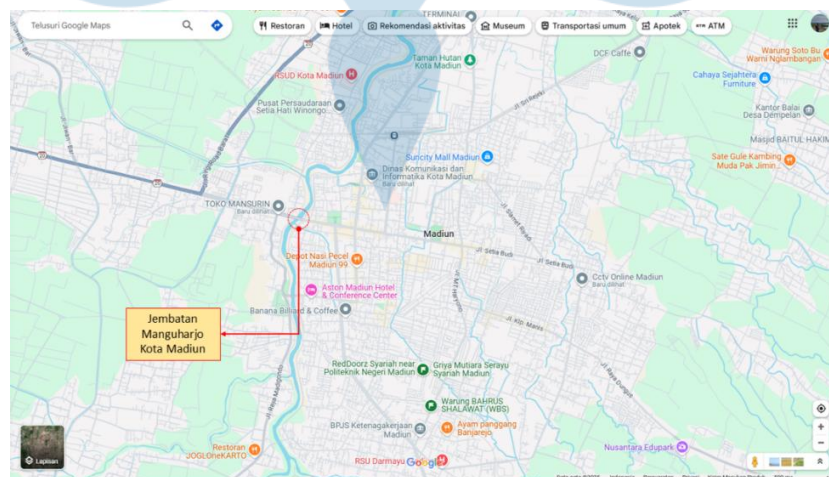


BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Deskripsi Kegiatan

5.1.1. Kondisi Eksisting Jembatan Manguharjo

Jembatan Manguharjo berada di Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K. Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) dibangun pada tahun 1972. Jembatan ini memiliki bentang sebesar 109,45 m, lebar lantai kendaraan pada Jembatan Manguharjo saat ini sebesar 6,50 m dengan tipe jalan 2/2 TT (2 jalur 2 lajur tidak terbagi) dengan perkerasan jalan berupa aspal (*flexible pavement*). Kemudian jembatan ini memiliki status jalan Nasional, Kelas Jalan II dan Fungsi Jalan JKP-1. Lebar jalan pendekat sisi timur sebesar 10,40 m dan sisi barat sebesar 9,30 m. Pada sisi barat Kota Madiun, jembatan ini menjadi salah satu akses masuk dari dan ke Kota Madiun. Lokasi Jembatan Manguharjo dalam jaringan jalan dan kondisi eksisting dapat ditinjau pada gambar berikut.



Gambar 5.1. Lokasi Jembatan Maguwoharo dalam jaringan jalan (*Google Maps, 2025*)



Gambar 5.2. Kondisi Eksisting Jembatan Manguharjo (*Hasil Suvei, 2025*)

Saat ini pertumbuhan jumlah kendaraan terus meningkat secara drastis akibat pesatnya pembangunan di Kota Madiun. Jembatan Manguharjo yang memiliki lebar lalu lintas terbatas menjadikan jembatan ini sebagai titik *bottleneck* sehingga mengalami pembebanan lalu lintas yang besar dan terhambatnya aliran lalu lintas (Dinas Pekerjaan Umum Kota Madiun, 2024)

5.1.2. Rencana Pembangunan Pelebaran Jembatan Manguharjo

Kewenangan jembatan ini berada pada Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. Namun Pemerintah Kota Madiun melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang mengajukan permohonan

pembangunan infrastruktur Jembatan Manguharjo dengan tujuan pelebaran Jembatan Manguharjo dapat segera terlaksana, sebab jembatan ini merupakan infrastruktur yang vital bagi Kota Madiun. Estimasi biaya pelebaran Jembatan Manguharjo dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.1. Estimasi Biaya Pembangunan Pelebaran Jembatan Manguharjo

No.	Kegiatan	Estimasi Biaya	Keterangan
		(Rp)	
1.	Studi Kelayakan	250.000.000,00	
2.	Survei Investigasi Desain (SID)	650.000.000,00	Termasuk UKL-UPL dan Andalalin
3.	<i>Detail Engineering Design</i> (DED)	1.100.000.000,00	
4.	Konsultan Manajemen Proyek (MK)	750.000.000,00	
5.	Pembongkaran Jembatan Lama	6.500.000.000,00	
6.	Pekerjaan Konstruksi	151.000.000.000,00	
7.	<i>Beautifikasi dan Landscaping</i>	3.500.000.000,00	
	Jumlah	163.750.000.000,00	
	Pajak PPn 11%	18.012.500.000,00	
	Total	181.762.500.000,00	

Sumber: [53]

Saat ini belum ada *Detail Engineering Design* (DED) Jembatan Manguharjo. Namun berdasarkan hasil wawancara, yang dilakukan oleh penulis dengan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Madiun mengusulkan pelebaran jembatan, dengan lebar jalur lalu lintas dari 6,50 m menjadi 10 m.

5.2. Jumlah Penduduk

Berdasarkan Kota Madiun Dalam Angka 2024, jumlah penduduk Kota Madiun pada tahun 2024 sebanyak 202.544 jiwa. Data ini digunakan sebagai acuan dalam analisis untuk menentukan ukuran kota.

5.3. Kondisi Lalu Lintas Eksisting

5.3.1. Geometrik Jalan dan Persimpangan

Geometrik jalan dan persimpangan di sekitar lokasi Jembatan Manguharjo sebagai berikut.

1. 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)

Simpang ini merupakan simpang bersinyal yang memiliki 4 (empat) fase. Tata guna lahan disekitar simpang ini merupakan area komersial. Simpang ini sebagai titik pertemuan 4 (empat) ruas jalan yaitu:

Utara : Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K)

Selatan : Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K)

Timur : Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683)

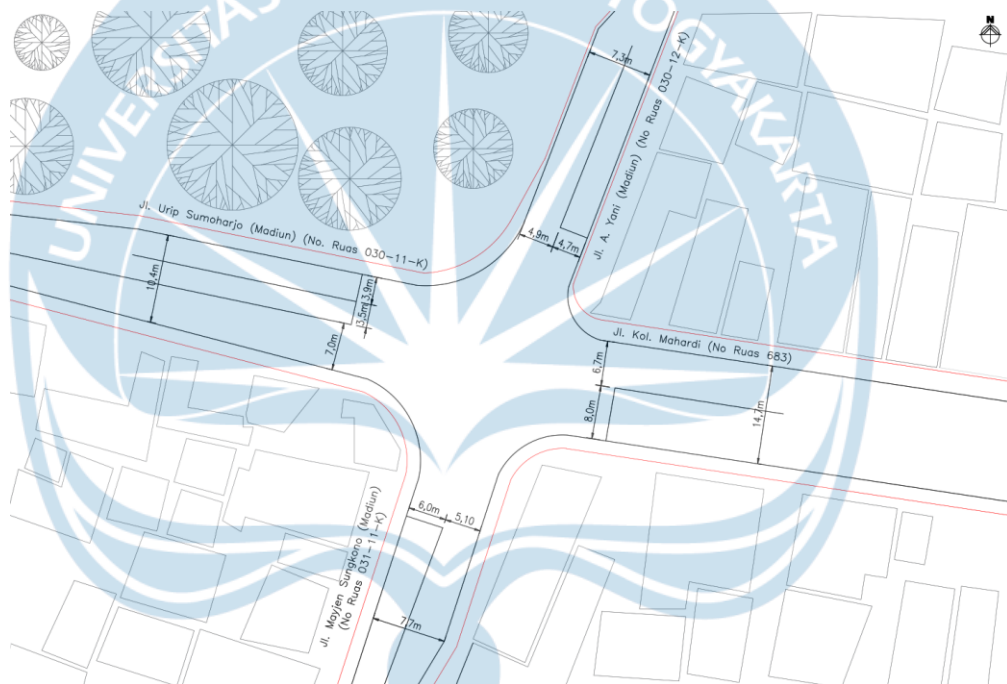
Barat : Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)

Berikut merupakan data 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).

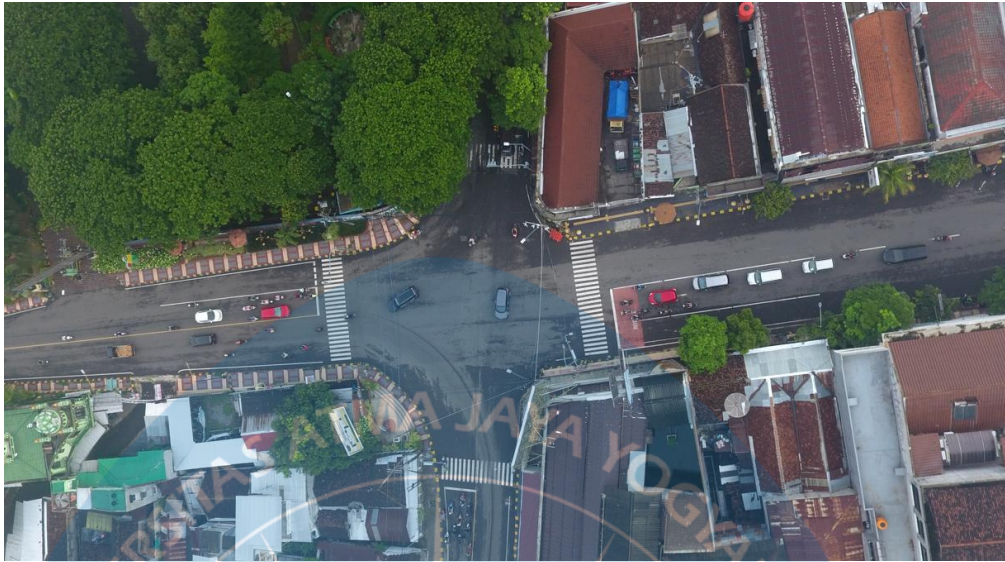
- Pendekat Utara (Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K))
 - Lebar Awal Lajur (L) : 4,70 m
 - Lebar pada Garis Henti (L_M) : 4,70 m
 - Lebar Jalur Keluar (L_K) : 4,90 m
 - Lebar Belok Kiri Jalan Terus (L_{BKijT}) : -
 - Lebar Efektif (L_E) : 4,70 m
- Pendekat Selatan (Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K))
 - Lebar Awal Lajur (L) : 3,85 m
 - Lebar pada Garis Henti (L_M) : 6,00 m
 - Lebar Jalur Keluar (L_K) : 5,50 m
 - Lebar Belok Kiri Jalan Terus (L_{BKijT}) : -
 - Lebar Efektif (L_E) : 6,00 m
- Pendekat Timur (Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683))
 - Lebar Awal Lajur (L) : 8,00 m
 - Lebar pada Garis Henti (L_M) : 8,00 m
 - Lebar Jalur Keluar (L_K) : 6.7 m
 - Lebar Belok Kiri Jalan Terus (L_{BKijT}) : -
 - Lebar Efektif (L_E) : 8,00 m
- Pendekat Barat (Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K))
 - Lebar Awal Lajur (L) : 5,20 m
 - Lebar pada Garis Henti (L_M) : 3,50 m
 - Lebar Jalur Keluar (L_K) : 7,00 m

- Lebar Belok Kiri Jalan Terus (L_{BKJT}) : 3,90 m
- Lebar Efektif (L_E) : 3,50 m

Visualisasi geometrik dan dokumentasi 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) dapat ditinjau pada gambar berikut.



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*)



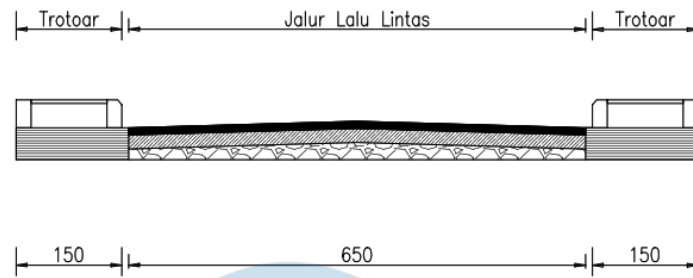
Gambar 5.4. Dokumentasi Udara Kondisi Simpang 4 lengan bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) (*Hasil Survei, 2025*)

2. Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)

Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) adalah jalur lalu lintas Jembatan Manguharjo. Berikut merupakan geometrik dan informasi ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K).

- Lebar Jalur Lalu Lintas : 6,50 m
- Lebar Trotoar : 1,50 m kanan dan 1,50 m kiri
- Tipe Jalan : 2/2 TT (2 jalur 2 lajur tidak terbagi)
- Kelas Jalan : Kelas II
- Perkerasan Jalan : Aspal (*Flexible Pavement*)
- Status Jalan : Nasional

Visualisasi geometrik dan dokumentasi kondisi Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) dapat ditinjau pada gambar berikut.



Gambar 5.5. Geometrik Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) (*Hasil Survei, 2025*)



Gambar 5.6. Dokumentasi Darat Kondisi Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) (*Hasil Survei, 2025*)

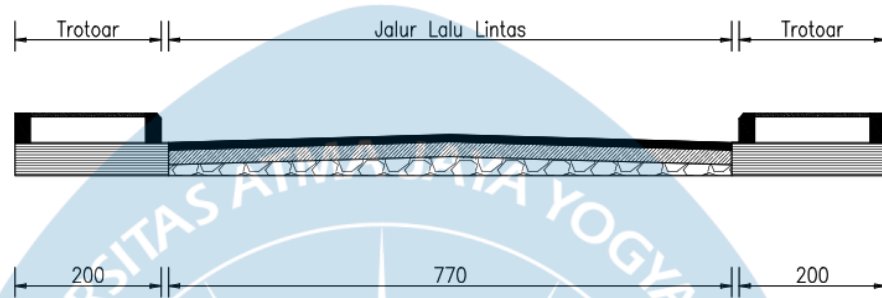
3. Ruas Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K)

Berikut merupakan geometrik dan informasi ruas Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K).

- Lebar Jalur Lalu Lintas : 7,70 m
- Lebar Trotoar : 2,00 m kanan dan 2,00 m kiri
- Tipe Jalan : 2/2 TT (2 jalur 2 lajur tidak terbagi)
- Kelas Jalan : Kelas II
- Perkerasan Jalan : Aspal (*Flexible Pavement*)

- Status Jalan : Nasional

Visualisasi geometrik dan dokumentasi kondisi Ruas Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) dapat ditinjau pada gambar berikut.



