

## Probabilitas kerentanan kebakaran hutan dan lahan menggunakan *Model Hotspot* *Algoritma Maximum Entropy*

Naufal Akhdan Amru Dhaffa<sup>1\*</sup>, Ali Suhardiman<sup>1</sup>, Yohanes Budi Sulistioadi<sup>1</sup>, Yosep Ruslim<sup>1</sup>, Heru Herlambang<sup>1</sup>, Chandradewana Boer<sup>1</sup>, Rochadi Kristiningrum<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman  
\*E-mail: akhdandv@gmail.com

Artikel diterima: 8 Maret 2024 Revisi diterima: 9 Juni 2024

### ABSTRACT

Disaster is an event to be wary of because it can cause material losses and threaten safety, one of which is fires in expanses of forest land and community settlements. In 2020, East Kutai Regency recorded 21 of the highest incidences of forest and land fires. The impact of the fire involves social, cultural and economic aspects. This disaster is triggered by natural or other factors, the absence of information on the location of forest and land fire vulnerability can hamper fire control efforts. This research was conducted to prevent similar disasters from occurring by modeling the distribution of hotspots. The main objective is to assess the probability of vulnerability to fires that could occur in forest and land areas in the East Kutai region. This study data includes hotspot variables and environmental factors for the last five years. These environmental factors involve rainfall, humidity and wind speed data calculated on average from 2018 to 2023. Model development uses the maximum entropy algorithm and ArcGIS software to analyze spatial data. This model produces a representation of the distribution of hotspots in the East Kutai area, showing predictions of vulnerability to fires that occur in forest and land areas. The environmental factors used have a balanced contribution in forming this model. The results show that the highest probability of vulnerability is in other use areas and production forests within the administrative area of East Kutai Regency.

**Keyword:** Hotspots, fire, maximum entropy, modeling.

### ABSTRAK

Bencana merupakan suatu peristiwa yang diwaspadai karena dapat menimbulkan kerugian materiil dan mengancam keselamatan salah satunya kebakaran di hamparan lahan hutan dan pemukiman masyarakat. Pada tahun 2020, Kabupaten Kutai Timur mencatat 21 titik kejadian kebakaran hutan dan lahan tertinggi. Dampak dari kebakaran tersebut melibatkan aspek sosial, budaya, dan ekonomi. Bencana ini dipicu oleh faktor alam atau faktor lainnya, ketidakberadaan informasi lokasi kerentanan kebakaran hutan dan lahan dapat menghambat upaya pengendalian kebakaran. Penelitian ini dilakukan untuk mencegah terjadinya bencana serupa dengan memodelkan distribusi hotspot. Tujuan utama adalah menilai probabilitas kerentanan terhadap kebakaran yang dapat terjadi di areal hutan dan lahan wilayah Kutai Timur. Data kajian ini mencakup variabel hotspot dan faktor lingkungan selama lima tahun terakhir. Faktor lingkungan tersebut melibatkan data curah hujan, kelembapan, dan kecepatan angin yang dihitung rata-rata dari tahun 2018 hingga 2023. Pengembangan model menggunakan algoritma maximum entropy dan software ArcGIS untuk menganalisis data spasial. Model ini menghasilkan representasi sebaran hotspot di wilayah Kutai Timur, menunjukkan prediksi kerentanan terhadap kebakaran yang terjadi di areal hutan dan lahan. Faktor lingkungan yang digunakan memiliki kontribusi seimbang dalam pembentukan model ini. Hasilnya menunjukkan probabilitas kerentanan tertinggi terdapat pada area penggunaan lain dan hutan produksi di dalam kawasan administrasi Kabupaten Kutai Timur.

**Kata kunci:** Titik panas, kebakaran, maximum entropy, pemodelan.

### PENDAHULUAN

Kejadian bencana kebakaran yang terjadi di hutan maupun lahan wilayah Kabupaten Kutai Timur menurut data BNPB tertinggi terjadi pada tahun 2020, yaitu terdapat 21 titik lokasi kejadian kebakaran. Kejadian kebakaran tersebut dapat

terjadi dikarenakan faktor alam ataupun faktor lainnya. Faktor iklim yang berpengaruh pada kebakaran antara lain, kelembapan udara kurang, menurunnya curah hujan, dan kecepatan angin (Soleh dkk., 2022). Kebakaran merupakan bahaya yang mengancam keselamatan, api yang tidak dapat untuk dikendalikan mengakibatkan suatu kerugian signifikan, sehingga harus di tangani

dengan segera (Rahmad dkk, 2016). Efek dari bencana kebakaran mencakup konsekuensi terhadap kehidupan sosial, dan menjadi pengaruh buruk bagi ekologi. Dampak dari kebakaran hutan dan lahan sangat luas mencakup hampir seluruh aspek kehidupan, salah satu yang paling kentara adalah polusi udara (Maulia, 2023)

Salah satu langkah dalam melaksanakan pencegahan terjadinya bencana ialah upaya mitigasi bencana, di mana mitigasi menjadi kegiatan krusial dalam mengatasi bencana. Tindakan ini dilaksanakan sebelum bencana terjadi dengan tujuan mengurangi dampak yang mungkin timbul, baik dalam hal mengantisipasi korban jiwa maupun menekan kerugian yang dapat terjadi (Ghozali, 2022). Dalam konteks mitigasi bencana, langkah-langkah antisipatif diterapkan untuk mengurangi dampak yang dapat diakibatkan oleh bencana. Tindakan-tindakan antisipatif ini mencakup perencanaan tata ruang, penyusunan data, dan pembuatan peta kerentanan bencana (Noor, 2014). Langkah-langkah ini diambil dengan tujuan untuk memahami dan mengantisipasi faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian bencana, khususnya kebakaran, serta untuk memahami dinamika penanganan kebakaran (Abdalla, 2019).

