

**ANALISIS AKURASI PERBANDINGAN ALGORITMA INDEKS  
KEBAKARAN HUTAN (NBR, BAIS2, MIRBI, dan NDVI)  
BERDASARKAN CITRA SENTINEL-2A  
(Studi Kasus :Taman Nasional Gunung Merbabu Provinsi Jawa Tengah)**

**Salsabilla Nurul Rizqika<sup>1\*</sup>, Yudo Prasetyo<sup>2</sup>, Muhammad Adnan Yusuf<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Jawa Tengah Indonesia  
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia-75123Telp./Faks: (024) 736834  
e-mail: salsabillanurulrizqika@gmail.com\*

(Diterima 4 Mei 2022, Disetujui 4 Juni 2022)

**ABSTRAK**

Kebakaran hutan dan lahan merupakan salah satu bencana alam yang dapat mengganggu ekosistem hutan dengan merusak sejumlah besar pohon. Salah satu kawasan yang mengalami bencana kebakaran hutan dan lahan hampir setiap tahun adalah Taman Nasional Gunung Merbabu yang terletak di Kabupaten Magelang, Kabupaten Semarang, dan Kabupaten Boyolali Provinsi Jawa Tengah. Identifikasi kebakaran hutan dan lahan guna bertanggung jawab atas suksesi vegetasi hutan pasca kebakaran hutan dan lahan. Penelitian dilakukan menggunakan teknik penginderaan jauh melalui pemanfaatan indeks kebakaran hutan dan lahan. Perbedaan penggunaan indeks dalam identifikasi area terbakar akan mengakibatkan perbedaan interpretasi kebakaran hutan dan lahan. Penelitian ini berfokus membandingkan indeks kebakaran hutan dan lahan yang umum seperti *Normalized Burn Ratio* (NRB), *Burned Area Index for Sentinel-2* (BAIS2), *Mid-Infrared Burned Index* (MIRBI), dan indeks vegetasi seperti *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) pada citra satelit Sentinel-2A. Perbandingan yang digunakan berdasarkan metode thresholding, indeks keterpisahan dan uji kemampuan indeks. Hasil perbandingan indeks NBR, BAIS2, MIRBI, dan NDVI dengan metode thresholding, indeks keterpisahan dan uji kemampuan indeks diperoleh pada metode thresholding uji akurasi dengan nilai terbaik didapatkan pada indeks NBR  $\mu-2\sigma$  dengan luas data valid 565,891Ha atau 75,51% sesuai dengan data referensi kebakaran hutan dan lahan dari Taman Nasional Gunung Merbabu. Pada metode indeks keterpisahan NBR juga mendapat hasil 12,705 dimana semakin besar nilai indeks keterpisahan maka akan semakin baik dalam deteksi area kebakaran hutan dan lahan. Pada metode uji kemampuan indeks BAIS2 mendapat nilai 4,878 dimana nilai tersebut  $> 1$  yang menunjukkan BAIS2 memiliki kemampuan untuk mendeteksi tingkat keparahan kebakaran hutan dan lahan. Dari tiga metode yang telah dilakukan NBR memiliki kualitas yang lebih dari indeks BAIS2, MIRBI, dan NDVI dalam mendeteksi area kebakaran hutan dan lahan.

**Kata kunci : BAIS2, MIRBI, NBR, NDVI, Taman Nasional Gunung Merbabu**

**ABSTRACT**

*Forest and land fires are natural disaster that can disrupt a large number of forest tree ecosystem. One area that enchainers forest and land fires almost every year is Mount Merbabu National Park which is located in Magelang Regency, Semarang Regency, and Boyolali Regency, Central Java Province. Identification of forest and land fires are responsible for the succession of forest vegetation after forest and land fires. The research was used remote sensing techniques by extracting forest and land fire indexes. Differences in the use of indexes in helping burnt areas will lead to different interpretations of forest and land fires. This research focuses on common forest and land fire indexes such as the Normalized Burn Ratio (NRB), Burned Area Index for Sentinel-2 (BAIS2), Mid-Infrared Burned Index (MIRBI), and vegetation indices such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), using Sentinel-2A satellite imagery. The comparison used is based on the thresholding method, separability index and index ability test. The results of the comparison of the NBR, BAIS2, MIRBI, and NDVI indexes with the thresholding method, separability index and index ability test were obtained in the accuracy test thresholding method with the best value obtained at the NBR index  $\mu-2\sigma$  with a valid data area of 565.891Ha or 75.51% according to reference data for forest and land fires from Mount Merbabu National Park. The NBR separability index method also yields 12.705 where the greater the separability index value, the better the detection of land and forest fires. In the BAIS2 index capability test method, it found a value of 4.878 where the value is more than 1 which indicates BAIS2 has the ability to detect the severity of forest and land fires. Of the three methods that have been used, NBR has better quality than the BAIS2, MIRBI, and NDVI indexes in detecting areas of forest and land fires.*

