

TESIS

**ANALISIS KELAYAKAN PEMBANGUNAN
PELEBARAN JEMBATAN MANGUHARJO KOTA
MADIUN**



KHOLIDDIEN TYAS JAWARA
No. Mhs : 235119662

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2025**



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PERSETUJUAN TESIS

Nama : KHOLIDDIEN TYAS JAWARA
Nomor Mahasiswa : 235119662
Konsentrasi : Transportasi
Judul Tesis : Analisis Kelayakan Pembangunan Pelebaran Jembatan
Manguharjo Kota Madiun

Nama Pembimbing

Tanggal

Tanda Tangan

Dr. Ir. J. Dwijoko Anusanto, M.T. IPU 12/8/2025



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : KHOLIDDIEN TYAS JAWARA
Nomor Mahasiswa : 235119662
Konsentrasi : Transportasi
Judul Tesis : Analisis Kelayakan Pembangunan Pelebaran Jembatan
Manguharjo Kota Madiun

Nama Penguji

Tanggal

Tanda Tangan

Dr. Ir. J. Dwijoko Anusanto, M.T. IPU 12/8/2025

Dr. Ir. Imam Basuki, M.T., IPU 12/8/2025

Dr. Ir. Nectaria Putri Pramesti, S.T.,
M.T., IPM, ASEAN Eng 11/08/25.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil



Dr. Ir. Nectaria Putri Pramesti, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng

FAKULTAS
TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tesis dengan judul :

ANALISIS KELAYAKAN PEMBANGUNAN PELEBARAN JEMBATAN MANGUHARJO KOTA MADIUN

Benar-benar merupakan hasil karya pendalaman akademik sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data dan hasil penelitian, maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tesis ini. Apabila terbukti di kemudian hari bahwa Tesis ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 13 Agustus 2025
Yang membuat pernyataan



(Kholiddien Tyas Jawara)
No Mhs. 235119662

INTISARI

Kota Madiun mengalami pertumbuhan ekonomi sebesar 5,80% sejak pada tahun 2023 yang berdampak pada sektor transportasi. Jembatan Manguharjo menjadi titik kemacetan karena lebar jembatan 6,50 m tidak sesuai standar minimum. Pemerintah mengusulkan pelebaran menjadi 10 m untuk mengatasi masalah ini. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui manfaat dan kelayakan ekonomi dari pelebaran jembatan menggunakan beberapa alternatif.

Penelitian dilakukan di Jembatan Manguharjo menggunakan data primer (survei geometrik, tata guna lahan, *traffic counting*) dan sekunder (pertumbuhan kendaraan, harga komponen kendaraan, biaya pembangunan). Analisis meliputi kinerja lalu lintas berdasarkan PKJI 2023, BOK, nilai waktu, biaya kemacetan, polusi udara, dan kelayakan ekonomi (NPV, BCR, EIRR).

Hasil penelitian, didapatkan pembangunan pelebaran Jembatan Manguharjo memiliki manfaat berdasarkan kinerja lalu lintas, pengurangan polusi udara, penghematan biaya operasional kendaraan dan nilai waktu serta kelayakan secara ekonomi berdasarkan NPV, BCR, EIRR

Kata kunci: Studi Kelayakan, Manfaat Lalu Lintas, Manfaat Ekonomi

ABSTRACT

The city of Madiun has experienced economic growth of 5.80% since 2023, which has had an impact on the transportation sector. The Manguharjo Bridge has become a traffic bottleneck because its width of 6.50 m does not meet the minimum standard. The government has proposed widening it to 10 m to address this issue. The purpose of this study is to determine the benefits and economic feasibility of widening the bridge using several alternatives.

The study was conducted at the Manguharjo Bridge using primary data (geometric surveys, land use, traffic counting) and secondary data (vehicle growth, vehicle component prices, construction costs). The analysis includes traffic performance based on the 2023 PKJI, BOK, time value, congestion costs, air pollution, and economic feasibility (NPV, BCR, EIRR).