Ketidakberadaan peta kerentanan bencana pada suatu lokasi dapat menghambat upaya pengendalian kebakaran tersebut dalam memahami perkembangan dinamika bencana, serta menetapkan prioritas tindakan pencegahan dan pengendalian bencana khususnya kebakaran pada areal hutan dan lahan. Dalam mengatasi situasi tersebut, disarankan untuk menginformasikan skala kerentanan terhadap kebakaran hutan maupun lahan. Upaya strategis dalam mencegah kebakaran di areal hutan dan lahan dapat diwujudkan melalui pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (Novita, 2021). Tindakan mitigasi awal bencana di wilayah Kutai Timur saat ini dilakukan karena rentan terjadinya kebakaran hutan dan lahan yang diakibatkan oleh cuaca yang ekstrem. Pemanfaatan teknologi

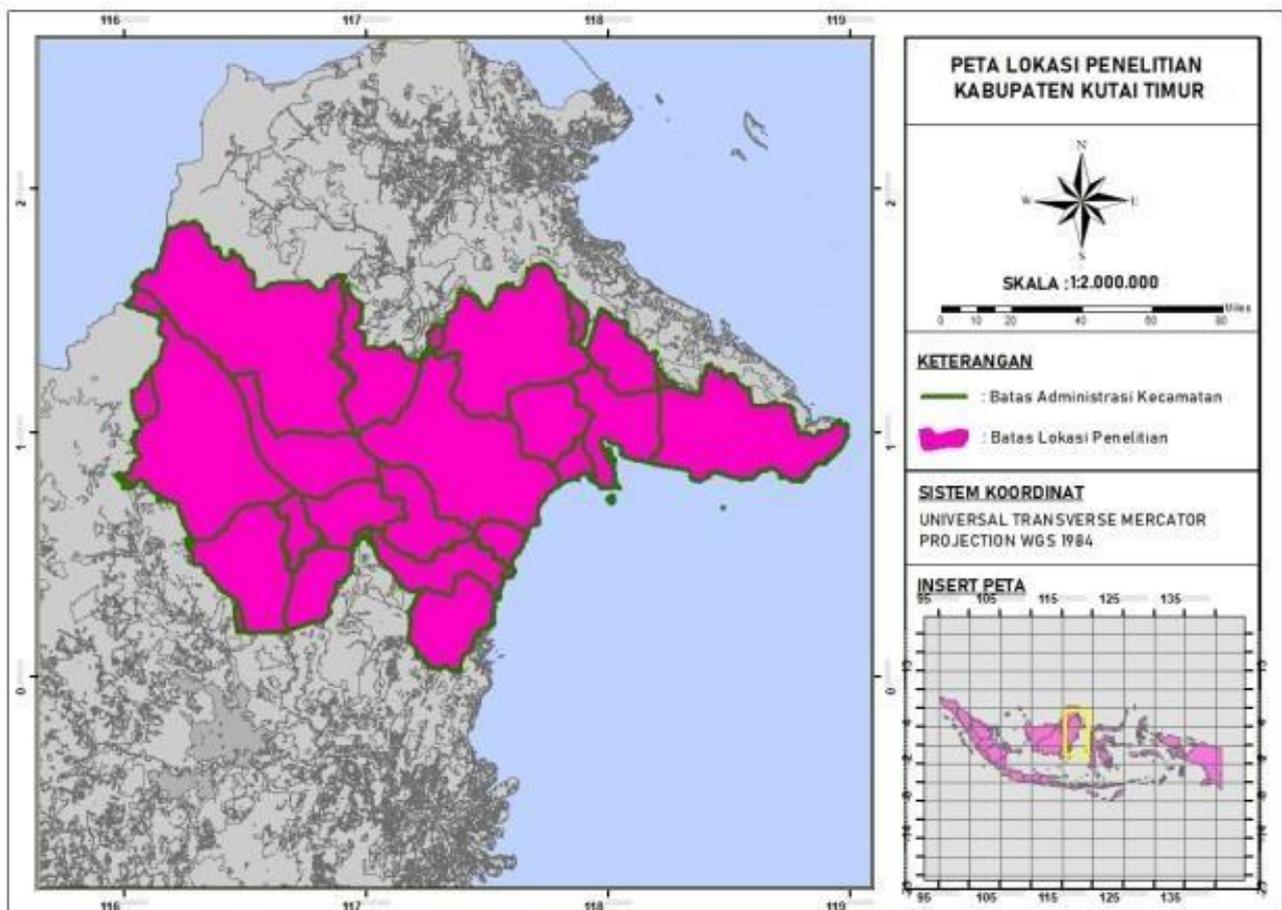
spasial untuk pengendalian kebakaran hutan maupun lahan diharapkan dapat meningkatkan pemahaman, pengawasan, pencegahan, dan penanggulangan bagi masyarakat sekitar. Dengan berlandaskan pada kondisi tersebut, diperlukan pengembangan model spasial yang menghasilkan sebuah peta yang dapat menggambarkan lokasi rawan terjadi bencana kebakaran pada areal hutan maupun lahan, tindakan ini dilakukan sebagai dasar referensi untuk pelaksanaan tindakan pengendalian bencana.

