

Analisis Spasial Titik Kebakaran Hutan dan Lahan di Kota Kupang dan Sekitarnya dengan Metode Kernel Density

Abraham Ballo^{1*}

¹ Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana, Kota Salatiga, Indonesia

*E-mail: 682019071@student.uksw.edu

INFO ARTIKEL

Status Artikel:

Dikirim: 31 Juli 2023

Diterima: 27 Agustus 2023

Dipublikasi: 30 September 2023

Keywords:

spatial analysis; kernel density; fire; fire points; heat map

Kata kunci:

analisis spasial; kernel density; kebakaran; titik api; peta panas

Penulis Koresponden

Abraham Ballo,

Jurusan Sistem Informasi,

Fakultas Teknologi Informasi,

Universitas Kristen Satya

Wacana, Kota Salatiga,

Indonesia,

E-mail:

682019071@student.uksw.edu

DOI:

10.23960/jpg.v11.i2.28371

ABSTRAK

The impact of forest and land fires disrupts human activities and generates fire point data that can be observed through remote sensing and spatial analysis, represented as a heat map on a map. The data used in this research consist of information on the geographic coordinates of fire points, their intensity, and the time of occurrence, all obtained from the FIRMS (Fire Information for Resource Management System) website. The purpose of this study is to examine the spatial patterns and spatial correlations of forest and land fires in the city of Kupang and Kupang district from 2010 to 2022. The spatial patterns will be analyzed using kernel density estimation, which involves the representation of fire points based on the evaluation of distances and the local reference contribution within a certain radius, considering the highest concentration of fire points. By employing kernel density estimation analysis, the research aims to identify areas with the highest frequency of fire points in a specific region. The results of the analysis indicate that the Rabeka area is the area with the highest occurrence of fire points, while the areas around West Amarasi are also noted as having a significant level of fire point incidents.

Dampak kebakaran hutan dan lahan membuat aktivitas manusia terganggu dan memunculkan data titik api yang dapat diamati dengan penginderaan jauh dan pengembangan analisis spasial berupa heat map pada peta. Data yang digunakan pada penelitian adalah informasi tentang koordinat geografis titik api, intensitas, dan waktu terjadinya kejadian yang diambil dari website FIRMS (Fire Information for Resource Management System). Tujuan dari penelitian adalah melihat pola spasial dan korelasi spasial kebakaran hutan dan lahan di kota kupang dan kabupaten kupang pada tahun 2010 sampai tahun 2022. Pola spasial akan dianalisa menggunakan kernel density estimation berupa bentuk titik api berdasarkan evaluasi jarak dan kontribusi lokal referensi dalam radius tertentu dengan jumlah titik api tertinggi. Berdasarkan analisis kernel density estimation, analisis menggunakan pemanfaatan kernel density dapat melihat daerah dengan munculnya titik api terbanyak di suatu daerah. Hasil analisis menunjukkan bahwa daerah Rabeka adalah area dengan munculnya titik api terbanyak, sementara daerah di sekitar Amarasi Barat juga tercatat sebagai daerah dengan tingkat kejadian titik api yang signifikan.

Copyright © 2023 Jurnal Penelitian Geografi-UNILA

This open access article is distributed under a

Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 International license



PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan menjadi suatu masalah serius bagi negara Indonesia. Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), mencatat bahwa dalam periode tahun 2014 hingga ke tahun 2023 telah terdapat 2.782 kasus bencana kebakaran hutan yang melanda Indonesia. Provinsi Nusa Tenggara Timur menjadi provinsi yang paling berdampak dalam kebakaran hutan dan lahan yang mencapai 70.637 hektar. Kebakaran hutan dan lahan adalah peristiwa alam yang sering terjadi dan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Bukti menunjukkan bahwa faktor yang paling berperan dalam penyebab kebakaran hutan dan lahan adalah aktivitas manusia (Utomo et al., 2022). Penyebab kebakaran hutan dan lahan disebabkan dari adanya pembakaran lahan yang disengaja dengan guna untuk membuka lahan maupun untuk kegiatan pertanian, penyebab lain adalah datangnya dari pembuangan puntung rokok secara sembarangan yang menyebabkan api dari puntung rokok tersebut menyambar daun kering ataupun rumput dengan disertai angin yang membuat api semakin menjadi besar (Sartavie et al., 2022).

Dari penyebab tersebut membuat kerusakan hutan dan lahan di Indonesia mengalami peningkatan dan mengalami pengurangan di setiap tahunnya, yang membuat dampak buruk terhadap Indonesia maupun dunia. Dari pengurangan hutan dan lahan yang semakin hari semakin memprihatinkan membuat pemanasan global tidak tertahankan dan tentunya membuat emisi karbon yang semakin naik dan mempengaruhi efek jangka panjang terhadap aktivitas manusia (Wahyuni & Suranto, 2021). Oleh sebab itu, Pentingnya melakukan pemetaan kerentanan terhadap kebakaran adalah untuk dapat memprediksi daerah-daerah yang memiliki risiko tinggi terhadap bencana dan segera mengambil langkah-langkah pencegahan yang diperlukan. Kerentanan dalam hal ini yang mempengaruhi dalam upaya pencegahan dan pengelolaan yaitu dilihat dari sosial, ekonomi, lingkungan, dan faktor fisik (Saputra et al., 2023).

