

PENILAIAN KERENTANAN KEBAKARAN MENGGUNAKAN METODE FREQUENCY RATIO

Studi Kasus: Kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru

*(The Assessment of Fire Vulnerability using Frequency Ratio Methods,
Case Study: Bromo Tengger Semeru National Park Area)*

Rida Hifza Rosida¹, Gusfan Halik¹, Bowo Eko Cahyo²

¹Magister Teknik Sipil Universitas Jember

²Prodi Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember

Jl. Kalimantan 37 Jember

Email: gusfan.teknik@unej.ac.id

Diterima: 31 Maret 2022; Direvisi: 11 Oktober 2022; Disetujui untuk Dipublikasikan: 07 November 2022

ABSTRAK

Kebakaran hutan dan lahan merupakan salah satu bencana yang memiliki dampak sangat merugikan. Dampak tersebut seperti rusaknya ekosistem sekaligus musnahnya flora dan fauna yang tumbuh dan hidup di hutan. Penyebab terjadinya kebakaran dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya musim kemarau yang panjang dan kelalaian manusia. Penyusunan rencana rehabilitasi pasca kebakaran pada wilayah yang luas membutuhkan data area terbakar yang sudah terklasifikasi tingkat kerentanannya. Tujuan dari penelitian ini adalah menilai tingkat kerentanan dan tingkat keandalan model klasifikasi kerentanan kebakaran menggunakan metode *Frequency Ratio* (FR) yang divalidasi dengan sebaran *hotspot* di Kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS). Adapun data yang digunakan dalam metode FR merupakan data raster yang dihitung berdasarkan perbandingan jumlah piksel area terbakar dengan luas seluruh kawasan TNBTS untuk menghasilkan *Predictor Rate* (bobot) di masing-masing kelas sesuai parameter. Pada penelitian ini terdapat 7 parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kerentanan kebakaran hutan dan lahan, yaitu suhu permukaan tanah, tutupan lahan, curah hujan, elevasi, jenis tanah, kemiringan dan arah lereng. Peta kerentanan yang dihasilkan, divalidasi menggunakan data sebaran *hotspot* dan diperoleh hasil bahwa area penelitian memiliki kelas kerentanan tinggi sebesar 51,16% dan kelas kerentanan sedang sebesar 48,84%. Hal ini mengindikasikan bahwa kebakaran berpotensi terjadi pada daerah dengan klasifikasi kerentanan sedang sampai tinggi. Area dengan klasifikasi kerentanan sangat tinggi tidak terdeteksi titik *hotspot* karena area ini berada pada daerah padang pasir.

Kata kunci: Bromo, *frequency ratio*, *hotspot*, Semeru, Tengger

ABSTRACT

Forest and land fires are one of disasters that have a very detrimental impact. It has an impact on the destruction of ecosystems as well as the destruction of flora and fauna that grow and live in the forest. The causes of fire are influenced by several factors including a long dry season and human negligences. The preparation of post-fire rehabilitation plans in large areas requires data on burned areas that have been classified on their level of fire vulnerability. The purpose of this study was to assess the level of vulnerability and reliability of fire vulnerability classification model using the Frequency Ratio (FR) method validated by using hotspot distribution data in the Bromo Tengger Semeru National Park (TNBTS) area. The data used in the FR method was raster data calculated based on the comparison between the number of pixels of the burned area and the total area of the TNBTS to produce a Predictor Rate (weight) in each class according to the parameters. In this study, there were 7 parameters used to determine the level of vulnerability of forest and land fires, namely soil surface temperature, land cover, rainfall, elevation, soil type, slope, and slope direction. The resulting vulnerability map was validated by hotspot distribution data and the result was that the study area had a high vulnerability class of 51.16% and a medium vulnerability class of 48.84%. This indicates that fires have the potential to occur in areas with a moderate to high vulnerability classification. The area classified as very high vulnerability class was not detected as hotspot because the area was in a desert area.

Keyword: Bromo, *frequency ratio*, *hotspot*, Semeru, Tengger

PENDAHULUAN

Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) merupakan salah satu kawasan yang beberapa kali pernah mengalami kebakaran skala besar baik hutan maupun savananya. Beberapa titik api tersebar di berbagai lokasi dengan luas area terbakar tidak selalu sama pada setiap tahunnya. Pada tahun 2018 terjadi kebakaran pada savana di Kawasan TNBTS yang meliputi tiga kabupaten yaitu Kabupaten Lumajang, Probolinggo dan Malang seluas 65 ha (Hartik, 2018). Kejadian tersebut memberi dampak besar berupa kerugian ekonomi, merusak lingkungan dan lainnya.

Dampak besar dari kebakaran hutan dan lahan (karhutla) mendorong berbagai pihak untuk melakukan upaya dan strategi dalam meminimalkan dampak negatif yang ditimbulkannya. Strategi yang dapat dilakukan untuk meminimalisir karhutla adalah dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh di bidang kehutanan (Pambudi et al., 2018). Strategi yang digunakan dalam teknologi penginderaan jauh yaitu penggunaan data satelit dalam deteksi titik panas (*hotspot*) (Indradjad et al., 2019), sehingga karhutla tersebut lebih cepat diketahui dan selanjutnya dapat segera dilakukan langkah pencegahan.

Data lokasi titik panas (*hotspot*) dan luas area kebakaran yang didapat akan menjadi sumber data untuk mengetahui tingkat kerentanan kebakaran di kawasan TNBTS. Menurut Adger *dalam* Jadmiko, (2016) bahwa tingkat kerentanan dari suatu sistem ditentukan oleh indikator penentu kerentanan yang mewakili penyebab suatu kejadian. Penentuan kerentanan dilakukan berdasarkan analisis data spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Viviyanti et al., 2019).

Menurut (Halik et al., 2022) dampak perubahan iklim di Jawa Timur pada berbagai skenario perubahan iklim *Fifth Assessment Report - Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC-AR5) menunjukkan terjadinya kenaikan temperatur global. Kondisi ini akan menyebabkan terjadinya peningkatan bencana kekeringan dan kenaikan temperatur ini juga akan berdampak pada kenaikan potensi karhutla. Berdasarkan permasalahan di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang karhutla dengan tujuan untuk menilai dan memetakan tingkat kerentanan karhutla di Kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS).

METODE

Lokasi penelitian berada di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) Jawa Timur, yang terletak di beberapa wilayah administratif yaitu Kabupaten Lumajang, Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Pasuruan dan Kabupaten Malang. Kawasan TNBTS mempunyai luas wilayah 50.276,3

ha, terletak pada koordinat 7°51'-8°11' LS dan 112°47'-113°10' BT. Di kawasan ini terdapat kaldera lautan pasir yang luasnya ± 6.290 ha (TNBTS, 2022).

