

TUGAS AKHIR
STUDI EVALUASI KINERJA LALU LINTAS PADA SIMPANG TIGA
TAK BERSINYAL DAN DAMPAKNYA TERHADAP KUALITAS UDARA
DI KABUPATEN SIDOARJO
(Studi Kasus Simpang : Jl. Raya Suko – Jl. Raya Sumput – Jl. Raya Cemeng
Kalang, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur)

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang



Disusun Oleh:

MARIA ADRIANA TADAS
22.21.082

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2026

LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR
STUDI EVALUASI KINERJA LALU LINTAS PADA SIMPANG TIGA TAK
BERSINYAL DAN DAMPAKNYA TERHADAP KUALITAS UDARA DI
KABUPATEN SIDOARJO

(Studi Kasus Simpang : Jl. Raya Suko – Jl. Raya Sumpat – Jl. Raya Cemeng
Kalang, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur)

*Disusun dan Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S-1) Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

MARIA ADRIANA TADAS

2221082

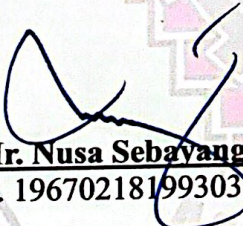
Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Untuk Diujikan

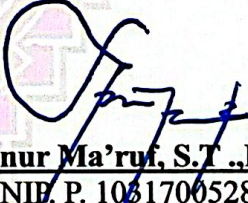
Pada Tanggal 5 Agustus 2026

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

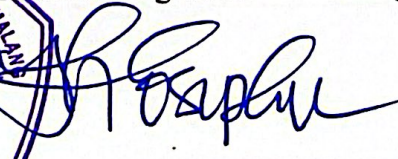

Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT
NIP. 196702181993031002


Annur Ma'ruf, S.T., MT
NIP. P. 1061700528

Mengetahui



Kepala Program Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang


Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT
NIP. P 103 03 00383

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

STUDI EVALUASI KINERJA LALU LINTAS PADA SIMPANG TIGA TAK BERSINYAL DAN DAMPAKNYA TERHADAP KUALITAS UDARA DI KABUPATEN SIDOARJO

(Studi Kasus Simpang : Jl. Raya Suko – Jl. Raya Sumput – Jl. Raya Cemeng
Kalang, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur)

Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan di Depan Dosen Penguji Tugas Akhir
Jenjang Strata S-1
Pada Tanggal 5 Agustus 2026 dan Diterima Untuk Memenuhi
Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun Oleh :

MARIA ADRIANA TADAS

2221082

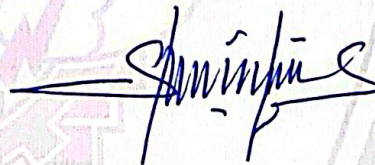
Dosen Penguji

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



Ir. Eding Iskak Imananto, MT
NIP. 196605061993031004

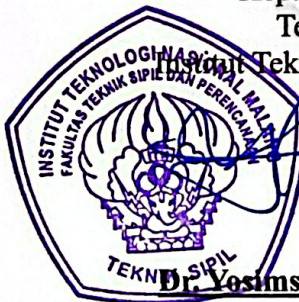


Sriliani Surbakti, S.T., MT
NIP. P. 1031500509

Disahkan Oleh :

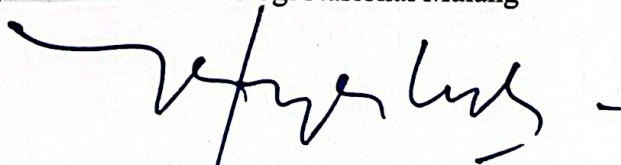
Kepala Program Studi
Teknik Sipil S-1

Sekretaris Program Studi
Teknik Sipil S-1



Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT
NIP. P 103 03 00383

Institut Teknologi Nasional Malang



Nenny Roostrianawaty, ST., MT
NIP. P 103 17 00533

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : MARIA ADRIANA TADAS

NIM : 2221082

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan bahawa Tugas Akhir saya yang berjudul :

“STUDI EVALUASI KINERJA LALU LINTAS PADA SIMPANG TIGA TAK BERSINYAL DAN DAMPAKNYA TERHADAP KUALITAS UDARA DI KABUPATEN SIDOARJO (Studi Kasus Simpang : Jl. Raya Suko – Jl.Raya Sumput – Jl. Raya Cemeng Kalang, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur)”