**Keywords : BAIS2, MIRBI, NBR, NDVI, Mount Merbabu National Park**

## 1. PENDAHULUAN

Kebakaran dapat mempengaruhi siklus karbon. Kebakaran hutan dan lahan dapat mempengaruhi siklus karbon global dan berperan sebagai pengganggu penting ekosistem hutan dan lahan dengan merusak sejumlah besar pohon (Aru dkk., 2021). Di sisi lain, suksesi akibat kebakaran hutan dan lahan berperan penting dalam mengatur struktur komunitas tumbuhan dan menjaga keanekaragaman jenis yang sangat diperlukan bagi perkembangan komunitas tumbuhan ekosistem hutan dan lahan. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, (2022) terjadi kebakaran hutan seluas 529,266 Ha pada tahun 2018 dan meningkat seluas 1.649.258 Ha pada tahun 2019. Semakin luasnya hutan yang terbakar akan mempengaruhi kehidupan ekosistem baik perubahan tutupan lahan, fungsi ekologi, dan permukaan hutan dan lahan. Pengidentifikasi pasca kebakaran sangat penting sebagai evaluasi secara kuantitatif tingkat kebakaran hutan dan lahan. Tujuannya mengungkap perkembangan dan perubahan dalam berbagai proses ekologi dan mekanisme yang bertanggung jawab atas suksesi vegetasi hutan setelah kebakaran hutan dan lahan.

Pengidentifikasi pasca kebakaran hutan dan lahan dapat memanfaatkan teknik penginderaan jauh yang dapat bermanfaat untuk mengetahui data atau informasi penting kondisi fisik hutan dan lahan. Perubahan area dan wilayah hutan dan lahan pra dan pasca terbakar dapat teramati melalui nilai indeks kebakaran dan indeks vegetasi. Indeks kebakaran hutan dan lahan maupun indeks vegetasi yang umum digunakan seperti NBR (*Normalized Burn Ratio*), BAIS2 (*Burned Area Index for Sentinel-2*), MIRBI (*Mid-Infrared Burned Index*) dan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Pada penelitian Teodoro (2019) menggunakan NBR (*Normalized Burn Ratio*) dan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) untuk deteksi area kebakaran hutan dan lahan dihasilkan NBR (*Normalized Burn Ratio*) mampu memperkirakan tingkat kebakaran hutan dan lahan serta NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) mampu mengevaluasi penurunan substansial dalam aktivitas fotosintesis dengan hasil uji validitas NBR 87% dan NDVI 92,2% sesuai dengan kondisi lapangan. Dalam penelitian Filipponi (2020) menggunakan NBR (*Normalized Burn Ratio*) dan BAIS2 (*Burned Area Index for Sentinel-2*), keduanya menghasilkan kinerja yang baik dalam mendeteksi area kebakaran hutan dan lahan yang dinilai dengan indeks keterpisahan. NBR (*Normalized Burn Ratio*) menghasilkan indeks keterpisahan 1,324 dan BAIS2

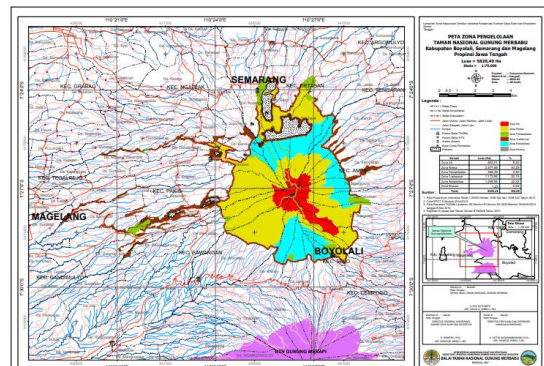
(*Burned Area Index for Sentinel-2*) 1,337. Dalam penelitian Rahmi (2020) menggunakan NBR (*Normalized Burn Ratio*), MIRBI (*Mid-Infrared Burned Index*), dan BAIS2 (*Burned Area Index for Sentinel-2*) menggunakan indeks keterpisahan dihasilkan indeks keterpisahan tertinggi pada MIRBI (*Mid-Infrared Burned Index*) dengan nilai 2,07 dengan simpulan MIRBI (*Mid-Infrared Burned Index*) merupakan indeks yang sesuai digunakan di area penelitian lahan terbuka. Pada penelitian Suwarsono (2012) dengan menggunakan NBR (*Normalized Burn Ratio*) dan metode *thresholding* dihasilkan model *thresholding* terbaik pada model  $\mu+1\sigma$  dengan hasil akurasi 63% sesuai dengan kondisi kebakaran hutan dan lahan di lapangan.