Gambar 5.7. Geometrik Ruas Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) (*Hasil Survei, 2025*)



Gambar 5.8. Dokumentasi Darat Kondisi Ruas Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) (*Hasil Survei, 2025*)

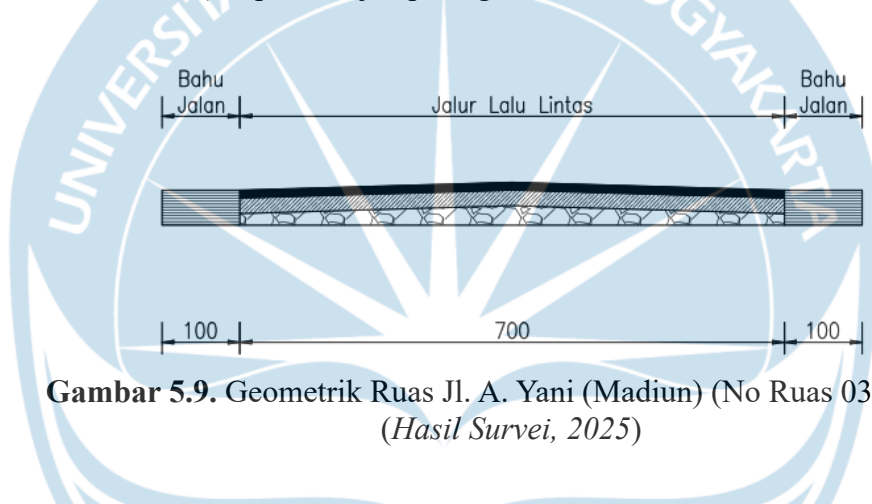
4. Ruas Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K)

Berikut merupakan geometrik dan informasi ruas Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K).

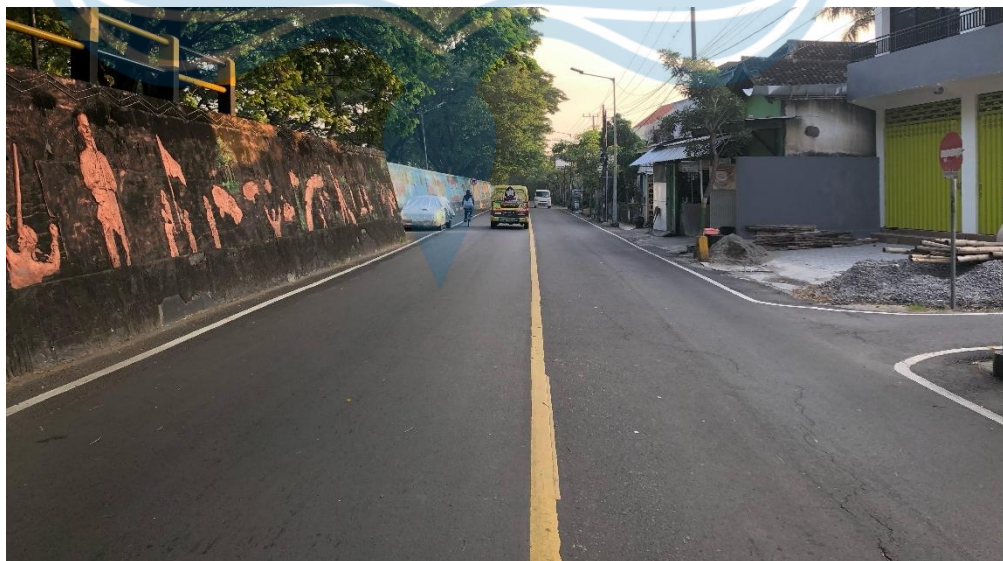
- Lebar Jalur Lalu Lintas : 7,00 m

- Lebar Bahu : 1,00 m
- Tipe Jalan : 2/2 TT (2 jalur 2 lajur tidak terbagi)
- Kelas Jalan : Kelas II
- Perkerasan Jalan : Aspal (*Flexible Pavement*)
- Status Jalan : Nasional

Visualisasi geometrik dan dokumentasi kondisi Ruas Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) dapat ditinjau pada gambar berikut.



Gambar 5.9. Geometrik Ruas Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) (*Hasil Survei, 2025*)



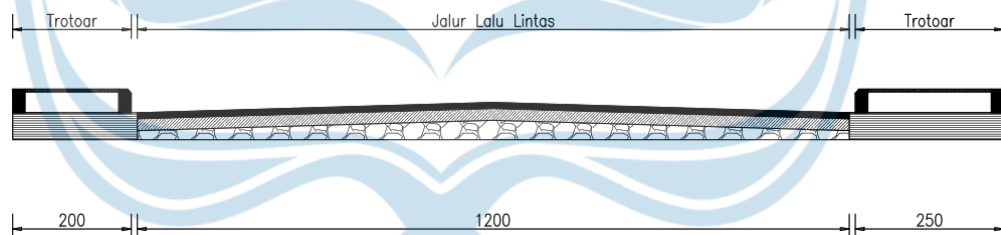
Gambar 5.10. Dokumentasi Darat Kondisi Ruas Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) (*Hasil Survei, 2025*)

5. Ruas Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683)

Berikut merupakan geometrik dan informasi ruas Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683).

- Lebar Jalur Lalu Lintas : 12,00 m
- Lebar Trotoar : 2,50 m kanan dan 2,00 m kiri
- Tipe Jalan : 2/2 TT (2 jalur 2 lajur tidak terbagi)
- Kelas Jalan : Kelas III
- Perkerasan Jalan : Aspal (*Flexible Pavement*)
- Status Jalan : Kabupaten/Kota

Visualisasi geometrik dan dokumentasi kondisi Ruas Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) dapat ditinjau pada gambar berikut.



Gambar 5.11. Geometrik Ruas Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) (*Hasil Survei, 2025*)



Gambar 5.12. Dokumentasi Darat Kondisi Ruas Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) (*Hasil Survei, 2025*)

5.3.2. Volume Lalu Lintas Eksiting

Berdasarkan hasil survei lapangan dengan melakukan pencacahan lalu lintas, maka didapatkan volume lalu lintas eksisting pada ruas dan persimpangan disekitar lokasi penelitian sebagai berikut.

Tabel 5.2. Komposisi Kendaraan di Ruas Jalan pada Jam Puncak (*Weekday*)

Nama Ruas	Tipe Jalan	Arah Pergerakan	Golongan Kendaraan			Total kend/jam
			MP	KS	SM	
Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	Utara - Selatan	532	20	2551	3103
		Selatan - Utara				
Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	Utara - Selatan	489	31	2256	2776
		Selatan - Utara				
Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683))	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	Timur - Barat	382	25	2702	3109
		Barat -Timur				
		Timur - Barat	690	43	4877	5610

Nama Ruas	Tipe Jalan	Arah Pergerakan	Golongan Kendaraan			Total
			MP	KS	SM	kend/jam
Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	Barat -Timur				

Sumber: (Hasil Survei, 2025)

Tabel 5.3. Komposisi Kendaraan di Ruas Jalan pada Jam Puncak (*Weekend*)

Nama Ruas	Tipe Jalan	Arah Pergerakan	Golongan Kendaraan			Total
			MP	KS	SM	kend/jam
Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	Utara - Selatan	621	31	1711	2363
		Selatan - Utara				
Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	Utara - Selatan	534	37	1500	2071
		Selatan - Utara				
Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683))	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	Timur - Barat	617	19	2114	2750
		Barat -Timur				
Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	Timur - Barat	964	48	3229	4241
		Barat -Timur				

Sumber: (Hasil Survei, 2025)

Volume puncak dan 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) dapat ditinjau pada tabel dan gambar berikut.

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*)

Pendekat	Arah Pendekat	Pergerakan	Golongan Kendaraan			Total kend/jam
			MP	KS	SM	
Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K)	Utara	Bki /BKijT	9	0	21	30
		Lurus	36	4	177	217
		Bka	80	3	507	590
Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K)	Selatan	Bki /BKijT	52	1	437	490
		Lurus	189	5	679	873
		Bka	28	0	108	136
Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683)	Timur	Bki /BKijT	14	4	78	96
		Lurus	75	5	515	595
		Bka	82	5	171	258
Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)	Barat	Bki /BKijT	118	2	920	1040
		Lurus	174	11	1809	1994
		Bka	191	21	689	901

Sumber: (Hasil Survei, 2025)

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*)

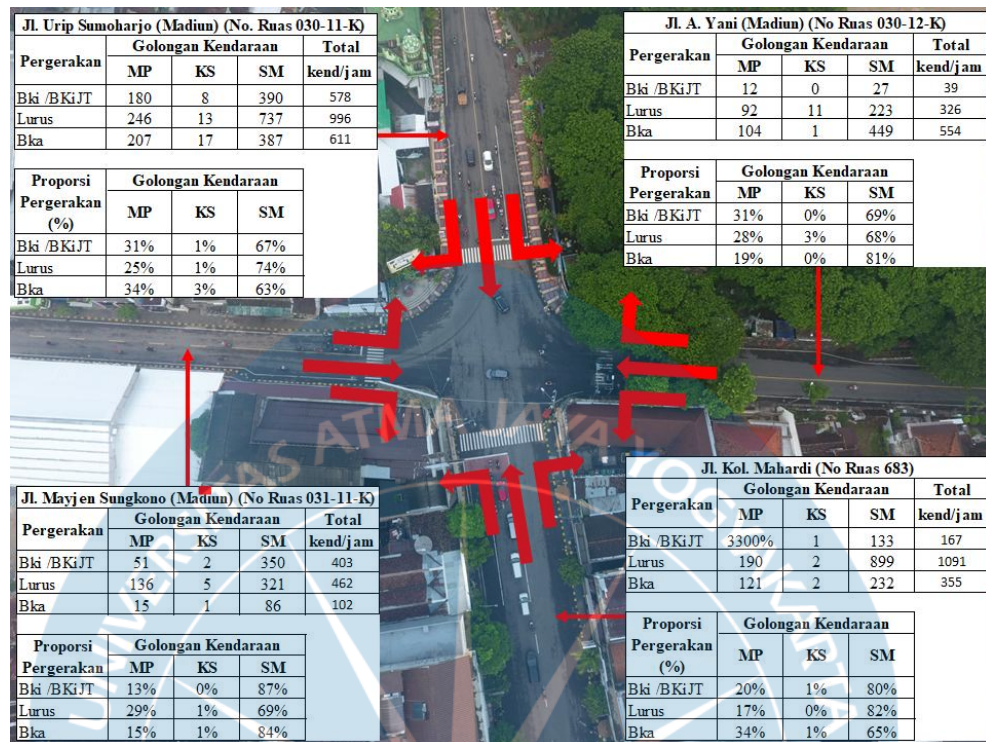
Pendekat	Arah Pendekat	Pergerakan	Golongan Kendaraan			Total kend/jam
			MP	KS	SM	
Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K)	Utara	Bki /BKijT	12	0	27	39
		Lurus	92	11	223	326
		Bka	104	1	449	554
Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K)	Selatan	Bki /BKijT	51	2	350	403
		Lurus	136	5	321	462
		Bka	15	1	86	102
Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683)	Timur	Bki /BKijT	33	1	133	167
		Lurus	190	2	899	1091
		Bka	121	2	232	355

Pendekat	Arah Pendekat	Pergerakan	Golongan Kendaraan			Total kend/jam
			MP	KS	SM	
Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)	Barat	Bki /BKjJT	180	8	390	578
		Lurus	246	13	737	996
		Bka	207	17	387	611

Sumber: (Hasil Survei, 2025)



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)



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)

5.3.3. Analisis Kinerja Lalu Lintas Eksisting

Berdasarkan nilai volume lalu lintas dan kapasitas jalan yang ada pada saat ini (eksisting) maka diperoleh tingkat kejenuhan ruas jalan dan persimpangan di jam puncak yang ditunjukkan pada tabel 5.6 s.d 5.10 berikut ini.

Tabel 5.6. Analisis Kinerja Lalu Lintas Ruas Jalan Berdasarkan Derajat Kejenuhan (D_f) pada Jam Puncak

Nama Ruas	Tipe Jalan	Arah Pergerakan	Arus Lalu Lintas (q) (SMP/jam)	Kapasitas (SMP/jam)	Derajat Kejenuhan (D_f)
Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	Utara - Selatan	1308	2369	0,552
		Selatan - Utara			

Nama Ruas	Tipe Jalan	Arah Pergerakan	Arus Lalu Lintas (q) (SMP/jam)	Kapasitas (SMP/jam)	Derajat Kejenuhan (D_f)
Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	Utara - Selatan	1432	2601	0.550
		Selatan - Utara			
Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683))	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	Timur - Barat	1204	2972	0,405
		Barat -Timur			
Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	Timur - Barat	2181	2286	0,954
		Barat -Timur			

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Tabel 5.7. Analisis Kinerja Lalu Lintas Ruas Jalan Berdasarkan Kecepatan dan Waktu Tempuh pada Jam Puncak

Nama Ruas	Tipe Jalan	Kecepatan	Waktu Tempuh
		(km/jam)	(jam)
Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	26,35	0,0046
Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	26,93	0,0090
Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	33,48	0,0043
Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)	2/2 TT (2 lajur, 2 arah tak terbagi)	19,99	0,0036

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

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

Pendekat	Arah Lalu Lintas (SMP/jam)	Kapasitas (SMP/jam)	Derajat Kejenuhan (D_f)	Panjang Antrean (P_a) (m)	Tundaan Rata-rata (T) (detik/SMP)
Utara	240	495	0,48	28,09	44,26
Selatan	460	347	1,33	117,41	267,45
Timur	304	434	0,70	23,97	55,04
Barat	936	668	1,40	345,36	182,20

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada tabel 5.6 s.d 5.8 kinerja ruas jalan dan persimpangan akibat kemacetan pada Jembatan Manguharjo, menunjukkan kinerja ruas jalan dengan parameter kecepatan sebesar 19,99 km/jam, sehingga tingkat pelayanan (LoS) ruas jalan yaitu F. Tingkat pelayanan (LoS) ini berarti Arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang dengan kecepatan kurang dari 30 km/jam, Kepadatan lalu lintas sangat tinggi dan volume rendah serta terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama dan Dalam keadaan antrian, kecepatan maupun volume turun sampai 0. Sedangkan lengan simpang yang terdampak langsung akibat kapasitas jalur lalu lintas jembatan yang rendah yaitu pada pendekat barat dengan nilai tundaan rata-rata 182,20 detik/SMP, sehingga tingkat pelayanan (LoS) persimpangan yaitu F. Penentuan tingkat pelayanan (LoS) didasarkan pada nilai tundaan yang lebih dari 60 detik/SMP.

