



Identifikasi Pola Spasial dan Temporal Daerah Potensi Kebakaran Hutan di Kota Singkawang Berbasis Sistem Informasi Geografis

Muhammad Zaky Arkananta¹, Yahya Darmawan^{1*}

¹ Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Kota Tangerang, Indonesia

*Corresponding Author: yahya.darmawan@bmkgo.id

Abstract

Singkawang City is one of the cities recorded as having experienced a relatively high impact of forest fires over the last 5 years. Although most forest fires are caused by natural factors, there are also impacts caused by human intervention as a serious trigger in increasing the frequency and intensity of forest fires in Singkawang City. This research aims to analyze the distribution pattern of areas prone to forest and land fires spatially and temporally in Singkawang City in 2018 - 2022 using a scoring and overlay method based on Geographic Information Systems (GIS). Some of the variables used in this research include rainfall, altitude, vegetation cover, and soil type. After the data processing process, it was continued with validation with fire point data in Singkawang City. Data analysis shows that there is significant variability in the number of hotspots from year to year, with the highest peak occurring in 2019. The results of this research show that the hotspots that occur are in accordance with the mapping of areas prone to forest fires. There is a positive correlation between the number of fire hotspots and the processing of areas prone to forest fires using scoring and overlay methods.

Keywords: Hotspots; Scoring; Forest Fires; GIS; Overlay.

Abstrak

Kota Singkawang merupakan salah satu kota yang tercatat mengalami dampak kebakaran hutan yang tergolong tinggi selama 5 tahun terakhir. Meskipun sebagian besar kebakaran hutan disebabkan oleh faktor alamiah, tetapi terdapat juga dampak yang disebabkan campur tangan manusia (*human intervention*) sebagai pemicu serius dalam peningkatan frekuensi dan intensitas kebakaran hutan di Kota Singkawang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola distribusi daerah rawan kebakaran hutan dan lahan secara spasial maupun temporal di Kota Singkawang tahun 2018-2022 dengan menggunakan metode skoring dan overlay berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Beberapa variabel yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data curah hujan, ketinggian tempat, tutupan vegetasi, dan jenis tanah. Setelah proses pengolahan data, kemudian dilanjutkan dengan validasi dengan data titik api yang ada di Kota Singkawang. Analisis data menunjukkan adanya variabilitas signifikan dalam jumlah titik api dari tahun ke tahun, yaitu dengan puncak tertingginya yang terjadi pada tahun 2019. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa titik api yang terjadi sesuai dengan pemetaan daerah rawan kebakaran hutan. Terdapat korelasi positif antara jumlah keberadaan titik api dengan pengolahan daerah rawan kebakaran hutan menggunakan metode skoring dan overlay.

Kata Kunci: Titik Panas; Skoring; Kebakaran Hutan; SIG; Overlay.

DOI:

10.35719/ijdr.v2i1.141

PENDAHULUAN

Fenomena kebakaran hutan dan lahan di Indonesia telah memberikan dampak yang cukup besar terhadap kualitas udara, lingkungan, serta kesehatan masyarakat di Indonesia. Selain itu, kebakaran hutan dan lahan yang masif juga dapat mengakibatkan dampak polusi udara berupa asap yang dapat berpengaruh hingga negara-negara tetangga (Sabani et al., 2019). Kebakaran hutan dapat memberikan konsekuensi yang cukup besar terhadap sistem hidrologi, potensi terjadinya banjir, degradasi hutan, hingga kehilangan keanekaragaman hayati (Adam, 2020).



Dalam beberapa tahun terakhir, kebakaran hutan sering terjadi saat musim kemarau, ketika cuaca kering dan suhu tinggi memicu penyebaran api dengan cepat. Selain karena faktor alami, terdapat juga faktor *human intervention* yang memicu peningkatan frekuensi dan intensitas dari kebakaran hutan dan lahan. Perilaku manusia yang menjadi faktor penyebab terjadinya kebakaran hutan melibatkan konversi hutan untuk pembukaan area permukiman, pertanian, perkebunan, dan kegiatan pertambangan (Adinugroho et al., 2005). Sebagian besar penyebab kebakaran tersebut dipengaruhi oleh kegiatan yang terkait dengan kondisi sosial ekonomi masyarakat dan kebijakan kepemilikan lahan (Yusuf et al., 2019).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun 2010, salah satu upaya pencegahan kebakaran hutan dan lahan adalah dengan menyediakan data dan informasi mengenai area kebakaran serta daerah yang rentan terhadap kebakaran hutan (Setneg, 2010). Dengan memiliki data dan informasi yang akurat, pihak berwenang bersama masyarakat dapat lebih efektif dalam merencanakan dan mengimplementasikan strategi pencegahan yang tepat.

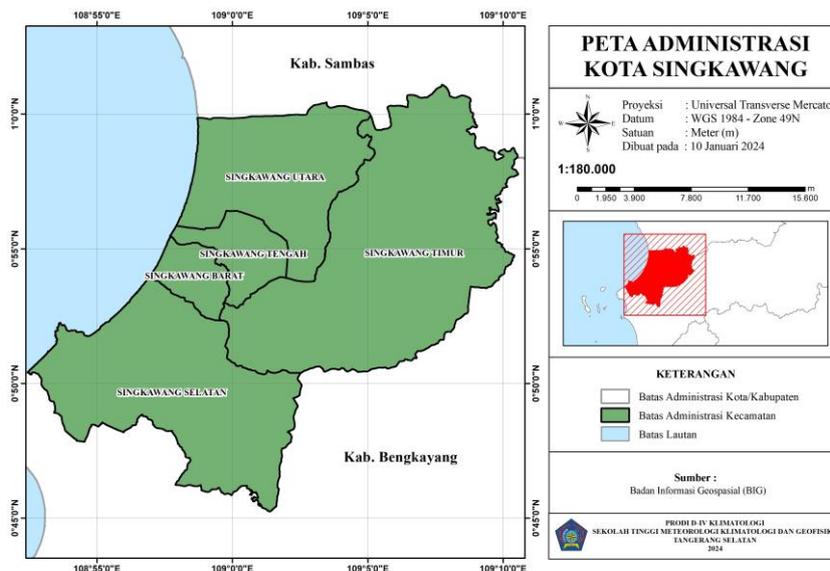
Oleh karena itu, salah satu langkah yang bisa diambil untuk mencegah kebakaran hutan dan lahan adalah dengan menyusun peta yang menggambarkan area rawan kebakaran hutan di Kota Singkawang. Metode pemetaan dapat dilakukan dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) melalui metode pembobotan dan *overlay* beberapa parameter penyebab kebakaran hutan dan lahan. Penelitian terkait pemodelan rawan kebakaran hutan masih jarang dilakukan terlebih menggunakan data dukung dari satelit yang tentunya memiliki keuntungan dalam skala spasial (Darmawan, Munawar, et al., 2023).

