

Analisis Pola Kebakaran Lahan di Kalimantan Timur dengan MODIS dan VIIRS

Aditya Pranata Wibowo, Frederik Samuel Papilaya

Masuk: 05 02 2020 / Diterima: 21 04 2020 / Dipublikasi: 30 06 2020
© 2020 Fakultas Hukum dan Ilmu Sosial UNDIKSHA dan IGI

Abstract Land fire is an event where an oxidation reaction occurs when there is fuel, oxygen, and heat energy which causes uncontrolled combustion and causes losses. Spatial monitoring of fires is crucial to be studied. This research aims to determine which region of the East Borneo was affected the most by the fire and which pattern that the spreading fire makes. The data is earned from the FIRMS's website and classified as a primer and quantitative data. The method of analysis that the writer used is Spatial Autocorrelation, Average Nearest Neighbor, Optimized Hotspot, Directional Distribution (Standard Devotional Ellipse), and Temporal Collect Event. The result of the Directional Distribution, Optimized Hotspot, and Temporal Collect Event method analysis is that a significant concentration of fire hotspots was found in the subdistrict of Kutai Kartanegara, Kutai Barat, Kutai Timur, Berau, and Paser. The result of the analysis using Spatial Autocorrelation states that there was a correlation between the pixel's actual size and its location. Lastly, the Average Nearest Neighbor analysis shows that there was a hotspots clustering detected in the Province of East Borneo, instead of being dispersed.

Key words: Fire; East Borneo; MODIS; VIIRS; Hotspot

Abstrak Kebakaran adalah suatu peristiwa timbulnya reaksi oksidasi saat adanya bahan bakar, oksigen, dan energi panas yang menyebabkan pembakaran yg tidak terkendali dan menyebabkan kerugian. Pemantauan secara spasial terhadap kebakaran menjadi suatu hal yang sangat penting untuk dikaji. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daerah manakah yang paling banyak mengalami kebakaran dan juga pola dari kebakaran tersebut. Sumber data didapatkan dari website FIRMS yang merupakan data yang bersifat kuantitatif dan data primer. Metode analisis yang digunakan adalah metode analisis Spatial Autocorrelation, Average Nearest Neighbor, Optimized Hotspot, Directional Distribution (Standard Devotional Ellipse), dan Temporal Collect Event. Hasil yang telah didapatkan dari analisis bermetode Directional Distribution, Optimized Hotspot, dan Temporal Collect Event adalah terdapat banyak titik api yang berada di Kecamatan Kutai Kartanegara, Kutai Barat, Kutai Timur, Berau, dan Paser. Dalam analisis Spatial Autocorrelation ditemukan bahwa terdapat korelasi antara lokasi terjadinya titik api dan ukuran sejati dari titik api. Analisis Average Nearest Neighbor menunjukkan bahwa titik api terkumpul pada beberapa tempat dan tidak tersebar merata.

Kata kunci: Kebakaran; Kalimantan Timur; MODIS; VIIRS; Titik api

1. Pendahuluan

Provinsi Kalimantan Timur merupakan salah satu provinsi yang paling luas, yang hanya kalah luas dibandingkan Papua.

Luas daratan provinsi ini mencapai 127.267,52 km², dan luas pengelolaan laut 25.656 km². Provinsi Kalimantan Timur terletak diantara 113°44' Bujur Timur dan 119°00' Bujur Timur serta diantara 2°33' Lintang Utara dan 2°25' Lintang Selatan. Ibukota Kalimantan Timur adalah Samarinda. Provinsi Kalimantan Timur bersebelahan dengan Provinsi Kalimantan

Aditya Pranata Wibowo, Frederik Samuel Papilaya
Universitas Kristen Satya Wacana, Indonesia

adityap.wibowo@gmail.com

Barat dan juga Kalimantan Selatan. Provinsi ini memiliki topografi yang bergelombang, dengan ketinggian berada diantara 0-1500 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan lahan berada di angka 0-60%. 43.35% dari wilayah daratan Provinsi Kalimantan Timur merupakan lahan dengan kemiringan lebih dari 40%, dan 43,22% nya terdapat di ketinggian 100 hingga 1000 meter diatas permukaan laut. Provinsi ini memiliki 10 kecamatan. Terjadinya kebakaran dalam suatu hutan biasanya dipicu oleh adanya perubahan fungsi hutan menjadi semak belukar dan perkebunan, aktivitas tersebut telah meningkatkan potensi terjadinya kebakaran (Rezainy, dkk., 2020). Hal yang sama juga dikemukakan oleh Adam, dkk., (2019) bahwa status kawasan hutan yang mengalami perubahan menjadi komponen inti bagaimana area lahan dan hutan digunakan yang sekaligus memperlihatkan perilaku status kawasan. Perubahan status kawasan hutan yang merupakan bagian dari alih fungsi lahan adalah jaminan dari kerentanan kebakaran.

Kebakaran, menurut Perda DKI No. 3 Tahun 1992, adalah suatu peristiwa atau kejadian timbulnya api yang tidak terkendali yang dapat membahayakan keselamatan jiwa maupun harta benda. Menurut *National Fire Protection Association* (NFPA), kebakaran merupakan suatu reaksi oksidasi yang dapat terjadi ketika bahan bakar, oksigen, dan sumber energi yang berupa panas bertemu, yang mengakibatkan kerugian materiil, dan dapat juga menelan korban. Jika dilihat dari kedua pengertian tersebut, maka dapat disimpulkan jika kebakaran adalah suatu peristiwa timbulnya reaksi oksidasi saat adanya bahan bakar, oksigen, dan energi panas yang menyebabkan pembakaran yg tidak terkendali dan menyebabkan kerugian. (Syarifudin, 2015). Bencana terjadi ketika bahaya atau ancaman (hazard) bertemu dengan suatu kondisi wilayah atau

masyarakat yang rentan, yang memiliki kemampuan rendah atau tidak memiliki kemampuan untuk menanggapi atau menghadapi bahaya tersebut. Gabungan dari kedua hal tersebut menyebabkan terganggunya kehidupan masyarakat (Taridala, dkk., 2017).

Citra satelit yang digunakan untuk penelitian ini adalah citra satelit MODIS dan citra satelit VIIRS. Sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) adalah instrumen penangkap citra yang berada di satelit Terra dan Aqua. Resolusi spasial dari thermal band MODIS memiliki 1000 meter resolusi per pikselnya. Dikarenakan MODIS memiliki 250 meter resolusi per piksel yang dialokasikan selain untuk thermal band, MODIS dapat menyediakan foto latar belakang yang lebih baik. (NASA, n.d.-a) Sensor VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) merupakan instrumen penangkap citra yang dipasang di satelit Suomi NPP. Resolusi spasial dari thermal band VIIRS memiliki 375 meter resolusi per pikselnya. (NASA, n.d.-b) Hal ini menjadikan VIIRS lebih baik untuk mendeteksi titik api secara lebih akurat dari pada sensor MODIS. Penulis menggunakan kedua jenis citra satelit titik api untuk memberikan suatu perbandingan antara kedua citra satelit yang berbeda dalam ketelitian mendeteksi titik apinya. Penggunaan data penginderaan jauh telah terbukti akurat dalam memvisualisasikan daerah rawan kebakaran secara spasial, hal tersebut juga dikemukakan oleh (Dahlia, dkk., 2019) yang mengkaji daerah kerawanan kebakaran menggunakan pendekatan natural dan social science yaitu dengan integrasi pendekatan penginderaan jauh dan partisipasi masyarakat lebih efektif dalam merepresentasikan data yang ada. Hal yang sama juga dikemukakan oleh (Widodo dan Dulbahri, 2017) bahwa deteksi kebakaran hutan dapat dilakukan dengan bantuan data penginderaan jauh

melalui pengolahan data dengan algoritma tertentu bisa diketahui besar suhu permukaan darat sehingga dari citra sensor satelit penginderaan jauh dapat disadap informasi tentang sebaran titik-titik api (hotspot) yang merepresentasikan adanya kebakaran hutan pada suatu area.

