



Volume 10 No. 2 April 2025

p-ISSN: 2477-8192 dan e-ISSN: 2502-2776

## Korelasi Spasial Temporal Hotspot dengan Parameter Meteorologi

Adilaksa Kharisma, Fransisco Jordan Nathaniel Darisman Siahaan, Yuane Anike Aiboy

Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Email: [dilakharisma977@gmail.com](mailto:dilakharisma977@gmail.com); [fransiscojordan.stmkg@gmail.com](mailto:fransiscojordan.stmkg@gmail.com); [aniaiboy4@gmail.com](mailto:aniaiboy4@gmail.com)

(Received: 20 Januari 2025; Accepted: 15 Februari 2025; Published: 8 April 2025)



©2019 – Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi. Ini adalah artikel dengan akses terbuka dibawah licenci CC BY-NC-4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).

### ABSTRACT

*The threat of forest fires in Indonesia can be effectively monitored through the detection of hotspots identified via MODIS Terra/Aqua satellite observations. East Nusa Tenggara Province (NTT) has been recognized as a region experiencing significant forest fire activity from 2019 to 2023. A comprehensive study examining the correlation between hotspot frequency and meteorological parameters is essential to elaborate the relationship between these variables. Spatial distribution analysis of hotspot data, utilizing the kernel density estimation method, has been employed to map areas with high densities of hotspot occurrences. The findings indicate that Kupang Regency, Alor Regency, Lembata Regency, and North Central Timor Regency exhibit a higher density of hotspot compared to other regions. Seasonal distribution analysis reveals a tendency for increased hotspot occurrences during the dry season. Pearson correlation analysis on spatial and temporal correlations indicates that the relative humidity parameter exhibits the strongest correlation, with a temporal correlation coefficient of -0.359 and a spatial correlation range of -0.4 to -0.5. This spatial correlation enhances the understanding of weather patterns associated with hotspot occurrences. Overall, the correlation values between hotspot frequency and meteorological parameters exhibit variability, facilitating improved monitoring of hotspot occurrences in relation to prevailing weather and climate conditions.*

**Keywords:** hotspot; meteorological parameters; kernel density; correlation; NTT Province.

### ABSTRAK

*Ancaman karhutla di Indonesia dapat dipantau melalui titik panas (hotspot) dari data pengamatan satelit MODIS Terra/Aqua. Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan lokasi yang memiliki luasan kebakaran hutan yang cukup tinggi dalam kurun waktu 2019-2023. Kajian mengenai perhitungan korelasi frekuensi hotspot dan parameter meteorologi diperlukan untuk meninjau hubungan antara keduanya. Pengolahan distribusi spasial hotspot menggunakan metode kernel density diterapkan untuk memetakan daerah yang memiliki kepadatan frekuensi terjadinya hotspot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kabupaten Kupang, Kabupaten Alor, Kabupaten Lembata, dan Kabupaten Timor Tengah Utara memiliki kepadatan hotspot yang lebih tinggi dibandingkan daerah lainnya. Distribusi musiman pada frekuensi hotspot memberikan hasil bahwa frekuensi hotspot cenderung meningkat pada musim kemarau. Implementasi korelasi pearson pada 2 jenis korelasi, yaitu korelasi spasial dan korelasi temporal memberikan hasil bahwa parameter kelembapan relatif merupakan parameter dengan nilai korelasi paling kuat dengan nilai korelasi -0,359 untuk korelasi temporal dan rentang -0,4 hingga -0,5 untuk korelasi spasial. Korelasi spasial frekuensi hotspot dan parameter meteorologi memberikan pemahaman mengenai pola cuaca yang memiliki hubungan dengan frekuensi hotspot. Secara keseluruhan, nilai korelasi antara frekuensi hotspot dan parameter meteorologi memberikan nilai yang bervariasi. Dengan melakukan perhitungan distribusi dan korelasi, pemantauan adanya hotspot dapat dipelajari melalui pola dari kondisi cuaca dan iklim.*

**Kata Kunci:** hotspot; parameter meteorologi; kernel density; korelasi; Provinsi NTT.

## PENDAHULUAN

Kebakaran Hutan Lahan (Karhutla) merupakan salah satu masalah serius yang sering terjadi di Indonesia sebagai paru-paru dunia. Karhutla dapat menimbulkan berbagai kerugian dalam aspek kehidupan masyarakat, baik dalam aspek kesehatan, lingkungan hidup, ekonomi, sosial, transportasi, bahkan politik dan diplomasi (Pasai, 2020). Pemantauan adanya Karhutla dapat diidentifikasi menggunakan data *hotspot* (titik panas) yang memanfaatkan sistem penginderaan jauh. Pemantauan *hotspot* dapat dilakukan menggunakan satelit MODIS Terra/Aqua (Kumari dan Pandey, 2020). Penentuan *hotspot* didasarkan pada identifikasi suhu permukaan yang relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan area disekitarnya. Tingkat kepercayaan *hotspot* dalam penerapannya dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu rendah, normal, dan tinggi yang didasarkan pada kejadian sebenarnya di lapangan. Semakin tinggi nilai kepercayaan *hotspot*, maka semakin tinggi juga potensi adanya karhutla di titik terkait.

Beberapa parameter meteorologi dalam penentuan *hotspot* seperti suhu maksimum, visibilitas, lama penyinaran matahari, kelembapan relatif, dan curah hujan memiliki peran penting dalam mengidentifikasi adanya *hotspot* (Aflah dkk., 2019; Vatesia dkk., 2022). Analisis korelasi mengenai intensitas sebaran *hotspot* dan parameter meteorologi sebelumnya dilakukan oleh Kumari dan Pandey (2020) dengan metode *spatial autocorrelation* memberikan hasil korelasi kuat diantara keduanya. Data observasi yang disediakan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dapat dijadikan sebagai acuan dalam menentukan korelasi antara parameter meteorologi dengan frekuensi *hotspot* (Fitriani dkk., 2017).

Penelitian terkait juga sudah beberapa kali dilakukan di Indonesia, salah satunya adalah penelitian Prayoga dkk. (2017) dengan hasil korelasi negatif antara curah hujan dan sebaran *hotspot* di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Tercatat sejak tahun 2019 hingga 2023 terdapat fluktuasi jumlah luasan hutan dan lahan yang terbakar. Nilai tertinggi Karhutla terjadi pada tahun 2019 dengan luasan 137.343,00 ha (KLHK, 2025). Mengingat jumlah luasan area terdampak yang besar, maka diperlukan adanya tinjauan mengenai korelasi antara frekuensi *hotspot* terhadap parameter

meteorologi untuk mengetahui pola Karhutla di Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Penelitian ini akan berfokus pada analisis korelasi antara intensitas sebaran *hotspot* dan parameter meteorologi di Provinsi Nusa Tenggara Timur pada tahun 2019 hingga 2023. Penelitian dilakukan dengan meninjau laporan Prayoga dkk. (2017) dan Vatesia dkk. (2022) yang berfokus pada Pulau Sumatera dan Kalimantan dimana topografi serta karakteristik wilayah yang berbeda dengan Provinsi Nusa Tenggara Timur memberikan *research gap* mengenai penelitian ini. Metode yang digunakan untuk mengestimasi distribusi *hotspot* adalah metode *Kernel Density Estimation*.