Berdasarkan kajian terkait penelitian terdahulu tersebut deteksi area kebakaran hutan dan lahan dapat dilakukan dengan beberapa indeks dan metode, penulis ingin melakukan penelitian membandingkan indeks kebakaran hutan dan lahan serta indeks vegetasi yaitu NBR, BAIS2, MIRBI, dan NDVI berdasarkan model *thresholding*, indeks keterpisahan dan ditambah dengan uji kemampuan indeks berdasarkan penelitian dari Suwarsono (2012) sebagai penilaian kemampuan indeks dalam mendeteksi area kebakaran hutan dan lahan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Taman Nasional Gunung Merbabu yang terletak di Kabupaten Magelang, Semarang dan Boyolali Provinsi Jawa Tengah dengan letak geografis 110°26'22" BT dan 7°27'13" LS. Kawasan Taman Nasional Gunung Merbabu berdasarkan Undang-Undang Menteri Kehutanan Nomor 135/Menhut-II/2004 tentang merubah fungsi kawasan hutan lindung dan taman wisata alam kelompok hutan Merbabu seluas 5.725 ha yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Lokasi penelitian (Balai Taman Nasional Gunung Merbabu, 2017)

## 2.2 Visualisasi Indeks dan Difference Indeks

### 2.2.1 Normalized Burn Ratio (NBR)

Merupakan salah satu indeks luka bakar yang dinormalisasi (NBR) pertama kali dibawa oleh (García & Caselles, 1991) yang merupakan alternatif dari indeks *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), di mana pita merah (R) dalam rumus indeks NDVI digantikan oleh gelombang pendek atau gelombang inframerah (SWIR).

$$NBR = \frac{NIR - SWIR_2}{NIR + SWIR_2} \quad (1)$$

Keterangan :

NBR = Indeks *Normalized Burn Ratio*

NIR = *Near InfraRed* (Band 8)

SWIR<sub>2</sub> = *Short Wavelength InfraRed 2* (Band 12)

### 2.2.2 Burned Area Index for Sentinel-2 (BAIS2)

Penelitian (Filipponi, 2018) dalam prosidingnya mempresentasikan indeks area terbakar untuk citra satelit Sentinel-2 (BAIS2) berdasarkan pita spektral tepi merah Sentinel-2. Indeks dBAIS2 diturunkan (Indeks Area Terbakar Perbedaan untuk Sentinel-2) berdasarkan pada perbedaan nilai antara pra-kebakaran BAIS2 dan perkiraan BAIS2 pasca-kebakaran. BAIS2 ini dapat digunakan sebagai indeks untuk mendeteksi daerah yang terkena kebakaran dengan penggunaan rasio pita dalam domain spektral tepi merah yang dapat menggambarkan sifat vegetasi, dan juga dikombinasikan dengan rasio pita untuk mendeteksi respons radiometrik dari spektral SWIR.

$$BAIS2 = \left(1 - \sqrt{\frac{RE6 \cdot RE7 \cdot NIR}{Red}}\right) * \left(\frac{SWIR_2 - NIR}{\sqrt{SWIR_2 + NIR}}\right) \quad (2)$$

Keterangan :

BAIS2 = Indeks *Burned Area Index for Sentinel-2*

NIR = *Near InfraRed* (Band 8)

SWIR<sub>2</sub> = *Short Wavelength InfraRed 2* (Band 12)

Red Edge (RE) = (Band 6 dan Band 7)

Red = (Band 4)

### 2.2.3 Mid-Infrared Burend Index (MIRBI)

Indeks MIRBI merupakan indeks yang diusulkan berdasarkan penelitian (Trigg. dan Flasse., 2001) yang berfokus pada area mid-infrared (MIR), *band* spektral ini sensitif untuk

membedakan area terbakar untuk objek semak belukar dan savanna yang diidentifikasi dari citra resolusi menengah dan tinggi.

$$MIRBI = 10 \times SWIR_2 - 9,8 \times SWIR_1 + 2 \quad (3)$$

Keterangan :

MIRBI = Indeks *Mid-Infrared Burend Index* (MIRBI)

SWIR<sub>2</sub> = *Short Wavelength InfraRed 2* (Band 12)

SWIR<sub>1</sub> = *Short Wavelength InfraRed 1* (Band 11)

### 2.2.4 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

NDVI merupakan indeks vegetasi yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi daerah terbakar yang dilihat dari adanya laju perubahan kondisi tutupan vegetasi. Daerah terbakar merubah tutupan lahan bekas yang sebelumnya merupakan vegetasi menjadi lahan terbuka. Dengan adanya perubahan tutupan lahan tersebut mengindikasikan telah terjadi kebakaran.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (4)$$