Selain itu, penelitian ini juga berfokus kepada pemodelan potensi daerah rawan kebakaran hutan dan lahan dengan menggunakan data seperti data tutupan lahan, data ketinggian tempat, data curah hujan, dan data jenis tanah. Hasil dari pembobotan dan *overlay* beberapa parameter tersebut kemudian divalidasi menggunakan data titik api (*hotspot*) sehingga dapat memperoleh korelasi antara peta daerah rawan kebakaran hutan yang disusun dengan keberadaan titik api yang sebenarnya.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Studi lokasi yang diambil untuk penelitian ini adalah wilayah Kota Singkawang, Provinsi Kalimantan Barat yang terdiri dari lima kecamatan administratif. Kota Singkawang terletak di wilayah khatulistiwa dengan koordinat $0^{\circ}44'55,85''$ - $1^{\circ}01'21,51''$ LS dan $108^{\circ}051'47,6''$ - $109^{\circ}010'19''$ BT.

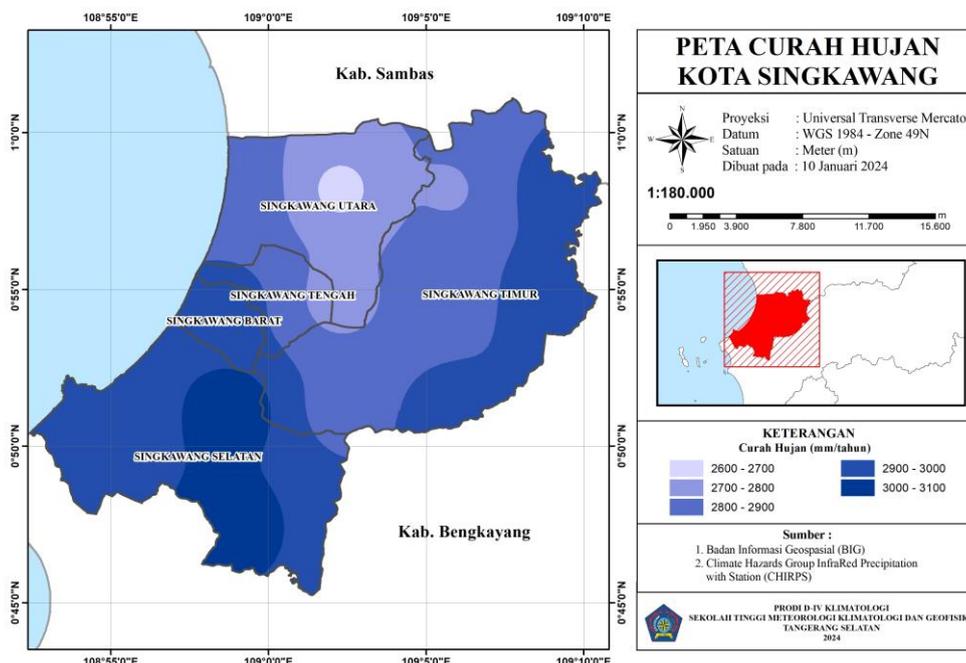


Gambar 1. Peta Administrasi Kota Singkawang.

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data curah hujan, ketinggian tempat, jenis tanah, dan tutupan lahan yang diolah menggunakan software ArcGis versi 10.8 (Jawad et al., 2015).

Pertama, data curah hujan. Pengolahan data curah hujan dilakukan secara tahunan, yaitu dengan cara menjumlahkan curah hujan bulanan pada setiap tahunnya sehingga didapatkan data curah hujan rata-rata selama 5 tahun terhitung sejak tahun 2018-2022. Penggunaan rentang data 5 tahun ini ditujukan agar perhitungan menjadi maksimal dan *up to date*. Adapun data curah hujan diperoleh dari citra satelit CHIRPS yang mencakup seluruh wilayah Indonesia (Pasaribu et al., 2022). Adapun metode interpolasi curah hujan yang digunakan dalam pengolahan ini adalah Inverse Distance Weight (IDW) untuk mengestimasi suatu nilai di lokasi yang tidak tersampel dengan merujuk pada data yang ada di sekitarnya (Darmawan, Munawar, et al., 2023). Berdasarkan pengolahan data curah hujan CHIRPS dalam software ArcGis, maka didapatkan peta curah hujan 2018-2022 di Kota Singkawang seperti ditunjukkan pada **Gambar 2**.



