

# Pemanfaatan Data Sentinel-2 untuk Analisis Indeks Area Terbakar (*Burned Area*)

Khalifah Insan Nur Rahmi<sup>a,\*</sup>, Nur Febrianti

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN, Jl. Kalisari No 8 Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta, Indonesia, 13710

\* Korespondensi Penulis, E-mail: khalifah.insan@lapan.go.id



Dikirim: 1 Feb 2020;  
Diterima: 15 Feb 2020;  
Diterbitkan: 28 Feb 2020.

**Abstrak.** Pemetaan area terbakar dapat diekstraksi dari citra penginderaan jauh menggunakan indeks area terbakar. Berbagai indeks telah dikembangkan untuk mengidentifikasi area terbakar antara lain dari NBR, NBR2, MIRBI, dan BAIS2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui indeks yang paling baik membedakan area terbakar dan tidak terbakar skala detil. Area terbakar diidentifikasi dari delta indeks sebelum dan setelah kebakaran. Data yang dipergunakan adalah citra Sentinel-2 resolusi 20 meter sebelum kebakaran tanggal 01 Mei 2019, dan setelah kebakaran tanggal 08 September 2019. Indeks NBR menggunakan perbandingan kanal SWIR dan NIR, indeks NBR2 dan MIRBI menggunakan perbandingan kanal SWIR<sub>L</sub> dan SWIR<sub>S</sub>, sementara indeks BAIS2 memainkan rentang spektral *red edge*, NIR dan SWIR. Hasil analisis indeks separabilitas menunjukkan indeks MIRBI baik untuk membedakan area terbakar dengan lahan terbuka. Indeks NBR baik membedakan area terbakar dengan vegetasi dan lahan terbangun sementara indeks NBR2 baik untuk membedakan area terbakar berasap dengan vegetasi dan lahan terbangun.

**Kata kunci:** area terbakar, BAIS2, MIRBI, NBR, Sentinel-2.

---

## The Use of Sentinel-2 Image to Analysis Burned Area Index

**Abstract.** Burned area mapping can be extracted from remote sensing imagery using burned area index. Various indices have been developed to identify burned areas including NBR, NBR2, MIRBI, and BAIS2. This study aims to determine the index that best distinguishes burning and non-burning areas in the detailed scale of small fires. Burned areas were identified from the delta index before and after the fire. Date of Sentinel-2 image before fires on May 1, 2019, after fires on September 8, 2019. The NBR index uses the comparison of SWIR and NIR band, the NBR2 and MIRBI indexes use the comparison of SWIR<sub>L</sub> and SWIR<sub>S</sub> band, while the BAIS2 index plays the red-edge spectral range, NIR, and SWIR. The result of the separability index analysis shows that the MIRBI index is good for distinguishing burned areas from bare land. The NBR index is good at distinguishing burned areas from vegetation and built-up land while the NBR2 index is good at distinguishing smoked burned areas from vegetation and built-up land.

**Keywords:** burned area, BAIS2, MIRBI, NBR, Sentinel-2.

## I. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan secara besar-besaran kembali terjadi di Indonesia. Kebakaran 2019 termasuk peristiwa terbesar ke-2 dari kejadian 5 tahun terakhir setelah kasus kebakaran pada tahun 2015. Area terbakar (*burn area*) yang dihasilkan dari kebakaran hutan/lahan tersebut berdampak pada kerusakan lingkungan.

Perhitungan luas area terbakar perlu dilakukan, hal ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar kerugian yang dialami akibat kebakaran hutan/lahan tersebut. Pemetaan cepat dengan memanfaatkan data penginderaan jauh merupakan pilihan terbaik untuk memperoleh informasi luas area terbakar. Pemanfaatan data penginderaan jauh selain lebih cepat juga lebih murah dibandingkan dengan perhitungan secara manual.

Pemetaan area terbakar sudah banyak dilakukan menggunakan indeks area terbakar. Beberapa metode perhitungan area terbakar antara lain *Burn Area Index* (BAI) ([1]–[3]), *Normalized Burn Ratio* (NBR) ([4]–[7]), *Normalized Burn Ratio Thermal 1* (NBRT1) [8], *Burn Scar Index* (BSI) ([6], [9]).

