



Pengelolaan Kebakaran Hutan dan Lahan Sumatera Selatan: Analisis Kerawanan dan Lokasi Optimal Pemadam Kebakaran

Izzan Muhammad Nuha¹, Fauzi Salam², Muamar Rafly Aditama³, Sandy Budi Wibowo⁴

¹²³⁴Universitas Gadjah Mada, Sleman, Indonesia

*Correspondence: E-mail: izzanmuhammadnuha@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Kebakaran hutan dan lahan (karhutla) merupakan ancaman serius bagi masyarakat, terutama di daerah lahan gambut yang sulit dipadamkan setelah terbakar. Berdasarkan sistem pemantauan karhutla pemerintah, SiPongi, Kabupaten Ogan Komering Ilir dan Kabupaten Ogan Ilir di Sumatera Selatan termasuk wilayah dengan jumlah kejadian kebakaran tertinggi, yang menyebabkan bencana kabut asap parah pada tahun 2023. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan informasi geospasial kebakaran menggunakan data penginderaan jauh dan data resmi dari pemerintah dengan fokus pada analisis risiko kebakaran dan identifikasi lokasi optimal untuk stasiun pemadam kebakaran. Data penginderaan jauh digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kepadatan vegetasi, presipitasi, dan temperatur. Data penutup dan penggunaan lahan diperoleh dari laman resmi Badan Informasi Geospasial (BIG). Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *scoring* berjenjang tertimbang digunakan untuk memetakan risiko kebakaran. Model lokasi-alokasi memberikan rekomendasi penempatan strategis stasiun pemadam kebakaran berdasarkan waktu tanggapan tercepat dan cakupan maksimum wilayah hutan yang berisiko tinggi. Hasil pengolahan data dikelaskan dalam tiga tingkat kerawanan kebakaran hutan dan lahan dengan kelas rendah, sedang, dan tinggi. Analisis lokasi-alokasi menawarkan penempatan stasiun pemadam kebakaran yang efektif dalam menjangkau area risiko kerawanan tinggi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dan menjadi acuan pembangunan berkelanjutan serta informasi kesiagaan bencana masa mendatang.

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received 14 Des 2024

First Revised 20 Des 2024

Accepted 08 Apr 2025

First Available Online 25 Nov 2025

Publication Date 30 Nov 2025

Keyword:

Kebakaran hutan dan lahan ,

AHP,

Lokasi-Alokasi.

1. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan (karhutla) adalah masalah yang mengancam kehidupan manusia, serta menyebabkan kerugian ekologis dan ekonomis pada daerah yang terdampak. Bencana ini sering terjadi di Indonesia sepanjang tahun dan diperparah dengan adanya siklus el nino. (Nurhayati et al., 2021; Prayoga & Koestoer, 2021). Studi yang dilakukan Albar et al., (2018), mengungkapkan bahwa karhutla lebih banyak terjadi pada lahan gambut, dibandingkan jenis vegetasi lainnya saat musim kemarau. Hal ini disebabkan oleh hilangnya kandungan air pada hutan rawa gambut membuatnya lebih mudah terbakar dan menyebarkan api (Graham et al., 2022). Aktivitas pembukaan lahan di hutan gambut dan akses yang susah untuk mencapai lokasi kebakaran memperparah keadaan ini (Albar et al., 2018; Purnomo et al., 2017; Shiodera et al., 2015).

Karhutla pada lahan gambut dapat menyebabkan banyak kerugian melalui asap kabut yang dihasilkan dari pembakaran. Kabut asap yang dihasilkan dari pembakaran gambut mengandung berbagai jenis polutan udara yang menjadi ancaman dalam kesehatan, di antaranya karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), ozon (O₃), partikulat (PM₁₀), dan senyawa organik (Naehler et al., 2007). Paparan kabut asap yang menyebar dengan bantuan angin, dapat mengganggu kesehatan pernapasan dan pandangan mata. Gangguan kesehatan yang dapat ditimbulkan dari kabut asap, diantaranya asma, infeksi saluran pernafasan akut (ISPA), bronkitis, iritasi pada mata dan tenggorokan, batuk-batuk, sakit kepala, hingga kematian (Aditama, 2000; Johnson, 2013; Reid et al., 2016).

Indonesia merupakan negara yang sering dilanda bencana karhutla, khususnya pada bagian barat yang kaya akan lahan gambut seperti Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan (Aditama, 2000; Goldstein, 2020; Prayoga & Koestoer, 2021). Sebanyak 43% (6.4 juta hektare) lahan gambut Indonesia terletak di Pulau Sumatra (Nurhayati et al, 2021; Osaki et al, 2015), menjadikan Sumatera sebagai pulau dengan persebaran lahan gambut terluas sekaligus paling rawan akan kebakaran hutan dan lahan. Kawasan Asia Tenggara memiliki hampir 70% (20–30 juta hektar) dari total lahan gambut tropis dunia. Di Indonesia, lahan gambut mencakup sekitar 15% luas daratan di Sumatra dan 11% di Kalimantan, dengan total sekitar 13 juta hektar lahan gambut (Miettinen & Liew, 2010). Meskipun mempunyai luas lahan gambut yang lebih kecil dari Provinsi Riau, Sumatera Selatan mengalami lebih banyak kebakaran selama satu dekade terakhir (2014–2023) dengan rata-rata luas kebakaran 155 ribu hektare dibandingkan dengan rata-rata luas kebakaran Riau 72 ribu hektar. Intensitas kebakaran paling tinggi terjadi pada tahun 2015 dan tahun 2019 yang bertepatan dengan siklus el nino (Nurhayati et al, 2021).

Berdasarkan sistem pemantauan karhutla Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia, melalui SiPongi, Kabupaten Ogan Komering Ilir dan Kabupaten Ogan Ilir di Sumatera Selatan termasuk wilayah dengan jumlah titik *hotspot* terbanyak, yang menyebabkan bencana kabut asap parah pada tahun 2023. Terdapat 2633 titik *hotspot* dengan tingkat kepercayaan tinggi teridentifikasi pada Kabupaten Ogan Komering Ilir. Sementara itu, terdapat 130 titik *hotspot* dengan kepercayaan tinggi teridentifikasi pada Kabupaten Ogan Ilir. Banyaknya titik *hotspot* menjadi tanda bahwa kesiagaan akan bencana karhutla dan ancamannya masih kurang. Maka diperlukan pengembangan informasi geografis mengenai daerah rawan karhutla menggunakan variabel yang berpengaruh kuat pada kebakaran hutan dan lahan.