Tindakan dalam meramalkan dampak suatu bencana kebakaran yang mungkin terjadi di areal hutan dan lahan Kabupaten Kutai Timur dapat diwujudkan melalui pembuatan model kerentanan terhadap bencana kebakaran hutan maupun lahan dengan memanfaatkan data *hotspot*. Pemantauan terhadap data *hotspot* di seluruh wilayah Kutai Timur dilakukan menggunakan citra MODIS Terra dan Aqua yang diambil melalui website SiPongi+ dalam rentang waktu 2018 hingga 2023. Sebanyak 259 titik koordinat sebaran *hotspot* dengan tingkat kepercayaan tinggi, yaitu  $\geq 80\%$ , terdeteksi di wilayah administrasi Kutai Timur. Data *hotspot* ini akan dijadikan bahan model dengan menggunakan faktor dari alam, yaitu kelembapan udara, curah hujan, dan kecepatan angin, menggunakan perangkat lunak Maximum Entropi. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk 1) Mengidentifikasi sebaran *hotspot* dengan tingkat kepercayaan yang tinggi dan 2) Menentukan klasifikasi skala kerentanan kebakaran pada areal hutan ataupun lahan di wilayah administratif Kutai Timur.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Daerah administratif yang menjadi fokus penelitian yaitu Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur, dan memiliki luasan wilayah  $\pm 35.748$  km<sup>2</sup>. Wilayah ini mencakup Kecamatan Sangatta Utara dan Sangatta Selatan. Batas lokasi studi disajikan dalam Gambar 1.



**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian di Kampung Intu Lingau, Kecamatan Nyuatan, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur.

### Alat dan Bahan

Kajian ini menggunakan beberapa instrumen untuk membantu dalam penyelesaiannya seperti laptop yang digunakan untuk melakukan proses analisis data dan penyusunan dokumen penelitian, kemudian software Maximum Entropy digunakan dalam memodelkan data spasial distribusi kebakaran hutan dan lahan, software ArcGIS dan GEE (*Google Earth Engine*) diaplikasikan untuk pengolahan data spasial dan citra satelit, sedangkan untuk Software Microsoft Office dioperasikan dalam proses penyusunan dokumen penelitian.

### Prosedur Penelitian

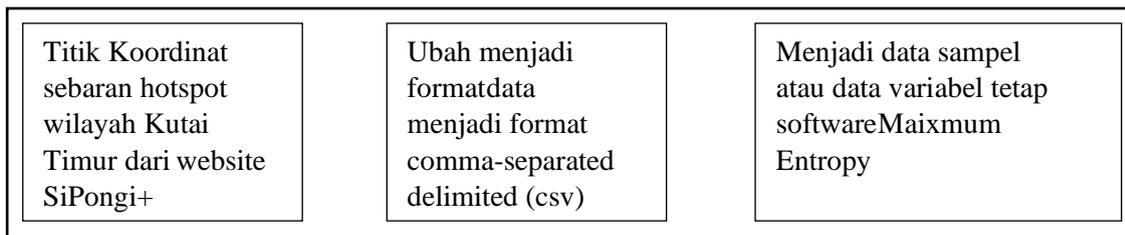
Pendekatan studi dalam penelitian dilakukan menggunakan dua pendekatan yang dikombinasikan, yaitu statistik deskriptif. Metode ini digunakan oleh peneliti dengan tujuan menguraikan atau menyajikan output data statistik hasil analisis model Maximum Entropy. Pendekatan Maximum Entropy memiliki algoritma pemodelan prediktif. Prinsip Maximum Entropy didasarkan pada kesimpulan statistik dan menggarisbawahi bahwa distribusi probabilitas harus sesuai dengan

informasi yang sebelumnya diketahui (Zainal, 2022). Pendekatan ini memberikan informasi mengenai distribusi data *hotspot* yang telah diolah secara spasial dan membentuk model kerentanan terhadap bencana kebakaran pada areal hutan maupun lahan di area penelitian dengan mempertimbangkan faktor lingkungan yang digunakan. Variabel utama dari penelitian ini adalah titik panas (*hotspot*) dengan tingkat kepercayaan tinggi >80% dalam selang waktu selama 5 tahun terakhir (2018-2023), faktor lingkungan atau variabel bebas yang digunakan yaitu dari faktor alam : curah hujan, kelembapan, dan kecepatan angin. Dalam Penelitian yang dilakukan Saharjo (2023) Tinggi dan rendahnya curah hujan dapat mengindikasikan adanya titik panas yang menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya kebakaran hutan dan lahan. Variabel kelembapan memiliki korelasi tertinggi yang memengaruhi terjadinya kebakaran (Putra, 2020), sedangkan untuk faktor lingkungan kecepatan angin menurut Wita (2023) angin dapat berkontribusi terhadap api dan mempercepat penyebaran api melalui hutan dengan membawa percikan api ke area yang lebih luas.

Faktor-faktor lingkungan tersebut digunakan karena memiliki hubungan yang cukup signifikan terhadap keberadaan *hotspot* yang memiliki kerentanan terhadap kejadian bencana kebakaran dalam suatu kawasan. Output dari model yang dilakukan dalam penelitian ini menghasilkan representasi visual dalam bentuk peta yang menunjukkan tingkat kerentanan terhadap bencana kebakaran di lingkup studi.