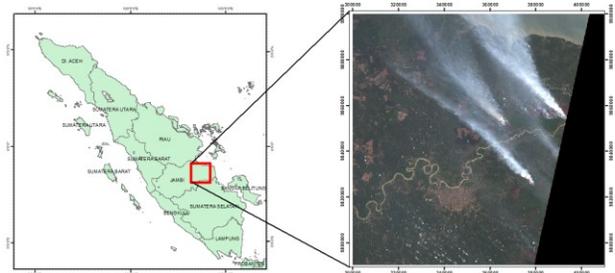
Selain itu, metode-metode untuk menghitung area terbakar juga banyak menggunakan citra penginderaan jauh, baik yang memiliki resolusi rendah dan menengah hingga resolusi tinggi. Beberapa data citra yang digunakan untuk menghitung area terbakar antara lain Landsat 8 [10][11], MODIS [12][6], Sentinel-2 [13], [14], ASTER [6].

Pemetaan area terbakar skala detil perlu dilakukan di Indonesia mengingat kejadian kebakaran hutan/lahan terjadi pada area yang luas maupun sempit. Berdasarkan [14] Sentinel-2 dapat mendeteksi luas area terbakar < 100 Ha di Sub-sahara Afrika. Pada penelitian ini menggunakan Sentinel-2 untuk mendeteksi area terbakar skala detil di Indonesia, khususnya Provinsi Jambi. Selain itu, penelitian ini bermaksud untuk mengkaji indeks area terbakar yang sesuai untuk membedakan area terbakar dengan tidak terbakar berupa objek lahan terbuka, lahan terbangun, dan vegetasi.

## II. METODOLOGI

### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di sebagian Provinsi Jambi yaitu pada sensing orbit 118 citra Sentinel-2. Citra tersebut mencakup Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Tanjung Jabung Barat, Muaro Jambi, Batanghari, dan Kota Jambi. *Scene* citra ini dipilih karena pada area tersebut banyak terjadi kasus kebakaran yang dapat diindikasikan dari kabut asap kebakaran yang terlihat pada citra *True Color Image* (TCI) Sentinel-2 pada **Gamb(1)**.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan citra TCI Sentinel-2

### 2.2 Data

Penelitian ini memanfaatkan citra Sentinel-2 level 2A sebelum kebakaran tanggal 01 Mei 2019 dan level 1C setelah kebakaran tanggal 08 September 2019. Data level 2A merupakan data reflektan *Bottom of Atmosphere* (BOA) yang sudah terkoreksi dari efek atmosfer (TOA) secara sistematis. Sedangkan, data level 1C merupakan data radian yang memerlukan koreksi TOA untuk mendapatkan nilai reflektan. Namun, kedua level data tersebut sudah terkoreksi geometrik secara sistematis [15].

Citra Sentinel-2 dalam studi ini memiliki resolusi spasial (RS) 20 m untuk dapat mendeteksi area terbakar pada skala detil. Spesifikasi spektral citra tersebut sesuai **Tab(1)**. Setiap indeks menggunakan kanal yang berbeda sesuai dengan tujuan sensitivitas objek.

TABEL 1. SPESIFIKASI CITRA SENTINEL-2

Kanal	Julat Spektral	Panjang Gelombang Tengah ( $\mu\text{m}$ )	RS (m)
1	Aerosol	0,443	60
2	Biru	0,490	10
3	Hijau	0,560	10
4	Merah	0,665	10
5	Red Edge 1	0,705	20
6	Red Edge 2	0,740	20
7	Red Edge 3	0,783	20
8	NIR	0,842	10
8A	Red Edge 4	0,865	20
9	Uap air	0,945	60
10	SWIR Cirrus	1,375	60
11	SWIR <sub>S</sub>	1,610	20
12	SWIR <sub>L</sub>	2,190	20

Indikasi kebakaran hutan/lahan dapat dilihat dari lokasi hotspot cluster dan lokasi asap [16]. Pada penelitian ini digunakan data hotspot dari satelit Terra/Aqua MODIS, VIIRS, dan NOAA dengan level keyakinan  $\geq 30\%$  yang bersumber dari <http://modis-catalog.lapan.go.id/monitoring/>.

