



Pemetaan Tingkat Keparahan Area Kebakaran Hutan di Gunung Lawu Menggunakan Citra Landsat 9 (*Mapping The Severity Level Of Forest Fire Area In Mount Lawu Using Landsat 9 Imagery*)

Rachmanita Isna Salsabella, Erlyna Nour Arrofiqoh

Departemen Teknologi Kebumihan, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Penulis Korespondensi: Rachmanita Isna Salsabella | **Email:** rachmanitaisna01@mail.ugm.ac.id

Diterima (*Received*): 15/Okt/2024 Direvisi (*Revised*): 16/Dec/2024 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 16/Dec/2024

ABSTRAK

Kebakaran hutan merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi di Indonesia dan memberikan dampak signifikan terhadap lingkungan, ekosistem, serta kehidupan masyarakat sekitar. Pada tahun 2023, total luas lahan yang terbakar akibat kebakaran hutan di Indonesia mencapai 994.113,18 hektar yang tersebar di berbagai provinsi, termasuk kawasan Gunung Lawu yang terletak di perbatasan antara Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur. Hutan di Gunung Lawu sering terjadi kebakaran. Tahun 2023 terjadi kebakaran di hutan Gunung Lawu pada 30 Agustus hingga 29 September 2023. Kebakaran hutan yang terjadi di Gunung Lawu menyebabkan kerusakan ekosistem, termasuk hilangnya vegetasi, terganggunya habitat flora dan fauna, serta berisiko bagi masyarakat sekitar. Oleh karena itu, diperlukan informasi yang akurat sebagai referensi untuk upaya mitigasi, rehabilitasi, pemulihan dan evaluasi pasca kebakaran hutan. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan tingkat keparahan kebakaran hutan di Gunung Lawu dengan menggunakan citra satelit landsat 9. Pada penelitian ini pengolahan citra dilakukan dengan metode Normalize Burn Ratio (NBR). Proses NBR melibatkan analisis terhadap nilai reflektan dari dua saluran spektral yaitu NIR (*Near Infrared*) dan SWIR (*Shortwave Infrared*) yang memungkinkan identifikasi perubahan signifikan pada area yang terbakar. Perhitungan dilakukan terhadap citra sebelum dan sesudah kebakaran untuk mendapatkan nilai selisih (ΔNBR) yang digunakan untuk mengklasifikasikan area kebakaran berdasarkan tingkat keparahannya. Hasil penelitian ini yaitu peta tingkat keparahan kebakaran hutan tahun 2023 di Gunung Lawu. Luas total area kebakaran di Gunung Lawu mencapai 3.043,83 hektar. Perhitungan akurasi menggunakan metode matriks konfusi menghasilkan akurasi keseluruhan sebesar 76,92%.

Kata Kunci: *Normalized Burn Ratio*, kebakaran hutan, Landsat 9, Gunung Lawu, tingkat keparahan kebakaran.

ABSTRACT

Forest fires are one of the most common problems in Indonesia and have a significant impact on the environment, ecosystems and the lives of local communities. In 2023, the total area of land burned by forest fires in Indonesia reached 994,113.18 hectares spread across various provinces, including the Mount Lawu area located on the border between Central Java and East Java Provinces. The fire-prone Mount Lawu last experienced fires from August 30 to September 29, 2023. Forest fires that occur on Mount Lawu cause damage to the ecosystem, including loss of vegetation, disruption of flora and fauna habitat, and increase the risk to surrounding communities. Therefore, accurate information is needed as a reference for mitigation, rehabilitation, recovery and post-fire evaluation efforts. This final project aims to map the severity of forest fires on Mount Lawu using Landsat 9 satellite imagery. In this final project, image processing is carried out using the Normalize Burn Ratio (NBR) method. The NBR process involves analyzing the reflectance values of two spectral channels, namely NIR (*Near Infrared*) and SWIR (*Shortwave Infrared*), which allows the identification of significant changes in the burned area. Calculations are performed on images before and after the fire to obtain a difference value (ΔNBR) which is used to classify fire areas based on their severity. The result of this final project is a map of forest fire severity in 2023 on Mount Lawu. The total area of fire in Mount Lawu reached 3,043.83 hectares. The accuracy calculation using the confusion matrix method resulted in an overall accuracy of 76.92%.

Keywords: *Normalized Burn Ratio*, forest fire, Landsat 9, Mount Lawu, fire severity.

1. Pendahuluan

Kebakaran hutan merupakan masalah yang sering terjadi di Indonesia. Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023), total luas lahan yang terbakar di Indonesia pada tahun 2023 mencapai 994.113,18 hektar, tersebar di 11 provinsi, termasuk Jawa Timur dan Jawa Tengah, khususnya di wilayah Gunung Lawu. Kebakaran hutan di Gunung Lawu yang terjadi dari tanggal 30 Agustus hingga 29 September 2023 diberi status tanggap darurat karena terjadi di kawasan hutan lindung yang menjadi habitat flora dan fauna. Peristiwa ini memerlukan perhatian serius dari pemerintah setempat karena kerusakan ekosistem yang diakibatkan, serta dampak negatif terhadap kehidupan masyarakat sekitar Gunung Lawu.

Gunung Lawu dipilih sebagai lokasi penelitian dalam penelitian ini karena kebakaran yang terjadi di kawasan tersebut berdampak signifikan pada ekosistem dan kehidupan masyarakat sekitar. Area yang terbakar merupakan bagian dari hutan lindung dan hutan produksi yang memiliki nilai ekologis dan ekonomis yang tinggi, menjadikannya penting untuk dipetakan guna mendukung upaya rehabilitasi pasca kebakaran. Selain itu, hingga saat ini belum ada penelitian yang secara khusus memetakan tingkat keparahan kebakaran di wilayah Gunung Lawu menggunakan metode *Normalized Burn Ratio* (NBR) dengan citra satelit landsat 9, sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat.

Adanya bencana kebakaran hutan yang merugikan berbagai pihak, maka diperlukan upaya penanggulangan setelah terjadi bencana kebakaran hutan. Salah satu teknologi yang efektif untuk melakukan hal ini adalah penginderaan jauh, yang memungkinkan pengumpulan data permukaan bumi tanpa kontak fisik langsung (Muhsoni, 2015). Penggunaan data citra satelit dalam metode ini memiliki keunggulan karena memerlukan biaya, waktu, dan tenaga yang lebih sedikit, dengan banyak pilihan citra satelit yang dapat dimanfaatkan. Dalam penelitian ini, citra satelit landsat 9 dipilih karena teknologi ini baru diluncurkan pada tahun 2011, memberikan data yang lebih baru dan akurat, serta masih jarang digunakan untuk pemetaan kebakaran hutan, terutama di Gunung Lawu.

