

SKRIPSI

ANALISIS SEBARAN KONSENTRASI PM_{2.5} BERBASIS PENGINDERAAN JAUH MENGUNAKAN CITRA MODIS DAN DATA METEOROLOGI DI KOTA BANJARMASIN TAHUN 2020-2025

Diajukan sebagai salah satu persyaratan dalam menyusun Tugas Akhir pada
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Dibuat:

Nina Nursyifa

NIM. 2210815220030

Pembimbing: Dr. Ir. Rony Riduan, S.T., M.T., IPM.

NIP. 19761017 199903 1 003



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

2026

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan karya asli penulis dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik apa pun, baik di Universitas Lambung Mangkurat maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Skripsi ini sepenuhnya merupakan gagasan, perumusan, dan hasil penelitian penulis sendiri, yang disusun tanpa bantuan pihak lain selain bimbingan dan arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain yang digunakan tanpa mencantumkan sumber secara jelas dan tertulis dalam daftar pustaka sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
4. Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya penyimpangan atau ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, penulis bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh serta sanksi lain sesuai dengan peraturan dan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Banjarbaru, Juli 2026
Yang membuat pernyataan,

Nina Nursyifa
2210815220030

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk dan aktivitas perkotaan di Kota Banjarmasin berpotensi meningkatkan pencemaran udara, khususnya konsentrasi *Particulate Matter* berukuran $\leq 2,5 \mu\text{m}$ (PM2.5) yang berdampak signifikan terhadap kesehatan. Keterbatasan cakupan spasial stasiun pemantauan darat menjadikan penginderaan jauh sebagai alternatif untuk memantau sebaran PM2.5 secara luas dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan memetakan distribusi spasial, menganalisis tren temporal, serta mengkaji hubungan konsentrasi PM2.5 dengan karakteristik penggunaan lahan di Kota Banjarmasin periode 2020–2025. Data *Aerosol Optical Depth* (AOD) dari citra MODIS MCD19A2.061 dan variabel meteorologi ERA5-Land diolah melalui Google Earth Engine, kemudian dikonversi menjadi konsentrasi PM2.5 menggunakan model *Multiple Linear Regression* (MLR), dengan *Random Forest Regression* (RFR) sebagai model pembanding dan alat evaluasi *feature importance*. Hasil penelitian menunjukkan model MLR memiliki R^2 data uji sebesar 0,64 (RMSE = $8,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sedangkan RFR mengungguli MLR pada seluruh metrik ($R^2 = 0,77$; RMSE = $7,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). *Feature importance* RFR mengonfirmasi kelembapan relatif (RH) sebagai variabel paling dominan (Gini Importance = 0,625), diikuti suhu udara dan AOD. Rata-rata konsentrasi PM2.5 tahun 2020–2025 tercatat $18,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$, melampaui baku mutu nasional ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dengan anomali ekstrem pada tahun 2023 ($34,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$) akibat kebakaran hutan dan lahan (karhutla) regional. Uji Mann-Kendall menunjukkan tren temporal yang tidak signifikan secara statistik (Tau = 0,200; p = 0,7071). Distribusi spasial menunjukkan pola gradien timur–selatan yang konsisten, dengan Banjarmasin Timur secara persisten memiliki konsentrasi terendah dan Banjarmasin Selatan tertinggi. Hubungan PM2.5 dengan wilayah terbangun, kepadatan jalan, dan wilayah terbuka menunjukkan arah dan kekuatan yang tidak konsisten antartahun, mengindikasikan bahwa variasi spasial PM2.5 di tingkat kelurahan lebih kuat dijelaskan oleh faktor meteorologi lokal dibandingkan penggunaan lahan. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan periode data yang lebih panjang serta memisahkan analisis kondisi normal dan episodik karhutla untuk memperkuat validitas tren dan hubungan spasial yang diperoleh.

Kata kunci: Banjarmasin, Distribusi Spasial, MODIS, *Multiple Linear Regression*, PM2.5.