Artikel Pemodelan Spasial Kerentanan Wilayah Terhadap Penyakit Leptospirosis Berbasis Ekologi yang ditulis oleh Prima Widayani dan Dyah Kusuma menggunakan metode analisis Average Nearest Neighbor sebagai salah satu metode analisis nya. Dengan metode tersebut, mereka dapat menentukan bahwa persebaran kasus leptosiprosis di Kecamatan Imogiri, Bantul, dan Jetis Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta bersifat mengelompok atau clustered.(Widayani & Kusuma, 2014)

Artikel Kajian Kriminalitas di Kota Vancouver, BC, Kanada : Analisis Spasial-Temporal Tahun 2016-2018 yang ditulis oleh Dheni Kusumarani dan Taufik Hery Purwanto menggunakan metode analisis Optimized Hotspot sebagai salah satu metode analisis yang mereka gunakan dalam penelitiannya. Penelitian dalam metode tersebut membawa mereka kepada hasil bahwa kriminalitas sering terjadi pada daerah utara dari daerah tersebut.(Kusumarani & Purwanto, 2018)

Artikel Analisis Pola Sebaran Demam Berdarah Dengue Terhadap Penggunaan Lahan Dengan Pendekatan Spasial Di Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah Tahun 2011-2013 yang ditulis oleh Muliansyah dan Tri Baskoro telah menggunakan metode analisis Directional Distribution (Standard Devitional Ellipse) dalam penelitian mereka. Dalam penelitian mereka, analisis Directional Distribution (Standard Devitional Ellipse) menyatakan bahwa pola kasus DBD mengarah pada arah barat daya dari kota Luwuk, yang memang merupakan jalur aktifitas terbesar di daerah tersebut.(Muliansyah & Baskoro, 2015)

Artikel Spasial Autokorelasi Sebaran Demam Berdarah Dengue Di Kecamatan Ambarawa yang ditulis oleh Kartika Dian Pertiwi dan juga Ita Puji Lestari menggunakan metode analisis Spatial Autocorrelation sebagai salah satu metode analisis yang mereka gunakan dalam jurnal tersebut. Dalam penelitian mereka, disebutkan bahwa adanya pengelompokan kasus demam berdarah di Kecamatan Ambarawa setiap tahunnya dengan nilai yang tidak berbeda jauh.(Pertiwi & Lestari, 2020)

Pada penelitian ini, penulis ingin mengetahui daerah manakah di Provinsi Kalimantan Timur yang rawan terhadap kebakaran lahan dan bagaimana pola menjalarnya api di daerah tersebut. Analisis tersebut dapat dilakukan dengan mencari data yang dapat didapatkan dan menganalisis nya dengan menggunakan software ArcMap 10.3. Analisis akan dilakukan dengan mengolah data dengan menggunakan *Average Nearest Neighbor* untuk mengetahui apakah titik api tersebut terpusat ataukah tersebar di seluruh daerah lahan Provinsi Kalimantan Timur. Setelah itu, akan dilakukan analisis dengan metode *Optimized Hot Spot Analysis* untuk menandai di daerah manakah kebakaran lahan tersebut sering terjadi.

Selanjutnya, data tersebut akan diolah dengan cara *Temporal Collect Event*. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa dan memvisualisasikan suatu pengumpulan data, yang dalam hal ini adalah titik api dalam kebakaran lahan. Dengan data yang ada, pola pengumpulan api akan muncul, dan lokasi yang memiliki titik api yang banyak terkumpul akan terlihat. Dengan metode-metode tersebut, penelitian ini diharapkan dapat mencapai tujuan yang akan dicapai saat memilih topik ini.

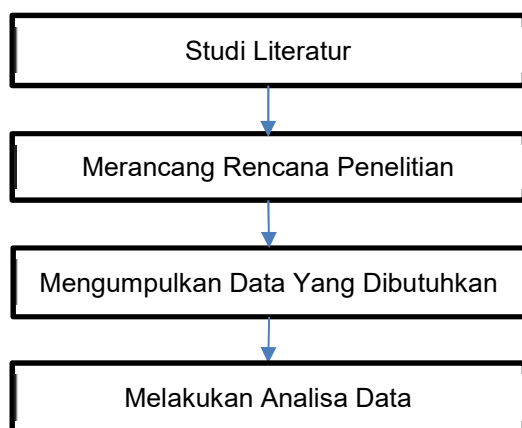
Tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi persebaran titik api di Provinsi Kalimantan Timur, dan juga mengetahui daerah mana sajakah

yang dapat diklasifikasikan sebagai daerah yang rawan terhadap kebakaran lahan di Provinsi Kalimantan Timur, serta bagaimanakah pola titik api tersebut.

Manfaat yang dapat diberikan oleh hasil penelitian ini adalah menekan pada jumlah lahan yang terbakar di daerah Provinsi Kalimantan Timur. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan kepada pihak-pihak berwajib dapat menggunakan informasi ini dan melakukan tindakan preventif yang dapat menekan angka luas lahan yang terbakar di daerah Kalimantan Timur dan mengurangi kerugian materiil dan juga kerugian moril yang dapat terjadi jika kebakaran lahan tersebut tidak tercegah.

2. Metode

Lokasi dari penelitian yang dilakukan merupakan semua kecamatan yang terdapat di Provinsi Kalimantan Timur dikarenakan titik api yang terletak di Kalimantan Timur tersebar di seluruh kecamatan di Kalimantan Timur. Populasi untuk penelitian ini merupakan data hotspot dari bulan Juli hingga September 2019 di Provinsi Kalimantan Timur. Penulis memutuskan untuk tidak melakukan sampling data dikarenakan pengurangan data dapat mengganti atau mempengaruhi hasil akhir penelitian. Alur penelitian ini dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahap pertama yang perlu dilakukan sebelum memulai penelitian adalah melakukan studi literatur. Studi literatur merupakan aktivitas yang berhubungan dengan hal-hal seperti metode pengumpulan data pustaka untuk penelitian dan membaca dan mencatat hal-hal penting. Untuk studi literatur yang dilakukan, penulis membaca beberapa literatur yang memiliki topik atau metode penelitian yang serupa.