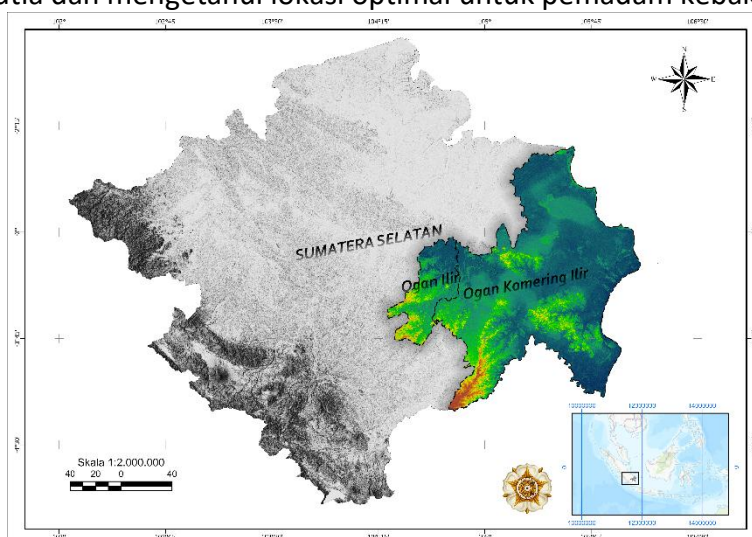
Tujuan penelitian ini adalah mengetahui area yang rentan terhadap kebakaran dan lahan, serta mengetahui di mana lokasi optimal untuk membuat suatu posko pemadam kebakaran jalur udara dan darat. Informasi kerawanan kebakaran hutan dan lahan diharapkan menjadi

bahan pertimbangan pembangunan dan pengambil keputusan. Optimalisasi lokasi posko pemadam karhutla yang terdiri atas kendaraan darat dan udara diharapkan sebagai evaluasi terhadap posko pencegahan kebakaran yang sudah ada serta memberikan rekomendasi lokasi optimal berdasarkan respon cepat terhadap lokasi kebakaran.

2. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada Kabupaten Ogan Ilir dan Ogan Komering Ilir. Kabupaten Ogan Ilir dan Ogan Komering Ilir merupakan dua kabupaten yang ada di Provinsi Sumatera Selatan. Secara geografis, Ogan Ilir terletak di koordinat 3.43186°LS dan $104.62727^{\circ}\text{BT}$, sementara Ogan Komering Ilir berada di koordinat 3.36667°LS dan $105.36667^{\circ}\text{BT}$. Ditinjau melalui aspek spasial, Kabupaten Ogan Ilir dan Ogan Komering Ilir berada di sisi Tenggara dari pusat Kota Palembang. Kabupaten Ogan Komering Ilir berbatasan langsung dengan Provinsi Lampung di sisi Selatan. Sementara itu, Kabupaten Ogan Ilir berbatasan langsung dengan Kota Palembang pada sisi Selatan. Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Ogan Komering Ilir dan Kabupaten Ogan Ilir di Sumatera Selatan dengan tujuan memperbarui informasi geografis kerawanan karhutla dan mengetahui lokasi optimal untuk pemadam kebakaran hutan.



Gambar 1. Peta Administrasi Lokasi Penelitian.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Kerawanan Kebakaran Hutan dan Lahan

Data penelitian ini diperoleh melalui akuisisi data yang bersifat terbuka atau *open source*. Akuisisi data *open source* berasal dari *Google Earth Engine*, *Ina-Geoportal*, *Si-Pongi KLHK*, *OpenStreetMap*, *BRIN Fire Hotspot*, dan *SONGKET Sumatera Selatan*. Data primer yang digunakan adalah Peta Rupabumi Indonesia 2 Kabupaten dengan Skala 1:50.000, citra *Sentinel 2*, dan *Landsat 8*. Dari sumber tersebut didapatkan hasil berupa Batas Administrasi, Penutup Lahan Vegetasi, Jarak Permukiman, Jarak Badan Air, *NDVI*, dan *NDMI*. Data sekunder yang digunakan berasal dari *Google Earth Engine (GEE)* melalui berbagai sumber penyedia data. Data *Digital Elevation Model (DEM)* dan *Land Surface Temperature (LST)* tahunan (2013 – 2023) diperoleh dari *United States Geological Survey (USGS)*. Data curah hujan tahunan

(2013 – 2023) berasal dari Climatology Lab, sementara data kecepatan angin tahunan (2013 – 2023) berasal dari Copernicus EU, kedua data diakuisisi dengan GEE.

Tabel 1. Data dan Sumber Penelitian Kerawanan Hutan dan Lahan

No.	Data	Sumber
1.	Batas Administrasi Kabupaten	Ina-Geoportal
2.	Jaringan Jalan	Ina-Geoportal
3.	Penutup Lahan Vegetasi	Ina-Geoportal
4.	Jarak dari Badan Air	Ina-Geoportal
5.	Jarak dari Permukiman	Ina-Geoportal
6.	Kemiringan Lereng	USGS (Melalui Akuisisi GEE)
7.	Elevasi	USGS (Melalui Akuisisi GEE)
8.	<i>Land Surface Temperature</i> (LST) (2013 - 2023)	USGS (Melalui Akuisisi GEE)
9.	Kecepatan Angin (2013 - 2023)	Copernicus EU (Melalui Akuisisi GEE)
10.	Curah Hujan (2013 - 2023)	Climatology Lab (Melalui Akuisisi GEE)
11.	NDVI (2013 - 2023)	Landsat 8
12.	NDMI (2013 - 2023)	Sentinel 2

2.2.2 Lokasi-Alokasi Pemadam Kebakaran Hutan

Data penelitian untuk analisis lokasi-alokasi menggunakan data yang bersifat terbuka atau *open-source*. Akuisisi data dari sumber laman resmi pemerintah yaitu Ina-Geoportal, BRIN Fire *Hotspot*, dan SONGKET Sumsel, serta data terbuka dari OpenStreetMap, dan Google Earth Engine. Data yang diambil dari sumber pemerintah adalah jaringan jalan, titik *hotspot*, dan lokasi posko siaga instansi yang bertanggung jawab atas kebakaran hutan dan lahan, yaitu Manggala Agni dan BPBD. Data Sekunder didapatkan dari Google Earth Engine menghasilkan DEM yang diolah menjadi data kemiringan lereng. Data jaringan jalan yang disediakan oleh BIG belum terkoreksi dengan benar berdasarkan *basemap* satelit ESRI. Data jaringan jalan dari OpenStreetMap digunakan untuk memperbaiki data jaringan jalan yang disediakan oleh Ina-Geoportal. OpenStreetMap juga menyediakan data bangunan perumahan yang tidak disediakan oleh Ina-Geoportal. Data *Hotspot* sepanjang tahun 2023 dengan tingkat kepercayaan >90%, berfungsi sebagai *demand point* pada analisis lokasi-alokasi, sedangkan lokasi pemadam kebakaran hutan berfungsi sebagai titik solusi yang disertakan pada analisis. Data-data berupa kemiringan lereng, jarak dari jaringan jalan, jarak dari lahan terbangun, dan jarak dari badan air digabung menggunakan pendekatan biner untuk menghasilkan titik kandidat dari solusi analisis lokasi-alokasi.