Keterangan :

NDVI = Indeks *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = *Near InfraRed* (Band 8)

RED = *Red* (Band 4)

## 2.3 Thresholding

*Thresholding* pada umumnya diterapkan pada citra digital hasil proses transformasi tertentu, seperti citra hasil proses transformasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Rouse, Haas, Schell, dan Deering, 1973), *Normalized Difference Water Index* (NDWI) (McFEETERS, 1996). Nilai *thresholding* ini kadang sifatnya kondisional. Dikarenakan nilai *thresholding* untuk beberapa citra hasil transformasi seperti bukan sebuah nilai yang konstan, maka diperlukan metode yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, untuk memberikan batas nilai pixel pada fitur-fitur tertentu. Pada penelitian ini merujuk pada (R. Fraser, Zhanqing. Li, dan J. Cihlar, 2000) yang menggunakan *thresholding* untuk penentuan area terbakar dengan model *thresholding*  $\mu - 1\sigma$ ,  $\mu$ ,  $\mu + 1\sigma$  dan juga berdasarkan statistik nilai distribusi normal maka penentuan area terbakar juga menggunakan model *thresholding*  $\mu - 2\sigma$  dan  $\mu + 2\sigma$ .

Uji akurasi area terbakar pada model *thresholding* dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi penggunaan yang dihasilkan dari proses klasifikasi digital dengan sampel uji dari hasil citra

dari perhitungan *thresholding*. Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil identifikasi area bekas terbakar (*estimated burned area*) dengan data area bekas terbakar referensi (*referenced burned area*). Berdasarkan data *estimated burned area* dan *referenced burned area*, dapat dihitung data valid, omisi, dan komisi. Data valid adalah data *estimated burned area* yang sesuai dengan *referenced burned area*. Omisi adalah *burned area* pada estimasi yang dinyatakan sebagai *non-burned area* pada referensi. Komisi adalah *non-burned area* pada estimasi yang dinyatakan sebagai *burned area* pada referensi. Uji akurasi dihitung menurut (Jensen, 2005) dalam (Lillesand dan Keifer, 1994) dengan persamaan berikut :

$$\text{Akurasi Pengguna (\%)} = V/(V+K) \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Akurasi Penghasil (\%)} = V/(V+O) \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{Akurasi Seluruh (\%)} = V/(V+O+K) \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan:

V = Data valid

O = Data kesalahan omisi

K = Data kesalahan komisi

### 2.3 Indeks Keterpisahan

Indeks separabilitas (SI) atau indeks keterpisahan digunakan sebagai penilaian terhadap sensitivitas spektral dari indeks yang telah dihitung. Persamaan untuk menghitung indeks keterpisahan dapat dilihat pada rumus 4 yang merujuk pada Filipponi (2018).

$$SI = \frac{\bar{x}_b - \bar{x}_{tb}}{\sigma_b - \sigma_{tb}} \quad (8)$$

Keterangan :

$\bar{x}_b$  = rata-rata sampel area terbakar

$\bar{x}_{tb}$  = rata-rata sampel area tidak terbakar

$\sigma_b$  = Standar deviasi area terbakar

$\sigma_{tb}$  = Standar deviasi area tidak terbakar

Semakin tinggi SI, semakin baik nilai diskriminasi atau menunjukkan keterpisahan yang baik antara area terbakar dan tidak terbakar, sedangkan nilai lebih rendah menunjukkan diskriminasi atau keterpisahan yang kurang baik antara area terbakar dan tidak terbakar.

### 2.3 Uji Kemampuan Indeks

Uji kemampuan indeks ini bertujuan mengetahui bagaimana tingkat kemampuan indeks dalam mengidentifikasi kebakaran hutan dan lahan.. Uji tingkat kemampuan indeks ini dilakukan melalui pendekatan nilai *Distance* (nilai D). Nilai D ini dihitung pada setiap indeks

menggunakan data dari citra Pra dan citra Pasca. Klasifikasi interpretasi nilai D dapat dilihat pada **Tabel 1**. Perhitungan nilai D dikembangkan oleh (Kaufman dan Remer, 1994) dapat dilihat pada rumus 5.

$$D = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\sigma_2 + \sigma_1} \quad (9)$$

D = Distance

$\bar{x}$  = Rata-rata sampel pra kebakaran

$\bar{x}_2$  = Rata-rata sampel pra kebakaran

$\sigma_1$  = Standar deviasi pasca kebakaran

$\sigma_2$  = Standar deviasi pasca kebakaran

**Tabel 1.** Klasifikasi Nilai Uji Kemampuan Indeks (Kaufman dan Remer, 1994)

Rentang Nilai D	Keterangan
D>1	Indeks memiliki kemampuan baik dalam mengukur tingkat keparahan kebakaran
D<1	Indeks memiliki kemampuan kurang baik dalam mengukur tingkat keparahan kebakaran