Kernel Density Estimation (KDE) adalah metode statistik non parametrik untuk mendapatkan permukaan kontinu dengan fungsi densitas yang tidak diketahui (Seaman dan Powell, 1996). Metode KDE bisa digunakan untuk melihat distribusi spasial kejadian kebakaran padang rumput dan mengurangi pengaruh catatan historis dalam format titik dengan posisi yang tidak akurat (Shuo dkk., 2021).

Metode statistik yang digunakan dalam mengkorelasikan intensitas dan frekuensi *hotspot* serta parameter meteorologi adalah *pearson correlation methods*. Metode korelasi *Pearson* adalah metode statistik yang sering digunakan dalam mengkorelasikan satu variabel dengan variabel yang lain. Nilai koefisien korelasi digunakan sebagai acuan statistik untuk melihat seberapa besar pengaruh suatu variabel (Armstrong, 2019). Penelitian oleh Pérez-Sánchez dkk. (2017) telah memakai metode *Pearson* untuk menghubungkan kebakaran hutan di Murcia, bagian selatan Spanyol, dengan cuaca di daerah tersebut yang terganggu akibat kebakaran yang terjadi.

Penelitian ini menggunakan data observasi pada Stasiun Meteorologi Kelas II Eltari Kupang, *hotspot* satelit MODIS Terra/Aqua, dan data spasial ECMWF *Reanalysis* v5 (ERA5) untuk mengetahui korelasi antara intensitas *hotspot* dan parameter meteorologi di Provinsi Nusa Tenggara Timur pada tahun 2019-2023 kemudian keseluruhan data yang diolah akan dianalisis secara komprehensif. Tinjauan ini penting untuk mengetahui pola distribusi *hotspot* dan keterikatan antara frekuensi *hotspot* dan parameter meteorologi.

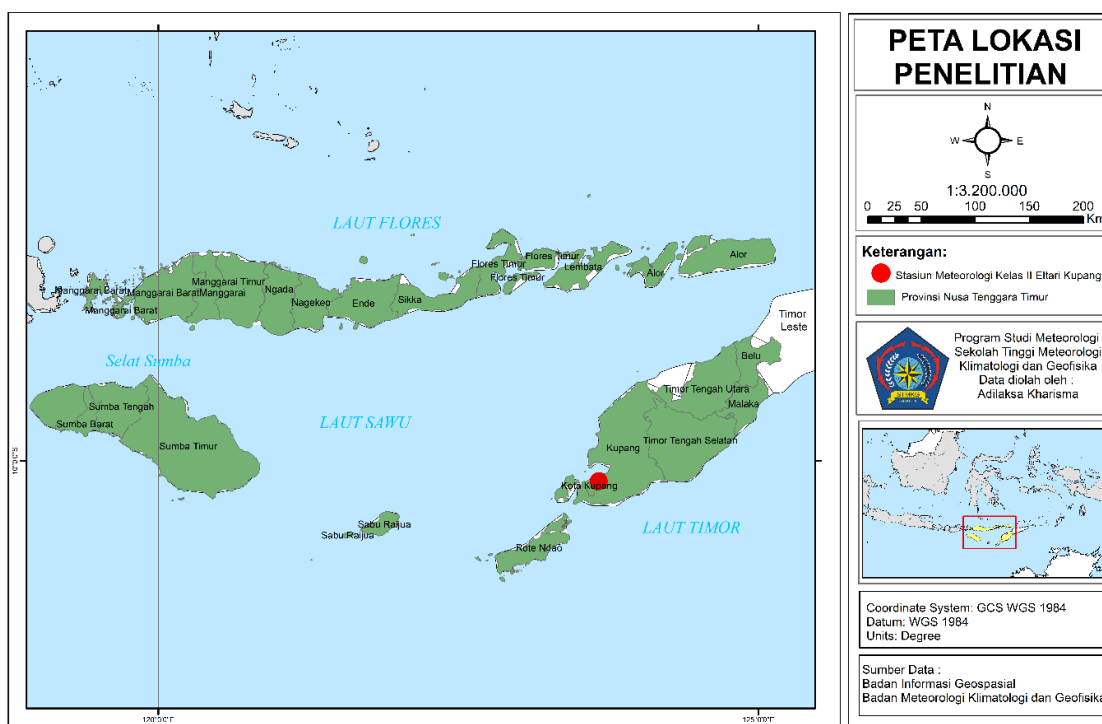
## METODE PENELITIAN

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif korelasional untuk menganalisis hubungan antara frekuensi *hotspot* dan parameter meteorologi di Provinsi Nusa Tenggara Timur pada tahun 2019–2023. Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif untuk mengolah data numerik secara statistik demi memperoleh hasil yang terukur dan dapat diinterpretasikan secara ilmiah.

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian mencakup Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan koordinat  $07^{\circ}46' - 11^{\circ}00' \text{ LS}$  dan  $118^{\circ}55' - 125^{\circ}08' \text{ BT}$  yang ditampilkan dalam Gambar 1. Waktu penelitian dilakukan selama 5 tahun, yaitu tahun 2019–2023 (Wicaksono, 2024). Menurut data KLHK (2025) pada selama kurun waktu tersebut Provinsi Nusa Tenggara Timur merupakan provinsi dengan fluktuasi nilai kebakaran hutan yang relatif tinggi dan stabil.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian (Badan Informasi Geospasial, 2025).

### Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup 3 data sekunder, yaitu data *hotspot*, data observasi meteorologi, dan data spasial parameter meteorologi. Data *hotspot* diunduh dari situs NASA Fire Information for Resource Management System (FIRMS): <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>, dalam bentuk shapefile (.shp). Data yang digunakan hanya data *hotspot* yang memiliki nilai kepercayaan  $>80$  di Provinsi Nusa Tenggara Timur (Primariyanti dkk., 2022).

Data observasi yang digunakan adalah data pengamatan udara permukaan Stasiun Meteorologi Kelas II Eltari Kupang. Data yang digunakan meliputi data suhu maksimum (Tmax), visibilitas (Vis), lama penyinaran matahari (SunD), kelembapan relatif (RH),

curah hujan (Prec), suhu minimum (Tmin), suhu rata-rata (Tavg), kecepatan angin (Wind\_s), arah angin (Wind\_d), tekanan udara permukaan (Press), suhu titik embun (Td), total tutupan awan (TotCl), dan tutupan awan rendah (LowCl). Data sinoptik ini diunduh dari laman <https://www.ogimet.com/> dengan format data .csv.