Artikel jurnal yang dijadikan tinjauan dalam penelitian ini adalah Artikel Permodelan Spasial Kerentanan Wilayah Terhadap Penyakit Leptospirosis Berbasis Ekologi yang ditulis oleh Prima Widayani dan Dyah Kusuma, Artikel Kajian Kriminalitas di Kota Vancouver, BC, Kanada : Analisis Spasial-Temporal Tahun 2016-2018 yang ditulis oleh Dheni Kusumarani dan Taufik Hery Purwanto, Artikel Analisis Pola Sebaran Demam Berdarah Dengue Terhadap Penggunaan Lahan Dengan Pendekatan Spasial Di Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah Tahun 2011-2013 yang ditulis oleh Muliansyah dan Tri Baskoro, dan Artikel Spasial Autokorelasi Sebaran Demam Berdarah Dengue Di Kecamatan Ambarawa yang ditulis oleh Kartika Dian Pertiwi dan juga Ita Puji Lestari, serta Artikel Analisis Autokorelasi Spasialtitik Panas Di Kalimantan Timur Menggunakan Indeks Moran dan Local Indicator Of Spatial Autocorrelation (LISA) yang ditulis oleh Nurmalia Purwita Yuriantari, Memi Nor Hayati, dan Sri Wahyuningsih.

Tahap kedua yang perlu dilakukan untuk memulai penelitian adalah untuk merancang rencana penelitian yang akan dilakukan. Merancang penelitian merupakan langkah yang penting agar penelitian dapat dilakukan dengan lancar. Jika penelitian tidak dirancang dengan baik, penelitian dapat saja tidak berjalan dengan baik.

Tahap ketiga merupakan mengumpulkan data yang dibutuhkan.

Pengumpulan data dilakukan secara *online* melalui website resmi NASA (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>).

Disana tersedia banyak data hotspot yang diambil dari satelit MODIS dan juga VIIRS. Untuk mendapatkan data tersebut, kita cukup memilih daerah penelitian dan jenjang waktu dan permintaan tersebut akan diproses. Dikarenakan sifat data yang berasal dari *internet* dan juga dapat dioperasionalkan, maka data yang telah didapatkan oleh penulis merupakan jenis data primer dan kuantitatif.

Data yang didapatkan dari website resmi FIRMS didapatkan dengan cara request melalui website dengan mendaftarkan email dan memasukkan request yang terdiri dari daerah pengumpulan data dan tanggal pengumpulan data. Jika proses request telah diselesaikan, data dapat di-download dari website tersebut dalam bentuk .rar. File tersebut kemudian dapat diekstrak dan memiliki file titik api yang berbentuk .shp, yang dapat diolah oleh aplikasi pengolah data geografis.

Tahap selanjutnya merupakan melakukan analisa data. Data yang sudah diperoleh lalu akan dianalisa menggunakan aplikasi ArcMap yang memiliki berbagai macam alat atau *tools* untuk memberikan analisa pola dari data yang telah diperoleh dan memberikan hasil yang jelas dan lengkap.

Tools atau alat analisa yang digunakan merupakan analisa *Optimized Hot-Spot Analysis*, yang digunakan untuk menunjukkan daerah manakah yang memiliki intensitas kejadian yang lebih tinggi maupun yang rendah. Alat analisa *Temporal Collect Event* digunakan untuk mengumpulkan beberapa titik api yang saling berdekatan menjadi sebuah titik yang memiliki atribut yang menunjukkan banyaknya titik api yang diakumulasikan. Titik yang memiliki banyak titik api disekelilingnya ditandai dengan titik dengan diameter yang lebih besar. Lalu,

Average Nearest Neighbor merupakan alat analisa untuk mengetahui apakah titik-titik kejadian mengumpul ataukah tersebar secara rata. Kemudian, *Spatial Autocorrelation* dapat memberi informasi korelasi antara ukuran sejati piksel api dan letaknya. Lalu, alat analisa *Directional Distribution (Standard Devitional Ellipse)* digunakan untuk mengetahui lokasi manakah yang sering terdapat titik api di Kalimantan Timur dalam bentuk elips yang terbentuk pada daerah yang memiliki banyak titik api.

Artikel berjudul Analisis Kebakaran Hutan dan Lahan Di Provinsi Riau yang ditulis oleh Ardhi Yusuf, Hapsah, Sofyan Husein Siregar, dan Dodik Ridho Nurrochmat menyimpulkan bahwa jumlah titik panas semakin tinggi dan peluang terjadinya kebakaran akan semakin tinggi jika lokasi tersebut lebih dekat dengan jaringan jalan. Kesamaan penelitian ini dengan penelitian yang ditulis oleh Ardhi Yusuf adalah samanya penggunaan data hotspot untuk menunjukkan letak hotspot dan juga penyebarannya di daerah penelitian, yang membawa hasil titik potensi api. Perbedaan yang ada merupakan hasil akhir dari penelitian, yang merupakan identifikasi daerah yang memiliki potensi paling tinggi untuk terjadinya kebakaran, sedangkan jurnal tulisan ini memiliki hasil akhir mengetahui pola kebakaran di Provinsi Kalimantan Timur. (Yusuf, Hapsah, Siregar, & Nurrochmat, 2019)

Artikel Analisis Autokorelasi Spasialtitik Panas Di Kalimantan Timur Menggunakan Indeks Moran dan Local Indicator Of Spatial Autocorrelation (LISA) yang ditulis oleh Nurmalia Purwita Yuriantari, Memi Nor Hayati, dan Sri Wahyuningsih, memiliki kesimpulan yang berupa adanya autokorelasi spasial pada data jumlah titik panas antar Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Timur yang memiliki letak yang berdekatan. Penelitian ini menggunakan

metode autokorelasi spasial untuk mengetahui pola kebakaran dan mengetahui tingkat kerentanan Provinsi Kalimantan Timur terhadap kebakaran hutan dan lahan. Perbedaan merupakan penggunaan metodologi LISA dan tidak menggunakan *Optimized Hotspot*, *Average Nearest Neighbor*, dan *Directional Distribution* (Yuriantari, Hayati, & Wahyuningsih, 2017).

Kebakaran, menurut SK. Menhut. No. 195/Kpts-II/1996, adalah "suatu keadaan dimana hutan dilanda api sehingga mengakibatkan kerusakan hutan dan hasil hutan yang menimbulkan kerugian ekonomi dan lingkungannya. (Departemen Kehutanan, 2007) Hutan merupakan suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan, berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya yang satu dengan yang lain tidak dapat dipisahkan, menurut Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.12/Menhut-II/2009. (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2009)

Kebakaran hutan, menurut dari Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P.12/Menhut-II/2009 tentang Pengendalian Kebakaran Hutan, merupakan suatu keadaan dimana hutan dilanda api sehingga mengakibatkan kerusakan hutan dan atau hasil hutan yang menimbulkan kerugian ekonomis dan atau nilai lingkungan (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2009). Kebakaran hutan memiliki dua jenis penyebab, yang pertama merupakan sebab alamiah, seperti sambaran petir, lahar yang dimuntahkan oleh gunung api, dan juga gesekan antar pohon di hutan.

