

IDENTIFIKASI DAN PEMETAAN AREA TERBAKAR (*BURNED AREA*) DI GUNUNG ARJUNO, PROVINSI JAWA TIMUR TAHUN 2023 MENGGUNAKAN METODE RELATIVED BURN RATIO (RBR) BERBASIS CITRA SENTINEL-2A

MUHAMMAD LUTHFI ZULFAUZI¹, HARY NUGROHO²

1. Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : muhammadluthfiii279@gmail.com

ABSTRAK

Kebakaran hutan dan lahan merupakan gangguan ekologis yang berdampak signifikan terhadap ekosistem konservasi. Salah satu wilayah yang terdampak pada tahun 2023 adalah Gunung Arjuno, Provinsi Jawa Timur. Identifikasi dan pemetaan area terbakar dilakukan menggunakan citra Sentinel-2A dengan metode Relativized Burn Ratio (RBR) berbasis Normalized Burn Ratio (NBR). Informasi hotspot dari sensor VIIRS dan MODIS (NASA FIRMS) digunakan sebagai data pendukung untuk memvalidasi kejadian kebakaran. Hasil analisis menunjukkan luas area terbakar sebesar 4.504,93 ha dengan dominasi tingkat keparahan sedang hingga tinggi pada lereng Gunung Arjuno. Kesesuaian spasial antara sebaran hotspot dan peta area terbakar mencapai akurasi 98,8%, yang menunjukkan efektivitas metode RBR dalam merepresentasikan distribusi dan tingkat keparahan kebakaran.

Kata kunci: Kebakaran hutan, Area Terbakar, Sentinel-2A, Relativized Burn Ratio (RBR), Hotspot, Gunung Arjuno

1. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan (karhutla) merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang sering terjadi di Indonesia dan menimbulkan dampak signifikan terhadap lingkungan, kesehatan masyarakat, serta perekonomian. Sebagai negara beriklim tropis dengan tutupan hutan yang luas, Indonesia memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap kejadian kebakaran, terutama pada musim kemarau. Dampak karhutla tidak hanya bersifat lokal, tetapi juga regional dan global, terutama melalui pencemaran udara akibat asap kebakaran yang dapat mengganggu aktivitas sehari-hari dan menyebabkan gangguan pernapasan (Cahyono dkk., 2015; Rasyid, 2014).

Sebagian besar kejadian kebakaran hutan dan lahan disebabkan oleh aktivitas manusia, baik secara sengaja maupun tidak sengaja, seperti pembukaan lahan, aktivitas wisata, dan kelalaian penggunaan api (Thoha dkk., 2019). Selain itu, faktor alam juga berperan, terutama fenomena El Niño yang menyebabkan kemarau berkepanjangan sehingga vegetasi menjadi kering dan mudah terbakar. Kondisi tersebut dapat memicu terjadinya kebakaran bawah (ground fire) maupun kebakaran permukaan (surface fire) yang sulit dikendalikan (Rasyid,

2014). Kombinasi antara faktor alam dan aktivitas manusia yang tidak terkontrol menjadikan karhutla sebagai permasalahan kompleks yang memerlukan upaya pemantauan dan pengelolaan yang efektif.

Salah satu kawasan yang rentan terhadap kebakaran hutan adalah Gunung Arjuno yang terletak di Provinsi Jawa Timur, tepatnya di wilayah Kota Batu, Kabupaten Malang, dan Kabupaten Pasuruan. Gunung Arjuno termasuk dalam kawasan Taman Hutan Raya (Tahura) Raden Soerjo yang memiliki luas lebih dari 27.868 hektare dan berperan penting dalam konservasi ekosistem hutan pegunungan. Kawasan ini merupakan bagian dari kompleks vulkanik Arjuno–Welirang dan didominasi oleh ekosistem hutan montana yang memiliki nilai ekologis tinggi sebagai habitat flora dan fauna serta daerah tangkapan air. Namun, kawasan ini berulang kali mengalami kebakaran hutan yang mengancam kelestarian ekosistemnya (Khairunisa dkk., 2021). Pada tahun 2023, tercatat tujuh kejadian kebakaran hutan di Gunung Arjuno yang menghanguskan lebih dari 5.000 hektare lahan (BPBD, 2023).

Dalam pengelolaan kawasan konservasi, informasi spasial yang akurat mengenai lokasi dan luasan area terbakar sangat dibutuhkan sebagai dasar dalam mitigasi, rehabilitasi lahan, dan pencegahan kebakaran di masa mendatang. Namun, pemetaan area terbakar secara langsung di lapangan memiliki keterbatasan, terutama pada wilayah dengan cakupan luas, topografi terjal, dan akses yang sulit. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi penginderaan jauh (remote sensing) menjadi solusi yang efektif dan efisien untuk memantau kebakaran hutan. Teknologi ini memungkinkan pengamatan wilayah yang luas secara periodik dengan biaya relatif lebih rendah serta tingkat akurasi yang dapat dipertanggungjawabkan (Hanifah dkk., 2016; Suwarsono dkk., 2013).

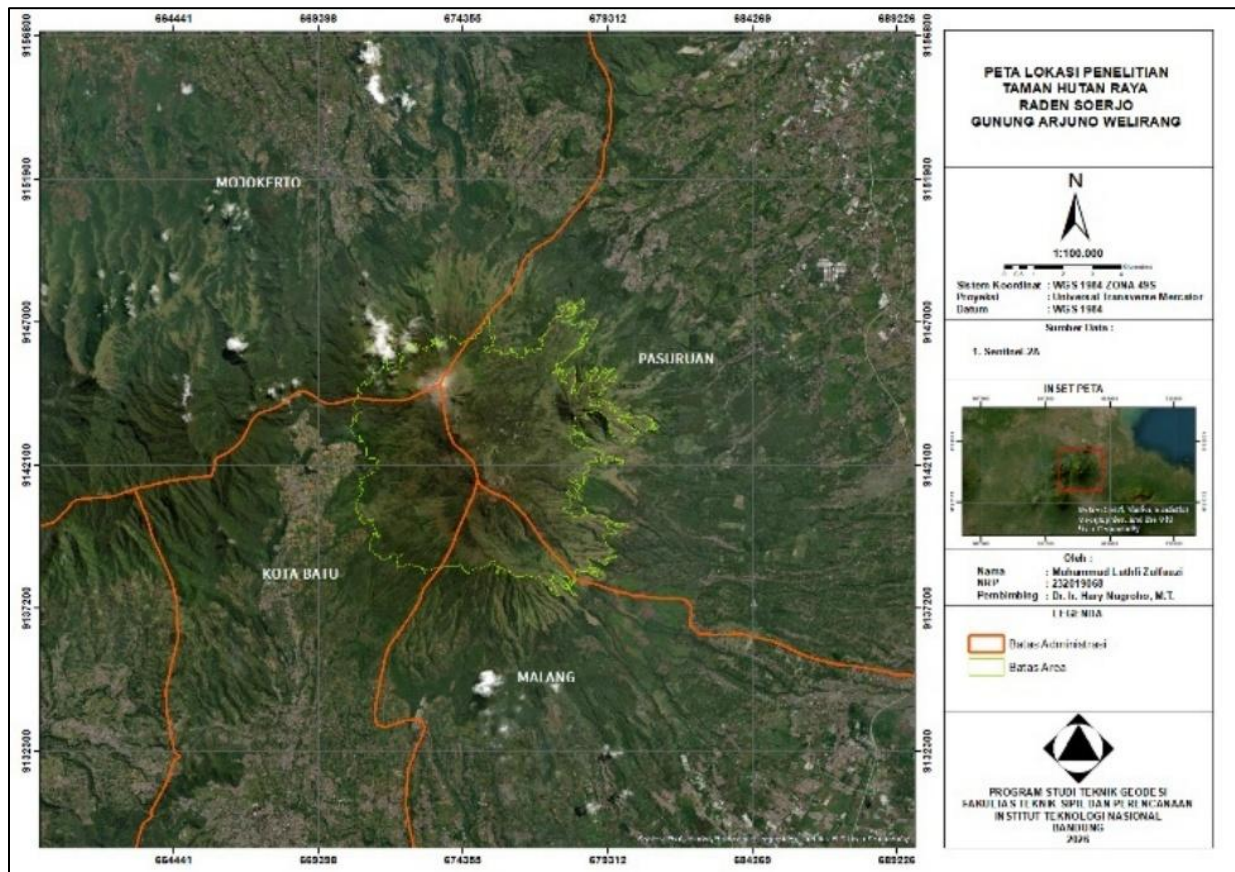
Citra Sentinel-2A yang dikembangkan oleh European Space Agency (ESA) dalam program Copernicus merupakan salah satu data penginderaan jauh yang banyak digunakan dalam pemetaan area terbakar. Citra ini memiliki 13 kanal spektral dengan resolusi spasial hingga 10 meter serta resolusi temporal yang tinggi, yaitu 5–10 hari. Kanal visible, near-infrared (NIR), dan shortwave infrared (SWIR) pada Sentinel-2 sangat sensitif terhadap perubahan kondisi vegetasi akibat kebakaran, sehingga efektif untuk deteksi area terbakar (Drusch dkk., 2012; Oktaviani dkk., 2017).

Salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi area terbakar adalah Relativized Burn Ratio (RBR), yang merupakan pengembangan dari Normalized Burn Ratio (NBR). Metode RBR memanfaatkan perbedaan nilai spektral kanal NIR dan SWIR sebelum dan sesudah kebakaran yang kemudian dinormalisasi untuk mengidentifikasi area terbakar serta tingkat keparahannya (Parks dkk., 2014). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan area terbakar di kawasan Gunung Arjuno pada tahun 2023 menggunakan citra Sentinel-2A dan metode RBR. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung upaya mitigasi kebakaran hutan, rehabilitasi lahan, serta pengelolaan kawasan konservasi secara berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan Gunung Arjuno yang terletak di Provinsi Jawa Timur, Indonesia, secara administratif berada pada perbatasan antara Kota Batu, Kabupaten Malang, dan Kabupaten Pasuruan. Gunung Arjuno merupakan salah satu gunung berapi yang saat ini tidak aktif, dengan puncak mencapai ketinggian sekitar 3.339 meter di atas permukaan laut (mdpl) (turn0search3) dan berada dalam kompleks pegunungan Arjuno-Welirang di dalam kawasan konservasi Taman Hutan Raya (Tahura) Raden Soerjo. Titik pusat geografis kawasan ini berada pada sekitar 7°44' LS dan 112°32' BT (sekitar -7,733°; 112,533°) sehingga mencakup daerah pegunungan yang membentang di beberapa wilayah administrasi. Total area Taman Hutan Raya Raden Soerjo sendiri mencapai sekitar 27.868,3 hektare, mencakup beberapa bagian wilayah administratif di Jawa Timur.



Gambar 2.1 Lokasi penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Adapun data yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.1. dan Bahan yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Data Penelitian

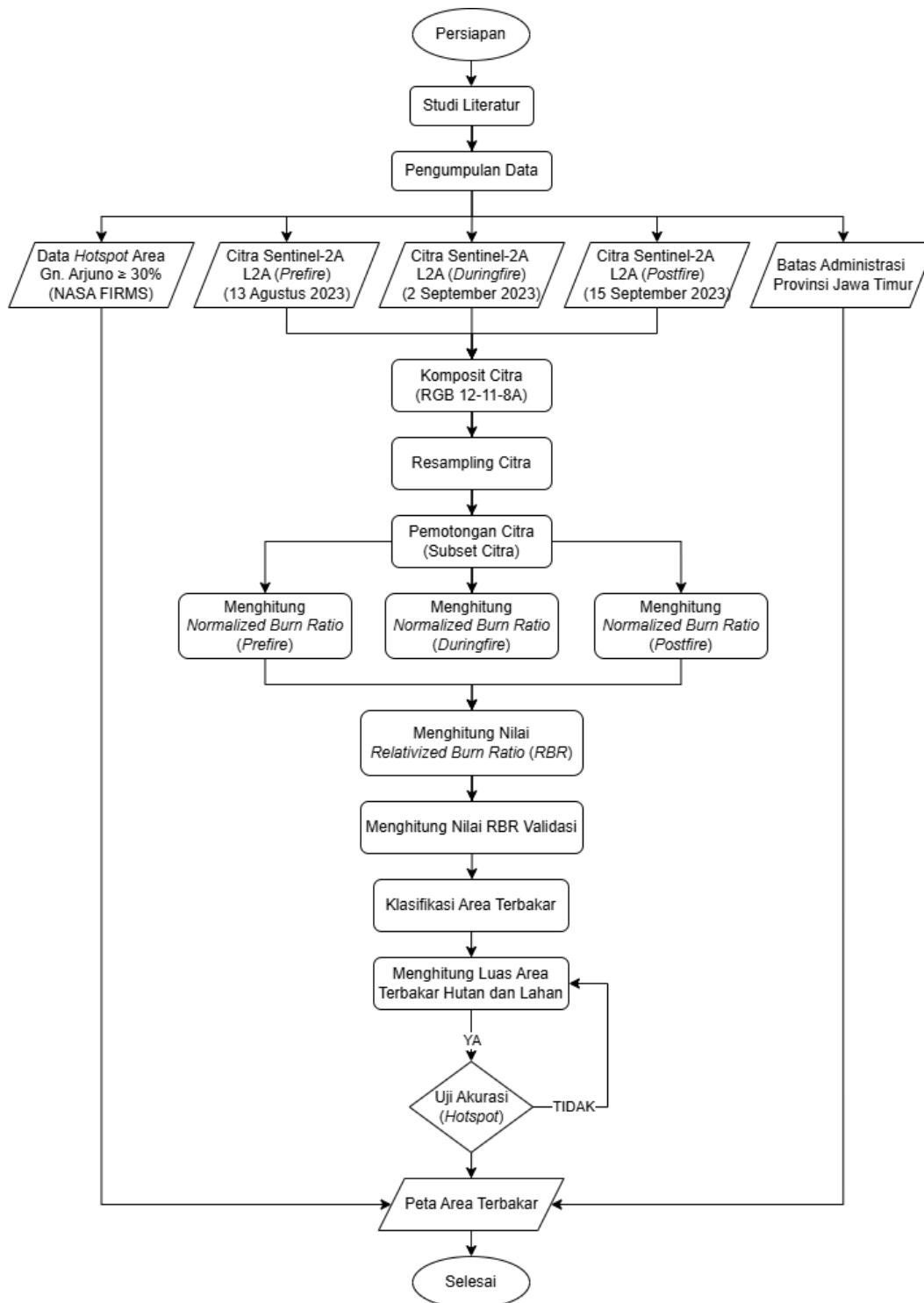
No	Jenis Data	Format	Sumber
1	Citra Sentinel-2A MSI Level 2A (<i>Prefire</i>)	13 Agustus 2023	https://browser.dataspace.copernicus.eu/
2	Citra Sentinel-2A MSI Level 2A (<i>Duringfire</i>)	2 September 2023	https://browser.dataspace.copernicus.eu/
3	Citra Sentinel-2A MSI Level 2A (<i>Postfire</i>)	15 September 2023	https://browser.dataspace.copernicus.eu/
4	Batas Administrasi Provinsi Jawa Timur	Tahun 2025	https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/
5	Data titik panas (Hotspot) $\geq 30\%$ Area Gunung Arjuno	Periode 13 Agustus – 15 September 2023	https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/