Data spasial parameter meteorologi diperoleh dari ERA5 menggunakan tautan berikut: <https://cds.climate.copernicus.eu>, dalam bentuk netCDF4 (.nc). Data ini memiliki resolusi  $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ . Data spasial parameter meteorologi mencakup arah dan kecepatan angin, temperatur udara permukaan, kelembapan relatif, suhu titik embun, total tutupan awan, tutupan awan rendah, tekanan permukaan, dan curah hujan.

## Teknik Pengolahan Data

Tata *hotspot* di Provinsi Nusa Tenggara Timur dalam format .shp dipetakan dengan aplikasi ArcMap 10.8. Pengolahan kepadatan frekuensi *hotspot* menggunakan metode *Kernel Density* untuk mengetahui area yang dominan terjadi karhutla. Proses perhitungan metode ini ditunjukkan oleh persamaan berikut. Penelitian ini menghitung kepadatan *hotspot* berdasarkan nilai *Fire Radiative Power* (FRP) (Sperling dkk., 2020). Nilai FRP memberikan kontribusi signifikan pada kejadian karhutla (Lu dkk., 2022).

$$f(x) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n K \left\{ \frac{(x - x_i)}{h} \right\}$$

Keterangan:

- $N$  : Banyaknya sample
- $h$  : Bandwith (lebar kernel)
- $K$  : Fungsi kernel
- $x$  : Vektor koordinat lokasi dimana fungsi tersebut diestimasi
- $x_i$  : Vektor koordinat setiap observasi

Preprocessing untuk korelasi Pearson dilakukan pada data *hotspot* yang berbentuk .shp kemudian dikonversi menjadi .csv dan dihitung jumlah kejadian *hotspot* hariannya. Data observasi stasiun meteorologi dipersiapkan dengan *filtering* data dan interpolasi apabila terjadi kekosongan data. Perhitungan korelasi menggunakan persamaan di bawah menggunakan pemrograman python pada Google Colab.

$$r_{cx} = \frac{n\sum cx - (\sum c)(\sum x)}{\sqrt{[n\sum c^2 - (\sum c)^2][n\sum x^2 - (\sum x)^2]}}$$

Keterangan:

- $r_{cx}$  : Koefisien korelasi antara frekuensi hotspot dan parameter meteorologi
- $c$  : Frekuensi *hotspot*
- $x$  : Parameter meteorologi
- $n$  : Jumlah data

Proses pengolahan data untuk korelasi dilakukan dengan membangun *environment* pengolahan data statistik dengan menginstall *library* yang diperlukan, seperti *pandas*, *xarray*, *numpy*, *matplotlib*, *scipy*, dan *cartopy*. Dataset yang sudah disusun kemudian diinput pada *script* untuk menghitung korelasi dan memvisualisasi nilai korelasi spasial dan temporal.

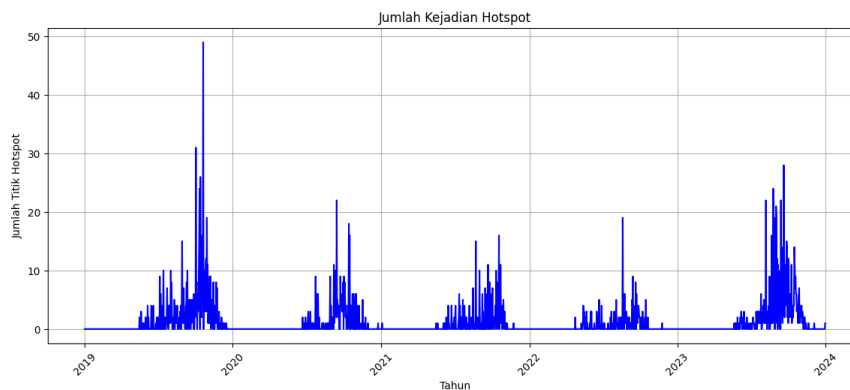
## Teknik Analisis Data

Analisis korelasi antara data intensitas *hotspot* dan data parameter meteorologi menggunakan perhitungan korelasi *pearson* ditunjukkan oleh visualisasi peta plot dan diagram batang. Visualisasi tersebut dianalisis setiap nilai korelasi antar parameter yang diujikan untuk mengetahui area dan parameter yang paling memiliki dampak signifikan terhadap adanya peningkatan frekuensi *hotspot*. Data sebaran *hotspot* yang divisualisasikan dalam bentuk peta plot kepadatan dianalisis secara spasial untuk mengetahui area yang memiliki kerentanan terhadap karhutla.

## HASIL PENELITIAN

### Distribusi Temporal Hotspot

Distribusi jumlah *hotspot* dengan kepercayaan lebih dari 80 pada tahun 2019-2023 di Provinsi Nusa Tenggara Timur menunjukkan adanya fluktuasi jumlah *hotspot* setiap tahunnya. Distribusi jumlah hotspot ditunjukkan pada Gambar 2.

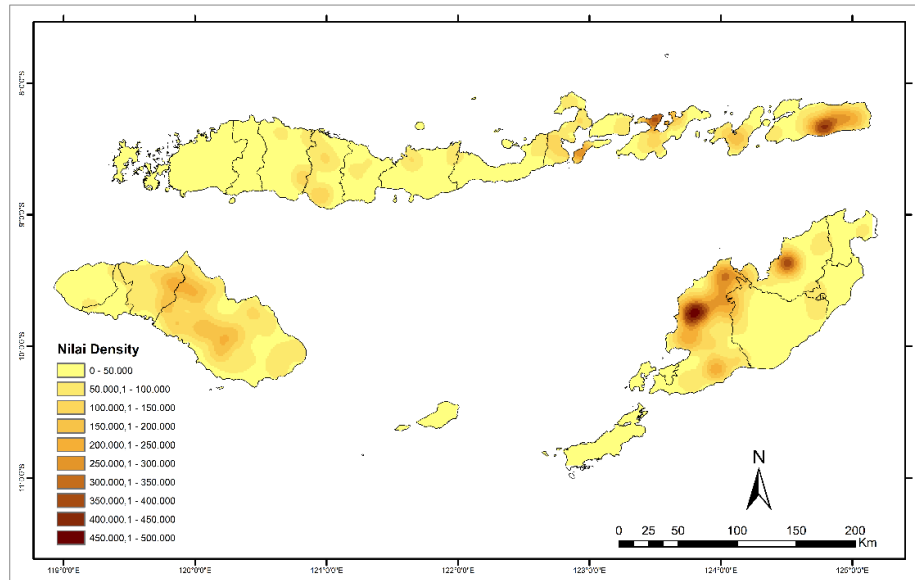


Gambar 2. Distribusi Frekuensi *Hotspot*

Berdasarkan Gambar 2, jumlah hotspot paling banyak terjadi pada tahun 2019 dengan jumlah 676 titik dan dilanjutkan pada tahun 2023 dengan jumlah 669. Sedangkan jumlah paling rendah terjadi pada tahun 2022 dengan jumlah 208 titik. Jumlah hotspot terbanyak yang terjadi pada satu hari terjadi pada 20 Oktober 2019 dengan jumlah 49 titik.