5.4. Analisis Biaya Operasional Kendaraan Eksisting

Perhitungan biaya operasional kendaraan didasarkan pada kecepatan dan beberapa biaya komponen setiap golongan. Harga komponen beberapa jenis kendaraan yang mewakili setiap golongan kendaraan dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.9. Kecepatan Kendaraan

Asal	Tujuan	Arah Pergerakan	Kecepatan (km/jam)		
			Golongan Kendaraan		
			Gol I	Gol IIA	Gol IIB
Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)	Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K);	Barat - Utara	23,17	21,03	21,03
Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K);	Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)	Utara - Barat	23,17	21,03	21,03
Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)	Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683)	Barat - Timur	26,74	24,48	24,48
Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683)	Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)	Timur - Barat	26,74	24,48	24,48
Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)	Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K)	Barat - Selatan	23,46	21,35	21,35
Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K)	Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K)	Selatan - Barat	23,46	21,35	21,35

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Tabel 5.10. Harga Komponen Setiap Golongan

Golongan Kendaraan	Jenis Kendaraan	Komponen	Satuan	Harga Satuan (Rp)
Gol I	Toyota Avanza 1.5 G M/T	Harga Kendaraan	unit	Rp244.500.000,00
		Bahan Bakar (Pertamax)	liter	Rp12.400,00
		Oli Mesin (Shell Helix HX7)	liter	Rp117.937,50
		Upah Tenaga Pemeliharaan	jam	Rp15.138,16
		Ban Kendaraan (Dunlop Ensave EC350+)	unit	Rp943.500,00
Gol IIA	Fuso Canter FE 75 SHDXN	Harga Kendaraan	unit	Rp575.627.696,00
		Bahan Bakar (Bio Solar)	liter	Rp6.800,00
		Oli Mesin (Canter/Fuso 15W-40 DH 1)	liter	Rp412.088,00
		Upah Tenaga Pemeliharaan	unit	Rp15.138,16
		Ban Kendaraan (Dunlop DR2)	unit	Rp1.550.000,00
Gol IIB	Fuso Fighter X FN 61 FS	Harga Kendaraan	unit	Rp1.154.000.000,00
		Bahan Bakar (Bio Solar)	liter	Rp6.800,00
		Oli Mesin (Canter/Fuso 15W-40 DH 1)	liter	Rp412.088,00
		Upah Tenaga Pemeliharaan	unit	Rp15.138,16
		Ban Kendaraan (Dunlop RM9)	unit	Rp3.450.000,00

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Biaya operasional kendaraan dihitung setiap 1000 km yang ditentukan menggunakan persamaan pada setiap komponen berdasarkan golongan dan kecepatan kendaraan. Berikut merupakan contoh perhitungan biaya operasional kendaraan eksisting dari arah barat – utara pada tahun 2025.

1. Konsumsi Bahan Bakar

- Golongan I

$$Y = 0,05693V^2 - 6,42593V + 269,18567$$

$$Y = 0,05693(23,17)^2 - 6,42593(23,17) + 269,18567$$

$$Y = 150,8459 \text{ liter/1000 km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Bahan Bakar}$$

$$Y' = 150,8459 \times \text{Rp}12.400$$

$$Y' = \text{Rp}1.870.489 \text{ liter/1000 km}$$

- Golongan IIA

$$Y = 0,21692V^2 - 24,15490V + 954,7862$$

$$Y = 0,21692(21,03)^2 - 24,15490(21,03) + 954,7862$$

$$Y = 542,6708 \text{ liter/1000 km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Bahan Bakar}$$

$$Y' = 542,6708 \times \text{Rp}6.800,00$$

$$Y' = \text{Rp}3.690.161 \text{ liter/1000 km}$$

- Golongan IIB

$$Y = 0,21557V^2 - 24,17699V + 947,80862$$

$$Y = 0,21557(21,03)^2 - 24,17699(21,03) + 947,80862$$

$$Y = 534,6312 \text{ liter/1000 km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Bahan Bakar}$$

$$Y' = 534,6312 \times \text{Rp}6.800,00$$

$$Y' = \text{Rp}3.635.492 \text{ liter/1000 km}$$

2. Konsumsi Pelumas (Oli Mesin)

- Golongan I

$$Y = 0,00037V^2 - 0,04070V + 22,0405$$

$$Y = 0,00037(23,17)^2 - 0,04070(23,17) + 22,0405$$

$$Y = 1,4595 \text{ liter/1000 km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Pelumas (Oli Mesin)}$$

$$Y' = 1,4595 \times \text{Rp}117.937,50$$

$$Y' = \text{Rp}172.139 \text{ liter}/1000 \text{ km}$$

- Golongan IIA

$$Y = 0,00209V^2 - 0,24413V + 13,29445$$

$$Y = 0,00209(21,03)^2 - 0,24413(21,03) + 13,29445$$

$$Y = 9,083961 \text{ liter}/1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Pelumas (Oli Mesin)}$$

$$Y' = 9,083961 \times \text{Rp}82.417,60$$

$$Y' = \text{Rp}748.678 \text{ liter}/1000 \text{ km}$$

- Golongan IIB

$$Y = 0,00186V^2 - 0,22035V + 12,06486$$

$$Y = 0,00186(21,03)^2 - 0,22035(21,03) + 12,06486$$

$$Y = 8,25281 \text{ liter}/1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Pelumas (Oli Mesin)}$$

$$Y' = 8,25281 \times \text{Rp}82.417,60$$

$$Y' = \text{Rp}680.177 \text{ liter}/1000 \text{ km}$$

3. Penggunaan Ban

- Golongan I

$$Y = 0,0008848V + 0,0045333$$

$$Y = 0,0008848(23,17) + 0,0045333$$

$$Y = 0,02503 /1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Ban} \times \text{Jumlah Ban}$$

$$Y' = 0,02503 \times \text{Rp}943.500,00 \times 4$$

$$Y' = \text{Rp}94.490 / 1000 \text{ km}$$

- Golongan IIA

$$Y = 0,0012356V + 0,0065667$$

$$Y = 0,0012356(21,03) + 0,0065667$$

$$Y = 0,032557 / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Ban} \times \text{Jumlah Ban}$$

$$Y' = 0,032557 \times \text{Rp}1.550.000,00 \times 4$$

$$Y' = \text{Rp}302.783 / 1000 \text{ km}$$

- Golongan IIB

$$Y = 0,0015553V + 0,0059333$$

$$Y = 0,0015553(21,03) + 0,0059333$$

$$Y = 0,038648 / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Ban} \times \text{Jumlah Ban}$$

$$Y' = 0,038648 \times \text{Rp}3.450.000,00 \times 4$$

$$Y' = \text{Rp}1.333.384 / 1000 \text{ km}$$

4. Pemeliharaan (Suku Cadang)

- Golongan I

$$Y = 0,0000064V + 0,0005567$$

$$Y = 0,0000064(23,17) + 0,0005567$$

$$Y = 0,000705 / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Kendaraan}$$

$$Y' = 0,000705 \times \text{Rp}244.500.000,00$$

$$Y' = \text{Rp}172.375 / 1000 \text{ km}$$

- Golongan IIA

$$Y = 0,0000332V + 0,0020891$$

$$Y = 0,0000332(21,03) + 0,0020891$$

$$Y = 0,002787 / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Kendaraan}$$

$$Y' = 0,002787 \times \text{Rp}575.627.696,00$$

$$Y' = \text{Rp}1.604.537 / 1000 \text{ km}$$

- Golongan IIB

$$Y = 0,0000191V + 0,0015400$$

$$Y = 0,0000191(21,03) + 0,0015400$$

$$Y = 0,001941 / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Kendaraan}$$

$$Y' = 0,001941 \times \text{Rp}1.154.000.000,00$$

$$Y' = \text{Rp}2.240.797 / 1000 \text{ km}$$

5. Upah Tenaga Pemeliharaan

- Golongan I

$$Y = 0,00362V + 0,36267$$

$$Y = 0,00362(23,17) + 0,36267$$

$$Y = 0,44655 \text{ jam kerja} / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Upah Kerja per Jam}$$

$$Y' = 0,44655 \times \text{Rp}15.138,16$$

$$Y' = \text{Rp}6.760 / 1000 \text{ km}$$

- Golongan IIA

$$Y = 0,02311V + 1,97733$$

$$Y = 0,02311(21,03) + 1,97733$$

$$Y = 2,463445 \text{ jam kerja/1000 km}$$

$$Y' = Y \times \text{Upah Kerja per Jam}$$

$$Y' = 2,463445 \times \text{Rp}15.138,16$$

$$Y' = \text{Rp}37.292 /1000 \text{ km}$$

- Golongan IIB

$$Y = 0,01511V + 1,21200$$

$$Y = 0,01511(21,03) + 1,21200$$

$$Y = 1,52983 \text{ jam kerja/1000 km}$$

$$Y' = Y \times \text{Upah Kerja per Jam}$$

$$Y' = 1,52983 \times \text{Rp}15.138,16$$

$$Y' = \text{Rp}23.158 /1000 \text{ km}$$

6. Depresiasi

- Golongan I

$$Y = \frac{1}{(2,5V + 125)}$$

$$Y = \frac{1}{(2,5(23,17) + 125)}$$

$$Y = 0,005466 /1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times (0,5 \times \text{Harga Kendaraan})$$

$$Y' = 0,005466 \times (0,5 \times \text{Rp}244.500.000,00)$$

$$Y' = \text{Rp}668.273 /1000 \text{ km}$$

- Golongan IIA

$$Y = \frac{1}{(9V + 450)}$$

$$Y = \frac{1}{(9(21,03) + 450)}$$

$$Y = 0,00156 / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times (0,5 \times \text{Harga Kendaraan})$$

$$Y' = 0,00156 \times (0,5 \times \text{Rp}575.627.696,00)$$

$$Y' = \text{Rp}450.191 / 1000 \text{ km}$$

- Golongan IIB

$$Y = \frac{1}{(6V + 300)}$$

$$Y = \frac{1}{(6(21,03) + 300)}$$

$$Y = 0,002346 / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times (0,5 \times \text{Harga Kendaraan})$$

$$Y' = 0,002346 \times (0,5 \times \text{Rp}1.154.000.000,00)$$

$$Y' = \text{Rp}1.353.795 / 1000 \text{ km}$$

7. Biaya Awak Kendaraan

- Golongan I

-

- Golongan IIA

$$Y = \frac{1000}{V}$$

$$Y = \frac{1000}{21,03}$$

$$Y = 47,5401 \text{ jam kerja}/1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Upah Kerja per Jam}$$

$$Y' = 47,5401 \times \text{Rp}15.138,16$$

$$Y' = \text{Rp}719.669 /1000 \text{ km}$$

- Golongan IIB

$$Y = \frac{1000}{V}$$

$$Y = \frac{1000}{21,03}$$

$$Y = 47,54012 \text{ jam kerja}/1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Upah Kerja per Jam}$$

$$Y' = 47,54012 \times \text{Rp}15.138,16$$

$$Y' = \text{Rp}719.669 /1000 \text{ km}$$

8. Asuransi

- Golongan I

$$Y = \frac{38}{(500V)}$$

$$Y = \frac{38}{500(23,17)}$$

$$Y = 0,003279 /1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Kendaraan}$$

$$Y' = 0,003279 \times \text{Rp}244.500.000,00$$

$$Y' = \text{Rp}400.929 /1000 \text{ km}$$

- Golongan IIA

$$Y = \frac{60}{(2571,4285V)}$$

$$Y = \frac{60}{(2571,4285(21,03))}$$

$$Y = 0,001109 / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Kendaraan}$$

$$Y' = 0,001109 \times \text{Rp}575.627.696,00$$

$$Y' = \text{Rp}319.263 / 1000 \text{ km}$$

- Golongan IIB

$$Y = \frac{61}{(1714,2857V)}$$

$$Y = \frac{61}{(1714,2857(21,03))}$$

$$Y = 0,00169 / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times \text{Harga Kendaraan}$$

$$Y' = 0,00169 \times \text{Rp}1.154.000.000,00$$

$$Y' = \text{Rp}976.073 / 1000 \text{ km}$$

9. Bunga Modal

- Golongan I

$$Y = \frac{150}{500V}$$

$$Y = \frac{150}{500(23,17)}$$

$$Y = 0,012945 / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times 0,5 \times \text{Harga Kendaraan}$$

$$Y' = 0,012945 \times 0,5 \times \text{Rp}244.500.000,00$$

$$Y' = \text{Rp}1.582.617 / 1000 \text{ km}$$

- Golongan IIA

$$Y = \frac{150}{(2571,4285V)}$$

$$Y = \frac{150}{(2571,4285(21,03))}$$

$$Y = 0,002773 / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times 0,5 \times \text{Harga Kendaraan}$$

$$Y' = 0,002773 \times 0,5 \times \text{Rp}575.627.696,00$$

$$Y' = \text{Rp}798.157 / 1000 \text{ km}$$

- Golongan IIB

$$Y = \frac{150}{(1714,2857V)}$$

$$Y = \frac{150}{(1714,2857(21,03))}$$

$$Y = 0,00415 / 1000 \text{ km}$$

$$Y' = Y \times 0,5 \times \text{Harga Kendaraan}$$

$$Y' = 0,00415 \times 0,5 \times \text{Rp}1.154.000.000,00$$

$$Y' = \text{Rp}2.400.181 / 1000 \text{ km}$$

10. Perhitungan BOK Sepeda Motor

Perhitungan biaya operasional kendaraan akan dibebankan pada golongan I menggunakan metode ND. LEA Consultant & Associates (Vita dkk, 2019), dengan asumsi biaya operasi satu unit sepeda motor berkisar 18% dari biaya

operasional kendaraan golongan I. Berikut merupakan contoh perhitungan biaya operasional sepeda motor eksisting dari arah barat – utara pada tahun 2025.

Volume SM Sepeda Motor (SM) = 6931 SMP/hari

Volume Gol I = 1953 SMP/hari

Faktor Pembebanan = $1 + (0,18 \times 6931) / 1953$
= 1,64

Sehingga, untuk perhitungan biaya operasional kendaraan golongan I dikalikan dengan faktor pembebanan akibat jumlah sepeda motor sebesar 1,64.