Tabel 2.2 Bahan Penelitian

No	Perangkat Lunak	Keterangan
1	SNAP Dekstop	Pengolahan citra satelit
2	ArcGIS 10.8	Visualisasi hasil pengolahan
3	Microsoft Excel	Untuk menyeleksi data titik panas atau titik <i>hotspot</i>

2.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan analisis citra penginderaan jauh untuk mengidentifikasi area terbakar di kawasan Gunung Arjuno. Data yang digunakan berupa citra Sentinel-2A Level 2A periode sebelum, saat, dan setelah kebakaran tahun 2023 serta data titik panas (hotspot) dari NASA FIRMS sebagai data pendukung. Pengolahan data meliputi prapengolahan citra, perhitungan Normalized Burn Ratio (NBR), dan Relativized Burn Ratio (RBR). Nilai RBR digunakan untuk mengklasifikasikan area terbakar dan menghitung luas area terdampak, kemudian divalidasi menggunakan data hotspot. Hasil akhir penelitian berupa peta area terbakar yang disusun berdasarkan alur metodologi penelitian. Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan. Proses pengolahan data mengacu pada diagram alir yang telah disusun, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.2.

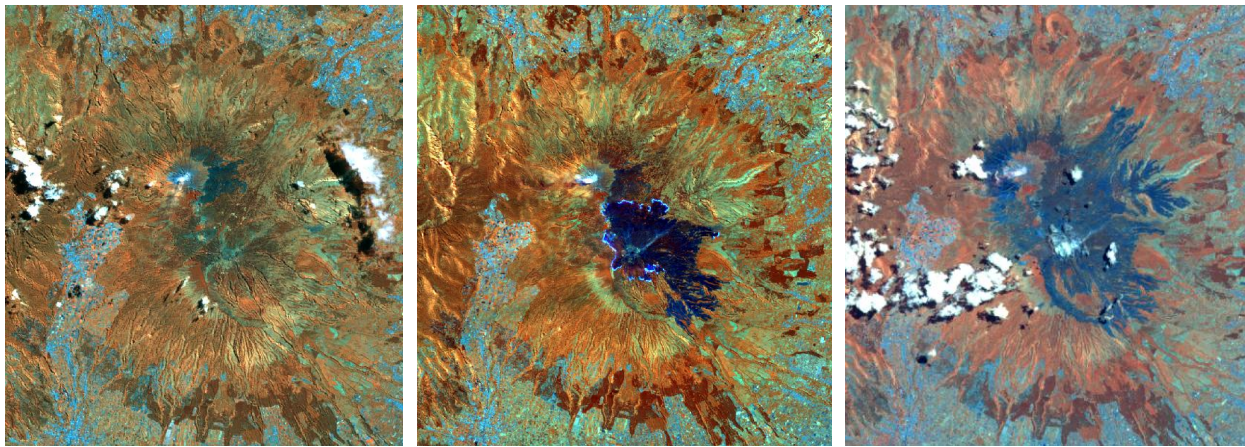


Gambar 2.2 Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengolahan Citra Sentinel-2A

Hasil pengolahan citra Sentinel-2A Level-2A meliputi tahapan *resampling*, *subset* wilayah penelitian, dan pembuatan komposit citra. Data yang digunakan terdiri dari citra *prefire* (13 Agustus 2023), *during fire* (2 September 2023), dan *postfire* (15 September 2023) untuk merepresentasikan perubahan kondisi permukaan akibat kebakaran hutan di Gunung Arjuno tahun 2023. Proses *resampling* dilakukan untuk menyeragamkan resolusi spasial menjadi 10 meter, sedangkan *subset* membatasi area analisis pada wilayah terdampak kebakaran. Komposit citra menggunakan band 12, 11, dan 8A diterapkan untuk memudahkan interpretasi visual area terbakar. Hasil komposit ditampilkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 *Prefire* (kiri), *Duringfire* (tengah), *Postfire* (kanan)

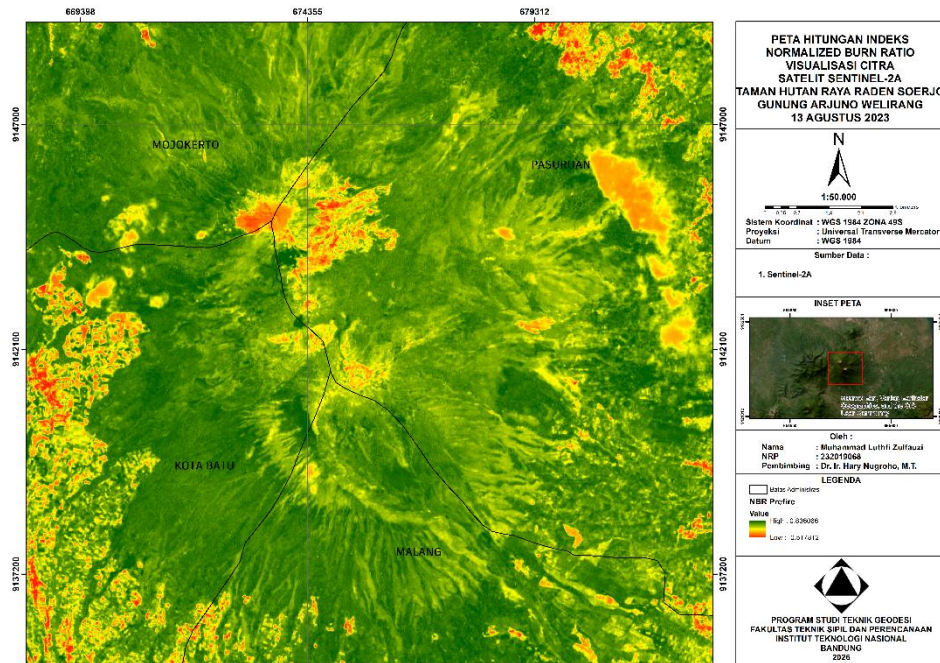
Hasil komposit citra *prefire* (13 Agustus 2023) menunjukkan wilayah Gunung Arjuno didominasi oleh tutupan vegetasi yang relatif rapat. Pada citra *during fire* (2 September 2023), terlihat perubahan rona menjadi lebih gelap pada beberapa area yang mengindikasikan terjadinya kebakaran, meskipun citra ini hanya digunakan sebagai pendukung interpretasi visual. Pada citra *postfire* (15 September 2023), area bekas terbakar tampak lebih jelas dengan rona gelap yang kontras terhadap vegetasi sekitarnya, sehingga menjadi dasar analisis NBR dan RBR.