Dalam mengatasi kebakaran hutan dan lahan dibutuhkan langkah-langkah dalam pencegahan. Pencegahan bisa datang dari mencegah kemunculan titik panas dengan penggunaan pemetaan (Khaira et al., 2020). Data titik panas ini terdiri dari serangkaian waktu dan memiliki pola yang berulang dalam periode waktu tertentu. Perkembangan teknologi peta Penginderaan Jauh (PJ) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) telah memberikan kemudahan dan akurasi dalam penyediaan informasi geospasial yang berkaitan dengan penanggulangan bencana, terutama dalam hal pemadam kebakaran. Dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh, dapat dilakukan pemantauan secara real-time terhadap daerah-daerah yang berpotensi terkena kebakaran. Data citra satelit yang dihasilkan dari penginderaan jauh dapat digunakan untuk mengidentifikasi titik api, mengevaluasi luas area terbakar, dan memperkirakan arah dan perkembangan kebakaran (Viviyanti et al., 2019). Dengan menganalisis data deret waktu titik panas, dapat dilakukan prediksi terhadap kemungkinan munculnya titik panas di masa depan. Metode analisis statistik dan kecerdasan buatan dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola dan tren dari data titik panas yang telah tercatat. Dengan memanfaatkan SIG, data dari penginderaan jauh dan sumber informasi lainnya dapat diintegrasikan dalam sistem yang dapat memberikan informasi geospasial yang komprehensif. Hal ini memungkinkan pihak pemadam kebakaran untuk memperoleh informasi tentang topografi, aksesibilitas, sumber air, dan infrastruktur terkait yang dapat membantu perencanaan dan pengambilan keputusan dalam penanganan kebakaran dan mempersiapkan sumber daya yang diperlukan untuk merespons dengan cepat jika titik panas terdeteksi (Badan et al., 2020). Dengan demikian, teknologi penginderaan jauh dan SIG memberikan keuntungan signifikan dalam upaya penanggulangan kebakaran (Hardianto et al., 2020).

Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini akan melihat pola spasial dan korelasi spasial kebakaran hutan dan lahan di kota kupang dan kabupaten kupang pada tahun 2010 sampai tahun 2022. Pola spasial akan dianalisa menggunakan *kernel density estimation* berupa bentuk titik api berdasarkan evaluasi jarak dan kontribusi lokal referensi dalam radius tertentu dengan jumlah titik api tertinggi.

METODE

Metode penelitian yang diterapkan dalam pembuatan jurnal ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menggambarkan secara sistematis dan akurat penyebaran titik api. Data penelitian ini diambil dari website FIRMS (*Fire Information for Resource Management System*), yang merupakan sumber data global tentang titik api yang dikumpulkan melalui satelit dan sensor lainnya. Proses pengumpulan data dilakukan dengan mengakses dan mengunduh data titik api dari website FIRMS. Data yang diperoleh yaitu

data primer digunakan dalam penelitian ini yang diperoleh langsung melalui pengumpulan data dari website FIRMS. Data primer ini terdiri dari informasi tentang koordinat geografis titik api, intensitas, dan waktu terjadinya kejadian. Salah satu alat analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *kernel density estimation* (KDE), yang memiliki kegunaan penting dalam memahami penyebaran titik api (Sartavie et al., 2022). KDE digunakan untuk menghasilkan visualisasi dan pemetaan dari titik-titik api yang terdeteksi, dengan tujuan untuk menentukan pola atau daerah yang rentan terhadap kebakaran hutan atau lahan (Charikar et al., 2020). Dengan penerapan metode deskriptif kuantitatif dan pemanfaatan data dari website FIRMS, diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman tentang penyebaran titik api di daerah Kota Kupang dan sekitarnya.

Pada *kernel density estimation* terdapat fungsi yang pada umumnya dipakai untuk pemetaan heat map. Fungsi gaussian sering digunakan dalam konteks penyebaran titik api atau kebakaran karena memiliki bentuk yang mirip dengan pola penyebaran yang dihasilkan oleh titik api. Fungsi Gaussian menggambarkan distribusi probabilitas kontinu di sekitar pusatnya. Dalam konteks penyebaran titik api, fungsi Gaussian dapat digunakan untuk memodelkan distribusi intensitas kebakaran di sekitar titik api (Sakdiyah & Choiruddin, 2020). Dalam merumuskan fungsi Gaussian pada penyebaran titik api beberapa parameter yang perlu untuk ditentukan seperti pusat titik api, variansi, dan skala intensitas. Dengan memperhatikan parameter-parameter ini, fungsi Gaussian untuk penyebaran titik api dapat dirumuskan sebagai berikut : $G(x, y) = A * \exp(-(x - x_0)^2 / (2 * \sigma^2)) * \exp(-(y - y_0)^2 / (2 * \sigma^2))$.

