

## **Analysis Of Fire Risk For Forest And Land In West Kalimantan Using Logistic Regression Method With Generalized Extreme Value Approach**

### **Analisis Risiko Kebakaran Hutan Dan Lahan Daerah Kalimantan Barat Menggunakan Metode Regresi Logistik Dengan Pendekatan *Generalized Extreme Value***

**Radit Candra Nugroho<sup>1\*</sup>, Pratnya Paramitha Oktaviana<sup>2\*</sup>**

*\*Departemen Aktuaria, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

*Email: <sup>1</sup>raditcan.nugro@gmail.com, <sup>2</sup>paramita@statistika.its.ac.id*

#### **Abstract**

Forests in Indonesia have been reduced by half due to fires. Forest and land fires often occur during the long dry season in places such as the island of Borneo. West Kalimantan is an area passed by the equator which is directly above the Pontianak area. The main effect is to make West Kalimantan a tropical area with high air temperatures so that forest and land fires often occur. This study aims to obtain the results of the probability of land and forest fires in each district in West Kalimantan. The method used is binary logistic regression analysis with response variables in the form of data categories based on spatial data and analysis of extreme values with Generalized Extreme Value (GEV). Spatial analysis uses the help of ARCGIS software in processing raster data (grid cells). The data used is data on maximum temperature and maximum wind speed taken from October 7, 2021 to October 31, 2022 from the official NASA website. The spatial data used in this study is forest and land fire vulnerability data taken from the BNPB website in the form of raster data. The results of logistic regression analysis found that the maximum temperature variable has a negative relationship with the response variable, while the maximum speed of wind variable has a positive relationship with the response variable. The temporal probability of the resulting GEV is getting higher with a longer period of years ahead. The probability of forest and land fires is obtained by multiplying the log probability by the GEV temporal probability. In this study, it was found that the highest chance of forest and land fires occurring in Sanggau Regency was suspected to occur due to an increase in temperature every year.



**Keywords:** Generalized Extreme Value, Forest and Land Fires, Opportunity, Binary Logistic Regression, Spatial

### **Abstrak**

Hutan di Indonesia telah berkurang setengahnya yang disebabkan oleh kebakaran. Kebakaran hutan dan lahan sering terjadi saat musim kemarau panjang di berbagai tempat seperti pulau Kalimantan. Kalimantan Barat adalah daerah yang dilewati oleh garis khatulistiwa yang berada tepat di atas daerah Pontianak. Pengaruh utamanya adalah menjadikan Kalimantan Barat sebagai daerah tropik dengan suhu udara yang tinggi mengakibatkan sering terjadi kebakaran hutan dan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil peluang kebakaran hutan dan lahan pada setiap kabupaten di Kalimantan Barat. Metode yang digunakan adalah analisis regresi logistik biner dengan variabel respon berupa data kategori yang berdasarkan data spasial dan analisis nilai ekstrim dengan *Generalized Extreme Value* (GEV). Analisis spasial menggunakan bantuan *software* ARCGIS dalam mengolah data *raster* (sel *grid*). Data yang digunakan adalah data suhu maksimum dan kecepatan angin maksimum yang diambil pada rentang waktu tanggal 7 Oktober 2021 hingga tanggal 31 Oktober 2022 dari *website* resmi NASA. Data spasial yang digunakan pada penelitian ini adalah data kerentanan kebakaran hutan dan lahan yang diambil dari *website* BNPB yang berupa data *raster*. Hasil analisis regresi logistik didapatkan bahwa variabel suhu maksimum memiliki hubungan negatif dengan variabel respon sedangkan variabel kecepatan angin maksimum memiliki hubungan positif dengan variabel respon. Peluang temporal GEV yang dihasilkan semakin tinggi dengan semakin panjang periode tahun ke depan. Peluang kebakaran hutan dan lahan didapatkan dengan mengalikan peluang logit dengan peluang temporal GEV. Pada penelitian ini didapatkan peluang kebakaran hutan dan lahan paling tinggi terjadi pada Kabupaten Sanggau yang diduga terjadi karena kenaikan suhu setiap tahunnya.

**Kata kunci:** *Generalized Extreme Value*, Kebakaran Hutan Dan Lahan, Peluang, Regresi Logistik Biner, Spasial.

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia memiliki hutan tropis terluas ketiga di dunia. Saat ini, hampir setengah dari hutan Indonesia telah berkurang yang disebabkan karena kebakaran. Kebakaran hutan dan lahan sering terjadi saat musim kemarau panjang di berbagai tempat seperti pulau Kalimantan [11]. Kebakaran hutan dapat disebabkan oleh faktor cuaca ekstrim seperti suhu udara dan faktor cuaca lainnya [17]. Menurut *website* Bisnis Indonesia *Resources Center* (BIRC) luas kebakaran hutan dan lahan di Indonesia sebanyak 358.867 hektare (ha) pada 2021. Jumlah tersebut meningkat 20,85% dibandingkan pada 2020 seluas 296.942 ha [15].

Secara geografis, Kalimantan Barat dilewati oleh garis khatulistiwa yang berada tepat di atas daerah Pontianak. Pengaruh utamanya adalah Kalimantan Barat sebagai daerah tropik dengan suhu udara cukup tinggi yang mengakibatkan sering terjadi kebakaran hutan dan lahan [22]. Ancaman yang memiliki potensi besar dalam menghambat pembangunan yang berkelanjutan adalah kebakaran hutan karena efeknya langsung bagi ekosistem, seperti kerusakan ekologis, menurunnya keanekaragaman hayati, merosotnya nilai ekonomi hutan dan produktivitas tanah [23]. Menurut *website* Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada bulan April 2022, Provinsi Kalimantan Barat terdapat 1.259 titik api yang merupakan daerah dengan hotspot terbanyak [2]. Selain itu menurut *website* BIRC, kebakaran hutan dan lahan yang terjadi di Kalimantan Barat seluas 21.713 ha [21].

Penelitian mengenai kebakaran hutan pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian tersebut tentang pengaruh iklim terhadap peluang kebakaran hutan dengan tingkat keparahan tinggi di Amerika Barat. Hasil penelitian tersebut adalah variabel *hydroclimate* dan iklim serta sebagian dari variabel pengaturan biofisik, vegetasi dan bahan bakar yang ada sangat memengaruhi tingkat keparahan kebakaran hutan [13]. Penelitian kebakaran hutan tersebut dilanjutkan mengenai prediksi peningkatan keparahan kebakaran hutan yang tinggi untuk tiga kawasan hutan di Amerika Barat. Hasil dari penelitian ini adalah perubahan iklim sangat memengaruhi prediksi tingkat keparahan kebakaran [12].