Pada pengolahan citra masih terdapat awan dalam jumlah terbatas. Proses *cloud masking* telah dicoba, namun menyebabkan hilangnya piksel permukaan dan munculnya area *no data*. Oleh karena itu, *cloud masking* tidak diterapkan karena awan tidak menutupi area utama kebakaran dan untuk menjaga kontinuitas data piksel dalam analisis.

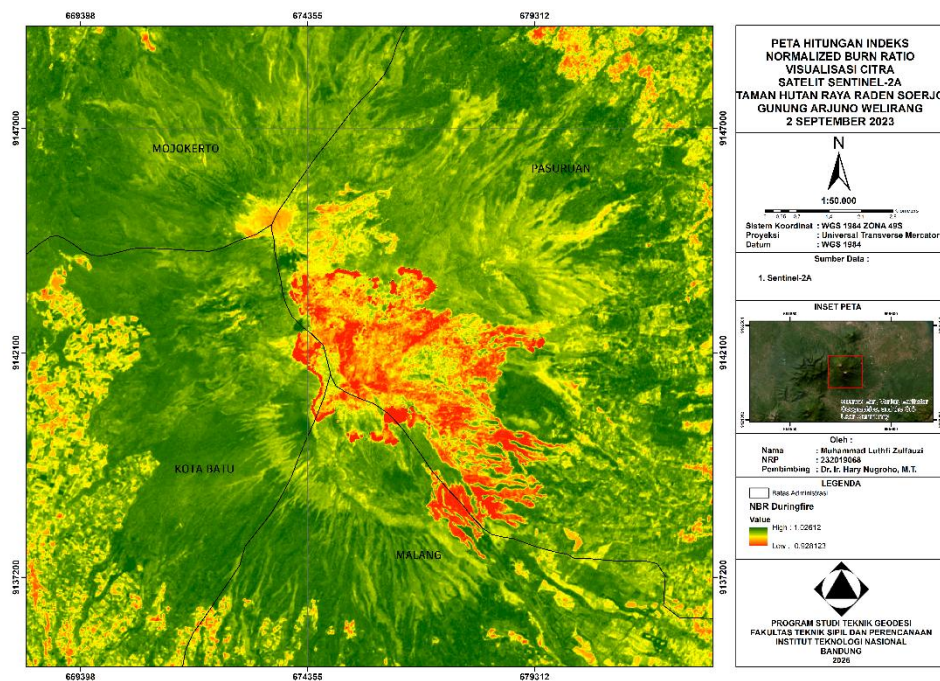
3.2 Nilai *Normalized Burn Ratio* (NBR)

Indeks *Normalized Burn Ratio* (NBR) digunakan untuk mengidentifikasi perubahan kondisi vegetasi akibat kejadian kebakaran hutan. Pada penelitian ini, perhitungan indeks NBR dilakukan menggunakan tiga citra Sentinel-2A Level-2A yang merepresentasikan kondisi sebelum kebakaran (*prefire*) tanggal 13 Agustus 2023, saat kebakaran (*during fire*) tanggal 2 September 2023, dan setelah kebakaran (*postfire*) tanggal 15 September 2023.

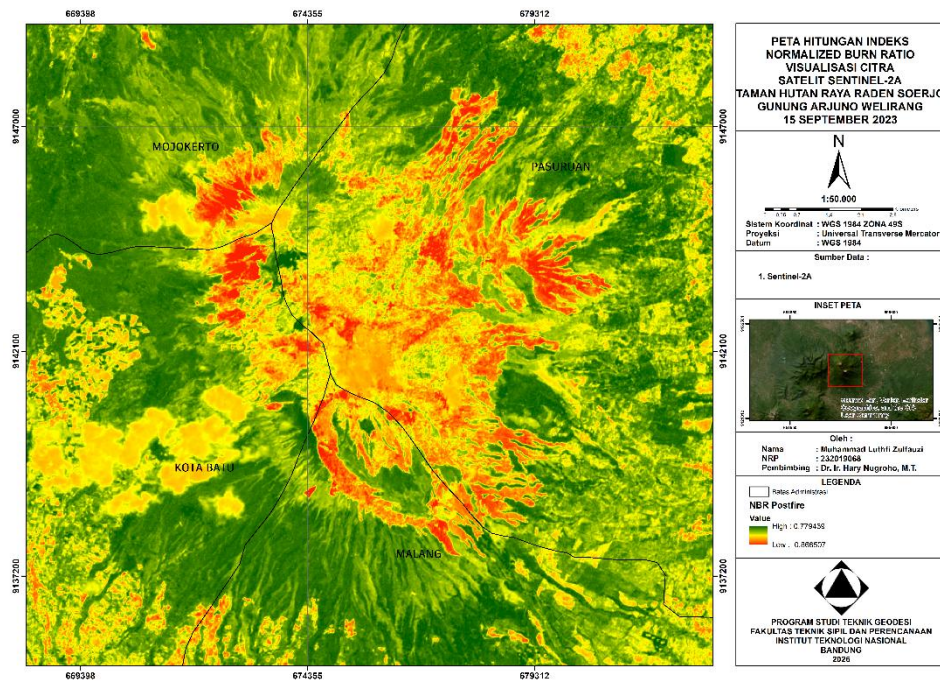
Peta sebaran nilai NBR pada ketiga waktu tersebut ditampilkan pada Gambar 3.2 hingga Gambar 3.3. Visualisasi ini digunakan untuk menunjukkan perbedaan kondisi permukaan dan tutupan vegetasi sebelum, saat, dan setelah kejadian kebakaran hutan di wilayah Gunung Arjuno.