### Distribusi Kepadatan Hotspot

Metode *kernel density* menunjukkan adanya kepadatan *hotspot* pada lokasi tertentu untuk mengetahui distribusi spasialnya. Gambar 3 merupakan hasil interpretasi perhitungan kepadatan *hotspot* di Provinsi Nusa Tenggara Timur pada tahun 2019-2023 menggunakan metode *kernel density*.

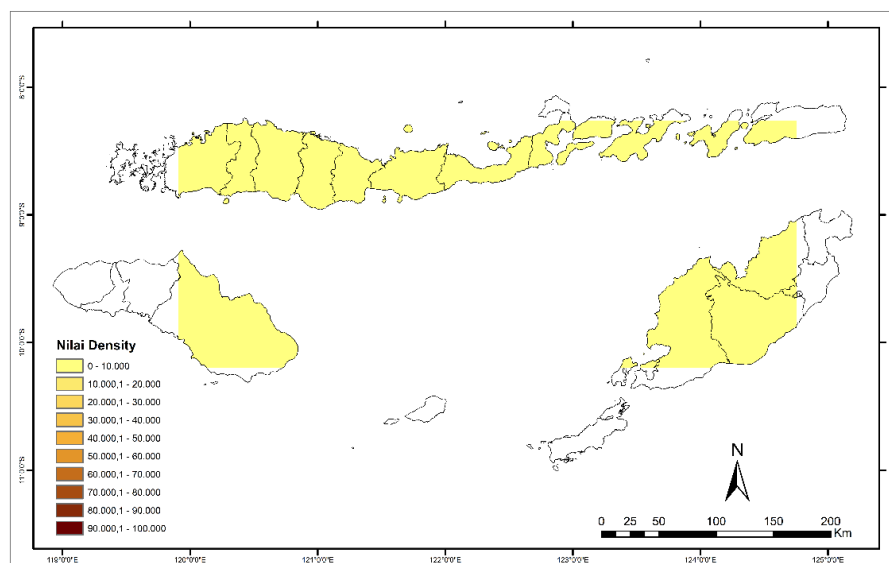


Gambar 3. Distribusi Kepadatan Hotspot

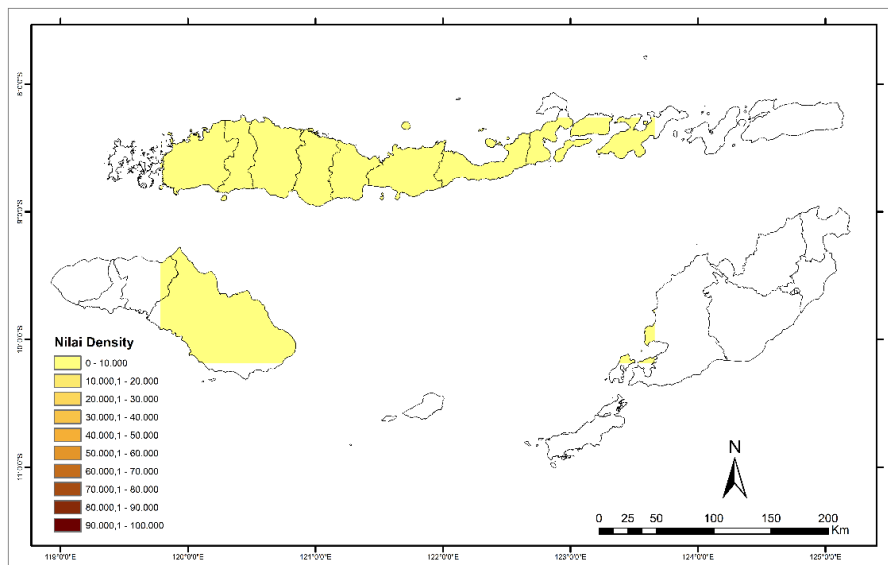
Berdasarkan Gambar 3 di atas maka dapat diinterpretasikan bahwa semakin gelap warna yang ditunjukkan, menandakan bahwa di lokasi tersebut memiliki kepadatan dan frekuensi *hotspot* yang lebih intens. Interpretasi menunjukkan adanya nilai kepadatan yang tinggi di Kabupaten Kupang, Timor Tengah Utara, Alor, dan Lembata.

### Distribusi Musiman Kepadatan Hotspot

Distribusi spasial frekuensi *hotspot* dengan pola musiman diinterpretasikan dalam Gambar 4 hingga Gambar 7. Pola musiman yang dianalisis adalah dengan mengelompokkan setiap 3 bulan ke dalam 1 kelompok sehingga diperoleh 4 pola kelompok musiman.



Gambar 4. Distribusi Kepadatan Hotspot bulan DJF



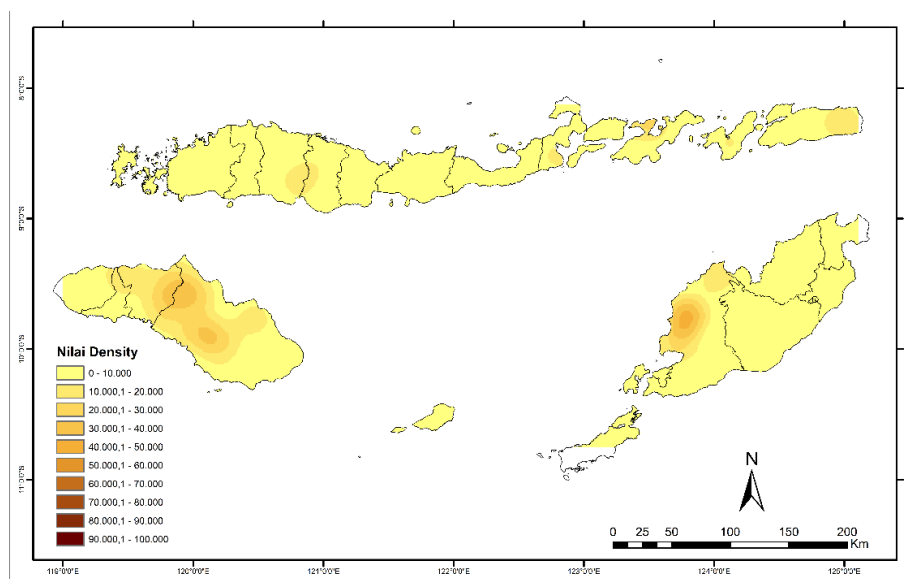
**Gambar 5.** Distribusi Kepadatan Hotspot bulan MAM

Kepadatan frekuensi *hotspot* pada bulan Desember-Januari-Februari (DJF) pada Gambar 4 menunjukkan adanya beberapa titik yang teridentifikasi adanya *hotspot* di sebagian besar Provinsi Nusa Tenggara Timur. Bulan DJF memiliki frekuensi *hotspot* yang paling rendah dengan nilai 12 titik selama 5 tahun dengan distribusi 1 titik di bulan Januari, 12 di bulan Desember, dan tidak terdapat *hotspot* di bulan Februari.