Metode identifikasi yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan indeks kebakaran NBR, yang berfungsi untuk mengukur perubahan signifikan dalam spektral suatu area setelah kebakaran (Hadi et.al., 2021), dan indeks vegetasi NDVI untuk menilai tingkat kerapatan vegetasi di area kebakaran hutan (Suwarsono, 2012). Berdasarkan penelitian Suwarsono dkk., (2013) metode NBR memiliki akurasi lebih tinggi dalam mengidentifikasi area terbakar dibandingkan NDVI, dengan akurasi sebesar 63,5% untuk NBR dan 20% untuk NDVI.

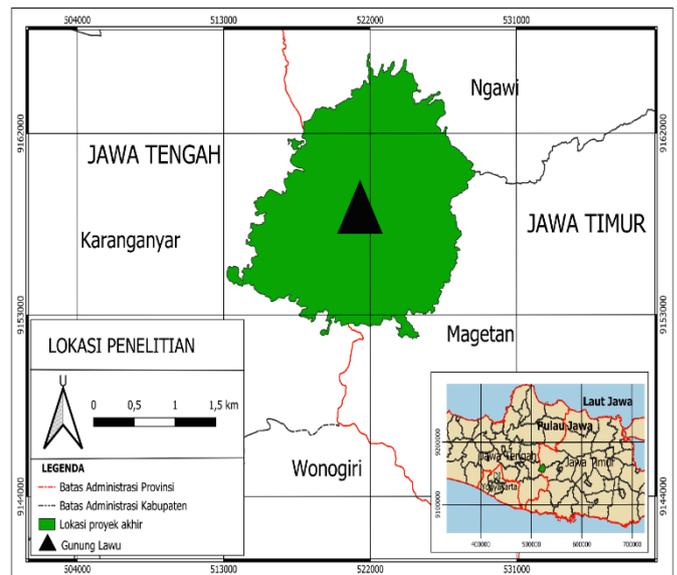
Penelitian ini bertujuan untuk memetakan tingkat keparahan kebakaran hutan di kawasan Gunung Lawu menggunakan metode NBR dengan citra landsat 9. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam

perencanaan rehabilitasi dan pembangunan wilayah pasca kebakaran, serta memberikan kontribusi signifikan dalam upaya pengelolaan dan pemulihan ekosistem hutan yang berkelanjutan.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data dan Lokasi

Kawasan hutan Gunung Lawu (Gambar 1) berada di 111° 11' 39" Lintang Selatan dan 07° 37'37" Bujur Timur yang mana terletak di pulau Jawa yang perbatasan Jawa Timur meliputi kabupaten Magetan dan Ngawi serta Jawa Tengah meliputi kabupaten Karanganyar. Pada penelitian ini menggunakan data utama yaitu citra landsat 9 level 1 sebelum kebakaran (24 Agustus 2023) dan data citra landsat 9 level 1 setelah kebakaran (27 Oktober 2023). Untuk mendukung proses pengolahan dibutuhkan data tambahan yakni data *hotspot* kebakaran kawasan hutan Gunung Lawu yang didapat dari *website* KLHK (<https://sipongi.menlhk.go.id/sebaran-titik-panas>), data batas hutan Gunung Lawu yang didapat dari Kesatuan Pemangku Hutan (KPH) Surakarta dan data lapangan yang didapat dari Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Lawu Utara yang digunakan untuk perhitungan akurasi.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

2.2. Metodologi

2.2.1 Pengolahan indeks Kebakaran

Pengolahan indeks kebakaran dijelaskan pada gambar 2. Pada tahap awal dilakukan *cloudmask* di mana masing-masing citra menghilangkan awan yang mengganggu pada daerah yang dilakukan penelitian. Kemudian dilakukan *pre-processing* data yakni citra landsat 9 sebelum kebakaran dan setelah kebakaran masing-masing dilakukan koreksi radiometrik dan koreksi atmosfer. Citra landsat yang sudah dilakukan tahap *pre-processing* dilakukan tahap pengolahan indeks kebakaran dengan menggunakan persamaan 1 dan

2 yang dapat dilihat dibawah ini (Eidenshink dkk., 2007); (Roy dkk., 2006);(Suwarsono dkk., 2013) :

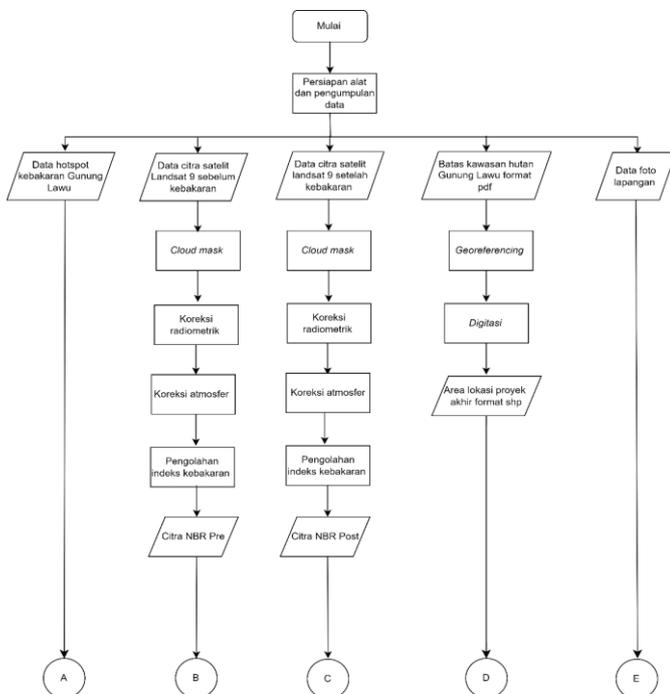
$$NBR = \frac{NIR - SWIR2}{NIR + SWIR2} \quad (1)$$

$$\Delta NBR = NBR_{prefire} - NBR_{postfire} \quad (2)$$

Keterangan :

- NBR : *Normalized Burn Ratio*
- NIR : *Saluran Near InfraRed*
- SWIR : *Saluran Short Wavelength InfraRed*
- ΔNBR : Selisih citra NBR sebelum dan citra NBR sesudah kebakaran
- Prefire NBR* : Sebelum terjadi kebakaran citra NBR
- Postfire NBR* : Setelah terjadi kebakaran citra NBR

Pada batas kawasan Gunung Lawu yang didapatkan dari KPH Surakarta sebelum dilakukan pemotongan citra terlebih dahulu dilakukan tahapan *georeferencing* dan *digitasi* untuk mengonversi data batas kawasan Gunung Lawu yang didapatkan dari pemerintah dalam format PDF menjadi format *shapefile*. *Georeferencing* dilakukan untuk memastikan bahwa data batas tersebut memiliki sistem koordinat yang sesuai dengan referensi geografis standar, sehingga dapat diintegrasikan dengan citra satelit. Setelah proses *georeferencing* selesai, dilakukan *digitasi* manual untuk menghasilkan poligon batas kawasan Gunung Lawu secara presisi. Hasil dari proses *digitasi* ini adalah data batas wilayah dalam format *shapefile* yang siap digunakan untuk pemotongan citra pada tahap selanjutnya.