Dalam rumus ini, $G(x, y)$ merupakan intensitas kebakaran pada titik (x, y) . Jadi, jika kita memiliki koordinat (x, y) tertentu, kita dapat menghitung intensitas kebakaran di titik tersebut dengan menggunakan fungsi ini. Semakin dekat titik (x, y) dengan pusat titik api (x_0, y_0) , semakin tinggi intensitas kebakaran. Penting untuk dicatat bahwa rumus ini hanya merupakan representasi matematis dari distribusi penyebaran titik api yang umum digunakan (Setiawan et al., 2016). Dalam praktiknya, terdapat banyak faktor-faktor lain yang mempengaruhi penyebaran nyata titik api, seperti arah dan kecepatan angin, kondisi cuaca, jenis vegetasi, dan sebagainya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Penelitian dan Kondisi Geografis



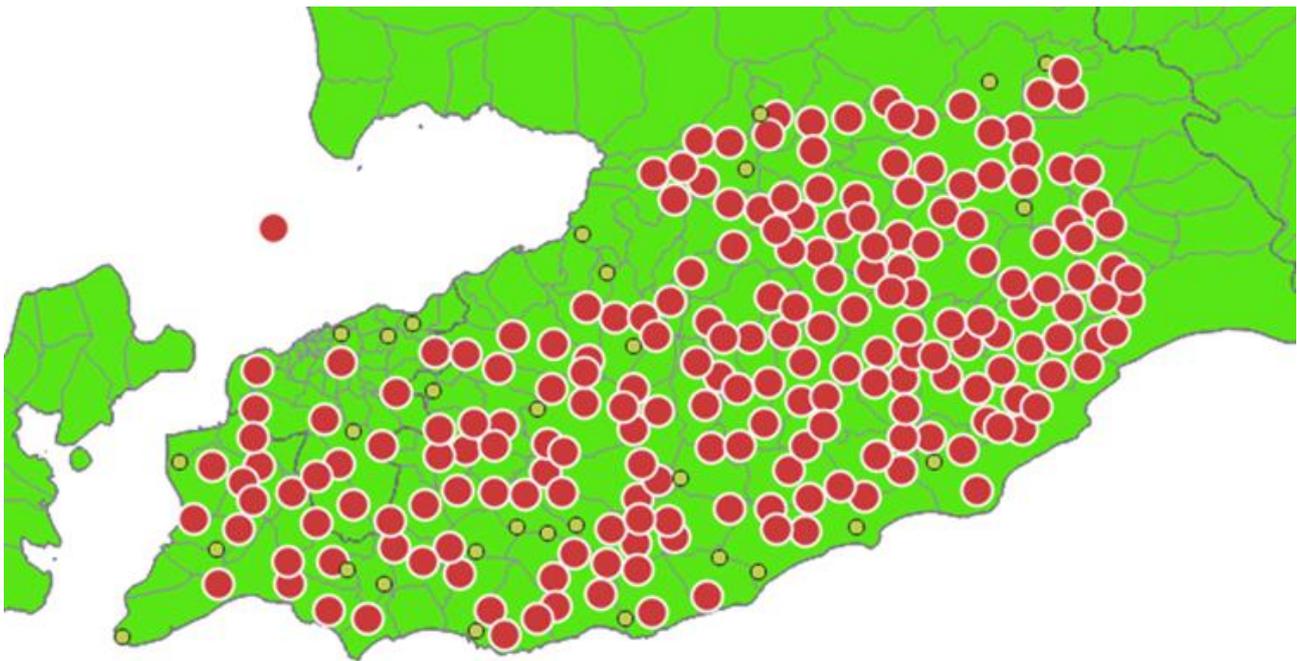
Gambar 1. Peta Lokasi Kota Kupang dan Kabupaten Kupang

Kota Kupang adalah ibu kota dari Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), Indonesia. Secara geografis, Kota Kupang terletak di bagian barat pulau Timor dan berada di pantai selatan pulau tersebut. Dan Kabupaten Kupang terletak di sebelah barat Kota Kupang dan mencakup bagian barat daya pulau Timor. Kabupaten ini berbatasan dengan Laut Sawu di sebelah selatan, Kabupaten Timor Tengah Selatan di sebelah timur, serta Kabupaten Timor Tengah Utara dan Kabupaten Belu di sebelah utara. Kota Kupang dan Kabupaten Kupang memiliki iklim tropis basah dan kering (klasifikasi iklim Aw berdasarkan klasifikasi iklim Köppen). Iklim ini ditandai dengan musim kemarau yang panjang dan musim hujan yang lebih pendek. Beberapa karakteristik iklim dari daerah Kota Kupang dan Kabupaten Kupang yang diamana rata-rata suhu harian di wilayah ini

berkisar antara 24°C hingga 32°C sepanjang tahun, dan tidak terdapat perubahan suhu yang signifikan antara musim kemarau dan musim hujan. Selain itu Curah Hujan di Kota Kupang dan Kabupaten Kupang memiliki curah hujan yang cukup rendah.

Musim hujan biasanya terjadi antara bulan Desember hingga Maret, dengan curah hujan rata-rata sekitar 800 hingga 1.000 mm per tahun. Musim kemarau berlangsung dari bulan April hingga November dengan curah hujan yang relatif rendah, tingkat kelembaban relatif di wilayah ini cenderung tinggi sepanjang tahun, dengan rata-rata kelembaban sekitar 75% hingga 85%, serta Angin bertiup lembut di wilayah ini, terutama pada musim kemarau. Angin laut biasanya datang dari arah tenggara, sementara angin darat datang dari arah barat laut. Topografi dari wilayah Kota Kupang dan Kabupaten Kupang umumnya berbukit-bukit dan berdataran rendah dengan beberapa perbukitan, topografi yang beragam ini yang mempengaruhi pola curah hujan lokal di beberapa daerah. Namun, perlu dicatat bahwa kondisi iklim dapat berbeda-beda dalam skala yang lebih kecil di dalam wilayah tersebut.