Penelitian tentang kebakaran hutan di Indonesia juga pernah dilakukan. Penelitian tersebut mengenai analisis kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Riau. Hasil dari penelitian adalah model regresi logistik yang dibangun dapat memprediksi probabilitas kejadian kebakaran hutan/lahan sebesar 90,96% di Provinsi Riau [25].

Penelitian ini direncanakan menerapkan tentang peluang kebakaran hutan di Provinsi Kalimantan Barat. Oleh karena itu, penelitian kali ini menggunakan metode regresi logistik biner untuk mengolah data spasial *raster*, sedangkan metode analisis nilai ekstrim dilakukan dengan metode *Generalized Extreme Value* (GEV). Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data spasial *raster* pada *website* InaRISK dan data Iklim pada *website* NASA periode 7 Oktober 2021 – 31 Oktober 2022. Data spasial *raster* diubah menjadi kategori 0 dan 1 untuk menjadi variabel respon regresi logistik biner. Kategori 1 adalah luas kerentanan kebakaran yang tinggi daerah kabupaten di Kalimantan Barat lebih besar dari 60% dari luas kerentanan kebakaran tidak rentan sampai sedang, dan selain itu dikategorikan 0. Variabel prediktor yang digunakan adalah variabel suhu maksimum dan kecepatan angin maksimum. Selanjutnya data diolah untuk mendapatkan variabel prediktor yang signifikan serta peluang logit kebakaran hutan dan lahan di Kalimantan Barat. Kemudian variabel prediktor yang signifikan dihitung nilai *threshold* yang ditentukan dengan menggunakan metode *Mean Residual Life Plot* (MRLP). Variabel prediktor tersebut juga diolah menggunakan metode GEV untuk mendapatkan parameter GEV. Parameter GEV digunakan untuk menghitung peluang temporal GEV masing-masing variabel di kabupaten Kalimantan Barat. Kemudian, peluang logit dan peluang temporal GEV dikalikan untuk mendapatkan peluang kebakaran hutan dan lahan dengan kerentanan kebakaran yang tinggi. Penelitian ini diharapkan mendapatkan peluang kebakaran sebagai sarana mitigasi kebakaran hutan dan lahan di Kalimantan Barat.

## 1.2 Studi Literatur

### 1.2.1 Kerentanan Kebakaran Hutan Dan Lahan

Kebakaran hutan adalah suatu kondisi dimana hutan dilanda api sehingga menimbulkan kerusakan hutan yang mengakibatkan kerugian ekonomi dan lingkungannya [19]. Kerentanan bencana kebakaran lahan dan hutan merupakan suatu situasi dimana kondisi fisik lingkungan menjadi faktor utama penyebab kebakaran [1]. Peta kerentanan dapat dibagi-bagi ke dalam kerentanan sosial, ekonomi, fisik dan ekologi/lingkungan. Keempat kerentanan dijumlahkan sesuai porsi pada Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 sehingga hasil penjumlahan menjadi nilai indeks peta kerentanan kebakaran hutan dan lahan pada *website* InaRISK [4]. Terdapat beberapa kelas dalam mengelompokkan indeks kerentanan kebakaran hutan dan lahan pada *website* InaRISK yaitu pada Tabel 1.1 [5].

**Tabel 1.1.** Indeks Kerentanan Untuk Kebakaran Hutan Dan Lahan

<b>Kelas</b>	<b>Indeks</b>
Rendah	0,0-0,3
Sedang	0,3-0,6
Tinggi	0,6-1,0

Tabel 1.1 menunjukkan kerentanan dengan kelas rendah memiliki indeks sebesar 0-0,3, pada kelas sedang memiliki indeks 0,3-0,6, dan pada kelas tinggi memiliki indeks 0,6-1,0.

### 1.2.2 Analisis Spasial

Analisis spasial menggunakan bantuan *software* ARCGIS dalam mengolah data *raster*. Data *raster* (sel *grid*) adalah data yang dihasilkan dari sistem penginderaan jauh. Pada data *raster*, obyek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel *grid* yang disebut dengan *pixel* (*picture element*) [16]. *Tools* ARCGIS yang digunakan adalah *extract by mask* yang digunakan untuk memisahkan atau mengekstraksi peta data *raster*, *reclassify* digunakan untuk mengklasifikasikan data menjadi kelas yang diinginkan, dan *raster to polygon* digunakan untuk mengubah data *raster* (*layer*) menjadi bentuk poligon/vektor sehingga dapat dihitung luas pada peta data *raster*.

### 1.2.3 Regresi Logistik Biner

Regresi logistik biner adalah pendekatan model matematika yang digunakan untuk menganalisis hubungan beberapa faktor dengan sebuah variabel yang bersifat dikotomis (biner) [6]. Bentuk fungsi peluang dijelaskan pada Persamaan (1.1) [24].

$$p_j = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 x_{1j} + \beta_2 x_{2j} + \dots + \beta_i x_{ij})}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 x_{1j} + \beta_2 x_{2j} + \dots + \beta_i x_{ij})}} \quad (1.1)$$

dimana  $\beta_0$  adalah *intercept*,  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_i$  adalah *slope* dari *output* analisis regresi logistik,  $i$  adalah banyaknya variabel prediktor dan  $j = 1, 2, \dots, n$ . Persamaan (1.1) dapat ditransformasi logit seperti berikut.

$$\text{Logit}(p_j) = \ln \left[ \frac{p_j}{1 - p_j} \right] = \beta_0 + \sum_{h=1}^i \beta_h x_{hj} \quad (1.2)$$

dimana  $\frac{p_j}{1 - p_j}$  adalah *odd ratio*, dan  $x$  adalah variabel prediktor [26].

### 1.2.4 Extreme Value Theory

*Extreme Value Theory* (EVT) adalah metode yang bertujuan untuk memperkirakan peluang statistik dari kejadian yang jarang diamati. EVT dapat memperkirakan suatu kejadian ekstrem pada data berekor panjang [9]. Identifikasi nilai ekstrim menggunakan metode EVT dapat dilakukan dengan dua metode yaitu metode *Block Maxima* (BM) yang mengikuti distribusi *Generalized Extreme Value* (GEV) dan metode *Peaks Over Threshold* (POT) yang mengikuti *Generalized Pareto Distribution* (GPD) [18].