Gambar 2 Diagram Alir Pengolahan Indeks Kebakaran

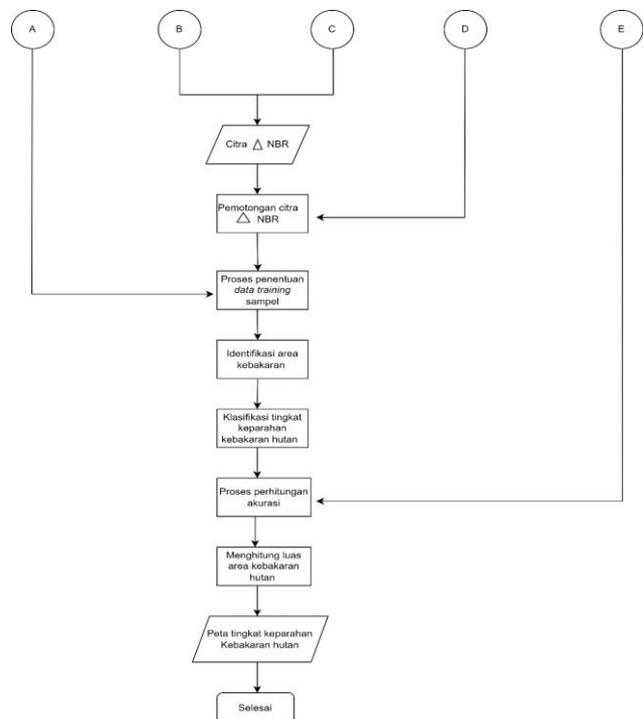
2.2.2 Identifikasi Area Terbakar

Pada tahap identifikasi area terbakar dijelaskan pada gambar 3. Sebelum dilakukan identifikasi area terbakar terlebih dahulu dilakukan penentuan nilai ambang batas area terbakar. Penentuan nilai ambang batas atau *threshold* dilakukan dengan perhitungan rata-rata (μ) dan standar deviasi (σ) setiap titik sampel yang ada di area terbakar (Syafa'at, 2020). Nilai *thresholding* memiliki sifat yang kondisional yang mana untuk beberapa citra hasil transformasi tidak seperti nilai konstan sehingga diperlukan metode yang tepat untuk memberikan batas nilai piksel tertentu. Pada penelitian ini merujuk pada Fraser dkk. (2000) yang menggunakan metode *thresholding* untuk menentukan daerah terbakar dengan model *threshold* $\mu+1\sigma$, μ , $\mu-1\sigma$. Penelitian yang dilakukan oleh Sukojo & Aini (2018) untuk menentukan daerah terbakar pada kawasan Gunung Bromo dihasilkan model *threshold* yang memiliki nilai akurasi tinggi yaitu $\mu-1\sigma$.

Tahap berikutnya setelah menentukan nilai ambang batas dilakukan identifikasi area terbakar dengan menggunakan model *threshold* sebagaimana dinyatakan dalam persamaan 3, dapat dikategorikan sebagai daerah terbakar jika memenuhi syarat berikut (Suwarsono, 2012) :

$$X_{ij} > t_{BA} \quad (3)$$

X_{ij} merupakan selisih nilai sebelum dan setelah kebakaran pada indeks kebakaran sedangkan t_{BA} merupakan nilai ambang batas (*threshold*) suatu piksel yang dinyatakan sebagai area terbakar.



Gambar 3 Diagram Alir Analisis Hasil

2.2.3 Klasifikasi Tingkat Keparahan

Klasifikasi tingkat keparahan kebakaran merupakan salah satu metode penting dalam penilaian dampak kebakaran hutan. Tingkat keparahan kebakaran dibagi menjadi empat tingkatan yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Klasifikasi ini didasarkan pada berbagai parameter yang mencerminkan sejauh mana kebakaran memengaruhi ekosistem, terutama vegetasi dan tanah.

Menurut (Patterson & Yool, 1998), di wilayah hutan, tingkat keparahan kebakaran yang diukur melalui pengindraan jauh menunjukkan korelasi yang kuat dengan dampak kebakaran terhadap vegetasi. Pengindraan jauh memungkinkan identifikasi perubahan pada vegetasi pasca kebakaran yang kemudian dapat digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat keparahan kebakaran.

Selain dampak pada vegetasi, ada parameter lain yang juga digunakan dalam penilaian tingkat keparahan kebakaran hutan. Parameter tersebut meliputi perubahan warna dan struktur tanah, keterbukaan lahan. Dalam penelitian ini, digunakan klasifikasi tingkat keparahan area terbakar yang mengacu dari United States Geological Survey (USGS, 2022). Klasifikasi ini memanfaatkan data dari pengindraan jauh untuk membagi area kebakaran ke dalam kategori tingkat keparahan yang berbeda, yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 tabel klasifikasi tingkat keparahan (USGS)

Kategori tingkat keparahan	Nilai keparahan kebakaran
Rendah	0,100 - 0,269
Sedang	0,270 - 0,439
Tinggi	0,440 - 0,659
Sangat tinggi	0,660 - 1,330

2.2.4 Perhitungan Akurasi

Perhitungan akurasi dilakukan untuk melihat tingkat ketelitian yang dihasilkan dari klasifikasi tingkat keparahan. Hal ini dengan cara membandingkannya terhadap titik sampel yang didapatkan dari pengamatan lapangan. Hasil pengamatan lapangan tersebut berupa klasifikasi tingkat keparahan yang dikelompokkan berdasarkan interpretasi penulis terhadap vegetasi yang didapatkan.

Pengukuran di lapangan mengenai tingkat keparahan yang dikelompokkan berdasarkan vegetasi tersebut lalu diplotkan pada pengambilan sampel yang dilakukan secara acak. Setelah dilakukan pengambilan sampel di lapangan, kemudian dilakukan perhitungan akurasi indeks kebakaran.