The research findings indicate that the construction of the Manguharjo Bridge widening project offers benefits in terms of traffic performance, reduced air pollution, operational cost savings for vehicles, and time value, as well as economic feasibility based on NPV, BCR, and EIRR.

Keywords: Feasibility Study, Traffic Benefits, Economic Benefits

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan judul “Analisis Kelayakan Pembangunan Pelebaran Jembatan Manguharjo Kota Madiun”. Tesis ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Strata Dua (S2) pada Program Studi Magister Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan petunjuk, kekuatan, kesabaran serta keteguhan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas penelitian ini dengan baik;
2. Ibu, ibu, ibu, bapak tercinta yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik;
3. Istri dan anak tercinta penulis yang juga telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik;
4. Ibu Dr. Ir. Nectaria Putri Pramesti, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta;
5. Bapak Dr. Ir. Dwijoko Ansusanto, M.T., IPU sebagai dosen pembimbing yang dengan sabar memberikan arahan, masukan, serta motivasi kepada saya dari awal hingga akhir penulisan tesis sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini.
6. Bapak Dr. Ir. Imam Basuki, M.T., IPU dan Ibu Dr. Ir. Nectaria Putri Pramesti, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng selaku dosen penguji Tesis yang memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan Tesis ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah mengajarkan dan membagikan ilmunya kepada penulis.
8. Seluruh keluarga dan sahabat teman seperjuangan Magister Teknik Sipil baik seangkatan, kakak tingkat maupun adik tingkat

9. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu per satu yang telah mendukung penulis selama proses perkuliahan ini

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk meningkatkan kualitas penulisan Tesis ini. Jika ada kata yang kurang berkenan, penulis memohon maaf sebesar-besarnya. Semoga penulis Tesis ini dapat bermanfaat bagi para mahasiswa dan seluruh pembaca.

Yogyakarta, Juli 2025

Penyusun



(Kholiddien Tyas Jawara)

No Mhs. 235119662

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PERSETUJUAN TESIS.....	ii
PENGESAHAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
INTISARI.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	6
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Sistem Transportasi	7
2.2. Pertumbuhan Volume Lalu Lintas	7
2.3. Kemacetan Lalu Lintas.....	8
2.4. Tingkat Pelayanan Ruas Jalan dan Persimpangan.....	10
2.5. Emisi Kendaraan Bermotor	12
2.6. Studi Kelayakan Proyek	15

2.7. Penelitian Terdahulu.....	17
BAB III LANDASAN TEORI.....	23
3.1. Kapasitas Jalan dan Persimpangan.....	23
3.1.1. Kapasitas Jalan.....	23
3.1.2. Kapasitas Persimpangan.....	27
3.2. Analisis Kinerja Lalu Lintas	32
3.2.1. Kinerja Ruas Jalan.....	33
3.2.2. Kinerja Persimpangan	36
3.3. Hubungan Kepadatan – Kecepatan	42
3.3.1. Hubungan Volume – Kecepatan.....	42
3.3.2. Hubungan Kecepatan – Kepadatan	43
3.3.3. Hubungan Volume – Kepadatan.....	44
3.4. Nilai Waktu Perjalanan.....	44
3.5. Biaya Kemacetan.....	47
3.6. Biaya Operasi Kendaraan (BOK).....	50
3.6.1. Biaya Tetap.....	51
3.6.2. Biaya Tidak Tetap.....	52
3.6.3. Metode ND. LEA.....	54
3.7. Prediksi Polusi Udara	55
3.8. Kelayakan Ekonomi	60
3.8.1. Analisis <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR).....	60
3.8.2. Analisis <i>Net Present Value</i> (NPV)	61
3.8.3. Analisis <i>Economic Internal Rate of Return</i> (EIRR).....	62
3.8.4. Analisis <i>First Year Rate of Return</i> (FYRR)	63
3.8.5. Analisis Kepekaan (<i>Sensitivty Analysis</i>)	64
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	65
4.1. Umum.....	65
4.2. Lokasi Penelitian	65