Biaya operasional kendaraan (BOK) dari arah barat – utara pada kondisi ekstisting tahun 2025:

$$\begin{aligned}
 \text{BOK} &= (\text{Konsumsi Bahan Bakar} + \text{Konsumsi Pelumas (Oli Mesin)} + \text{Penggunaan Ban} + \text{Pemeliharaan (Suku Cadang)} + \text{Upah Tenaga Pemeliharaan} + \text{Depresiasi} + \text{Awak Kendaraan} + \text{Asuransi} + \text{Bunga Modal}) \times 365 \times (\text{Jarak Tempuh}/1000) \times \text{Jumlah Kendaraan per Hari} \\
 \text{GOL I} &= 1,64 \times (\text{Rp}1.870.489 + \text{Rp}172.139 + \text{Rp}94.490 + \text{Rp}172.375 + \text{Rp}6.760 + \text{Rp}668.273 + \text{Rp}0 + \text{Rp}400.929 + \text{Rp}1.582.617) \times 365 \times (0,60/1000) \times 1953 \\
 &= \text{Rp}3.482.258.462 \\
 \text{GOL IIA} &= (\text{Rp}3.690.161 + \text{Rp}748.678 + \text{Rp}302.783 + \text{Rp}1.604.537 + \text{Rp}37.292 + \text{Rp}450.191 + \text{Rp}719.669 + \text{Rp}319.263 + \text{Rp}798.157) \times 365 \times (0,60/1000) \times 66 \\
 &= \text{Rp}125.326.816 \\
 \text{GOL IIB} &= (\text{Rp}3.635.492 + \text{Rp}680.177 + \text{Rp}1.333.384 + \text{Rp}2.240.797 + \text{Rp}23.158 + \text{Rp}1.353.795 + \text{Rp}719.669 + \text{Rp}976.073 + \text{Rp}2.400.181) \times 365 \times (0,60/1000) \times 7 \\
 &= \text{Rp}20.485.067 \\
 \text{Total BOK} &= \text{GOL I} + \text{GOL IIA} + \text{GOL IIB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp}3.482.258.462 + \text{Rp}125.326.816 + \text{Rp}20.485.067 \\
 &= \text{Rp}3.628.070.345
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi biaya operasional kendaraan kondisi eksisting tahun 2025 pada masing-masing arah dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.11. Hasil Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan Gol I, IIA dan IIB pada Kondisi Eksisting Tahun 2025

Arah Pergerakan	Biaya Operasional Kendaraan (Rp.)			Total BOK
	Gol I	Gol IIA	Gol IIB	
Barat - Utara	Rp3.482.258.462	Rp125.326.816	Rp20.485.067	Rp3.628.070.345
Utara -Barat	Rp3.070.207.857	Rp79.753.429	Rp8.779.315	Rp3.158.740.600
Barat - Timur	Rp6.544.879.293	Rp253.129.716	Rp32.217.577	Rp6.830.226.586
Timur - Barat	Rp4.651.558.773	Rp130.714.526	Rp141.757.340	Rp4.924.030.638
Barat - Selatan	Rp5.827.134.232	Rp610.807.080	Rp181.821.624	Rp6.619.762.936
Selatan - Barat	Rp2.482.468.192	Rp87.258.154	Rp36.364.325	Rp2.606.090.671

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan tabel di atas ranking dari Biaya Operasional (BOK) tertinggi pada arah pergerakan barat – timur dan terendah pada pergerakan selatan – barat. Hal ini terjadi karena pergerakan barat – timur memiliki volume lalu lintas yang paling tinggi diantara yang lain. Volume lalu lintas tinggi terjadi ketika jam puncak 06.30 s.d 07.30 *weekday*, kendaraan-kendaraan yang melintas didominasi kendaraan yang dari luar kota Madiun masuk ke dalam wilayah kota untuk tujuan berbagai macam bidang seperti pendidikan, pekerjaan dan lain-lain.

5.5. Analisis Nilai Waktu Eksisting

Nilai waktu yang ditetapkan dalam penelitian tugas akhir ini mengacu pada PT. Jasa Marga periode 1990-1996. Nilai kalibrasi diperoleh melalui perbandingan kurs dolar Amerika Serikat terhadap rupiah pada tahun 1996 dengan kurs dolar terhadap

rupiah pada tahun 2025. Kemudian nilai waktu dihitung dengan mengalikan faktor kalibrasi dengan nilai waktu dasar. Sebelum menentukan nilai waktu pada tahun 2025, terlebih dahulu dilakukan perbandingan antara nilai waktu tahun 1996 dan tahun 2025. Nilai waktu yang paling besar kemudian digunakan sebagai dasar perhitungan. Perhitungan nilai kalibrasi dan nilai waktu setiap golongan dapat ditinjau pada tabel 5.13 dan 5.14 berikut ini.

Tabel 5.12. Penentuan Nilai Kalibrasi

Tahun	Nilai Tukar Mata Dolar Terhadap Rupiah
1996	Rp2.338,00
2025	Rp16.464,00
Nilai Kalibrasi	7,042

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Tabel 5.13. Perhitungan Nilai Waktu Setiap Golongan Kendaraan

Golongan Kendaraan	Nilai Waktu Dasar (Referensi PT Jasa Marga) (/jam/kend)	Nilai Waktu Dasar Tahun 1996 (Surabaya) (/jam/kend)	Nilai Waktu Dasar Tahun 2025 (/jam/kend)	Nilai Waktu Minimum Tahun 1996 (selain DKI-Jakarta) (/jam/kend)	Nilai Waktu Minimum Tahun 2025 (/jam/kend)
Gol I	Rp12.287	Rp9.092	Rp64.027	Rp6.000	Rp42.251
Gol IIA	Rp18.534	Rp13.715	Rp96.581	Rp9.051	Rp63.736
Gol IIB	Rp13.768	Rp10.188	Rp71.745	Rp6.723	Rp47.343

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan tabel diatas nilai waktu dasar lebih besar dibanding nilai waktu minimum, sehingga nilai waktu yang digunakan adalah nilai waktu dasar. Penentuan nilai waktu eksisting pada masing-masing golongan kendaraan

berdasarkan waktu tempuh. Sedangkan waktu tempuh ditentukan berdasarkan nilai kecepatan kendaraan, panjang jalan dan tundaan pada lengan simpang. Waktu tempuh dan hasil perhitungan nilai waktu eksisting tahun 2025 pada setiap golongan dapat ditinjau pada tabel 5.14 dan 5.15 berikut ini.

Tabel 5.14. Waktu Tempuh Kendaraan

Asal	Tujuan	Arah Pergerakan	Panjang Jalan (km)	Waktu Tempuh (jam)		
				Golongan Kendaraan		
				Gol I	Gol IIA	Gol IIB
Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K	Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K);	Barat - Utara	0,60	0,0765	0,0791	0,0791
Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K);	Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K	Utara - Barat	0,60	0,0382	0,0408	0,0408
Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K	Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683)	Barat - Timur	0,70	0,0768	0,0792	0,0792
Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683)	Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K	Timur - Barat	0,70	0,0415	0,0439	0,0439
Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K	Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K)	Barat - Selatan	0,75	0,0826	0,0857	0,0857
Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K)	Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K	Selatan - Barat	0,75	0,1063	0,1094	0,1094

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Tabel 5.15. Hasil Perhitungan Nilai Waktu Kendaraan Gol I, IIA dan IIB pada Kondisi Eksisting Tahun 2025

Arah Pergerakan	Nilai Waktu (Rp)			Total Nilai Waktu (Rp)
	Gol I	Gol IIA	Gol IIB	
Barat - Utara	Rp3.491.718.800,94	Rp184.118.598,89	Rp14.506.193,44	Rp3.690.343.593,27
Utara -Barat	Rp1.325.199.346,99	Rp60.434.057,01	Rp3.206.678,45	Rp1.388.840.082,45
Barat - Timur	Rp5.615.433.055,98	Rp340.629.074,95	Rp20.740.708,28	Rp5.976.802.839,21
Timur - Barat	Rp2.218.368.275,18	Rp97.450.938,39	Rp50.559.160,14	Rp2.366.378.373,71
Barat - Selatan	Rp6.081.018.895,11	Rp782.795.742,11	Rp112.258.799,52	Rp6.976.073.436,74
Selatan - Barat	Rp2.125.686.957,15	Rp142.714.678,93	Rp28.652.902,33	Rp2.297.054.538,41

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

5.6. Perhitungan Kerugian Akibat Kemacetan

Derajat kejenuhan yang tinggi pada Jembatan Manguharjo mengakibatkan keterbatasan pengguna jalan dalam memilih kecepatan, sehingga terjadi kemacetan. Biaya akibat kemacetan yang selanjutnya menjadi kerugian ekonomi dihitung menggunakan metode (Tzedakis dalam Hayati dkk, 2013). Kecepatan ideal ditentukan berdasarkan nilai kecepatan arus bebas. Perhitungan biaya kemacetan dapat ditinjau pada tabel berikut ini.

Tabel 5.16. Hasil Perhitungan Biaya Kemacetan pada Jembatan Manguharjo Tahun 2025

Pergerakan	Gol Kendaraan	Jumlah kendaraan (kend/jam)	BOK (Rp/kend/km)	Kendaraan dengan kecepatan eksisting (km/jam)	Kendaraan dengan kecepatan ideal (Kecepatan Arus Bebas) (km/jam)	Nilai waktu perjalanan kendaraan cepat (Rp/kend.jam)	Jumlah waktu antrian (jam)	Biaya kemacetan (Rp/kend/jam macet)
Barat - Timur	SM	3418	Rp359	23,90	34,01	Rp218	0,0519	Rp36.792
	Gol I	483	Rp4.806	19,99	28,46	Rp64.028	0,0522	Rp1.013.613
	Gol IIA	33	Rp8.469	18,11	25,78	Rp96.581	0,0524	Rp102.710
	Gol IIB	1	Rp13.085	18,11	25,78	Rp71.745	0,0524	Rp1.956

Pergerakan	Gol Kendaraan	Jumlah kendaraan (kend/jam)	BOK (Rp/kend/km)	Kendaraan dengan kecepatan eksisting (km/jam)	Kendaraan dengan kecepatan ideal (Kecepatan Arus Bebas) (km/jam)	Nilai waktu perjalanan kendaraan cepat (Rp/kend.jam)	Jumlah waktu antrian (jam)	Biaya kemacetan (Rp/kend/jam macet)
Timur - Barat	SM	1459	Rp359	23,9	34,01	Rp218	0,0013	Rp413
	Gol I	207	Rp4.806	19,99	28,46	Rp64.028	0,0016	Rp13.616
	Gol IIA	7	Rp8.469	18,11	25,78	Rp96.581	0,0018	Rp751
	Gol IIB	2	Rp13.085	18,11	25,78	Rp71.745	0,0018	Rp135
						Sub Total	SM	Rp37.205
							Gol I	Rp1.027.229
							Gol IIA	Rp103.461
							Gol IIB	Rp2.091
						Total		Rp1.169.986

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan tabel diatas maka dapat disimpulkan bahwa kerugian ekonomi ketika terjadi kemacetan yang berada pada Jembatan Manguharjo sebesar Rp1.169.986. Kemacetan sangat parah di arah Barat-Timur dengan biaya Rp1.155.070,42. Asimetri ekstrem antara pergerakan barat – timur dan timur – barat menunjukkan *bottleneck* serius di satu arah. Mobil penumpang menanggung 86.6% total biaya kemacetan. Justifikasi ekonomi sangat kuat untuk investasi pelebaran jalan. Urgensi tinggi mengingat kerugian ekonomi harian yang signifikan

5.7. Analisis Peramalan (*Forecasting*) Volume Lalu Lintas

Analisis peramalan (*forecasting*) volume lalu lintas digunakan untuk menentukan jumlah kendaraan yang melintas pada setiap tahunnya. Peramalan dilakukan berdasarkan umur rencana jembatan, yakni hingga 75 tahun kedepan berdasarkan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 07/SE/M/2015 tentang Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan.

Analisis ini dilakukan berdasarkan angka pertumbuhan lalu lintas setiap tahun.

Dasar perhitungan angka pertumbuhan dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.17. Dasar Angka Pertumbuhan Lalu Lintas

Jenis Kendaraan	Angka Pertumbuhan Lalu Lintas
Sepeda Motor dan Mobil Penumpang	PDRB per Kapita
Bus dan Angkutan Umum	Pertumbuhan Penduduk
Truk dan Angkutan Barang	PDRB

Sumber: [5]

Pertumbuhan bus dan angkutan umum diasumsikan selaras dengan pertumbuhan penduduk karena kebutuhan transportasi meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk yang memerlukan mobilitas antarwilayah. Kemudian pertumbuhan truk dan angkutan barang diasumsikan sejalan dengan pertumbuhan PDRB karena peningkatan aktivitas ekonomi regional memerlukan sarana transportasi yang memadai untuk mendistribusikan hasil produksi, sehingga semakin tinggi PDRB, semakin besar kebutuhan angkutan barang. Sedangkan pertumbuhan kendaraan pribadi diasumsikan selaras dengan pertumbuhan PDRB per kapita karena peningkatan pendapatan rata-rata individu meningkatkan daya beli masyarakat terhadap kendaraan pribadi seperti sepeda motor dan mobil [55]. Kemudian [56] menjelaskan juga, bahwa peningkatan jumlah kendaraan bermotor ini dipengaruhi oleh pertumbuhan populasi penduduk yang berdampak pada kebutuhan mobilitas harian mereka. Penambahan setiap unit kendaraan berupa sedan, jeep, station wagon, bus, truk, maupun sepeda motor memberikan kontribusi terhadap peningkatan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Persamaan yang

digunakan untuk menghitung pertumbuhan yakni dengan metode bunga majemuk sebagai berikut [56].

$$P_n = P_0(1 + i)^n \dots\dots\dots(74)$$

Dimana:

P_n = Jumlah volume lalu lintas pada tahun ke-n

P_0 = Jumlah volume lalu lintas harian mula-mula

i = Tingkat pertumbuhan

n = Banyak waktu (dalam tahun)

Data penduduk, PDRB dan PDRB per kapita diambil dari BPS Kota Madiun, yang dimuat dalam dokumen Madiun Dalam Angka 2011-2025. Data tersebut dapat ditinjau pada tabel berikut ini.

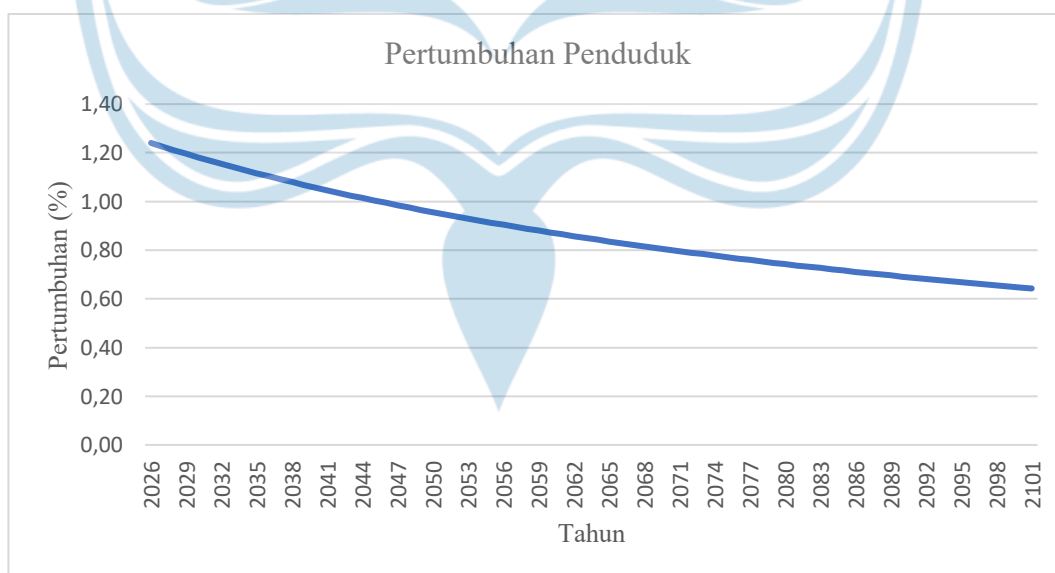
Tabel 5.18. Pertumbuhan Penduduk, PDRB ADHK 2010 dan PDRB per Kapita Kota Madiun