2.3 Metode

a) Normalized Burn Ratio (NBR)

NBR merupakan indeks area terbakar yang dikembangkan oleh [4] menggunakan perbandingan kanal Near Infrared (NIR) yaitu kanal 8A pada Sentinel-2 dan Shortwave Infrared (SWIR) kanal 12. NIR merepresentasikan kondisi vegetasi sementara SWIR untuk area terbakar. Persamaan yang digunakan yaitu:

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

b) Normalized Burn Ratio 2 (NBR2)

[5] melakukan studi indeks area terbakar yang dinamakan NBR2. Indeks ini memanfaatkan pantulan spektral objek area terbakar pada kanal SWIR<sub>L</sub> dan SWIR<sub>S</sub> serta baik untuk monitoring regenerasi vegetasi. Formula indeks ini yaitu:

$$NBR = \frac{\rho_{SWIR_S} - \rho_{SWIR_L}}{\rho_{SWIR_S} + \rho_{SWIR_L}} \quad (2)$$

c) Mid-Infrared Burend Index (MIRBI)

Indeks MIRBI berfokus pada area mid-infrared (MIR) dimana berdasarkan studi [2] julat spectral ini sensitif untuk membedakan area terbakar untuk objek semak belukar dan savanna yang diidentifikasi dari citra resolusi menengah dan tinggi. Persamaan yang digunakan adalah:

$$MIRBI = 10 \times \rho_{SWIR_L} - 9,8 \times \rho_{SWIR_S} + 2 \quad (3)$$

d) Burned Area Index Sentinel-2 (BAIS2)

Identifikasi area terbakar yang dikembangkan dari Sentinel-2 menggunakan indeks BAIS2 [3], [13]. Pembangunan indeks ini memanfaatkan variasi rentang spektral red-edge yang ada pada citra Sentinel-2. Berdasarkan studi tersebut, indeks ini lebih baik mendeteksi area terbakar dibandingkan NBR di Italia tahun 2017. Persamaan indeks ini yaitu:

$$BIAS2 = \left(1 - \sqrt{\frac{\rho_6 \times \rho_7 \times \rho_{8A}}{\rho_4}}\right) \times \left(\frac{\rho_{12} \times \rho_{8A}}{\sqrt{\rho_{12} + \rho_{8A}}} + 1\right) \quad (4)$$

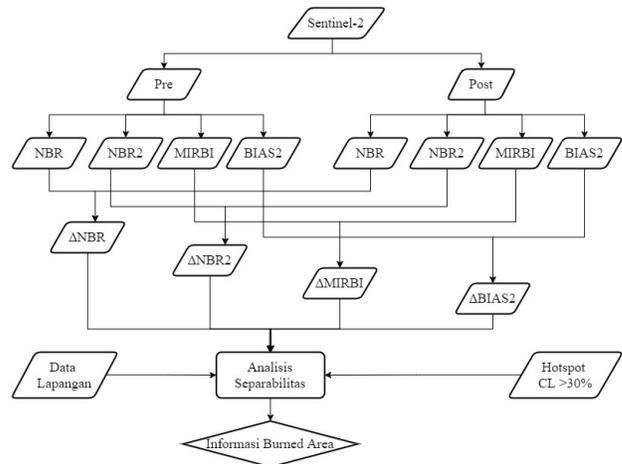
Keseluruhan indeks dihitung sebelum dan sesudah kebakaran serta dihitung delta indeksnya.

e) Separability Index (SI) atau Indeks Separabilitas

Indeks separabilitas digunakan untuk menganalisis sensitivitas spektral dari masing-masing indeks [3].