### 2.4 Validasi Data

Pengujian validitas data identifikasi kebakaran hutan dan lahan dilakukan dengan menghitung perbandingan antara area kebakaran yang dihasilkan dari indeks NBR, BAIS2, MIRBI, dan NDVI sesuai klasifikasi *thresholding* referensi dengan area kebakaran hutan dan lahan dari data referensi Balai Taman Nasional Gunung Merbabu. Perhitungan validasi kebakaran dilakukan dengan menghitung persamaan *Individual Classification Success Index* (ICSI) yang dikembangkan oleh (Koukoulas & Blackburn, 2001) adapun rumus pengujianya dapat dilihat pada rumus 6 :

$$ICSI = [1 - (\text{Omisi} + \text{Komisi})] \times 100\% \quad (10)$$

Keterangan:

ICSI=*Individual Classification Success Index*

Omisi =luas area omisi / luas total poligon

Komisi=luas komisi/luas total poligon

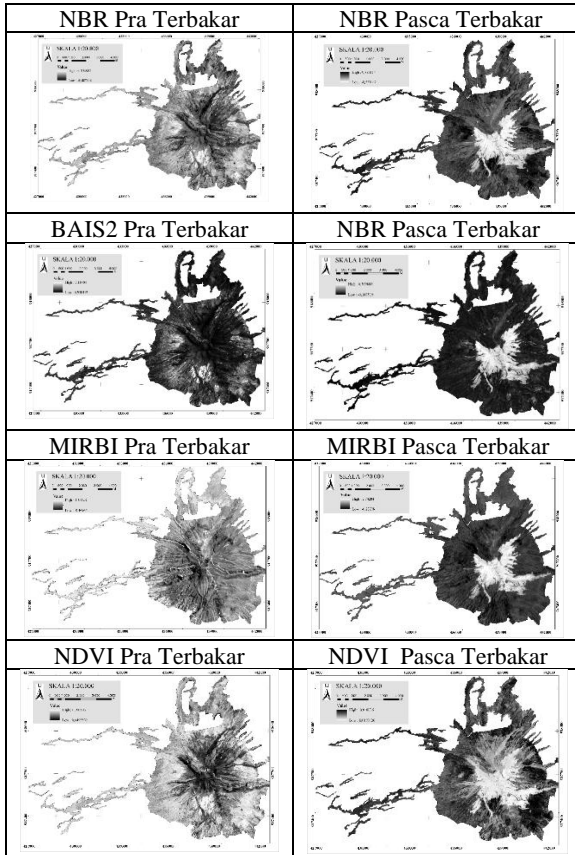
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Interpretasi Indeks

Pada indeks, visualisasi menggunakan *singleband gray* dengan rentang nilai dari hitam yang memiliki nilai kecil ke putih yang menunjukkan nilai lebih besar. Hasil visualisasi menunjukkan adanya perbedaan dari setiap indeks yang diterapkan pada citra sebelum dan setelah kebakaran yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Berdasarkan visualisasi indeks daerah terbakar pada indeks NBR, NDVI memiliki tampilan berwarna hitam yang menyerupai lahan terbuka dan pada BAIS2 dan MIRBI daerah terbakar memiliki tampilan warna putih dan abu-abu yang menyerupai adanya awan.

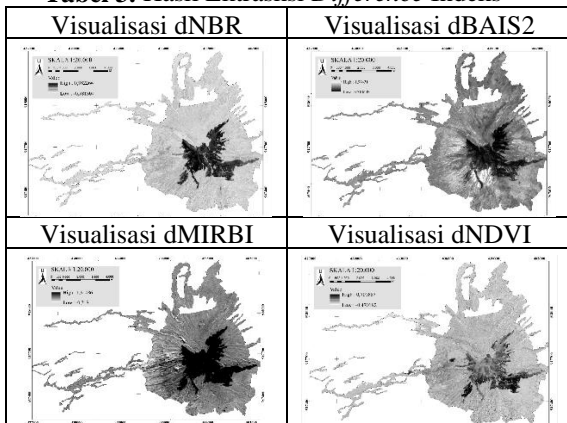
Tabel 2. Hasil Ekstraksi Indeks



### 3.2 Hasil Interpretasi Difference Indeks

Secara visual semua indeks bekerja cukup baik yang dapat dilihat dari area terbakar dan tidak terbakar mudah untuk diamati dikarenakan adanya perbedaan warna yang cukup signifikan pada area terbakarnya

Tabel 3. Hasil Ekstraksi Difference Indeks



Dari interpretasi visual menunjukkan di mana daerah yang diidentifikasi sebagai daerah terbakar pada BAIS2 memiliki nilai yang tinggi dengan warna hitam sedangkan pada NBR, MIRBI, dan NDVI daerah terbakar memiliki warna yang putih menunjukkan nilai yang makin tinggi. Jika dilihat secara visual semua indeks bekerja cukup baik yang dapat dilihat dari area terbakar dan tidak terbakar mudah untuk diamati dikarenakan adanya perbedaan warna yang cukup signifikan pada area terbakarnya.