Gambar 3.2 Peta NBR *Prefire*



Gambar 3.3 Peta NBR *Duringfire*



Gambar 3.4 Peta NBR *Postfire*

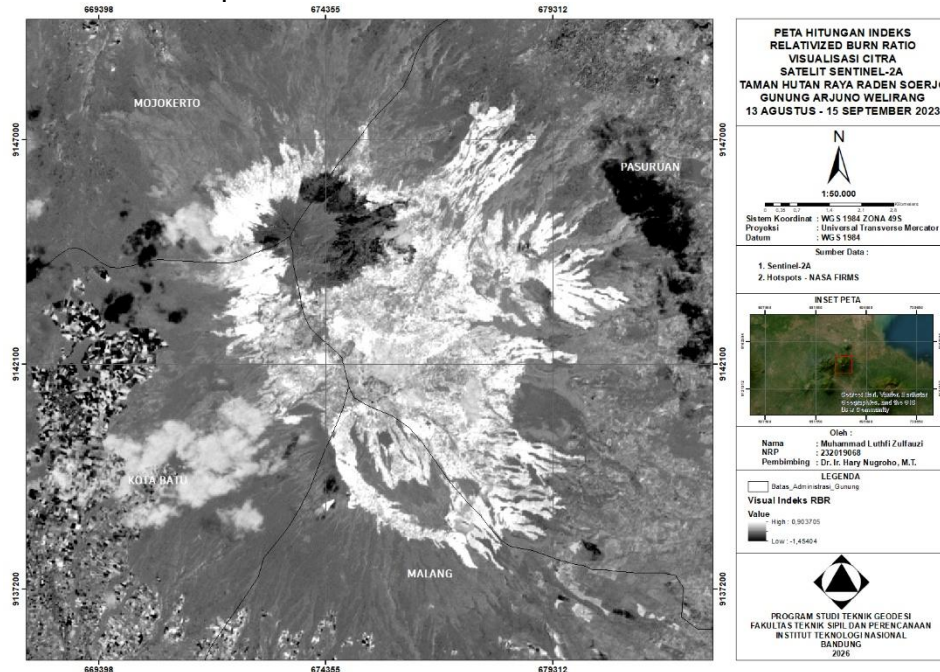
Berdasarkan peta NBR kondisi *prefire*, wilayah Gunung Arjuno didominasi oleh nilai NBR yang tinggi, yaitu sekitar 0,6 hingga lebih dari 0,8, yang menunjukkan bahwa vegetasi masih dalam kondisi baik dan belum terdampak kebakaran. Pada kondisi *during fire*, nilai NBR di beberapa area mengalami penurunan hingga mendekati nol dan bernilai negatif, yang menandakan adanya gangguan vegetasi akibat kebakaran. Penurunan nilai ini tidak merata dan menunjukkan bahwa kebakaran terkonsentrasi pada area tertentu, terutama di sekitar puncak dan lereng Gunung Arjuno. Data *during fire* digunakan sebagai pendukung analisis dan interpretasi visual waktu kejadian kebakaran.

Pada peta NBR kondisi *postfire*, area dengan nilai NBR rendah hingga negatif terlihat semakin jelas dan meluas dibandingkan kondisi sebelumnya. Nilai NBR pada area bekas terbakar umumnya berada pada kisaran $-0,9$ hingga mendekati 0 , yang menunjukkan hilangnya vegetasi akibat kebakaran. Perbedaan nilai NBR antara kondisi *prefire* dan *postfire* menegaskan terjadinya perubahan tutupan lahan yang signifikan. Secara umum, indeks NBR mampu menunjukkan perubahan kondisi vegetasi akibat kebakaran, namun masih bersifat umum sehingga diperlukan analisis lanjutan menggunakan indeks Relativized Burn Ratio (RBR) untuk mengetahui tingkat keparahan kebakaran.

3.3 Nilai *Relativized Burn Ratio* (RBR)

Indeks *Relativized Burn Ratio* (RBR) digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi tingkat keparahan kebakaran dengan mempertimbangkan kondisi vegetasi sebelum dan setelah kejadian kebakaran. Pada penelitian ini, perhitungan RBR dilakukan menggunakan citra Sentinel-2A kondisi *prefire* tanggal 13 Agustus 2023 dan *postfire* tanggal 15 September 2023, berdasarkan selisih nilai indeks NBR pada kedua waktu tersebut yang kemudian dinormalisasi. Data *during fire* tidak

digunakan dalam perhitungan RBR karena indeks ini dirancang untuk menganalisis perubahan pascakebakaran secara komparatif antara kondisi sebelum dan sesudah kebakaran.

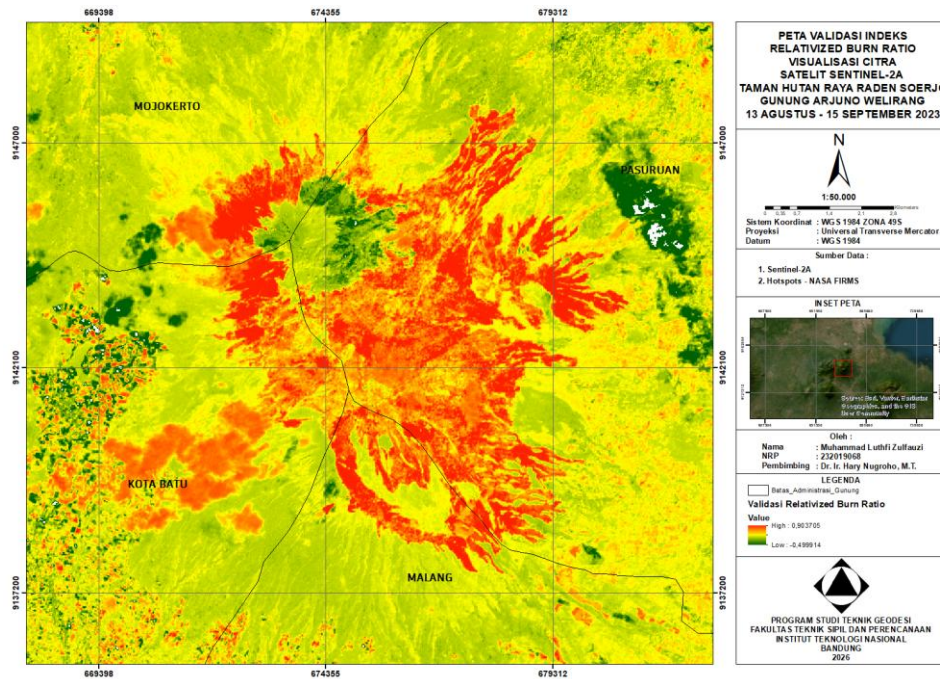


Gambar 3.5 Hasil hitungan indeks RBR

Hasil perhitungan indeks RBR menunjukkan variasi nilai yang cukup jelas di wilayah Gunung Arjuno. Nilai RBR yang dihasilkan berada pada kisaran sekitar $-1,4$ hingga mendekati $0,9$. Nilai RBR rendah hingga negatif umumnya merepresentasikan area yang tidak terbakar atau mengalami perubahan vegetasi yang sangat kecil, sedangkan nilai RBR positif yang lebih tinggi menunjukkan area yang terdampak kebakaran dengan tingkat keparahan yang semakin meningkat.

Pola spasial hasil perhitungan RBR memperlihatkan bahwa area dengan nilai RBR tinggi terkonsentrasi di sekitar puncak dan lereng Gunung Arjuno. Pola ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut merupakan area yang paling terdampak oleh kebakaran hutan tahun 2023. Sebaliknya, area dengan nilai RBR rendah atau negatif tersebar di bagian luar wilayah kajian, yang mengindikasikan vegetasi relatif tidak terdampak kebakaran.

Untuk memastikan bahwa nilai RBR yang dihasilkan berada dalam rentang yang valid dan dapat diinterpretasikan dengan baik, dilakukan proses validasi nilai RBR. Validasi dilakukan dengan membatasi nilai RBR agar berada dalam rentang yang sesuai dengan acuan analisis kebakaran, yaitu sekitar $-0,5$ hingga $1,3$. Proses validasi ini bertujuan untuk menghilangkan nilai ekstrem yang berpotensi mengganggu interpretasi tingkat keparahan kebakaran.