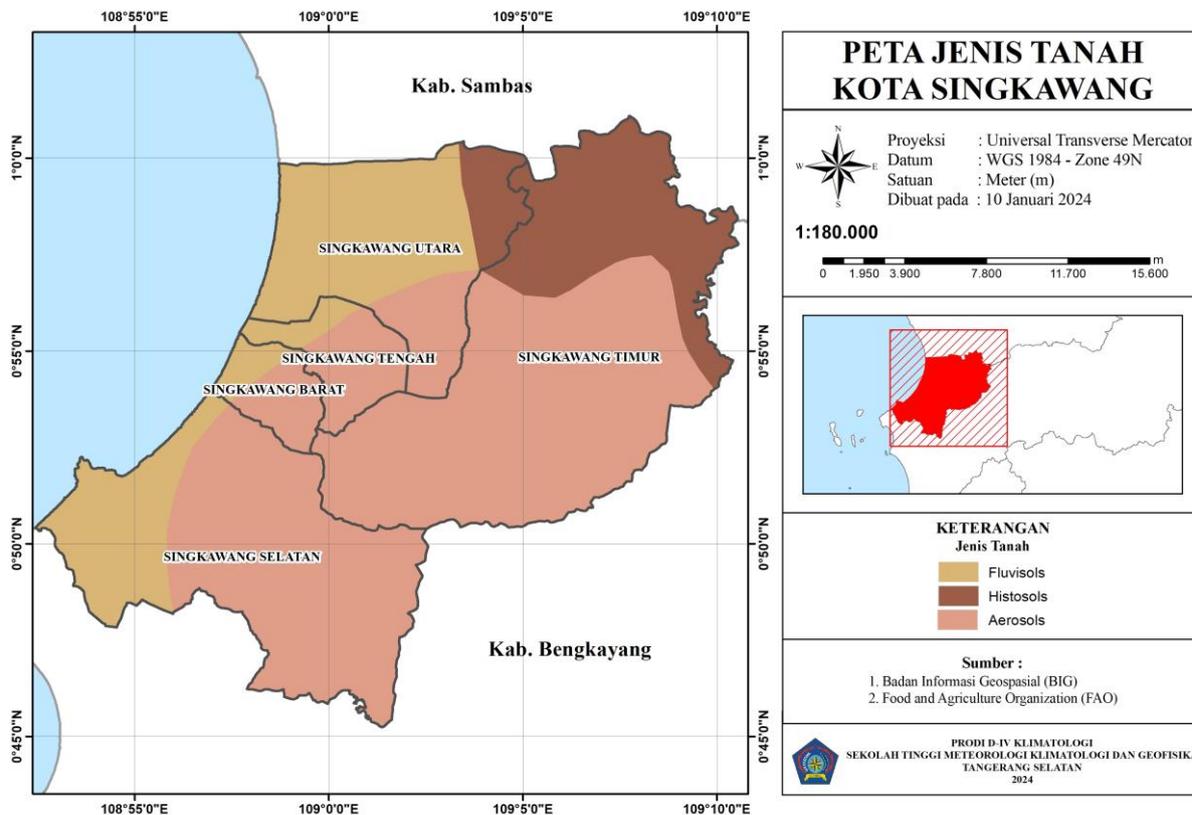
Gambar 2. Peta Curah Hujan Kota Singkawang.

Kota Singkawang didominasi oleh curah hujan dengan nilai 2900-3000 mm/tahun dengan luas wilayah sebesar 203,07 km². Semakin besar jumlah curah hujan yang jatuh di suatu wilayah, maka semakin kecil kemungkinan terjadinya kebakaran hutan dan lahan di wilayah tersebut (Hidayat et al., 2020). Pembobotan mengacu pada klasifikasi yang dilakukan oleh (Halmahera, 2019) dengan modifikasi oleh penulis seperti terlihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Parameter Curah Hujan (Halmahera, 2019); (Modifikasi Penulis)

Curah Hujan (mm/tahun)	Skor	Bobot (%)	Luas (km ²)
2600 - 2700	1		5,8
2700 - 2800	2		70,92
2800 - 2900	3	25	167,87
2900 - 3000	4		203,07
3000 - 3100	5		53,34

Kedua, data jenis tanah. Pengolahan data jenis tanah dilakukan menggunakan peta jenis tanah (*soil type*) global yang didapatkan dari FAO pada tahun 2007 (Subardja et al., 2014). Data kemudian diolah menggunakan fitur clip dalam software ArcGis untuk memotong data seluruh dunia tersebut agar menjadi spesifik hanya untuk wilayah Kota Singkawang saja.



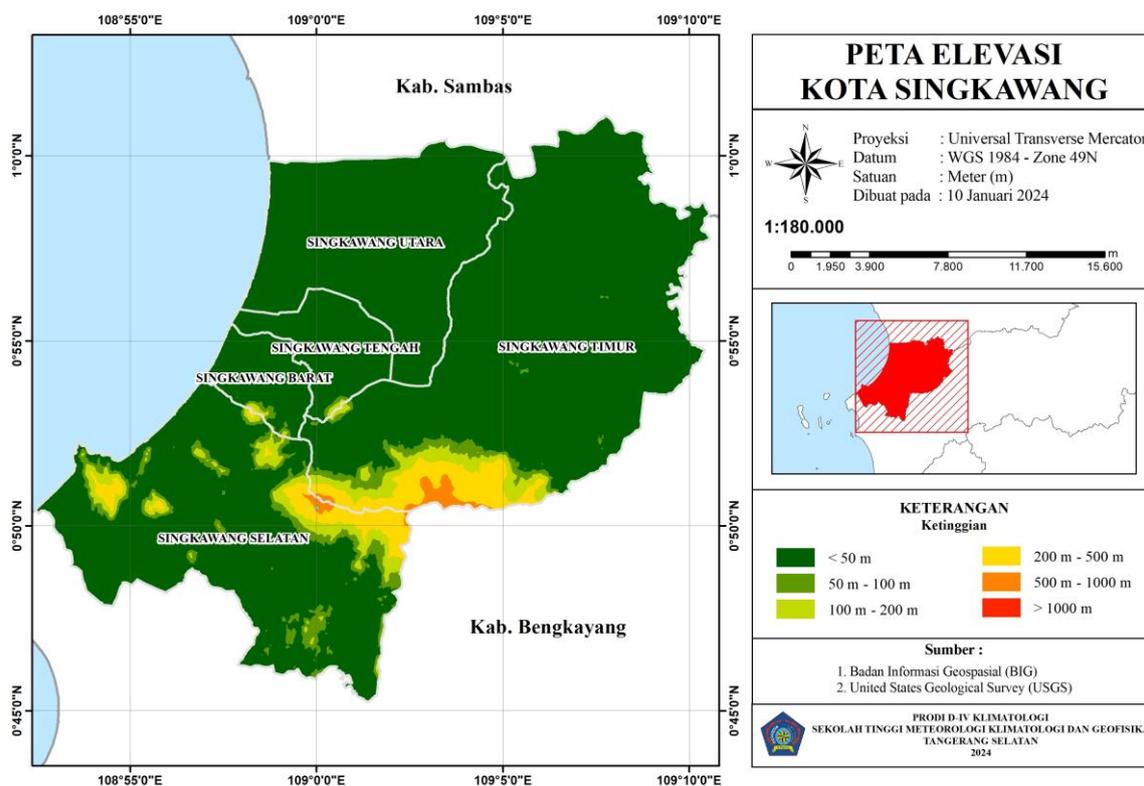
Gambar 3. Peta Jenis Tanah Kota Singkawang.