### 3.3 Hasil Thresholding

Model *thresholding* yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $\mu-2\sigma$ ,  $\mu-\sigma$ ,  $\mu$ ,  $\mu+\sigma$  dan  $\mu+2\sigma$ . Hasil perhitungan model *thresholding* dapat dilihat pada Tabel 4. berikut :

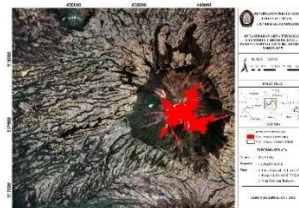
Tabel 4. Hasil Model Thresholding

Model Thresholding	NDVI	BAIS2	NBR	MIRBI
$\mu - 1\sigma$	0,155	0,804	0,540	1,038
$\mu$	0,261	0,868	0,638	1,247
$\mu + 1\sigma$	0,367	0,931	0,736	1,456
$\mu - 2\sigma$	0,048	0,741	0,443	0,829
$\mu + 2\sigma$	0,474	0,995	0,833	1,665

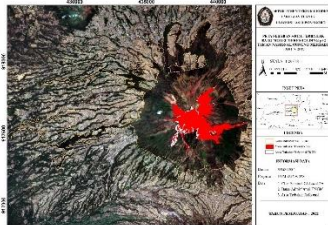
### 3.4 Hasil Analisis Uji Akurasi Thresholding

Analisis akurasi dilakukan dengan membandingkan data hasil identifikasi daerah terbakar berdasarkan model *thresholding* terhadap data referensi kebakaran. Perhitungan akurasi dalam penelitian ini menggunakan luasan dari poligon hasil pengolahan yang dibandingkan dengan luasan polygon data kebakaran referensi. Perhitungan akurasi dilakukan dengan menghitung data valid, omisi dan komisi yang dapat dilihat pada Tabel 5.

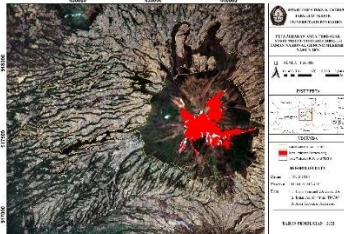
Hasil perhitungan akurasi keseluruhan didasarkan pada kesesuaian data hasil olahan dengan data referensi. Jika dilihat berdasarkan data valid (data yang sesuai dengan data referensi) saja pada Tabel 5, maka indeks yang memiliki luasan daerah yang sesuai dengan data referensi terluas adalah dNBR  $\mu-2\sigma$  dengan luas data valid 565,891Ha. Model *thresholding* yang memiliki kesesuaian dengan data referensi yang baik adalah dBAIS2  $\mu+2\sigma$ , dNBR  $\mu-2\sigma$ , dMIRBI  $\mu-2\sigma$ , dan dNDVI  $\mu -1\sigma$  yang dapat dilihat pada Gambar 2 – Gambar 5.



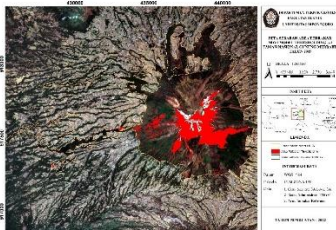
Gambar 2. Thresholding dNBR  $\mu-2\sigma$



Gambar 3. Thresholding dBAIS2  $\mu+2\sigma$



Gambar 4. Thresholding dMIRBI  $\mu-2\sigma$



Gambar 5. Thresholding dNDVI  $\mu-1\sigma$

Tabel 5. Hasil Uji Akurasi Thresholding

Indeks	Model Threshold	Akurasi (%)
NBR	$\mu - 2\sigma$	75,506
	$\mu - 1\sigma$	72,261
	$\mu$	45,807
	$\mu + 1\sigma$	13,684
	$\mu + 2\sigma$	0,551
	$\mu - 2\sigma$	0,199
BAIS2	$\mu - 1\sigma$	21,006
	$\mu$	50,671
	$\mu + 1\sigma$	64,771
	$\mu + 2\sigma$	71,046
MIRBI	$\mu - 2\sigma$	73,721
	$\mu - 1\sigma$	66,000
	$\mu$	45,918
	$\mu + 1\sigma$	14,526
	$\mu + 2\sigma$	3,672
NDVI	$\mu - 2\sigma$	31,583
	$\mu - 1\sigma$	52,017
	$\mu$	36,847
	$\mu + 1\sigma$	14,338
	$\mu + 2\sigma$	3,627