Pengumpulan berbagai macam sumber bahan untuk pengolahan data didapat dengan cara mengunduh melalui situs resmi serta permintaan data kepada Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (Bappeda) untuk data RTRW Kabupaten Lumajang, Probolinggo, Pasuruan dan Malang, *Climate Hazard Center* (CHS) untuk data curah hujan (CHS, 2022), DEMNAS untuk data DEM Nasional (BIG, 2018), United States Geological Survey (USGS) untuk citra Landsat 8 OLI/TIRS (USGS, 2018), Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Kementerian Pertanian untuk Peta Jenis Tanah (BBSDLP, 2022) dan data numerik koordinat *hotspot* dikumpulkan di instansi Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger (BBTNBTS).

Data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada **Tabel 1**. Sebagian data tersebut merupakan data vektor yang harus dikonversi ke dalam format raster dengan resolusi 30 m (Tarigan et al., 2015). Data parameter berupa data spasial layer *grid* dan layer *vector* sesuai dengan klasifikasinya (Heriyanto et al., 2014) disajikan pada **Gambar 1**. Metode FR (*Frequency Ratio*) merupakan perhitungan terhadap kelas piksel dari setiap parameter kerentanan kebakaran. Adapun persamaan perhitungan *Frequency Ratio* seperti **Persamaan (1)** (Seniarwan et al., 2018).

$$FR = \frac{LA_i/LD_i}{\sum LA_i/\sum LD_i} \dots\dots\dots(1)$$

- dimana:
- FR = *Frequency Ratio*
- LA_i = jumlah piksel luas area terbakar pada kelas variabel ke-i
- LD_i = jumlah piksel luas daerah pada kelas variabel ke-i
- ∑LA_i = total keseluruhan jumlah piksel luas area terbakar pada kelas variabel ke-i
- ∑LD_i = total keseluruhan jumlah piksel luas daerah pada kelas variabel ke-i

Proses selanjutnya adalah menentukan bobot (*predictor rate/PR*) pada masing-masing variabel dari metode FR berdasarkan nilai *Relatif Frequency* (RF) masing-masing variabel dengan menggunakan **Persamaan (2)** (Althuwaynee et al., 2014). Sedangkan perhitungan bobot digunakan **Persamaan (3)**.

$$RF = \frac{FR_i}{\sum FR_i} \dots\dots\dots(2)$$

- dimana:
- RF = nilai *Relatif Frequency*
- FR_i = *Frequency Ratio* variabel ke-i
- ∑FR_i = Total keseluruhan dari FR_i

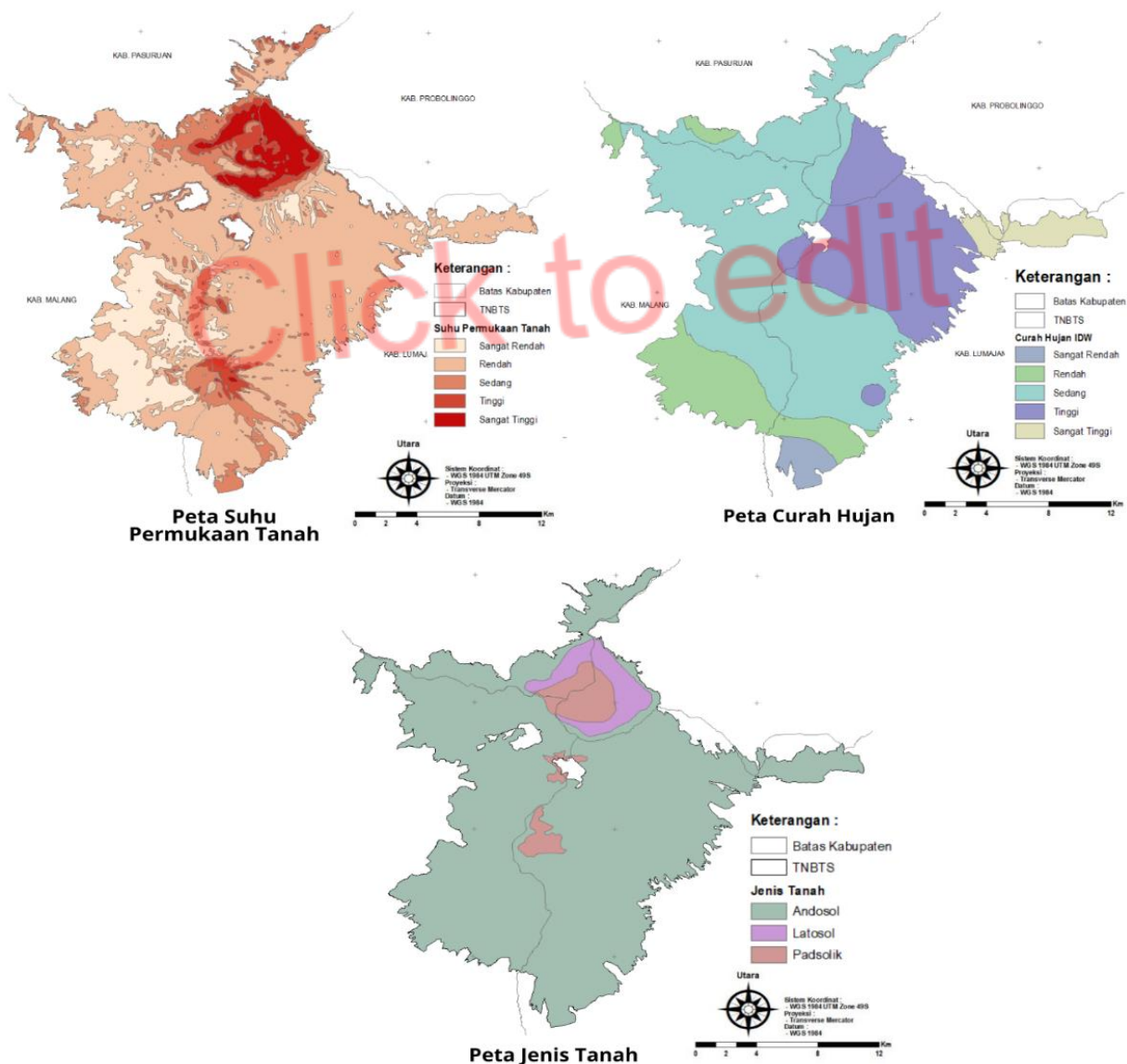
$$PR = \frac{RF_{max} - RF_{min}}{\min(RF_{max} - RF_{min})} \dots\dots\dots (3)$$