Peta Persebaran Titik Api pada Daerah Kota Kupang dan Kabupaten Kupang.



Gambar 2. Peta Titik Persebaran Kebakaran Hutan dan Lahan di Kota Kupang dan Sekitarnya Dari Tahun 2010 Sampai 2022

Data yang didapat dari website FIRMS yang berupa data modis berbentuk .shp (shapefile) yang langsung diolah dengan disatukan pada peta lokasi kota Kupang dan Kabupaten Kupang, maka akan terlihat banyak titik yang terdeteksi pada peta tersebut seperti pada Gambar 2. Pada Gambar 2 menemukan persebaran titik kebakaran hutan dan lahan, dimana jumlah titik tersebut mencapai 1803 titik yang tercatat pada website FIRMS dalam kurung waktu tahun 2010 hingga 2022. Pada Gambar 2, terlihat persebaran titik kebakaran hutan dan lahan yang dapat dilihat melalui data yang tercatat pada website FIRMS. Dalam rentang waktu tahun 2010 hingga 2022, tercatat sebanyak 1803 titik kebakaran yang terjadi. Data ini memberikan gambaran tentang sejauh mana kebakaran hutan dan lahan telah mempengaruhi wilayah yang ditunjukkan dalam gambar tersebut. Jumlah titik kebakaran yang signifikan ini menunjukkan tingkat kerentanan ekosistem terhadap kebakaran dan dampak negatifnya terhadap lingkungan.

Persebaran titik kebakaran hutan dan lahan yang terlihat dalam gambar dapat memberikan informasi penting bagi para peneliti, pengambil kebijakan, dan masyarakat umum. Dari peta tersebut terdapat variasi jumlah persebaran titik api per tahun di Kota Kupang dan Kabupaten Kupang dan jumlah persebaran titik api per tahun di Kota Kupang dan Kabupaten Kupang menunjukkan fluktuasi yang signifikan. Berikut adalah data

yang mencerminkan variasi jumlah titik api dari tahun ke tahun yaitu Tahun 2010: 38 titik api, Tahun 2011: 177 titik api, Tahun 2012: 172 titik api, Tahun 2013: 81 titik api, Tahun 2014: 242 titik api, Tahun 2015: 247 titik api, Tahun 2016: 87 titik api, Tahun 2017: 81 titik api, Tahun 2018: 204 titik api, Tahun 2019: 199 titik api, Tahun 2020: 148 titik api, Tahun 2021: 79 titik api, Tahun 2022: 48 titik api.

Dari data diatas fluktuasi jumlah titik api dari tahun ke tahun mencerminkan perubahan dinamika kebakaran hutan dan lahan di wilayah tersebut. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan fluktuasi ini meliputi perubahan cuaca, aktivitas manusia, atau perubahan dalam penggunaan lahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi fluktuasi jumlah persebaran titik api dapat dikembangkan lebih lanjut untuk memahami pola yang lebih dalam. Cuaca menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya kebakaran hutan dan lahan. Dimana dalam konteks kebakaran hutan dan lahan ini, cuaca kemarau pada umumnya bersifat lebih kering dengan curah hujan yang rendah, suhu yang tinggi, dan kelembaban yang rendah. Dari faktor-faktor tersebut menciptakan kondisi yang lebih rentan terhadap kebakaran.

Selama musim kemarau, kelembaban udara dan kelembaban tanah menurun secara signifikan. Vegetasi dan material organik yang terdapat di hutan dan lahan menjadi lebih kering, sehingga lebih mudah terbakar. Kondisi kelembaban rendah ini membuat material seperti daun, ranting, dan rumput menjadi bahan bakar yang mudah terbakar. Dari faktor hujan yang rendah, Curah hujan yang rendah selama musim kemarau mengakibatkan kekurangan air di lingkungan. Tanah dan vegetasi menjadi kering, sehingga risiko kebakaran meningkat. Ketika percikan api atau sumber api lainnya muncul, tanaman yang kering mudah terbakar dan dapat dengan cepat menyebar. Selama musim kemarau juga, sering terjadi angin kering yang dapat mempercepat penyebaran api. Angin membantu menyebarkan api dengan cepat melalui vegetasi yang kering dan dapat menyebabkan kebakaran menjalar dengan cepat melintasi lahan dan hutan.