No	Tahun	Jumlah Penduduk (ribu)	PDRB ADHK (miliar rupiah)	PDRB per Kapita (juta rupiah)
1	2010	170964	6.081,20	35570,06
2	2011	171926	6.494,37	37774,22
3	2012	172421	6.937,69	40236,92
4	2013	174114	7.470,67	42906,77
5	2014	174373	7.965,26	45679,43
6	2015	174995	8.455,44	48318,18
7	2016	175607	8.954,70	50992,84
8	2017	176099	9.486,14	53868,22
9	2018	176697	10.051,29	56884,33
10	2019	177007	10.623,07	60014,97
11	2020	195175	10.055,91	51522,53

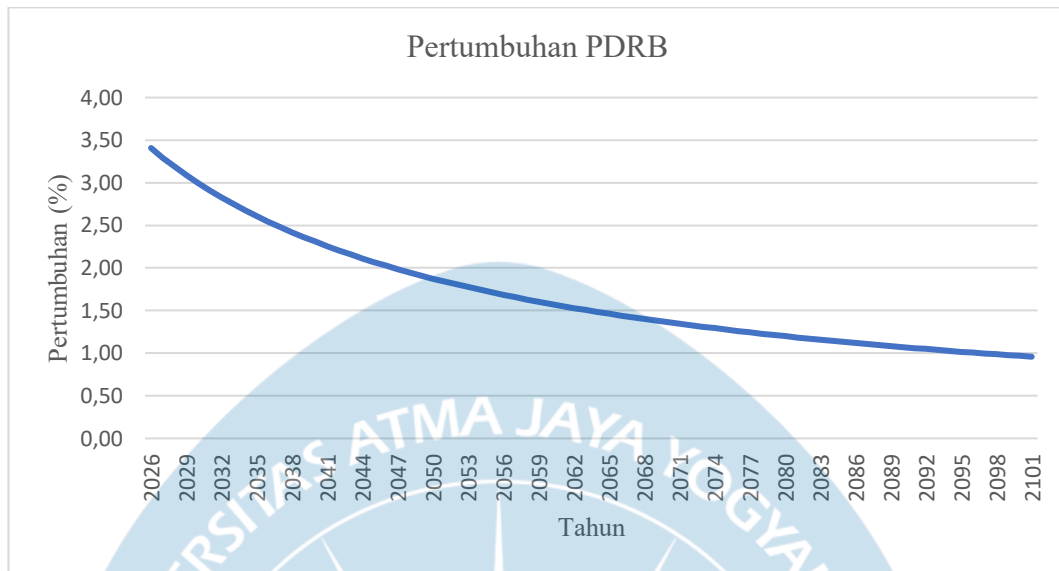
No	Tahun	Jumlah Penduduk (ribu)	PDRB ADHK (miliar rupiah)	PDRB per Kapita (juta rupiah)
12	2021	196917	10.537,70	53513,41
13	2022	199192	11.119,55	55823,28
14	2023	202544	11.764,40	58083,18
15	2024	203600	12.438,92	61094,89

Sumber: (Kota Madiun Dalam Angka, 2011-2025)

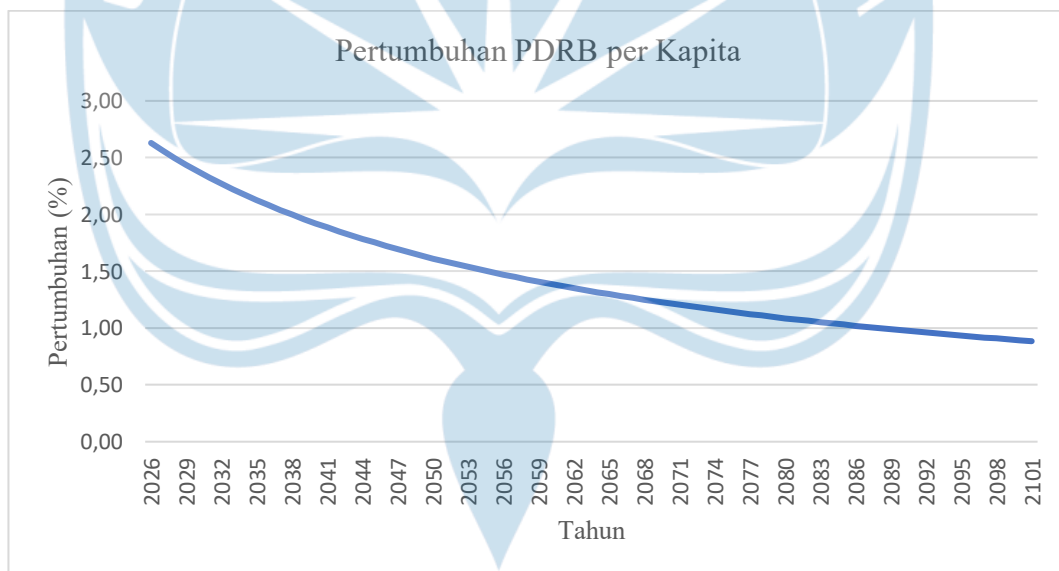
Berdasarkan data diatas maka didapatkan persentase pertumbuhan penduduk yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan pertumbuhan bus dan angkutan umum, PDRB digunakan sebagai dasar perhitungan truk dan angkutan barang serta PDRB per kapita digunakan sebagai dasar perhitungan sepeda motor dan mobil penumpang yang dapat ditinjau pada tabel 5.19 s.d 5.21 berikut (selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 0.a s.d 0.c).



Gambar 5.15. Persentase Pertumbuhan Penduduk Kota Madiun (*Hasil Analisis, 2025*)

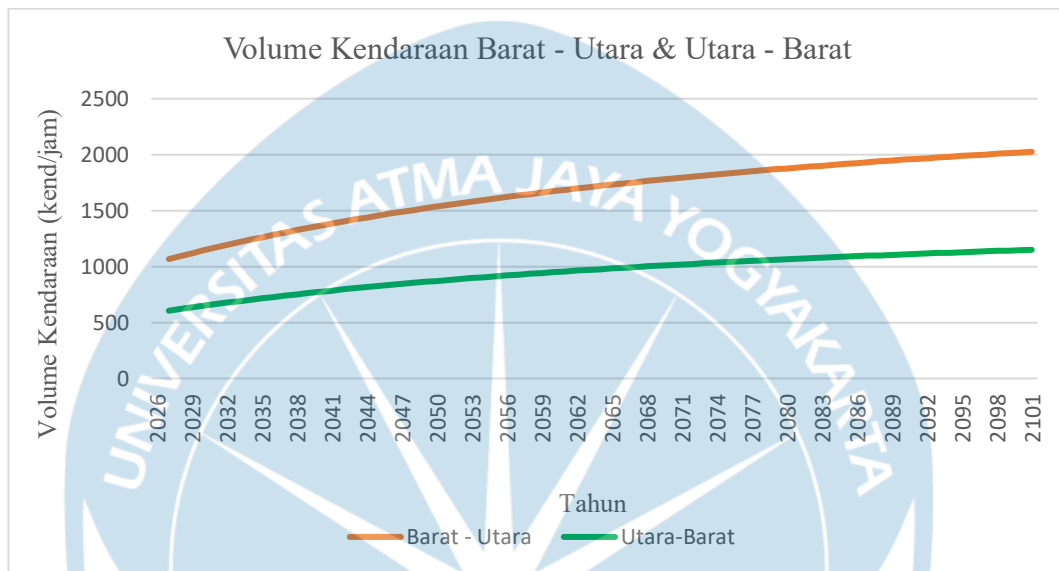


Gambar 5.16. Persentase Pertumbuhan PDRB Kota Madiun (*Hasil Analisis, 2025*)

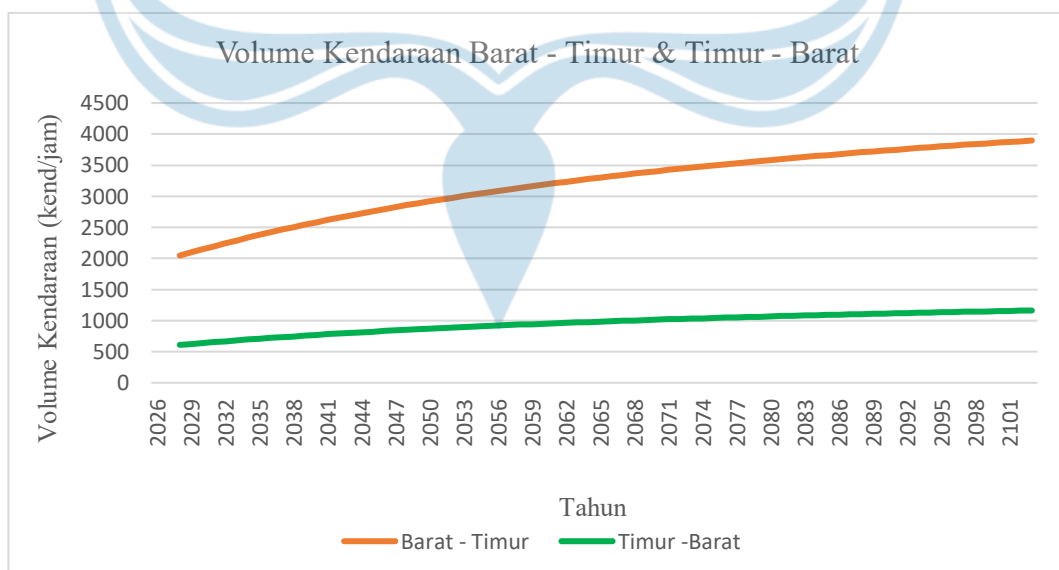


Gambar 5.17. Persentase Pertumbuhan PDRB per Kapita Kota Madiun (*Hasil Analisis, 2025*)

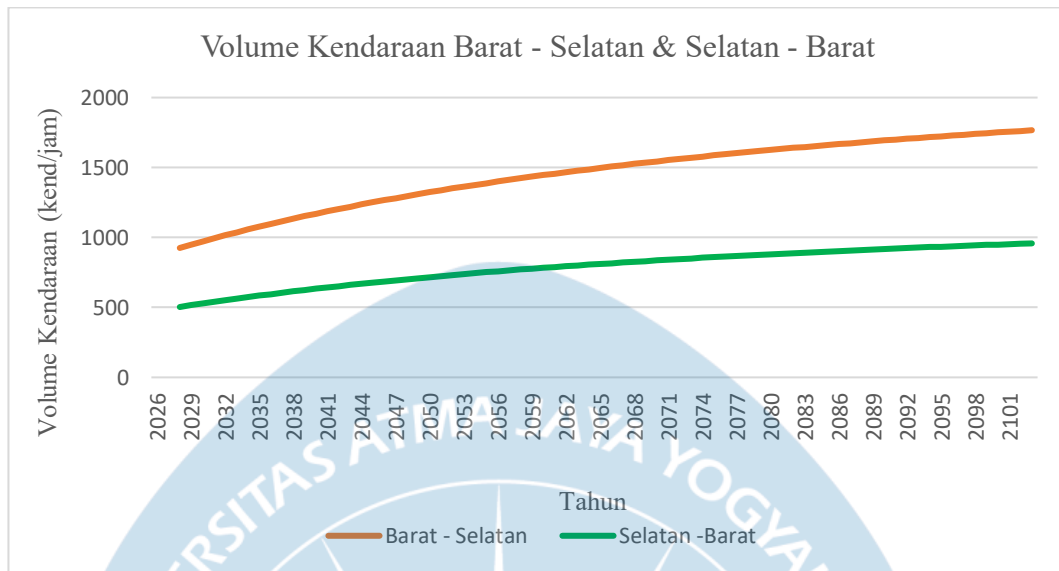
Berdasarkan faktor pertumbuhan kendaraan diatas, maka diperoleh prediksi volume lalu lintas 75 tahun kedepan yang dapat ditinjau pada gambar 5.15 s.d 5.17 (selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 1.a s.d 1.f) berikut



Gambar 5.18. Volume Kendaraan Arah Barat – Utara dan Utara – Barat (*Hasil Analisis, 2025*)



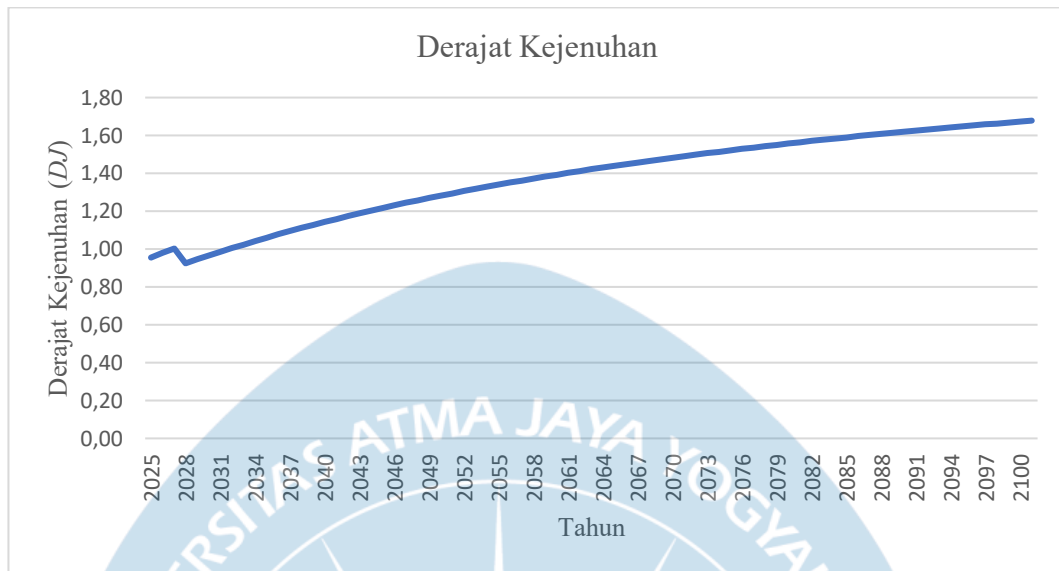
Gambar 5.19. Volume Kendaraan Arah Barat – Timur dan Timur – Barat (*Hasil Analisis, 2025*)