Metode BM merupakan metode yang mengidentifikasi nilai ekstrim melalui nilai maksimum dari data pengamatan yang dikelompokkan pada suatu blok atau periode tertentu [20]. Dalam berbagai kondisi, sampel nilai ekstrim yang diambil berdasarkan metode BM berdistribusi *Gumbel*, *Frechet*, atau *Weibull* [18]. Distribusi *Generalized Extreme Value* (GEV) adalah distribusi yang mencakup tiga distribusi nilai ekstrim tersebut dengan teori sampel besar [10]. *Cumulative Distribution Function* (CDF) dari GEV ditunjukkan oleh Persamaan (1.3).

$$F(x; \mu, \theta, \xi) = \begin{cases} \exp \left\{ - \left( 1 + \xi \left( \frac{x - \mu}{\theta} \right) \right)^{\frac{-1}{\xi}} \right\} & , -\infty < x < \infty, 1 + \xi \left( \frac{x - \mu}{\theta} \right) > 0 \\ \exp \left\{ - \exp \left( - \frac{x - \mu}{\theta} \right) \right\} & , -\infty < x < \infty, \xi = 0 \end{cases} \quad (1.3)$$

dimana  $\mu$  adalah parameter lokasi dengan  $-\infty < \mu < \infty$ ,  $\theta$  adalah parameter skala dengan  $\theta > 0$ , dan  $\xi$  adalah parameter bentuk [18]. Nilai ekstrim yang memiliki tren naik atau

turun, memungkinkan untuk dilakukan analisis model *non stasioner* berdasarkan distribusi GEV dengan parameter yang bergantung pada waktu [14].

$$\mu(t) = \mu_0 + \mu_1 t \quad (1.4)$$

$$\ln \theta(t) = \theta_0 + \theta_1 t \quad (1.5)$$

Sedangkan parameter  $\xi$  diasumsikan tetap sehingga CDF dari distribusi *non stationary* GEV sebagai berikut [18].

$$F(x; \mu(t), \theta(t), \xi) = \begin{cases} \exp \left\{ - \left( 1 + \xi \left( \frac{x - \mu(t)}{\theta(t)} \right)^{\frac{1}{\xi}} \right)^{-\frac{1}{\xi}} \right\} & , -\infty < x < \infty, \\ & 1 + \xi \left( \frac{x - \mu(t)}{\theta(t)} \right)^{\frac{1}{\xi}} > 0 \\ \exp \left\{ - \exp \left( - \frac{x - \mu(t)}{\theta(t)} \right) \right\} & , -\infty < x < \infty, \xi = 0 \end{cases} \quad (1.6)$$

POT adalah metode untuk menentukan distribusi dari pengamatan yang melebihi suatu nilai yang disebut *threshold* ( $u$ ). Nilai *threshold* adalah ambang batas yang menjadi acuan dari pengamatan bernilai ekstrem. Nilai-nilai yang berada di atas *threshold* merupakan nilai ekstrem [9]. Fungsi distribusinya adalah sebagai berikut

$$G_{\xi, \theta}(y) = \begin{cases} 1 - \left( 1 + \frac{\xi}{\theta} y \right)^{-\frac{1}{\theta}} & , \text{Jika } \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-\frac{y}{\theta}} & , \text{jika } \xi = 0 \end{cases} \quad (1.7)$$

Jika  $y \in [0, (x_f - u)]$ , maka  $\xi \geq 0$ . Jika  $y \in [0, -\frac{\theta}{\xi}]$ , maka  $\xi < 0$ . Notasi  $G_{\xi, \theta}(y)$  adalah *Generalized Pareto Distribution* (GDP) [7].

### 1.2.5 Mean Residual Life Plot

Penentuan nilai ambang  $u$  dalam sebaran GPD dapat menggunakan *Mean Residual Life Plot* (MRLP) [20]. *Mean Excess Function* (MEF) yang dinotasikan sebagai  $e_m(u)$ .

$$e_m(u) = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (x_k - u) \quad (1.8)$$

MRLP memberikan perkiraan yang valid jika ambang batas  $u_0$  sesuai dan wilayah  $u > u_0$  dari MRLP mendekati garis linier [8].

### 1.2.6 Peluang Temporal

Peluang temporal suhu maksimum dan kecepatan angin maksimum dapat dihitung menggunakan pendekatan atau formula yang berasal dari penelitian peluang temporal tentang bencana tanah longsor sebelumnya sebagai berikut [14].

$$Pr(u_{th}, N) = 1 - \prod_{t=n+1}^{n+N} F_{NS\_GEV}(u_{th}; \mu(t), \theta, \xi) \quad (1.9)$$

dimana  $u_{th}$  adalah nilai ambang batas,  $N$  adalah periode  $N$ -tahun ke depan,  $t$  adalah waktu tahun ini diasumsikan sebagai  $t = n$ ,  $F_{NS\_GEV}$  adalah CDF *non stationary* GEV,  $\mu$  adalah parameter lokasi GEV,  $\theta$  adalah parameter skala GEV, dan  $\xi$  adalah parameter *shape* GEV [14].

### 1.2.7 Peluang

Dua kejadian A dan B saling bebas (*independent*) jika  $P(A \cap B) = P(A) \times P(B)$  yang artinya kejadian A tidak dipengaruhi oleh kejadian B atau sebaliknya kejadian B tidak

dipengaruhi oleh kejadian  $A$ , maka  $P(A \cap B) = P(A) \times P(B)$ . sementara itu, dua kejadian  $A$  dan  $B$  dikatakan saling asing (*mutually exclusive*) jika kedua kejadian  $A$  dan  $B$  mustahil terjadi pada waktu bersamaan  $P(A \cap B) = 0$  [3].

Pada penelitian ini peluang logit kebakaran hutan dan peluang temporal GEV kebakaran hutan tidak asing karena ada kemungkinan kedua peluang terjadi pada waktu bersamaan. Sementara itu, peluang logit kebakaran hutan dan peluang temporal GEV kebakaran hutan diasumsikan saling bebas. Maka peluang kebakaran hutan adalah peluang irisan antara peluang logit dan peluang temporal GEV dimana peluang tersebut dapat dihitung dengan mengalikan kedua peluang.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan data sekunder yaitu data iklim dan data spasial. Data iklim yang digunakan adalah data suhu maksimum dan kecepatan angin maksimum sebagai variabel prediktor  $X$ . Data tersebut diambil pada rentang waktu tanggal 7 Oktober 2021 hingga tanggal 31 Oktober 2022 dari *website* <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> yang merupakan *website* resmi NASA. Data spasial yang digunakan pada penelitian ini adalah data kerentanan kebakaran hutan dan lahan berupa gambar yang diambil dari *website* [inarisk.bnpb.go.id](http://inarisk.bnpb.go.id) dari BNPB. Data tersebut berupa data *raster* (.lyr). Data tersebut diolah sehingga didapatkan kategori untuk variabel respon  $Y$ . Variabel yang digunakan adalah sebagai berikut.