Perhitungan akurasi tersebut dilakukan dengan menggunakan metode matriks konfusi. Matriks konfusi yaitu suatu matriks yang mengindikasikan tingkat akurasi citra yang telah terklasifikasi terhadap data referensi atau lapangan (Anugerah, 2020). Proses pengisian tabel konfusi matrik dapat dilihat pada gambar 4.

		Data Referensi				Jumlah sampel
		I	II	III	IV	
Hasil Klasifikasi	I	A	a	b	c	\sum baris I
	II	d	B	e	f	\sum baris II
	III	g	h	C	i	\sum baris III
	IV	j	k	l	D	\sum baris IV
Total sampel		\sum kolom I	\sum kolom II	\sum kolom III	\sum kolom IV	N

Gambar 4 Pengisian Tabel Matriks Konfusi (Wulansari, 2017)

Keterangan :

A,B,C,D : Jumlah titik yang sesuai antara hasil klasifikasi dan data referensi.

a,b,c,...,l : Jumlah titik dalam satu kelas hasil pengujian lapangan yang tidak sesuai dengan data referensi

Adapun persamaan dalam perhitungan akurasi menurut Rizky et.al. (2016) dapat dilihat pada persamaan 4 dan 5 :

$$Overall Accuracy (\%) = \frac{\sum_i^r X_{ii}}{N} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

$\sum_i^r X_{ii}$: Jumlah nilai diagonal (A,B,C,D) baris ke-i kolom ke-i

N : Total sampel uji akurasi

$$Kappa (k) = \frac{N \sum_i^r X_{ii} - \sum_i^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_i^r X_{i+} X_{+i}} \quad (5)$$

Keterangan:

N : Total sampel uji akurasi

$\sum_i^r X_{ii}$: Jumlah nilai diagonal (A,B,C,D) baris ke-i kolom ke-i

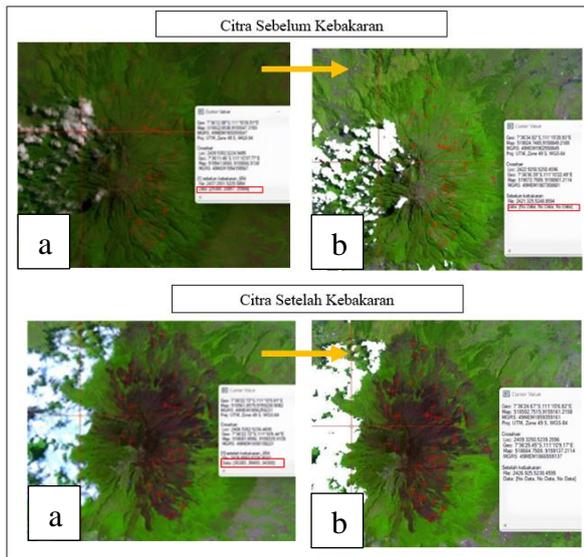
X_{i+} : Jumlah sampel dalam baris ke-i

X_{+i} : Jumlah sampel dalam kolom ke-i

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Cloudmask

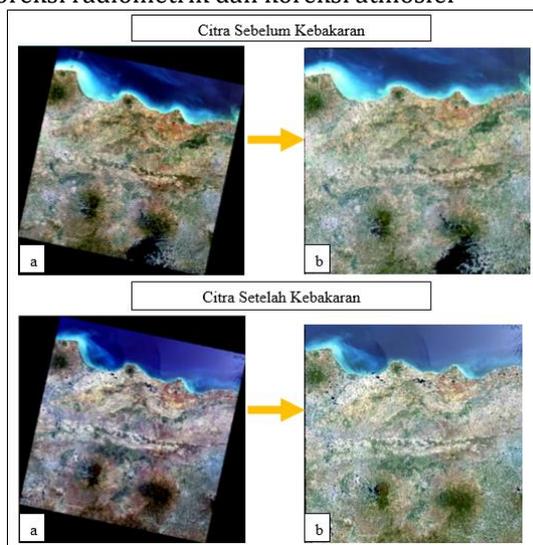
Pada tahap ini dilakukan *cloudmask* dimana citra sebelum dan setelah kebakaran menggunakan *software* ENVI. *Cloudmask* bertujuan untuk menghilangkan awan yang mengganggu pada daerah yang dilakukan penelitian, sehingga jika dibiarkan akan memberikan informasi yang salah saat pengolahan pada citra. Proses *cloudmask* dikatakan berhasil jika cursor *value* diarahkan pada citra awan menghasilkan nilai No Data. Perbedaan tampilan visual sebelum *cloudmask* dan setelah *cloudmask* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Tampilan visual; (a) sebelum proses *cloudmask*; (b) setelah *cloudmask*

Simbol "cross" (+) pada tampilan visual gambar 5 menunjukkan adanya *hotspot* di titik tersebut. Hal ini dapat dipastikan bahwa di bawah area yang tertutup awan tidak terdapat *hotspot* atau sumber kebakaran aktif. Pada gambar 5, sebelum proses *cloudmask* awan masih memiliki nilai piksel. Nilai tersebut jika tidak dihilangkan maka hasil analisis tingkat keparahan kebakaran menjadi kurang akurat. Oleh karena itu proses *cloudmask* perlu dilakukan. Pada gambar 5, setelah proses *cloudmask* awan tidak memiliki nilai atau disebut "No.Data". Dengan demikian analisis kebakaran dapat dilakukan dengan lebih presisi dan akurat hanya pada area yang terpantau jelas tanpa adanya kesalahan interpretasi di wilayah yang tertutup awan.

3.2 Koreksi radiometrik dan koreksi atmosfer

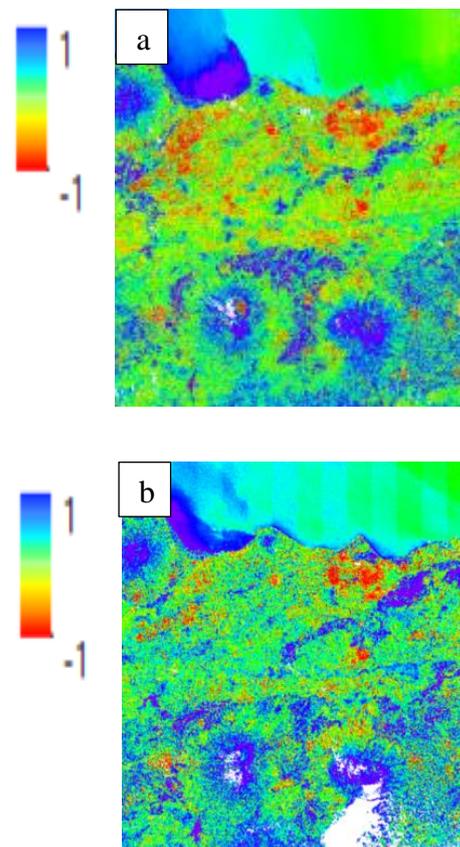


Gambar 6 Hasil visual koreksi; (a) Stelah radiometrik; (b) setelah atmosfer

Koreksi radiometrik ini bertujuan agar data yang diolah sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Pada penelitian ini menggunakan citra landsat 9 tanggal 24 Agustus 2023 untuk citra sebelum kebakaran dan tanggal 27 Oktober 2023 untuk citra setelah kebakaran. Koreksi atmosferik adalah proses untuk menghilangkan efek atmosfer pada citra landsat 9. Perbedaan tampilan visual setelah koreksi radiometrik dan setelah koreksi atmosfer dapat dilihat pada gambar 6.