Tabel 2. Data dan Sumber Analisis Lokasi-Alokasi Pemadam Kebakaran

No.	Data	Sumber
1.	Batas Administrasi Kabupaten	Ina-Geoportal
2.	Jaringan Jalan	Ina-Geoportal
3.	Jarak dari Badan Air	Ina-Geoportal
4.	Jaringan Jalan	OpenStreetMap
5.	Jarak dari Bangunan	OpenStreetMap
6.	<i>Hotspot</i> Tahun 2023	BRIN Fire <i>Hotspot</i>
7.	Lokasi Pemadam Kebakaran Hutan (BPBD dan Manggala Agni)	Sistem Operasi Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan Terpadu Sumatera Selatan
8.	Kemiringan Lereng	USGS (Melalui Akuisisi GEE)

2.3 Studi Literatur

2.3.1 Kerawanan Kebakaran Hutan dan Lahan

Parameter kebakaran hutan dan lahan akan menggunakan sumber dari penelitian sebelumnya. Setiap variabel telah ditentukan seberapa berpengaruh dengan menggunakan nilai 1, 3, 5, 7, dan 9. Skor atau nilai 1 menunjukkan pengaruh yang rendah terhadap hasil akhir, sebaliknya skor 9 menunjukkan pengaruh tinggi terhadap hasil akhir pembobotan. Adapun variabel dan skor akan ditampilkan melalui tabel berikut:

a. Elevasi

Tabel 3. Klasifikasi Skor Elevasi

No.	Elevasi (mdpl)	Deskripsi	Skor
1.	>60	Sangat Tinggi	1
2.	46-60	Tinggi	3
3.	31-45	Sedang	5
4.	15-30	Rendah	7
5.	<15	Sangat Rendah	9

Sumber Adelia et al., 2023 dengan modifikasi.

b. Kemiringan Lereng

Tabel 4. Klasifikasi Skor Kemiringan Lereng

No	Kemiringan Lereng (%)	Kemiringan	Skor
1.	>30 %	Sangat Curam	1
2.	16-30 %	Curam	3
3.	8-15 %	Agak Curam	5
4.	2-7 %	Landai	7
5.	<2 %	Datar	9

Sumber Adelia et al., 2023 dengan modifikasi.

c. Jarak Permukiman

Tabel 5. Klasifikasi Skor Jarak Permukiman

No.	Jarak (m)	Deskripsi	Skor
1.	>4000	Sangat Jauh	1
2.	3001-4000	Jauh	3
3.	2001-3000	Sedang	5
4.	1000-2000	Dekat	7
5.	<1000	Sangat Dekat	9

Sumber Riyadi et al., 2022 dengan modifikasi.

d. Jarak Badan Air

Tabel 6. Klasifikasi Skor Jarak Badan Air

No.	Jarak (m)	Deskripsi	Skor
1.	<100	Sangat Dekat	1
2.	100-200	Dekat	3
3.	201-300	Sedang	5
4.	301-400	Jauh	7
5.	>400	Sangat Jauh	9

Sumber Riyadi et al., 2022 dengan modifikasi.

e. *Penutup Lahan Vegetasi*

Tabel 7. Klasifikasi Skor Penutup Lahan Vegetasi

No.	Penutup Lahan	Skor
1.	Rawa, Sawah, Permukiman	1
2.	Hutan Bakau Sekunder	3
3.	Hutan Rawa Sekunder, Perkebunan	5
4.	Hutan Tanaman, Pertanian Lahan Kering, Semak Belukar Rawa	7
5.	Semak Belukar	9

Sumber Riyadi et al., 2022 dengan modifikasi.

f. *NDVI*

Tabel 8. Klasifikasi Skor NDVI

No.	Indeks NDVI	Deskripsi	Skor
1.	<0.2	Sangat Jarang	1
2.	0.2-0.3	Jarang	3
3.	0.31-0.4	Sedang	5
4.	0.41-0.5	Rapat	7
5.	>0.5	Sangat Rapat	9

Sumber Abdo et al., 2022 dengan modifikasi.

g. *NDMI*

Tabel 9. Klasifikasi Skor NDMI

No.	Indeks NDMI	Deskripsi	Skor
1.	<0.4	Sangat Lembap	1
2.	0.3-0.4	Lembap	3
3.	0.21-0.3	Sedang	5
4.	0.1-0.2	Kering	7
5.	>0.1	Sangat Kering	9

Sumber Abdo et al., 2022 dengan modifikasi.

h. Suhu Permukaan

Tabel 10. Klasifikasi Skor Suhu Permukaan

No.	Suhu Permukaan (°C)	Deskripsi	Skor
1.	<26	Sangat Sejuk	1
2.	26-26.5	Sejuk	3
3.	26.6-27	Sedang	5
4.	27.1-27.5	Panas	7
5.	>27.5	Sangat Panas	9

Sumber Adelia et al., 2023 dengan modifikasi

i. Curah Hujan

Tabel 11. Klasifikasi Skor Curah Hujan

No.	Indeks Curah Hujan	Deskripsi	Skor
1.	>4000 mm	Sangat Lebat	1
2.	3000-4000 mm	Lebat	3
3.	3000-3500 mm	Sedang	5
4.	2500-3000 mm	Jarang	7
5.	<2500 mm	Sangat Jarang	9

Sumber Adelia et al., 2023 dengan modifikasi

j. Kecepatan Angin

Tabel 12. Klasifikasi Skor Kecepatan Angin

No.	Indeks Kecepatan Angin	Deskripsi	Skor
1.	<0.9 m/s	Sangat Pelan	1
2.	0.9-1.1 m/s	Pelan	3
3.	1.1-1.3 m/s	Sedang	5
4.	1.3-1.5 m/s	Cepat	7
5.	>1.5 m/s	Sangat Cepat	9

Sumber Adelia et al., 2023 dengan modifikasi

2.3.2 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang dikembangkan oleh Saaty (1987) untuk menyelesaikan masalah kompleks dengan memecahnya menjadi hierarki yang lebih sederhana. AHP memungkinkan para ahli untuk membandingkan kepentingan relatif dari berbagai faktor penyebab kebakaran hutan secara berpasangan, yang menghasilkan bobot untuk setiap variabel faktor. Dalam konteks pemetaan risiko kebakaran hutan, AHP dapat efektif mengintegrasikan berbagai faktor lingkungan dan antropogenik.