Kota Singkawang memiliki risiko kebakaran hutan dan lahan yang tinggi karena sebagian besar wilayahnya terdiri dari tanah gambut (Imansyah, 2021). Sifat dari tanah gambut mirip dengan spons yang dapat menyerap dan menyimpan air dalam keadaan normal. Tetapi pada saat musim kemarau, tanah gambut dapat mengering hingga kedalaman tertentu sehingga menjadi mudah terbakar. Adapun pembobotan mengacu pada jenis tanah berdasarkan tingkat kerentanan untuk terbakar, seperti terlihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Parameter Jenis Tanah (UNESCO, 1979); (Modifikasi Penulis)

Curah Hujan (mm/tahun)	Skor	Bobot (%)	Luas (km ²)
Histosols	1		77,86
Arenosols	2	20	308,98
Fluvisols	3		114,16

Ketiga, data ketinggian tempat. Data ketinggian tempat (elevasi) diolah menggunakan data DEM SRTM dengan resolusi 30 meter. Data tersebut berasal dari United States Geological Survey (USGS). Data DEM kemudian diolah menggunakan fitur *classify* untuk mengklasifikasikan data ke dalam kelas tertentu.



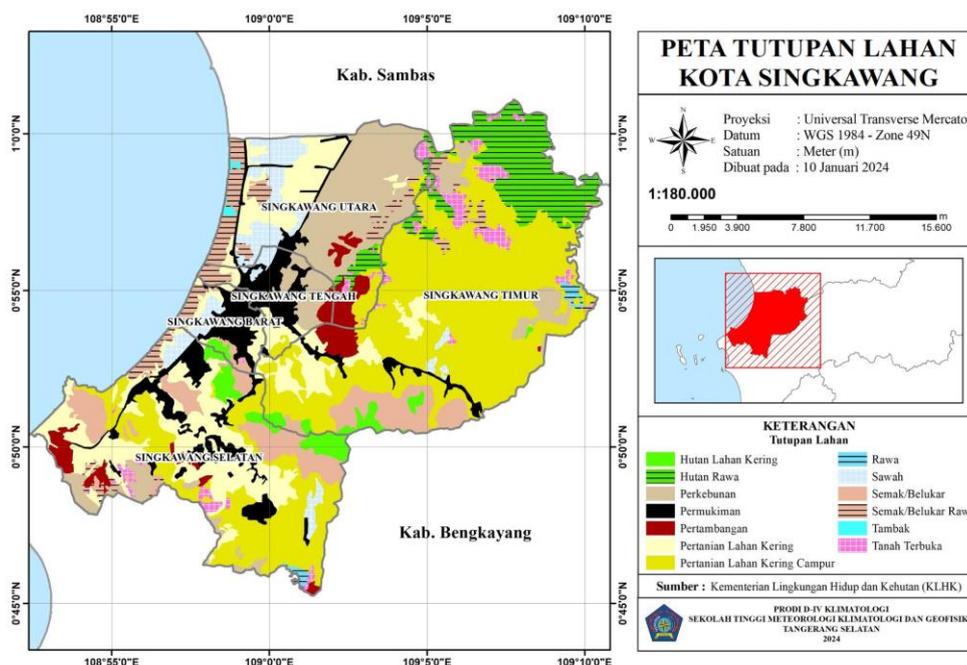
Gambar 4. Peta Ketinggian Tempat Kota Singkawang

Berdasarkan pengolahan data DEM dalam software ArcGis, maka diperoleh peta ketinggian tempat (elevasi) di Kota Singkawang seperti pada Gambar 4 diatas. Pada daerah yang lebih tinggi, maka akan kurang terpengaruh oleh aktivitas manusia yang dapat menyebabkan kebakaran. Sementara di daerah dataran rendah, pertanian, dan pemukiman akan dapat meningkatkan risiko terjadinya kebakaran (Putra et al., 2018). Kota Singkawang didominasi oleh dataran rendah yang berkisar kurang dari 50 meter di atas permukaan laut (mdpl). Sedangkan sisanya merupakan daerah perbukitan, seperti Gunung Poteng, yang terdapat di kecamatan Singkawang Timur dan Singkawang Selatan. Pembobotan ketinggian tempat merujuk pada klasifikasi yang dilakukan oleh (Sabaraji, 2005) seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Ketinggian Tempat (Sabaraji, 2005)

Ketinggian Tempat (m)	Skor	Bobot (%)	Luas (km ²)
< 50	1		435,76
50 - 100	2		21,50
100 - 200	3	25	18,94
200 - 500	4		21,19
500 - 1000	5		3,77
> 1000	6		0,01

Keempat, data tutupan lahan. Pengolahan data tutupan lahan (*land cover*) dilakukan menggunakan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2022. Peta ini terbagi menjadi 13 jenis tutupan lahan seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Tutupan Lahan Kota Singkawang