4.3. Bagan Alir Penelitian	66
4.4. Metode Pengumpulan Data	68
4.4.1. Data Primer	68
4.4.2. Data Sekunder	69
4.5. Metode Analisis Data	70
4.5.1. Metode Analisis Deskriptif	70
4.5.2. Metode Analisis Kuantitatif	71
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	75
5.1. Deskripsi Kegiatan	75
5.1.1. Kondisi Eksisting Jembatan Manguharjo.....	75
5.1.2. Rencana Pembangunan Pelebaran Jembatan Manguharjo	76
5.2. Jumlah Penduduk	78
5.3. Kondisi Lalu Lintas Eksisting	78
5.3.1. Geometrik Jalan dan Persimpangan	78
5.3.2. Volume Lalu Lintas Eksisting.....	86
5.3.3. Analisis Kinerja Lalu Lintas Eksisting	90
5.4. Analisis Biaya Operasional Kendaraan Eksisting	93
5.5. Analisis Nilai Waktu Eksisting.....	105
5.6. Perhitungan Kerugian Akibat Kemacetan	108
5.7. Analisis Peramalan (<i>Forecasting</i>) Volume Lalu Lintas	109
5.8. Analisis Kinerja Lalu Lintas <i>Without Project</i>	115
5.9. Analisis Kinerja Lalu Lintas <i>With Project</i>	118
5.10. Analisis Biaya Operasional Kendaraan.....	123
5.10.1. Analisis Biaya Operasional Kendaraan <i>Without Project</i>	123
5.10.2. Analisis Biaya Operasional Kendaraan <i>With Project</i>	125
5.10.3. Penghematan Biaya Operasional Kendaraan	126
5.11. Analisis Nilai Waktu Perjalanan.....	127
5.11.1. Analisis Nilai Waktu Perjalanan <i>Without Project</i>	127

5.11.2.	Analisis Nilai Waktu Perjalanan <i>With Project</i>	128
5.11.3.	Penghematan Nilai Waktu Perjalanan	129
5.12.	Analisis Prediksi Polusi Udara	130
5.13.1.	Analisis Prediksi Polusi Udara Eksisting.....	130
5.13.2.	Prediksi Polusi Udara <i>Without Project</i>	132
5.13.3.	Prediksi Polusi Udara <i>With Project</i>	135
5.13.4.	Pengurangan Polusi Udara	137
5.13.	Analisis Kelayakan Ekonomi	140
5.13.1.	Biaya Pembangunan Pelebaran Jembatan.....	140
5.13.2.	<i>Discount Rate</i>	142
5.13.3.	Analisis <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR).....	145
5.13.4.	Analisis <i>Net Present Value</i> (NPV)	146
5.13.5.	Analisis <i>Economic Internal Rate of Return</i> (EIRR).....	147
5.13.6.	Analisis <i>First Year Rate of Return</i> (FYRR)	148
5.13.7.	Analisis Kepekaan (<i>Sensitivty Analysis</i>)	149
5.14.	Rekomendasi	151
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	153
6.1.	Kesimpulan.....	153
6.2.	Saran.....	155
DAFTAR PUSTAKA		156
LAMPIRAN		161