### 3.5 Hasil Indeks Keterpisahan

Indeks keterpisahan digunakan sebagai penilaian terhadap sensitivitas spektral dari indeks yang telah dihitung. Hasil dari perhitungan nilai

indeks keterpisahan dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Indeks Keterpisahan

Nilai Indeks Keterpisahan			
BAIS2	NBR	MIRBI	NDVI
8,685	12,705	9,249	4,113

Identifikasi indeks keterpisahan yang dihitung menurut rumus 8 menunjukkan bahwa BAIS2, NBR, MIRBI, dan NDVI memiliki sensitivitas spektral yang baik dalam mendeteksi kebakaran hutan dan lahan di Balai Taman Nasional Gunung Merbabu. Hasil perhitungan terhadap sampel area terbakar dan tidak terbakar menunjukkan semua indeks memberikan nilai lebih dari 1. Dengan demikian dapat diketahui bahwa pada dasarnya semua indeks BAIS2, NBR, MIRBI, NDVI baik dalam mendeteksi kebakaran hutan dan lahan. Namun demikian, dari semua indeks tersebut, NBR memiliki kemampuan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan indeks lain dikarenakan memperoleh nilai sebesar 12,705. Adapun NDVI memperoleh nilai sebesar 4,113 dimana hasil tersebut merupakan yang paling rendah dari indeks yang lain. Terjadinya hal tersebut merepresentasikan NDVI sebagai indeks vegetasi yang notabene dapat menilai kebakaran hutan dan lahan dari menurunnya tingkat vegetasi namun ternyata hal itu belum sepenuhnya dapat bisa dengan efektif dilakukan.

### 3.6 Hasil Uji Kemampuan Indeks

Perhitungan uji kemampuan indeks sebagai penilai mengetahui bagaimana tingkat kemampuan indeks dalam mengidentifikasi kebakaran hutan dan lahan. Hasil dari perhitungan nilai uji kemampuan indeks dapat dilihat pada Tabel IV-9 berikut :

Tabel 7. Hasil Uji Kemampuan Indeks

Nilai Uji Kemampuan Indeks			
NBR	BAIS2	MIRBI	NDVI
0,764	4,878	0,576	0,337

Hasil perhitungan terhadap 475 sampel area sebelum terbakar dan setelah terbakar menunjukkan indeks BAIS2 memiliki nilai lebih dari 1. Berdasar dasar teori II.9 dengan nilai kemampuan indeks lebih dari 1 maka BAIS2 dianggap dapat mendeteksi tingkat keparahan kebakaran hutan dan lahan. Berdasarkan hasil uji kemampuan indeks dapat dilihat pada Tabel 7 BAIS2 memiliki nilai 4,878 yang berarti memiliki sensitivitas spektral yang baik dalam deteksi area kebakaran hutan dan lahan..

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilaksanakan, adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Hasil interpretasi pada komposit *band true color* (R:4 G:3 B:2) menunjukkan adanya perubahan pada tutupan lahan berwarna keungunan. Pada interpretasi indeks kebakaran hutan dan lahan serta indeks vegetasi pasca kebakaran menggunakan *singleband gray* juga menunjukkan adanya perbedaan rentang nilai dari hitam ke putih yang menginterpretasikan perubahan nilai dari rendah ke tinggi. Area putih yang terdapat pada citra pasca kebakaran terindikasi adanya kebakaran hutan dan lahan. Hasil interpretasi semua indeks bekerja cukup baik dapat dilihat dari area terbakar dan tidak terbakar mudah untuk diamati dikarenakan adanya perbedaan warna yang cukup signifikan pada area terbakarnya.
2. Hasil perbandingan indeks NBR, BAIS2, MIRB, dan NDVI dengan metode *thresholding*, indeks keterpisahan dan uji kemampuan indeks diperoleh pada metode *thresholding* uji akurasi dengan nilai terbaik didapatkan pada indeks NBR  $\mu-2\sigma$  dengan luas data valid 565,891ha atau 75,51% sesuai dengan data referensi kebakaran hutan dan lahan dari Taman Nasional Gunung Merbabu. Pada metode indeks keterpisahan NBR juga mendapat hasil 12,705 dimana semakin besar nilai indeks keterpisahan maka akan sebaik baik dalam deteksi area kebakaran hutan dan lahan. Pada metode uji kemampuan indeks BAIS2 mendapati nilai 4, 878 dimana nilai tersebut lebih dari 1 yang menunjukkan BAIS2 memiliki kemampuan untuk mendeteksi tingkat keparahan kebakaran hutan dan lahan. Dari tiga metode yang telah dilakukan NBR memiliki kualitas yang lebih dari indeks BAIS2, MIRBI, dan NDVI dalam mendeteksi area kebakaran hutan dan lahan.
3. Hasil validitas indeks NBR, BAIS2, MIRBI dan NDVI menggunakan nilai *thresholding* referensi terhadap data referensi Taman Nasional Gunung Merbabu diperoleh kesesuaian sebesar 94,43% untuk NBR, 97,55% untuk BAIS2, 93,77% untuk MIRBI dan 76,27% untuk NDVI6