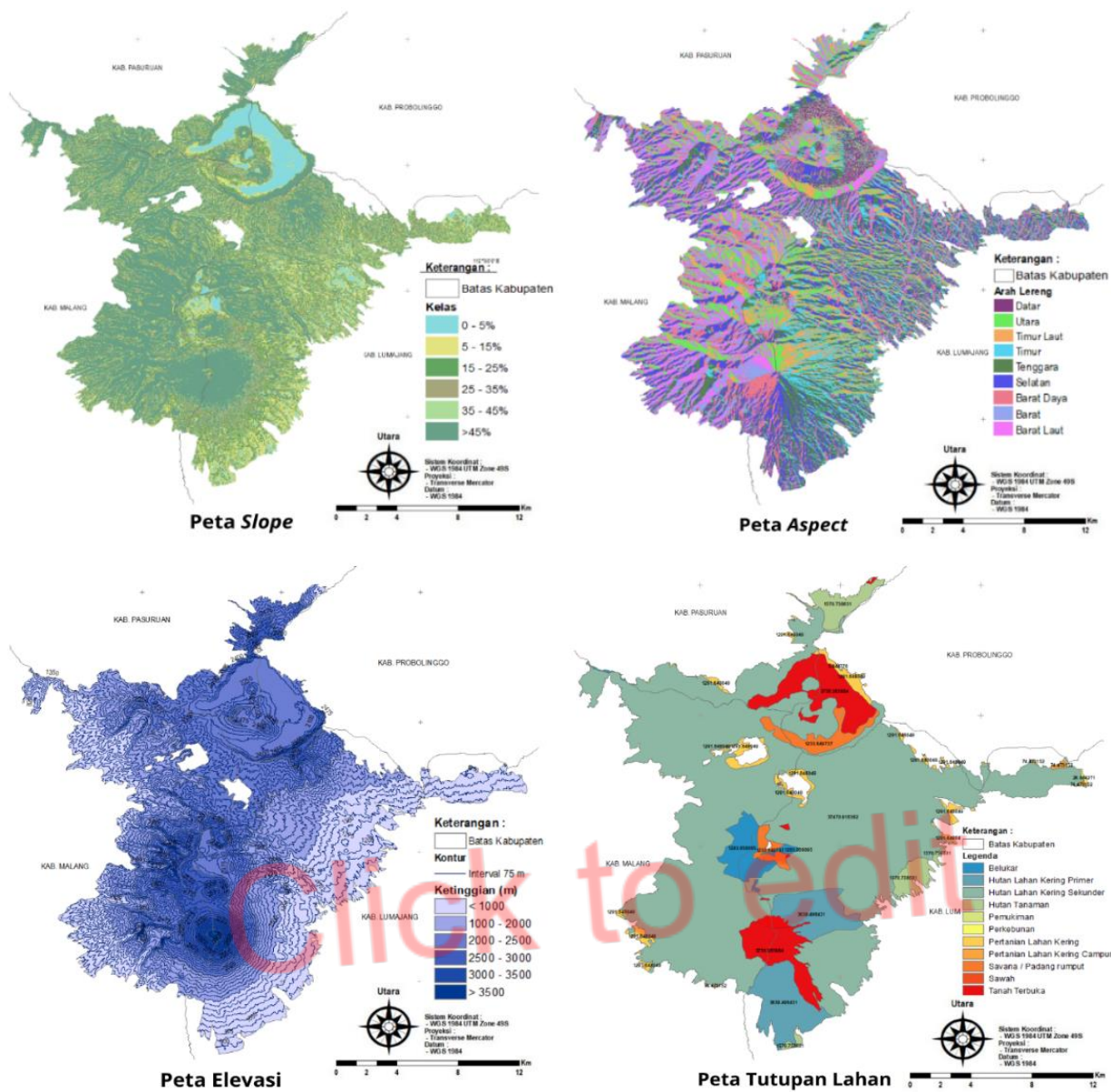
RF_{max} = nilai maksimum dari RF
 RF_{min} = nilai minimum dari RF
 Min (RF_{max}-RF_{min}) = nilai minimum dari keseluruhan RF di semua parameter

dimana:
 PR = bobot

Tabel 1. Data dan sumber data dalam penelitian kerentanan kebakaran hutan dan lahan di Kawasan TNBTS.

Faktor	Jenis Data	Sumber
Batas kabupaten	Peta administrasi provinsi skala 1: 50.000	RTRW Kab. Lumajang, Probolinggo, Pasuruan dan Malang
Tutupan lahan	Peta kawasan hutan	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)
Curah hujan	Data CHIRPS	Climate Hazard Center (CHS)
Suhu	Citra Landsat OLI 8 TIRS	United States Geological Survey (USGS)
Elevasi		
Kelerengn (<i>slope</i>)	Data DEM	DEM Nasional (DEMNAS)
Arah Lereng (<i>aspect</i>)		
Jenis tanah	Peta jenis tanah	Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP)
Hotspot	Koordinat <i>hotspot</i>	Balai Besar TNBTS





Gambar 1. Berbagai peta sebagai parameter dalam penelitian kerentanan kebakaran hutan dan lahan di kawasan TNBTS.

Penelitian ini menghasilkan data berupa grafik dan angka, sesuai hasil pengolahan dan analisis data (Adam et al., 2019). Setiap kelas masing-masing parameter mempunyai pengaruh signifikan terhadap kerentanan kebakaran hutan dan lahan. Nilai *Frequency Ratio* yang dihasilkan akan mempengaruhi tingkatan masing-masing kelas parameter kerentanan hutan (Fadilah et al., 2019). Selanjutnya adalah proses *overlay* atau tumpang susun, akan tetapi sebelum melakukan proses *overlay* data raster diubah terlebih dahulu menjadi data vektor karena proses *overlay* hanya menggunakan data vektor untuk menghasilkan peta kerentanan kebakaran. Hasil klasifikasi kerentanan hutan dan lahan dikategorikan menjadi 4 kelas sesuai dengan metode *Natural Break* (Handini et al.,

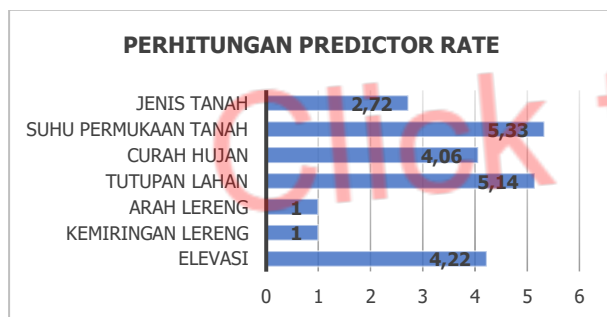
2021) yaitu kerentanan rendah, kerentanan sedang, kerentanan tinggi dan kerentanan sangat tinggi.