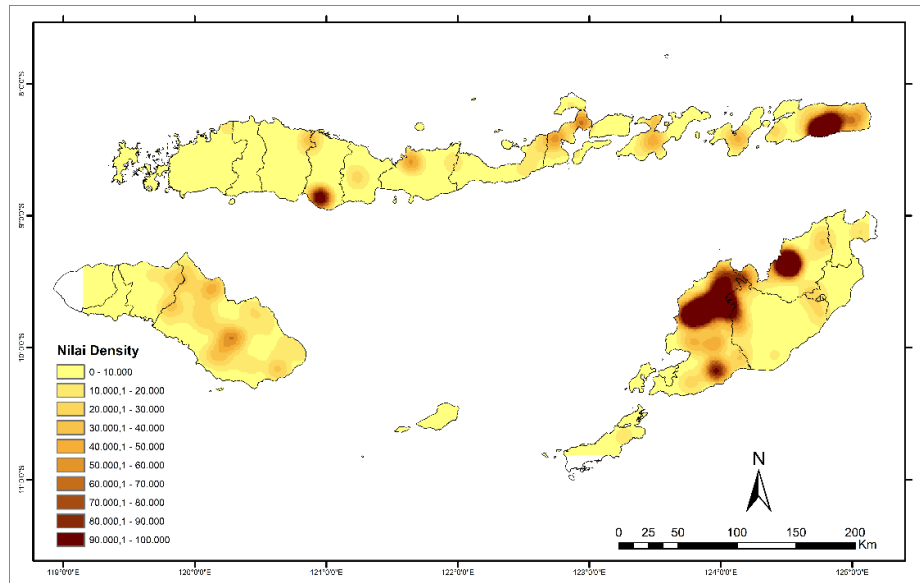
Pada distribusi *hotspot* pada Gambar 5. menunjukkan frekuensi *hotspot* bulan Maret-April-Mei (MAM) bernilai 36 titik, 2 titik pada bulan April, dan 34 titik pada bulan Mei. Data bulanan menunjukkan bahwa tidak terdapat

*hotspot* dengan nilai kepercayaan lebih dari 80 pada bulan Maret. Area yang teridentifikasi adanya *hotspot* di bulan MAM pada Gambar 5 mencakup Kabupaten Sumba Timur, Pulau Flores, dan Kepulauan Solor.

Selanjutnya, analisis juga dilakukan pada periode bulan Juni-Juli-Agustus (JJA) (Gambar 6) dan periode bulan September-Oktober-November (SON, Gambar 7). Pada bulan JJA nilai frekuensi *hotspot* mencapai 665 titik. Distribusi nilai frekuensi *hotspot* bulanan menunjukkan nilai 97 titik pada bulan Juni, 193 titik pada bulan Juli, dan tertinggi 375 titik di bulan Agustus. Pada distribusi spasial, frekuensi *hotspot* yang terjadi memiliki



**Gambar 6.** Distribusi Kepadatan Hotspot bulan JJA



**Gambar 7.** Distribusi Kepadatan Hotspot bulan SON

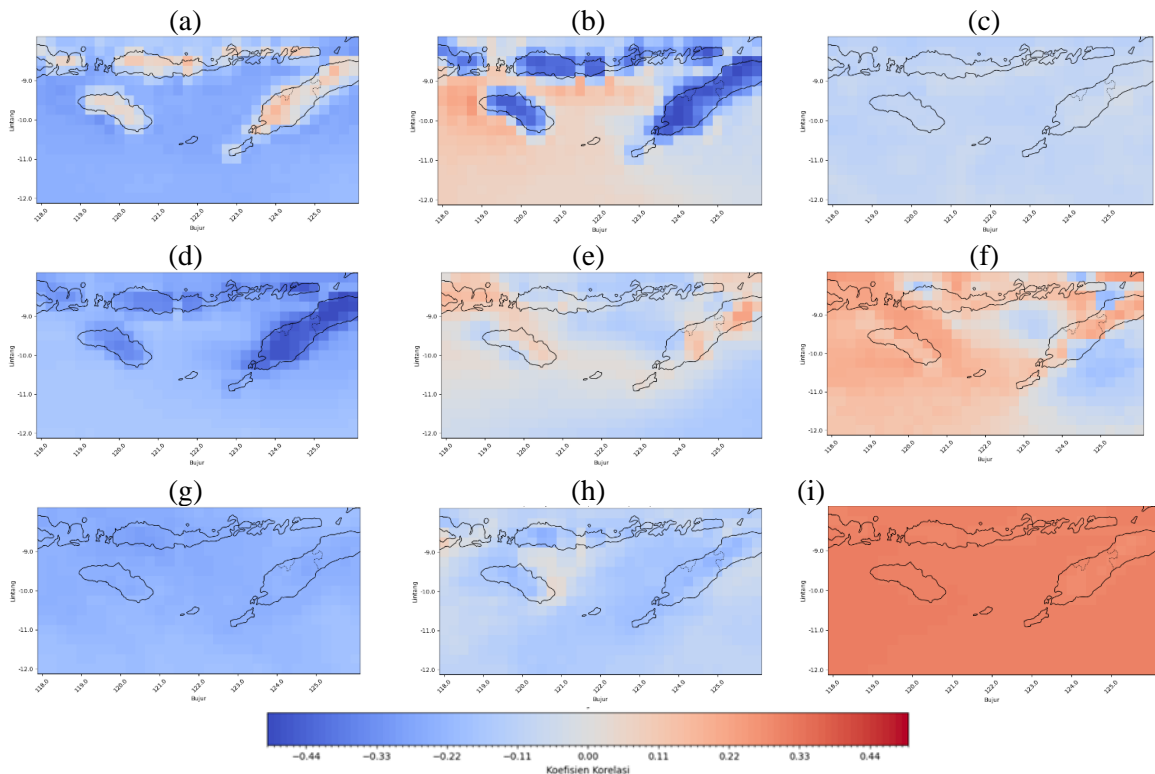
kepadatan lebih tinggi pada Kabupaten Sumba Timur, Kabupaten Kupang, dan Kabupaten Sumba Tengah.

Frekuensi hotspot meningkat pada bulan SON yang diinterpretasikan pada Gambar 7 dengan total jumlah kejadian 1464 titik. Frekuensi hotspot pada September 615 titik, puncaknya pada bulan Oktober dengan jumlah 712 titik, dan November dengan nilai 137 titik. Distribusi spasial kepadatan frekuensi hotspot

pada bulan SON, kepadatan tertinggi terjadi di Kabupaten Kupang, Kabupaten Timor Tengah Utara, Kabupaten Alor, dan Kabupaten Ngada.