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Parameter Kemacetan Lalu Lintas.....	9
Tabel 2.2. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu.....	18
Tabel 3.1. Kapasitas Dasar (C_0)	24
Tabel 3.2. Faktor Koreksi Akibat Lebar Lajur (F_{CLJ})	24
Tabel 3.3. Faktor Koreksi Akibat Pemisah Arah pada Tipe Jalan tak Terbagi (F_{CPA})	25
Tabel 3.4. Faktor Koreksi Akibat Hambatan Samping pada Jalan dengan Bahu (F_{CHS})	25
Tabel 3.5. Faktor Koreksi yang disebabkan Hambatan Samping pada Jalan dengan Berkereb (F_{CHS})	26
Tabel 3.6. Faktor Koreksi Terhadap Ukuran Kota (F_{CUK}).....	27
Tabel 3.7. Kapasitas Dasar Samping (C_0).....	28
Tabel 3.8. Faktor Koreksi Pada Jalan Mayor (F_M).....	29
Tabel 3.9. Faktor Koreksi Ukuran Kota (F_{UK}).....	29
Tabel 3.10. Faktor Koreksi Akibat Hambatan Samping (F_{CHS})	30
Tabel 3.11. EMP untuk Tipe Jalan Tak Terbagi	34
Tabel 3.12. EMP untuk Tipe Jalan Terbagi.....	34
Tabel 3.13. Nilai EMP untuk Kendaraan Sedang, Mobil Penumpang dan Sepeda Motor.....	36
Tabel 3.14. Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) Tipe Samping Terlindung dan Terlawan	40
Tabel 3.15. Nilai Waktu Setiap Golongan Kendaraan	46
Tabel 3.16. Nilai Waktu Minimum (Rp/jam/kendaraan)	46
Tabel 3.17. Nilai koreksi pada beberapa kota.....	47
Tabel 3.18. Pembagian Jenis Kendaraan	54
Tabel 3.19. Kriteria Pemilihan Model	55
Tabel 3.20. Faktor Pengali Emisi NO _x untuk Menormalisasi Volume Kendaraan Menjadi Satuan Mobil Penumpang per Satuan Waktu.....	57

Tabel 3.21. Faktor Pengali Emisi CO untuk Menormalisasi Volume Kendaraan Menjadi Satuan Mobil Penumpang per Satuan Waktu.....	58
Tabel 3.22. Nilai Konstanta Penentu Standar Deviasi.....	59
Tabel 3.23. Klasifikasi Stabilitas Atmosfer Berdasarkan Klasifikasi Pasquill's ..	60
Tabel 5.1. Estimasi Biaya Pembangunan Pelebaran Jembatan Manguharjo	77
Tabel 5.2. Komposisi Kendaraan di Ruas Jalan pada Jam Puncak (Weekday)	86
Tabel 5.3. Komposisi Kendaraan di Ruas Jalan pada Jam Puncak (Weekend)	87
Tabel 5.4. Komposisi Kendaraan di Simpang 4 Lengan Bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) pada Jam Puncak (Weekday).....	88
Tabel 5.5. Komposisi Kendaraan di simpang 4 lengan bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) pada Jam Puncak (Weekend).....	88
Tabel 5.6. Analisis Kinerja Lalu Lintas Ruas Jalan Berdasarkan Derajat Kejenuhan (<i>DJ</i>) pada Jam Puncak	90
Tabel 5.7. Analisis Kinerja Lalu Lintas Ruas Jalan Berdasarkan Kecepatan dan Waktu Tempuh pada Jam Puncak	91
Tabel 5.8. Analisis Kinerja Lalu Lintas Simpang 4 lengan bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12- K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) pada Jam Puncak.....	92
Tabel 5.9. Kecepatan Kendaraan.....	93
Tabel 5.10. Harga Komponen Setiap Golongan	94
Tabel 5.11. Hasil Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan Gol I, IIA dan IIB pada Kondisi Eksisting Tahun 2025	105
Tabel 5.12. Penentuan Nilai Kalibrasi	106
Tabel 5.13. Perhitungan Nilai Waktu Setiap Golongan Kendaraan.....	106