**Tabel 2.1.** Variabel Penelitian

Nama Variabel	Keterangan	Skala
$Y$	Kelas kerentanan kebakaran hutan dan lahan Kategori 0 : tidak rentan, rendah, dan sedang Kategori 1 : tinggi	Nominal
$X_1$	Suhu maksimum ( $^{\circ}\text{C}$ )	Interval
$X_2$	Kecepatan angin maksimum (m/s)	Rasio

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

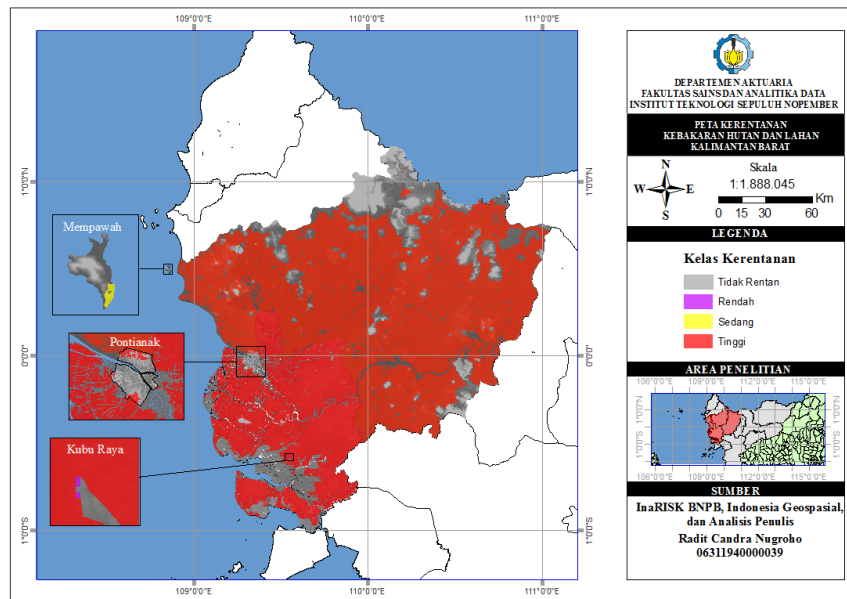
### 3.1 Kerentanan Kebakaran Hutan Dan Lahan

Data kerentanan kebakaran hutan dan lahan dapat diakses pada *website* InaRISK BNPB. Data yang diambil dalam bentuk data *raster* (gambar) yang memiliki format *layer* (.lyr) yang diolah untuk menentukan kategori variabel respon regresi logistik biner berdasarkan perhitungan persentase wilayah 5 kabupaten Kalimantan Barat yang dipilih sebagai objek penelitian ini dengan bantuan *software* ARCGIS. Kombinasi kabupaten untuk objek penelitian dipilih berdasarkan kombinasi kabupaten dari 12 kabupaten yang memenuhi uji kesesuaian model regresi logistik biner dan uji *Kolmogorov-Smirnov* GEV. Hasil dari pemilihan didapatkan kombinasi 5 kabupaten yaitu Kabupaten Kubu Raya, Kota Pontianak, Kabupaten Mempawah, Kabupaten Landak, dan Kabupaten Sanggau. Data kerentanan yang diunduh berupa peta seluruh wilayah Indonesia oleh karena itu perlu dilakukan ekstraksi untuk mendapatkan peta kabupaten Kalimantan Barat. Ekstraksi dilakukan antara data kerentanan (.lyr) dan data batas administrasi (.shp). Data batas administrasi dapat diunduh pada *website* Indonesia Geospasial pada link <https://www.indonesia-geospasial.com/>. Data yang diunduh pada *website* Indonesia

## JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Radit Candra Nugroho, Pratnya Paramitha Oktaviana

Geospasial berupa data batas administrasi kabupaten seluruh Indonesia. Ekstraksi dilakukan dengan input data layer kerentanan dan memotongnya berdasarkan bentuk dari peta batas administrasi masing-masing kabupaten. *Output* dari ekstraksi memiliki warna yang nilai indeksnya tidak sesuai dengan indeks kerentanan pada BNPB yang memiliki 3 kelas kerentanan yaitu indeks kerentanan rendah (0,0-0,3), kerentanan sedang (0,3-0,6), dan kerentanan tinggi (0,6-1,0). Oleh karena itu, *reclassify* dilakukan untuk mengelompokkan 3 indeks kerentanan yang memiliki warna abu-abu berarti tidak rentan, warna ungu berarti kerentanan rendah, warna kuning berarti kerentanan sedang, dan warna merah berarti kerentanan tinggi.



**Gambar 3.1.** Peta Kerentanan 5 Kabupaten Kalimantan Barat

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah dari Kabupaten Kubu Raya, Mempawah, Landak, dan Sanggau memiliki kelas kerentanan tinggi dilihat dari banyaknya warna merah, sedangkan wilayah dengan kelas kerentanan yang kategorinya tidak rentan, rendah, dan sedang hanya sebagian kecil saja dimana pada Kabupaten Mempawah terdapat contoh dari kerentanan sedang dan pada Kabupaten Kubu Raya terdapat contoh dari kerentanan rendah. Kota Pontianak hanya memiliki kerentanan tinggi pada sebagian kecil wilayahnya saja dan tidak rentan pada sebagian besar wilayahnya. Kemudian, hasil *reclassify* diubah menjadi data poligon dengan menggunakan *raster to polygon* untuk menghitung luas kerentanan yang dihitung dengan menggunakan bantuan ARCGIS.