Adalah sebenar – benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah TUGAS AKHIR ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah TUGAS AKHIR ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut. Demikian surat pernyataan ini saya buat tulus dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Malang, Agustus 2026

nembuat pernyataan



MARIA ADRIANA TADAS

NIM. 2221082

ABSTRAK

Maria Adriana Tadas, (2221082), **“STUDI EVALUASI KINERJA LALU LINTAS PADA SIMPANG TIGA TAK BERSINYAL DAN DAMPAKNYA TERHADAP KUALITAS UDARA DI KABUPATEN SIDOARJO (Studi Kasus Simpang : Jl. Raya Suko – Jl. Raya Sumput – Jl. Raya Cemeng Kalang, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur)”**. Program Studi Teknik Sipil S – I, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT. Dosen Pembimbing 2 : Annur Ma’ruf, S.T.,MT.

Peningkatan jumlah kendaraan di Kabupaten Sidoarjo menyebabkan kepadatan lalu lintas pada beberapa persimpangan, salah satunya Simpang Tiga Tak Bersinyal Jl. Raya Suko – Jl. Raya Sumput – Jl. Raya Cemeng Kalang. Kondisi tersebut mengakibatkan meningkatnya tundaan kendaraan, kemacetan, dan emisi gas buang yang berpotensi mempengaruhi kualitas udara. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja simpang berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, menganalisis kondisi kualitas udara berdasarkan parameter karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂), serta mengetahui hubungan antara kinerja lalu lintas dan kualitas udara. Sedangkan kualitas udara dianalisis berdasarkan konsentrasi CO dan NO₂ serta kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).

Metode penelitian yang digunakan meliputi survei volume lalu lintas, pengukuran kualitas udara, analisis kinerja simpang, serta analisis korelasi dan regresi antara tundaan lalu lintas dengan konsentrasi polutan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi eksisting simpang memiliki nilai Derajat Kejenuhan (DJ) tertinggi sebesar 1,27 pada jam puncak sore hari Senin, dengan peluang antrean sebesar 135,688% dan tundaan sebesar 71,270 det/smp, sehingga tingkat pelayanan simpang berada pada kategori F (sangat buruk). Sementara itu, konsentrasi NO₂ dan CO yang terukur masih berada dalam kategori ISPU Baik (1 – 50). Hasil analisis hubungan menunjukkan adanya hubungan positif antara tundaan dan konsentrasi polutan, dengan nilai korelasi sebesar 0,531 untuk NO₂ dan 0,654 untuk CO, yang menunjukkan hubungan sedang hingga kuat.

Berdasarkan evaluasi beberapa alternatif penanganan, diperoleh bahwa alternatif yang direkomendasikan adalah perencanaan simpang bersinyal 3 fase yang dikombinasikan dengan pelebaran geometrik jalan. Alternatif tersebut mampu meningkatkan kinerja simpang dengan menurunkan Derajat Kejenuhan menjadi 0,73, tundaan rata-rata menjadi 24,899 det/smp, dan peluang antrean menjadi 27,39%, dengan tingkat pelayanan meningkat menjadi kategori C. Setelah penerapan alternatif, nilai ISPU untuk NO₂ sebesar 14,113 dan CO sebesar 1,718, yang keduanya masih termasuk kategori Baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbaikan kinerja lalu lintas melalui pengurangan tundaan dan peningkatan kapasitas simpang dapat memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kondisi kualitas udara di sekitar simpang.

Kata kunci: Kinerja simpang, Indeks Standar Pencemaran Udara, PKJI 2023

ABSTRACT

Maria Adriana Tadas, (2221082), "A STUDY ON TRAFFIC PERFORMANCE EVALUATION AT UNSIGNALLED INTERSECTION THREE AND ITS IMPACT ON AIR QUALITY IN SIDOARJO REGENCY (Case Study of Intersection: Jl. Raya Suko – Jl. Raya Sumpat – Jl. Raya Cemeng Kalang, Sidoarjo Regency, East Java)". Civil Engineering Study Program S – I, Faculty of Civil Engineering and Planning, National Institute of Technology Malang, Supervisor 1 : Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT. Supervisor 2 : Annur Ma'ruf, S.T., MT.