Tabel 5.14. Waktu Tempuh Kendaraan.....	107
Tabel 5.15. Hasil Perhitungan Nilai Waktu Kendaraan Gol I, IIA dan IIB pada Kondisi Eksisting Tahun 2025	108
Tabel 5.16. Hasil Perhitungan Biaya Kemacetan pada Jembatan Manguharjo Tahun 2025	108
Tabel 5.17. Dasar Angka Pertumbuhan Lalu Lintas	110
Tabel 5.18. Pertumbuhan Penduduk, PDRB ADHK 2010 dan PDRB per Kapita Kota Madiun.....	111
Tabel 5.19. Tingkat Inflasi Bank Indonesia Januari 2015 – Mei 2025.....	123
Tabel 5.20. Normalisasi Volume Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang	131
Tabel 5.21. Laju Emisi (qCO dan $qNOx$).....	131
Tabel 5.22. Kekuatan Emisi (QCO dan $QNOx$).....	131
Tabel 5.23. Dispersi Polutan.....	132
Tabel 5.24. Konsentrasi Polutan	132
Tabel 5.25. Estimasi Biaya Pembangunan Pelebaran Jembatan dengan Beberapa Alternatif	141
Tabel 5.26. Estimasi Biaya Pembangunan Pelebaran Jembatan dengan Beberapa Alternatif pada Tahun 2026	142
Tabel 5.27. BI Rate Tahun 2016 s.d 2025.....	143
Tabel 5.28. <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR) pada Alternatif Rencana Pelebaran Jembatan.....	145
Tabel 5.29. <i>Net Present Value</i> (NPV) pada Alternatif Rencana Pelebaran Jembatan	146
Tabel 5.30. <i>Economic Internal Rate of Return</i> (EIRR) pada Alternatif Rencana Pelebaran Jembatan	147
Tabel 5.31. <i>First Year Rate of Return</i> (FYRR) pada Alternatif Rencana Pelebaran Jembatan.....	148
Tabel 5.32. Hasil Analisis Sensitivitas.....	150

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Dokumentasi Udara Kondisi Lalu Lintas pada Jembatan Manguharjo (Hasil Survei, 2025)	4
Gambar 2.1. Kedudukan Studi Kelayakan dalam Proyek Jalan dan Jembatan (Pedoman Konstruksi Dan Bangunan, Nomor Pd T-19-2005-B Tentang Studi Kelayakan Jembatan, 2005)	17
Gambar 3.1. Hubungan <i>VMP</i> dengan <i>DJ</i> dan <i>VB</i> pada Jalan Tipe 2/2-T (Bina Marga, 2023)	35
Gambar 3.2. Hubungan <i>VMP</i> dengan <i>DJ</i> dan <i>VB</i> pada Jalan Tipe 4/2-T, 6/2-T dan 8/2-T (Bina Marga, 2023)	35
Gambar 3.3. Hubungan Volume – Kecepatan (Highway Capacital Manual, 2000)	43
Gambar 3.4. Hubungan Kecepatan – Kepadatan (Highway Capacital Manual, 2000)	43
Gambar 3.5. Hubungan Volume – Kepadatan (Highway Capacital Manual, 2000)	44
Gambar 3.6. Estimasi Biaya Kemacetan (Stubbs, 1980)	48
Gambar 4.1. Lokasi dan Cakupan Wilayah Penelitian (Google Maps, 2025)	66
Gambar 4.2. Diagram Alir Penelitian	67
Gambar 5.1. Lokasi Jembatan Maguwoharo dalam jaringan jalan (Google Maps, 2025)	75
Gambar 5.2. Kondisi Eksisting Jembatan Manguharjo (Hasil Suvei, 2025)	76
Gambar 5.3. Geometrik Simpang 4 lengan bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) (Hasil Survei, 2025) ...	80
Gambar 5.4. Dokumentasi Udara Kondisi Simpang 4 lengan bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) –	

Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) (Hasil Survei, 2025)	81
Gambar 5.5. Geometrik Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) (Hasil Survei, 2025).....	82
Gambar 5.6. Dokumentasi Darat Kondisi Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) (Hasil Survei, 2025).....	82
Gambar 5.7. Geometrik Ruas Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) (Hasil Survei, 2025)	83
Gambar 5.8. Dokumentasi Darat Kondisi Ruas Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) (Hasil Survei, 2025).....	83
Gambar 5.9. Geometrik Ruas Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) (Hasil Survei, 2025)	84
Gambar 5.10. Dokumentasi Darat Kondisi Ruas Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) (Hasil Survei, 2025)	84
Gambar 5.11. Geometrik Ruas Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) (Hasil Survei, 2025)	85
Gambar 5.12. Dokumentasi Darat Kondisi Ruas Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) (Hasil Survei, 2025)	86
Gambar 5.13. Proporsi Pergerakan Lalu Lintas pada Simpang 4 lengan bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) pada Jam Puncak (Weekday) (Hasil Survei, 2025)	89
Gambar 5.14. Proporsi Pergerakan Lalu Lintas pada Simpang 4 lengan bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) pada Jam Puncak (Weekend) (Hasil Survei, 2025)	90
Gambar 5.15. Persentase Pertumbuhan Penduduk Kota Madiun (Hasil Analisis, 2025)	112