Variasi dalam jenis vegetasi dapat sangat mempengaruhi kemungkinan terjadinya kebakaran hutan. Selain itu, kegiatan manusia seperti pembukaan lahan untuk pertanian atau pemukiman dengan cara membakar juga turut meningkatkan risiko kebakaran hutan. Metode ini kerap digunakan karena dianggap lebih cepat dan lebih ekonomis dalam hal biaya (Nursoleha et al., 2014). Berdasarkan Gambar 4, Kota Singkawang didominasi oleh Pertanian Lahan Kering Campur dengan luas wilayah sebesar 168 km². Adapun pembobotan dilakukan dengan membagi ke dalam 5 kelas berdasarkan sensitivitas tipe vegetasi/lahan terhadap terjadinya kebakaran pada Tabel 4.

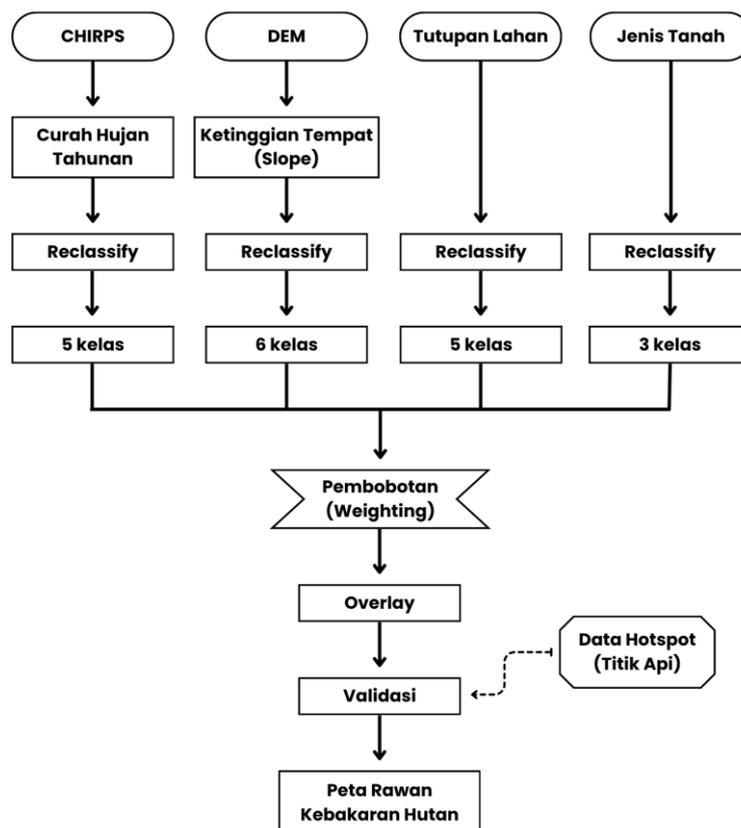
Tabel 4. Parameter Tutupan Lahan (Sabaraji, 2005); (Modifikasi Penulis)

Ketinggian Tempat (m)	Skor	Bobot (%)	Luas (km ²)
Pertanian Lahan Kering, Sawah, Semak/Belukar, Permukiman	1		435,76
Hutan Lahan Kering, Pertanian Lahan Kering Bercampur dgn Semak, Semak/Belukar Rawa	2		21,50
Hutan Rawa, Perkebunan	3	25	18,94
Pertambangan	4		21,19
Rawa, Tanah Terbuka, Tambak	5		3,77

Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk menentukan daerah rawan kebakaran hutan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan skoring dan overlay. Pendekatan ini melibatkan proses sistematis untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi variabel yang dapat meningkatkan risiko kebakaran hutan dan lahan. Skoring adalah proses pemberian nilai atau skor pada setiap parameter yang dapat mempengaruhi risiko kebakaran hutan, seperti Curah Hujan, Ketinggian Tempat, Tutupan Lahan, dan Jenis Tanah (Darmawan, Mashuri, et al., 2023). Pembobotan dilakukan dengan tujuan untuk memberikan bobot lebih tinggi pada parameter yang dianggap lebih signifikan dalam menentukan tingkat kerawanan kebakaran hutan. Adapun masing-masing bobot dari keempat parameter tersebut adalah 25% untuk Curah Hujan, 20% untuk Jenis Tanah, 25% untuk Ketinggian Tempat, dan 30% untuk Tutupan Lahan.

Overlay (tumpang susun) merupakan tahapan di mana data spasial yang telah diberi bobot digabungkan atau disusun menjadi satu untuk menciptakan peta kerawanan kebakaran hutan (Erfani et al., 2023). Proses overlay pada penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan empat jenis peta yang berbeda, yaitu Peta Curah Hujan, Peta Jenis Tanah, Peta Ketinggian Tempat, dan Peta Tutupan Lahan. Proses ini memungkinkan identifikasi daerah yang rawan terhadap kebakaran hutan berdasarkan kombinasi pembobotan yang telah dihitung sebelumnya. Sehingga, overlay berperan penting dalam menyajikan gambaran spasial yang lebih akurat terkait dengan kerawanan kebakaran hutan di Kota Singkawang. Adapun diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 6**.