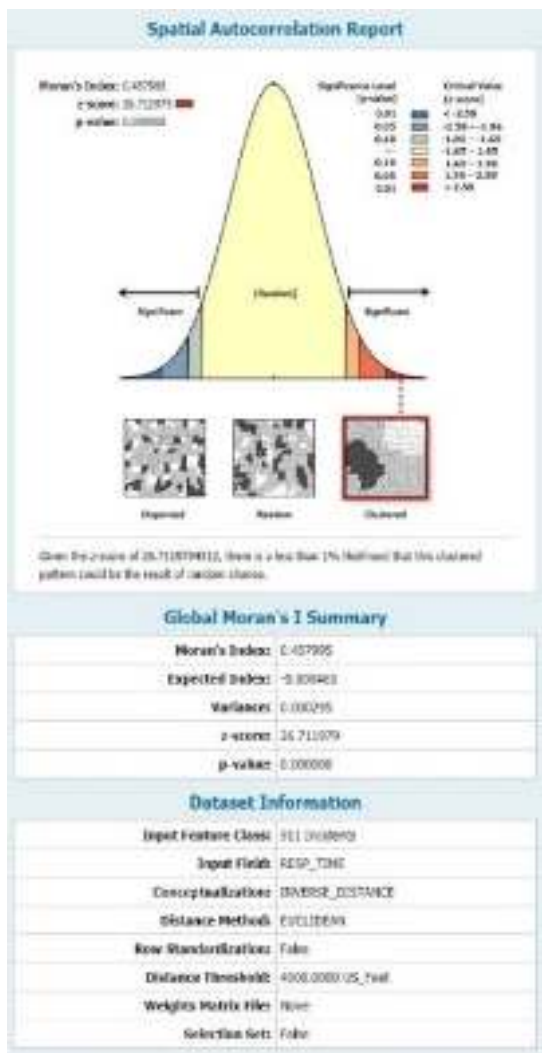
Yang kedua adalah kebakaran yang dipicu oleh manusia, yang dapat dilakukan secara sengaja maupun tidak sengaja. Manusia seringkali melakukan pembakaran hutan untuk peremajaan hutan, pembersihan lahan, dan juga pemberantasan hama di lahan tersebut,

meskipun kadang juga dilakukan secara tidak sengaja, seperti puntung rokok yang dibuang sembarangan, api unggun yang tidak dipadamkan, pembakaran sampah-sampah yang tidak terawasi, dan hal lainnya.

Spatial Autocorrelation, atau autokorelasi spasial, dalam jurnal yang berjudul Analisis Autokorelasi Spasialitik Panas Di Kalimantan Timur Menggunakan Indeks Moran dan Local Indicator Of Spatial Autocorrelation (LISA), adalah "korelasi antara variabel dengan dirinya sendiri berdasarkan ruang atau dapat juga diartikan suatu ukuran kemiripan dari objek di dalam suatu ruang (jarak, waktu dan wilayah) (Yuriantari et al., 2017).

Pada Gambar 2, terdapat contoh hasil dari analisis *Spatial Autocorrelation*. Hasil ini dapat didapatkan jika opsi untuk membuat laporan dari analisa ini diaktifkan. Pada bagian atas, terdapat dari kesimpulan apakah data dan korelasinya terhadap variabel tertentu tersebut terkumpul, acak, atau terpecah. Pada tabel yang pertama, terdapat hasil dari perhitungan analisa, mulai dari Indeks Moran, indeks yang diperkirakan, variasi, z-score yang merupakan standar deviasi, dan juga p-value yang merupakan probabilitas keacakan.

Pada Tabel 1 yang berada di bagian bawah Gambar 1, terdapat informasi tentang data yang dianalisa. Didalam tabel tersebut, terdapat nama *class* data yang digunakan, atribut yang digunakan untuk analisa korelasi, konseptualisasi definisi relasi antara suatu atribut dan letaknya, penghitungan jarak antara fitur dalam data yang ada didalam *class*, standarisasi fitur *class*, jarak maksimal fitur, *file* matriks untuk bobot, dan ada atau tidaknya fitur yang dipilih untuk dilakukan analisa terpisah. Berikut ini adalah contoh hasil dari analisa *Spatial Autocorrelation* yang terdapat di Gambar 2.



Gambar 2. Contoh Hasil Analisa *Spatial Autocorrelation*.

Average Nearest Neighbor merupakan alat untuk mengukur jarak antara titik pusat fitur yang terkumpul dan titik pusat fitur terkumpul yang terdekat. Jarak tersebut kemudian di rata-rata. Jika hasilnya kurang dari jumlah distribusi acak, maka hasilnya merupakan terkumpul. Sedangkan jika lebih, maka dianggap sebagai tersebar. (Esri, 2018) Berikut ini terdapat formula untuk perhitungan analisa *Average Nearest Neighbor* yang terdapat di Gambar 2, dimana D_o rata-rata jarak yang dipantau diantara titik dan titik terdekatnya, dan D_E merupakan rata-rata jarak yang diharapkan dari titik tersebut dalam pola yang acak, dan z merupakan z-score yang merupakan standar deviasi.

$$ANN = \frac{D_o}{D_E} \quad (1)$$

Formula 1 Rumus rasio *Average Nearest Neighbor*

$$D_o = \frac{\sum_{i=1}^n di}{n} \quad (2)$$

Formula 2 Rumus penghitungan D_o

$$D_E = \frac{0.5}{\sqrt{n/A}} \quad (3)$$

Formula 3 Rumus penghitungan D_E

$$z = \frac{\bar{D}_o - \bar{D}_E}{SE} \quad (4)$$

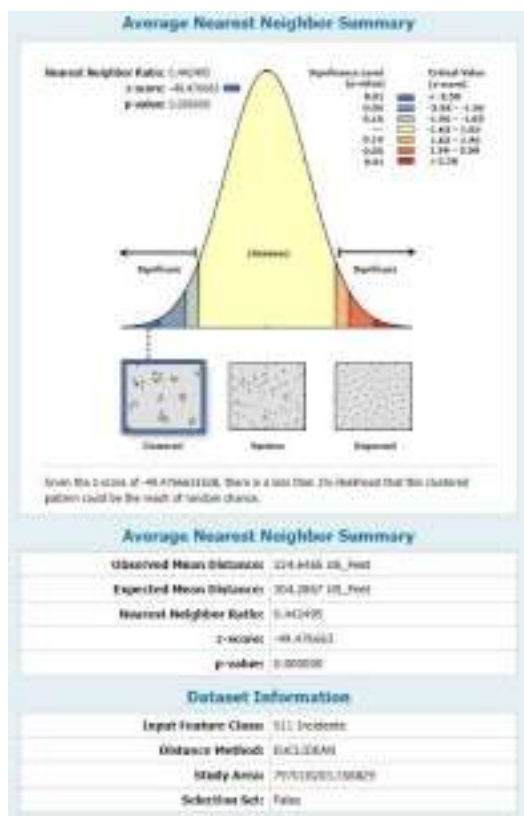
Formula 4 Rumus penghitungan z-score

$$SE = \frac{0.26136}{\sqrt{n^2/A}} \quad (5)$$

Formula 5 Rumus penghitungan SE

Pada contoh hasil analisa *Average Nearest Neighbor* ini, terdapat informasi tentang analisa yang telah dilakukan. Opsi untuk membuat laporan ini merupakan opsional. Seperti laporan untuk analisa *Spatial Autocorrelation*, di bagian atas terdapat sebuah grafik yang menyimpulkan hasil analisa apakah terkumpul, acak, ataukah tersebar. Pada tabel yang terletak di bawah grafik di Gambar 3, terdapat informasi tentang hasil dari analisa. Didalamnya berisi informasi tentang mean jarak yang di analisa, mean jarak perkiraan, rasio *Nearest Neighbor*, z-score yang merupakan standar deviasi, dan juga *p-value* yang juga mengandung nilai untuk probabilitas keacakan.