3.3 Hasil pengolahan indeks Kebakaran

Pada proses ini pengolahan indeks pada citra sebelum kebakaran dan citra setelah kebakaran dengan menggunakan *software* Envi. Indeks kebakaran dapat menunjukkan respon pantulan yang berbeda terhadap lahan sebelum dan setelah kebakaran. Pada daerah sebelum terbakar memiliki pantulan nilai indeks yang relatif lebih tinggi yaitu mendekati 1, sedangkan pada daerah setelah terbakar memiliki pantulan nilai indeks yang relatif lebih rendah yaitu -1. Tampilan visual pengolahan indeks kebakaran sebelum dan setelah kebakaran dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Tampilan visual hasil indeks kebakaran; (a) sebelum kebakaran; (b) setelah kebakaran

Pada gambar 7 menunjukkan hasil pengolahan indeks kebakaran pada citra landsat 9. Warna biru tua menunjukkan nilai indeks kebakaran 1, yaitu pada lokasi tersebut menandakan terdapat lahan yang bervegetasi

tinggi sedangkan warna merah pada tabel di atas yang mendekati nilai -1, yakni pada lokasi tersebut menandakan tidak terdapat vegetasi atau lokasi tersebut berada di lahan terbuka. Warna lainnya menunjukkan vegetasi dari tinggi hingga rendah.

3.2 Hasil identifikasi penentuan nilai ambang batas

Area terbakar yang sudah dapat diidentifikasi dengan indeks kebakaran dengan bantuan titik *hotspot* sejumlah 59 titik yang memiliki nilai kepercayaan tinggi berkisar antara 80% hingga 100%. Titik *hotspot* yang dipilih tidak memiliki keterangan tingkat keparahan kebakaran. Pengambilan sampel sebanyak 50 poligon sampel area terbakar yang menyebar di Gunung Lawu. Hasil pengambilan 50 poligon sampel lalu ditampilkan pada citra indeks kebakaran. Pada setiap poligon memiliki nilai rata-rata dan simpangan baku pada citra indeks kebakaran, selanjutnya dilakukan perhitungan total nilai rata-rata dan simpangan baku pada poligon yang telah dipilih untuk dijadikan batas mengidentifikasi area terbakar. Hasil dari penentuan nilai ambang batas dapat dilihat pada tabel 2. Dari hasil nilai ambang batas tersebut digunakan sebagai nilai penentuan dalam identifikasi daerah bekas kebakaran. Suatu piksel dinyatakan sebagai daerah bekas kebakaran jika nilainya melebihi nilai ambang batas.

Tabel 2 Nilai ambang batas kebakaran

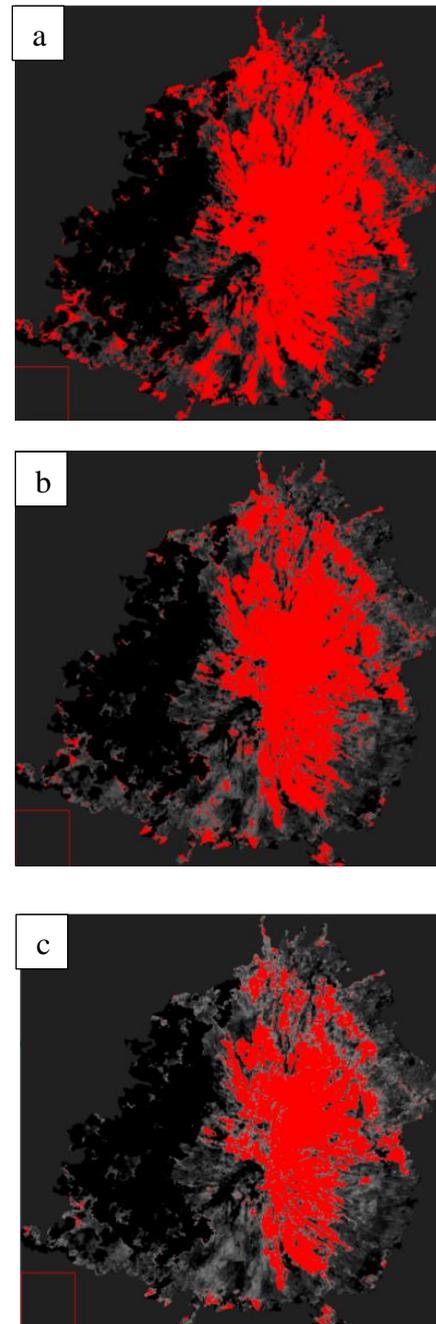
Model ambang batas	NBR
$\mu-1\sigma$	0,179567
μ	0,307279
$\mu+1\sigma$	0,43499

3.3 Hasil identifikasi area kebakaran

Proses identifikasi area kebakaran pada penelitian ini dilakukan setelah menghitung nilai ambang batas yang digunakan untuk menentukan area terbakar dan tidak terbakar. Tahap ini sangat penting karena nilai ambang batas tersebut berperan dalam memisahkan area yang terdampak kebakaran dari area yang tidak terdampak. Proses identifikasi ini dilakukan dengan menggunakan *software* pemrosesan citra satelit, yaitu ENVI, yang memungkinkan analisis lebih lanjut melalui klasifikasi citra. Klasifikasi tersebut dilakukan berdasarkan perhitungan nilai ambang batas yang telah dihitung sebelumnya. Salah satu metode yang digunakan untuk mengklasifikasikan area terbakar adalah dengan memanfaatkan *tool Density Slice* yang tersedia di ENVI. *Tool* ini membantu membedakan intensitas pantulan cahaya di area yang berbeda pada citra, yang kemudian diterjemahkan ke dalam visual yang memudahkan interpretasi.

