matrix* analisis NDVI pasca karhutla yang telah dilakukan, Tabel 9 merupakan *Confusion Matrix* pembandingan indeks NDVI antara sebelum karhutla 2018—2019 dengan setelah karhutla. Tabel 10 diperoleh tingkat akurasi penghasil atau producer's accuracy sebesar 63% yaitu lahan dengan kondisi vegetasi yang cukup rapat, sedangkan akurasi terendah sebesar 31% yaitu lahan dengan kondisi vegetasi yang cukup rapat. Pada Tabel 11 tingkat akurasi pengguna atau user's accuracy akurasi tertinggi sebesar 89% yaitu kondisi lahan dengan vegetasi yang cukup rapat, sedangkan akurasi terendah sebesar 44% yaitu kondisi lahan yang tidak bervegetasi. Pada Tabel 12 tingkat akurasi pengguna atau user's accuracy akurasi tertinggi sebesar 70% yaitu kondisi lahan dengan vegetasi yang tidak rapat, sedangkan akurasi terendah sebesar 25% yaitu kondisi lahan yang tidak bervegetasi. Setelah menghitung *Confusion Matrix* dilanjutkan dengan menghitung akurasi keseluruhan atau *Overall Accuracy* dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\text{Jumlah Total Sampel Yang Diuji}}{\text{Jumlah Total Sampel Keseluruhan}}$$

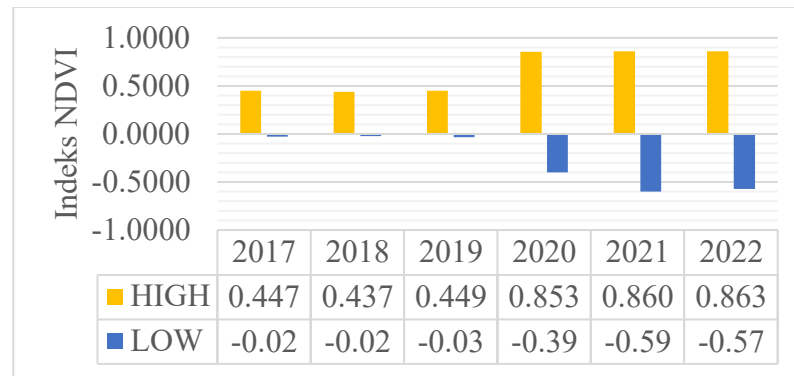
Tabel 13. Overall Accuracy NDVI

2020	2021	2022
50%	63%	41%

Sumber: Data Penelitian 2025

Overall Accuracy berdasarkan klasifikasi NDVI adalah 50% pada tahun 2020, lalu 63% pada tahun 2021 dan 41% pada tahun 2022. Sedangkan nilai akurasi kappa pada tahun 2020 adalah 38%, lalu tahun 2021 54% dan pada tahun 2022 adalah 26%. Berdasarkan tabel 8, nilai *Overall Accuracy* dan kappa memberikan ketelitian yang cukup rendah karena belum memenuhi syarat yang ditetapkan oleh USGS dengan ketelitian interpretasi lebih dari 85%.

Hasil akurasi yang kurang baik dalam penelitian ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah perbedaan antara interpretasi sampel pada citra satelit dengan kondisi di lapangan. Hal ini mungkin terjadi karena citra yang digunakan merupakan hasil perekaman tahun 2020—2022, sementara penelitian dilakukan pada tahun 2025. Dengan demikian, sangat mungkin kondisi di lapangan telah mengalami perubahan dalam kurun waktu tersebut sehingga memengaruhi keakuratan hasil interpretasi citra. Indeks NDVI yang diperoleh dari analisis NDVI yang memanfaatkan nilai *High* dan *Low* untuk menilai perubahan kerapatan vegetasi kawasan Gunung Lawu bagian timur sebelum dan setelah karhutla dalam bentuk grafik resiliensi pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Resiliensi Pra dan Pasca Karhutla

Berdasarkan grafik pada Gambar 6 dijelaskan bahwa indeks NDVI yang terjadi antara tahun 2017 ketika sebelum kebakaran terjadi dan tahun 2020—2022 setelah kebakaran terjadi, membuktikan bahwa terdapat kenaikan cukup drastis yang menunjukkan bahwa jangka waktu resiliensi yang dibutuhkan kawasan Gunung Lawu bagian timur pasca karhutla terjadi adalah 3 tahun sampai lahan dapat kembali ke kondisi semula.

