TESIS

ANALISIS KONTRIBUSI EMISI KENDARAAN BERMOTOR TERHADAP KONSENTRASI PM2.5 PADA KORIDOR JALAN AHMAD YANI SURABAYA

Oleh :

HEXZA SEPTIVINANDA MAYANGSARI

NPM : 22065020008

Program Magister Ilmu Lingkungan
Fakultas Teknik Dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

2026

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KONTRIBUSI EMISI KENDARAAN BERMOTOR TERHADAP KONSENTRASI PM2.5 PADA KORIDOR JALAN AHMAD YANI SURABAYA

Disusun oleh:

HEXZA SEPTIVINANDA MAYANGSARI
22065020008/FTS/MIL

Telah Dipertahankan Dan Diterima Oleh Tim Penguji Tesis
Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Fakultas Teknik Dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Tanggal 27 Oktober 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1	Dosen Penguji 1
Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie.,MT	**Prof.Dr.T. Ir. Dyah Suci P., MT**
NIP. 19681126 199403 2 001	**NIP. 19661130 199203 2 001**
Dosen Pembimbing 2	**Dosen Penguji 2**
Dr. Okik Hendriyanto C.,ST.,MT	**Dr. Ir. Susilowati, M.T**
NIPPPK. 19750717 202121 1 007	**NIP. 19621120 199103 2 001**

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P
NIP. 196504031991032001

TENTANG PENULIS



Penulis merupakan lulusan Sarjana (S1) Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur pada tahun 2015. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan pada Program Magister (S2) Ilmu Lingkungan di universitas yang sama dan dinyatakan lulus pada tahun 2026. Penulis memiliki ketertarikan pada bidang ilmu lingkungan, khususnya kajian kualitas lingkungan, pencemaran udara, dan pengelolaan lingkungan hidup.

Selain aktif dalam kegiatan akademik, penulis juga kerap terlibat dalam berbagai kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang berfokus pada peningkatan kualitas lingkungan serta peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan lingkungan hidup. Ketertarikan tersebut tercermin dalam penelitian tesis yang berjudul "Analisis Kontribusi Emisi Kendaraan Bermotor terhadap Konsentrasi PM2.5 pada Koridor Jalan Ahmad Yani Surabaya". Penelitian ini berfokus pada analisis kontribusi emisi kendaraan bermotor terhadap konsentrasi partikulat halus (PM2.5) di kawasan perkotaan serta implikasinya terhadap kualitas udara dan kesehatan masyarakat. Selain itu, penelitian ini memanfaatkan hasil perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) sebagai dasar dalam menentukan kategori kualitas udara dan merumuskan rekomendasi mitigasi berdasarkan kondisi kualitas udara yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan.

Melalui latar belakang pendidikan, pengalaman akademik, penelitian, serta keterlibatan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat, penulis berharap dapat

memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu lingkungan, khususnya dalam bidang pengendalian pencemaran udara, serta mendukung upaya peningkatan kualitas lingkungan hidup dan pembangunan berkelanjutan.

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

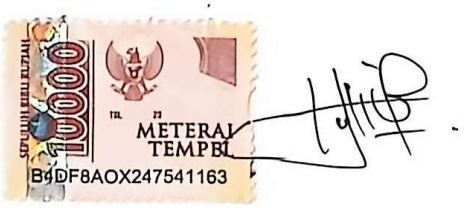
Nama	: Hexza Septivinanda Mayangsari
NPM	: 22065020008
Program	: Magister (S2)
Program Studi	: Magister Ilmu Lingkungan
Fakultas	: Fakultas Teknin dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tesis ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu Lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Tesis ini, saya, bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 27 Oktober 2026
Yang Membuat Pernyataan



Hexza Septivinanda Mayangsari
NPM. 22065020008

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul " **Analisis Kontribusi Emisi Kendaraan Bermotor Terhadap Konsentrasi PM2.5 Pada Koridor Jalan Ahmad Yani Surabaya**" sebagai salah satu syarat dalam menempuh studi pada Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.