Penyusunan data variabel terikat menggunakan data *hotspot* untuk membangun model kesesuaian

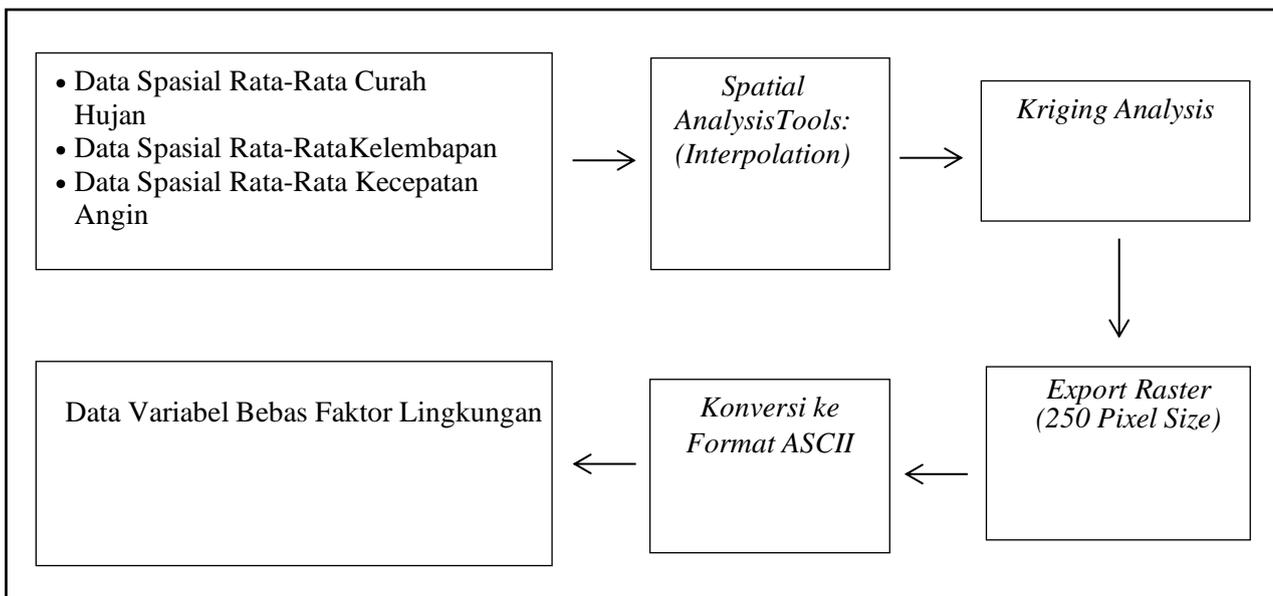
distribusi *hotspot* di wilayah Kutai Timur. Data koordinat *hotspot* merupakan data sekunder yang diperoleh dari website SiPongi+, data ini akan menjadi sampel utama dalam pengolahan analisis spasial dengan *software Maximum Entropy*. Data koordinat ditampilkan dalam format *comma-separated delimited* (csv). Gambar 2 Menyajikan proses analisis data variabel tetap sebaran *hotspot* di wilayah Kutai Timur dalam pemodelan spasial dengan pendekatan *software Maximum Entropy*:



**Gambar 2.** Analisis data variabel tetap (*Hotspot*)

Berikutnya dilakukan penyusunan data variabel bebas yaitu data spasial curah hujan, kelembapan dan kecepatan angin, semua data dari variabel bebas atau faktor lingkungan ini diambil rata-rata selama 5 tahun terakhir (2018-2023), untuk data spasial variabel bebas menggunakan analisis yang sama pada *software ArcGIS*, Data spasial curah hujan diperoleh melalui sumber informasi dari laman *CHIRPS*. Data spasial kelembapan dan kecepatan angin

diperoleh dari website *ERA5 ECMWF*, kemudian data spasial variabel bebas tersebut yang memiliki format raster akan dianalisis melalui *tools* dalam *software ArcGIS*, dan dikonversi menjadi format data yang dapat dijalankan di *software Maximum Entropy* yaitu format *ASCII* dengan ukuran resolusi serupa dari ketiga data spasial variabel bebas tersebut. Proses analisa data spasial variabel bebas dalam kajian ini ditampilkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Analisis data variabel bebas

Model distribusi hotspot di wilayah Kutai Timur yang dibangun dengan software Maximum Entropy perlu memperhatikan beberapa hal yang sesuai dengan persyaratan dan menggunakan parameter tertentu agar dapat menjalankan software tersebut. Persyaratan untuk membangun model ini yaitu data

sampel sebagai variabel tetap harus menggunakan format *Comma-Separated Delimited* (CSV) sedangkan untuk data variabel bebas dalam format ASCII. Pengaturan parameter yang digunakan dalam membangun model ini dalam software Maximum Entropy direpresentasikan pada Tabel 1.