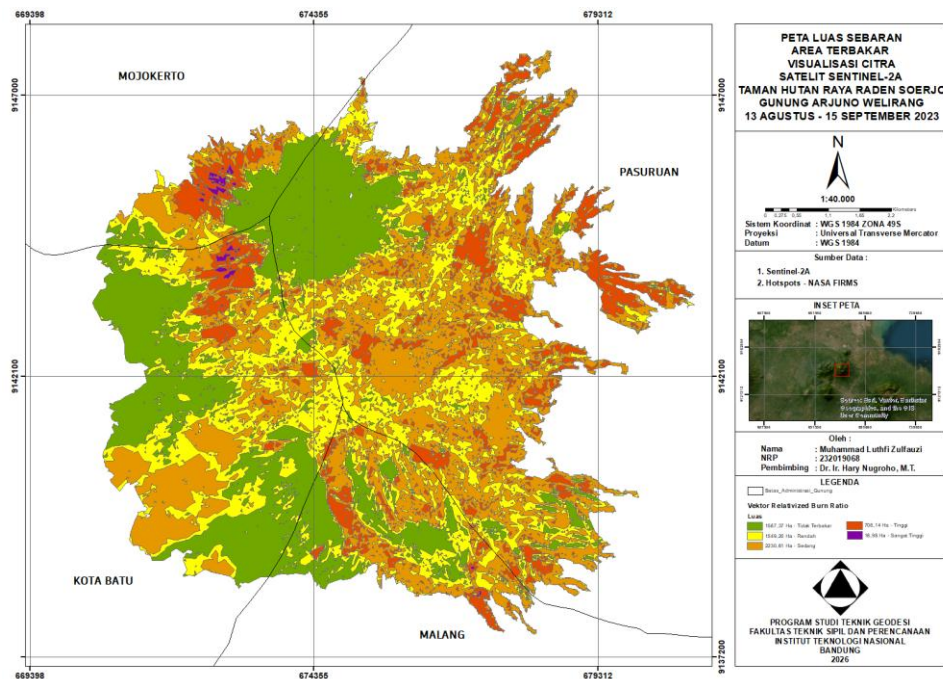


Gambar 3.6 Hasil validasi indeks RBR

3.4 Klasifikasi Area Terbakar

Klasifikasi area terbakar dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat keparahan kebakaran hutan di kawasan Gunung Arjuno tahun 2023 menggunakan indeks Relativized Burn Ratio (RBR) hasil validasi. Klasifikasi tingkat keparahan kebakaran dibagi ke dalam lima kelas, yaitu tidak terbakar, kebakaran rendah, kebakaran sedang, kebakaran tinggi, dan kebakaran sangat tinggi, sesuai dengan kriteria yang dikembangkan oleh Key dan Benson.

Hasil klasifikasi area terbakar disajikan dalam bentuk peta sebaran spasial yang menunjukkan distribusi tingkat keparahan kebakaran di wilayah penelitian. Peta klasifikasi ini diperoleh dari konversi data raster RBR validasi menjadi data vektor sehingga memungkinkan dilakukan perhitungan luasan untuk setiap kelas keparahan kebakaran.



Gambar 3. 7 Klasifikasi dan Sebaran Luas Area Terbakar Berdasarkan Indeks RBR

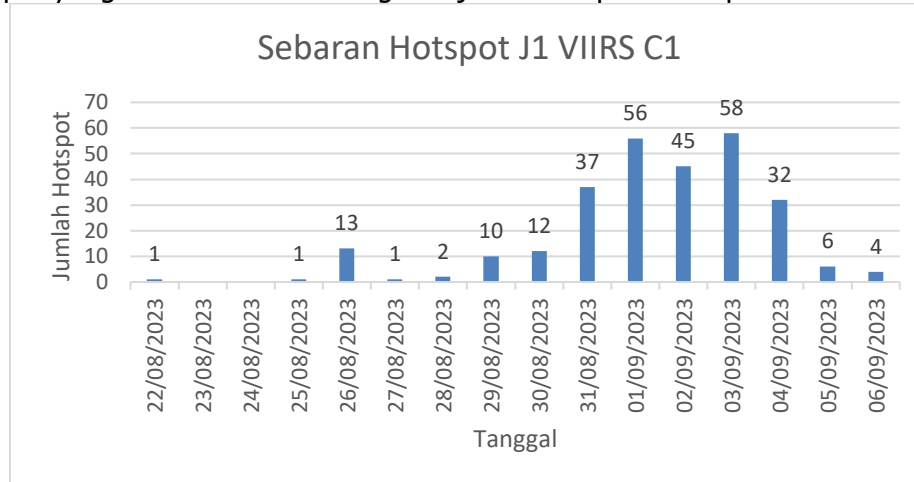
Area yang diklasifikasikan sebagai tidak terbakar memiliki luas sekitar 1.567,37 hektare, yang menunjukkan wilayah dengan kondisi vegetasi relatif masih terjaga dan tidak mengalami dampak kebakaran. Area ini umumnya berada di bagian luar wilayah kebakaran serta pada beberapa zona yang masih memiliki tutupan vegetasi yang baik. Kelas kebakaran rendah memiliki luas sekitar 1.549,20 hektare, yang merepresentasikan area dengan tingkat dampak kebakaran ringan. Pada kelas ini, vegetasi masih tersisa meskipun mengalami gangguan, dan sebarannya umumnya berada pada zona transisi antara area tidak terbakar dan area dengan tingkat keparahan yang lebih tinggi.

Kelas kebakaran sedang merupakan kelas dengan luasan terbesar, yaitu sekitar 2.230,61 hektare. Area ini menunjukkan wilayah yang mengalami dampak kebakaran cukup signifikan, dengan berkurangnya tutupan vegetasi secara nyata. Secara spasial, kelas kebakaran sedang mendominasi wilayah lereng Gunung Arjuno dan mengikuti pola morfologi gunung. Kelas kebakaran tinggi memiliki luas sekitar 708,14 hektare, yang menunjukkan area dengan tingkat kerusakan vegetasi yang tinggi akibat kebakaran. Sebaran kelas ini cenderung terkonsentrasi di sekitar area inti kebakaran dan mengikuti arah punggung serta lereng yang lebih curam.

Kelas kebakaran sangat tinggi memiliki luasan paling kecil, yaitu sekitar 16,98 hektare. Area ini merepresentasikan wilayah dengan tingkat keparahan kebakaran paling ekstrem, di mana vegetasi hampir seluruhnya hilang. Sebaran kelas ini bersifat terbatas dan terlokalisasi pada beberapa titik tertentu dengan intensitas kebakaran paling tinggi. Klasifikasi area terbakar menunjukkan bahwa kebakaran hutan di Gunung Arjuno tahun 2023 didominasi oleh kelas kebakaran sedang hingga tinggi. Pola sebaran area terbakar mengikuti kondisi topografi kawasan gunung dan menunjukkan konsentrasi dampak kebakaran pada wilayah lereng dan punggung. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar dalam evaluasi dampak kebakaran serta perencanaan rehabilitasi lahan pascakebakaran.