KESIMPULAN

1. Hasil penelitian yang dilakukan membuktikan bahwa waktu yang dibutuhkan kawasan Gunung Lawu Kabupaten Magetan dan Ngawi untuk resiliensi pasca kebakaran hutan dan lahan berdasarkan analisis NDVI adalah 3 tahun.
2. Kondisi keparahan karhutla di kawasan Gunung Lawu Kabupaten Magetan dan Ngawi Provinsi Jawa Timur pada tahun 2018 dan 2019 berdasarkan analisis NBR yang dilakukan pada penelitian ini menunjukkan bahwa, karhutla yang terjadi masuk pada klasifikasi kebakaran dengan tingkat keparahan rendah—sedang dan persebaran area kebakaran yang sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, A., Akhirman, Zaharani, A., Rizki, C., Harianja, L. M., Prameswari, N., Vauzia, & Putri, W. N. (2024). Dampak bencana kebakaran hutan terhadap lingkungan dan upaya penanggulangan di Indonesia. *JRTI (Jurnal Riset Tindakan Indonesia)*, 9(2), 159–166. <https://doi.org/10.29210/30035130000>
- Arrafi, M., Somantri, L., & Ridwana, R. (2022). Pemetaan Tingkat Keparahan Kebakaran Hutan dan Lahan Menggunakan Algoritma Normalized Burn Ratio (NBR) Pada Citra Landsat 8 di Kabupaten Muaro Jambi. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 3(1), 10–19. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2022.v3i1.68>
- Firdaus, Y. (2009). *Pemanfaatan Data Modis (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) untuk Mendeteksi Hot Spot (Kebakaran Hutan) dalam Rangka Monitoring Bencana Alam*. Kolisch 1996, 49–56.
- Hardianto, A., Dewi, P. U., Feriansyah, T., Sari, N. F. S., & Rifiana, N. S. (2021). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Dalam Mengidentifikasi Nilai Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) Tahun 2013 dan 2019 (Area Studi: Kota Bandar Lampung). *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 2(1), 8–15. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.38>
- Indra, T. L. (2016). *Mengintegrasikan Ruang-Risiko-Resiliensi dalam Menghadapi Tantangan Kebencanaan di Indonesia*. 4(1), 1–23.
- Irwansyah, Asgar, M. A., Daris, L., Nur, A., Massiseng, A., Alpiani, A., & Masriah, A. (2023). Tingkat Resiliensi Ekosistem Mangrove di Perairan Pallime Kecamatan Cenrana Kabupaten Bone Level of Mangrove Ecosystem Resilience in Pallime Waters, Cenrana District, Bone Regency. *Jurnal Akuatiklestari*, 7(1), 52–59.

<https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v7i1.6396>

- May, N. L., Imburi, C. S., & Tanur, A. (2024). Efektivitas Program Rehabilitasi Hutan dan Lahan untuk Mengurangi Risiko Bencana Alam di Indonesia. *Jurnal Geosains West Science*, 2(03), 133–142. <https://doi.org/10.58812/jgws.v2i03.1680>
- Que, V. K. S., Prasetyo, Joko, S. Y., & Fibriani, C. (2019). Analisis Perbedaan Indeks Vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Normalized Burn Ratio (NBR) Kabupaten Pelalawan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Indonesian Journal of Modeling and Computing*, 1, 1–7.
- Salsabella, R. I. E. N. A. (2024). Pemetaan Tingkat Keparahan Area Kebakaran Hutan di Gunung Lawu Menggunakan Citra Landsat 9. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 3(2), 161–167. <https://doi.org/10.22146/jgise.100721>
- Soraya, E., Wardhana, W., & Sadono, R. (2016). Pemodelan Spasial Resiliensi Ekosistem Gunungapi Merapi Pasca Erupsi. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 10(2), 86. <https://doi.org/10.22146/jik.16509>