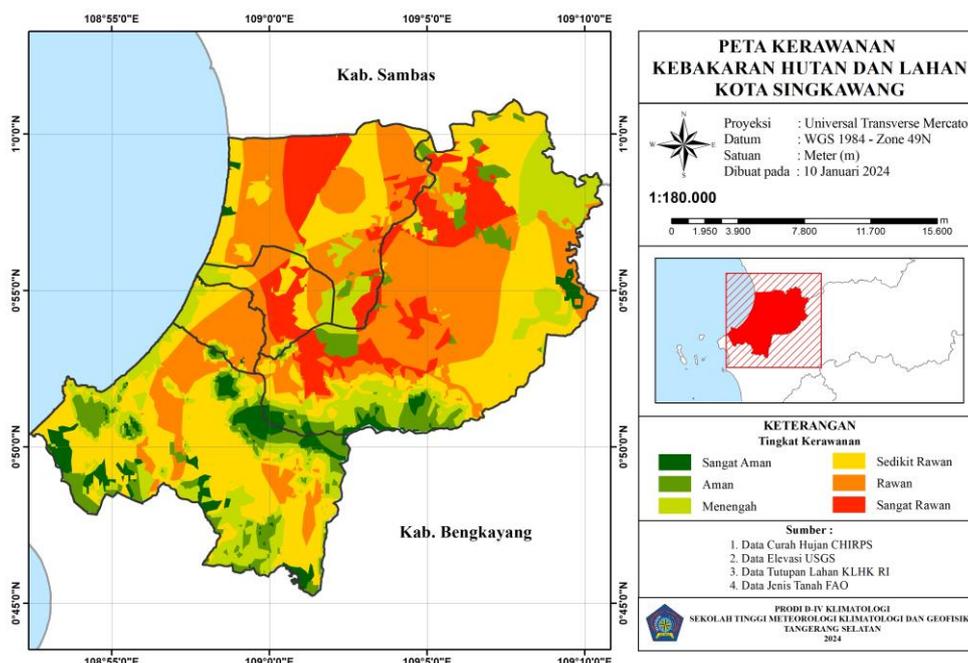
Gambar 6. Peta Tutupan Lahan Kota Singkawang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peta Daerah Rawan Kebakaran Hutan dan Lahan

Peta daerah rawan kebakaran hutan dan lahan merupakan komponen penting dalam upaya pengelolaan serta pencegahan kebakaran hutan. Peta ini memuat informasi mengenai lokasi-lokasi yang memiliki risiko tinggi terjadinya kebakaran hutan yang dapat bermanfaat bagi para pejabat, peneliti, serta masyarakat umum dalam upaya mengurangi dampak buruk kebakaran hutan (Solichin et al., 2007). Peta daerah rawan kebakaran hutan ini dibuat dengan cara memberi bobot (*scoring*) kepada 4 parameter penyebab kebakaran hutan, yaitu data Curah Hujan, Jenis Tanah, Ketinggian Tempat, dan Tutupan Lahan. Masing-masing dari keempat parameter tersebut kemudian diolah menggunakan fitur toolbox pada ArcGis yaitu Union untuk menggabungkan seluruh data pada attribute table yang sama.

$$\text{Rawan Kebakaran Hutan} = [25\% \times (\text{Curah Hujan})] + [20\% \times (\text{Jenis Tanah})] + [25\% \times (\text{Ketinggian Tempat})] + [30\% \times (\text{Tutupan Lahan})]$$



Gambar 7. Peta Daerah Rawan Kebakaran Hutan di Kota Singkawang

Data skoring dan pembobotan tersebut dihitung menggunakan field calculator sehingga diperoleh tingkat kerawanan kebakaran hutan di Kota Singkawang. Tingkat kerawanan suatu daerah ditetapkan melalui perhitungan nilai yang berasal dari kombinasi overlay berbagai parameter. Tingkat kerawanan tersebut diklasifikasikan ke dalam enam tingkatan, yaitu sangat aman, aman, menengah, sedikit rawan, rawan, dan sangat rawan. Semakin kecil nilai total skoring, maka semakin tinggi tingkat kerawanannya. Kerawanan tersebut tercantum dengan rentang nilai seperti pada **Tabel 5**.

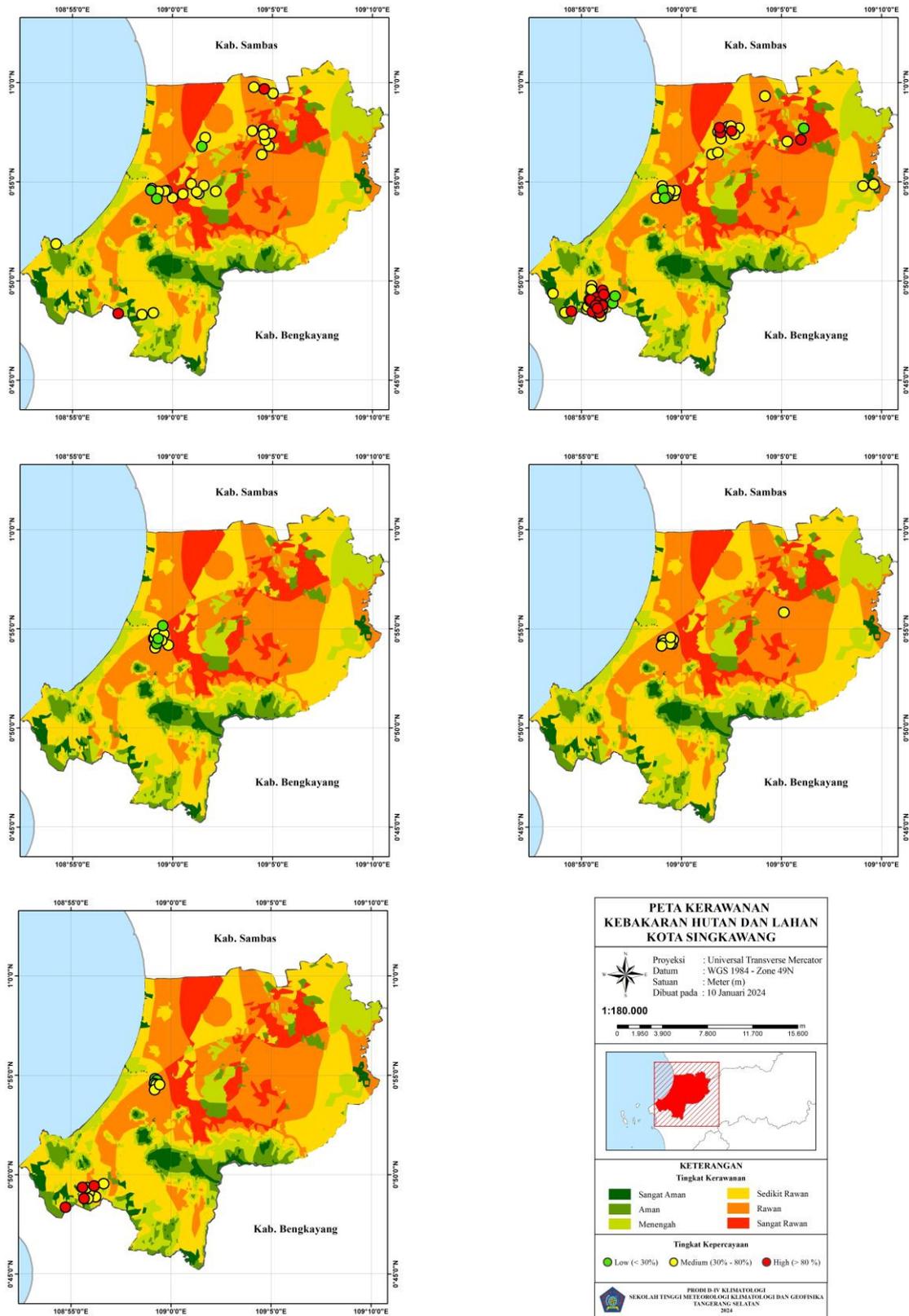
Tabel 5. Tingkat Kerawanan Kebakaran Hutan