$$SI = \frac{|\mu_b - \mu_{ub}|}{\sigma_b + \sigma_{ub}} \quad (5)$$

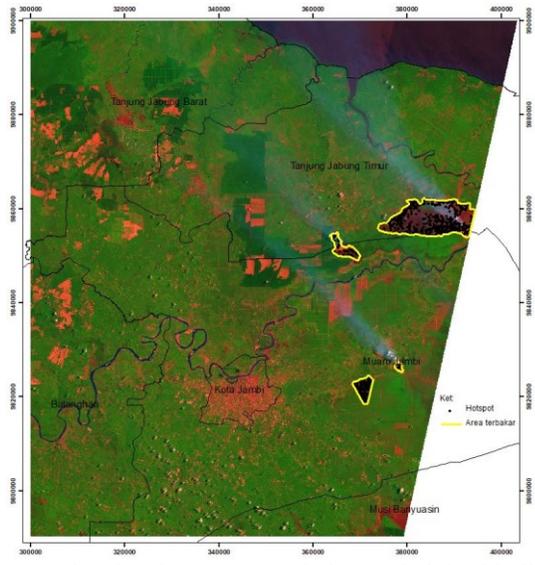
dimana  $\mu_b$  merupakan rata-rata sampel area terbakar,  $\mu_{ub}$  merupakan rata-rata sampel area tidak terbakar, sementara  $\sigma$  adalah standar deviasinya. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada **Gamb(2)** dibawah ini.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

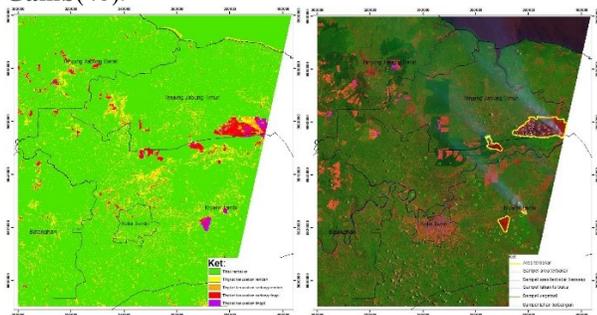
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Area terbakar untuk validasi dan pengambilan sampel objek diperoleh dari koordinat hotspot, data lapangan dan interpretasi visual citra sebelum dan sesudah kebakaran dapat dilihat pada **Gamb(3)**. Pada gambar tersebut sebaran area terbakar di Kabupaten Tanjung Jabung Timur dan Muaro Jambi pada rentang waktu 1 Mei – 8 September 2019. Pada area terbakar tersebut terdapat 808 hotspot tanggal 27 Juli – 8 September 2019 (43 hari). Di Tanjung Jabung Timur ada 377 titik dan di Muaro Jambi terdapat 431 titik. Dapat dilihat dari citra setelah kebakaran tanggal 8 September 2019 masih terlihat asap kebakaran, dari 377 titik ada 14 titik dengan tanggal 8 September oleh karena itu masih ada asap terlihat karena kebakaran masih berlangsung. Rentang waktu 43 hari menjadikan variasi area terbakar yang terdeteksi, ada yang baru terbakar da nada pula yang sudah lama terbakar. Pada penelitian ini dibedakan dua jenis area terbakar yaitu (a) area terbakar berasap dan (b) area terbakar karena objek asap yang dianggap akan mempengaruhi nilai indeks area terbakar.



Gambar 3 Sebaran area terbakar pada lokasi kajian

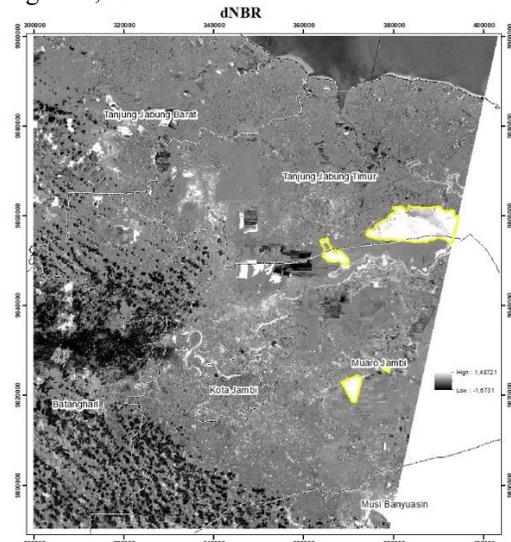
Selain area terbakar, diambil pula sampel bukan area terbakar dengan metode stratified random sampling. Sampel bukan area terbakar dibedakan menjadi lahan terbuka, vegetasi, dan lahan terbangun. Lahan terbuka seringkali teridentifikasi sebagai area terbakar karena memiliki pantulan spektral yang mirip sebelum dan sesudah kebakaran. Dapat dilihat pada **Gamb(4a)** merupakan klasifikasi indeks dNBR berdasarkan USGS terdapat kelas merah di Tanjung Jabung Barat padahal bukan merupakan area terbakar jika diidentifikasi dari citra TCI sebelum dan sesudah. Objek ini merupakan lahan terbuka hasil pembukaan lahan secara manual di area perkebunan yang dilihat dari pola pematang dan tidak ada hotspot. Maka diambil sampel lahan terbuka di area tersebut. Sebaran sampel objek lainnya dapat dilihat pada **Gamb(4b)**.