Titik *hotspot* seringkali dijadikan sebagai acuan utama dalam mengetahui suatu lokasi yang rawan akan terjadinya kebakaran (Putra et al., 2018). Untuk itu peta kerentanan yang dihasilkan perlu divalidasi dengan *hotspot*. Validasi model dilakukan untuk mengetahui kelayakan pada hasil analisis yang dilakukan, yaitu dengan *overlay spatial join* dan persentase jumlah *hotspot* yang tersebar pada kelas kerentanan (Jarianto et al., 2017) atau tumpang susun peta yang dihasilkan dengan titik *hotspot* kebakaran pada TNBTS. Hasil akhir dari penelitian ini berupa peta kerentanan kebakaran yang tervalidasi dengan *hotspot*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan FR yang telah diolah akan menghasilkan bobot pada masing-masing kelas di setiap parameter. Hasil perhitungan bobot (PR) terdapat pada **Tabel 2**. Pada **Gambar 2**, terlihat bahwa hasil bobot (PR) menunjukkan bobot terbesar dengan nilai 5,33 pada parameter suhu permukaan tanah. Sedangkan bobot terendah dengan nilai 1 terdapat 2 parameter yaitu arah lereng dan kemiringan lereng. Nilai tertinggi adalah nilai dengan tingkat probabilitas yang sangat berpengaruh, dimana tingkatan pengaruh dapat dilihat dari hasil nilai yang didapat pada bobot masing-masing parameter.

Terjadinya kebakaran pada lokasi penelitian berada pada suhu permukaan tanah antara 35-50°C. Kelas tutupan lahan area padang rumput/savana merupakan area tertinggi terjadinya kebakaran dalam penelitian ini. Selanjutnya, dapat diketahui bahwa curah hujan pada lokasi penelitian tergolong rendah. Untuk elevasi kebakaran terjadi pada ketinggian 2.000-2.500 m dengan jenis tanah andosol dan podsolik. Arah lereng didominasi arah tenggara, serta kemiringan lereng pada nilai 35-45% dapat dikelaskan sangat curam dan terjal.



Gambar 2. Hasil perhitungan *predictor rate*.

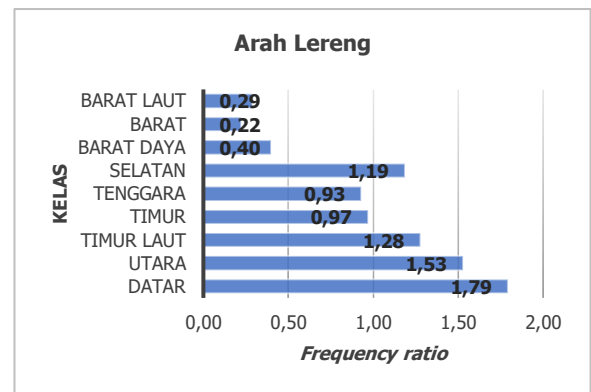
Elevasi

Data elevasi didapat dari hasil pengolahan data DEM yang berbentuk kontur dengan interval 75 m. Elevasi Kawasan TNBTS dari hasil pengolahan data di atas 825 m permukaan laut hal ini dikarenakan wilayahnya merupakan gunung dan hutan. Pada **Tabel 3**, dapat diketahui bahwa elevasi dengan nilai FR tertinggi (0,77) terjadi pada ketinggian 2.000-2.500 m pada peringkat kedua (0,23) pada ketinggian 2.500-3.000 m.

Tabel 3. Akumulasi elevasi.

Kelas	Luas (ha)	FR
<1.000	16.374,49	0,00
1.000-2.000	13.280,68	0,00
2.000-2.500	16.383,82	0,77
2.500-3.000	3.763,15	0,23
3.000-3.500	491,02	0,00
>3.500	76,11	0,00

Arah Lereng (*Aspect*)

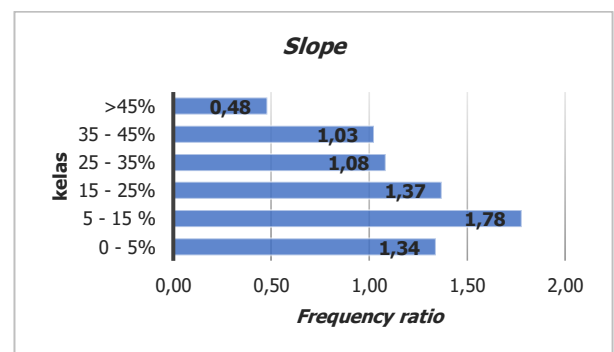


Gambar 3. Grafik kumulatif *aspect*.

Data parameter arah lereng ini bertujuan untuk mencari arah lereng yang berpengaruh terhadap terjadinya kebakaran. Berdasarkan hasil dari pengelolaan data DEM, diklasifikasikan menjadi 9 kelas. Pada **Gambar 3**, dapat diketahui bahwa pada faktor arah lereng, kelas datar mempunyai *Frequency Ratio* paling tinggi diantara kelas yang lain yaitu sebesar 1,79. Hal ini disebabkan karena topografi di kawasan TNBTS adalah dataran tinggi pada sebelah timur, kemudian terdapat dataran rendah berupa lautan pasir, savana dan danau pada sebelah utara. Oleh karena itu, arah lereng yang terbentuk didominasi arah utara yang menghadap ke dataran rendah.

Kelerengan (*Slope*)

Hasil perhitungan FR ditunjukkan oleh **Gambar 4**, dimana faktor kemiringan lereng pada hampir semua kelas menunjukkan rasio di atas 1 yang artinya tingkat terjadinya kebakaran tinggi, kecuali pada kelas kemiringan >45% memiliki rasio 0,48 atau tidak terjadi kebakaran. Kemiringan >45% di Kawasan TNBTS disebabkan pada kemiringan tersebut didominasi oleh pasir yang berada pada lereng kawah dari Gunung Semeru, sehingga tidak ada tutupan lahan atau vegetasi yang memicu terjadinya kebakaran.