Dalam proses penyusunan tesis ini, penulis banyak memperoleh dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
2. Dr. Silvana Dwi Nurherdiana.,S.Si. selaku Kepala Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
3. Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie.,MT. selaku dosen pembimbing pertama penulis yang telah membantu dan memberikan banyak ilmu yang bermanfaat.
4. Dr. Okik Hendriyanto C.,ST.,MT. selaku dosen pembimbing kedua penulis yang yang telah membantu dan memberikan banyak ilmu yang bermanfaat.
5. Prof. Dr. T. Ir. Dyah Suci Perwitasari.,MT selaku dosen penguji pertama atas waktu, perhatian, serta masukan akademik yang sangat berharga dalam proses penyempurnaan tesis ini.
6. Dr. T. Ir. Susilowati, MT., selaku dosen penguji kedua atas waktu, perhatian, serta masukan akademik yang sangat berharga dalam proses penyempurnaan tesis ini.

7. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staff Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
8. Anak Penulis, Shakila Azura Kirana Rafassya yang senantiasa mengerti,memahami, dan sabar dalam penulis menulis tesis ini serta sebagai obor penyemangat untuk penulis bisa menyelesaikan pendidikan Magister.
9. Kedua Orangtua yaitu Bapak Sigid Sunaryanto dan Ibu Supatmi yang senantiasa membantu dalam bentuk apapun, memberikan doa dan dukungan baik secara moral dan materi.
10. Teman-teman Magister Ilmu Lingkungan Angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan dan semangat.
11. Semua pihak yang telah berjasa selama penulis menuntut ilmu di Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur dan juga berjasa selama penyusunan Tesis ini dilakukan.

Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan karya ilmiah ini di masa mendatang.

Surabaya, 27 Oktober 2026

Penulis

Hexza Septivinanda Mayangsari

ANALISIS KONTRIBUSI EMISI KENDARAAN BERMOTOR TERHADAP KONSENTRASI PM2.5 PADA KORIDOR JALAN AHMAD YANI SURABAYA

Nama : Hexza Septivinanda Mayangsari
NPM : 22065020008
Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie.,MT
Pembimbing II : Dr. Okik Hendriyanto C., ST.,MT

ABSTRAK

Kota Surabaya sebagai pusat pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur menghadapi tantangan pencemaran udara akibat peningkatan mobilitas kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kontribusi emisi kendaraan bermotor terhadap konsentrasi PM2.5 di koridor Jalan Ahmad Yani Surabaya, mengkaji pengaruh kondisi meteorologi, menghitung Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), serta merumuskan rekomendasi mitigasi berbasis segmen. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pengukuran konsentrasi PM2.5 menggunakan High Volume Air Sampler (HVAS) selama 24 jam pada lima titik pengamatan (A1–A5), inventarisasi emisi metode *bottom-up*, dan analisis regresi linier. Hasil penelitian menunjukkan volume lalu lintas pada hari Minggu sebesar 410.798 kendaraan dan meningkat 31,2% pada hari Senin menjadi 539.047 kendaraan, dengan sepeda motor mendominasi 78%. Beban emisi PM2.5 pada segmen A1–A4 berkisar 3.479,57–3.491,54 g/hari (Minggu) dan meningkat menjadi 4.294,57–4.510,00 g/hari (Senin). Konsentrasi PM2.5 tertinggi terjadi di titik A1 (53 μg/m³) dan A4 (49 μg/m³) pada hari Senin, dengan nilai ISPU 97 dan 92 (kategori Sedang, mendekati Tidak Sehat). Analisis regresi menunjukkan hubungan yang tidak signifikan antara beban emisi dan konsentrasi PM2.5 ($p > 0,05$), mengindikasikan dominasi faktor sumber non-*exhaust*. Rekomendasi mitigasi disusun berbasis segmen: prioritas tinggi pada A1 dan A4 dengan *green barrier* berlapis dan rekayasa lalu lintas; prioritas sedang pada A2; dan prioritas rendah pada A3 dan A5.