Gambar 4 (a) Klasifikasi dNBR dan (b) Sebaran sampel objek area terbakar dan bukan area terbakar

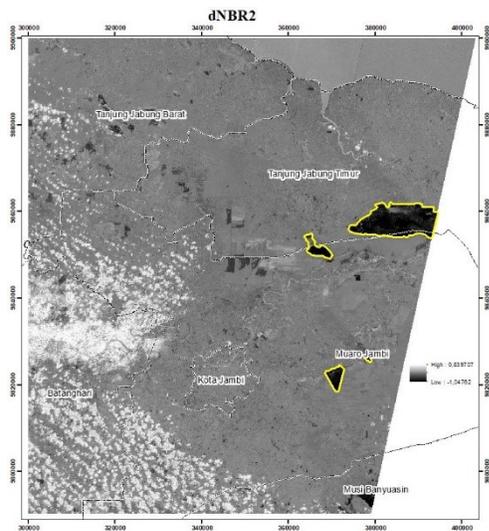
Hasil perhitungan indeks dNBR menunjukkan rentang nilai dari 1,4 hingga -1,6 yang dapat dilihat pada **Gamb(5)**. Untuk area terbakar memiliki rona cerah dengan rata-rata nilai 0,7 sebelum dan menurun drastis

setelah kebakaran menjadi 0,04. Rata-rata nilai dNBR area terbakar 0,6 sementara area terbakar berasap lebih rendah yaitu 0,5. Lahan terbuka memiliki nilai indeks yang mirip dengan area terbakar yaitu 0,6 sebelum, 0,09 sesudah dan 0,51 selisihnya. Hal ini disebabkan pantulan objek devegetasi dan area terbakar pada kanal NIR dan SWIR mirip. Untuk objek lainnya memiliki nilai dNBR yang signifikan dari area terbakar yaitu vegetasi 0,006 dan lahan terbangun -0,06.

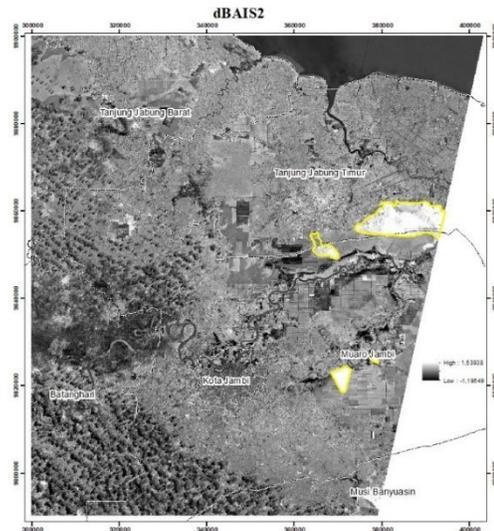


Gambar 5 Citra dNBR

Hasil pemrosesan indeks dNBR2 yang dapat dilihat pada **Gamb(6)** menunjukkan area terbakar memiliki indeks rendah. Berdasarkan pengolahan nilai dNBR rata-rata area terbakar 0,3 dimana sebelum 0,42 dan sesudah 0,12. Area terbakar berasap memiliki nilai selisih yang mirip yaitu 0,3. Indeks ini memiliki nilai rata-rata lahan terbuka yang masih sulit dibedakan dengan area terbakar yaitu 0,15. Sementara objek lain vegetasi dan lahan terbangun memiliki nilai rendah yaitu 0,02 dan 0,04.