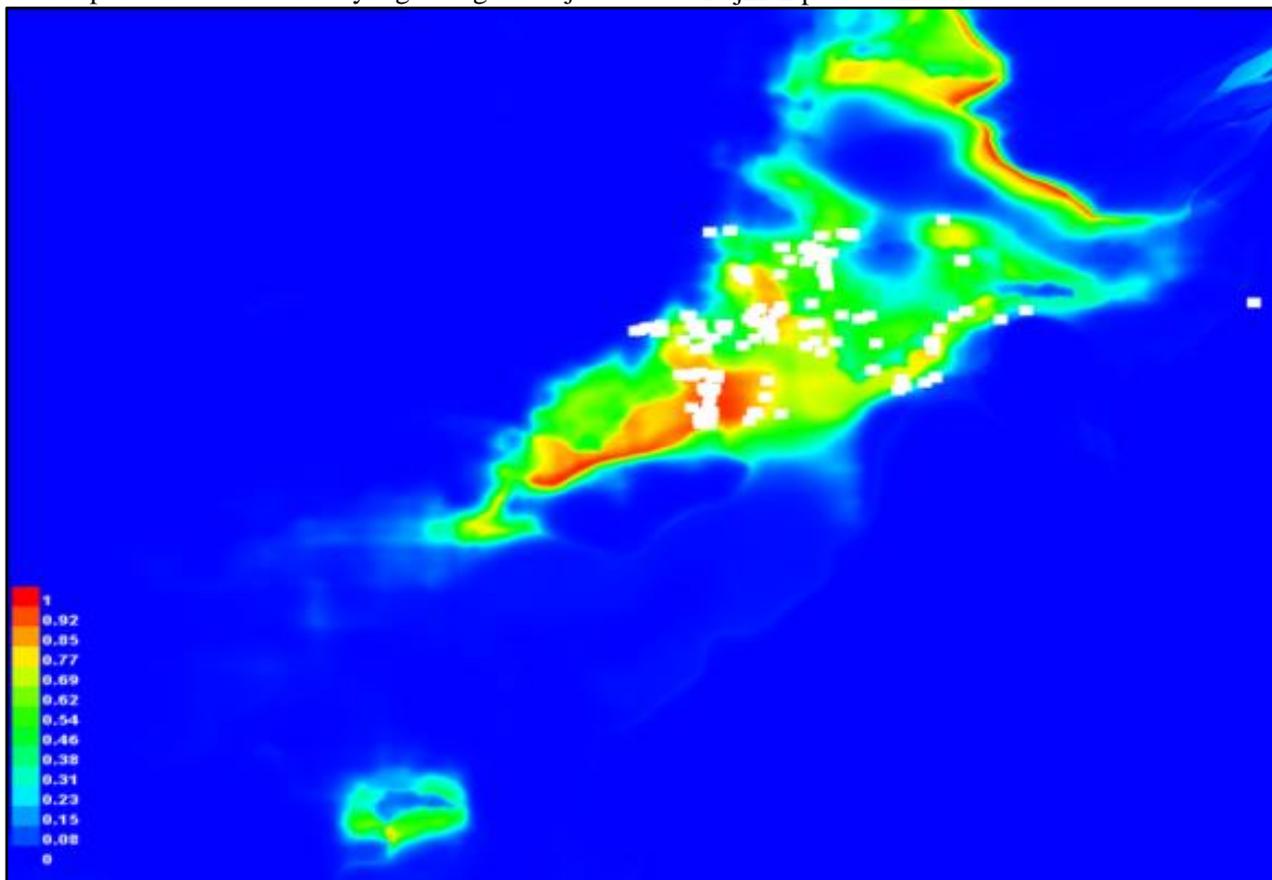
**Tabel 1.** Pengaturan parameter dasar dan parameter lanjutan *Software Maximum Entropy*

SETTINGS : PARAMETER BASIC	
Random Test Percentage	25 %
Regularization Multiplier	1
Max Number of Background Point	10.000
Replicates	1
Replicates Run Type	Subsample
SETTINGS : PARAMETER ADVANCE	
Maximum iterations	500
Convergence threshold	0,00001

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Representasi model yang dijalankan oleh *software Maximum Entropy* menghasilkan output distribusi *hotspot* di wilayah Kutai Timur dengan menunjukkan area prediksi derajat kerentanan terhadap bencana kebakaran yang mungkin terjadi

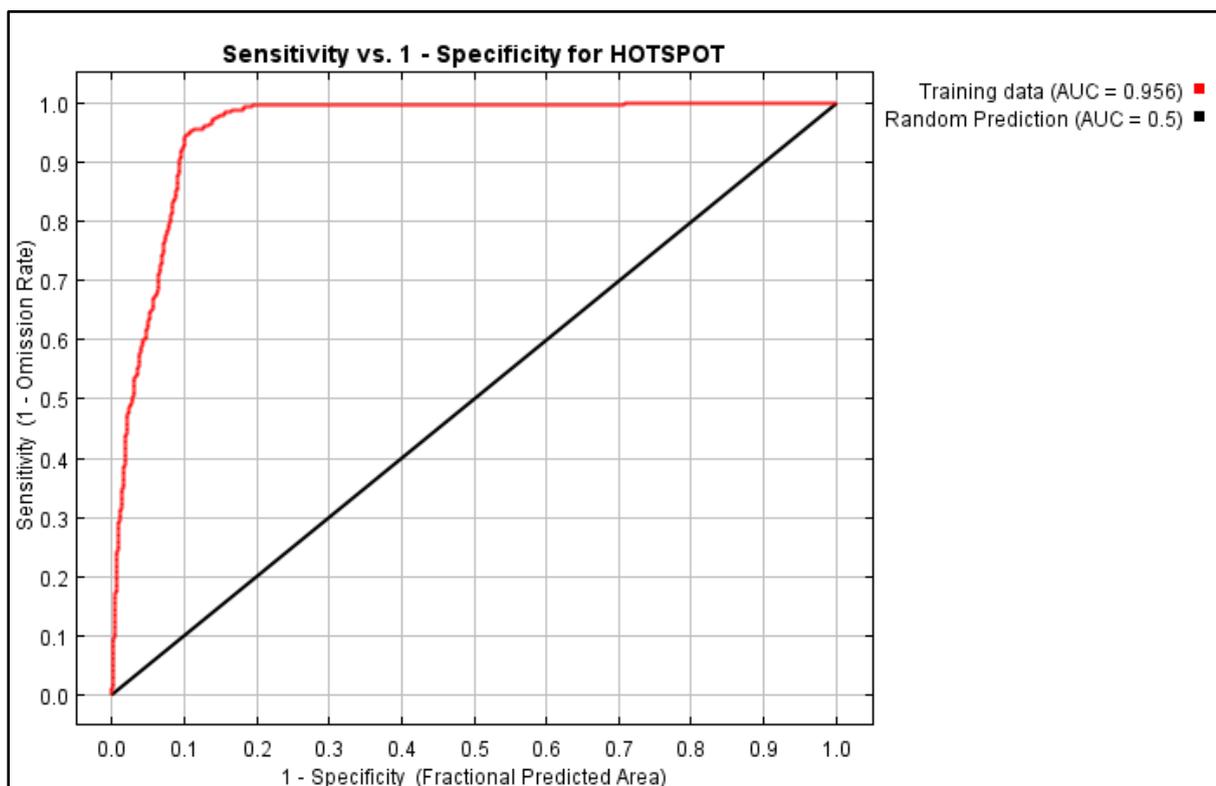
di areal hutan maupun lahan dalam lingkup studi. Model tersebut dibangun melalui korelasi antara sampel penelitian yaitu *hotspot* dengan variabel faktor lingkungannya yang menghasilkan model kerentanan kebakaran pada areal hutan maupun lahan di wilayah Kutai Timur, Model tersebut disajikan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Model sebaran *Hotspot*