The increase in the number of vehicles in Sidoarjo Regency causes traffic congestion at several intersections, one of which is Simpang Tiga Unsignalized Jl. Raya Suko – Jl. Raya Sumpat – Jl. Raya Cemeng Kalang. These conditions result in increased vehicle delays, congestion, and exhaust gas emissions that have the potential to affect air quality. This study aims to evaluate the performance of intersections based on the 2023 Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI), analyze air quality conditions based on carbon monoxide (CO) and nitrogen dioxide (NO₂) parameters, and determine the relationship between traffic performance and air quality. Meanwhile, air quality was analyzed based on CO and NO₂ concentrations and Air Pollution Index (ISPU) categories.

The research methods used include traffic volume surveys, air quality measurements, intersection performance analysis, and correlation and regression analysis between traffic delays and pollutant concentrations. The results of the analysis showed that the existing condition of the intersection had the highest Degree of Saturation (DJ) value of 1.27 in the peak hours of Monday afternoon, with a chance of queue of 135.688% and a delay of 71,270 sec/junior high school, so that the service level of the intersection was in category F (very poor). Meanwhile, the measured concentrations of NO₂ and CO are still in the category of ISPU Good (1 – 50). The results of the relationship analysis showed a positive relationship between delay and pollutant concentration, with correlation values of 0.531 for NO₂ and 0.654 for CO, which showed a moderate to strong relationship.

Based on the evaluation of several handling alternatives, it was obtained that the recommended alternative is 3-phase signaled intersection planning combined with geometric road widening. The alternative was able to improve intersection performance by lowering the Degree of Saturation to 0.73, the average delay to 24.899 sec/smp, and the chance of queue to 27.39%, with the service level increasing to category C. After the implementation of the alternative, the ISPU value for NO₂ was 14.113 and CO was 1.718, both of which are still in the Good category. These results show that improving traffic performance through reducing delays and increasing interchange capacity can make a positive contribution to improving air quality conditions around intersections.

Keywords: Intersection performance, Air Pollution Standard Index, PKJI 2023

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul **“STUDI EVALUASI KINERJA LALU LINTAS PADA SIMPANG TIGA TAK BERSINYAL DAN DAMPAKNYA TERHADAP KUALITAS UDARA DI KABUPATEN SIDOARJO”**, dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Dalam proses penyelesaian Proposal Tugas Akhir ini, penyusun menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Yosimson Petrus Manaha, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ibu Dr. Erni Yulianti, S.T., MT. selaku Dosen Wali Penyusun.
3. Bapak Dr. Ir. Nusa Sebayang MT, selaku Dosen Pembimbing I Proposal Tugas Akhir.
4. Bapak Annur Ma'aruf, ST., MT, selaku Dosen Pembimbing II Proposal Tugas Akhir.
5. Orang tua, dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa dan dukungan baik moril maupun materi. Serta teman-teman yang terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa pada Tugas Akhir ini, masih banyak kekurangan maupun kesalahan. Oleh karena itu, penyusun selalu mengharapkan saran, petunjuk, kritik, dan bimbingan yang bersifat membangun. Penyusun berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi penyusun serta pembaca.

Malang, Agustus 2026

Maria Adriana Tadas
22.21.082

DAFTAR ISI

ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Pengertian Jalan.....	12
2.3 Klasifikasi Jalan	13
2.3.1 Berdasarkan Fungsi Jalan.....	13
2.3.2 Berdasarkan Status Jalan.....	13
2.3.3 Berdasarkan Kelas Jalan.....	14

2.4 Kondisi Arus Lalu Lintas	15
2.4.1 Karakteristik Arus Lalu Lintas.....	15
2.5 Persimpangan	16
2.5.1 Pengertian Persimpangan	16
2.5.2 Jenis Persimpangan	17
2.5.3 Titik Konflik Lalu Lintas Pada Persimpangan.....	18
2.5.4 Daerah Konflik Pada Lalu Lintas Simpang	19
2.6 Simpang Tak Bersinyal	20
2.6.1 Data Masukan.....	21
2.7 Perhitungan Kapasitas Simpang.....	22
2.7.1 Kapasitas Dasar	23
2.7.2 Kode Tipe Simpang.....	23
2.7.3 Penetapan Lebar Rata-rata Pendekatan	24
2.7.4 Koreksi Lebar Pendekat Rata-Rata	25
2.7.5 Faktor Koreksi Jalan Mayor.....	26
2.7.6 Faktor Koreksi Ukuran Kota.....	26
2.7.7 Faktor Koreksi Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor	27
2.7.8 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri.....	30
2.7.9 Fakttor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan.....	30
2.7.10 Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor (F_{MI})	31
2.8 Kinerja Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal.....	32
2.8.1 Ekuivalen Mobil Penumpang	32