Kata kunci: PM2.5, emisi kendaraan bermotor, ISPU, meteorologi, Jalan Ahmad Yani

ANALYSIS OF MOTOR VEHICLE EMISSION CONTRIBUTION TO PM2.5 CONCENTRATION ON JALAN AHMAD YANI CORRIDOR, SURABAYA

Name : Hexza Septivinanda Mayangsari
NPM : 22065020008
Supervisior 1 : Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie.,MT
Supervisior II : Dr. Okik Hendriyanto C., ST.,MT

ABSTRACT

Surabaya, as the economic growth center of East Java, faces air pollution challenges due to increased motor vehicle mobility. This study aims to analyze the contribution of motor vehicle emissions to PM2.5 concentrations on the Jalan Ahmad Yani corridor in Surabaya, assess the influence of meteorological conditions, calculate the Air Pollution Standard Index (ISPU), and formulate segment-based mitigation recommendations. The study employs a quantitative approach with PM2.5 concentration measurements using a High Volume Air Sampler (HVAS) for 24 hours at five observation points (A1–A5), bottom-up emission inventory, and linear regression analysis. The results show that traffic volume on Sunday was 410,798 vehicles and increased by 31.2% on Monday to 539,047 vehicles, with motorcycles dominating at 78%. PM2.5 emission loads in segments A1–A4 ranged from 3,479.57–3,491.54 g/day (Sunday) and increased to 4,294.57–4,510.00 g/day (Monday). The highest PM2.5 concentrations occurred at points A1 (53 µg/m³) and A4 (49 µg/m³) on Monday, with ISPU values of 97 and 92 (Moderate category, approaching Unhealthy). Regression analysis shows a non-significant relationship between emission load and PM2.5 concentration ($p > 0.05$), indicating the dominance factors non-exhaust sources. Mitigation recommendations are formulated based on segments: high priority for A1 and A4 with multi-layered green barriers and traffic engineering; medium priority for A2; and low priority for A3 and A5.

Keywords: *PM2.5, motor vehicle emissions, ISPU, meteorology, Jalan Ahmad Yani*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
TENTANG PENULIS ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iv
KATA PENGANTAR v
ABSTRAK vii
ABSTRACT viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR ARTI LAMBANG, SINGKATAN, DAN ISTILAH xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Lingkup Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Pencemaran Udara 5
2.2 Particulate Matter (PM) 6
2.3 Particulate Matter (PM2.5) 7
2.4 Emisi Kendaraan Bermotor 17
2.5 Hubungan Volume Lalu Lintas dan Konsentrasi PM2.5 18
2.6 Dispersi Polutan di Atmosfer 18
2.7 Koridor Jalan Perkotaan sebagai Hotspot Emisi 19
2.8 Karakteristik Jalan Ahmad Yani Surabaya 19
2.9 Indeks Standar Pencemar Udara 20
2.10 Penelitian Terdahulu 22
BAB III METODE PENELITIAN 24
3.1 Pendekatan Penelitian 24