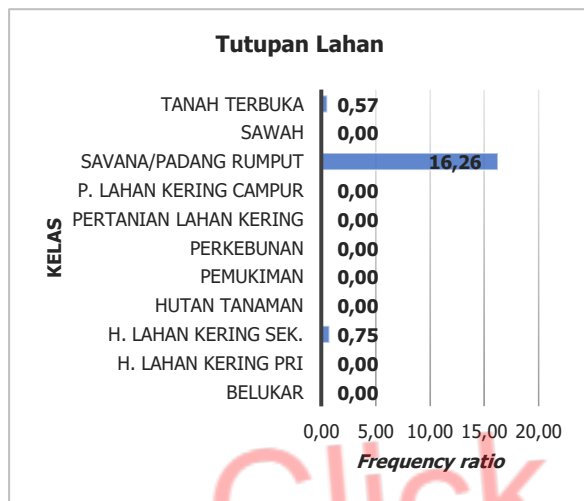
Gambar 4. Grafik kumulatif *slope*.

Tabel 2. Perhitungan bobot (PR) pada kelas parameter dengan metode FR.

Faktor/ Parameter	Kelas	Piksel Area Kebakaran	% Area Kebakaran	Piksel TNBTS	% TNBTS	FR	RF	Max RF	Min RF	(Max -Min)	PR	
a	b	c	d = (c/Σc)	e	f = (e/Σe)/100	g = [(c/e)/(Σc/Σe)]	h = g/Σg	i = h _{max}	j = h _{min}	k = i-j	l = k/K _{norm}	
Kemiringan Lereng	<1000	0,000	0,00	9022	0,00	0,00	0,00					
	1000 - 2000	0,000	0,00	288472500	58,21	0,00	0,00					
	2000 - 2500	8514	93,74	163818000	33,05	2,84	0,77	0,77	0,00	0,77	4,22	
	2500 - 3000	569	6,26	37629000	7,59	0,83	0,23	0,00	0,00	0,23		
	3000 - 3500	0,000	0,00	4901400	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
>3500	0,000	0,00	767700	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00			
	9083,000	9083,000	100	495597622	100	3,660843539	1					
Arah Lereng	0 - 5%	495	5,45	22377	4,06	1,34	0,19					
	5 - 15%	1721	18,95	58649	10,65	1,78	0,25					
	15 - 25%	2225	24,50	98395	17,87	1,37	0,19	0,25	0,07	0,18	1	
	25 - 35%	1689	18,60	94523	17,17	1,08	0,15	0,15	0,00			
	35 - 45%	1440	15,85	85124	15,46	1,03	0,14	0,14	0,00			
	>45%	1513	16,66	191548	34,79	0,48	0,07	0,07	0,00			
		9083,000	9083,000	100	550616,000	100	7,078164608	1				
		Datar	1231	13,55	41624,000	7,56	1,79	0,21				
		Utara	2393	26,35	94925,000	17,24	1,53	0,18				
		Timur Laut	1219	13,42	57832,000	10,50	1,28	0,15				
Tutupan Lahan	Timur	1007	11,09	62997,000	11,44	0,97	0,11	0,21	0,03	0,18	1	
	Tenggara	1067	11,75	69520,000	12,63	0,93	0,11					
	Selatan	1370	15,08	69959,000	12,71	1,19	0,14					
	Barat Daya	414	4,56	63119,000	11,46	0,40	0,05					
	Barat	167	1,84	45495,000	8,26	0,22	0,03					
	Barat Laut	215	2,37	45145,000	8,20	0,29	0,03					
		9083,000	9083,000	100	550616,000	100	8,594171179	1				
		Belukar	0,00	0,00	14254	2,55	0,00	0,00				
		H. Lahan Kering Pri	0,00	0,00	40454	7,23	0,00	0,00				
		H. Lahan Kering Sek.	5084	55,97	416343	74,42	0,75	0,04				
	Hutan Tanaman	0,00	0,00	17441	3,12	0,00	0,00					
	Perkebunan	0,00	0,00	63	0,01	0,00	0,00					
	Perkebunan	0,00	0,00	297	0,05	0,00	0,00					
	Pertanian Lahan Kering	0,00	0,00	14358	2,57	0,00	0,00	0,92	0,00	0,92	5,14	
	P. Lahan Kering	0,00	0,00	835	0,15	0,00	0,00					
	Campur	3614	39,79	13693	2,45	16,26	0,92					
	Savana/Padang	0,00	0,00	15	0,00	0,00	0,00					
	Rumput	0,00	0,00	41732	7,46	0,57	0,03					
	Sawah	385	4,24	559485,000	100	17,57773966	1					
	Tanah Terbuka	9083,000	100	559485,000	100	17,57773966	1					
Curah Hujan	Sangat Tinggi	0,00	0,00	11749	2,33	0,00	0,00					
	Tinggi	0,00	0,00	66839	13,27	0,00	0,00					
	Sedang	3844	42,32	270456	53,70	0,79	0,27	0,73	0,00	0,73	4,06	
	Rendah	5239	57,68	133932	26,59	2,17	0,73					
	Sangat Rendah	0,00	0,00	20713	4,11	0,00	0,00					
	9083,000	9083,000	100	503689,000	100	2,957358035	1					
Suhu Permukaan Tanah	0 - 20°	0,00	0,00	63332	11,32	0,00	0,00					
	20 - 25°	0,00	0,00	195054	34,85	0,00	0,00					
	25 - 30°	0,00	0,00	218977	39,13	0,00	0,00	0,96	0,00	0,96	5,33	
	30 - 35°	604	6,65	50845	9,09	0,73	0,04					
	35 - 50°	8479	93,35	31445	5,62	16,61	0,96					
	9083,000	9083,000	100	559653,000	100	17,34626411	1					
Jenis Tanah	Andosol	5699	62,74	506261,000	90,46	0,69	0,08					
	Latosol	1128	12,42	24207,000	4,33	2,87	0,34	0,57	0,08	0,49	2,72	
	Podsolik	2256	24,84	29184,000	5,21	4,76	0,57	1				
	9083,000	9083,000	100	559652,000	100	8,327789501	1					

Tutupan Lahan

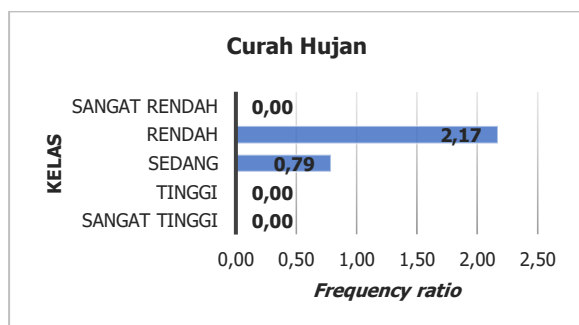
Tutupan lahan di Kawasan TNBTS diklasifikasikan menjadi 11 kelas (**Gambar 5**). Dapat diketahui bahwa pada parameter tutupan lahan, padang rumput/savana mempunyai *FR* paling tinggi di antara kelas lainnya, hal ini menunjukkan bahwa padang rumput/savana merupakan faktor penyebab kebakaran hutan dan lahan. Hal ini disebabkan karena pada area padang rumput merupakan area terbuka dan kering yang sering terpapar panas matahari, sehingga menjadi penyebab terbesar kebakaran hutan. Namun demikian Kawasan TNBTS didominasi oleh hutan lahan kering sekunder.