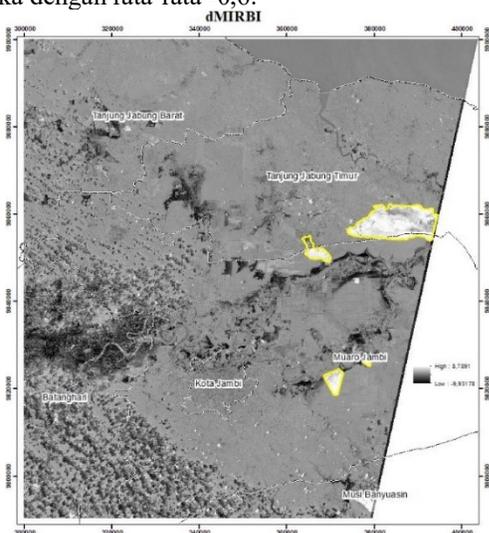


Gambar 6 Citra dNBR2



Gambar 8 Citra dBAIS2

Citra indeks dMIRBI dapat dilihat pada Gambar(7). Indeks ini menampilkan area terbakar dengan rona cerah dengan nilai rata-rata 0,5 untuk area terbakar dan 0,7 untuk area terbakar berasap. Lahan terbuka dan area terbakar memiliki perbedaan nilai yang signifikan, dimana lahan terbuka dengan rata-rata -0,6.



Gambar 7 Citra dMIRBI

Area terbakar yang dekstraksi dari indeks BAIS2 memiliki nilai rata-rata 0,92 sementara yang berasap nilainya lebih rendah yaitu 0,76. Pada indeks ini lahan terbuka memiliki nilai lebih rendah yaitu 0,68 tidak jauh perbedaannya dengan area terbakar. Objek vegetasi memiliki nilai rata-rata 0,24 sementara lahan terbangun 0,01. Sebaran spasial indeks BAIS2 dapat dilihat pada Gambar(8) dibawah ini.

Berdasarkan perhitungan indeks separabilitas, setiap indeks memiliki kemampuan yang khas untuk mengidentifikasi dan membedakan objek. Tab(2) menunjukkan bahwa indeks MIRBI paling baik membedakan area terbakar baik yang berasap maupun tidak dengan lahan terbuka. Namun untuk membedakan objek lainnya indeks lain lebih baik. Indeks NBR dapat membedakan dengan baik antara area terbakar dengan vegetasi dan lahan terbangun. Sementara indeks NBR2 dengan baik membedakan area terbakar berasap dengan vegetasi dan lahan terbangun. Pada kasus area ini dengan kesulitan membedakan area terbakar dan lahan terbangun maka indeks MIRBI dikatakan paling sesuai diterapkan untuk lokasi kajian atau wilayah lain dengan karakteristik area terbakar dan vegetasi yang mirip.

Tabel 2. Indeks separabilitas objek area terbakar dan bukan area terbakar berdasarkan indeks area terbakar

Indeks Separabilitas	NBR	NBR2	MIRBI	BAIS2
Area terbakar vs lahan terbuka	0,43	1,33	<b>2,07</b>	1,47
Area terbakar vs vegetasi	<b>3,26</b>	3,00	1,25	1,89
Area terbakar vs lahan terbangun	<b>3,44</b>	3,38	1,55	2,74
Area terbakar berasap vs lahan terbuka	0,18	1,44	<b>1,87</b>	1,01
Area terbakar berasap vs vegetasi	2,37	<b>2,99</b>	1,23	1,49
Area terbakar berasap vs lahan terbangun	2,57	<b>3,34</b>	1,45	2,36

#### IV. KESIMPULAN

Indeks MIRBI paling sesuai membedakan area terbakar dengan lahan terbuka dengan nilai separabilitas 2,07 dan 1,87. Indeks NBR dapat membedakan dengan baik antara area terbakar dengan vegetasi (3,26) dan lahan terbangun (3,44). Sementara indeks NBR2 baik membedakan area terbakar berasap dengan objek vegetasi (2,99) dan lahan terbangun (3,34).