Pada tabel yang terletak di bawah Gambar 3, terdapat informasi tentang data yang digunakan, seperti *class* yang di analisa, metode penghitungan jarak antara fitur di dalam *class*, area penelitian dari analisa, dan informasi tentang pemilihan fitur tertentu untuk analisa. Berikut ini adalah contoh hasil dari analisa *Average Nearest Neighbor* yang terdapat di Gambar 3.



Gambar 3. Contoh Hasil Analisa Average Nearest Neighbor.

Optimized Hotspot merupakan alat analisa yang menggunakan dan membaca data untuk mendapatkan hasil *hotspot* yang optimal. Jika data berbentuk *point*, maka data akan digabungkan menjadi sekumpulan data yang memiliki nilai. Dengan adanya data bernilai tersebut, *tool* ini akan memberi skala analisis yang cocok. Terdapat 3 metode pengumpulan titik data pada *Optimized Hot Spot*, yaitu *Count incidents Within Fishnet Polygons* yang menghitung titik insiden yang terdapat di polygon yang membagi kasus studi, *Count Incidents Within Aggregation Polygons* yang menggunakan *polygon* yang dimiliki pengguna untuk menghitung titik insiden, dan *Snap Nearby Incidents To Create Weighted Points* yang mengumpulkan titik yang dekat menjadi satu dan memiliki nilai sejumlah titik yang terkumpul. (Esri, 2018c) Berikut ini adalah rumus perhitungan analisa *Directional Distribution*.

$$c = \begin{pmatrix} var(x) & cov(x,y) \\ cov(y,x) & var(y) \end{pmatrix} = \frac{1}{n} \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 & \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i \\ \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i & \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Formula 6 Rumus penghitungan Standard Devitional Ellipse

$$var(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 \quad (7)$$

Formula 7 Rumus penghitungan $var(x)$

$$cov(x,y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})(y_i - \tilde{y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i \quad (8)$$

Formula 8 Rumus penghitungan $cov(x,y)$

$$var(y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2 \quad (9)$$

Formula 9 Rumus penghitungan $var(y)$

$$\sigma_{1,2} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 + \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2 \pm \sqrt{(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2)^2 + 4(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i)^2}}{2n} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

Formula 10 Rumus penghitungan *Standard Deviation* untuk poros x dan y

Directional Distribution (Standard Devitional Ellipse), yang rumus nya telah tertera pada Gambar 3, merupakan cara yang umum untuk mencari pola dari banyak titik atau daerah untuk menghitung jarak secara terpisah dalam dimensi x, y, dan z. (Esri, 2018b) Hasil akhir dari analisa tersebut merupakan elips yang menunjukkan area mana sajakah yang memiliki titik api di daerah tersebut.

Temporal Collect Event merupakan alat analisa untuk melakukan pengumpulan titik yang terletak pada lokasi yang berdekatan. Kumpulan titik tersebut lalu dijadikan satu titik yang memiliki nilai jumlah titik yang disatukan. Semakin banyak titik yang dikumpulkan, semakin besar pula diameter dari titik-titik tersebut.

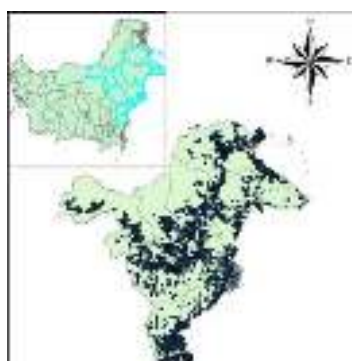
3. Hasil dan Pembahasan

Data satelit MODIS yang telah berformat .shp dapat langsung diolah untuk penelitian. Jika data tersebut di satukan dengan peta Kalimantan Timur, maka terlihat banyak titik api yang terdeteksi di Kalimantan Timur. Pada Gambar 4 ini merupakan data satelit MODIS yang telah didapatkan dari *website* FIRMS.



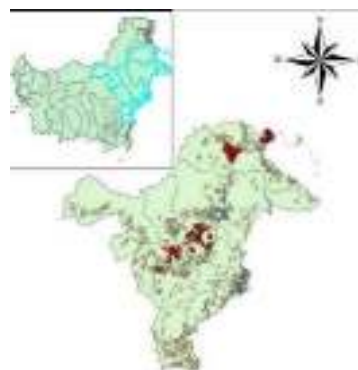
Gambar 4. Data Satelit MODIS

Selain data satelit MODIS, data satelit VIIRS juga tersedia dalam *website* FIRMS. Data satelit VIIRS juga memiliki format yang serupa dengan data satelit MODIS, jadi data ini pun juga dapat langsung diolah. Gambar 5 dibawah merupakan data satelit VIIRS yang didapatkan dari *website* FIRMS.



Gambar 5 Data Satelit VIIRS

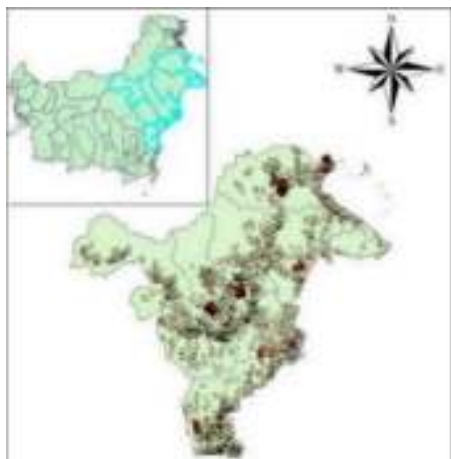
Alat analisa *Optimized Hot-Spot Analysis* yang digunakan untuk menunjukkan intensitas kejadian menunjukkan beberapa titik panas api. Intensitas titik api yang tinggi dari hasil analisa data satelit MODIS terkumpul di daerah Berau, daerah Kutai Barat, Kutai Timur, dan Kutai Kartanegara yang terdapat di sekitar daerah yang berada di tengah provinsi. Daerah Kutai Timur juga memiliki titik intensitas rendah di sebelah timur titik intensitas tinggi di kecamatan tersebut. Hasil analisa *Optimized Hot Spot* pada data satelit MODIS dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Hasil Analisa *Optimized Hot-Spot Analysis* Pada Data Satelit MODIS

Hasil analisa data satelit VIIRS menunjukkan kenaikan jumlah daerah yang memiliki intensitas tinggi dibandingkan hasil analisa MODIS. Selain daerah intensitas yang serupa yang berada di daerah Berau, Kutai Barat, Kutai Kartanegara, dan Kutai Timur. Hasil analisa juga menunjukkan adanya titik intensitas tinggi lain yang berada di kecamatan Paser yang merupakan bagian selatan dari Provinsi Kalimantan Timur, dan juga pada daerah bagian timur Kecamatan Kutai Kartanegara yang berdekatan dengan Kecamatan Samarinda, yang terletak di sebelah timur Provinsi Kalimantan Timur.

Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Zubaidah, dkk., (2018) dengan menggunakan Citra VIIRS model Multi-Threshold diperoleh nilai akurasi rata-rata sebesar 82.2% dengan Commission error sebesar 9.8% dan Omission error 10%. Hal tersebut menunjukkan penggunaan data VIIRS cukup baik dalam merepresentasikan kebakaran. Pada gambar dibawah, terlihat jika dengan *point* berwarna merah merupakan titik dengan intensitas tinggi dan biru merupakan titik intensitas rendah. Hasil analisa *Optimized Hot Spot* pada data satelit MODIS dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Hasil Analisa *Optimized Hot-Spot Analysis* Data Satelit VIIRS

Analisa yang menggunakan alat *Temporal Collect Event* menunjukkan bahwa data satelit MODIS memiliki titik berdiameter besar terdapat di Kecamatan Kutai Kartanegara. Titik-titik tersebut juga terletak pada posisi yang sedikit tersebar ke bagian utara dari Provinsi Kalimantan Timur, yang mencapai Kecamatan Kutai Timur dan Kecamatan Berau. Data tersebut sesuai dengan hasil analisa *Optimized Hot-Spot Analysis* dari data satelit MODIS yang memiliki titik dengan intensitas tinggi di daerah yang serupa. Pada Gambar 8 dibawah, terdapat hasil analisa *Temporal Collect Event* pada data satelit MODIS.



Gambar 8 Hasil Analisa *Temporal Collect Event* Pada Data Satelit MODIS.

Hasil analisa *Temporal Collect Event* yang dilakukan pada data satelit VIIRS menunjukkan bahwa data juga terpusat di Kecamatan Kutai Kartanegara.. Hasil ini serupa pula dengan analisis pada data satelit MODIS meskipun data satelit VIIRS memiliki jumlah yang jauh lebih banyak. Selain itu, data yang terdapat di Kecamatan Berau pada hasil analisa data satelit MODIS juga tidak ditemukan. Perbedaan dengan hasil analisa dari data satelit MODIS adalah jumlah lingkaran yang tercipta. Hal tersebut menggambarkan adanya peningkatan jumlah data yang ada di titik tersebut. Pada Gambar 9 terdapat hasil analisa *Temporal Collect Event* yang dilakukan pada data satelit VIIRS.



Gambar 9. Hasil Analisa *Temporal Collect Event* Pada Data Satelit VIIRS.

Hasil analisa *Directional Distribution* menunjukkan bahwa daerah yang banyak memiliki titik api merupakan daerah pusat Provinsi Kalimantan Timur, dengan daerah yang paling banyak termasuk di elips merupakan Kecamatan Kutai Kartanegara dan Kecamatan Kutai Timur. Elips hasil analisa kedua data satelit juga memiliki ukuran dan posisi yang serupa. Hal tersebut menunjukkan bahwa data kedua satelit tersebut tidak berbeda jauh jika dilihat dari analisa *Directional Distribution*. Elips juga memiliki posisi hampir tegak lurus, dengan kemiringan

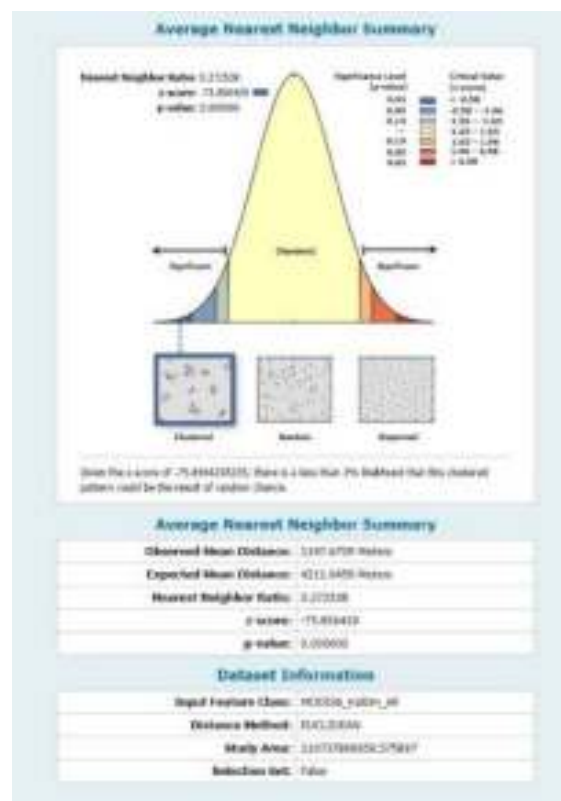
yang sesuai dengan daerah daratan Provinsi Kalimantan Timur. Elips hasil analisa data satelit MODIS merupakan elips berwarna merah, dan elips berwarna biru merupakan hasil analisa data satelit VIIRS. Berikut adalah hasil analisa *Directional Distribution* pada data satelit MODIS dan VIIRS yang terdapat di Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Analisa *Directional Distribution* pada data satelit MODIS dan VIIRS.

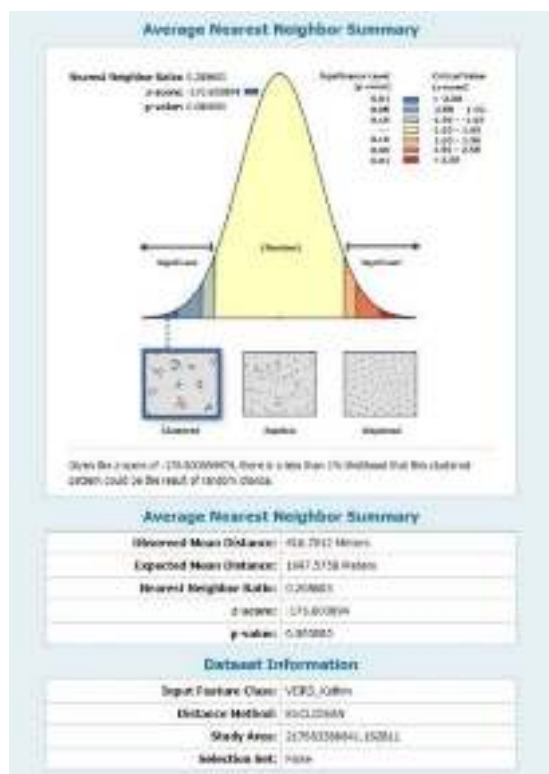
Analisa *Average Nearest Neighbor* yang dilakukan pada data hotspot yang didapatkan dari satelit MODIS menunjukkan bahwa lokasi titik api pada kedua data satelit terkumpul atau bisa disebut sebagai *clustered*. Hal tersebut menunjukkan jika titik api memang tidak tersebar secara acak atau juga merata, melainkan tergabung pada beberapa lokasi tertentu. Kesimpulan tersebut juga bisa ditarik dari hasil perhitungan z-score yang sangat rendah, mencapai angka hingga -75, yang menandakan bahwa menandakan bahwa tidak atau hampir tidak adanya keacakan dari lokasi terletaknya titik-titik api tersebut, dengan z-score yang merupakan standar deviasi titik api, dan juga p-value yang juga mengandung nilai untuk probabilitas keacakan titik api. Hasil

analisa *Average Nearest Neighbor* data satelit MODIS tercantum di Gambar 11.