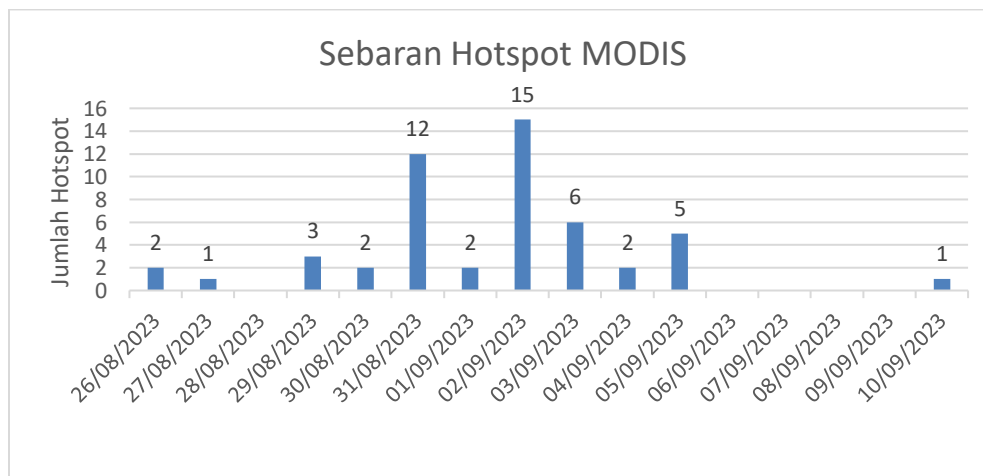
3.4 Sebaran Titik Panas (*Hotspot*) Kebakarab Berdasarkan Data Satelit VIIRS dan MODIS

Sebaran hotspot MODIS dan VIIRS (NASA FIRMS) pada Agustus–September 2023 ditinjau untuk melihat periode puncak aktivitas kebakaran di Gunung Arjuno. Hotspot pertama kali terdeteksi pada 22 Agustus 2023 oleh VIIRS, dengan jumlah yang relatif rendah pada 27 Agustus 2023. Kemudian, terjadi peningkatan signifikan pada tanggal 31 Agustus 2023 dengan 37 titik hotspot, dan puncaknya tercatat pada 1 September 2023 dengan 56 titik. Setelah periode puncak tersebut, jumlah hotspot VIIRS mulai menunjukkan penurunan yang signifikan pada 3–6 September 2023, dengan hotspot yang terdeteksi berkurang menjadi 4 titik pada 6 September 2023.



Gambar 3. 8 Sebaran Hotspot J1 VIIRS C1

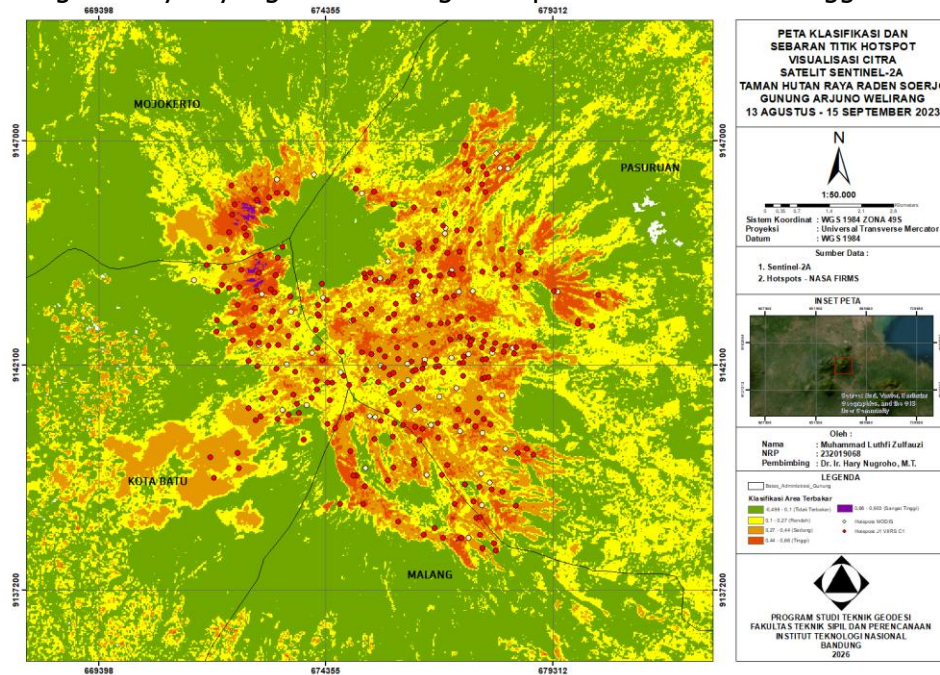
Pada grafik sebaran hotspot MODIS, puncak kebakaran terjadi pada 2 September 2023 dengan 15 titik hotspot yang terdeteksi. Peningkatan jumlah hotspot pada tanggal tersebut mencerminkan intensitas kebakaran yang cukup tinggi. Seiring berjalannya waktu, hotspot MODIS menurun drastis setelah puncak tersebut, yang sejalan dengan pola penurunan yang terlihat pada data VIIRS.



Gambar 3. 9 Sebaran Hotspot MODIS

Pola temporal hotspot ini menjadi dasar dalam pemilihan tanggal citra Sentinel-2 yang digunakan dalam penelitian ini. Citra prefire yang diambil pada 13 Agustus 2023 menggambarkan kondisi vegetasi sebelum kebakaran terdeteksi, sedangkan citra during fire diambil pada 2 September 2023, yang bertepatan dengan periode puncak aktivitas kebakaran. Citra postfire yang diambil pada 15 September 2023 menggambarkan kondisi pascakebakaran, di mana jumlah hotspot sudah mulai menurun secara signifikan.

Hasil analisis sebaran hotspot menunjukkan bahwa kebakaran hutan di Gunung Arjuno mencapai intensitas tertinggi pada awal September 2023, dengan konsentrasi hotspot yang terdeteksi di sekitar puncak dan lereng gunung. Informasi ini sangat relevan untuk mendukung hasil pemetaan area terbakar berbasis indeks RBR, di mana area dengan hotspot paling banyak terdeteksi berkorelasi dengan wilayah yang memiliki tingkat keparahan kebakaran tinggi.



Gambar 3. 10 Peta klasifikasi area terbakar dan sebaran titik *hotspot* di Gunung Arjuno

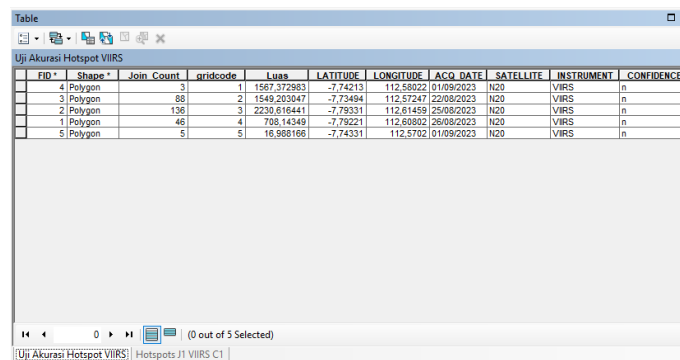
Peta klasifikasi area terbakar yang ditunjukkan di Gambar 4.9 mengilustrasikan keterkaitan spasial antara titik hotspot dengan klasifikasi area terbakar. Titik-titik hotspot yang terdeteksi (ditandai dengan simbol bulat merah) sebagian besar terkonsentrasi di area yang diklasifikasikan sebagai kebakaran sedang hingga tinggi, yang memperkuat analisis tingkat keparahan kebakaran berdasarkan indeks RBR. Hal ini mengindikasikan bahwa area dengan konsentrasi hotspot tinggi berhubungan langsung dengan area yang mengalami kerusakan vegetasi paling parah.