Gambar 5.16. Persentase Pertumbuhan PDRB Kota Madiun (Hasil Analisis, 2025)	113
Gambar 5.17. Persentase Pertumbuhan PDRB per Kapita Kota Madiun (Hasil Analisis, 2025)	113
Gambar 5.18. Volume Kendaraan Arah Barat – Utara dan Utara – Barat (Hasil Analisis, 2025)	114
Gambar 5.19. Volume Kendaraan Arah Barat – Timur dan Timur – Barat (Hasil Analisis, 2025)	114
Gambar 5.20. Volume Kendaraan Arah Barat – Selatan dan Timur – Barat (Hasil Analisis, 2025)	115
Gambar 5.21. Derajat Kejenuhan di Jembatan Manguharjo (Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) Without Project (Hasil Analisis, 2025)	116
Gambar 5.22. Kecepatan di Jembatan Manguharjo (Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) Without Project (Hasil Analisis, 2025)	116
Gambar 5.23. Derajat Kejenuhan Lengan Barat Simpang 4 Lengan Bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) Without Project (Hasil Analisis, 2025)	117
Gambar 5.24. Panjang Antrean Lengan Barat Simpang 4 Lengan Bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) Without Project (Hasil Analisis, 2025)	117
Gambar 5.25. Tundaan Rata-rata Lengan Barat Simpang 4 Lengan Bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) Without Project (Hasil Analisis, 2025)	118

Gambar 5.26. Kondisi Ruas Jalan Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) Sisi Barat Jembatan (Hasil Survei, 2025)	119
Gambar 5.27. Derajat Kejenuhan di Jembatan Manguharjo (Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	120
Gambar 5.28. Kecepatan di Jembatan Manguharjo (Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	120
Gambar 5.29. Derajat Kejenuhan Lengan Barat Simpang 4 Lengan Bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	121
Gambar 5.30. Panjang Antrean Lengan Barat Simpang 4 Lengan Bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	121
Gambar 5.31. Tundaan rata-rata Lengan Barat Simpang 4 Lengan Bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	122
Gambar 5.32. Biaya Operasional Kendaraan Without Project (Hasil Analisis, 2025)	125
Gambar 5.33. Biaya Operasional Kendaraan With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	126

Gambar 5.34. Pengematan Biaya Operasional Kendaraan With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	127
Gambar 5.35. Nilai Waktu Without Project (Hasil Analisis, 2025)	128
Gambar 5.36. Nilai Waktu With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	129
Gambar 5.37. Penghematan Nilai Waktu With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	130
Gambar 5.38. Konsentrasi NOx jarak 3,5 m Without Project (Hasil Analisis, 2025)	133
Gambar 5.39. Konsentrasi NOx jarak 100 m Without Project (Hasil Analisis, 2025)	133
Gambar 5.40. Konsentrasi CO jarak 3,5 m Without Project (Hasil Analisis, 2025)	134
Gambar 5.41. Konsentrasi CO jarak 100 m Without Project (Hasil Analisis, 2025)	134
Gambar 5.42. Konsentrasi NOx jarak 3,5 m With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	135
Gambar 5.43. Konsentrasi NOx jarak 100 m With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	136
Gambar 5.44. Konsentrasi CO jarak 3,5 m With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	136
Gambar 5.45. Konsentrasi CO jarak 100 m With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	137
Gambar 5.46. Pengurangan Konsentrasi NOx jarak 3,5 m With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	138
Gambar 5.47. Pengurangan Konsentrasi NOx jarak 100 m With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	138
Gambar 5.48. Pengurangan Konsentrasi CO jarak 3,5 m With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	139
Gambar 5.49. Pengurangan Konsentrasi CO jarak 100 m With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)	139