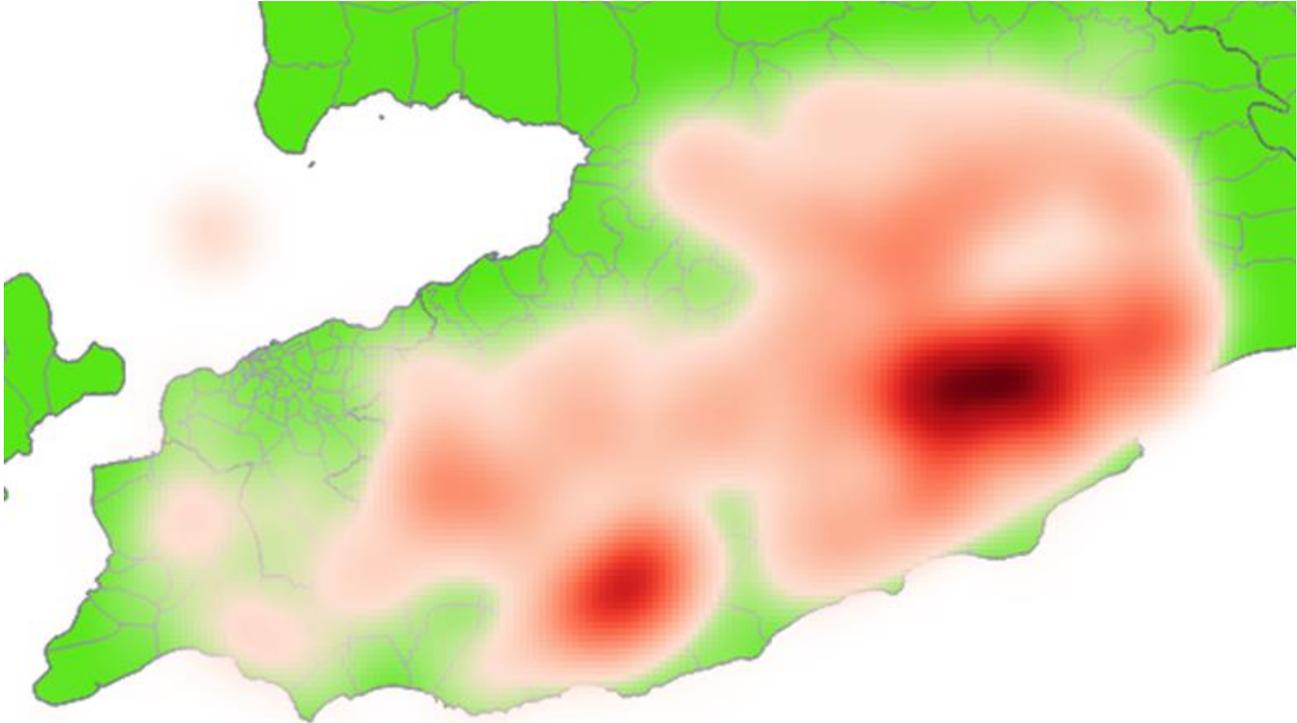
Pemanfaatan *Kernel Density Estimation*

Dalam menggunakan metode kerapatan kernel untuk fitur titik guna menghitung sebaran fitur titik di sekitar setiap sel raster hasil. Algoritma yang digunakan dalam metode ini membentuk permukaan yang halus dan melengkung di atas setiap titik. Nilai permukaan paling tinggi terdapat di lokasi titik tersebut dan secara bertahap berkurang seiring dengan peningkatan jarak dari titik tersebut. Nilai permukaan menjadi nol pada jarak radius pencarian (bandwidth) dari titik tersebut. Jika tidak diatur secara khusus, alat yang digunakan dalam penelitian ini akan menghitung bandwidth berdasarkan karakteristik dataset input. Satuan radius pencarian ditentukan berdasarkan unit linier dari proyeksi referensi spasial output. Selain itu, ukuran keluaran sel (output raster) juga berperan penting dalam penentuan hasil akhir. Jika nilai ukuran sel tidak diatur dalam lingkungan, maka ukuran sel akan diambil sebagai nilai terpendek dari lebar atau tinggi luas fitur titik dalam referensi spasial output yang digunakan.

Dalam analisis persebaran titik api melalui *kernel density estimation* (KDE), metode ini menghasilkan sebuah peta panas (heat map) yang memvisualisasikan pola kerapatan titik api di wilayah yang sedang dianalisis. Dari perspektif algoritma, *kernel density estimation* bekerja dengan menghitung kontribusi dari setiap titik api pada lokasi tertentu dalam peta. Proses ini dipengaruhi oleh parameter penting yaitu bandwidth, juga dikenal sebagai parameter pemulus. Bandwidth mempengaruhi tingkat smoothing pada estimasi kepadatan kernel. Dengan memilih bandwidth yang sesuai, kita dapat mengendalikan tingkat kehalusan atau ketajaman pada peta panas yang dihasilkan. Bandwidth yang lebih kecil akan menghasilkan peta panas yang tajam dan mengikuti perubahan mendetail pada data, sedangkan bandwidth yang lebih besar menghasilkan peta panas yang lebih halus dan menyamarkan perbedaan detail. Selain bandwidth, fungsi kernel juga berperan penting dalam analisis KDE. Fungsi kernel yang umum digunakan adalah fungsi Gaussian (atau Normal), yang memiliki kurva lonceng yang menurun seiring meningkatnya jarak dari titik referensi. Fungsi Gaussian memastikan bahwa kontribusi dari titik data akan menurun seiring dengan meningkatnya jarak dari titik referensi. Sehingga, titik data yang lebih dekat akan memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap estimasi kepadatan pada lokasi tertentu, sementara titik yang lebih jauh memiliki kontribusi yang lebih kecil. Dengan menggabungkan bandwidth dan fungsi Gaussian, algoritma KDE memodelkan dan menghitung kepadatan kernel untuk setiap lokasi pada peta. Hasil analisis ini kemudian dipetakan menjadi peta panas yang memberikan wawasan visual tentang pola persebaran titik api. Area dengan kepadatan tinggi akan ditampilkan dengan warna yang lebih intens dalam peta panas, sedangkan area dengan kepadatan rendah akan ditampilkan dengan warna yang lebih pucat.

Pemanfaatan SIG dan *Kernel density* pada Peta Persebaran Titik Api.