**Tabel 3.1.** Kategori 5 Kabupaten Kalimantan Barat

Kabupaten	Persentase Kerentanan Tinggi	Kategori
Kubu Raya	80,228%	1
Pontianak	16,229%	0
Mempawah	86,499%	1
Landak	75,308%	1
Sanggau	78,447%	1

Luas kerentanan dengan kelas kerentanan tinggi yang berpersentase lebih dari 60% luas total kabupaten dikategorikan 1 pada variabel respon regresi logistik biner. Selain itu, akan di kategorikan 0 pada variabel respon regresi logistik biner. Hasil kategori untuk 5 Kabupaten Kubu Raya, Pontianak, Mempawah, Landak, dan Sanggau pada Tabel 3.1 yang

menunjukkan kategori 0 hanya terdapat pada Pontianak sedangkan kabupaten yang lain berkatagorikan 1 pada variabel respon regresi logistik.

### 3.2 Regresi Logistik Biner

Analisis regresi logistik Biner dilakukan terlebih dahulu sebelum menghitung peluang logit. Data yang dianalisis sebanyak  $390 \times 5$  observasi atau sebanyak 1950 observasi. Dalam model regresi logistik biner terdapat dua variabel yang dianalisis yaitu  $X_1$  sebagai suhu maksimum ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan  $X_2$  sebagai kecepatan angin maksimum (m/s). Tingkat signifikansi yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,05 atau 5%.

Uji serentak dilakukan dengan menggunakan uji G. Didapatkan nilai  $p$ -value = 0,000 kurang dari 0,05 atau 5% yang berarti keputusan tolak  $H_0$  sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter  $\beta$  signifikan memengaruhi variabel respon secara keseluruhan.

Uji parsial dilakukan dengan menggunakan uji *Wald*. Hasil uji parsial ada pada Tabel 3.2

**Tabel 3.2.** Hasil Uji Parsial

Variabel	$\beta$	$W^2$	$P$ -Value	Keputusan
$\beta_0$	13,072			
$X_1$	-0,422	48,258	0,000	Tolak $H_0$
$X_2$	0,347	23,956	0,000	Tolak $H_0$

Tabel 3.2 menunjukkan bahwa nilai *wald* suhu maksimum ( $X_1$ ) dan kecepatan angin maksimum ( $X_2$ ) adalah  $\sqrt{48,258} = 6,947$  dan  $\sqrt{23,956} = 4,894$  dimana lebih besar dari  $Z_{0,05/2} = 1,96$  dan  $p$ -value = 0,000 kurang dari 5% yang berarti keputusan tolak  $H_0$  sehingga dapat disimpulkan variabel suhu maksimum dan kecepatan angin berpengaruh secara signifikan terhadap model. Hal ini berarti variabel suhu dan kecepatan angin berpengaruh terhadap terjadinya kebakaran hutan dan lahan [17].

Setelah uji serentak dan parsial signifikan, persamaan logit dapat dibentuk sesuai persamaan sebagai berikut

$$\text{Logit}(p) = \ln \left[ \frac{p}{1-p} \right] = 13,072 - 0,422 X_1 + 0,347 X_2 \quad (3.1)$$

Persamaan logit seharusnya suhu maksimum ( $X_1$ ) berhubungan positif terhadap variabel responnya ( $Y$ ) [12]. Namun, pada Persamaan (3.1) variabel prediktor suhu maksimum memiliki hubungan negatif terhadap variabel respon. Hal ini disebabkan karena data kerentanan kebakaran hutan dan lahan pada Kota Pontianak memiliki daerah yang mayoritas wilayah perkotaan namun memiliki suhu maksimum tertinggi pada regresi logistik biner. Data kerentanan kebakaran hutan dan lahan pada InaRISK hanya meliputi hutan, lahan perkebunan, padang rumput kering dan belukar, dan lahan pertanian sehingga Kota Pontianak yang mayoritas wilayahnya perkotaan termasuk ke dalam kelas tidak rentan yang berkatagorikan 0. Jadi karena hal tersebut suhu maksimum memiliki hubungan negatif dengan variabel respon sedangkan kecepatan angin maksimum ( $X_2$ ) memiliki hubungan positif terhadap variabel respon ( $Y$ ).

Berdasarkan uji kesesuaian model yang dilakukan dengan menggunakan uji *Hosmer and Lemeshow* didapatkan  $p$ -value = 0,665 lebih besar dari 0,05 yang berarti keputusan gagal tolak  $H_0$  dengan kesimpulan model regresi logistik biner yang terbentuk telah sesuai yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pengamatan dengan kemungkinan hasil prediksi model.

Peluang kebakaran hutan dan lahan untuk 5 kabupaten Kalimantan Barat dilakukan dengan menghitung peluang logit. Peluang logit dihitung dengan mengubah Persamaan (3.1) menjadi bentuk peluang logit pada Persamaan (3.2) sesuai dengan Persamaan (1.1).



$$p = \frac{e^{(13,072-0,422 X_1+0,347 X_2)}}{1 + e^{(13,072-0,422 X_1+0,347 X_2)}} \quad (3.2)$$

Untuk mendapatkan peluang logit substitusikan nilai  $X_1$  dan  $X_2$  dengan nilai *threshold* MRLP pada variabel  $X_1$  dan  $X_2$ . Nilai-nilai *threshold* dievaluasi satu per satu dengan analisis *Generalized Pareto Distribution* (GPD). Penentuan nilai *threshold* berdasarkan uji kesesuaian distribusi lebih besar dari 0,05, *p-value*, AIC terkecil, dan uji *Mann Kendall* lebih besar dari 0,05. Hasil dari evaluasi *threshold* didapatkan seperti pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3.** *Threshold* MRLP Regresi Logistik Biner

Variabel	<i>Threshold</i>
$X_1$	30,84 °C
$X_2$	5,54 m/s

Nilai *threshold* tersebut disubstitusikan ke Persamaan (3.2) dan didapatkan peluang logit 5 kabupaten Kalimantan Barat sebagai sebesar 0,879 atau 87,9% yang berarti peluang terjadinya kebakaran hutan dan lahan pada 5 kabupaten Kalimantan Barat secara keseluruhan sebesar 87,9%.

### 3.3 Peluang Temporal

Identifikasi nilai ekstrim dengan *Block Maxima* (BM) dapat dilakukan dengan jumlah data sebanyak 390 hari observasi dibagi setiap 13 hari sehingga menjadi 30 blok untuk masing-masing variabel 5 kabupaten. Jumlah nilai ekstrim dari hasil metode BM adalah 30 data nilai ekstrim.

Untuk menguji apakah terdapat pola *trend* atau tidak ada pola *trend* pada nilai ekstrim maka dilakukan uji *Mann Kendall* pada data ekstrim, dan diperoleh hasil seperti Tabel 3.4 berikut ini.