Hasil dari proses ini divisualisasikan dalam Gambar 8, di mana area terbakar dan area yang tidak terbakar ditampilkan dengan warna yang berbeda. Pada gambar tersebut, area yang terbakar ditunjukkan dengan warna merah yang menunjukkan wilayah mengalami perubahan

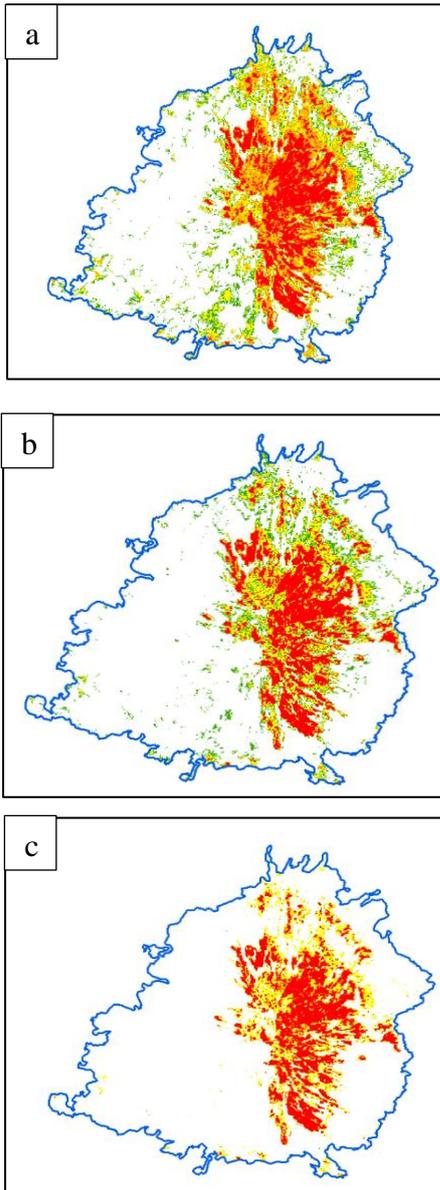
akibat kebakaran. Sementara itu, warna gelap menunjukkan area yang tidak terbakar. Dari visualisasi tersebut, dapat dilihat bahwa area yang teridentifikasi sebagai terbakar dengan ambang batas $\mu-1\sigma$ terlihat lebih luas dibandingkan dengan hasil klasifikasi menggunakan ambang batas lainnya, seperti ambang batas μ dan $\mu+1\sigma$. Hal ini menunjukkan bahwa ketika standar deviasi diturunkan, lebih banyak area yang teridentifikasi sebagai terbakar.



Gambar 8 Hasil identifikasi kebakaran Gunung Lawu ; (a) model ambang batas $\mu-1\sigma$, (b) ambang batas μ , (c) ambang batas $\mu+1\sigma$.

3.4 Klasifikasi tingkat keparahan kebakaran

Pada proses ini hasil ekstraksi masing-masing indeks kebakaran pada citra landsat 9 selanjutnya dikelompokkan berdasarkan tingkat keparahan yakni rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Tingkat keparahan dikelompokkan dengan menggunakan citra yang telah dilakukan pengurangan/selisih dari pengolahan indeks citra sebelum dan sesudah kebakaran. Klasifikasi tingkat keparahan kebakaran pada penelitian ini dilakukan dengan nilai yang telah diusulkan oleh USGS mengenai tingkat keparahan kebakaran. Hasil dari klasifikasi tingkat keparahan digunakan untuk menghitung akurasi keparahan kebakaran Gunung Lawu 2023.

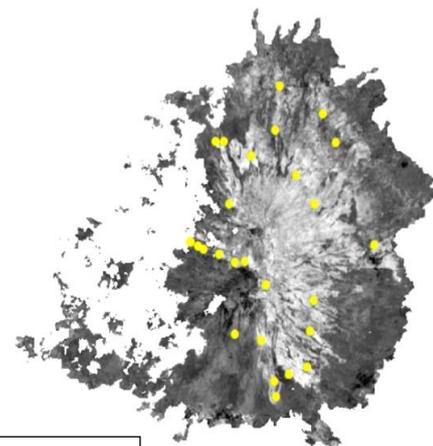


Gambar 9 Hasil klasifikasi tingkat keparahan kebakaran indeks kebakaran NBR; (a) nilai ambang batas $\mu-1\sigma$, (b) nilai ambang batas μ , (c) nilai ambang batas $\mu+1\sigma$

Pada gambar 9 menunjukkan hasil klasifikasi tingkat keparahan kebakaran hutan di Gunung Lawu tahun 2023 berdasarkan nilai berbagai indeks kebakaran yang digunakan pada penelitian ini. Terdapat beberapa visual daerah terbakar beserta dengan tingkat keparahan kebakaran yang terjadi. Warna merah merupakan warna yang menandai tingkat keparahan sangat tinggi, warna jingga menandakan tingkat keparahan tinggi, warna kuning menandakan tingkat keparahan sedang dan warna hijau menandakan tingkat keparahan rendah.

3.5 Perhitungan Akurasi

Proses perhitungan akurasi bertujuan untuk mengetahui seberapa tepat hasil klasifikasi digital yang dibandingkan dengan kondisi aktual di lapangan. Proses perhitungan akurasi pada penelitian ini menggunakan metode matriks konfusi (*confusion matrix*) yang dilakukan secara manual. Perhitungan akurasi dilakukan pada kelas tingkat keparahan kebakaran hasil klasifikasi digital citra Landsat 9 terhadap keadaan lapangan lokasi kebakaran setelah kebakaran. Sebelum melakukan proses pembuatan matriks konfusi, terlebih dahulu melakukan validasi ke lapangan. Validasi lapangan dilakukan secara tidak langsung, yang disebabkan oleh kondisi lapangan yang tidak memungkinkan untuk peneliti melakukan penilaian tingkat keparahan kebakaran secara langsung. Adapun persebaran titik sampel perhitungan akurasi di area kebakaran Gunung Lawu dapat dilihat pada gambar 10. Persebaran titik sampel ini digunakan untuk menghitung akurasi keseluruhan menggunakan metode matriks konfusi. Titik hotspot yang diperoleh sebelumnya tidak dapat digunakan dalam perhitungan akurasi karena tidak terdapat informasi mengenai tingkat keparahan kebakaran.