Gambar 5. Grafik kumulatif tutupan lahan.

Curah Hujan

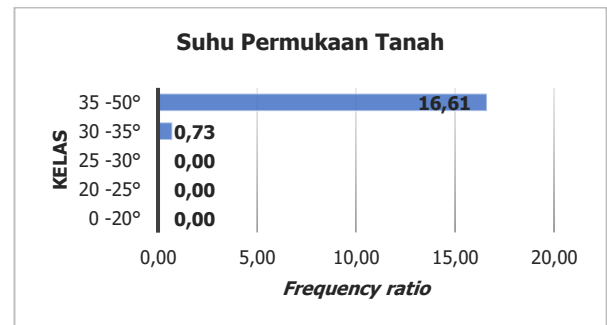
Salah satu faktor terjadinya kebakaran hutan dan lahan diakibatkan curah hujan yang sangat rendah dan berdampak pada kandungan air di kawasan hutan rendah sehingga vegetasi hutan mudah mengering memicu sebagai bahan bakar di kawasan tersebut. Berdasarkan pengolahan *FR* curah hujan pada Kawasan TNBTS cenderung pada kelas sedang dan rendah seperti pada **Gambar 6**. Hal ini mempengaruhi tingginya kebakaran pada Kawasan TNBTS, oleh sebab itu curah hujan merupakan salah satu parameter tertinggi yang berpengaruh terhadap kebakaran hutan.



Gambar 6. Grafik kumulatif curah hujan.

Suhu Permukaan Tanah

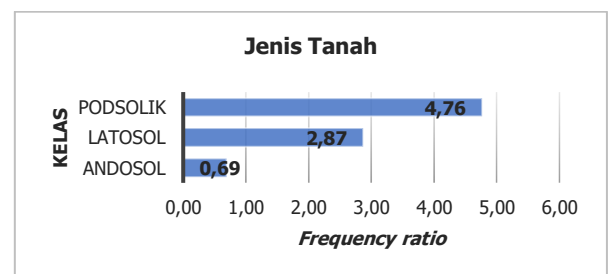
Salah satu faktor pemicu terjadinya kebakaran hutan adalah suhu. Suhu yang tinggi rentan terhadap terjadinya kebakaran hutan karena dapat meningkatkan laju pengeringan yang mempengaruhi lingkungan dan menjadi pemicu kebakaran hutan. Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa kebakaran terjadi pada musim kemarau dengan suhu permukaan tanah antara 35-50°C, sebagaimana ditampilkan pada **Gambar 7**. Suhu tersebut tergolong tinggi, sehingga proses kebakaran dengan mudah terjadi.



Gambar 7. Grafik kumulatif suhu permukaan tanah.

Jenis Tanah

Pada penelitian ini jenis tanah di Kawasan TNBTS diklasifikasikan menjadi tiga kelas, yaitu tanah andosol, latosol dan podsolik seperti pada **Gambar 8**. Kawasan tersebut didominasi jenis tanah andosol dengan karakteristik tanah tersebut tinggi kadar organik dan kadar airnya tinggi. Pada penelitian ini kebakaran terjadi pada jenis tanah latosol dan podsolik, dimana karakteristik kedua tanah tersebut kurang subur, sehingga rentan terjadi kebakaran. Hal ini disebabkan karena kurangnya kadar air di dalam tanah yang membuat suhu permukaan cepat panas dan dapat menyebabkan kebakaran pada vegetasi di atasnya.



Gambar 8. Grafik kumulatif jenis tanah.

Indeks Kerentanan Kebakaran

Persentase luas wilayah dengan kelas kerentanan kebakaran hutan dan lahan di Kawasan TNBTS dapat dilihat pada **Tabel 4**. Kelas kerentanan sedang berada pada persentase tertinggi yaitu 72,72% dengan luas lahan 36.623,01

ha dan kerentanan tinggi berada pada tingkat kedua sebesar 25,23% dengan luas 12.707,06 ha.

Tabel 4. Luas wilayah rentan kebakaran.

Kelas	Luas (ha)	Persentase (%)
Kerentanan rendah	594,36	1,18
Kerentanan sedang	36.623,01	72,72
Kerentanan tinggi	12.707,06	25,23
Kerentanan sangat tinggi	436,66	0,87

Gambar 9 merupakan peta klasifikasi kerentanan kebakaran hutan dan lahan di kawasan TNBTS, dimana pada peta tersebut didominasi oleh kerentanan sedang berwarna hijau dan kerentanan tinggi dengan warna oranye. Hasil peta kerentanan divalidasi dengan peta sebaran *hotspot* pada lokasi penelitian sehingga menghasilkan peta kerentanan kebakaran hutan dan lahan yang tervalidasi *hotspot*.