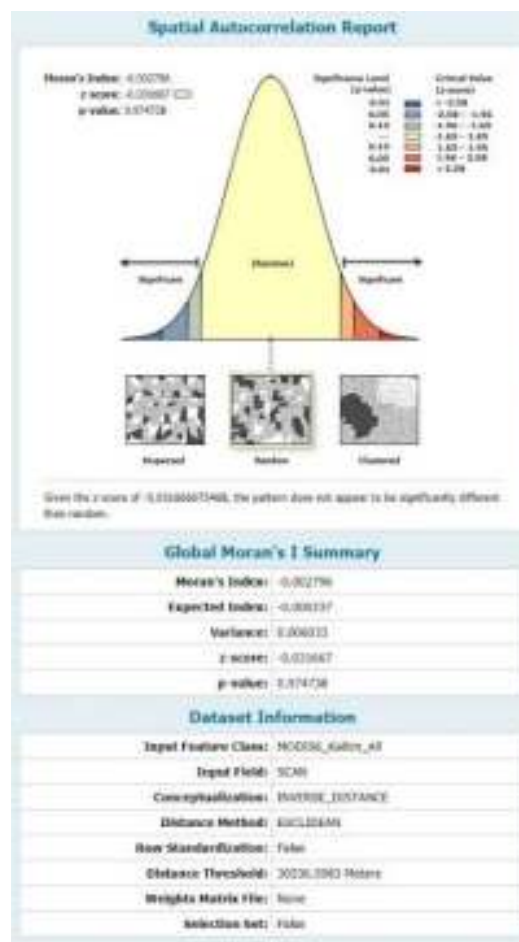
Gambar 11. Hasil Analisa *Average Nearest Neighbor* Pada Data Satelit MODIS.

Hasil analisa *Average Nearest Neighbor* pada data satelit VIIRS juga menunjukkan hal yang serupa dengan hasil analisa data satelit MODIS, yang menunjukkan bahwa titik api yang berada di Provinsi Kalimantan Timur terkumpul di beberapa titik. Angka z-score juga jauh lebih besar dari hasil analisa data satelit MODIS dengan kemungkinan keacakan 0%, dengan catatan bahwa z-score yang merupakan standar deviasi dari titik tersebut, dan juga p-value yang juga mengandung nilai untuk probabilitas keacakan dari lokasi ditemukannya titik api. Pada Gambar 12, terdapat hasil dari analisa *Average Nearest Neighbor* pada data satelit VIIRS.



Gambar 12. Hasil Analisa Average Nearest Neighbor Pada Data Satelit VIIRS.

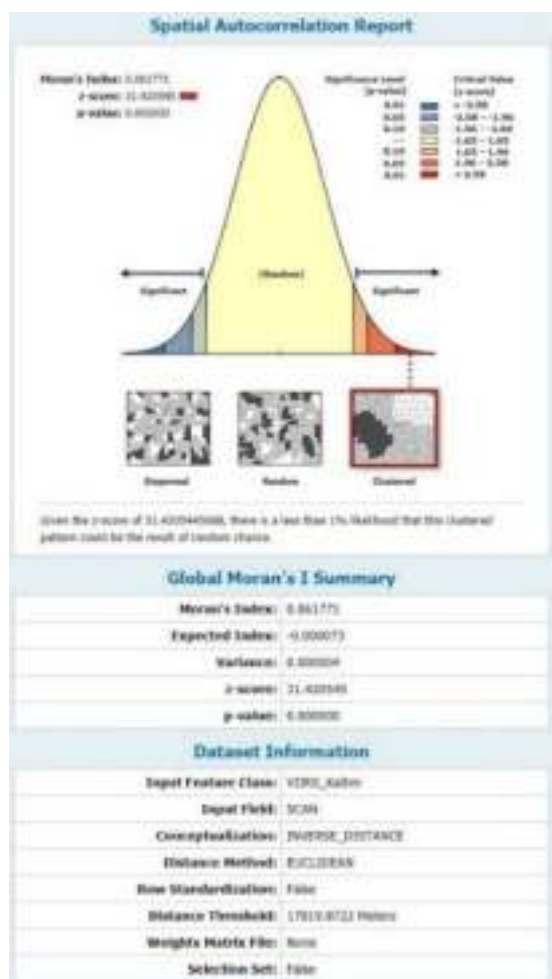
Analisa *Spatial Autocorrelation* akan menunjukkan apakah benar besarnya ukuran sejati piksel dari titik api yang ditangkap memiliki korelasi antara lokasi dan ukuran piksel tersebut. Hasil *random* didapatkan saat menggunakan alat analisa tersebut pada data satelit MODIS. Angka *z-score* yang mendekati 0 berarti tidak ada korelasi antara lokasi dan atribut besaran piksel dan *p-value* yang mendekati 1 berarti probabilitas keacakan dari fitur data tersebut tinggi. Berdasarkan hasil analisa tersebut, dapat disimpulkan bahwa besarnya ukuran sejati piksel dan letak dari piksel tidak sepenuhnya memiliki korelasi, dengan *z-score* yang merupakan standar deviasi titik api, dan juga *p-value* yang juga mengandung nilai untuk probabilitas keacakan lokasi titik api. Berikut ini adalah hasil analisa *Spatial Autocorrelation* yang dilakukan pada data satelit MODIS, yang tercantum pada Gambar 13.



Gambar 13. Hasil Analisa Spatial Autocorrelation Pada Data Satelit MODIS.

Analisa *Spatial Autocorrelation* yang dilakukan pada data satelit VIIRS memiliki hasil yang berbeda dari hasil analisa dari data satelit MODIS. Analisa *Spatial Autocorrelation* pada data satelit VIIRS menunjukkan bahwa data yang berasal dari satelit VIIRS terkumpul. Hasil analisa menunjukkan angka *z-score*, yang merupakan standar deviasi dari titik tersebut, yang tinggi, yang berarti bahwa terdapat korelasi yang cukup besar antara besar piksel dan lokasinya. Angka *p-value*, yang merupakan nilai probabilitas keacakan lokasi titik, yang memiliki nilai 0 juga berarti bahwa hampir tidak ada kemungkinan bahwa pengelompokan data ini merupakan hasil dari keacakan. Hasil analisa *Spatial Autocorrelation* terhadap data satelit VIIRS ini menunjukkan bahwa

terdapat korelasi yang besar antara besarnya ukuran sejati piksel dari titik api dan lokasi titik api yang memiliki atribut tersebut. Pada gambar 14 terdapat hasil analisa *Spatial Autocorrelation* yang dilakukan pada data satelit VIIRS.



Gambar 14 Hasil Analisa *Spatial Autocorrelation* Pada Data Satelit VIIRS.

Menggunakan berbagai alat analisis untuk menentukan pola kebakaran lahan yang berada di Provinsi Kalimantan Timur, terdapat beberapa hal yang dapat ditarik menjadi sebuah kesimpulan. Pada hasil analisa data satelit MODIS dan VIIRS menggunakan alat *Optimized Hot Spot*, alat analisa yang menunjukkan daerah dengan intensitas yang tinggi, menunjukkan bahwa daerah Kecamatan Berau, Kutai Barat, Kutai Timur, Kutai

Kartanegara, dan juga Kecamatan Paser yang hanya didapatkan dari analisa data satelit VIIRS.

Hasil analisa data satelit MODIS dan VIIRS menggunakan *Temporal Collect Event*, yang mengumpulkan titik-titik yang berdekatan dan memiliki diameter yang membesar seiring dengan jumlah titik yang terkumpul, memiliki hasil yang serupa dari kedua data satelit tersebut. Pada hasil analisa data MODIS, Kecamatan Kutai Kartanegara memiliki beberapa titik yang berdiameter cukup besar, menandakan banyaknya titik yang berada di kecamatan tersebut. Titik-titik juga tersebar di Kecamatan Kutai Timur dan juga Kecamatan Berau. Pada analisis yang dilakukan pada data satelit VIIRS, titik-titik berdiameter besar juga terdapat dan terpusat di Kecamatan Kutai Kartanegara. Beberapa titik juga terdapat di Kecamatan Kutai Timur dan Kecamatan Paser.