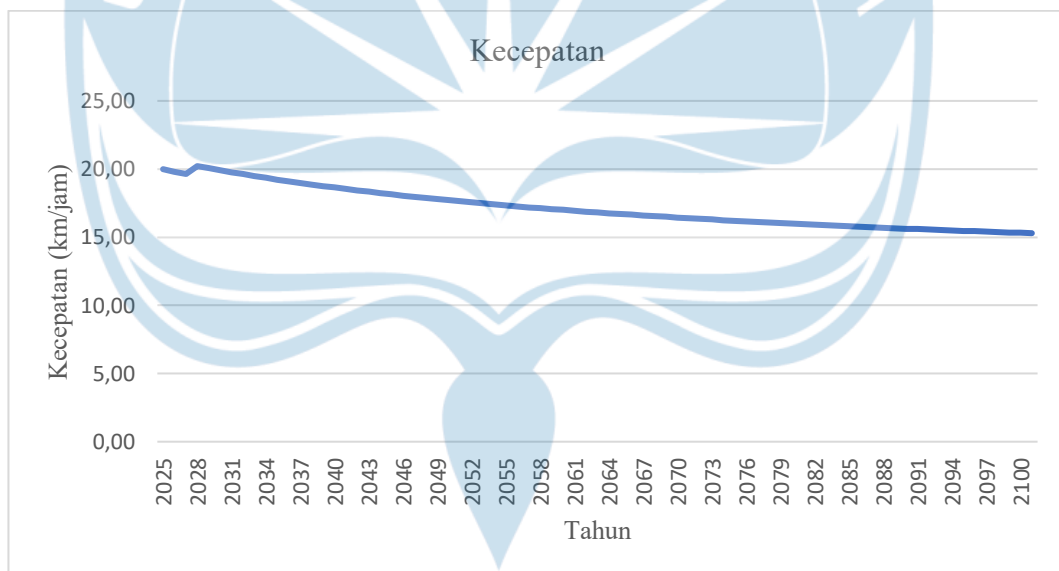
Gambar 5.20. Volume Kendaraan Arah Barat – Selatan dan Timur – Barat (*Hasil Analisis, 2025*)

5.8. Analisis Kinerja Lalu Lintas *Without Project*

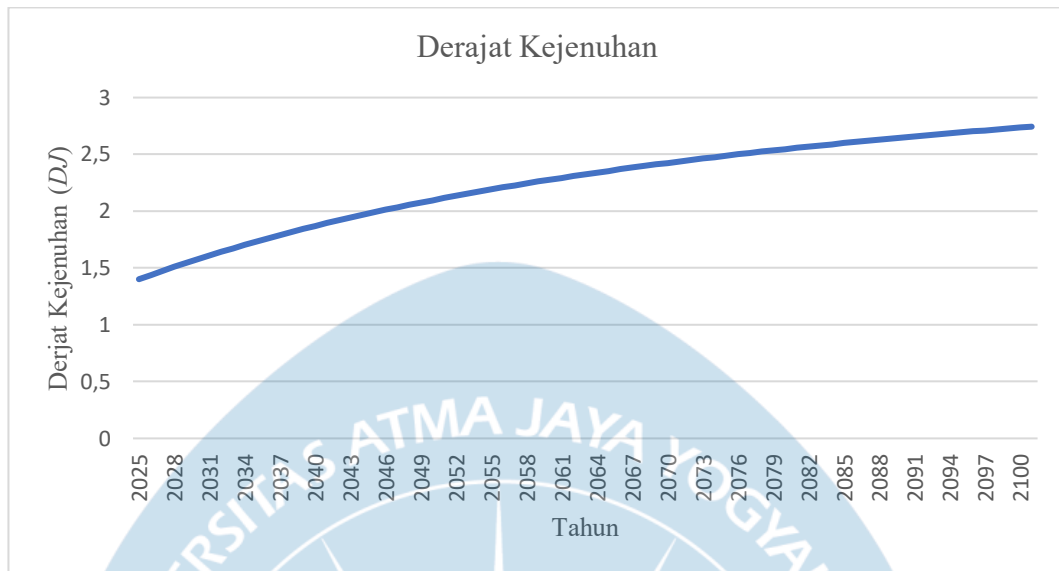
Analisis ini diperhitungkan untuk mengetahui kondisi kinerja lalu lintas pada 75 tahun kedepan tanpa adanya pelebaran jembatan dalam kondisi baik atau tidak. Analisis kinerja lalu lintas *without project* dilakukan pada jalur lalu lintas Jembatan Manguharjo (Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) dan lengan barat 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) yang terdampak langsung akibat keberadaan jembatan. Berdasarkan prediksi pertumbuhan kendaraan diatas, serta kapasitas jalan pada jembatan dan persimpangan tidak mengalami perubahan, maka akan diperoleh tingkat kinerja lalu lintas yang dapat ditinjau pada gambar 5.21 s.d 5.25 (selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 2.a s.d 2.b) berikut.



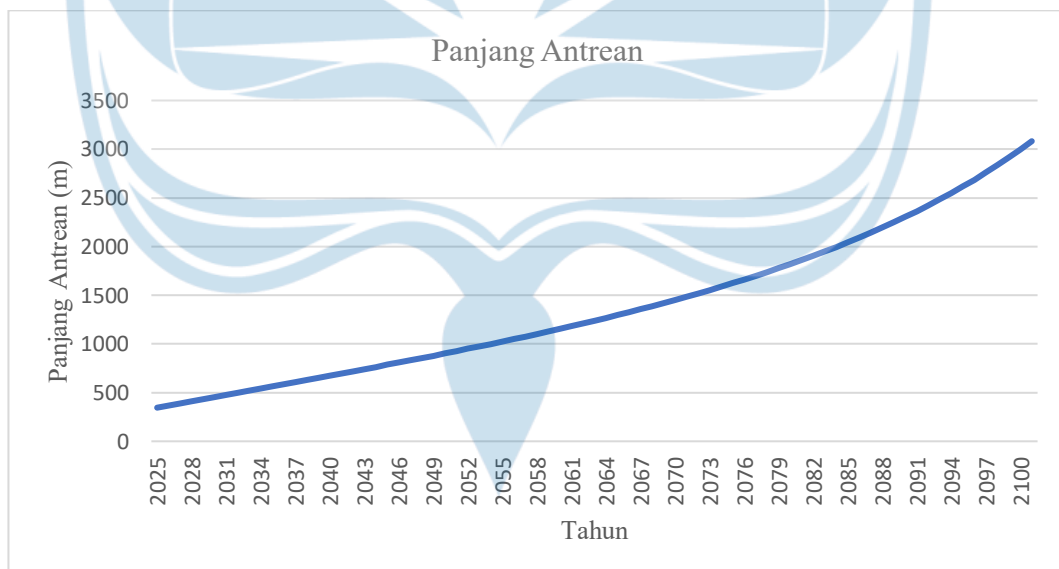
Gambar 5.21. Derajat Kejenuhan di Jembatan Manguharjo (Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) *Without Project* (Hasil Analisis, 2025)



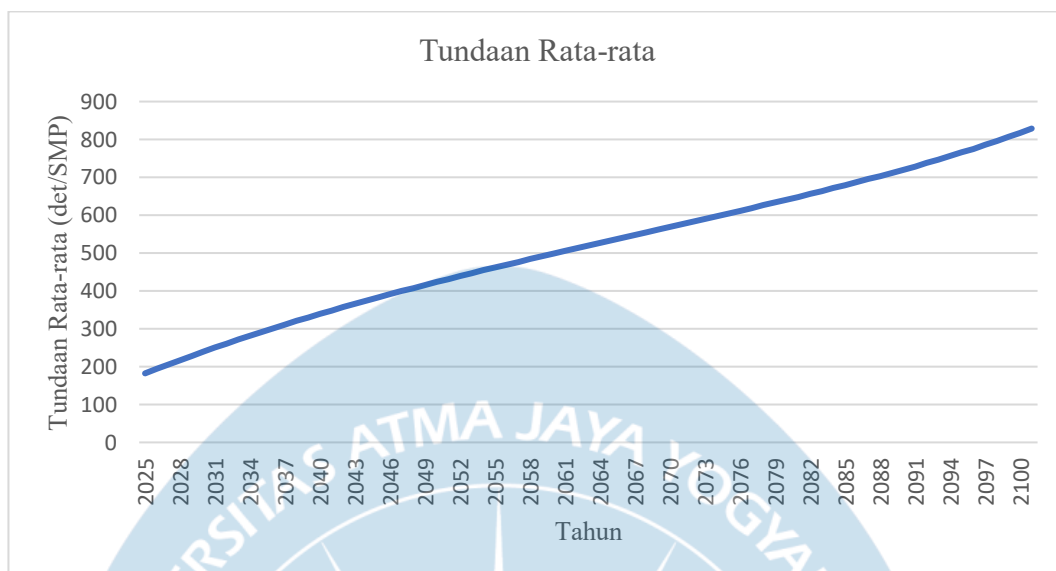
Gambar 5.22. Kecepatan di Jembatan Manguharjo (Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) *Without Project* (Hasil Analisis, 2025)



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)*



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)*



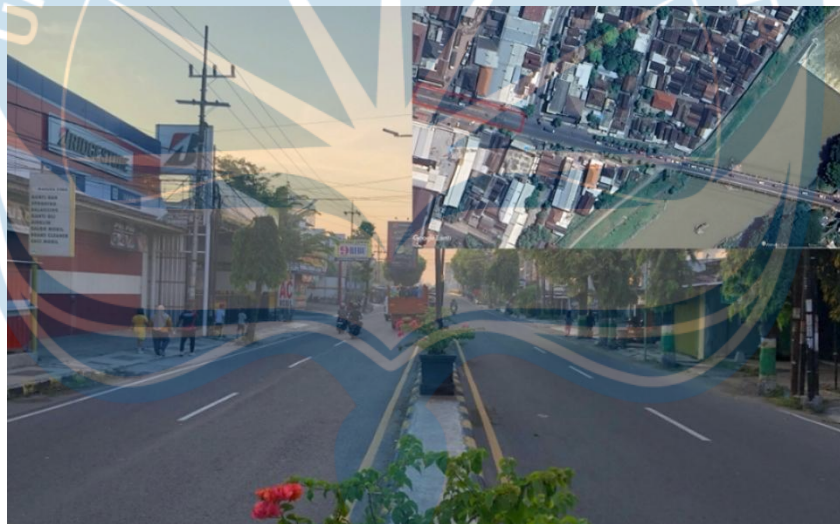
Gambar 5.25. Tundaan Rata-rata Lengan Barat Simpang 4 Lengan Bersinyal (APILL) Jl. Kol. Mahardi (No Ruas 683) – Jl. A. Yani (Madiun) (No Ruas 030-12-K) – Jl. Mayjen Sungkono (Madiun) (No Ruas 031-11-K) – Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) *Without Project* (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan tingkat pelayanan lalu lintas pada Jembatan Manguharjo dan simpang barat hingga tahun 2101 mengalami menurun. Gambar 5.21 menunjukkan derajat kejenuhan mengalami sedikit peningkatan pada tahun 2028 s.d 2030 kemudian mengalami penurunan hingga tahun 2101 secara konsisten. Hal ini disebabkan faktor pengali EMP (Ekuivalensi Mobil Penumpang) mengalami perubahan akibat volume lalu lintas yang semakin bertambah, tentunya perubahan derajat kejenuhan ini akan berpengaruh pada kecepatan yang ditunjukan pada gambar 5.22.

5.9. Analisis Kinerja Lalu Lintas *With Project*

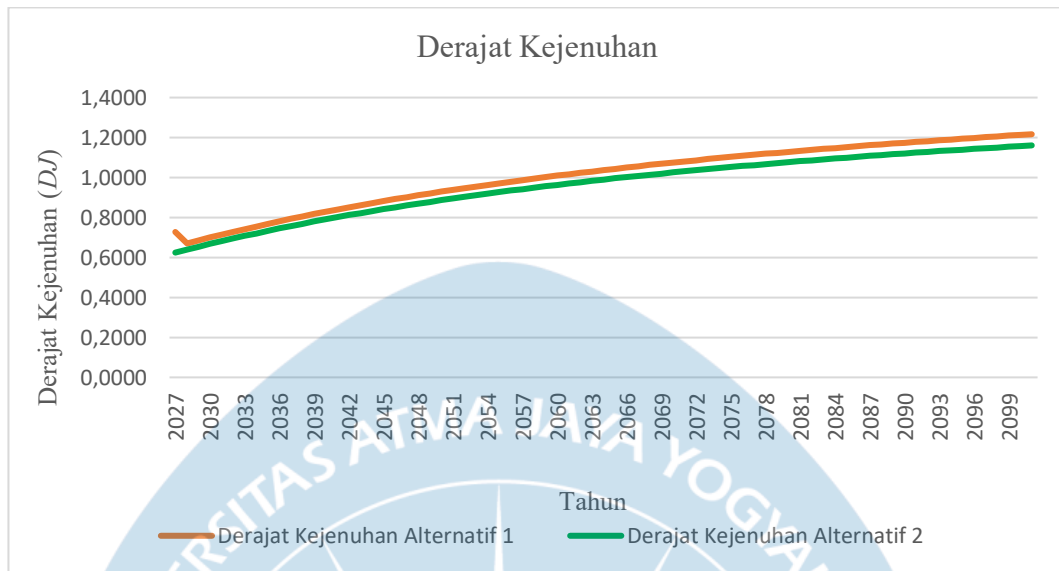
Saat ini belum ada perencanaan detail terkait perencanaan pelebaran Jembatan Manguharjo. Namun berdasarkan hasil wawancara, yang dilakukan oleh penulis dengan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Madiun mengusulkan

pelebaran jembatan, dengan lebar jalur lalu lintas dari 6,50 m menjadi 10 m. Pada penelitian ini penulis membuat 2 (dua) alternatif pelebaran Jembatan Manguharjo. Alternatif pertama, lebar jalur lalu lintas 10 m dengan tipe jalan 2/2 TT berdasarkan usulan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Madiun. Alternatif kedua lebar jalur lalu lintas 12,50 m dengan tipe jalan 4/2 T. Alternatif kedua diasumsikan mengikuti tipikal jalan sebelum jalan pendekat sisi barat jembatan dengan alasan agar tidak ada penyempitan jalur lalu lintas ketika masuk ke dalam segmen jembatan. Visualisasi jalan sebelum jalan pendekat sisi barat dapat ditinjau pada gambar berikut.