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. M. Rokhis Komaruddin sebagai Kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN dan Dr. Indah Prasasti sebagai *leader* SDG's Kebencanaan yang telah mendukung penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Chuvieco, M. P. Martin, and A. Palacios, "Assessment of different spectral indices in the red – near-infrared spectral domain for burned land discrimination," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 23, no. 23, pp. 5103–5110, 2002.
- [2] S. Trigg and S. Flasse, "An evaluation of different bi-spectral spaces for discriminating burned shrub-savannah," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 22, no. 13, pp. 2641–2647, 2001.
- [3] F. Filipponi, "BAIS2: Burned Area Index for Sentinel-2 †," 2018.
- [4] C. H. Key and N. C. Benson, "The Normalized Burn Ratio (NBR): A Landsat TM radiometric measure of burn severity," *United States Geol. Surv. North. Rocky Mt. Sci. Center.(Bozeman, MT)*, 1999.
- [5] M. J. L. García and V. Caselles, "Mapping burns and natural reforestation using thematic Mapper data," *Geocarto Int.*, vol. 6, no. 1, pp. 31–37, Mar. 1991.
- [6] S. Harris, S. Veraverbeke, and S. Hook, "Evaluating Spectral Indices for Assessing Fire Severity in Chaparral Ecosystems ( Southern California ) Using," pp. 2403–2419, 2011.
- [7] L. Vlassova, F. Pé, M. R. Mimbbrero, R. M. Lloveria, and G.-M. Alberto, "Analysis of the Relationship between Land Surface Temperature and Wildfire Severity in a Series of Landsat Images," *Remote Sens.*, vol. 6, pp. 6136–6162, 2014.
- [8] Z. A. Holden, A. M. S. Smith, P. Morgan, M. G. Rollins, and P. E. Gessler, "Evaluation of novel thermally enhanced spectral indices for mapping fire perimeters and comparisons with fire atlas data," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 26, no. 21, pp. 4801–4808, Nov. 2005.
- [9] S. W. A *et al.*, "Estimating the area burned by agricultural fires from Landsat 8 Data using the Vegetation Difference Index and Burn Scar Index," *Int. J. Wildl. Fire*, pp. 217–227, 2018.
- [10] D. P. Roy, H. Huang, L. Boschetti, L. Giglio, L. Yan, and H. H. Zhang, "Remote Sensing of Environment Landsat-8 and Sentinel-2 burned area mapping - A combined sensor multi-temporal change detection approach," *Remote Sens. Environ.*, vol. 231, no. June, p. 111254, 2019.
- [11] LAPAN, *Pedoman Pemanfaatan Data LANDSAT-8 untuk Deteksi Daerah Terbakar (Burned Area)*, no. September 2014. 2015.
- [12] Suwarsono, Rokhmatuloh, and T. Waryono, "Pengembangan model identifikasi daerah bekas kebakaran hutan dan lahan (burned area) menggunakan citra MODIS di Kalimantan," *J. Penginderaan Jauh*, vol. 10, no. 2, pp. 93–112, 2013.
- [13] F. Filipponi, "Exploitation of Sentinel-2 Time Series to Map Burned Areas at the National Level: A Case Study on the 2017 Italy Wildfires," 2019.
- [14] E. Roteta, A. Bastarrika, M. Padilla, T. Storm, and E. Chuvieco, "Development of a Sentinel-2 burned area algorithm: Generation of a small fire database for sub-Saharan Africa," *Remote Sens. Environ.*, vol. 222, no. September 2017, pp. 1–17, 2019.
- [15] U. Handbook, "SENTINEL-2 User Handbook Sentinel-2 User Handbook SENTINEL-2 User Handbook," no. 1, pp. 1–64, 2015.
- [16] LAPAN, *Informasi Titik Panas (hotspot) Kebakaran Hutan/Lahan*, 1st ed. Jakarta: Deputi Bidang Penginderaan Jauh LAPAN, 2016.