Studi Eskandari & Miesel (2017) mendemonstrasikan penggunaan AHP dalam mengevaluasi faktor-faktor kontributor risiko kebakaran di Provinsi Golestan, Iran. Sejalan dengan ini, Pourtaghi et al. (2015) mengintegrasikan AHP dengan SIG dalam pemetaan kerentanan kebakaran hutan di Mazandaran, Iran, membuktikan efektivitas metode AHP dalam mengintegrasikan variabel spasial. Meskipun AHP memiliki pendekatan sistematis untuk pembobotan faktor, metode ini memiliki keterbatasan. Subjektivitas dalam penilaian ahli dapat mempengaruhi hasil, dan konsistensi penilaian melalui variabilitas dari bobot tiap faktor. Pengujian tingkat variabilitas bobot dilakukan dengan perhitungan rasio konsistensi (CR). Rasio konsistensi didapatkan dari membagi perhitungan indeks konsistensi (CI) dengan nilai indeks acak (RI), dituliskan pada persamaan berikut.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Persamaan 1. Penilaian Rasio Konsistensi

Indeks konsistensi dihitung dengan Persamaan 2, di mana simbol λ menandakan nilai *eigen* terbesar dari matriks penilaian ahli dan n menandakan jumlah faktor yang ditetapkan. Sedangkan indeks acak dihitung berdasarkan jumlah variabel faktor yang digunakan dan sudah ditetapkan dalam Tabel 13.

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1}$$

Persamaan 2. Perhitungan Indeks Konsistensi

Hasil rasio konsistensi menentukan apakah nilai yang diberikan para ahli tersebar secara rasional. Jika nilai CR berada di atas 0.1, maka penilaian ahli belum rasional dan harus dimodifikasi (Gao, 2022). AHP dapat memberikan kerangka kerja kuat dalam evaluasi faktor kontributor risiko kebakaran hutan, jika penilaian para ahli tepat dan akurat.

Tabel 13. Nilai Indeks Acak

Jumlah Faktor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Indeks Acak	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Sumber Abdo et al., 2022

2.3.3 Lokasi-Alokasi

Model lokasi-alokasi merupakan alat penting dalam perencanaan spasial, terutama dalam konteks manajemen kebakaran hutan. Konsep ini melibatkan penentuan lokasi optimal untuk fasilitas (lokasi) dan penugasan area layanan ke fasilitas tersebut (alokasi) untuk memaksimalkan efisiensi dan efektivitas (Wade & Sommer, 2006). Dalam konteks manajemen kebakaran hutan, model lokasi-alokasi dapat digunakan untuk mengoptimalkan penempatan sumber pemadaman kebakaran dan menentukan area cakupan yang paling efektif. Penelitian oleh Pham et al. (2020) mendemonstrasikan optimalisasi prediksi probabilitas kebakaran dalam membantu pengelolaan hutan. Ditemukan bahwa pendekatan dapat secara signifikan meningkatkan waktu respons dan efektivitas operasi pemadam kebakaran.

2.3.4 Penilaian Akurasi Peta Kerawanan Kebakaran Hutan dan Lahan

Uji akurasi penting dilakukan dalam pembuatan peta kerawanan kebakaran hutan dan lahan yang bersifat prediksi untuk menilai sebaik apa peta yang dihasilkan (Abdo et al., 2022). Metode *receiver operating characteristic-area under the curve* (ROC-AUC) adalah kurva yang dapat digunakan untuk menguji akurasi dari model klasifikasi. Metode ini menguji sensitivitas (*true positive*) dan spesifisitas (*true negative*) dari model untuk melihat apakah model dapat membedakan kelas kelompok dengan baik melalui parameter pengujian yang diberikan. Nilai kurva AUC berkisar antara 0-1 dengan batasan nilai 1-spesifisitas (0.5), dengan kondisi semakin mendekati 0.5 kemampuan model dalam memprediksi hanyalah sebuah tebakan atau bersifat acak, sebaliknya semakin mendekati 1 kemampuan model dalam memprediksi semakin bagus (Hosmer et al., 2013). Parameter pengujian yang digunakan adalah titik *hotspot* sepanjang tahun 2023.

2.4 Cara Analisis Data

Penelitian ini menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sebagai penentu variabel kerawanan kebakaran hutan dan lahan. Prosedur AHP dilakukan dengan menggunakan *expert judgement* atau pendapat para ahli yang diperoleh melalui kontak secara daring, di mana para ahli memberikan penilaian berpasangan (*pairwise comparison*) untuk setiap variabel kerawanan kebakaran hutan. Hasil analisis AHP selanjutnya digunakan untuk menentukan bobot yang mempengaruhi hasil akhir penelitian

Penilaian menggunakan skala fundamental AHP dengan rentang nilai 1-9. Nilai AHP telah dimodifikasi untuk mengoptimalkan efisiensi melalui *platform* daring. Pembobotan dilakukan dengan mengkombinasikan nilai yang diberikan oleh para ahli yang kompeten dibidangnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis Hirarki Proses

Tabel 15. Hasil Analisis Hirarki Proses

Variabel	JP	KL	JA	KV	T	KA	E	CH	K	PL
Jarak dari Permukiman (JP)	1	2	0.875	1.11	3	2.17	2	2.416	2.67	0.776
Kemiringan Lereng (KL)	0.61	1	2.11	1.443	1.886	1.553	2.3	2.083	2.443	1.443
Jarak dari Badan Air (JA)	2.5	1.22	1	1.443	3.11	3	2.776	2.66	2.443	1.11
Kerapatan Vegetasi (KV)	1.5	1.33	1.443	1	2.16	2.083	2.3	2.083	2.166	1.16
Temperatur (T)	0.375	2.041	1.125	0.916	1	0.36	1.083	0.833	1.416	0.318
Kecepatan Angin (KA)	0.92	2.083	0.375	1.583	3	1	2.083	1.193	2.041	1.416
Elevasi (E)	0.5	0.583	1.167	0.583	1.83	1.553	1	0.36	0.776	0.61
Curah Hujan (CH)	1.541	1.583	0.541	1.583	2.83	2.443	3	1	2.11	2.443
Kelembapan (K)	0.416	1.208	1.193	0.916	1.6	1.886	1.6	1.25	1	1.833
Penutup Lahan Vegetasi (PL)	1.67	1.33	1.5	1.16	3.3	1.776	2	1.193	0.943	1