**Korelasi Spasial Hotspot**

Pengolahan data spasial parameter meteorologi dari ERA5 terhadap jumlah hotspot menggunakan korelasi *Pearson* diinterpretasikan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Korelasi Spasial Hotspot terhadap Parameter: (a) Temperatur; (b) Kelembapan Relatif; (c) Curah Hujan; (d) Titik Embun; (e) Kecepatan Angin; (f) Arah Angin; (g) Total Tutupan Awan; (h) Tutupan Awan Rendah; dan (i) Tekanan Permukaan

Berdasarkan Gambar 8, korelasi spasial temperatur menunjukkan adanya korelasi positif di wilayah daratan. Nilai korelasi tertinggi berkisar 0,2 yang berlokasi di Kabupaten Ende dan Kabupaten Kupang. Meskipun memiliki nilai yang berbeda, nilai korelasi wilayah perairan tidak dipertimbangkan karena *hotspot* hanya diidentifikasi di wilayah daratan.

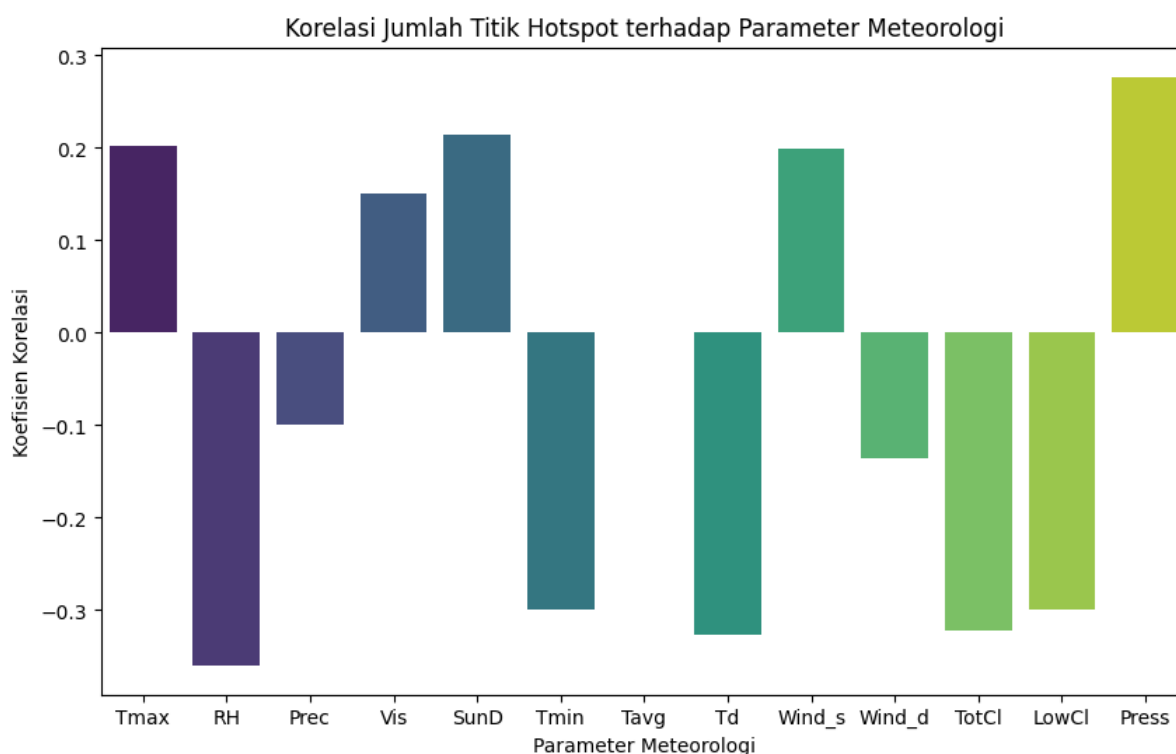
Korelasi spasial kelembapan relatif menunjukkan korelasi negatif dengan nilai -0,4 hingga -0,5. Korelasi negatif yang paling kuat berada di Kabupaten Kupang, Kabupaten Alor, dan Pulau Sumba. Untuk korelasi curah hujan memberikan korelasi negatif yang rendah dengan rentang -0,05 hingga -0,15. Parameter titik embun memberikan korelasi negatif di Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan rentang nilai -0,1 hingga -0,5. Lokasi dengan nilai korelasi paling kuat terdapat di beberapa lokasi yaitu Kabupaten Kupang, Kabupaten Timor Tengah Selatan, dan Kabupaten Alor.

Korelasi terhadap kecepatan angin memberikan nilai bervariasi dengan rentang -0,15-0,15. Distribusi spasial menunjukkan

adanya variasi nilai korelasi di berbagai lokasi. Arah angin juga menunjukkan adanya variasi nilai korelasi di berbagai wilayah dengan rentang -0,15-0,2. Nilai korelasi total tutupan awan memiliki rentang nilai -0,22 hingga -0,3. Nilai korelasi spasial frekuensi *hotspot* terhadap tutupan awan rendah memiliki nilai korelasi dengan kisaran -0,2-0,15. Pada distribusi spasial, menunjukkan bahwa dominasi nilai korelasi adalah korelasi negatif dengan nilai korelasi paling kuat yaitu -0,2. Sedangkan untuk parameter tekanan permukaan yang tinggi memiliki nilai korelasi positif dengan rentang 0,27-0,35 dan distribusi nilai korelasi spasial seragam di semua titik.

### Korelasi Temporal *Hotspot*

Nilai korelasi frekuensi *hotspot* di Provinsi Nusa Tenggara Timur terhadap data observasi Stasiun Meteorologi Kelas II Eltari Kupang dianalisis lebih lanjut pada penelitian ini. Korelasi temporal *hotspot* terhadap parameter meteorologi disajikan pada Gambar 9 berikut.



**Gambar 9.** Korelasi Temporal *Hotspot* terhadap Parameter Meteorologi

Diantara seluruh parameter meteorologi yang disajikan pada Gambar 9 di atas, nilai korelasi negatif tertinggi diidentifikasi pada parameter kelembapan relatif dengan nilai -0,359. Sementara nilai korelasi negatif

terendah terjadi pada parameter curah hujan dengan nilai -0,099. Parameter tekanan permukaan memiliki nilai korelasi positif tertinggi dibandingkan dengan parameter lainnya dengan nilai korelasi 0,276. Sedangkan

parameter visibilitas memiliki nilai koefisien korelasi positif paling rendah yaitu 0,15. Dari seluruh parameter meteorologi, parameter suhu rata-rata udara permukaan merupakan variabel yang tidak memiliki keterikatan atau hubungan yang signifikan dengan frekuensi *hotspot* yang ditunjukkan oleh nilai 0,00. Sehingga, parameter suhu udara rata-rata bukan faktor yang dominan dalam mempengaruhi adanya peningkatan *hotspot* di Provinsi Nusa Tenggara Timur.