ABSTRACT

Population growth and urban activity in Banjarmasin City have the potential to increase air pollution, particularly the concentration of Particulate Matter $\leq 2.5 \mu\text{m}$ (PM_{2.5}), which significantly affects public health. The limited spatial coverage of ground-based monitoring stations makes remote sensing an appropriate alternative for monitoring PM_{2.5} distribution extensively and continuously. This study aims to map the spatial distribution, analyze the temporal trend, and examine the relationship between PM_{2.5} concentration and land-use characteristics in Banjarmasin City during 2020–2025. Aerosol Optical Depth (AOD) data from MODIS MCD19A2.061 imagery and ERA5-Land meteorological variables were processed through Google Earth Engine and converted into PM_{2.5} concentration using a Multiple Linear Regression (MLR) model, with Random Forest Regression (RFR) used as a benchmark model and for feature-importance evaluation. The results show that the MLR model achieved a testing R^2 of 0.64 (RMSE = $8.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$), while RFR outperformed MLR on all metrics ($R^2 = 0.77$; RMSE = $7.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). RFR feature importance confirmed relative humidity (RH) as the most dominant variable (Gini Importance = 0.625), followed by air temperature and AOD. The average PM_{2.5} concentration for 2020–2025 was $19.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, exceeding the national standard ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), with an extreme anomaly in 2023 ($34.89 \mu\text{g}/\text{m}^3$) caused by regional forest and land fires. The Mann-Kendall test indicated a statistically insignificant temporal trend ($\text{Tau} = 0.200$; $p = 0.7071$). The spatial distribution revealed a consistent east–south gradient, with East Banjarmasin persistently recording the lowest concentrations and South Banjarmasin the highest. The relationships between PM_{2.5} and built-up area, road density, and open space were inconsistent in direction and strength across years, indicating that spatial variation of PM_{2.5} at the sub-district level is more strongly explained by local meteorological factors than by land use. Future research is recommended to use a longer data period and to separate normal and episodic (fire-affected) conditions to strengthen the validity of the trend and spatial relationships obtained.

Keywords: Banjarmasin, MODIS, Multiple Linear Regression, PM_{2.5}, Spatial Distribution.

PRAKATA

Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Analisis Sebaran Konsentrasi PM2.5 Berbasis Penginderaan Jauh Menggunakan Citra Modis dan Data Meteorologi di Kota Banjarmasin Tahun 2020-2025”**. Penulisan Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat. Dalam menyusun Skripsi ini, Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. Segala puji dan syukur penulis panjatkan yang dengan rahmat, kasih sayang, dan kehendak-Nya, penulis dapat sampai pada halaman ini. Skripsi ini tidak akan selesai tanpa izin dan ridha-Nya.
2. Bapak Dr. Ir. Rony Riduan, S.T., M.T., IPM. selaku dosen pembimbing. Terima kasih atas kesabaran, ilmu, waktu, dan arahan yang diberikan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Riza Miftahul Khair, S.T., M.Eng. dan Ibu Nova Annisa, S.Si., M.S. selaku dosen penguji. Terima kasih karena telah meluangkan waktu untuk menelaah penelitian ini dengan saksama dan memberikan kritik, saran, dan masukan untuk belajar.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Lingkungan FT ULM. Terima kasih atas setiap ilmu, pengalaman, bantuan, dan perhatian yang telah diberikan selama penulis menempuh pendidikan.
5. Abah, Kakak, dan Mama Penulis. Terima kasih karena telah menjadi tempat pulang bagi setiap mimpi yang penulis bawa. Kepada Abah dan Kakak, terima

kasih atas doa yang tidak pernah putus dan ruang yang selalu diberikan bagi penulis untuk tumbuh menjadi dirinya sendiri. Dan kepada Mama, raganya mungkin tak lagi hadir untuk menyaksikan bagian ini selesai, namun selalu ada bagian dari diri penulis yang membawa pulang segala hal baik yang Mama ajarkan.

6. Alya, Hanim, Della, dan Azkia, yang telah menjadi rumah kedua selama empat tahun terakhir. Terima kasih juga kepada teman-teman Proker No.1, Liburan Kemana Kita?, serta #intirawr, yang membuat masa perkuliahan terasa lebih ringan dari seharusnya. Semoga hidup selalu memperlakukan kalian dengan hangat, sebagaimana kalian memperlakukan penulis hingga saat ini.
7. Yasmin, Mila, Alya, dan Qanita. Terima kasih karena telah menjadi bagian yang selalu penulis syukuri dalam hidup dan menjadi tempat penulis bercerita meski tidak selalu sering bertemu.
8. Hanim, Bila, dan Sthefanny selaku teman satu bimbingan penulis. Terima kasih atas dukungan dan kebersamaan selama proses ini. Semoga segala usaha kita berakhir pada hal-hal baik yang layak dirayakan.
9. Geonel 2022. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan yang membentuk penulis selama masa perkuliahan. Dari ruang kelas, praktikum, kerja kelompok, hingga cerita-cerita kecil yang mungkin tidak akan pernah tertulis di mana pun selain dalam ingatan.
10. Seluruh pihak yang penulis temui selama proses penyusunan skripsi ini, baik yang membantu secara langsung maupun yang hadir melalui satu percakapan singkat, satu doa, atau bentuk kebaikan yang tidak sempat penulis sadari. Terima kasih karena setiap kebaikan, sekecil apa pun, selalu menemukan caranya sendiri untuk berarti.