2.8.2 Derajat Kejenuhan.....	32
2.8.3 Tundaan (T).....	33
2.8.4 Peluang Antrian (PA).....	35
2.8.5 Tingkat Pelayanan.....	35
2.9 Kriteria Pemasangan APILL	37
2.10 Alat Pemberi Isyarat Lampu Lalu Lintas (APILL)	37
2.11 Simpang Bersinyal	38
2.11.1 Data Masukan.....	38
2.11.2 Penentuan Lebar Pendekat Efektif	40
2.12 Karakteristik Arus Lalu Lintas Simpang Bersinyal	42
2.12.1 Menentukan Arus Jenuh.....	43
2.12.2 Faktor – Faktor Penyesuaian.....	43
2.13 Kinerja Lalu Lintas Simpang Bersinyal.....	49
2.13.1 Waktu Sinyal.....	49
2.13.2 Waktu Hijau	50
2.13.3 Kapasitas	50
2.13.4 Derajat Kejenuhan.....	51
2.13.5 Panjang Antrian.....	51
2.13.6 Tundaan.....	54
2.13.7 Tingkat Pelayanan.....	55
2.14 Kualitas Udara.....	55
2.14.1 Dampak Pencemaran udara.....	56
2.14.2 Emisi	58

2.14.3 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)	60
2.15 Model Hubungan Kinerja Lalu Lintas Simpang dengan Pencemaran Udara .	62
2.15.1 Analisa Regresi	62
2.15.2 Analisa Korelasi	64
BAB III METODOLOGI STUDI	66
3.1 Lokasi Studi	66
3.2 Pengumpulan Data	69
3.2.1 Pengumpulan Data Primer	69
3.2.2 Titik Surveyor Pada Lokasi Penelitian.....	72
3.2.3 Pengumpulan Data Sekunder	74
3.3 Metode Analisis	76
3.3.1 Analisis Data Volume Lalu Lintas	76
3.3.2 Analisis Derajat Kejenuhan (DJ)	76
3.3.3 Analisis Data Peluang Antrian	76
3.3.4 Analisis Data Tundaan	77
3.3.5 Analisis Hambatan Sampling.....	77
3.3.6 Analisis Kualitas Udara.....	77
3.4 Solusi Alternatif Jika Kinerja Simpang Tidak Memenuhi.....	77
3.5 Prediksi Model Hubungan Kinerja Lalu Lintas dan Kualitas Udara	78
3.6 Bagan Alir Penyusunan Tugas Akhir.....	79
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	81
4.1 Pengolahan Data Survey	81
4.1.1 Hasil Analisis Geometrik Simpang Tiga Tak Bersinyal	81

4.1.2 Analisis Volume Lalu Lintas	82
4.1.3 Analisis Arus Lalu Lintas pada Simpang Angkringan Embong Malang...	87
4.2 Analisis Kinerja Kondisi Eksisting Simpang Amgkringan Embong Malang.	100
4.2.1 Analisis Derajat Kejenuhan Pada Kondisi Eksisting	110
4.2.2 Peluang Antrian Kondisi Jam Puncak.....	111
4.2.3 Analisis Tundaan (T).....	112
4.3 Kualitas Udara.....	114
4.3.1 Perhitungan Data Kualitas Udara.....	115
4.3.2 Model Hubungan Kinerja Lalu Lintas dengan Kualitas Udara.....	126
4.3.3 Model Hubungan Kinerja Lalu Lintas dengan Kualitas Udara 3 Hari	142
4.3.4 Pembahasan.....	148
4.4 Alternatif Perbaikan Kinerja Lalu Lintas Pada Simpang Angkringan Embong Malang.....	149
4.4.1 Alternatif 1 Pelebaran Geometrik Jalan	149
4.4.2 Alternatif 2 Perencanaan Simpang Bersinyal 3 fase (Kondisi Eksisting)	152
4.4.3 Alternatif 3 Perencanaan simpang bersinyal 3 fase dengan pelebaran geometrik jalan.....	169
4.4.4 Alternatif 4 Perencanaan simpang bersinyal 2 fase dengan Pelebaran Geometrik Jalan	174
4.4.5 Alternatif 5 Perencanaan simpang bersinyal 2 fase tanpa pelebaran	178
4.5 Prediksi Model Hubungan Kualitas Udara dan Tundaan Setelah Penerapan Alternatif	180
4.5.1 Korelasi Nilai NO ₂ , CO dan Tundaan Pada Senin 02, Februari 2026	180