Hasil Uji Validasi dengan *Hotspot*

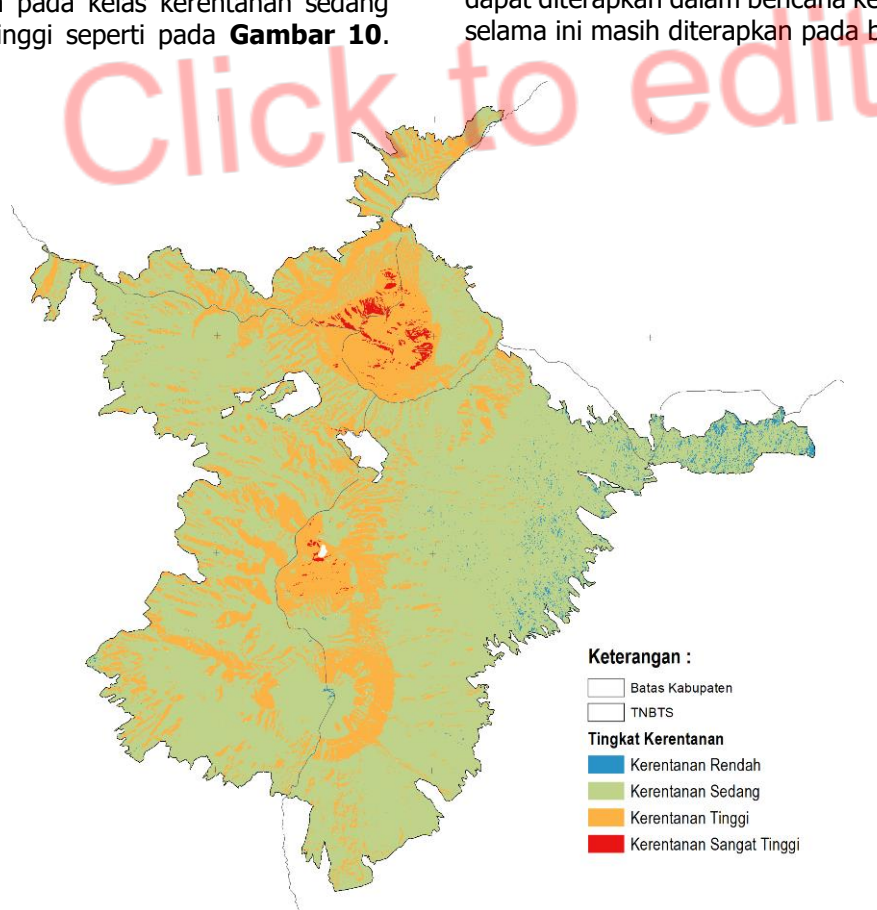
Hasil validasi menggunakan teknik *overlay spatial join* dan persentase jumlah *hotspot* yang tersebar pada kelas kerentanan dinyatakan akurat dan didapatkan hasil bahwa sebaran *hotspot* didominasi berada pada kelas kerentanan sedang dan kerentanan tinggi seperti pada **Gambar 10**.

Sebaran *hotspot* pada area kerentanan sangat tinggi tidak terdeteksi karena pada area tersebut merupakan padang pasir. Area padang pasir mempunyai suhu lebih panas dibandingkan area lainnya dan tidak terdapat vegetasi, sehingga tidak terjadi kebakaran pada area tersebut dibuktikan dengan tidak adanya *hotspots*. Berdasarkan kesesuaian peta kerentanan yang tervalidasi titik *hotspot* terdapat beberapa hasil terkait tingkat keandalan yang tersaji dalam **Tabel 5**. Kelas kerentanan tinggi sebesar 51,16% dan tingkat kerentanan sedang 48,84%. Hasil tersebut didapat dari perhitungan persentase jumlah *hotspot* pada kelas kerentanan kebakaran hutan dan lahan di Kawasan TNBTS.

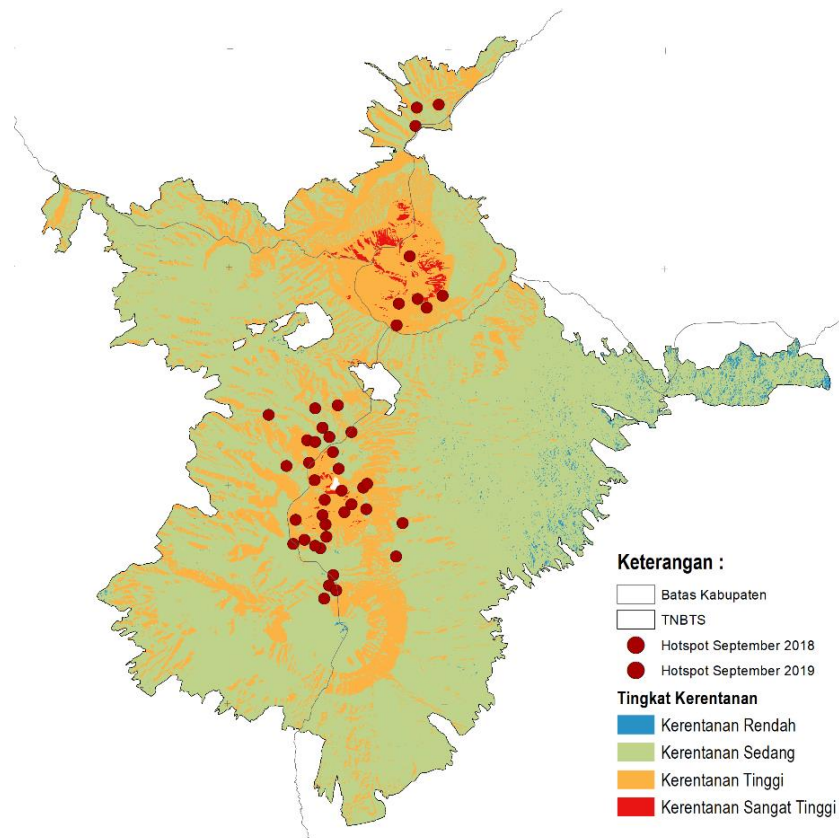
Tabel 5. Data persentase sebaran *hotspot*.

Kelas	Persentase
Kerentanan tinggi	51,16%
Kerentanan sedang	48,84%

Kelebihan dari metode ini adalah dengan mengadopsi beberapa parameter kerentanan dan menambahkan parameter lainnya yang menjadi faktor kerentanan kebakaran, maka metode ini dapat diterapkan dalam bencana kebakaran, karena selama ini masih diterapkan pada bencana longsor.



Gambar 9. Peta kerentanan kebakaran hutan dan lahan di TNBTS.



Gambar 10. Hasil akhir peta kerentanan kebakaran hutan tervalidasi *hotspot*.

KESIMPULAN

Pemetaan kerentanan kebakaran hutan dan lahan di Kawasan TNBTS dengan metode *Frequency Ratio* dipengaruhi oleh tujuh parameter dari beberapa parameter lainnya pada kerentanan kebakaran hutan. Adapun urutan parameter yang mempengaruhi kebakaran hutan dan lahan dari tertinggi ke terendah, yaitu suhu permukaan tanah, tutupan lahan, curah hujan, elevasi, jenis tanah, kelerengan, dan arah lereng. Suhu permukaan tanah merupakan parameter yang paling besar pengaruhnya terhadap kerentanan kebakaran. Berdasarkan peta kerentanan kebakaran didominasi oleh wilayah kerentanan sedang sebesar 72,72%, kemudian kelas kerentanan tinggi sebesar 25,23%, kelas kerentanan rendah sebesar 1,18 %. Dan kelas kerentanan sangat tinggi 0,87%.