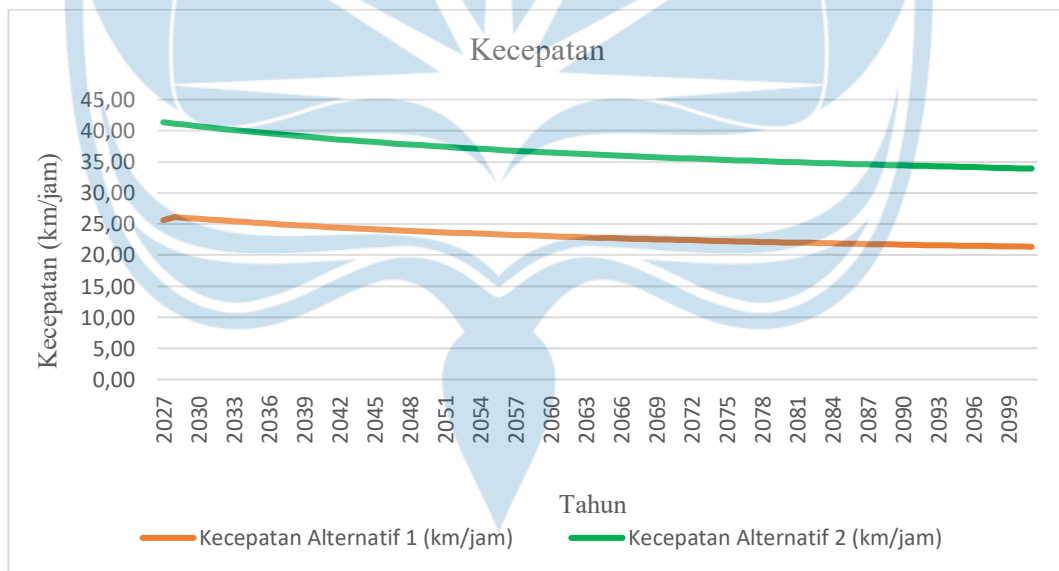


Gambar 5.26. Kondisi Ruas Jalan Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) Sisi Barat Jembatan (*Hasil Survei, 2025*)

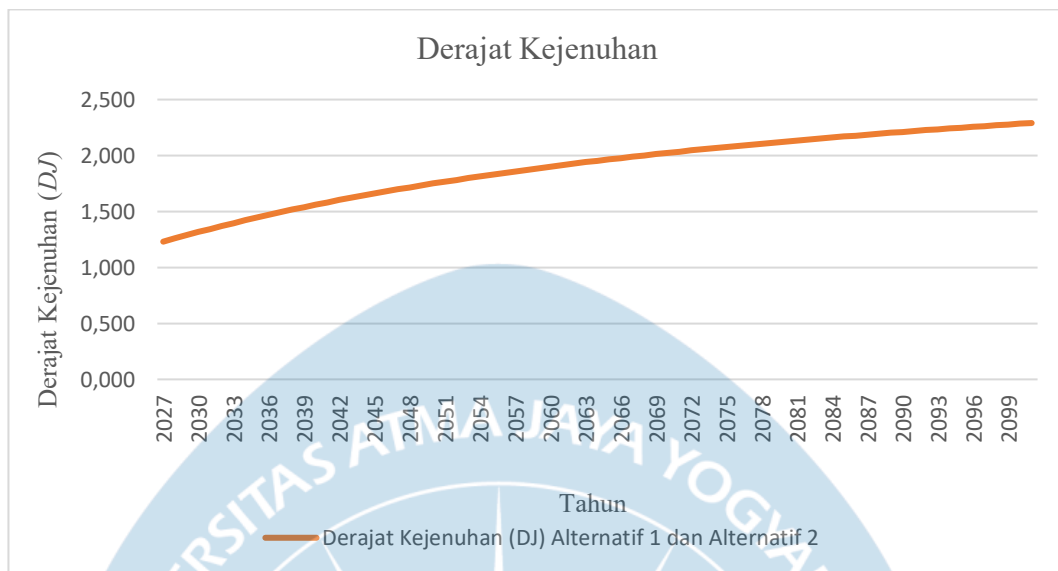
Berdasarkan alternatif yang direncanakan penulis maka kinerja lalu lintas pada ruas jalan dan persimpangan yang terdampak dapat ditinjau pada gambar 5.7 s.d 5.31 (selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 3.a s.d 3.b) berikut ini.



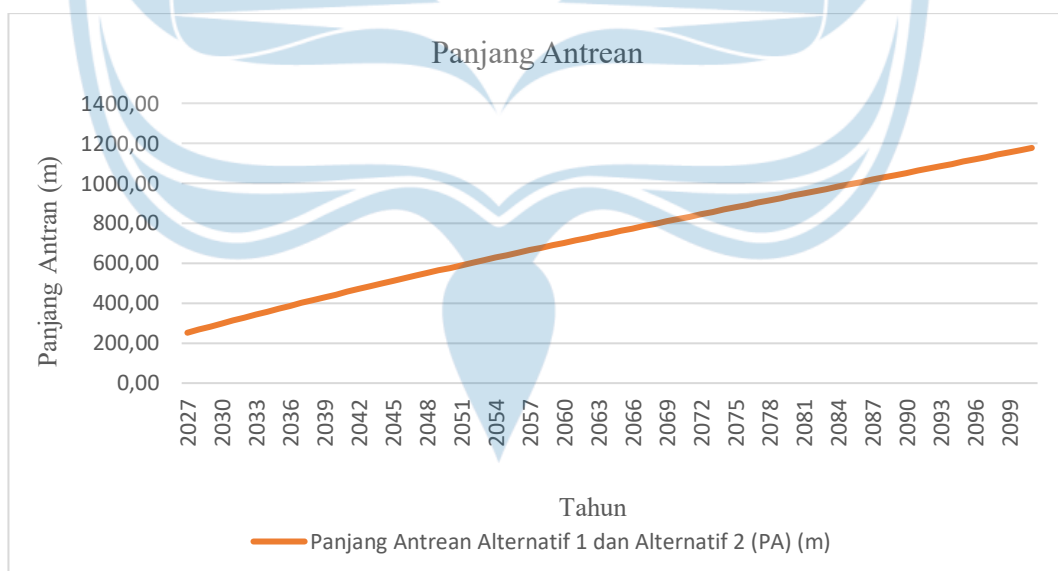
Gambar 5.27. Derajat Kejenuhan di Jembatan Manguharjo (Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)



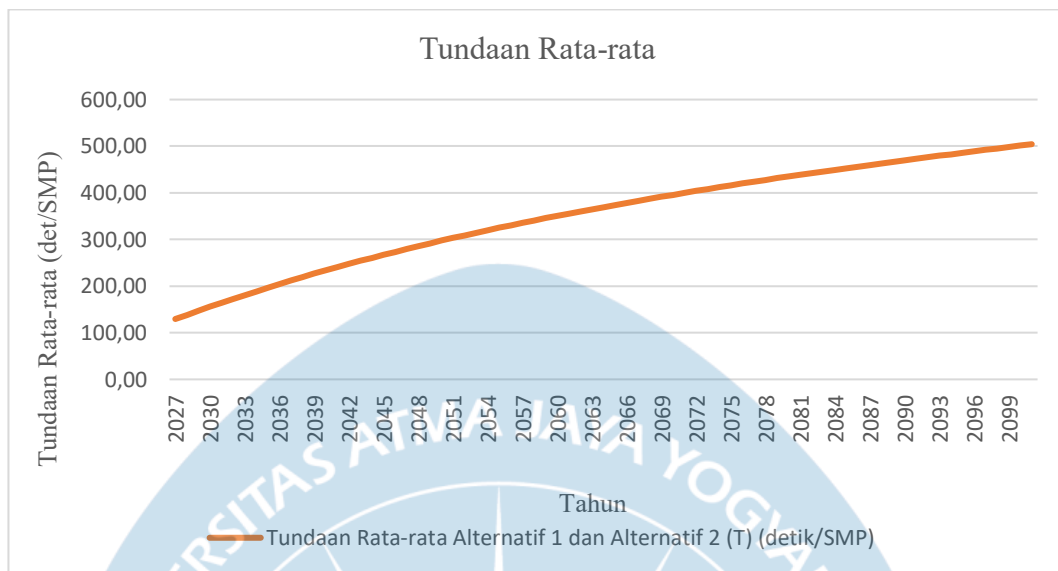
Gambar 5.28. Kecepatan di Jembatan Manguharjo (Ruas Jl. Urip Sumoharjo (Madiun) (No. Ruas 030-11-K) *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)



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*)



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*)



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*)

Secara umum alternatif 1 dan alternatif 2 dapat menambah tingkat pelayanan lalu lintas cukup signifikan dari kondisi *without project*. Pada gambar 5.7 alternatif 1 juga menunjukkan peningkatan derajat kejenuhan mengalami sedikit peningkatan pada tahun 2028 s.d 2030 kemudian mengalami penurunan hingga tahun 2101 secara konsisten. Hal ini disebabkan faktor pengali EMP (Ekuivalensi Mobil Penumpang) mengalami perubahan akibat volume lalu lintas yang semakin bertambah, tentunya perubahan derajat kejenuhan ini akan berpengaruh pada kecepatan yang ditunjukkan pada gambar 5.28. Pada alternatif 2 tidak mengalami peningkatan derajat kejenuhan. Hal ini disebabkan EMP (Ekuivalensi Mobil Penumpang) tidak mengalami perubahan, meskipun volume awal sama, namun EMP (Ekuivalensi Mobil Penumpang) untuk tipe jalan 2/2 TT dan 4/2 T berbeda.

5.10. Analisis Biaya Operasional Kendaraan

5.10.1. Analisis Biaya Operasional Kendaraan *Without Project*

Perhitungan biaya operasional kendaraan *without project* sama seperti perhitungan biaya operasional kendaraan eksisting, namun terdapat perbedaan harga komponen kendaraan setiap tahunnya akibat inflasi. Data tingkat inflasi pada bulan Januari 2015 sampai dengan Mei 2025 yang digunakan sebagai dasar perhitungan dapat ditinjau tabel 5.32 berikut.

Tabel 5.19. Tingkat Inflasi Bank Indonesia Januari 2015 – Mei 2025

Periode	Data Inflasi	Periode	Data Inflasi	Periode	Data Inflasi
Mei 2025	1.60 %	November 2021	1.75 %	Mei 2018	3.23 %
April 2025	1.95 %	Oktober 2021	1.66 %	April 2018	3.41 %
Maret 2025	1.03 %	September 2021	1.6 %	Maret 2018	3.40 %
Februari 2025	-0.09 %	Agustus 2021	1.59 %	Februari 2018	3.18 %
Januari 2025	0.76 %	Juli 2021	1.52 %	Januari 2018	3.25 %
Desember 2024	1.57 %	Juni 2021	1.33 %	Desember 2017	3.61 %
November 2024	1.55 %	Mei 2021	1.68 %	November 2017	3.30 %
Oktober 2024	1.71 %	April 2021	1.42 %	Oktober 2017	3.58 %
September 2024	1.84 %	Maret 2021	1.37 %	September 2017	3.72 %
Agustus 2024	2.12 %	Februari 2021	1.38 %	Agustus 2017	3.82 %
Juli 2024	2.13 %	Januari 2021	1.55 %	Juli 2017	3.88 %
Juni 2024	2.51 %	Desember 2020	1.68 %	Juni 2017	4.37 %
Mei 2024	2.84 %	November 2020	1.59 %	Mei 2017	4.33 %
April 2024	3.00 %	Oktober 2020	1.44 %	April 2017	4.17 %
Maret 2024	3.05 %	September 2020	1.42 %	Maret 2017	3.61 %
Februari 2024	2.75 %	Agustus 2020	1.32 %	Februari 2017	3.83 %
Januari 2024	2.57 %	Juli 2020	1.54 %	Januari 2017	3.49 %
Desember 2023	2.61 %	Juni 2020	1.96 %	Desember 2016	3.02 %
November 2023	2.86 %	Mei 2020	2.19 %	November 2016	3.58 %
Oktober 2023	2.56 %	April 2020	2.67 %	Oktober 2016	3.31 %
September 2023	2.28 %	Maret 2020	2.96 %	September 2016	3.07 %
Agustus 2023	3.27 %	Februari 2020	2.98 %	Agustus 2016	2.79 %
Juli 2023	3.08 %	Januari 2020	2.68 %	Juli 2016	3.21 %

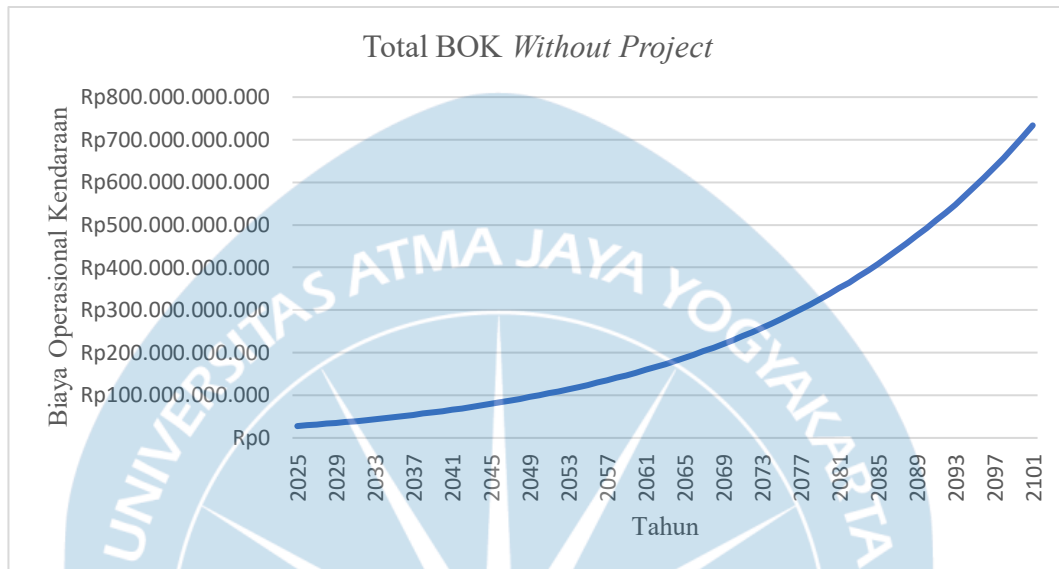
Tabel 5.19. Tingkat Inflasi Bank Indonesia Januari 2015 – Mei 2025

Periode	Data Inflasi	Periode	Data Inflasi	Periode	Data Inflasi
Juni 2023	3.52 %	Desember 2019	2.72 %	Juni 2016	3.45 %
Mei 2023	4.00 %	November 2019	3.00 %	Mei 2016	3.33 %
April 2023	4.33 %	Oktober 2019	3.13 %	April 2016	3.60 %
Maret 2023	4.97 %	September 2019	3.39 %	Maret 2016	4.45 %
Februari 2023	5.47 %	Agustus 2019	3.49 %	Februari 2016	4.42 %
Januari 2023	5.28 %	Juli 2019	3.32 %	Januari 2016	4.14 %
Desember 2022	5.51 %	Juni 2019	3.28 %	Desember 2015	3.35 %
November 2022	5.42 %	Mei 2019	3.32 %	November 2015	4.89 %
Oktober 2022	5.71 %	April 2019	2.83 %	Oktober 2015	6.25 %
September 2022	5.95 %	Maret 2019	2.48 %	September 2015	6.83 %
Agustus 2022	4.69 %	Februari 2019	2.57 %	Agustus 2015	7.18 %
Juli 2022	4.94 %	Januari 2019	2.82 %	Juli 2015	7.26 %
Juni 2022	4.35 %	Desember 2018	3.13 %	Juni 2015	7.26 %
Mei 2022	3.55 %	November 2018	3.23 %	Mei 2015	7.15 %
April 2022	3.47 %	Oktober 2018	3.16 %	April 2015	6.79 %
Maret 2022	2.64 %	September 2018	2.88 %	Maret 2015	6.38 %
Februari 2022	2.06 %	Agustus 2018	3.20 %	Februari 2015	6.29 %
Januari 2022	2.18 %	Juli 2018	3.18 %	Januari 2015	6.96 %
Desember 2021	1.87 %	Juni 2018	3.12 %		
Rata-rata Inflasi				3,32%	

Sumber: <https://www.bi.go.id/id/statistik/indikator/data-inflasi.aspx>.