Dalam mencari tinggi rendahnya suatu kejadian dalam penyebaran titik api kebakaran hutan dan lahan ini, penelitian ini menggunakan *kernel density estimation* untuk mencari hotspot dalam data titik api kebakaran hutan dan lahan. Yang dalam data tersebut akan menunjukkan letak lokasi yang paling sering terjadi atau memunculkan titik api terbanyak dalam periode tahun 2010 hingga ke tahun 2022.



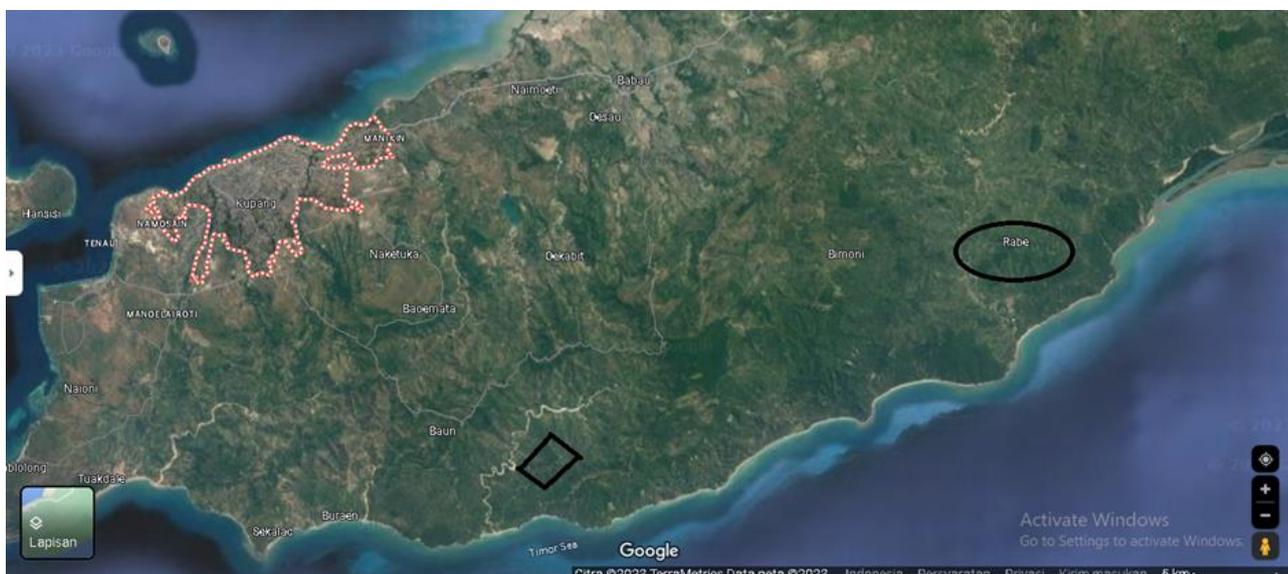
Gambar 3. Peta Pola Persebaran Kebakaran Hutan dan Lahan di Kota Kupang dan Sekitarnya dari Tahun 2010 sampai 2022 menggunakan *kernel density estimation*

Dalam penginderaan jauh melalui FIRMS, metode pemetaan yang digunakan adalah *kernel density estimation*. Metode ini memungkinkan untuk mengidentifikasi pola persebaran titik api dengan akurat, dan Gambar 3 menunjukkan lokasi dengan titik api terbanyak. Lokasi yang menunjukkan titik api terbanyak adalah daerah Rabeka di Amarasi Timur. Daerah ini memiliki ciri khas yang mempengaruhi kerentanan terhadap kebakaran. Pertama, daerah ini dikelilingi oleh hutan luas. Hutan memiliki biomassa yang mudah terbakar, dan jika terjadi kebakaran di dalam atau di sekitar hutan, api dapat dengan cepat menyebar. Selain itu, daerah Rabeka juga memiliki sabana, yang merupakan ekosistem yang didominasi oleh rumput dan semak belukar. Pada masa musim kemarau, di mana curah hujan rendah dan kelembapan udara menurun, vegetasi kering seperti rumput dan semak belukar dapat dengan mudah terbakar oleh api yang berawal dari berbagai sumber, seperti aktivitas manusia yang tidak terkendali. Kombinasi antara hutan yang luas dan keberadaan sabana di daerah Rabeka meningkatkan risiko kebakaran. Pola persebaran yang teramati melalui *kernel density estimation* menunjukkan bahwa titik api terbanyak terkonsentrasi di daerah ini, menandakan tingkat kerentanan yang tinggi terhadap kebakaran. Dalam konteks ini, penting untuk mengadopsi langkah-langkah pencegahan dan penanggulangan yang efektif. Upaya pemantauan terus-menerus menggunakan teknologi penginderaan jauh seperti FIRMS dapat membantu mendeteksi dini titik api dan memungkinkan respons cepat untuk memadamkan api sebelum meluas dan menyebabkan kerusakan yang lebih besar. Selain itu, edukasi dan kesadaran masyarakat setempat tentang bahaya kebakaran dan praktik-praktik aman juga penting untuk mengurangi risiko kebakaran di daerah Rabeka dan wilayah sekitarnya.