4.5.2 Pembahasan.....	181
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	182
5.1 Kesimpulan	182
5.2. Saran.....	183
DAFTAR PUSTAKA	184
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Penelitian	2
Gambar 1. 2 Sketsa Lokasi Penelitian	3
Gambar 2. 1 Konflik primer dan konflik sekunder pada simpang 4 lengan.....	19
Gambar 2. 2 Konflik pada simpang tiga lengan / pendekat	20
Gambar 2. 3 Tipikal dan Kode Simpang	24
Gambar 2. 4 Penentuan jumlah lajur Sumber : PKJI 2023 hal.132.....	25
Gambar 2. 5 Faktor koreksi lebar pendekat (FLP)	26
Gambar 2. 6 Faktor koreksi rasio arus belok kiri (FBKI)	30
Gambar 2. 7 Faktor koreksi rasio arus belok kanan (FBKa)	31
Gambar 2. 8 Faktor koreksi rasio arus jalan minor (Fmi)	32
Gambar 2. 9 Tundaan Lalu Lintas Simpang Sebagai Fungsi dari Dj	33
Gambar 2. 10 Tundaan lalu lintas jalan mayor sebagai fungsi dari Dj	34
Gambar 2. 11 Peluang antrian (Pa %) pada simpang sebagai fungsi dari Dj	35
Gambar 2. 12 Penentuan Tipe Pendekat.....	40
Gambar 2. 13 Lebar Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas.....	41
Gambar 2. 14 Faktor Koreksi Untuk Kelandaian	46
Gambar 2. 15 Faktor Koreksi Untuk Pengaruh Parkir (Fp)	47
Gambar 2. 16 Faktor koreksi Belok Kanan (FBKa), pada pendekat tipe P dengan jalan dua arah, dan LE ditentukan ole LM.....	48
Gambar 2.17 Faktor koreksi untuk belok kiri (FBKi) untuk pendekat tipe P tanpa BKijT, dan LE ditentukan oleh LM.....	49
Gambar 2. 18 Jumlah kendaraan tersisa (SMP) dari fase sebelumnya.....	53
Gambar 3. 1 Sketsa Lokasi Penelitian	66
Gambar 3. 2 Peta Kabupaten Sidoarjo.....	67
Gambar 3. 3 Titik Lokasi Penelitian.....	67
Gambar 3. 4 Lokasi Penelitian di Jl. Raya Suko – Jl. Raya Cemeng Kalang – Jl. Raya Sumput	68
Gambar 3. 5 Air Detector untuk kualitas udara yang digunakan	72