Model sebaran *hotspot* tersebut dijalankan dengan menggunakan *software Maximum Entropy* menghasilkan berbagai warna dimana dari setiap warna tersebut memiliki rentang nilai dari 0 sampai 1, dimana ketika nilai dari warna tersebut mendekati 1 ataupun bernilai 1 maka menunjukkan bahwa area prediksi pada warna tersebut menunjukkan prediksi kepekaan signifikan terhadap risiko bencana kebakaran, khususnya untuk areal hutan dan lahan, ataupun lokasi dengan kerentanan tinggi, sedangkan untuk nilai dari warna yang mendekati nilai 0 ataupun bernilai 0 menunjukkan area prediksi pada warna tersebut

memiliki kerentanan yang rendah ataupun tidak ada kerentanan sama sekali pada area tersebut. Titik putih yang terdapat pada model tersebut menunjukkan lokasi kehadiran *hotspot* yang digunakan untuk menjalankan model *Maximum Entropy*. Data sampel yang digunakan atau data kehadiran (*presence*) *hotspot* sebanyak 259 titik yang dimanfaatkan dalam membangun model tersebut. di wilayah Kutai Timur memiliki hasil nilai AUC yang cukup baik yaitu 0.956, dengan nilai standar deviasi 0.005. Grafik nilai AUC pemodelan kerentanan kebakaran hutan dan lahan sebagaimana termuat dalam (Gambar 5).



**Gambar 5.** Grafik AUC Model

Kajian analisa kontribusi dalam (Tabel 2) menjelaskan setiap variabel lingkungan melalui proses spasial dan dimodelkan dengan *software Maximum Entropy* terhadap kehadiran sampel

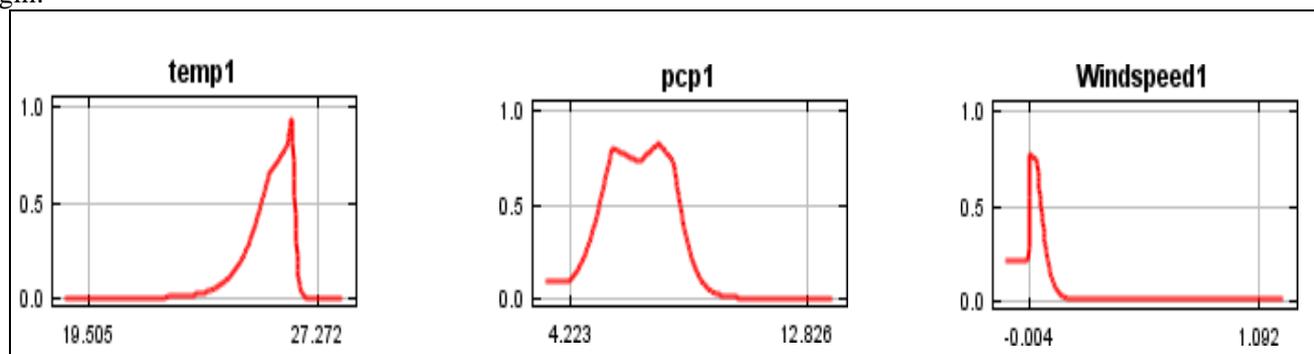
(*hotspot*) yang membangun representasi model kerentanan kebakaran hutan dan lahan wilayah Kutai Timur.

**Tabel 2.** Analisis kontribusi variabel

Variable	Percent Contribution (%)	Permutation Importance (%)
Windspeed	34,2	23,2
Precipitation	33,2	31,1
Temperature	32,6	45,7

Berdasarkan perkiraan kontribusi relatif variabel lingkungan terhadap model Maximum Entropy pada ketiga variabel yang digunakan dalam penelitian saling berkontribusi dalam merancang model kerentanan kebakaran hutan dan lahan wilayah Kutai Timur. Nilai *Percent Contribution* variabel yang paling berkontribusi dalam membangun model adalah kecepatan angin dengan nilai 34,2 %, sedangkan variabel yang memiliki tingkat kepentingan tertinggi terhadap model yang dijalankan adalah kelembapan dengan nilai 45,7 %. Faktor-faktor yang dimanfaatkan dalam memprediksi kerentanan kebakaran hutan dan lahan meliputi: 1) Suhu, 2) Curah hujan, dan 3) Kecepatan angin.