Dalam pengembangan SIG ini juga melihat dari faktor analisis spasial, penggunaan pemodelan dan simulasi, serta aksesibilitas dan kolaborasi. Dimana yang pertama analisis spasial ini memanfaatkan

kemampuan analisis spasial SIG untuk mengidentifikasi pola dan tren kebakaran, serta memprediksi resiko kebakaran di masa depan. Analisis spasial dapat membantu dalam pengambilan keputusan mitigasi risiko, seperti penempatan pos pemadam kebakaran, penentuan area prioritas untuk tindakan pencegahan, dan identifikasi area yang rentan terhadap kebakaran. Selain itu penggunaan pemodelan dan simulasi dalam mengembangkan model dan simulasi kebakaran hutan dan lahan di dalam sistem SIG. Model ini dapat menggambarkan perilaku kebakaran, pergerakan api, dan propagasi kebakaran dalam skenario yang berbeda. Simulasi ini dapat membantu dalam memahami pola dan dinamika kebakaran serta merencanakan strategi mitigasi yang efektif. Serta aksesibilitas dan kolaborasi memastikan bahwa sistem SIG dapat diakses oleh berbagai pihak yang terlibat dalam mitigasi risiko kebakaran hutan dan lahan, seperti pemerintah, lembaga penelitian, dan masyarakat lokal. Kemudahan akses dan kolaborasi dalam berbagi data dan informasi akan memperkuat kerjasama dan koordinasi dalam upaya mitigasi kebakaran.

Dalam pemanfaatan kernel density pada peta persebaran titik api kebakaran hutan dan lahan, terlihat bahwa identifikasi hotspot sangat diperlukan untuk mengetahui perkembangan daerah yang rawan dengan potensi munculnya titik api di suatu wilayah. Pemanfaatan kerapatan kernel dalam pemetaan titik api kebakaran di Kota Kupang dan Kabupaten Kupang dapat memberikan beberapa manfaat. Dimulai dari identifikasi hotspot, penentuan prioritas, dan monitoring evaluasi. Dengan menggunakan metode kerapatan kernel, kita dapat mengidentifikasi daerah-daerah dengan titik api terpadat atau hotspot. Kerapatan kernel menghasilkan peta yang menunjukkan distribusi spasial kebakaran dengan tingkat kepadatan yang lebih tinggi di area-area yang terkena dampak lebih besar. Ini membantu kita memahami pola dan konsentrasi titik api di wilayah tersebut. Seperti yang tercantum pada Gambar 3 melihat bahwa *kernel density estimation* ini menunjukkan kerapatan kernel yang hasilnya didapat melalui penginderaan jauh melalui persebaran titik api.



Gambar 4. Lokasi munculnya titik api terbanyak melalui *Kernel Density Estimation* Sc: Google Maps

Dalam gambar 4 tersebut melihat bahwa letak kejadian terbanyak berada pada lokasi hutan dan sabana luas yang dekat dengan pemukiman warga sekitar yang telah ditandai dalam gambar 4. Hal ini melihat titik api yang terjadi pada lokasi hutan dan sabana luas yang dekat dengan pemukiman warga sekitar memberikan informasi bahwa kondisi tersebut merupakan area yang rentan terhadap kebakaran. Penyebaran titik api dalam gambar dapat diinterpretasikan sebagai berikut: titik api terbanyak berada di sekitar hutan dan sabana yang terletak dekat dengan pemukiman warga. Hal ini menunjukkan bahwa kebakaran cenderung terjadi di daerah tersebut dan dapat berdampak negatif pada lingkungan dan keselamatan masyarakat sekitar. Tanda yang ditandai dalam Gambar 4 mengindikasikan bahwa daerah hutan dan sabana luas tersebut adalah tempat terjadinya kejadian munculnya titik api terbanyak yang dilihat melalui kernel density. Tanda tersebut dapat berupa titik-titik, simbol, atau anotasi yang menunjukkan titik api atau pusat kebakaran. Dengan mengetahui letak kejadian terbanyak pada lokasi hutan dan savana yang dekat dengan pemukiman warga, langkah-langkah dapat diambil untuk mengurangi risiko kebakaran dan melindungi masyarakat serta lingkungan sekitar. Ini mungkin termasuk tindakan seperti peningkatan pemantauan, patroli kebakaran yang lebih sering, pendidikan

kepada masyarakat tentang kebakaran, dan pemeliharaan yang lebih baik terhadap area hutan dan savana tersebut.