**Tabel 3.4.** Hasil Uji *Mann Kendall* 5 Kabupaten

Kabupaten/Kota	Variabel	$Z_{hitung}$	<i>P-value</i>
Kubu Raya	$X_1$	-2,516	0,012
	$X_2$	0,536	0,592
Pontianak	$X_1$	-1,892	0,058
	$X_2$	0,678	0,498
Mempawah	$X_1$	1,126	0,260
	$X_2$	0,928	0,354
Landak	$X_1$	-1,641	0,101
	$X_2$	2,379	0,017
Sanggau	$X_1$	-1,482	0,138
	$X_2$	0,448	0,654

Tabel 3.4 menunjukkan variabel  $X_1$  Kubu Raya dan  $X_2$  Landak memiliki *p-value* kurang dari 0,05 dan nilai  $|Z_{hitung}|$  lebih besar dari nilai  $Z_{\frac{0,05}{2}}$  sehingga tolak  $H_0$  dapat disimpulkan terdapat pola *trend*, sedangkan variabel lainnya tidak terdapat pola *trend*.

Data ekstrim suhu maksimum dan kecepatan angin maksimum yang berjumlah 30 data masing-masing dilakukan estimasi parameter yang menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Nilai hasil estimasi parameter GEV terdapat pada Tabel 3.5 yang digunakan untuk menghitung CDF GEV suhu maksimum maupun kecepatan angin maksimum.

Setelah estimasi parameter dilakukan dan parameter GEV didapatkan, perlu dilakukan pengujian kesesuaian distribusi. Uji kesesuaian distribusi menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hasil dari uji tersebut menunjukkan semua 30 blok data suhu maksimum ( $X_1$ ) dan

kecepatan angin maksimum ( $X_2$ ) dari 5 kabupaten memiliki  $D_{hitung}$  yang lebih kecil dari  $D_{0,05} = 0,242$  atau  $P$ -value lebih besar dari 0,05, maka keputusan gagal tolak  $H_0$ . Dapat disimpulkan bahwa 30 blok data suhu maksimum dan kecepatan angin maksimum sudah sesuai mengikuti distribusi GEV.

*Threshold* MRLP perlu dihitung untuk digunakan dalam menghitung peluang temporal GEV masing-masing variabel dari 5 kabupaten. Nilai-nilai *threshold* dievaluasi satu per satu dengan analisis *Generalized Pareto Distribution* (GPD). Penentuan nilai *threshold* berdasarkan uji kesesuaian distribusi lebih besar dari 0,05,  $p$ -value, AIC terkecil, dan uji *Mann Kendall* lebih besar dari 0,05. Hasil dari evaluasi *threshold* didapatkan seperti pada Tabel 3.6.

**Tabel 3.5.** Estimasi Parameter GEV 5 Kabupaten

Kabupaten/Kota	Variabel	Parameter	Simbol	Estimasi
Kubu Raya	$X_1$	Lokasi 0	$\mu_0$	30,697
		Lokasi 1	$\mu_1$	-0,029
		Skala	$\theta$	0,477
		Shape	$\xi$	-0,695
	$X_2$	Lokasi	$\mu$	1,863
		Skala	$\theta$	0,140
Shape		$\xi$	-0,451	
Pontianak	$X_1$	Lokasi	$\mu$	30,474
		Skala	$\theta$	0,552
		Shape	$\xi$	-0,386
	$X_2$	Lokasi	$\mu$	1,876
		Skala	$\theta$	0,270
		Shape	$\xi$	-0,166
Mempawah	$X_1$	Lokasi	$\mu$	29,365
		Skala	$\theta$	0,589
		Shape	$\xi$	-0,270
	$X_2$	Lokasi	$\mu$	5,288
		Skala	$\theta$	0,909
		Shape	$\xi$	-0,319
Landak	$X_1$	Lokasi	$\mu$	30,090
		Skala	$\theta$	0,549
		Shape	$\xi$	-0,349
	$X_2$	Lokasi 0	$\mu_0$	1,193
		Lokasi 1	$\mu_1$	0,004
		Skala	$\theta$	0,101
Shape		$\xi$	-0,240	
Sanggau	$X_1$	Lokasi	$\mu$	30,051
		Skala	$\theta$	0,531
		Shape	$\xi$	-0,283
	$X_2$	Lokasi	$\mu$	1,222
		Skala	$\theta$	0,090
		Shape	$\xi$	-0,122

Tabel 3.6. *Threshold* MRLP 5 Kabupaten

Kabupaten/Kota	Variabel	$Z_{hitung}$	$P$ -value
Kubu Raya	$X_1$	-2,516	0,012
	$X_2$	0,536	0,592
Pontianak	$X_1$	-1,892	0,058
	$X_2$	0,678	0,498
Mempawah	$X_1$	1,126	0,260
	$X_2$	0,928	0,354
Landak	$X_1$	-1,641	0,101
	$X_2$	2,379	0,017
Sanggau	$X_1$	-1,482	0,138
	$X_2$	0,448	0,654

Nilai parameter pada Tabel 3.5 dan nilai *threshold* pada Tabel 3.6 digunakan dalam menghitung peluang temporal GEV variabel suhu maksimum dan kecepatan angin maksimum pada masing-masing kabupaten. Hasil peluang temporal GEV dari 2 variabel tersebut dikalikan pada masing-masing kabupaten sehingga hasil dari perkalian adalah peluang temporal dari kabupaten. Hasil peluang temporal GEV dari 5 kabupaten untuk periode 1, 3, dan 5 tahun ke depan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7. Peluang Temporal 5 Kabupaten

$N$	$Pr_{Kubu\ Raya}$	$Pr_{Pontianak}$	$Pr_{Mempawah}$	$Pr_{Landak}$	$Pr_{Sanggau}$
1	0,370	0,219	0,071	0,115	0,504
3	0,873	0,720	0,367	0,504	0,931
5	0,976	0,915	0,609	0,764	0,988

Data pada Tabel 3.7 menunjukkan peluang temporal 1, 3, dan 5 tahun ke depan untuk variabel suhu maksimum dan kecepatan angin maksimum yang semakin panjang periodenya, semakin mendekati 1 atau 100% yang berarti peluang terjadinya kebakaran hutan dan lahan semakin tinggi.