3.4 Hasil Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan titik hotspot yang terdeteksi oleh sensor VIIRS dan MODIS dengan klasifikasi area terbakar berdasarkan gridcode. Setiap hotspot yang terdeteksi di dalam area terbakar kemudian disesuaikan dengan gridcode yang menunjukkan tingkat keparahan kebakaran, yaitu:

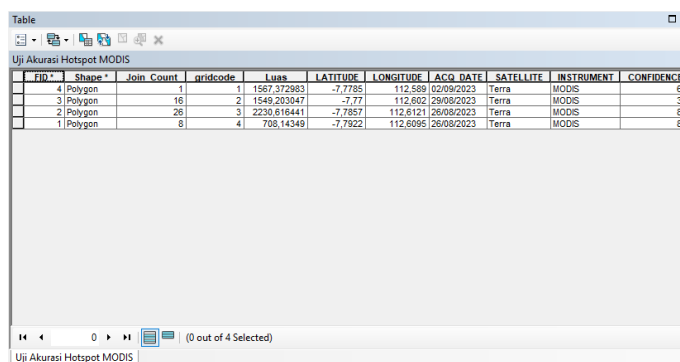
- 1 = tidak terbakar
- 2 = rendah
- 3 = sedang
- 4 = tinggi
- 5 = sangat tinggi

Setelah dilakukan spatial join dan select by location, hasilnya menunjukkan bahwa dari 278 titik hotspot VIIRS, sebagian besar terdeteksi pada area dengan gridcode 3 (sedang) dan 4 (tinggi). Namun, terdapat 3 titik hotspot yang termasuk ke gridcode 1 (tidak terbakar), yang menunjukkan adanya kesalahan deteksi pada beberapa titik. Hal yang sama juga terjadi pada 51 titik hotspot MODIS, di mana sebagian besar hotspot terdeteksi di gridcode 3 dan 4, tetapi ada satu titik yang termasuk ke dalam gridcode 1, yang menandakan ketidaksesuaian antara lokasi hotspot dan klasifikasi area terbakar.



FID	Shape	Join_Count	gridcode	Luas	LATITUDE	LONGITUDE	ACQ_DATE	SATELLITE	INSTRUMENT	CONFIDENCE
4	Polygon	3	1	1567.372983	-7.74213	112.58922	01/09/2023	N20	VIIRS	n
3	Polygon	88	2	1549.203047	-7.73494	112.57247	22/08/2023	N20	VIIRS	n
2	Polygon	136	3	2235.616441	-7.79331	112.61459	26/08/2023	N20	VIIRS	n
1	Polygon	46	4	708.14349	-7.79221	112.60802	26/08/2023	N20	VIIRS	n
5	Polygon	5	5	16.988166	-7.74331	112.5702	01/09/2023	N20	VIIRS	n

Gambar 3. 11 Hasil uji akurasi *hotspot* VIIRS



FID	Shape	Join_Count	gridcode	Luas	LATITUDE	LONGITUDE	ACQ_DATE	SATELLITE	INSTRUMENT	CONFIDENCE
4	Polygon	1	1	1567.372983	-7.7785	112.589	02/09/2023	Terra	MODIS	69
3	Polygon	16	2	1549.203047	-7.77	112.602	29/08/2023	Terra	MODIS	38
2	Polygon	26	3	2235.616441	-7.7857	112.6121	26/08/2023	Terra	MODIS	99
1	Polygon	8	4	708.14349	-7.7922	112.6095	26/08/2023	Terra	MODIS	87

Gambar 3. 12 Hasil uji akurasi *hotspot* MODIS

Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan titik hotspot yang terdeteksi oleh sensor VIIRS dan MODIS dengan klasifikasi area terbakar berdasarkan gridcode. Setelah dilakukan spatial join dan select by location, hasilnya menunjukkan bahwa dari total 329 titik hotspot (278 titik VIIRS dan 51 titik MODIS), terdapat 4 titik yang tidak sesuai, yaitu titik yang terdeteksi di gridcode 1 (tidak terbakar). Oleh karena itu, jumlah titik yang valid adalah 325 titik. Untuk menghitung akurasi deteksi hotspot, digunakan rumus berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah titik valid}}{\text{Jumlah total area terbakar}} \times 100\%$$

Dengan memasukkan nilai-nilai yang sudah dihitung:

$$\text{Akurasi} = \frac{325}{329} \times 100\% = 98.8\%$$

Dengan demikian, akurasi dari hasil uji akurasi hotspot VIIRS dan MODIS adalah sekitar 98.8%. Hasil ini menunjukkan bahwa 98.8% dari hotspot yang terdeteksi oleh VIIRS dan MODIS berada di dalam area yang diklasifikasikan sebagai terbakar, yang menunjukkan kesesuaian yang sangat baik antara data hotspot dan hasil pemetaan area terbakar.

4. KESIMPULAN

Metode Relativized Burn Ratio (RBR) terbukti efektif dalam memetakan area terbakar karena mampu merepresentasikan perubahan vegetasi sebelum dan sesudah kebakaran, dengan puncak kejadian kebakaran di Gunung Arjuno pada awal September 2023 terutama di wilayah puncak dan lereng gunung. Validasi menggunakan data hotspot VIIRS dan MODIS menunjukkan tingkat akurasi yang sangat tinggi sebesar 98,8%, sehingga mendukung keandalan hasil pemetaan. Analisis keparahan kebakaran menunjukkan bahwa sebagian besar area terbakar berada pada tingkat keparahan sedang hingga tinggi, sedangkan tingkat keparahan sangat tinggi hanya ditemukan pada beberapa lokasi tertentu. Pemanfaatan citra Sentinel-2A sebelum, saat, dan setelah kebakaran efektif dalam menggambarkan proses kebakaran serta dampaknya terhadap vegetasi di kawasan Gunung Arjuno.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada Bapak Dr. Ir. Hary Nugroho, M.T. selaku dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan masukan yang diberikan selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR RUJUKAN

BPBD. (2023). Laporan kejadian kebakaran hutan dan lahan di Gunung Arjuno Tahun 2023. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Jawa Timur.

- Cahyono, E., Wibowo, A., & Nugroho, S. (2015). Dampak kebakaran hutan terhadap kualitas udara dan kesehatan masyarakat. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, 21(2), 85–94.
- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., ... Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, 120, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026>
- Hanifah, R., Suwarsono, & Kartika, T. (2016). Pemanfaatan data penginderaan jauh untuk pemantauan kebakaran hutan dan lahan. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 13(1), 1–12.
- Khairunisa, R., Prasetyo, L. B., & Rushayati, S. B. (2021). Analisis kebakaran hutan di kawasan Tahura Raden Soerjo menggunakan citra satelit. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 11(3), 402–412.
- Oktaviani, D., Suwarsono, & Hidayat, R. (2017). Identifikasi area terbakar menggunakan citra Sentinel-2 dengan indeks NBR. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 14(2), 97–108.
- Parks, S. A., Dillon, G. K., & Miller, C. (2014). A new metric for quantifying burn severity: The relativized burn ratio. *Remote Sensing*, 6(3), 1827–1844.
- Rasyid, F. (2014). Permasalahan dan dampak kebakaran hutan. *Jurnal Lingkar Widyaiswara*, 1(4), 47–59.
- Suwarsono, S., Trisasongko, B. H., & Nugroho, J. T. (2013). Penggunaan data satelit untuk pemantauan kebakaran hutan dan lahan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 11(1), 1–10.
- Thoha, A. S., Purnomo, H., & Nugroho, H. Y. S. H. (2019). Faktor penyebab kebakaran hutan dan lahan di Indonesia. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 16(2), 113–127.