Gambar 3. 6 Titik Surveyor	73
Gambar 3. 7 Bagan Alir.....	80
Gambar 4. 1 Layout Geometrik Simpang Angkringan Embong Malang.....	82
Gambar 4. 2 Volume Lalu Lintas Pendekat Timur Hari Senin 02 Februari 2026.....	91
Gambar 4. 3 Volume Lalu Lintas Pendekat Utara Hari Senin 02 Februari 2026.....	91
Gambar 4. 4 Volume Lalu Lintas Pendekat Selatan Hari Senin 02 Februari 2026...	92
Gambar 4. 5 Total Volume Lalu Lintas Tiap Lengan Simpang Angkringan Embong Malang Pada Hari Senin 2 Februari 2026	92
Gambar 4. 6 Volume Lalu Lintas Pendekat Timur Hari Kamis 05 Februari 2026 ...	94
Gambar 4. 7 Volume Lalu Lintas Pendekat Utara Hari Kamis 05 Februari 2026	94
Gambar 4. 8 Volume Lalu Lintas Pendekat Selatan Hari Kamis 05 Februari 2026 .	95
Gambar 4.9 Volume Lalu Lintas Tiap Pendekat Simpang Angkringan Embong Malang Hari Kamis 5 Februari 2026	95
Gambar 4. 10 Volume Lalu Lintas Pendekat Timur Hari Sabtu 7 Februari 2026.....	97
Gambar 4. 11 Volume Lalu Lintas Pendekat Utara Hari Sabtu 7 Februari 2026.....	97
Gambar 4. 12 Volume Lalu Lintas Pendekat Selatan Hari Sabtu 7 Februari 2026...	98
Gambar 4. 13 Volume Lalu Lintas Tiap Pendekat Simpang Angkringan Embong ..	98
Gambar 4. 14 Volume Arus Lalu Lintas Pada Simpang Angkringan	100
Gambar 4. 15 Perbandingan Grafik Tundaan dan NO ₂ Senin 02 Februari 2026	120
Gambar 4. 16 Perbandingan Grafik Tundaan dan CO Senin 02 Februari 2026.....	121
Gambar 4. 17 Perbandingan Grafik Tundaan dan NO ₂ Kamis 05 Februari 2026...	123
Gambar 4. 18 Perbandingan Grafik Tundaan dan CO Kamis 05 Februari 2026	123
Gambar 4. 19 Perbandingan Grafik Tundaan dan NO ₂ Sabtu 07 Februari 2026	125
Gambar 4. 20 Perbandingan Grafik Tundaan dan CO Sabtu 07 Februari 2026.....	126
Gambar 4. 21 Grafik Model Hubungan Tundaan dan Nilai NO ₂	129
Gambar 4. 22 Grafik Model Hubungan Tundaan dan Nilai CO	131
Gambar 4. 23 Grafik Model Hubungan Tundaan dan Nilai NO ₂	132
Gambar 4. 24 Grafik Model Hubungan Tundaan dan Nilai CO	133
Gambar 4. 25 Grafik Model Hubungan Tundaan dan Nilai NO ₂	134

Gambar 4. 26	Grafik Model Hubungan Tundaan dan Nilai CO	135
Gambar 4. 27	Grafik Model Hubungan Tundaan dan Nilai NO2	138
Gambar 4. 28	Grafik Model Hubungan Tundaan dan Nilai CO	141
Gambar 4. 29	Perbandingan Grafik Tundaan dan CO 3 Hari	145
Gambar 4. 30	Grafik Model Hubungan Tundaan dan Nilai CO	145
Gambar 4. 31	Perbandingan Grafik Tundaan dan CO selama 3 Hari	148
Gambar 4. 32	Grafik Model Hubungan Tundaan dan Nilai CO	148
Gambar 4. 33	Geometrik Eksisting Simpang Angkringan Embong Malang	150
Gambar 4. 34	Geometrik Rencana Simpang Angkringan Embong Malang	151
Gambar 4. 35	Titik konflik kritis dan jarak untuk keberangkatan dan kedatangan.	159
Gambar 4. 36	Faktor Koreksi Akibat Kelandaian Jalur Pendekat (FG).....	164
Gambar 4. 37	Diagram Waktu Siklus Simpang Bersinyal 3 Fase.....	167
Gambar 4. 38	Diagram Waktu Siklus Simpang Bersinyal 3 Fase Alternatif 3	171
Gambar 4. 39	Diagram Waktu Siklus Simpang Bersinyal 2 Fase.....	177