### 3.4 Peluang Kebakaran Hutan Dan Lahan

Peluang kebakaran hutan dan lahan 5 kabupaten didapatkan dengan cara mengalikan peluang logit yang sudah diperoleh sebelumnya dengan peluang temporal GEV masing-masing kabupaten. Hasil peluang kebakaran hutan dan lahan masing-masing kabupaten untuk 1, 3, dan 5 periode ke depan pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Peluang Kebakaran 5 Kabupaten

$N$	Kubu Raya	Pontianak	Mempawah	Landak	Sanggau
1	0,325	0,193	0,062	0,101	0,443
3	0,767	0,633	0,323	0,443	0,818
5	0,858	0,804	0,535	0,672	0,868

Tabel 3.8 menunjukkan peningkatan peluang kebakaran 5 kabupaten yang diduga terjadi karena kenaikan suhu setiap tahunnya. Kabupaten Kubu Raya sebagian besar daerahnya adalah hutan dan jenis tanahnya adalah gambut dimana jenis tanah ini mudah terjadi kebakaran hutan dan lahan ketika tanah dalam keadaan kering. Kebakaran yang terjadi pada waktu sebelumnya membuat tanah pada lokasi kebakaran menjadi kering dan rusak. Tanah yang kering dan rusak tersebut yang menyebabkan peluang kebakaran semakin tinggi akibat tumpukan kebakaran hutan dan lahan yang berulang-ulang di lokasi yang sama.

Kenaikan suhu pada Kota Pontianak diperkuat pada data suhu maksimum dimana mayoritas nilai maksimum dari data suhu maksimum 5 kabupaten terletak pada Kota

Pontianak. Terlebih lagi, Kota Pontianak terletak pada garis khatulistiwa dimana suhu cenderung tinggi dari daerah lainnya. Hal tersebut yang membuat kenaikan peluang kebakaran Kota Pontianak tinggi.

Kabupaten Mempawah adalah daerah yang memiliki kecepatan angin yang kencang. Hal ini diperkuat bahwa nilai maksimum dari data kecepatan angin maksimum 5 kabupaten terletak pada Kabupaten Mempawah. Suhu yang tinggi diikuti dengan angin yang kencang mengakibatkan peningkatan peluang terjadinya kebakaran semakin meningkat. Akan tetapi, peningkatan peluang kebakaran tidak setinggi dibandingkan dengan 4 kabupaten lainnya.

Sebagian besar struktur tanah Kabupaten Landak adalah tanah yang memiliki banyak kandungan batuan mineral sehingga tanah sulit untuk menyerap air yang menyebabkan tanah mudah kering. Tanah yang kering berpeluang besar untuk terjadi kebakaran hutan dan lahan diikuti dengan peningkatan suhu. Akan tetapi, tanah jenis batuan mineral diikuti letak Kabupaten Landak yang lebih tinggi dari daerah sekitarnya menyebabkan kebakaran hutan dan lahan cepat padam. Hal tersebut yang membuat peluang kebakaran Kabupaten Landak meningkat, tetapi peluang kebakaran tidak setinggi seperti Kabupaten Mempawah.

Suhu maksimum Kabupaten Sanggau tertinggi ke-2 setelah Kota Pontianak. Kabupaten Sanggau memiliki lebih banyak daerah perkebunan dan pertanian. Kemungkinan terjadinya kebakaran hutan dan lahan pada daerah perkebunan dan pertanian diakibatkan daun-daun kering yang saling bergesekan ketika kekeringan terjadi yang diikuti suhu udara dan kecepatan angin yang tinggi. Selain itu, daerah perkebunan dan pertanian juga dapat menjadi bahan bakar kebakaran hutan dan lahan lanjutan dari daerah sekitarnya, akibatnya dampak kebakaran semakin meluas. Kabupaten Sanggau adalah kabupaten yang paling tinggi peluang kebakaran hutan dan lahan dibandingkan dengan 4 kabupaten lainnya selama periode 1, 3, dan 5 tahun ke depan. Jadi Kabupaten Sanggau adalah wilayah paling rentan terjadi kebakaran hutan dan lahan.

#### **4. KESIMPULAN**

1. Analisis regresi logistik biner dengan kategori variabel respon 0 untuk Kota Pontianak dan 1 untuk Kabupaten Kubu Raya, Mempawah, Landak, dan Sanggau menghasilkan peluang logit sebesar 87,9%. Artinya, peluang terjadinya kebakaran hutan dan lahan untuk 5 kabupaten Kalimantan Barat secara keseluruhan adalah 87,9%.
2. Peluang temporal untuk variabel suhu maksimum ( $X_1$ ) dan kecepatan angin maksimum ( $X_2$ ) dimana semakin panjang tahun periode ke depan, maka peluang temporal semakin mendekati 1 atau 100%. Hasil nilai peluang temporal Kabupaten Kubu Raya untuk periode 1, 3, dan 5 tahun ke depan masing-masing adalah 0,370; 0,873; dan 0,976. Selanjutnya untuk peluang temporal Kota Pontianak adalah 0,219; 0,720; dan 0,915. Peluang temporal untuk Kabupaten Mempawah adalah 0,071; 0,367; dan 0,609; Kabupaten Landak adalah 0,115; 0,504; dan 0,764; dan Kabupaten Sanggau adalah 0,504; 0,931; dan 0,989.
3. Peluang kebakaran hutan dan lahan pada penelitian ini adalah hasil perkalian antara peluang logit dan peluang temporal 5 kabupaten Kalimantan Barat untuk periode 1, 3, dan 5 tahun ke depan. Hasil nilai peluang kebakaran hutan dan lahan Kabupaten Kubu Raya untuk 1, 3, dan 5 tahun ke depan masing-masing adalah 0,325; 0,767; dan 0,858. Selanjutnya untuk peluang kebakaran hutan dan lahan Kota Pontianak adalah 0,193; 0,633; dan 0,804. Peluang kebakaran hutan dan lahan untuk kabupaten lainnya yaitu Kabupaten Mempawah adalah 0,062; 0,323; dan 0,535; Kabupaten Landak adalah 0,101; 0,443; dan 0,672; dan Kabupaten