Tingkat Kerawanan	Rentang Nilai	Luas (km ²)
Sangat Rawan	125 - 180	55
Rawan	181 - 205	148,30
Sedikit Rawan	206 - 230	160,26
Menengah	231 - 255	76,61
Aman	256 - 290	39,38
Sangat Aman	291 - 360	20,82

Validasi dengan Data Titik Api

Peta daerah rawan kebakaran hutan hasil dari overlay kemudian divalidasi menggunakan data titik api (hotspot) selama rentang 5 tahun, yakni tahun 2018 - 2022. Data titik api diperoleh dari NASA FIRMS dengan instrumen MODIS yang mencakup data titik api tahunan (Darmawan et al., 2020). Titik api diklasifikasikan menjadi tiga kelas menurut tingkat kepercayaannya (confidence level), seperti terlihat pada **Tabel 6**.

Data titik api merupakan salah satu perangkat yang efektif dalam pemantauan kebakaran hutan dan lahan. Dengan menggunakan data titik api, maka dapat dibangun sistem peringatan dini terhadap risiko kebakaran (Khomarudin et al., 2005). Berikut ini merupakan peta validasi antara data titik api lima tahun (2018 - 2022) yang dipadukan dengan peta daerah rawan kebakaran hutan pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Peta Sebaran Titik Api dengan Daerah Rawan Kebakaran Hutan di Kota Singkawang pada tahun 2018 - 2022

Tabel 6. Tingkat Kepercayaan Titik Api (Giglio et al., 2009)

Tingkat Kepercayaan (<i>Confidence Level</i>)	Nilai
Rendah	< 30%
Sedang	30% - 80%
Tinggi	> 80%

Berdasarkan peta daerah rawan kebakaran tersebut, dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan Kota Singkawang didominasi oleh tingkat sedikit rawan dengan luas wilayah sebesar 160,26 km². Setiap kecamatan di Kota Singkawang terindikasi rawan kebakaran hutan dengan variasi luas sebaran yang beragam. Hal ini juga selaras dengan validasi dari data titik api tahun 2018-2022, yang menunjukkan bahwa sebagian besar titik api terjadi pada wilayah atau zona yang diklasifikasikan sebagai rawan dan sangat rawan terhadap kebakaran hutan.

Tabel 7. Jumlah Hotspot di Setiap Kecamatan

Kecamatan	Hotspot					Total	Rasio (%)
	2018	2019	2020	2021	2022		
Singkawang Utara	7	12	-	-	-	19	15,70
Singkawang Tengah	8	2	2	2	1	15	12,41
Singkawang Timur	6	5	-	1	-	12	9,91
Singkawang Barat	4	7	8	6	5	30	24,79
Singkawang Selatan	4	32	-	-	9	45	37,19
Total	29	58	10	9	15	121	100

KESIMPULAN

Dari hasil analisis penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa: (a) Luas wilayah dari Kota Singkawang yaitu 500,37 km², seluas 55 km² (10,99%) merupakan daerah dengan tingkat kebakaran hutan sangat rawan, seluas 148,3 km² (29,63%) merupakan daerah dengan tingkat kebakaran hutan rawan, seluas 160,26 km² (32,02%) merupakan daerah dengan tingkat kebakaran hutan sedikit rawan, seluas 76,61 km² (15,31%) merupakan daerah dengan tingkat kebakaran hutan menengah, seluas 39,38 km² (7,87%) merupakan daerah dengan tingkat kebakaran hutan aman, dan seluas 20,82 km² (4,16%) merupakan daerah dengan tingkat kebakaran hutan sangat aman; (b) Daerah sangat rawan kebakaran hutan di Kota Singkawang tersebar di berbagai kecamatan, yaitu kecamatan Singkawang Utara, Singkawang Timur, dan Singkawang Tengah. Daerah dengan tingkat sangat rawan didominasi oleh kecamatan Singkawang Timur dengan luas wilayah sebesar 28,89 km²; (c) Variasi perubahan jumlah titik api di Kota Singkawang terjadi dari tahun ke tahun, dengan puncak tertingginya yang terjadi pada tahun 2019. Berdasarkan data dari NASA FIRMS dengan instrumen MODIS, didapatkan data titik api tahunan dengan jumlah titik api sebanyak 29 titik pada 2018, 58 titik pada 2019, 10 titik pada 2020, 9 titik pada 2021, dan 15 titik pada 2022. Kecamatan dengan titik api terbanyak terjadi di Kecamatan Singkawang Selatan, yaitu sebanyak 45 titik selama tahun 2018-2022; dan (d) Selain karena faktor alamiah, kegiatan manusia dalam pembukaan lahan juga menjadi faktor penting dalam kejadian kebakaran hutan dan lahan di Kota Singkawang. Namun di samping itu, manusia juga memiliki peran dalam mencegah terjadinya kebakaran hutan dan lahan melalui upaya-upaya tertentu seperti melakukan pemantauan aktif, mengedukasi masyarakat tentang bahaya kebakaran, dan menerapkan praktik-praktik pertanian atau kehutanan yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, S. S. (2020). Evaluasi Area Kebakaran Lahan dan Hutan Berbasis Hotspot Citra Modis. *ScientiCO: Computer Science and Informatics Journal*, 3(1), 19-34.
- Adinugroho, W. C., Suryadiputra, I. N. N., & Saharjo, B. H. (2005). *Panduan pengendalian kebakaran hutan dan lahan gambut*. wahyu catur adinugroho.