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi Terdahulu	10
Tabel 2. 2 Kapasitas dasar Simpang-3 dan Simpang-4	23
Tabel 2. 3 Kode Tipe Simpang.....	24
Tabel 2. 4 Faktor koreksi median pada jalan mayor	26
Tabel 2. 5 Faktor Koreksi Ukuran Kota	27
Tabel 2. 6 Tipe Lingkungan Jalan	28
Tabel 2. 7 Kriteria Kelas Hambatan Samping.....	28
Tabel 2.8 FHS sebagai fungsi dari tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan RKTB	29
Tabel 2. 9 Faktor koreksi rasio arus jalan minor (Fmi) dalam bentuk persamaan	31
Tabel 2. 10 Nilai EMP untuk Simpang Tak Bersinyal	32
Tabel 2. 11 Kriteria Tingkat Pelayanan Persimpangan Terhadap Sistem Jaringan Jalan	36
Tabel 2. 12 Nilai EMP untuk jenis kendaraan berdasarkan pendekat.....	42
Tabel 2. 13 Faktor Koreksi Ukuran Kota (FUK)	44
Tabel 2. 14 Kriteria Faktor Hambatan Samping	44
Tabel 2. 15 Nilai Faktor Hambatan Samping.....	45
Tabel 2. 16 Waktu Siklus Yang Disarankan	50
Tabel 2. 17 Konversi Nilai Konsentrasi Parameter ISPU	60
Tabel 2. 18 Kategori Angka Rentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)	62
Tabel 2. 19 Hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat.....	64
Tabel 4. 1 Kondisi Simpang Angkringan Embong Malang	81
Tabel 4. 2 Geometrik Eksisting Pada Simpang Angkringan Embong Malang	82
Tabel 4. 3 Data Volume Lalu Lintas Pada Simpang Angkringan Embong Malang, Pendekat Timur Belok Kiri Senin 02 Februari 2026	83
Tabel 4. 4 Data Perhitungan Volume Lalu Lintas Pada Simpang Angkringan Embong Malang, Pendekat Timur Belok Kanan Senin 02 Februari 2026	84

Tabel 4. 5	Total Arus Lalu Lintas Tiap Pendekat Pada Simpang Angkringan Embong Malang Senin 02 Februari 2026.....	85
Tabel 4. 6	Nilai EMP untuk KS dan SM Simpang Tak Bersinyal	86
Tabel 4.7	Perhitungan Arus Lintas Pada Simpang Angkringan Embong Malang, Pendekat Timur Belok Kiri Senin 02 Februari 2026	88
Tabel 4. 8	Data Perhitungan Volume Lalu Lintas Pada Simpang Angkringan Embong Malang, Pendekat Timur Belok Kanan Senin 02 Februari 2026	89
Tabel 4. 9	Total Arus Lalu Lintas Tiap Pendekat Pada Simpang Angkringan Embong Malang Senin 02 Februari 2026.....	90
Tabel 4. 10	Total Arus Lalu Lintas Tiap Pendekat Pada Simpang Angkringan Embong Malang Kamis 05 Februari 2026.....	93
Tabel 4. 11	Total Arus Lalu Lintas Tiap Pendekat Pada Simpang Angkringan Embong Malang Sabtu 7 Februari 2026.....	96
Tabel 4. 12	Total Arus Lalu Lintas Simpang Angkringan Embong Malang	99
Tabel 4. 13	Data Arus Lalu Lintas Simpang Angkringan Embong Malang	101
Tabel 4. 14	Kode Tipe Simpang.....	104
Tabel 4. 15	Kapasitas dasar Simpang 3 dan Simpang 4.....	104
Tabel 4. 16	Faktor Koreksi Median pada Jalan Mayor, Fm	105
Tabel 4. 17	Faktor Koreksi Ukuran Kota (FUK)	105
Tabel 4. 18	Faktor Koreksi Hambatan Samping (FHs).....	106
Tabel 4. 19	Faktor Koreksi Rasio Arus Jalan Minor (Fmi) dalam bentuk	107
Tabel 4. 20	Kinerja Simpang Angkringan Hari Senin 02 Februari 2026 Pada Jam Puncak Siang dan Sore.....	110
Tabel 4. 21	Derajat Kejenuhan Simpang Sidoarjo Saat Jam Puncak	111
Tabel 4. 22	Peluang Antrian Simpang Angkringan Embong Malang Saat Jam Puncak	112
Tabel 4. 23	Tundaan Pada Kondisi Eksisting Simpang Angkringan Embong Malang	113