11. Terakhir, untuk diri penulis sendiri. Terima kasih karena telah memilih untuk tetap sampai di halaman ini. Mungkin tidak semua rencana berjalan sebagaimana yang pernah diharapkan dan tidak semua mimpi dapat diraih pada waktunya. Namun, halaman ini tetap berhasil diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih memiliki kekurangan. Penulis dengan kerendahan hati menerima kritik, saran, bimbingan, serta masukan yang membangun demi kesempurnaan Skripsi ini. Akhir kata demikian dan terima kasih.

Banjarbaru, Juli 2026

Nina Nursyifa

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Landasan Teori.....	8
2.1.1 Udara Ambien dan Baku Mutu Udara	8
2.1.2 <i>Particulate Matter</i> (PM2.5).....	10
2.1.3 Faktor Meteorologi Sebaran Konsentrasi PM2.5	11
2.1.4 Peran Penggunaan Lahan dalam Dinamika Konsentrasi PM2.5	12
2.1.5 Penginderaan Jauh	14
2.1.6 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	17
2.1.7 Pemodelan Estimasi PM2.5	19
2.1.8 Analisis Statistik Spasial.....	24
2.2 Studi Pustaka	26
2.3 Hipotesis Penelitian.....	32
III. METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Rancangan Penelitian	33
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	34
3.3 Peralatan, Data, dan Variabel Penelitian	36
3.3.1 Peralatan Penelitian	36

3.3.2 Data Penelitian	36
3.3.3 Variabel Penelitian.....	37
3.4 Prosedur Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data	38
3.4.1 Tahap Pelaksanaan.....	38
3.4.2 Tahap Pengolahan	43
3.5 Cara Analisis Hasil	44
3.5.1 Analisis Kondisi Eksisting Kualitas Udara Ambien Kota Banjarmasin .	44
3.5.2 Pemodelan Estimasi PM2.5	45
3.5.3 Analisis Sebaran Spasial PM2.5 di Kota Banjarmasin	46
3.5.4 Analisis Tren Temporal Konsentrasi PM2.5	46
3.5.5 Analisis Hubungan PM2.5 dengan Karakteristik Penggunaan Lahan .	47
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Gambaran Umum Wilayah Kajian.....	48
4.2 Kondisi Eksisting Kualitas Udara Ambien Kota Banjarmasin.....	49
4.2.1 Deskripsi Konsentrasi PM2.5 Hasil Pemantauan DLH.....	49
4.2.2 Distribusi Temporal PM2.5 per Tahun	50
4.2.3 Pola Musiman Konsentrasi PM2.5.....	51
4.3 Estimasi Konsentrasi PM2.5 Berbasis AOD dan Variabel Meteorologi.....	52
4.3.1 Persiapan dan Pembagian Dataset	52
4.3.2 Reduksi Outlier dan Pengaruhnya terhadap Akurasi Model.....	53
4.3.3 Performa dan Persamaan <i>Model Multiple Linear Regression</i> (MLR) ..	54
4.3.4 Performa Model <i>Random Forest Regression</i> (RFR) dan Analisis <i>Feature Importance</i>	56
4.4 Distribusi Spasial Konsentrasi PM2.5 di Kota Banjarmasin.....	60
4.4.1 Distribusi Spasial PM2.5 Tahunan (2020–2025)	60
4.4.2 Karakteristik Distribusi Spasial per Kecamatan	72
4.5 Tren Temporal Konsentrasi PM2.5 Kota Banjarmasin Tahun 2020-2025	74
4.5.1 Fluktuasi Temporal Konsentrasi PM2.5 Tahunan	74
4.5.2 Analisis Tren PM2.5 2020-2025.....	76
4.5.3 Variasi Temporal PM2.5 per Kecamatan.....	78
4.5.4 Proyeksi Konsentrasi PM2.5 Periode 2026–2030.....	80
4.6 Hubungan Spasial Konsentrasi PM2.5 dengan Penggunaan Lahan.....	81
4.6.1 Hubungan PM2.5 dengan Proporsi Wilayah Terbangun	81