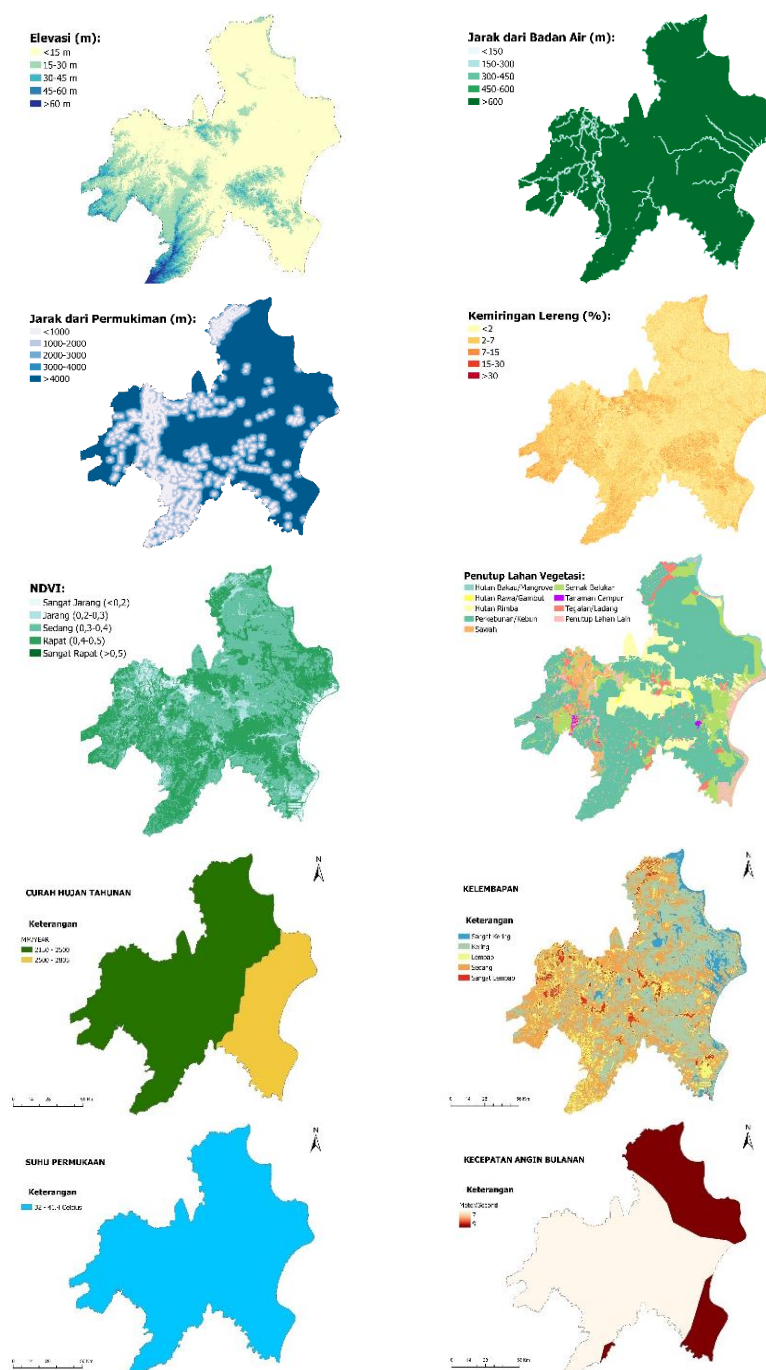
Tabel 16. Perhitungan Rasio Konsistensi

n	λ	CI	RI (n: 10)	CR
10	14.67	0.51	1.49	0.34

Tabel 17. Hasil Perolehan AHP untuk Setiap Variabel

Variabel	Weight
Suhu Permukaan	0.153124437
Elevasi	0.127743081
Kelembapan	0.114739702
Kecepatan Angin	0.113570575
Kemiringan Lereng	0.097865844
Curah Hujan	0.093224776
Jarak dari Badan Air	0.079271812
Penutup Lahan Vegetasi	0.077318784
Kerapatan Vegetasi	0.076281273
Jarak dari Permukiman	0.066859717

3.2 Parameter Kerawanan

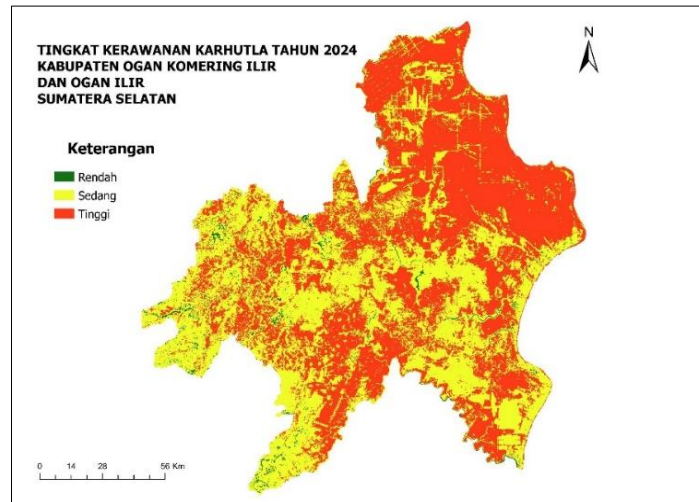


Gambar 3. Hasil Visualisasi Variabel Analisis Hirarki Proses

Hasil yang didapatkan adalah 10 variabel kerawanan kebakaran hutan. Adapun kesepuluh variabel tersebut divisualisasikan dalam bentuk peta pada **Gambar 3**. Perolehan variabel tersebut akan menentukan hasil kerawanan. Dengan didapatkan skor untuk setiap variabel, setiap parameter memiliki klasifikasi yang berbeda-beda. Hal itu dapat dilihat bahwa kelas terbagi mulai hanya dari satu kelas (suhu permukaan) hingga lima kelas.

3.3 Pembahasan Kerawanan dan Lokasi Optimal

3.3.1 Model Kerawanan Kebakaran Hutan



Gambar 4. Peta Tingkat Kerawanan Kebakaran Hutan dan Lahan

Tabel 18. Hasil Tingkat Kerawanan Karhutla

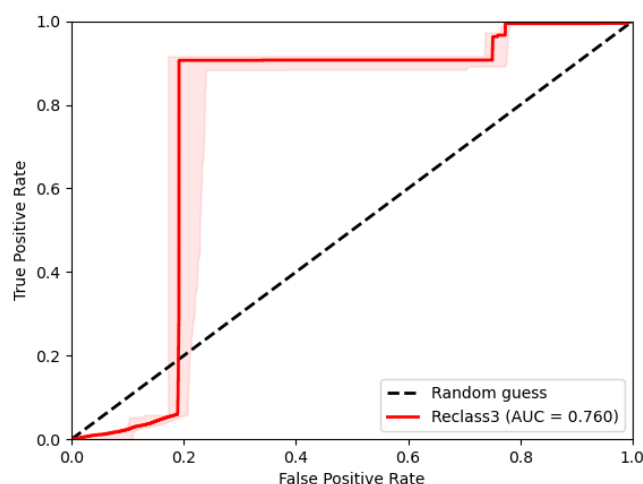
No	Tingkat Kerawanan	Luas (km ²)	Persentase(%)
1.	Rendah	261	1,3%
2.	Sedang	9437,2	48,7%
3.	Tinggi	9676,3	50%
Total		19374,6	100%