##### 4.2 Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilaksanakan, terdapat saran-saran untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik diantaranya, sebagai berikut:

1. Menambahkan model *thresholding* lain sebagai pembanding kesesuaian hasil klasifikasi
2. Untuk pengujian validasi dibutuhkan data valid dari lapangan atau dari citra yang memiliki resolusi lebih tinggi guna memperoleh hasil yang lebih akurat

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aru, H., Song, Q., Yongbin, B., Li, N., Yuhai, B., Xingpeng, L., dan Jiquan, Z. (2021). *Short-Term Effects of Fire Severity on Vegetation Based. Sustainability*, 13, 432. <https://doi.org/10.3390/su13010432>.
- Balai Taman Nasional Gunung Merbabu. (2017). *Zona Pengelolaan Taman Nasional Gunung Merbabu*. Kabupaten Boyolali: Balai Taman Nasional Gunung Merbabu.
- Balai Taman Nasional Gunung Merbabu. (2021). *Laporan Tahunan*. Boyolali: BTNGMb (Balai Taman Nasional).
- Blumenfeld, J. (2019, 11 4). *Wildfires Can't Hide from Earth Observing Satellites*. Retrieved from Earthdata Open Acces For Open Science: <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/articles/wildfire-articles/wildfires-cant-hide-from-earth-observing-satellites>
- Filipponi, F. (2018). BAIS2: *Burned Area Index for Sentinel-2*. *Proceedings*, 2,364; doi:10.3390/ecrs-2-05177.
- García, M., dan Caselles, V. (1991). *Mapping burns and natural reforestation using thematic Mapper data*. *Geocarto Int*, 6, 31–37.
- Giglio, L., Jacques, D., Christopher, O. J., dan Yoram, J. K. (2003). *An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS*. *Remote Sensing of Environmen*, 273 – 282.
- Jensen, J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing, A remote sensing perspective, 3rdedn*. Sidney: Pearson Prentice Hall.
- Kaufman, Y., dan Remer, L. (1994). *Detection of forests fire using mid-IR reflectance an application for aerosol studies*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32:672-683.
- Khalifah, I. N., dan Nur, F. (2020). Pemanfaatan Data Sentinel-2 untuk Analisis Indeks Area Terbakar (Burned Area). *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 2657-0378.

- Koukoulas, S., dan Blackburn, G. (2001). *Introducing new indices for accuracy evaluation of classified images representing semi-natural woodland environments. Photogrammetric Engineering dan Remote Sensing*, 67(4):499-510.
- LAPAN, .. P. (2015). *Pedoman Pemanfaatan Data Landsat 8 untuk Deteksi Daerah Terbakar (Burned Area)*. Jakarta: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- Lillesand, T. M., dan Keifer, R. W. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation. 3rd. Edition*. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- McFEETERS, S. (1996). *The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing*, 1425-1432 .
- R. Fraser, Zhanqing. Li, dan J. Cihlar. (2000). *Hotspot and NDVI Differencing Synergy (HANDS): A New Technique for Burned Area Mapping over Boreal Forest. Remote Sensing of Environment*, 362,376.
- Rahmi, K. I., Ardha, A., Rarasati, A., Nugroho, G., Mayestika, P., U, C. N., dan Y. F. (2021). *Burned area monitoring based on multiresolution and multisensor remote sensing image in Muaro Jambi, Jambi. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1755-1315.
- Teodoro, a., dan Ana, A. (2019). *A Statistical and Spatial Analysis of Portuguese Forest Fires in Summer 2016 Considering Landsat 8 and Sentinel 2A Data. Environments*, 36.
- Trigg., S., dan Flasse., S. (2001). *An evaluation of different bi-spectral spaces for discriminating burned shrub-savannah. Int. J. Remote Sens* vol. 22, no. 13, pp., 2641–2647.
- Wyatt, J. C, dan Spiegelhalter, D., 1991, *Field Trials of Medical Decision-Aids: Potential Problems and Solutions*, Clayton, P. (ed.): *Proc. 15th Symposium on Computer Applications in Medical Care*, Vol 1, Ed. 2, McGraw Hill Inc, New York.