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 0.a. Persentase Pertumbuhan Penduduk Kota	161
Lampiran 0.b. Persentase Pertumbuhan PDRB Kota Madiun	163
Lampiran 0.c. Persentase Pertumbuhan PDRB per Kapita Kota Madiun	165
Lampiran 1.a. Volume Kendaraan Barat – Utara	168
Lampiran 1.b. Volume Kendaraan Utara – Barat	170
Lampiran 1.c. Volume Kendaraan Barat – Timur.....	172
Lampiran 1.d. Volume Kendaraan Timur – Barat	174
Lampiran 1.e. Volume Kendaraan Barat – Selatan.....	176
Lampiran 1.f. Volume Kendaraan Selatan – Barat	179
Lampiran 2.a. Kinerja Lalu Lintas Jembatan Manguharjo (Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) <i>Without Project</i>	181
Lampiran 2.b. Kinerja Lalu Lintas Lengan Barat Simpang 4 Lengan Bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) <i>Without Project</i>	183
Lampiran 3.a. Kinerja Lalu Lintas Jembatan Manguharjo (Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) <i>With Project</i> (Alternatif 1 dan Alternatif 2)	185
Lampiran 3.b. Kinerja Lalu Lintas Lengan Barat Simpang 4 Lengan Bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) <i>With Project</i> (Alternatif 1 dan Alternatif 2)	188
Lampiran 4.a. Biaya Operasional Kendaraan <i>Without Project</i>	190
Lampiran 4.b. Biaya Operasional Kendaraan <i>With Project</i> (Alternatif 1)	192
Lampiran 4.c. Biaya Operasional Kendaraan <i>With Project</i> (Alternatif 2)	194

Lampiran 4.d. Penghematan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) <i>With Project</i> (Alternatif 1).....	196
Lampiran 4.e. Penghematan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) <i>With Project</i> (Alternatif 2).....	198
Lampiran 5.a. Nilai Waktu <i>Without Project</i>	200
Lampiran 5.b. Nilai Waktu <i>With Project</i> (Alternatif 1).....	202
Lampiran 5.c. Nilai Waktu <i>With Project</i> (Alternatif 2)	204
Lampiran 5.d. Penghematan Nilai Waktu <i>With Project</i> (Alternatif 1)	206
Lampiran 5.e. Penghematan Nilai Waktu <i>With Project</i> (Alternatif 2).....	208
Lampiran 6.a. Normalisasi Volume Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang <i>Without Project</i>	210
Lampiran 6.b. Laju Emisi (qCO dan $qNOx$) <i>Without Project</i>	212
Lampiran 6.c. Kekuatan Emisi (qCO dan $qNOx$) <i>Without Project</i>	215
Lampiran 6.d. Konsentrasi Polutan <i>Without Project</i>	217
Lampiran 7.a. Laju Emisi (qCO dan $qNOx$) <i>With Project</i> (Alternatif 1).....	219
Lampiran 7.b. Laju Emisi (qCO dan $qNOx$) <i>With Project</i> (Alternatif 2).....	221
Lampiran 7.c. Kekuatan Emisi (qCO dan $qNOx$) <i>With Project</i> (Alternatif 1) ..	223
Lampiran 7.d. Kekuatan Emisi (qCO dan $qNOx$) <i>With Project</i> (Alternatif 2) ..	225
Lampiran 7.e. Konsentrasi Polutan <i>With Project</i> (Alternatif 1)	227
Lampiran 7.f. Konsentrasi Polutan <i>With Project</i> (Alternatif 2).....	229
Lampiran 7.g. Pengurangan Polusi Udara (Alternatif 1).....	232
Lampiran 7.h. Pengurangan Polusi Udara (Alternatif 2)	234