Sanggau adalah 0,443; 0,818; dan 0,868. Dari 5 kabupaten, Kabupaten Sanggau yang memiliki peluang kebakaran hutan dan lahan paling tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adam, S. S., Rindarjono, M. G., & Karyanto, P., 2019. Sistem Informasi Geografi Untuk Zonasi Kerentanan Kebakaran Lahan Dan Hutan Di Kecamatan Malifut, Halmahera Utara. *Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 6, No. 5, 559-566.
- [2] Angger, & Jaya. *Direktorat PKHL Lakukan Perhitungan Luas Karhutla Kolaboratif*. Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim: <http://ditjenppi.menlhk.go.id/berita-ppi/4296-direktorat-pkhl-lakukan-perhitungan-luas-karhutla-kolaboratif.html>. [10 Februari 2023]
- [3] Bayususetyo, D., Santoso, R., & Tarno., 2017. Klasifikasi Calon Pendonor Darah Menggunakan Metode Naïve Bayes Classifier. *Jurnal Gaussian*, Vol. 6, No. 2, 193-200.
- [4] BNPB. 2012. Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana.
- [5] BNPB. 2016. inaRISK: [inarisk.bnpb.go.id](http://inarisk.bnpb.go.id). [10 Februari 2023]
- [6] Burhan, S., & Jaya, A. K., 2018. Penaksiran Parameter Regresi Linier Logistik Dengan Metode Maksimum Likelihood Lokal Pada Resiko Kanker Payudara Di Makassar. *Jurnal Matematika Statistika & Komputasi*, Vol. 14, No. 2, 159-165.
- [7] Dharmawan, K., 2012. Estimasi Nilai VaR Dinamis Indeks Saham Menggunakan Peak-Over Threshold dan Block Maxima. *Jurnal Matematika*, Vol. 2, No. 2.
- [8] Gao, X., Duan, G., & Lan, C., 2021. Bayesian Updates for an Extreme Value Distribution Model of Bridge Traffic Load Effect Based on SHM Data. *Sustainability*, Vol. 13, No. 15.
- [9] Hartono, I. F., & Sutikno., 2020. Analisis Curah Hujan Ekstrem pada Kasus Elevasi Tinggi Air Muka Bendungan Bilibili Sulawesi Selatan dengan Pendekatan Peaks Over Threshold. *Sains Dan Seni ITS*, Vol. 9, No. 2.
- [10] Hong, J., Agustin, W., Yoon, S., & Park, J. S., 2022. Changes of extreme precipitation in the Philippines, projected from the CMIP6 multi-model ensemble. *Weather and Climate Extremes*, Vol. 37, 100480.
- [11] Itsnaini, N., Sasmito, B., Sukmono, A., & Prasasti, I., 2017. Analisis Hubungan Curah Hujan Dan Parameter Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran (SPBK) Dengan Kejadian Kebakaran Hutan Dan Lahan Untuk Menentukan Nilai Ambang Batas Kebakaran. *Jurnal Geodesi Undip*, Vol. 6, No. 2.
- [12] Keyser, A. R., & Westerling, A. L., 2019. Predicting increasing high severity area burned for three forested regions in the western United States using extreme value theory. *Forest Ecology and Management*, Vol. 432, 694-706.
- [13] Keyser, A., & Westerling, A. L., 2017. Climate drives inter-annual variability in probability of high severity fire occurrence in the western United States. *Environmental Research*, Vol. 12, No. 6.
- [14] Kim, H., Lee, J. H., Park, H. J., & Heo, J. H., 2021. Assessment of temporal probability for rainfall-induced landslides based on nonstationary extreme value analysis. *Engineering Geology*, Vol. 294, 106372.
- [15] Mahdi, M. I., 2022. *Luas Kebakaran Hutan dan Lahan Indonesia Meningkat pada 2021*. dataindonesia: <https://dataindonesia.id/ragam/detail/luas-kebakaran-hutan-dan-lahan-indonesia-meningkat-pada-2021>. [28 Januari 2023]
- [16] Nurdiawan, O., & Putri, H., 2018. Pemetaan Daerah Rawan Banjir Berbasis Sistem Informasi Geografis Dalam Upaya Mengoptimalkan Langkah Antisipasi Bencana.

- InfoTECH*, Vol. 4, No. 2.
- [17] Pandapotan, I. B., Suarbawa, K. N., & Widagda, I. G., 2022. Analisis Pola Sebaran Asap Terhadap Kondisi Meteorologi di Pulau Kalimantan Terkait Kebakaran Hutan dan Lahan: Studi Kasus Kebakaran Hutan pada Bulan September 2019. *Buletin Fisika*, Vol. 23, No. 1, 19-25.
- [18] Rahmayani, D., & Sutikno., 2019. Analisis Curah Hujan Ekstrem Non-Stasioner dengan Pendekatan Block Maxima di Surabaya dan Mojokerto. *Sains Dan Seni ITS*, Vol. 8, No. 2.
- [19] Rasyid, F., 2014. Permasalahan dan Dampak Kebakaran Hutan. *Lingkar Widyaishwara*, Vol. 1, No. 4, 47-59.
- [20] Rinaldi, A., 2016. Sebaran Generalized Extreme Value (GEV) dan Generalized Pareto (GP) untuk Pendugaan Curah Hujan Ekstrem di Wilayah DKI Jakarta. *Jurnal Pendidikan Matematika*, Vol. 7, No. 1, 75 - 84.
- [21] Rizaty, M. A., 2022. *Sebanyak 30 Provinsi Terdampak Karhutla hingga Oktober 2022*. dataindonesia: <https://dataindonesia.id/varia/detail/sebanyak-30-provinsi-terdampak-karhutla-hingga-oktober-2022>. [10 Februari 2023]
- [22] Saputro, J. G., Handayani, I. G., & Najicha, F. U., 2021. Analisis Upaya Penegakan Hukum Dan Pengawasan Mengenai Kebakaran Hutan Di Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Manajemen Bencana*, Vol. 7, No. 1, 27-36.
- [23] Simanjuntak, M. S., Kusnandar, D., & Debatara, N. N., 2022. Pemetaan Rawan Kebakaran Hutan Di Kalimantan Barat Tahun 2020. *Buletin Ilmiah Math Stat dan Terapannya*, Vol. 11, No. 5, 777 – 784.
- [24] Townsend, J. P., & Aldstadt, J., 2023. Habitat suitability mapping using logistic regression analysis of long-term bioacoustic bat survey dataset in the Cassadaga Creek watershed (USA). *Science of the Total Environment*, Vol. 895, 165077.
- [25] Yusuf, A., Hapsah, Siregar, S. H., & Nurrochmat, D. R., 2019. Analisis Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Provinsi Riau. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, Vol. 6, No. 2, 67-84.
- [26] Zhang, C., & Yang, Y., 2020. Modeling the spatial variations in anthropogenic factors of soil heavy metal accumulation by geographically weighted logistic regression. *Science of the Total Environment*, Vol. 717, 137096.