Hasil pemodelan tingkat kerawanan kebakaran hutan dan lahan di Kabupaten Ogan Komering Ilir dan Ogan Ilir, Sumatera Selatan menunjukkan variasi yang signifikan dalam distribusi spasial tingkat kerawanan. Berdasarkan analisis yang dilakukan, wilayah studi dengan total area 19.374,6 km² dapat diklasifikasikan ke dalam tiga tingkat kerawanan yang berbeda (**Tabel 15**). Hasil model kerawanan menunjukkan bahwa area dengan tingkat kerawanan tinggi mendominasi wilayah, mencakup 9.676,3 km² atau 50% dari total area. Distribusi spasial tingkat kerawanan tinggi terkonsentrasi terutama di bagian timur laut wilayah studi, yang dicirikan oleh karakteristik biofisik berupa elevasi rendah (<15 m) dan kemiringan lereng yang relatif datar (<2%) berdasarkan **Gambar 3**. Kondisi ini diperparah dengan kedekatan area tersebut dengan permukiman dan dominasi tutupan lahan berupa semak belukar serta perkebunan, yang berkontribusi pada peningkatan risiko kebakaran.

Area dengan tingkat kerawanan sedang mencakup 9.437,2 km² atau 48,7% dari total wilayah, tersebar dominan di bagian tengah dan barat wilayah. Karakteristik area ini menunjukkan variasi yang lebih beragam dalam parameter kerawanan, termasuk elevasi menengah (15-45 m) dan indeks vegetasi (NDVI) kategori sedang hingga sangat rapat berdasarkan **Gambar 3**. Jarak yang dekat dengan badan air pada area ini memberikan tingkat kerentanan yang lebih rendah dibandingkan dengan zona kerawanan tinggi. Namun, risiko kerawanan wilayah ini tetap diperparah dengan pengaruh jarak terhadap permukiman yang moderat. Variasi tutupan lahan yang lebih beragam pada zona ini juga berkontribusi pada tingkat kerawanan kebakaran.

Sedangkan, area dengan tingkat kerawanan rendah hanya mencakup sebagian kecil wilayah, yaitu 261 km² atau 1,3% dari total area. Area ini tersebar secara tidak teratur dalam bentuk area-area kecil dan berdasarkan **Gambar 3** berasosiasi dengan kedekatan terhadap badan air. Indeks kelembaban (NDMI) yang tinggi juga berkontribusi dari rendahnya tingkat risiko kebakaran pada area kecil ini. Minimnya area dengan tingkat kerawanan rendah mengindikasikan bahwa sebagian besar wilayah memiliki potensi yang signifikan untuk mengalami kebakaran hutan dan lahan.

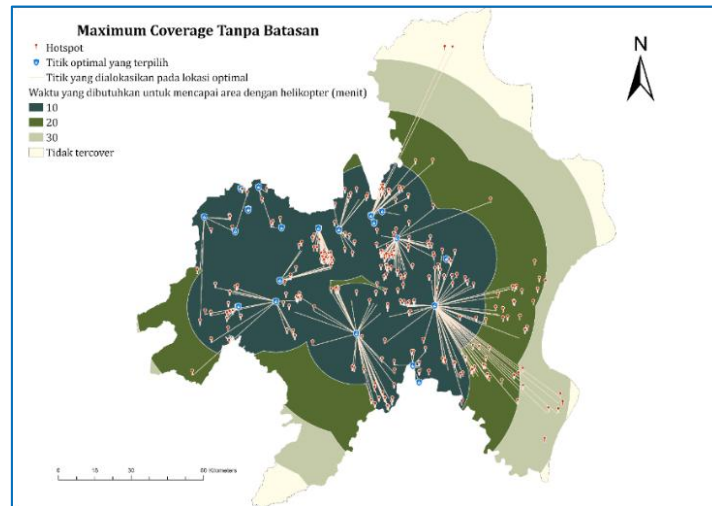
Distribusi spasial tingkat kerawanan yang teridentifikasi menunjukkan adanya gradien kerawanan yang jelas dari bagian barat ke timur, dengan konsentrasi area kerawanan tinggi di bagian timur laut. Pola ini mengindikasikan adanya interaksi kompleks antara berbagai parameter kawasan, termasuk faktor antropogenik dan kondisi biofisik wilayah Kabupaten Ogan Komering Ilir dan Ogan Ilir, Sumatera Selatan ini. Dominasi area dengan tingkat kerawanan tinggi dan sedang (total 98,7%) menunjukkan urgensi sistem pencegahan dan strategi mitigasi yang komprehensif seperti stasiun pemadam kebakaran yang diposisikan secara optimal dalam mengatasi insiden kebakaran yang akan terjadi pada wilayah tersebut.



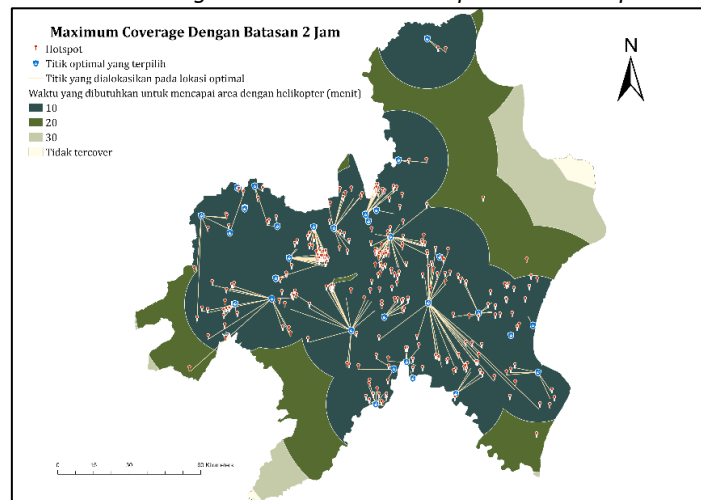
Gambar 5. Penilaian Hasil Model Kerawanan Dengan Distribusi Area Kebakaran Tahun 2023

Model divalidasi dengan persebaran *hotspots* yang terjadi pada tahun 2023 dengan klasifikasi *ROC-AUC Curve*. Hasil yang didapatkan adalah bahwa model dengan nilai AUC 0.76 memiliki tingkat akurasi yang dapat diterima untuk memprediksi sebuah model. Model kerawanan bencana yang dibuat untuk tiga kelas mampu memprediksi kejadian dengan baik.