Dari hasil tersebut dapat kita lihat melalui Peta hasil analisis kepadatan kernel yang dimana mengungkapkan daerah-daerah dengan kepadatan kebakaran yang tinggi, yang dapat berfungsi sebagai potensi titik api yang rentan atau hotspot. Dengan melihat variasi dan fluktuasi kepadatan kebakaran dari tahun ke tahun, kita dapat mengidentifikasi tren dan pola yang muncul dalam persebaran titik api di Kota Kupang dan Kabupaten Kupang. Informasi ini dapat membantu dalam mengarahkan upaya mitigasi dan pencegahan kebakaran yang lebih efektif. Misalnya, daerah dengan kepadatan kebakaran yang tinggi dapat menjadi fokus utama dalam alokasi sumber daya dan program-program pencegahan kebakaran. Analisis kepadatan kernel juga dapat memberikan pemahaman tentang faktor-faktor yang berkontribusi terhadap potensi kebakaran, seperti pola cuaca, vegetasi, dan aktivitas manusia. Dengan memahami pola persebaran titik api secara spasial, langkah-langkah mitigasi dan penanggulangan kebakaran dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan khusus di wilayah tersebut. Dalam konteks pemanfaatan kernel density estimation untuk pemetaan persebaran titik api di Kota Kupang dan Kabupaten Kupang, informasi tentang fluktuasi jumlah kejadian kebakaran yang didapatkan melalui analisis kepadatan kernel memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang potensi kebakaran dan dengan melihat pemetaan hasil dari kernel density estimation, kita dapat mengenali objek-objek berupa area-area dengan kepadatan tinggi yang menunjukkan tingkat risiko kebakaran yang lebih tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisis dari penggunaan kernel density pada persebaran titik api di Kota Kupang dan sekitarnya, dapat disimpulkan bahwa analisis menggunakan pemanfaatan kernel density dapat melihat daerah dengan munculnya titik api terbanyak di suatu daerah. Hasil analisis menunjukkan bahwa daerah Rabeka adalah area dengan munculnya titik api terbanyak, sementara daerah di sekitar Amarasi Barat juga tercatat sebagai daerah dengan tingkat kejadian titik api yang signifikan. Informasi ini memberikan wawasan penting mengenai daerah-daerah yang rentan terhadap kebakaran hutan atau sering terjadi munculnya titik api. Dengan pemahaman ini, langkah-langkah pencegahan dan mitigasi risiko kebakaran hutan dapat difokuskan pada area-area tersebut. Upaya pengawasan, patroli, pemadaman, dan program kesadaran masyarakat dapat ditingkatkan di daerah-daerah yang rawan akan kebakaran hutan dan lahan. Saran bagi penelitian selanjutnya adalah penelitian dapat dilanjutkan dengan menambahkan proses perhitungan jarak kernel density sebagai variabel perhitungan jarak heat map. Sehingga penelitian selanjutnya dapat melihat analisis spasial penyebaran heat map pada peta yang lebih kompleks.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung membantu dalam proses pembuatan jurnal ini.

REFERENSI

- Badan, K., Bencana, P., Kota, D., Dalam, B., Hutan, K., Lahan, D., Syarifah, H., Poli, D. T., Ali, M., Rahmat, K., Ketut, D., & Widana, K. (2020). *NUSANTARA: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*. <https://doi.org/10.31604/jjips.v7i2.2020.398-407>
- Charikar, M., Kapralov, M., Nouri, N., & Siminelakis, P. (2020). *Kernel Density Estimation through Density Constrained Near Neighbor Search*. <http://arxiv.org/abs/2011.06997>
- Hardianto, A., Winardi, D., Rusdiana, D. D., Putri, A. C. E., Ananda, F., Devitasari, Djarwoatmodjo, F. S., Yustika, F., & Gustav, F. (2020). Pemanfaatan Informasi Spasial Berbasis SIG untuk Pemetaan Tingkat Kerawanan Longsor di Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 1(1), 23–31. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i1.16>

- Khaira, U., Alfalah, M., Claudia Septiani Gulo, P., Purnomo, R., Studi Sistem Informasi, P., Sains dan Teknologi, F., Jambi, U., Darat, M., Jambi Luar Kota, K., & Jambi, K. (2020). *Prediksi Kemunculan Titik Panas Di Lahan Gambut Provinsi Riau Menggunakan Long Short Term Memory*. 5(3).
- Sakdiyah, K., & Choiruddin, A. (2020). *Model Inhomogeneous Log-Gaussian Cox Process (LGCP) untuk Pemetaan Risiko Gempa Bumi di Sumatera*. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v9i2.52553>
- Saputra, A. N., Iqbal, M., & Adyatma, S. (2023). Pemetaan Kebakaran Hutan dan Lahan di Kota Banjarbaru. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*, 10(1). <https://doi.org/10.20527/jpg.v10i1.12424>
- Sartavie, R. I. A., Noviandi, Cahyo, A. A. D., & Anwar, S. (2022). IMPLEMENTASI KERNEL DENSITY PADA ANALISA DAERAH RAWAN KECELAKAAN LALU LINTAS PROVINSI DKI JAKARTA. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 27(2), 159–168. <https://doi.org/10.35760/ik.2022.v27i2.6600>
- Setiawan, E., Murfi, H., & Satria, Y. (2016). *Analisis Penggunaan Metode Kernel Density Estimation pada Loss Distribution Approach untuk Risiko Operasional*. 12(1), 11–18. <http://docs.scipy.org>
- Utomo, B., Yusmiono, B. A., Prasetya, A. P., Julita, M., & Putri, M. K. (2022). Analisis Tingkat Bahaya Karhutla (Kebakaran Hutan dan Lahan) di Kabupaten Ogan Ilir Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 10(1), 30–41. <https://doi.org/10.14710/jwl.10.1.30-41>
- Viviyanti, R., Adila, T. A., & Rahmad, R. (2019). Aplikasi SIG untuk Pemetaan Bahaya Kebakaran Hutan dan Lahan di Kota Dumai. *Media Komunikasi Geografi*, 20(2), 78. <https://doi.org/10.23887/mkg.v20i2.17399>
- Wahyuni, H., & Suranto, S. (2021). Dampak Deforestasi Hutan Skala Besar terhadap Pemanasan Global di Indonesia. *JIIIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*, 6(1), 148–162. <https://doi.org/10.14710/jiip.v6i1.10083>