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian 24
3.3 Alat dan Bahan Penelitian 27
3.4. Prosedur Pengumpulan Data 27
3.5 Prosedur Analisis Data 29
3.6 Kerangka Alur Penelitian 36
3.7 Keterbatasan Penelitian 37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 38
4.1 Volume Lalu Lintas dan Estimasi Beban Emisi Kendaraan Bermotor 38
4.2 Pengaruh Kondisi Meteorologi terhadap Konsentrasi PM2.5 48
4.3 Konsentrasi PM2.5 Ambien dan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) 57
4.4 Mitigasi Pencemaran Udara 67
BAB V KESIMPULAN 75
5.1 Kesimpulan 75
5.2 Saran 76
DAFTAR PUSTAKA 79
LAMPIRAN 87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Udara Ambien 15
Tabel 2. 2 Kategori dan Breakpoint ISPU 20
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu 22
Tabel 3. 1 Karakteristik lokasi 24
Tabel 3. 2 Titik pengukuran dan jarak dari tepi jalan 25
Tabel 3. 3 Gambar alat penelitian 27
Tabel 3. 4 Sumber Faktor Emisi 30
Tabel 3. 5 Meteorologi dan karakteristik jalan 30
Tabel 3. 6 Nilai Baku Mutu PM2.5 32
Tabel 3. 7 Kategori dan Breakpoint ISPU 33
Tabel 3. 8 Prioritas Mitigasi Berdasarkan Kategori Pembagian Kategori Indeks 35
Tabel 4. 1 Volume Kendaraan Harian di Koridor Jalan Ahmad Yani 39
Tabel 4. 2 Total Beban Emisi Kendaraan per Segmen 44
Tabel 4. 3 Data meteorologi 48
Tabel 4. 4 Perbandingan Analisis Regresi Parameter Meteorologi terhadap PM2.5 56
Tabel 4. 5 Hasil pengukuran Lapangan Konsentrasi PM2.5 57
Tabel 4. 6 Perbandingan konsentrasi Pm2.5 dengan bahan baku mutu 58
Tabel 4. 7 Hasil Analisis Regresi Linier Hari Minggu 61
Tabel 4. 8 Hasil Analisis Regresi Linier Hari Senin 62
Tabel 4. 9 Klasifikasi ISPU dan Prioritas Mitigasi 64
Tabel 4. 10 Hasil Analisis Regresi ISPU vs Konsentrasi PM2.5 (Gabungan Hari Minggu & Senin) 66
Tabel 4. 11 Klasifikasi Prioritas Mitigasi 68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian 25
Gambar 3. 2 Kerangka Penelitian 36
Gambar 4. 1 Grafik total Beban Emisi PM2.5 46
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan linear kecepatan angin & PM2.5 50
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan linear suhu & PM2.5 52
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan tekanan udara & PM2.5 54
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Kelembapan dan konsentrasi PM2.5 55
Gambar 4. 6 Gambar grafik Hubungan Volume Kendaraan dengan Konsentrasi PM2.5 59
Gambar 4. 7 Grafik Regression Linear Beban Emisi terhadap Konsentrasi PM2.5 lapangan 62
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Konsentrasi PM2.5 dengan ISPU 66
Gambar 4. 9 Peta zonasi koridor Jalan Ahmad Yani 67
Gambar 4. 10 Peta koridor Jalan Ahmad Yani sebelum mitigasi 74
Gambar 4. 11 Rencana peta koridor Jalan Ahmad Yani setelah mitigasi 74

DAFTAR ARTI LAMBANG, SINGKATAN, DAN ISTILAH

1. DAFTAR SINGKATAN DAN ISTILAH

Singkatan/Istilah	Arti/Penjelasan
AERMOD	*American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model* — model dispersi udara yang dikembangkan oleh US EPA
AQI	*Air Quality Index* — Indeks Kualitas Udara (istilah internasional)
BRIN	Badan Riset dan Inovasi Nasional
C_0	Kapasitas dasar jalan (smp/jam/lajur)
CALINE	*California Line Source Dispersion Model* — model dispersi sumber garis
CALPUFF	Model dispersi udara non-steady-state yang dikembangkan oleh Earth Tech
CO	Karbon Monoksida
CO_2	Karbon Dioksida
EC	*Elemental Carbon* — Karbon Elementer
EEA	*European Environment Agency* — Badan Lingkungan Eropa
EMEP	*European Monitoring and Evaluation Programme* — Program Pemantauan dan Evaluasi Eropa
EMP	Ekivalen Mobil Penumpang — faktor konversi berbagai jenis kendaraan terhadap mobil penumpang