3.3.2 Model Lokasi-Alokasi Pemadam Kebakaran



Gambar 6. Jangkauan mobil dan helikopter dari titik optimal



Gambar 7. Jangkauan mobil dan helikopter batasan waktu 2 jam dari titik optimal

Analisis lokasi-alokasi untuk menentukan titik optimal pembangunan stasiun pemadam kebakaran sebagai salah satu strategi atau sistem pencegahan dan strategi mitigasi kebakaran hutan dan lahan. Hasil akhir menghasilkan dua peta analisis yang menggambarkan cakupan maksimum menggunakan dua mode transportasi: darat (mobil) dan udara (helikopter), yang menunjukkan perbedaan signifikan dalam efektivitas dan jangkauan area dari titik optimal stasiun pemadam kebakaran yang ditetapkan untuk kedua mode transportasi tersebut. Mode transportasi darat dimodelkan dengan mobil pemadam kebakaran menggunakan jenis 4WD yang biasa dipakai oleh Manggala Agni dalam mencapai titik kebakaran. Analisis lokasi-alokasi dengan *cutoff* atau batasan waktu dua jam memberikan hasil 14 titik tambahan dari titik pemadam kebakaran yang sudah ada sebagai lokasi. Sedangkan analisis lokasi-alokasi tanpa batasan waktu untuk mencapai titik kebakaran memberikan tiga titik tambahan dari titik pemadam kebakaran yang sudah ada. Beberapa titik *hotspot* belum mampu dicapai melalui jalur darat karena minimnya jalur transportasi yang mengarah ke kejadian kebakaran, sehingga tidak teralokasikan dengan baik.

Hasil analisis untuk transportasi udara menggunakan helikopter menunjukkan pola cakupan yang jauh merata dan luas dari titik-titik optimal yang ditetapkan dengan metode lokasi-alokasi. Mode transportasi udara merepresentasikan rentang waktu tempuh dari 0 hingga 30 menit dari titik optimal (hasil analisis penempatan pemadam) untuk mencapai

berbagai area sasaran. Keunggulan ini terutama terlihat jelas ketika mempertimbangkan batasan waktu tempuh dalam analisis. Cakupan helikopter menunjukkan konsistensi yang lebih tinggi dan minimnya area tidak terjangkau, mengindikasikan efektivitas yang lebih baik dalam mengatasi hambatan geografis.

Analisis terhadap penempatan titik optimal dengan metode alokasi-lokasi pada visualisasi peta juga menunjukkan bahwa sebagian besar titik optimal terkonsentrasi di area tengah wilayah dan beberapa titik tersebar di pinggiran. Pola ini terlihat jelas pada visualisasi peta (**Gambar 6; 7**), yang menunjukkan penempatan titik-titik optimal dengan fungsi secara strategis untuk memaksimalkan cakupan terhadap titik-titik kejadian kebakaran. Ada atau tidaknya penerapan batasan waktu tempuh, seperti 2 jam (**Gambar 7**), memberikan pengaruh yang berbeda pada cakupan transportasi. Perbedaan batasan waktu menghasilkan variasi yang signifikan dalam pola dan luas cakupan area. Terutama pada transportasi yang udara menunjukkan konsistensi cakupan yang lebih tinggi, dengan kemampuan menjangkau sebagian besar titik kejadian tetap terjaga meskipun dengan penerapan batasan waktu yang berbeda.

Hasil ini mengindikasikan potensi efisiensi yang tinggi dalam alokasi sumber daya jika menggunakan transportasi udara sebagai mode utama dalam operasi pemadaman kebakaran. Namun demikian, analisis juga menunjukkan bahwa pendekatan yang paling optimal adalah menggabungkan penggunaan kedua mode transportasi tersebut. Kombinasi ini dapat menghasilkan sistem respons yang lebih komprehensif dan adaptif terhadap berbagai kondisi geografis dan situasi darurat yang mungkin terjadi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan model kerawanan kebakaran hutan dan lahan di Kabupaten Ogan Komering Ilir dan Ogan Ilir, Sumatera Selatan melalui penerapan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan analisis lokasi-alokasi untuk penempatan stasiun pemadam kebakaran. Hasil pemodelan kerawanan menunjukkan dominasi area dengan tingkat kerawanan tinggi 50% (9.676,3 km²) dari total wilayah 19.374,6 km², yang terkonsentrasi di bagian timur laut dengan karakteristik elevasi rendah dan kemiringan lereng datar. Area dengan kerawanan sedang mencakup 48,7% (9.437,2 km²) yang tersebar di bagian tengah dan barat wilayah, sementara area dengan tingkat kerawanan rendah hanya mencakup 1,3% (261 km²). Hasil model kerawanan telah divalidasi menggunakan sistem klasifikasi *ROC-AUC Curve* yang mendapatkan bahwa model memiliki akurasi yang cukup dengan nilai 0.760. Hasil pemodelan lokasi-alokasi pemadam kebakaran mendapatkan peta titik optimal melalui jangkauan darat untuk mobil dan udara. Hasil peta lokasi optimal berdasarkan waktu tempuh menuju titik kebakaran selama dua jam, mendapatkan 14 titik lokasi optimal baru yang dapat dijadikan sebagai rekomendasi penentuan lokasi pemadam kebakaran hutan baru.

Hasil perhitungan rasio konsistensi AHP menunjukkan nilai yang berada di atas 0.1. Diperlukan tambahan pendapat ahli serta modifikasi nilai yang diberikan agar analisis AHP lebih konsisten. Pertambahan pendapat ahli juga dapat meningkatkan akurasi total dari peta kerawanan kebakaran hutan dan lahan.

5. ACKNOWLEDGMENT

Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan karya ilmiah ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, dan kontribusi berbagai pihak. Oleh karena itu kami ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Pramaditya Wicaksono, M.Sc., selaku Kepala Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, atas arahan dan dukungannya.
2. Dr. Sandy Budi Wibowo, S.P., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan selama proses penyusunan karya ilmiah ini.
3. Dr. Edwin Martin, S.Hut, M.Si dari Pusat Riset Masyarakat dan Budaya, BRIN, selaku Peneliti Ahli Madya dan ahli bidang Ekologi Sosial, atas masukan dan perspektif berharga yang diberikan.
4. Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D. dari Teknik Lingkungan UII, selaku Dosen dan ahli bidang Teknologi Spasial dan Pengelolaan Kualitas Lingkungan, atas kontribusi pengetahuan dan wawasannya.
5. Aditya Pandu Wicaksono, S.Si., M.Sc dari UPN Veteran Yogyakarta, selaku Dosen dan ahli bidang Pengelolaan Lingkungan dan Kebencanaan, atas saran dan masukan yang memperkaya substansi karya ilmiah ini.

6. PERNYATAAN PENULIS

Para penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan terkait dengan publikasi artikel ini. Para penulis juga menegaskan bahwa karya ilmiah ini bebas dari plagiarisme.