Faktor lingkungan yang digunakan dalam membangun model memiliki hubungan dengan terjadinya munculnya hotspot yang memicu kebakaran hutan dan lahan yang diakibatkan oleh faktor alam. Dimana faktor lingkungan yang digunakan dalam membangun model serupa dengan Santoso (2024) yaitu faktor alam yang mempengaruhi terjadinya kebakaran seperti kondisi cuaca dan iklim (sinar matahari, suhu udara, kelembapan udara, awan, curah hujan, dan angin). Data spasial variabel lingkungan dalam penelitian ini dijalankan dalam 1 kali replikasi, kurva respon hasil replikasi tersebut sebagaimana disajikan pada Gambar 6.

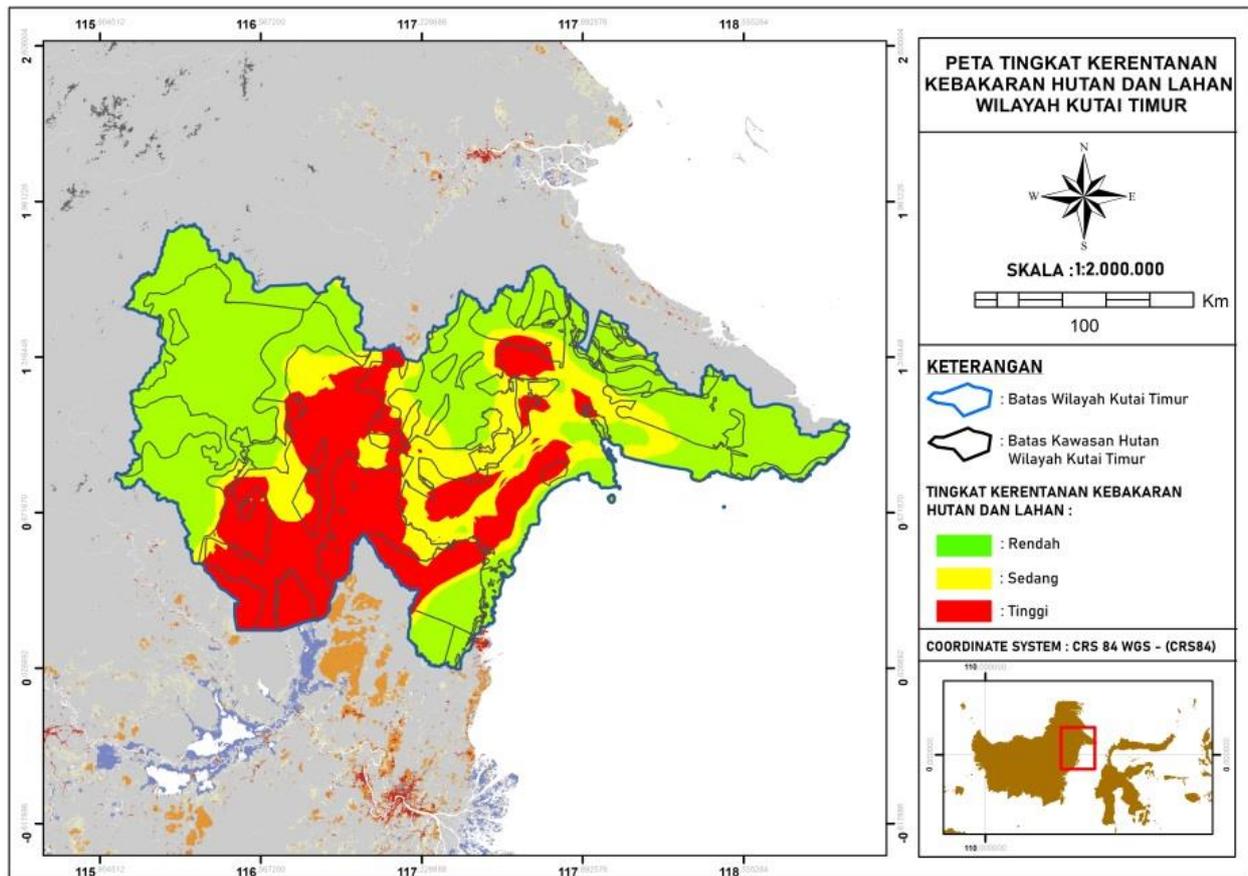


**Gambar 6.** Respon kurva variabel lingkungan pada model

Hasil menunjukkan respon variabel lingkungan terhadap model yang dibuat dimana respon variabel tersebut menggambarkan *software maximum entropy* ini membangun model kebakaran hutan dan lahan, pada variabel suhu yang sangat berpengaruh terhadap model adalah rata-rata harian suhu yang cukup tinggi, untuk pengaruh variabel curah hujan yang sangat berpengaruh terhadap model kerentanan kebakaran hutan dan lahan yaitu rata-rata harian curah hujan yang cukup rendah, sedangkan untuk variabel kecepatan angin yang berpengaruh terhadap model yaitu kecepatan

angin dengan rata-rata harian yang rendah.

Model distribusi hotspot yang telah didapatkan dari algoritma *Maximum Entropy* dengan memanfaatkan data faktor lingkungannya selama 5 tahun terakhir tersebut kembali diproses melalui aplikasi ArcGIS untuk memetakan output model sesuai dengan batas administrasi kawasan wilayah Kabupaten Kutai Timur dan batas kawasan hutannya dengan melakukan salah satu analisis di dalam software ArcGIS yaitu menggunakan *tool extract by mask*.