Keterangan
● : Titik sampel

Gambar 10 Persebaran titik sampel perhitungan akurasi

Hasil akhir dari pembuatan matriks konfusi ini adalah persentase *overall accuracy* dan nilai nilai kappa. Perhitungan akurasi dilakukan dengan menghitung *overall*

Accuracy dan indeks kappa yang dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil perhitungan akurasi keseluruhan didasarkan pada kesesuaian data hasil klasifikasi kebakaran dengan sampel lapangan berupa foto berkoordinat. Jika dilihat berdasarkan akurasi keseluruhan (data yang sesuai dengan data referensi) pada tabel 4 maka nilai ambang batas yang tertinggi $\mu-1\sigma$ yakni 76,92%.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Akurasi Indeks Kebakaran NBR

Ambang batas	Nilai akurasi
$\mu-1\sigma$	76,92%
μ	65,38%
$\mu+1\sigma$	50%

Pada tabel 3 nilai akurasi tingkat keparahan kebakaran di Gunung Lawu tahun 2023 menggunakan ambang batas $\mu-1\sigma$ sebesar 76,92%, nilai akurasi tingkat keparahan kebakaran di Gunung Lawu tahun 2023 menggunakan ambang batas μ sebesar 65,38% dan nilai akurasi tingkat keparahan kebakaran di Gunung Lawu tahun 2023 menggunakan ambang batas $\mu+1\sigma$ sebesar 50%. Berdasarkan penjabaran tingkat akurasi, nilai ambang batas yang memiliki nilai tertinggi yaitu $\mu-1\sigma$ sehingga penelitian ini menggunakan nilai ambang batas $\mu-1\sigma$. Nilai akurasi yang didapatkan belum memenuhi standar minimal untuk klasifikasi citra yang dianggap baik yaitu $\geq 85\%$. Penyebab nilai akurasi belum memenuhi standar yang dianggap baik karena pengambilan sampel lapangan tidak bisa dilakukan secara langsung karena lokasi yang sulit dijangkau dan jeda waktu yang panjang antara peristiwa kebakaran dan penelitian. Data sampel lapangan diminta pada bulan Juni-Juli 2024, sehingga penilaian tingkat keparahan kebakaran tidak dapat dilakukan secara langsung. Oleh karena itu, sampel diambil secara tidak langsung melalui penilaian foto/dokumentasi yang diperoleh dari Asisten Perhutani Lawu Selatan dan BKPH Perhutani Lawu Utara. Selain data sampel lapangan yang susah didapatkan secara langsung titik sampel foto persebarannya tidak merata serta interpretasi hanya dari sebuah foto sehingga penilaian/perhitungan akurasi menjadi kurang akurat.

Hasil dari perhitungan akurasi menggunakan NBR dengan nilai ambang batas $\mu-1\sigma$ kemudian dilakukan perhitungan luas pada masing-masing tingkatan keparahan kebakaran.

Tabel 4 Luasan dan persentase tingkat keparahan kebakaran

Indeks kebakaran	Tingkat keparahan	Luas(ha)	Persentase kebakaran (%)
NBR	Rendah	579,92	19,11
	Sedang	685,50	22,59
	Tinggi	743,73	24,51
	Sangat tinggi	1034,68	34,09

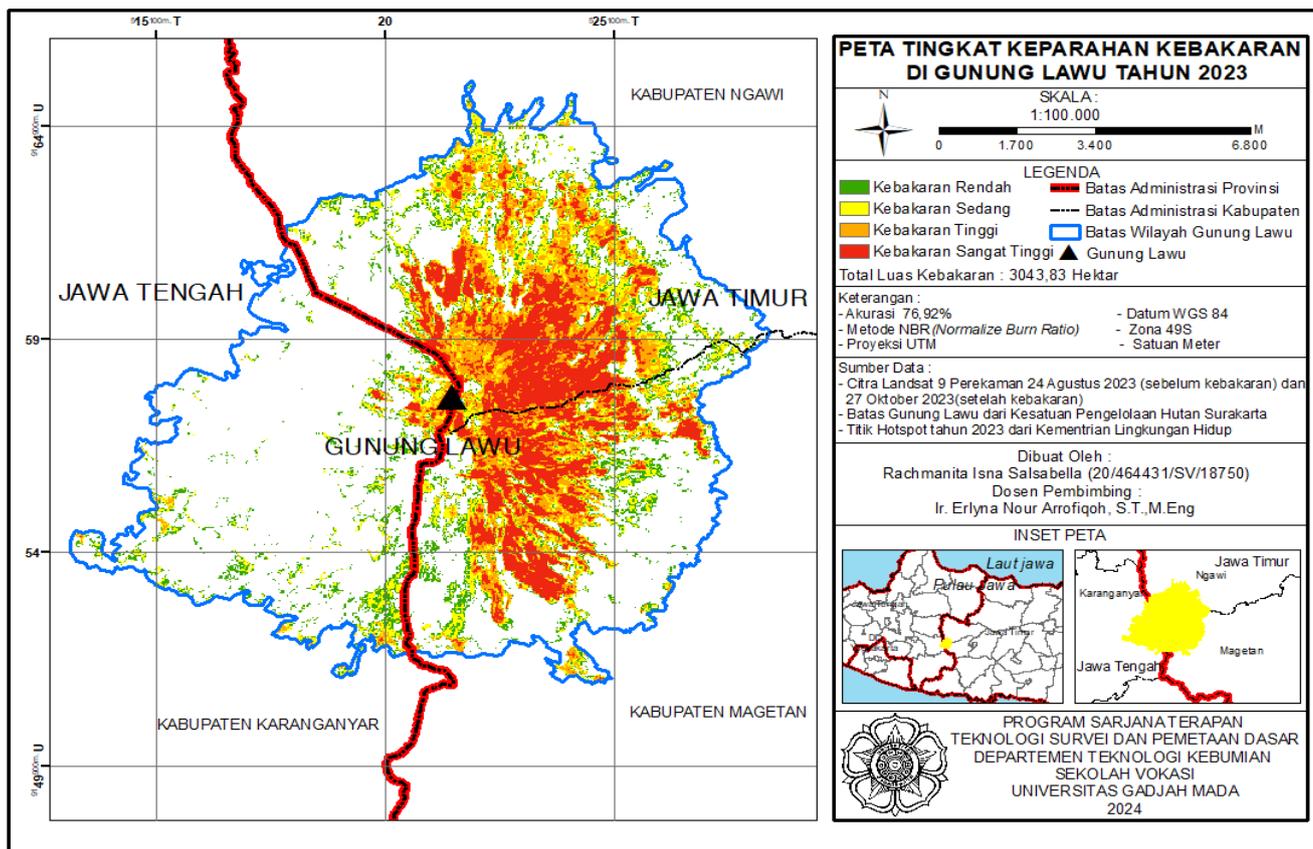
Pada tabel 4 menampilkan luasan tingkat keparahan kebakaran yang terjadi tahun 2023 yang dihasilkan dari citra satelit landsat 9. Pada perhitungan luas dengan metode indeks kebakaran NBR menghasilkan luas sebesar 3043,83 ha.