7. REFERENSI

- Abdo, H. G., Almohamad, H., Al Dughairi, A. A., & Al-Mutiry, M. (2022). GIS-Based Frequency Ratio and Analytic Hierarchy Process for Forest Fire Susceptibility Mapping in the Western Region of Syria. *Sustainability (Switzerland)*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/SU14084668>
- Adelia, L. N., Ash Shidiq, I. P., & Zulkarnain, F. (2023). Identification of forest fire hazard area in Kubu Raya Regency, West Kalimantan Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1190(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1190/1/012037>
- Aditama, T. Y. (2000). Impact of haze from forest fire to respiratory health: Indonesian experience. *Respirology*, 5(2), 169–174. <https://doi.org/10.1046/J.1440-1843.2000.00246.X>
- Albar, I., Jaya, I. N. S., Saharjo, B. H., Kuncahyo, B., & Vadrevu, K. P. (2018a). Spatio-Temporal Analysis of Land and Forest Fires in Indonesia Using MODIS Active Fire Dataset. In K. P. Vadrevu, T. Ohara, & C. Justice (Eds.), *Land-Atmospheric Research Applications in South and Southeast Asia* (pp. 105–127). Springer International Publishing AG, part of Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67474-2_6
- Albar, I., Jaya, I. N. S., Saharjo, B. H., Kuncahyo, B., & Vadrevu, K. P. (2018b). *Spatio-Temporal Analysis of Land and Forest Fires in Indonesia Using MODIS Active Fire Dataset*. 105–127. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67474-2_6

- Eskandari, S., & Miesel, J. R. (2017). Comparison of the fuzzy AHP method, the spatial correlation method, and the Dong model to predict the fire high-risk areas in Hyrcanian forests of Iran. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 933–949. <https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1289249>
- Gao, J. (2022). *Fundamentals of Spatial Analysis and Modelling*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003220527>
- Goldstein, J. E. (2020). The Volumetric Political Forest: Territory, Satellite Fire Mapping, and Indonesia's Burning Peatland. *Antipode*, 52(4), 1060–1082. <https://doi.org/10.1111/ANTI.12576>
- Graham, L. L. B., Applegate, G. B., Thomas, A., Ryan, K. C., Saharjo, B. H., & Cochrane, M. A. (2022). A Field Study of Tropical Peat Fire Behaviour and Associated Carbon Emissions. *Fire*, 5(3), 62. <https://doi.org/10.3390/FIRE5030062/S1>
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied Logistic Regression* (3rd ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118548387>
- Johnson, D. (2013). Dale W. Johnson, et al. The Long-Term Effects of Wildfire and Post-Fire Vegetation on Sierra Nevada Forest Soils. *Forests* 2012, 3, 398–416. https://www.academia.edu/58875341/Dale_W_Johnson_et_al_The_Long_Term_Effects_of_Wildfire_and_Post_Fire_Vegetation_on_Sierra_Nevada_Forest_Soils_Forests_2012_3_398_416
- Miettinen, J., & Liew, S. C. (2010). Status of Peatland Degradation and Development in Sumatra and Kalimantan. *Ambio*, 39(5–6), 394. <https://doi.org/10.1007/S13280-010-0051-2>
- Naehler, L. P., Brauer, M., Lipsett, M., Zelikoff, J. T., Simpson, C. D., Koenig, J. Q., & Smith, K. R. (2007). Woodsmoke health effects: a review. *Inhalation Toxicology*, 19(1), 67–106. <https://doi.org/10.1080/08958370600985875>
- Nurhayati, A. D., Hero Saharjo, B., Sundawati, L., Syartinilia, S., & A. Cochrane, M. (2021). Forest and Peatland Fire Dynamics in South Sumatra Province. *Forest and Society*, 5(2), 591–603. <https://doi.org/10.24259/fs.v5i2.14435>
- Nurhayati, A. D., Saharjo, B. H., Sundawati, L., Syartinilia, S., & Cochrane, M. A. (2021). Forest and Peatland Fire Dynamics in South Sumatra Province. *Forest and Society*, 5(2), 591–603. <https://doi.org/10.24259/FS.V5I2.14435>
- Osaki, M., Nursyamsi, D., Noor, M., Wahyunto, & Segah, H. (2015). Peatland in Indonesia. *Tropical Peatland Ecosystems*, 49–58. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55681-7_3/TABLES/4
- Pham, B. T., Jaafari, A., Avand, M., Al-Ansari, N., Du, T. D., Hai Yen, H. P., Phong, T. Van, Nguyen, D. H., Van Le, H., Mafi-Gholami, D., Prakash, I., Thuy, H. T., & Tuyen, T. T. (2020). Performance evaluation of machine learning methods for forest fire modeling and prediction. *Symmetry*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/SYM12061022>
- Pourtaghi, Z. S., Pourghasemi, H. R., & Rossi, M. (2015). Forest fire susceptibility mapping in the Minudasht forests, Golestan province, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 73(4), 1515–1533. <https://doi.org/10.1007/S12665-014-3502-4>
- Prayoga, M. B. R., & Koestoer, R. H. (2021a). Improving Forest Fire Mitigation in Indonesia: A Lesson from Canada. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 9(3), 293–305. <https://doi.org/10.14710/jwl.9.3.293-305>
- Prayoga, M. B. R., & Koestoer, R. H. (2021b). Improving Forest Fire Mitigation in Indonesia: A Lesson from Canada. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 9(3), 293–305. <https://doi.org/10.14710/JWL.9.3.293-305>

- Purnomo, H., Shantiko, B., Sitorus, S., Gunawan, H., Achdiawan, R., Kartodihardjo, H., & Dewayani, A. A. (2017). Fire economy and actor network of forest and land fires in Indonesia. *Forest Policy and Economics*, 78, 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.01.001>
- Reid, C. E., Brauer, M., Johnston, F. H., Jerrett, M., Balmes, J. R., & Elliott, C. T. (2016). Critical Review of Health Impacts of Wildfire Smoke Exposure. *Environmental Health Perspectives*, 124(9), 1334–1343. <https://doi.org/10.1289/EHP.1409277>
- Riyadi, M. D. P., Setiawan, Y., Taufik, M., & Tanoto, P. (2022). Mapping of Potential Hazard Areas for Forest and Land Fire based on GIS in Kepulauan Meranti Regency, Riau. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1030(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1030/1/012014>
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Shiodera, S., Atikah, T. D., Apandi, I., Seino, T., Haraguchi, A., Rahajoe, J. S., & Kohyama, T. S. (2015). Peat-fire impact on forest structure in peatland of central Kalimantan. *Tropical Peatland Ecosystems*, 197–212. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55681-7_12
- Wade, Tasha., & Sommer, Shelly. (2006). *A to Z GIS : an illustrated dictionary of geographic information systems*. 268. https://books.google.com/books/about/A_to_Z_GIS.html?hl=id&id=pf45AQAAIAAJ