## PEMBAHASAN

Distribusi frekuensi temporal *hotspot* pada Gambar 2. mengindikasikan adanya pola musiman frekuensi *hotspot* yang terjadi setelah pertengahan tahun. Tahun 2019 memiliki frekuensi *hotspot* tertinggi akibat kekeringan yang terjadi di sebagian wilayah Indonesia (Saharjo dan Hasanah, 2023). Nilai kepadatan *hotspot* yang tinggi menandakan bahwa pada lokasi tersebut rawan terjadi karhutla (Ballo, 2023). Distribusi musiman *hotspot* dibagi menjadi beberapa kelompok bulan yaitu DJF, MAM, JJA, dan SON. Pembagian pola musiman ini didasarkan pada pola angin monsun yang mempengaruhi dinamika cuaca di Indonesia (Iskandar dkk., 2021). Pada Bulan DJF memiliki nilai frekuensi *hotspot* paling rendah yang menunjukkan bahwa pada bulan ini, Indonesia sedang mengalami musim hujan sehingga keberadaan *hotspot* menurun akibat curah hujan yang tinggi. Distribusi data *hotspot* bulanan mengindikasikan adanya pola temporal pada jumlah *hotspot* yang meningkat sejak bulan Mei-November. Distribusi frekuensi *hotspot* menunjukkan adanya peningkatan signifikan nilai *hotspot* pada saat musim kemarau (Harahap, 2018; Putra dkk., 2019)

Kepadatan frekuensi *hotspot* menurut distribusi bulanan menunjukkan bahwa pada bulan JJA dan SON memiliki jumlah frekuensi yang lebih intens dibandingkan dengan bulan DJF dan MAM. Dari distribusi bulanan dapat diidentifikasi bahwa terdapat keterikatan antara frekuensi *hotspot* terhadap pola musim di Indonesia (Aflahah dkk., 2019). Pada musim kemarau, udara permukaan memiliki karakteristik lebih kering sehingga berpotensi lebih besar untuk terjadinya kebakaran (Gunawan dkk., 2022).

Parameter kelembapan relatif memiliki nilai korelasi negatif yang mengindikasikan bahwa saat kelembapan relatif meningkat,

maka nilai frekuensi *hotspot* akan menurun. Kelembaban udara yang rendah dan suhu permukaan yang tinggi selama musim kemarau menciptakan kondisi yang sangat kondusif untuk penyebaran api (Pandapotan dkk., 2022). Sedangkan pada musim hujan nilai frekuensi *hotspot* berkurang karena api susah menyebar akibat kelembapan udara dan tanah yang lebih tinggi (Sibarani dkk., 2015).

Parameter curah hujan memberikan keterikatan negatif yang rendah pada frekuensi *hotspot* di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Primarianiyanti dkk. (2022) yang memberikan hasil korelasi negatif yang rendah pada frekuensi *hotspot* terhadap curah hujan. Pola korelasi positif parameter kecepatan angin yang terjadi di Kabupaten Alor, Kabupaten Sumba Timur, Kabupaten Sumba Tengah, Kabupaten Timor Tengah Selatan, dan Kabupaten Timor Tengah Utara menandakan adanya peningkatan frekuensi *hotspot* terhadap kecepatan angin. Penyebaran *hotspot* dan asap karhutla dipengaruhi oleh kecepatan angin yang memudahkan penyebaran *hotspot* dan asap karhutla (Hidayatullah dan Hidayatullah, 2024).

Hasil korelasi visibilitas bernilai positif menunjukkan adanya hasil yang berbeda dengan penelitian Aflahah dkk., (2019) dan Meytriani dan Kusuma (2024). Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti perbedaan karakteristik lokasi pengamatan, variasi waktu pengambilan data, kondisi meteorologi yang berbeda pada saat pengamatan, serta faktor eksternal lainnya. Nilai korelasi positif arah angin menunjukkan adanya pergerakan arah angin ke arah derajat yang lebih tinggi seperti ke arah barat, sedangkan korelasi negatif menunjukkan nilai derajat arah angin yang menurun seperti ke timur. Korelasi negatif tutupan awan menunjukkan adanya penurunan tutupan awan berkaitan dengan peningkatan frekuensi *hotspot*. Langit cerah dengan tutupan awan yang rendah mampu meningkatkan intensitas radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi (Anggreni dkk., 2018). Hal ini menunjukkan bahwa apabila terjadi peningkatan tekanan permukaan, maka jumlah *hotspot* juga mengalami peningkatan.

Berdasarkan hasil penelitian ini, adanya monitoring *hotspot* dan parameter meteorologi penting untuk memberikan peringatan dini adanya karhutla di Provinsi Nusa Tenggara

Timur. Identifikasi pola musiman serta kondisi meteorologi menjadi aspek vital untuk mengetahui adanya keberadaan *hotspot*. Dengan demikian, langkah preventif dan penanganan pertama dapat dilakukan untuk meminimalisir luasan dan dampak karhutla di masa depan secara berkelanjutan.

## KESIMPULAN

Implementasi metode *kernel density* untuk mengetahui kepadatan sebaran *hotspot* di Provinsi Nusa Tenggara Timur pada tahun 2019-2023 memberikan hasil bahwa Kabupaten Kupang, Kabupaten Alor, Kabupaten Lembata, dan Kabupaten Timor Tengah Utara memiliki kepadatan yang cukup tinggi. Hal ini menandakan risiko karhutla yang lebih tinggi pada lokasi tersebut dibandingkan daerah lainnya. Distribusi temporal *hotspot* menunjukkan adanya peningkatan jumlah *hotspot* saat musim kemarau (JJA dan SON). Menurut distribusi data bulanan frekuensi *hotspot*, puncak kejadian *hotspot* terjadi pada bulan Oktober dengan jumlah 712 titik. Pola musiman menunjukkan adanya peranan penting dari faktor cuaca dan iklim terhadap frekuensi terjadinya *hotspot*.

Korelasi temporal dan spasial memberikan hasil bahwa parameter dengan korelasi paling kuat adalah parameter kelembapan relatif dengan nilai koefisien korelasi spasial pada rentang -0,4 hingga -0,5 dan -0,359 untuk korelasi temporal. Korelasi dengan nilai positif terbesar di-identifikasi pada parameter tekanan permukaan dengan nilai 0,27-0,35 pada korelasi spasial dan nilai 0,276 untuk korelasi temporal. Perhitungan distribusi dan korelasi frekuensi *hotspot* terhadap parameter meteorologi memberikan pemahaman mengenai keterikatan antara frekuensi *hotspot* dan parameter meteorologi serta distribusi dari *hotspot* di Provinsi Nusa Tenggara Timur, sehingga dapat dilakukan monitoring terhadap perkembangan *hotspot* berdasarkan parameter meteorologi secara berkelanjutan.