3.6 Peta Tingkat Keparahannya Kebakaran Hutan

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan tingkat keparahan kebakaran hutan di Gunung Lawu yang terjadi pada Agustus hingga Oktober 2023 dengan menggunakan indeks Normalized Burn Ratio (NBR). Hasil penelitian ini berupa peta yang mengklasifikasikan area terbakar berdasarkan tingkat keparahannya, dari rendah, sedang, tinggi, hingga sangat tinggi. Peta tersebut diharapkan memberikan informasi yang jelas mengenai sebaran dan intensitas kebakaran di Gunung Lawu. Informasi ini penting sebagai dasar bagi otoritas pengelola hutan, tim tanggap bencana, dan peneliti dalam mengidentifikasi wilayah yang terdampak parah dan menentukan langkah-langkah penanganan kebakaran. Pembuatan peta dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS, yang memungkinkan penyusunan peta secara detail. Peta ini menampilkan hasil klasifikasi kebakaran berdasarkan data citra Landsat 9, digunakan untuk membantu dalam perencanaan mitigasi bencana, pemulihan lahan, serta strategi pengelolaan kebakaran hutan di masa depan. Dengan visualisasi ini, diharapkan para pemangku kepentingan dapat mengambil keputusan lebih tepat terkait pencegahan dan penanganan kebakaran hutan. Tampilan peta dapat dilihat pada gambar 11.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa dari berbagai model ambang batas yang diuji, model dengan ambang batas $\mu-1\sigma$ memberikan hasil paling tinggi dengan tingkat akurasi mencapai 76,92%. Hasil ini menunjukkan bahwa model ini lebih mampu dalam membedakan area terbakar dibandingkan model lain dengan ambang batas μ dan $\mu+1\sigma$. Selain itu, analisis terhadap wilayah Gunung Lawu yang mengalami kebakaran menunjukkan bahwa total luas area yang terbakar adalah 3.043,83 hektar. Area yang mengalami kebakaran dengan tingkat keparahan rendah mencakup sekitar 579,92 hektar, sementara area dengan tingkat keparahan sedang mencakup 685,50 hektar, area dengan tingkat keparahan tinggi tercatat seluas 743,73 hektar dan tingkat keparahan sangat tinggi mencapai 1.034,68 hektar. Hasil menunjukkan sebagian besar area yang terbakar di kawasan hutan Gunung Lawu berada dalam kategori keparahan sangat tinggi dan tinggi yang berarti bahwa dampak kebakaran pada vegetasi dan ekosistem setempat sangat signifikan. Data ini penting untuk langkah-langkah mitigasi di masa depan, seperti upaya pemulihan lahan, penanganan pencegahan kebakaran, serta pengelolaan hutan yang lebih baik agar dampak kebakaran di masa depan dapat diminimalkan.



Gambar 11 Peta Tingkat Keparahan Kebakaran Hutan Gunung Lawu

5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini.

6. Referensi

- Anugerah, M. B. (2020). *Perbandingan Estimasi Tingkat Keparahan Kebakaran Hutan Dan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Dan Citra Sentinel 2 Di Kabupaten Indragiri Hulu Provinsi Riau*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- BKPH. (2023) *Data validasi area bekas kebakaran*
- Eidenshink, J., Schwind, B., Brewer, K., Zhu, Z., Quayle, B., Howard, S., Falls, S., & Falls, S. (2007). *A Project For Monitoring Trends In Burn Severity*. *Fire Ecology Special Issue*, 3(1), 3–21.
- Fraser, R. H., Li, Z., & Cihlar, J. (2000). *Hotspot and NDVI differencing synergy (HANDS): A new technique for burned area mapping over boreal forest*. *Remote Sensing of Environment*, 74(3), 362–376. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00078-X](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00078-X)
- Hadi, I. K., Mukti, S. H., & Wirastuti Widyatmanti. (2021). *Pemetaan Pola Spasial Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Taman Nasional Gunung Merbabu Berbasis*

- Penginderaan Jauh Tahun 2019*. *Jurnal Geografika (Geografi Lingkungan Lahan Basah)*, 2(1), 43–50.
- Muhsoni, F. (2015). *Penginderaan Jauh (Remote Sensing)*. In Madura: UTM PRESS.
- Patterson, M. W., & Yool, S. R. (1998). *Mapping fire-induced vegetation mortality using landsat thematic mapper data: A comparison of linear transformation techniques*. *Remote Sensing of Environment*, 65(2), 132–142. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(98\)00018-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(98)00018-2)
- Rizky Mulya Sampurno, A. T. (2016). *Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Di Kabupaten Sumedan*. *Jurnal Teknotan*, 10, 62–71.
- Roy, D. P., Boschetti, L., & Trigg, S. N. (2006). *Remote sensing of fire severity: Assessing the performance of the normalized burn ratio*. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3(1), 112–116. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2005.858485>
- Sukojo, B. M., & Aini, N. (2018). *Analisa Perbandingan Berdasarkan Identifikasi Area Kebakaran Dengan Menggunakan Citra Landsat-8 Dan Citra Modis (Studi Kasus : Kawasan Gunung Bromo)*. *Geoid*, 13(2), 174. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v13i2.3665>

- Suwarsono, Rokhmatuloh, W. T. (2013). *Pengembangan Model Identifikasi Daerah Bekas Kebakaran Hutan Dan Lahan (Burned Area) Menggunakan Citra Modis Di Kalimantan (Model Development Of Burned Area Identification Using Modis Imagery In Kalimantan)*. *Jurnal Pengindraan Jauh*, 10, 93–112.
- Suwarsono. (2012). *Daerah Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan (Burned Area) di Kalimantan*. Universitas Indonesia. Jakarta
- Syafa'at, I. D. (2020). *Identifikasi Area Bekas Terbakar Menggunakan Algoritma Nbr (Normalized Burn Ratio) Dan Ndvi (Normalized Difference Vegetation Index) Dari Data Citra Multi Resolusi (Studi Kasus: Kawasan Gunung Arjuno)*. Intitut Sepuluh Nopember. Surabaya.
- USGS. (2022). *Landsat 9 Data Users Handbook Version 1.0*. Nasa, February, 107. https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/media/files/LSDS-2082_L9-Data-Users-Handbook_v1.pdf
- Wulansari, H. (2017). Uji Akurasi Klasifikasi Penggunaan Lahan dengan Menggunakan Metode Defuzzifikasi Maximum Likelihood Berbasis Citra Alos Avnir-2. *BHUMI: Jurnal Agraria Dan Pertanahan*, 3(1), 98. <https://doi.org/10.31292/jb.v3i1.96>