Singkatan/Istilah	Arti/Penjelasan
FLLS	*Finite Length Line Source* — sumber garis dengan panjang terbatas
FC_LJ	Faktor penyesuaian lebar lajur
FC_PA	Faktor penyesuaian pemisah arah
FC_HS	Faktor penyesuaian hambatan samping
FC_UK	Faktor penyesuaian ukuran kota
GLS	*Gaussian Line Source* — model dispersi Gaussian sumber garis
GVI	*Green View Index* — Indeks Pandangan Hijau
HC	Hidrokarbon
HV	*Heavy Vehicle* — Kendaraan Berat (truk, bus)
HVAS	*High Volume Air Sampler* — alat pengambil sampel udara volume tinggi
ISPU	Indeks Standar Pencenar Udara
ITB	Institut Teknologi Bandung
JBB	Jumlah Berat Bruto (untuk kendaraan)
GVW	*Gross Vehicle Weight* — Berat Kotor Kendaraan
LOS	*Level of Service* — Tingkat Pelayanan Jalan
LV	*Light Vehicle* — Kendaraan Ringan (mobil penumpang)

Singkatan/Istilah	Arti/Penjelasan
MAPE	*Mean Absolute Percentage Error* — rata-rata kesalahan persentase absolut
MC	*Motorcycle* — Sepeda Motor
MKJI	Manual Kapasitas Jalan Indonesia
NH_3	Amonia
NMHC	*Non-Methane Hydrocarbon* — Hidrokarbon Non-Metana
NO_2	Nitrogen Dioksida
NO_x	Nitrogen Oksida
O_3	Ozon
OC	*Organic Carbon* — Karbon Organik
PAH	*Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* — Hidrokarbon Aromatik Polisiklik
Pb	Timbal
PKJI	Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia
PM	*Particulate Matter* — Materi Partikulat
PM2.5	Partikulat dengan diameter ≤ 2,5 μm
PM10	Partikulat dengan diameter ≤ 10 μm
Q	Laju emisi (g/m.s)

Singkatan/Istilah	Arti/Penjelasan
R^2	Koefisien determinasi
RMSE	*Root Mean Square Error* — akar rata-rata kuadrat kesalahan
RTH	Ruang Terbuka Hijau
SIA	*Secondary Inorganic Aerosols* — Aerosol Anorganik Sekunder
SMP	Satuan Mobil Penumpang
SNA	*Secondary Inorganic Aerosols* (Sulfat, Nitrat, Amonium)
SNI	Standar Nasional Indonesia
SO_2	Sulfur Dioksida
SVF	*Sky View Factor* — faktor pandangan langit
TSP	*Total Suspended Particulate* — Partikulat Total Tersuspensi
US EPA	*United States Environmental Protection Agency* — Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat
V/C	*Volume/Capacity Ratio* — rasio volume terhadap kapasitas
VOC	*Volatile Organic Compounds* — Senyawa Organik Volatil
WHO	*World Health Organization* — Organisasi Kesehatan Dunia

2. LAMBANG/SIMBOL

Simbol	Arti
C	Kapasitas jalan (smp/jam)
C_0	Kapasitas dasar (smp/jam/lajur)
C_i	Konsentrasi dari segmen ke-i (µg/m³)
C_total	Konsentrasi total (µg/m³)
ds	Panjang segmen (m)
E	Beban emisi (g/hari)
EF	Faktor emisi (g/km)
H	Ketinggian sumber emisi (m)
I	Nilai ISPU
I_a	ISPU batas atas
I_b	ISPU batas bawah
L	Panjang jalan (km)
Q	Laju emisi (g/m.s)
U	Kecepatan angin (m/s)
V	Volume kendaraan (kendaraan/hari)

Simbol	Arti
V_i	Volume kendaraan jenis-i
X_a	Konsentrasi ambien batas atas (µg/m³)
X_b	Konsentrasi ambien batas bawah (µg/m³)
X_x	Konsentrasi ambien hasil pengukuran (µg/m³)
y	Jarak crosswind (m)
z	Ketinggian reseptor (m)
σ_y	Koefisien dispersi horizontal (m)
σ_z	Koefisien dispersi vertikal (m)
θ	Arah angin (derajat)