- Darmawan, Y., Mashuri, I., Jumansa, M. A., Aslam, F. M., & Azzahra, A. (2023). Analisis Daerah Rawan Banjir dengan Metode Composite Mapping Analysis (CMA) di Kota Padang. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 29(2), 89-97.
- Darmawan, Y., Munawar, M., Atmojo, D. A., Wahyujati, H., & Nainggolan, L. (2023). Accuracy assessment of spatial interpolations methods using ArcGIS. The 2nd International Conference on Disaster Mitigation and Management (2nd ICDMM 2023),
- Darmawan, Y., Nainggolan, L., Hutapea, T. D., Makmur, E. E. S., & Munir, I. M. (2020). Thermal Hotspots Distribution of MODIS Aqua/Terra Satellite in Humbang Hasudutan Regency, Northern Sumatra. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,
- Erfani, S., Naimullah, M., & Winardi, D. (2023). SIG Metode Skoring dan Overlay untuk Pemetaan Tingkat Kerawanan Longsor di Kabupaten Lebak, Banten. *Jurnal Fisika Flux*, 20(1), 61-79.
- Giglio, L., Loboda, T., Roy, D. P., Quayle, B., & Justice, C. O. (2009). An active-fire based burned area mapping algorithm for the MODIS sensor. *Remote sensing of environment*, 113(2), 408-420.
- Halmahera, N. (2019). Sistem Informasi Geografi untuk Zonasi Kerentanan Kebakaran Lahan dan Hutan di Kecamatan Malifut, Halmahera Utara. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, 6(5).
- Hidayat, M., Nurrochman, A., Anestatia, A. I., Yuliantina, A., & Aji, S. P. (2020). Identifikasi daerah kerawanan kebakaran hutan dan lahan menggunakan sistem informasi geografis dan penginderaan jauh di Kawasan Tanjung Jabung Barat Provinsi Jambi. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 1(1), 32-42.
- Imansyah, F. F. (2021). Sistem Informasi Geografis Lahan Pertanian Rawan Kebakaran di Kota Singkawang. *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*, 9(2), 289-299.
- Jawad, A., Nurdjali, B., & Widiastuti, T. (2015). Zonasi daerah rawan kebakaran hutan dan lahan di Kabupaten Kubu Raya Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Hutan Lestari*, 3(1).
- Khomarudin, M. R., Roswintiarti, O., & Tjahjaningsih, A. (2005). Estimasi Unsur-unsur cuaca untuk mendukung sistem peringkat bahaya kebakaran hutan/lahan dengan data MODIS. *Jakarta: LAPAN*.
- Nursoleha, P., Banowati, E., & Parman, S. (2014). Zonasi tingkat kerawanan kebakaran hutan di Taman Nasional Gunung Ciremai (TNGC) berbasis sistem informasi geografis (SIG). *Geo-Image*, 3(1).
- Pasaribu, O. M., Poniman, A., Lestari, A. A., Prihanto, Y., Supriyadi, A. A., & Darmawan, Y. (2022). Exploration of CHIRPS Satellite Data as Rainfall Estimation Data in Medan City and Deli Serdang Regency. 2022 IEEE Asia-Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS),
- Putra, A., Tri Ratnaningsih, A., & Ikhwan, M. (2018). Pemetaan daerah rawan kebakaran hutan dan lahan dengan menggunakan sistem informasi geografis (Studi Kasus: Kecamatan Bukit Batu, Kab. Bengkalis). *Wahana Forestra: Jurnal Kebutanan*, 13(1), 55-63.
- Sabani, W., Rahmadewi, D., Rahmi, K., Priyatna, M., & Kurniawan, E. (2019). Utilization of MODIS data to analyze the forest/land fires frequency and distribution (case study: Central Kalimantan Province). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,
- Sabaraji, A. (2005). Identifikasi Zone Rawan Kebakaran Hutan dan Lahan dengan Aplikasi SIG di Kabupaten Kutai Timur. *Universitas Mulawarman. Samarinda*.
- Setneg. (2010). Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 10 Tahun 2010 Tentang Mekanisme Pencegahan Pencemaran dan/atau Kerusakan Lingkungan.
- Solichin, L. T., Kimman, P., Firman, B., & Bagyono, R. (2007). Sistem Informasi Kebakaran–Pemetaan Daerah Rawan Kebakaran. In: Palembang.
- Subardja, D., Ritung, S., Anda, M., Suryani, E., & Subandiono, R. E. (2014). Petunjuk teknis klasifikasi tanah nasional.
- UNESCO. (1979). *FAO-Unesco Soil Map of the World, 1: 5 000 000*. Unesco.

Yusuf, A., Hapsoh, H., Siregar, S. H., & Nurrochmat, D. R. (2019). Analisis Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Provinsi Riau. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 6(2), 67-84.