Tabel 4. 24 Tundaan Pada Kondisi Eksisting Simpang Angkringan Embong Malang	113
Tabel 4. 25 Tundaan Pada Kondisi Eksisting Simpang Angkringan Embong Malang	113
Tabel 4. 26 Data Kualitas Udara Senin 02 Februari 2026.....	114
Tabel 4. 27 Data Kualitas Udara Kamis 05 Februari 2026	114
Tabel 4. 28 Data Kualitas Udara Sabtu 07 Februari 2026.....	115
Tabel 4. 29 Hasil Analisis Perhitungan NO2	117
Tabel 4. 30 Hasil Analisis Perhitungan CO	119
Tabel4.31 Analisis Perhitungan Emisi dan Kualitas Udara Pada Simpang Angkringan Embong Malang Senin 02 Februari 2026	120
Tabel 4.32 Analisis Perhitungan Emisi dan Kualitas Udara Pada Simpang Angkringan Embong Malang Kamis 05 Februari 2026.....	122
Tabel 4.33 Analisis Perhitungan Emisi dan Kualitas Udara Pada Simpang Angkringan Embong Malang Sabtu 07 Februari 2026	124
Tabel 4. 34 Interpretasi Koefisien Korelasi.....	127
Tabel 4. 35 Rekapitulasi Analisis Korelasi Nilai NO2 dan Tundaan.....	128
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Analisis Korelasi Nilai CO dan Tundaan	131
Tabel 4. 37 Rekapitulasi Analisis Korelasi Nilai NO2 dan Tundaan.....	132
Tabel 4. 38 Rekapitulasi Analisis Korelasi Nilai CO dan Tundaan	133
Tabel 4. 39 Rekapitulasi Analisis Korelasi Nilai NO2 dan Tundaan.....	134
Tabel 4. 40 Rekapitulasi Analisis Korelasi Nilai CO dan Tundaan	135
Tabel 4. 41 Rekapitulasi Analisis Regresi Polinomial Antara Tundaan dan NO ₂ ...	138
Tabel 4. 42 Rekapitulasi Analisis Regresi Polinomial Antara Tundaan dan CO	141
Tabel 4. 43 Rekapitulasi Analisis Korelasi Nilai CO dan Tundaan di Gabung 3 Hari	144
Tabel 4. 44 Rekapitulasi Analisis Korelasi Nilai NO ₂ dan Tundaan di Gabung 3 Hari	147
Tabel 4. 45 Geometrik Eksisting Simpang Angkringan Embong Malang	150

Tabel 4. 46 Geometrik Rencana Simpang Angkringan Embong Malang	151
Tabel 4. 47 Kinerja Lalu Lintas Simpang Angkringan Embong Malang	152
Tabel 4. 48 Waktu siklus (s) yang layak	153
Tabel 4. 49 Data Geometrik Simpang Angkringan Embong Malang Formulir SA - 1	155
Tabel 4. 50 Hasil Perhitungan SA-II, Arus Lalu Lintas Hari Senin 02.....	159
Tabel 4. 51 Formulir SA - III, Penentuan waktu merah semua dan waktu hilang ...	162
Tabel 4. 52 Waktu siklus (s) yang layak	162
Tabel 4. 53 Faktor Koreksi Ukuran Kota (FUK)	163
Tabel 4. 54 Faktor Koreksi untuk tipe lingkungan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor (FHS)	164
Tabel 4. 55 Hasil Perhitungan SA - IV, Penentuan waktu isyarat dan kapasitas.....	167
Tabel 4. 56 Hasil Perhitungan SA – V, Panjang Antrian, jumlah kendaraan	169
Tabel 4. 57 Geometrik Pendekat Simpang Kondisi Eksisting Dan Setelah pelebaran	170
Tabel 4. 58 Hasil Perhitungan SA - IV, Penentuan Waktu Isyarat dan Kapasitas ...	172
Tabel 4. 59 Hasil Perhitungan SA - V, Panjang antrian, jumlah kendaraan henti dan tundaan	173
Tabel 4.60 Kinerja Lalu Lintas Simpang Bersinyal 3 Fase dengan pelebaran Geometrik Jalan berdasarkan PKJI 2023	173
Tabel 4. 61 Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)	174
Tabel 4. 62 Konfigurasi Waktu Sinyal	177
Tabel 4.63 Kinerja Lalu Lintas Simpang Bersinyal 2 Fase dengan pelebaran Geometrik Jalan berdasarkan PKJI 2023	177
Tabel 4. 64 Hasil Perhitungan SA - IV, Penentuan waktu isyarat	178
Tabel 4. 65 Hasil Perhitungan SA - V, Panjang antrian, jumlah kendaraan henti dan Tundaan.....	179
Tabel 4. 66 Kualitas Udara setelah dipilih Alternatif Perbaikan Pada Simpang Angkringan Embong Malang	180