Hasil analisa *Directional Distribution*, yang merupakan alat analisa untuk memperlihatkan dimanakah daerah yang memiliki banyak titik api, pada data satelit MODIS dan juga VIIRS memiliki hasil bahwa daerah yang banyak memiliki titik api terdapat di bagian Kecamatan Kutai Kartanegara, Kutai Barat, dan juga Kutai Timur. Elips yang dihasilkan oleh analisa dari kedua satelit juga tidak berbeda jauh, dengan elips data satelit MODIS berposisi sedikit ke utara dibandingkan elips data satelit VIIRS.

Data satelit MODIS, jika dianalisa dengan alat analisa *Average Nearest Neighbor* yang berfungsi untuk menilai apakah titik api terkumpul, teracak, atau tersebar secara rata, memiliki hasil jika titik api di Provinsi Kalimantan Timur terletak secara terkumpul. Data satelit VIIRS saat dianalisa juga memiliki hasil yang serupa, meskipun dengan angka *z-score* yang jauh lebih besar.

Alat analisa *Spatial Autocorrelation* memiliki tujuan untuk mengetahui apakah ada korelasi yang berarti antara suatu

atribut dan letak titik pemilik atribut tersebut. Saat alat analisa tersebut digunakan untuk menganalisa data satelit MODIS dan VIIRS, kedua satelit tersebut memiliki hasil yang berbeda. Pada hasil analisa data satelit MODIS, korelasi antara besar piksel sejati api dan letak titik api tidak ada. Sedangkan pada hasil analisa data satelit VIIRS, korelasi antara letak titik dan ukuran piksel titik api tersebut ada.

4. Penutup

Berbagai macam alat analisa menunjukkan bahwa Kecamatan Kutai Kartanegara merupakan kecamatan yang memiliki dampak yang paling besar diantara kecamatan lain di Provinsi Kalimantan Timur. Data satelit MODIS dan VIIRS juga memiliki perbedaan, salah satunya yang paling menonjol adalah jumlah data VIIRS yang jauh lebih banyak dari satelit MODIS. Berkat perbedaan jumlah data tersebut, hasil analisis juga memiliki perbedaan meskipun perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan. Dalam hasil penelitian yang telah didapatkan dari analisis bermetode Directional Distribution, Optimized Hotspot, dan Temporal Collect Event adalah terdapat banyak titik api yang berada di Kecamatan Kutai Kartanegara, Kutai Barat, Kutai Timur, dengan beberapa kumpulan titik yang lebih kecil terletak di kecamatan Berau dan juga Paser. Dalam analisis Spatial Autocorrelation ditemukan bahwa terdapat korelasi antara lokasi terjadinya titik api dan ukuran sejati dari titik api. Analisis Average Nearest Neighbor menunjukkan bahwa titik api terkumpul pada beberapa tempat dan tidak tersebar secara merata atau secara acak.

Daftar Pustaka

Adam, S. S., Mohammad G. R., P. K. (2019). Sistem Informasi Geografis untuk Zonasi Kerentanan Kebakaran Lahan dan Hutan di Kecamatan Malifut, Halmahera Utara. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu*

Komputer, 6(5), 559–566.

Dahlia, S., Wira F.R., Aditya R., Haryadi, K. A. (2019). Pemetaan Kerawanan KEbakaran Menggunakan Pendekatan Integrasi Penginderaan Jauh dan Persepsi Masyarakat di Kecamatan Tambora Jakarta Barat. *Jurnal Geografi*, 11(1), 108–123.

Departemen Kehutanan. (2007). *Keputusan Menteri Kehutanan Nomor: 743/KPTS-II/1996. 743(10)*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Esri. (2018a). How Average Nearest Neighbor Works - ArcGIS Pro.

Esri. (2018b). How Directional Distribution (Standard Devitional Ellipse) Works - ArcGIS Pro.

Esri. (2018c). How Optimized Hot Spot Analysis Works - ArcGIS Pro.

Kusumarani, D., & Purwanto, T. H. (2018). *Kajian Kriminalitas di Kota Vancouver, BC, Kanada: Analisis Spasial-Temporal Tahun 2016-2018*. (2).

Menteri Kehutanan Republik Indonesia. (2009). Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.12/Menhut-II/2009. *Menteri Kesehatan Republik Indonesia Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Nomor 65(879), 2004–2006*. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btk045>

Muliansyah, & Baskoro, T. (2015). Analisis Pola Sebaran Demam Berdarah Dengue Terhadap Penggunaan Lahan Dengan Pendekatan Spasial di Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah Tahun 2011 sampai 2013. *Jurnal Sistem Informasi Kesehatan Masyarakat*, 1(1), 47–54.

NASA. (n.d.-a). MODIS Web.

NASA. (n.d.-b). Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS).

Pertiwi, K. D., & Lestari, I. P. (2020). *Spasial Autokorelasi Sebaran Demam Berdarah Dengue Di Kecamatan Ambarawa*. 2(1), 29–34.

Rezainy, A., Lailan S., I. S. S. (2020). Pemetaan Daerah Rawan Kebakaran Di Lahan Gambut Berdasarkan Pola Sekuens Titik Panas Di Kabupaten Pulang Pisau Kalimantan Tengah. *Journal of Natural Resources and*

- Environmental Management*, 10(1), 66–76.
- Syarifudin, A. (2015). Studi analisis penanggulangan kebakaran di RSUD dr. M. Ashari Pematang. In *Skripsi*.
- Taridala, S., Ananto Y., M. Isran R., A. A. (2017). Model Penilaian Risiko Kebakaran Perkotaan dengan Sistem Pakar berbasis Gis Grid-Based. *Majalah Geografi Indonesia*, 31(2), 97–106.
- Widayani, P., & Kusuma, D. (2014). *Pemodelan Spasial Kerentanan Wilayah Terhadap Penyakit Leptospirosis Berbasis Ekologi*. 11(1), 71–83.
<https://doi.org/10.15294/jg.v11i1.8041>
- Widodo, A.M., Dulbahri, H. (2017). Penggunaan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Pembuatan Prototipe Perangkat Lunak Simulasi Penyebaran Kebakaran Hutan. *Majalah Geografi Indonesia*, 31(1), 12–21.
- Yuriantari, N. P., Hayati, M. N., & Wahyuningsih, S. (2017). *Analisis Autokorelasi Spasialtitik Panas Di Kalimantan Timur Menggunakan Indeks Moran dan Local Indicator Of Spatial Autocorrelation (LISA) Analysis Spatial Autocorrelation Hotspot in East Kalimantan Using Index Moran and Local Indicator of Spatial Autoco*. 8(1), 63–70.
- Yusuf, A., Hapsah, Siregar, S. H., & Nurrochmat, D. R. (2019). *Analisis Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Provinsi Riau*. 6(2), 67–84.
- Zubaidah, A., Sayidah S., Suwarsono, I. P. (2018). Pemanfaatan Citra VIIRS untuk Deteksi Asap Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 9(4), 929–945.