**Gambar 7.** Peta kerentanan kebakaran wilayah Kutai Timur

Berdasarkan informasi terkait mitigasi kerentanan kebakaran, terdapat tiga kategori tingkat kerentanan bencana kebakaran yang mungkin dapat terjadi di areal hutan dan lahan wilayah Kutai timur ditandai dengan warna yang berbeda, dimana warna hijau menyatakan bahwa pada kawasan tersebut memiliki tingkat kerentanan rendah, kemudian untuk tingkat kerentanan sedang berwarna kuning dan untuk kawasan yang memiliki tingkat kerentanan tinggi berwarna merah, dari hasil model kerentanan bencana yang dibangun khususnya bencana kebakaran wilayah Kutai Timur tertinggi terdapat pada status kawasan areal penggunaan lain dan hutan produksi berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Adam dkk. (2019) di Halmahera Utara dimana hutan produksi masuk ke dalam tingkat kerentanan kebakaran hutan dan lahan sedang, artinya setiap status kawasan dapat memiliki tingkat kerentanan yang berbeda sesuai dengan algoritma dan faktor lingkungan yang digunakan untuk membangun model, dan lahan, penyediaan informasi mengenai tingkat kerentanan kebakaran dapat menjadi informasi krusial bagi pemerintah dan masyarakat setempat. Ini memungkinkan mereka untuk selalu waspada terhadap faktor-faktor potensial yang dapat memicu kebakaran pada areal hutan maupun lahan.

Hal ini khususnya penting di wilayah-wilayah dengan tingkat kerentanan yang tinggi, sebagaimana ditemukan dalam penelitian Thoha (2014) yang menyatakan bahwa informasi peringatan bahaya bencana kebakaran berperan penting dalam pemantauan aktivitas kebakaran pada keseluruhan kawasan hutan dan lahan.

Kesimpulan yang dapat ditarik bahwa algoritma *maximum entropy* mampu untuk memodelkan probabilitas distribusi *hotspot* di wilayah Kabupaten Kutai Timur, dari semua faktor lingkungan yang di jalankan menggunakan *software maximum entropy* memiliki kontribusi yang seimbang dalam membangun sebuah model, robabilitas kerentanan kebakaran hutan dan lahan tertinggi dari model distribusi hotspot yang telah dibangun berada pada areal penggunaan lain dan hutan produksi di dalam kawasan administrasi Kabupaten Kutai Timur.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih ditujukan untuk Ditjen Pengendalian Perubahan Iklim Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, The European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF), dan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kalimantan Timur yang menyediakan data

dan berbagai pihak lainnya dalam membantu serta memberikan dukungan untuk dalam menyelesaikan kajian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdalla, R., dan Esmail, M. 2018. WebGIS for Disaster Management and Emergency Response. Springer.
- Adam. S. S., Rindarjono. M.G., Karyanto. P. 2019. Sistem Informasi Geografi untuk Zonasi Kerentanan Kebakaran Lahan dan Hutan di Kecamatan Malifut, Halmahera Utara. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 6(5): 556-566.
- Ghozali, A. dan Kautsar, E. 2022. Tipologi Wilayah Berdasarkan Tingkat Kerentanan di Wilayah Perkotaan Kabupaten Kutai Timur. *Region: Jurnal Pembangunan Wilayah dan Perencanaan Partisipatif*, 17(1): 181-198.
- Maulia, S. T., Utami, S., & Ichsan, M. 2023. Dampak Polusi Udara Akibat Kebakaran Hutan dan Lahan serta Upaya Pengurangannya Untuk Mempertahankan Ketahanan Energi. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 29(3), 384-400.
- Noor, Djauhari. 2014. Pengantar Mitigasi Bencana Geologi. Yogyakarta: Budi Utama.
- Novita, S. E., dan Mutya, V. 2021. Pemodelan Spasial Kerentanan Kebakaran Hutan dan Lahan di Kalimantan Timur. *Jurnal Fisika Unand*, 10(2), 232-238.
- Putra, E. I., dan Puspawati, I. L. 2020. Pengaruh Kelembapan, Suhu Udara dan Curah Hujan Terhadap Kejadian Kebakaran Gambut di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi. *Journal of Tropical Silviculture*, 11(3): 189-193.
- Rahmad, A., Kristiawan, S. A., dan Sambowo, K. A. 2016. Pengaruh Fire Safety Management Terhadap Keandalan Bangunan dalam Mengantisipasi Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah Susun di Makassar. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1): 149-158.
- Saharjo, B. H., & Hasanah, U. 2023. Analisis Faktor Penyebab Terjadinya Kebakaran Hutan dan Lahan di Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. *Journal of Tropical Silviculture*, 14(01), 25-29.
- Santoso, A. B., & Widodo, T. 2024. Predicting the Number of Forest and Land Fire Hotspot Occurrences Using the ARIMA and SARIMA Methods. *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi dan Komputer)*, 13(1): 119-129.
- Soleh, dkk. 2022. Analisis Potensi Bencana Kekeringan dan Upaya Mitigasinya di Desa Kampek, Bangkalan. *Natural Science Education Research*, 305-311.
- Thoha, A. S. 2014. Model Penguatan Kelembagaan Pengelolaan Risiko Kebakaran Hutan dan Lahan Berbasis Masyarakat.
- Wita, R. 2023. Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Udara dan Kecepatan Angin Untuk Deteksi Awal Kebakaran Berbasis Internet of Things (IoT) (Doctoral dissertation, Universitas Jambi).
- Zainal, I., Lestari F., Ramadhan. N., 2022. Maximum Entropy Based Urban Fire Risk Distribution Modeling Under Climate Influences in North, West, and South of Jakarta City. *Repotif : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(2): 1427-1434.