Hasil dari validasi peta kerentanan menggunakan metode FR yang divalidasi dengan sebaran *hotspot* didapatkan hasil yang valid dengan kelas kerentanan tinggi sebesar 51,16% dan kelas kerentanan sedang sebesar 48,84%. Pada kelas kerentanan sangat tinggi tidak terdapat *hotspot* karena area tersebut merupakan padang pasir dan tidak ditumbuhi vegetasi, sehingga tidak mungkin terjadi kebakaran. Hal ini menunjukkan adanya keterbatasan model yang diterapkan. Oleh karena itu, disarankan dilakukan pengembangan penelitian dengan memasukkan variabel tutupan lahan dimana salah satu tutupan lahan tersebut terdapat klasifikasi lahan pasir yang dapat diberikan

nilai kerentanan 0, sehingga daerah berpasir yang bersuhu tinggi dan tidak ada vegetasi ini tidak akan terklasifikasi sebagai area kebakaran dengan kerentanan sangat tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada USGS sebagai penyedia Citra Landsat 8, *Climate Hazard Center* yang telah memberikan akses data curah hujan, BIG sebagai penyedia data DEMNAS, peta batas administrasi, BBSDLP penyedia peta jenis tanah dan Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru yang telah memfasilitasi penelitian ini serta dukungan berbagai data yang sangat bermanfaat untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, S.S., Rindarjono, M.G. & Karyanto, P. (2019). Sistem informasi geografi untuk zonasi kerentanan kebakaran di Kecamatan Malifut, Halmahera Utara. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 6(5), 559-566. DOI: <http://dx.doi.org/10.25126/jtiik.2019651674>.
- Althuwaynee, O.F., Pradhan, B., Park, H. & Hyun, J. (2014). A novel ensemble bivariate statistical evidential belief function with knowledge-based analytical hierarchy process and multivariate statistical logistic regression for landslide susceptibility mapping. *Catena*, 114 (March 2014), 21-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.10.011>.
- BBSDLP (Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian). (2022). *Info Peta Tanah*. Diakses dari:

- https://bbsdlp.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=category&id=145&Itemid=595 [20 Januari 2022].
- BBTNBTS (Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru). (2022). *Profil Kawasan TNBTS*. Diakses dari <https://bromotenggersemeru.org/page-static/profil> [17 Januari 2022].
- BIG (Badan Informasi Geospasial). (2018). *DEMNAS (Digital Elevation Model Nasional)*. Diunduh dari: <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/> [5 Januari 2022].
- CHS (Climate Hazards Center). (2022). *CHIRPS: Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations*. Diakses dari: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps> [15 Januari 2022].
- Fadilah, N., Arsyad, U. & Soma, A.S. (2019). Analisis Tingkat kerawanan tanah longsor menggunakan metode frekuensi rasio di Daerah Aliran Sungai Bialo. *Perennial*, 15(1), 42. DOI: <https://doi.org/10.24259/perennial.v15i1.6317>.
- Halik, G., Putra, V.S. & Wiyono, R.U.A. (2022). Assessment of climate change impact on drought disaster in Sampean Baru Watershed, East Java, Indonesia based on IPCC-AR5. *Natural Hazards*, 112, 1705-1726. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05245-7>.
- Handini, D.R., Hidayah, E. & Halik, G. (2021). Flash flood susceptibility mapping at Andungbiru Watershed, East Java using AHP-information weighted method. *Geosfera Indonesia*, 6(2), 157-172. DOI: <https://doi.org/10.19184/geosi.v6i2.24173>.
- Hartik, A. (2018). *Dalam Tiga Hari, 70 Hektar Sabana Gunung Bromo Hangus Terbakar*. PT. Kompas Cyber Media. Diakses dari: <https://regional.kompas.com/read/2018/09/04/18371461/dalam-tiga-hari-70-hektar-sabana-gunung-bromo-hangus-terbakar>. [2 Februari 2022].
- Heriyanto, E., Syaufina, L. & Effendy, S. (2014). Perbandingan Indeks Fine Fuel Moisture Code (FFMC) dan Fire Weather Index (FWI) pada sistem peringkat bahaya kebakaran hutan/lahan luaran WRF dengan observasi (Periode: Juni-Agustus 2013). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(2), 119-127. DOI: <http://dx.doi.org/10.31172/jmg.v15i2.181>.
- Indradjad, A., Purwanto, J. & Sunarmodo, W. (2019). Analisis tingkat akurasi titik hotspot dari S-NPP VIIRS dan TERRA/AQUA MODIS terhadap kejadian kebakaran. *Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 16(1), 53-60.
- Jadmiko, S.D. (2016). *Risiko kebakaran hutan dan lahan berdasarkan kajian proyeksi iklim di Kalimantan Barat*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 87 hlm.
- Jarianto, A., Sekartaji, A., Natunazah, I. & Anisa, F. (2017). Analisis tingkat kerawanan banjir di Kelurahan Wonoboyo menggunakan sistem informasi geografis. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS VIII 2017: Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Berkelanjutan*, 54-66.
- Pambudi, R.A., Setiawan, B.D. & Wijoyo, S.H. (2018). Implementasi fuzzy time series untuk memprediksi jumlah kemunculan titik api. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTTIK) Universitas Brawijaya*, 2(11), 4767-4776.
- Putra, A., Ningsih, A.T.R. & Ikhwan, M. (2018). Pemetaan Daerah rawan kebakaran hutan dan lahan dengan menggunakan sistem informasi geografis (Studi kasus: Kecamatan Bukit Batu, Kab. Bengkalis). *Indonesian Journal of Agricultural Economic (IJAE)*, 9(2), 206-217. DOI: <http://dx.doi.org/10.31258/ijae.9.2.%25p>.
- Seniorwan, Syarif, M.M., Syahrul & Yunus, R. (2018). Pemetaan kerentanan kebakaran hutan dan lahan berbasis sistem informasi geografis pada wilayah non-gambut. *Prosiding PIT ke-5 Riset Kebencanaan, Ikatan Ahli Bencana Indonesia (IABI) Universitas Andalas*, 695-705.
- Tarigan, M.L., Nugroho, D., Firman, B. & Kunarso, A. (2015). *Modul 2. Pemutakhiran Peta Rawan Kebakaran Hutan dan Lahan di Provinsi Sumatera Selatan 2015*. Kerja Sama GIZ Bioclimate Project Sumatera Selatan, Dinas Kehutanan Provinsi Sumatera Selatan dan Forum KPH Sumatera Selatan. Palembang. 34 hlm.
- USGS (United States Geological Survey). (2018). *Landsat*. Diakses dari: <https://earthexplorer.usgs.gov/> [17 Januari 2022].
- Viviyanti, R., Adila, T.A. & Rahmad, R. (2019). Aplikasi SIG untuk pemetaan bahaya kebakaran hutan dan lahan di Kota Dumai. *Media Komunikasi Geografi*, 20(2), 78-89. DOI: <https://doi.org/10.23887/mkg.v20i2.17399>.