## SARAN

Kajian lebih lanjut mengenai korelasi frekuensi *hotspot* dapat mempertimbangkan adanya parameter yang lebih kompleks seperti jenis tanah, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), topografi, dan antropologi untuk mengetahui adanya faktor yang mempengaruhi frekuensi *hotspot*. Penggunaan

metode seperti *machine learning* juga disarankan sebagai implementasi dari metode terkini sebagai prediksi pola sebaran karhutla yang lebih akurat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Ibu Imma Redha yang telah membimbing kami untuk menyelesaikan penelitian ini. Kemudian kami ucapkan terima kasih kepada Program Studi Meteorologi yang telah memberikan fasilitas yang dapat kami gunakan untuk kelancaran penelitian ini, serta *reviewer* dan editor Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aflahah, E., Hidayati, R., Hidayat, R., dan Alfahmi, F. (2019). Pendugaan Hotspot sebagai Indikator Kebakaran Hutan di Kalimantan Berdasarkan Faktor Iklim. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 9(2), 405–418.
- Anggreni, R., Muliadi, M., dan Adriat, R. (2018). Analisis Pengaruh Tutupan Awan Terhadap Radiasi Matahari di Kota Pontianak. *Prisma Fisika*, 6(3).
- Armstrong, R. A. (2019). Should Pearson's Correlation Coefficient be Avoided? *Ophthalmic and Physiological Optics*, 39(5), 316–327.
- Ballo, A. (2023). Analisis Spasial Titik Kebakaran Hutan dan Lahan di Kota Kupang dan Sekitarnya dengan Metode Kernel Density. *Skripsi*. Universitas Kristen Satya Wacana.
- Fitriani, V., Bey, A., dan June, T. (2017). Estimasi Ketinggian Planetary Boundary Layer Indonesia Menggunakan Data ECMWF Reanalysis Era-INTERM. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 18(1).
- Gunawan, T. A., Juliana, I. C., Ilmiaty, R. S., dan Pertiwi, R. A. (2022). Analisis Spasial Temporal Indeks Kekeringan dan Sebaran Hotspot dengan Pemanfaatan Data Satelit pada Kabupaten Ogan Komering Ilir dengan Metode Keetch Byram Drought Index (KBDI). *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 11(2), 101–110.
- Harahap, R. M. (2018). Wilayah Intensitas Tinggi Sebaran Hotspots di Provinsi Riau Tahun 2005-2014. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*, 2(1), 11–25.

- Hidayatullah, R. R., dan Hidayatullah, M. F. K. N. N. (2024). Strategi Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Daur Lingkungan*, 7(1), 17-22.
- Iskandar, M. R., Wardhani, P. W. K., dan Suga, T. (2021). Seasonal Variability of The Mixed Layer Depth in The Sulawesi Sea. *OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia)*, 6(3), 163–178.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan [KLHK]. (2025). Indikasi Luas Kebakaran-Rekapitulasi Luas Kebakaran Hutan dan Lahan (ha) per Provinsi di Indonesia.
- Kumari, B., dan Pandey, A. C. (2020). MODIS Based Forest Fire Hotspot Analysis and its relationship with Climatic Variables. *Spatial Information Research*, 28(1), 87–99.
- Lu, X., Zhang, X., Li, F., dan Cochrane, M. A. (2022). Improved Estimation of Fire Particulate Emissions Using A Combination of VIIRS and AHI Data for Indonesia During 2015–2020. *Remote Sensing of Environment*, 281, 113238.
- Meytriani, M., dan Kusuma, N. M. P. (2024). Analisis Dampak Kebakaran Hutan dan Lahan (KARHUTLA) di Wilayah Provinsi Kalimantan Tengah pada Keterlambatan Penerbangan di Bandara Udara Tjilik Riwut Palangkaraya. *Journal of Humanities Education Management Accounting and Transportation*, 1(2), 376–390.
- Pandapotan, I. B., Suarbawa, K. N., dan 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*, 23(1), 19–25.
- Pasai, M. (2020). Dampak Kebakaran Hutan dan Penegakan Hukum. *Jurnal Pahlawan*, 3(1), 36–46.
- Pérez-Sánchez, J., Senent-Aparicio, J., Díaz-Palmero, J. M., dan de Dios Cabezas-Cerezo, J. (2017). A Comparative Study of Fire Weather Indices in a Semiarid South-Eastern Europe Region. Case of Study: Murcia (Spain). *Science of the Total Environment*, 590, 761–774.
- Prayoga, M. B. R., Yananto, A., dan Kusumo, D. A. (2017). Analisis Korelasi Kerapatan Titik Api dengan Curah Hujan di pulau Sumatera dan Kalimantan. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, 18(1), 17–24.
- Primaranyanti, A., Ridwan, I., dan Sudarningsih, S. (2022). Analisis Data Hotspot di Kawasan Strategis Provinsi (KSP) Rawa Batang Banyu Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2009–2018. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 19(1), 12–21.
- Putra, I., Heryanto, E., Sopaheluwakan, A., Pradana, R. P., dan Haryoko, U. (2019). Sebaran Spasial dan Temporal Titik Panas (Hotspot) di Indonesia dari Satelit MODIS dengan Metode Gridding. *Seminar Nasional Geomatika*, 3(2007), 1123.
- Saharjo, B. H., dan 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.
- Seaman, D. E., dan Powell, R. A. (1996). An Evaluation of The Accuracy of Kernel Density Estimators for Home Range Analysis. *Ecology*, 77(7), 2075–2085.
- Shuo, Z., Jingyu, Z., Zhengxiang, Z., dan Jianjun, Z. (2021). Identifying the Density of Grassland Fire Points with Kernel Density Estimation Based on Spatial Distribution Characteristics. *Open Geosciences*, 13(1), 796–806.
- Sperling, S., Wooster, M. J., dan Malamud, B. D. (2020). Influence of Satellite Sensor Pixel Size and Overpass Time on Undercounting of Cerrado/Savannah Landscape-Scale Fire Radiative Power (FRP): An Assessment Using the MODIS Airborne Simulator. *Fire*, 3(2), 11.
- Vatresia, A., Utama, F. P., Erza, A. D., Gunawan, H., Setiawan, Y., dan Rais, R. R. (2022). Analysing Temporal Hotspot Occurance over Sumatera and Kalimantan. 2022 *International Conference on Informatics Electrical and Electronics (ICIEE)*, 1–6.
- Wicaksono, Y. A. (2024). Analisis Korelasi Pemetaan Titik Panas dan Curah Hujan untuk Mendukung Upaya Pengendalian Bencana Kebakaran Hutan di Provinsi Jambi. *Skripsi*. Universitas Jambi.