4.6.2 Hubungan PM2.5 dengan Kepadatan Jaringan Jalan.....	84
4.6.3 Hubungan PM2.5 dengan Proporsi Wilayah Terbuka	87
4.6.4 Analisis Hubungan PM2.5 dengan Variabel Meteorologi (RH dan Suhu)	90
V. KESIMPULAN DAN SARAN	94
5.1 Kesimpulan	94
5.2 Saran	95
DAFTAR RUJUKAN.....	97
LAMPIRAN.....	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Peta Penelitian Wilayah Kota Banjarmasin	35
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kerangka Penelitian	38
Gambar 3. 3 Kerangka Pengolahan Data.....	43
Gambar 4. 1 Peta Distribusi Spasial Konsentrasi PM2.5 di Kota Banjarmasin Tahun 2020.....	62
Gambar 4. 2 Peta Distribusi Spasial Konsentrasi PM2.5 di Kota Banjarmasin Tahun 2021.....	63
Gambar 4. 3 Peta Distribusi Spasial Konsentrasi PM2.5 di Kota Banjarmasin Tahun 2022.....	64
Gambar 4. 4 Peta Distribusi Spasial Konsentrasi PM2.5 di Kota Banjarmasin Tahun 2023.....	65
Gambar 4. 5 Peta Distribusi Spasial Konsentrasi PM2.5 di Kota Banjarmasin Tahun 2024.....	66
Gambar 4. 6 Peta Distribusi Spasial Konsentrasi PM2.5 di Kota Banjarmasin Tahun 2025.....	67
Gambar 4. 7 Tren Historis PM2.5 Tahunan Kota Banjarmasin 2020–2025	77
Gambar 4. 8 Proyeksi PM2.5 Kota Banjarmasin 2026–2030 Berdasarkan Sen's Slope	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Udara Ambien Nasional.....	8
Tabel 2. 2 Kategori Angka Rentang ISPU	10
Tabel 2. 3 Perbandingan Metode Estimasi PM2.5 Berbasis AOD	22
Tabel 4. 1 Statistik Deskriptif PM2.5 Hasil Pemantauan DLH Kota Banjarmasin 2020–2025	50
Tabel 4. 2 Statistik PM2.5 Eksisting per Tahun Periode 2020-2025	51
Tabel 4. 3 Perbandingan Performa Model MLR dan RFR Sebelum dan Setelah Reduksi Outlier Z-Score.....	53
Tabel 4. 4 Ringkasan Koefisien Model MLR	54
Tabel 4. 5 Evaluasi Performa Model MLR.....	56
Tabel 4. 6 Evaluasi Performa Model RFR.....	57
Tabel 4. 7 Analisis <i>Feature Importance</i> dengan Model RFR	58
Tabel 4. 8 Perbandingan Performa Model MLR dan RFR	59
Tabel 4. 9 Rata-rata Hasil Estimasi Konsentrasi PM2.5 per Kecamatan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	72
Tabel 4. 10 Fluktuasi Konsentrasi PM2.5 2020-2025 Berbasis Estimasi Spasial	75
Tabel 4. 11 Hasil Analisis Tren PM2.5 Tahunan Kota Banjarmasin 2020–2025.....	76
Tabel 4. 12 Proyeksi Konsentrasi PM2.5 Kota Banjarmasin 2026–2030 Berdasarkan Sen's Slope ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80
Tabel 4. 13 Hasil Regresi Linear PM2.5 terhadap Proporsi Wilayah Terbangun per Tahun (n=52 Kelurahan)	82
Tabel 4. 14 Hasil Regresi Linear PM2.5 terhadap Kepadatan Jaringan Jalan per Tahun (n=52 Kelurahan).....	84
Tabel 4. 15 Hasil Regresi Linear PM2.5 terhadap Proporsi Wilayah Terbuka per Tahun (n=52 Kelurahan).....	88
Tabel 4. 16 Hasil Regresi Linear PM2.5 terhadap <i>Relative Humidity</i> (RH) per Tahun (n=52 Kelurahan)	91
Tabel 4. 17 Hasil Regresi Linear PM2.5 terhadap Suhu Udara (Temp) per Tahun (n=52 Kelurahan)	92

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan	Pemakaian Pertama Pada Halaman
PM2.5	Particulate Matter 2.5	1
WHO	World Health Organization	1
AOD	Aerosol Optical Depth	3
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer	3
MAIAC	Multi-Angle Implementation of Atmospheric Correction	3
ERA5-Land	ECMWF Reanalysis v5 Land	3
SIG	Sistem Informasi Geografis	4
RFR	Random Forest Regression	5
MLR	Multiple Linear Regression	5
GEE	Google Earth Engine	5
ISPU	Indeks Standar Pencemar Udara	8
PM	<i>Particulate Matter</i>	9
SO ₂	Sulfur Dioksida	9
CO	Karbon Monoksida	9
NO _x	Nitrogen Oksida	9
O ₃	Ozon	9
NH ₃	Amonia	9
RMSE	Root Mean Square Error	21
NSE	Nash-Sutcliffe Efficiency	21
RBI	Rupa Bumi Indonesia	32