Nilai rata-rata inflasi sebesar 3,3%, Menurut [63] Tingkat inflasi (persentase kenaikan harga secara umum) bervariasi antara satu periode dengan periode lainnya, serta berbeda antara satu negara dengan negara lain. Inflasi dikategorikan sebagai inflasi rendah apabila berada di bawah 2% atau 3%, inflasi moderat berkisar antara 4-10% sedangkan inflasi yang sangat serius dapat mencapai puluhan hingga ratusan persen dalam satu tahun. Berdasarkan rata-rata inflasi di atas dan kondisi kinerja lalu lintas. Maka biaya operasional kendaraan *without project* pada semua

arah dapat ditinjau pada gambar 5.32 (selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 4.a) berikut.

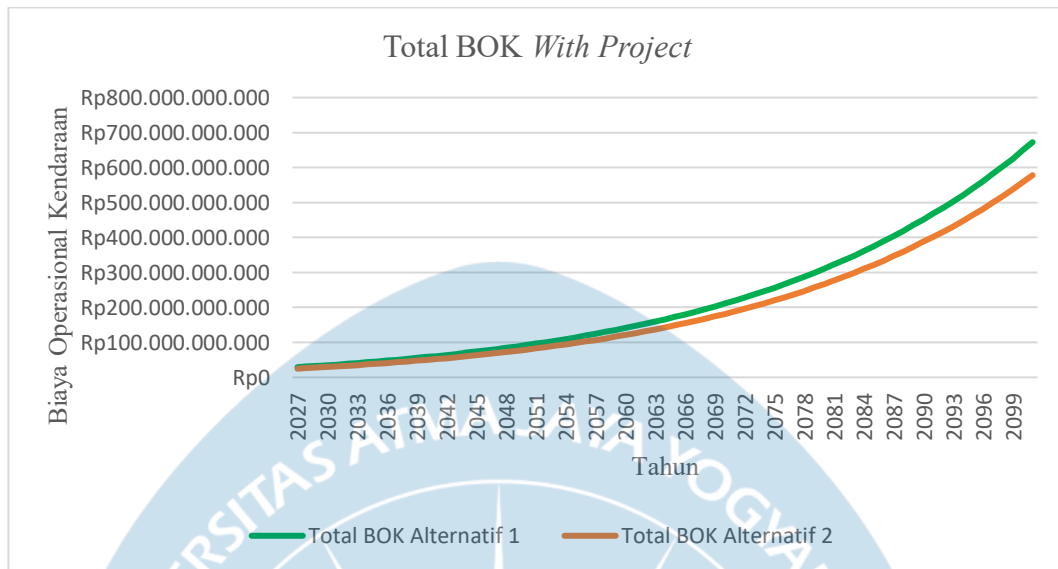


Gambar 5.32. Biaya Operasional Kendaraan *Without Project* (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada gambar diatas dan lampiran 4.a, biaya operasional kendaraan *without project* dari tahun 2027 hingga 2101 menunjukkan peningkatan. Total biaya operasional kendaraan hingga tahun 2101 mencapai Rp18.486.278.082.867 dengan peningkatan rata-rata setiap tahunnya sebesar 4,38%.

5.10.2. Analisis Biaya Operasional Kendaraan *With Project*

Berdasarkan rencana alternatif pelebaran jembatan yang menambah kapasitas jalan dan tingkat inflasi diatas, maka dapat diketahui biaya operasional kendaraan pada kondisi alternatif 1 dan alternatif 2 yang dapat ditinjau pada gambar 5.33 (selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 4.b s.d 4.c) berikut.

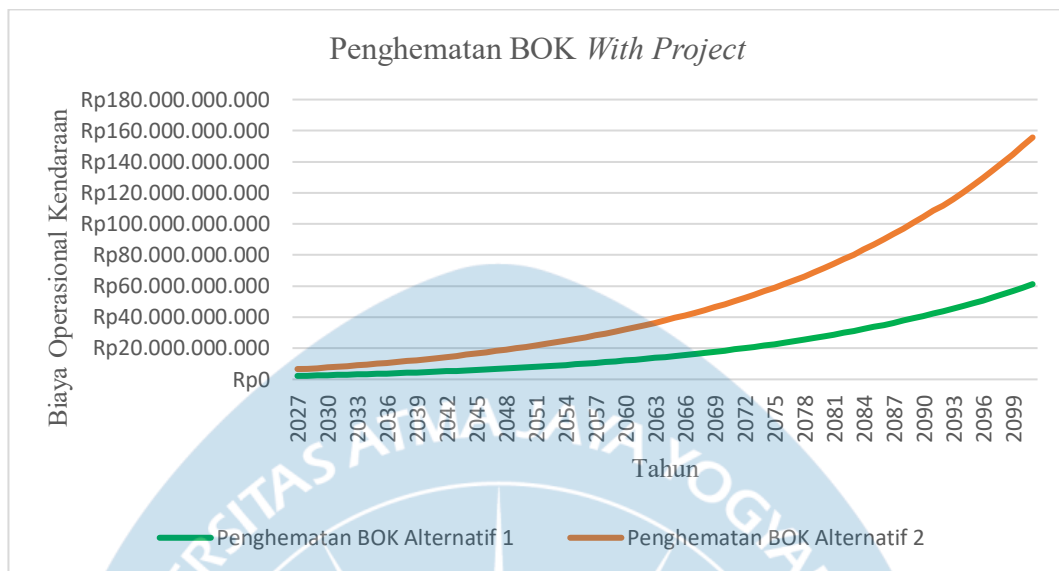


Gambar 5.33. Biaya Operasional Kendaraan With Project (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)

Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada gambar diatas dan lampiran 4.b s.d 4.c, total biaya operasional kendaraan *with project* (alternatif 1) dan dari tahun 2027 hingga 2101 sebesar Rp16.981.348.617.591. Sedangkan total biaya operasional kendaraan *with project* (alternatif 2) hingga tahun 2101 sebesar Rp14.582.732.326.388

5.10.3. Penghematan Biaya Operasional Kendaraan

Penghematan biaya operasional kendaraan merupakan selisih antara biaya operasional kendaraan eksisting (*without project*) dan biaya operasional kendaraan dengan adanya pelebaran jembatan (*with project*). Penghematan biaya operasional kendaraan pada kondisi alternatif 1 dan alternatif 2 dapat ditinjau pada gambar 5.34 (selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 4.d s.d 4.e) berikut.



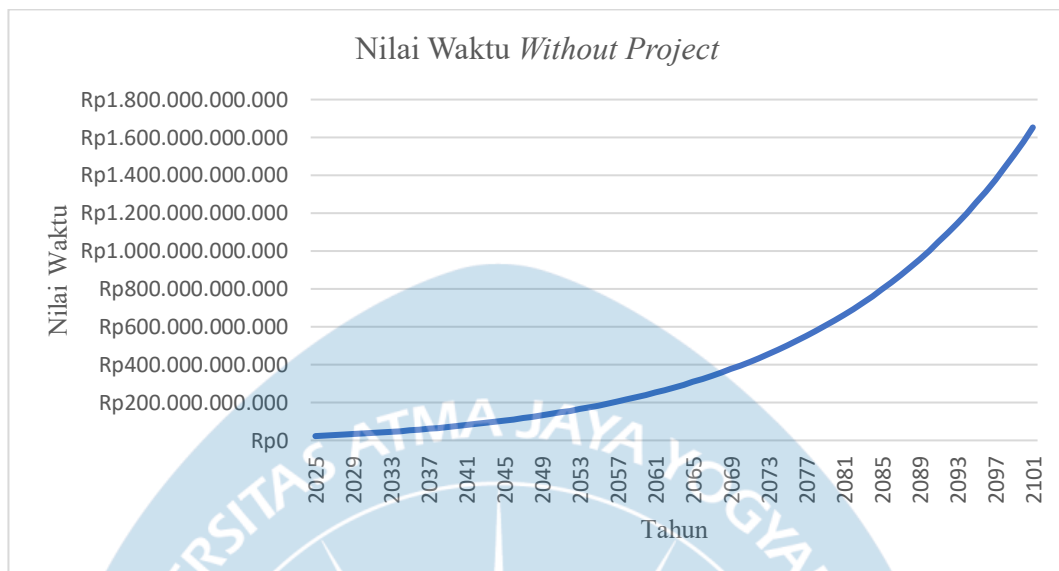
Gambar 5.34. Penghematan Biaya Operasional Kendaraan *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)

Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada gambar diatas dan lampiran 4.d s.d 4.e, total penghematan biaya operasional kendaraan *with project* (alternatif 1) dari tahun 2027 hingga 2101 sebesar Rp1.504.929.465.276. Sedangkan total penghematan biaya operasional kendaraan *with project* (alternatif 2) hingga tahun 2101 sebesar Rp3.903.545.756.479.

5.11. Analisis Nilai Waktu Perjalanan

5.11.1. Analisis Nilai Waktu Perjalanan *Without Project*

Perhitungan nilai waktu *without project* sama seperti perhitungan nilai waktu eksisting, namun terdapat perbedaan nilai waktu dasar setiap tahunnya akibat inflasi. Berdasarkan data inflasi dan kondisi lalu lintas diatas maka nilai waktu tanpa ada pelebaran jembatan (*without project*) dapat ditinjau pada gambar 5.35 (selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 5.a) berikut.

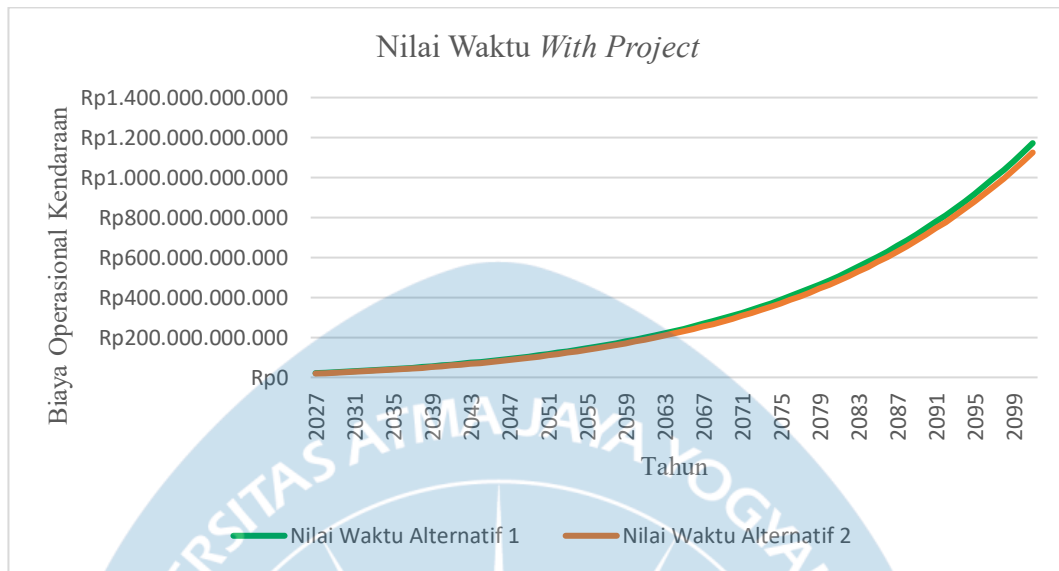


Gambar 5.35. Nilai Waktu *Without Project* (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada gambar diatas dan lampiran 5.a, nilai waktu *without project* dari tahun 2027 hingga 2101 menunjukkan peningkatan. Total nilai waktu hingga tahun 2101 mencapai Rp26.213.302.098.155 dengan peningkatan rata-rata setiap tahunnya sebesar 5,75%.

5.11.2. Analisis Nilai Waktu Perjalanan *With Project*

Berdasarkan rencana alternatif pelebaran jembatan dan tingkat inflasi diatas, maka dapat diketahui nilai waktu pada kondisi alternatif 1 dan alternatif 2 yang dapat ditinjau pada gambar 5.36 (selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 5.b s.d 5.c).

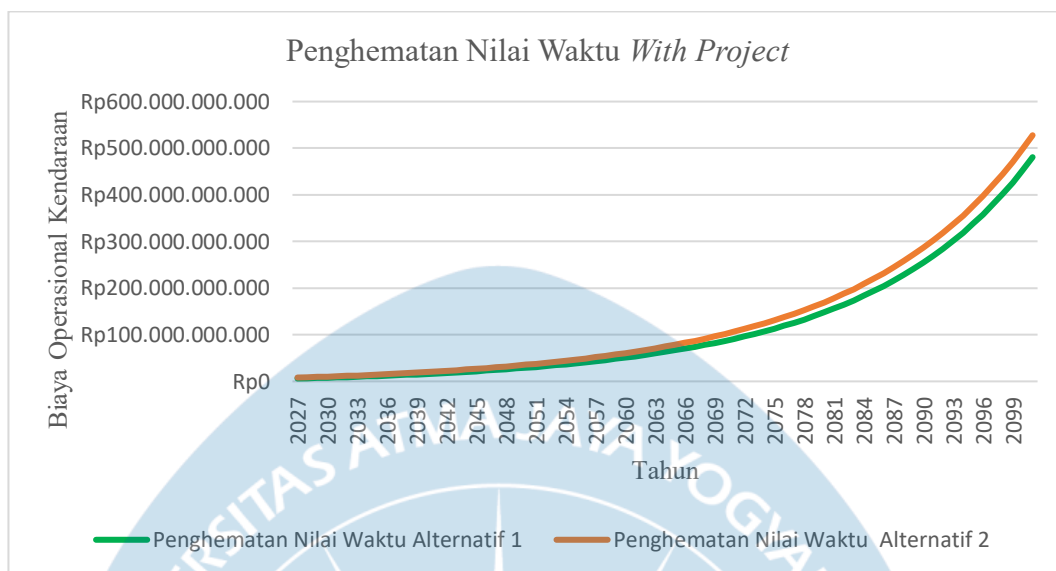


Gambar 5.36. Nilai Waktu *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)

Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada gambar diatas dan lampiran 5.b s.d 5.c, total nilai waktu *with project* (alternatif 1) dan dari tahun 2027 hingga 2101 sebesar Rp26.213.302.098.155. Sedangkan total biaya operasional kendaraan *with project* (alternatif 2) hingga tahun 2101 sebesar Rp25.032.815.430.183.

5.11.3. Penghematan Nilai Waktu Perjalanan

Penghematan nilai waktu merupakan selisih antara nilai waktu *without project* dan nilai waktu dengan adanya pelebaran jembatan (*with project*). Penghematan nilai waktu pada kondisi alternatif 1 dan alternatif 2 dapat ditinjau gambar 5.37 36 (selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 5.d s.d 5.e) berikut.



Gambar 5.37. Penghematan Nilai Waktu *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada gambar diatas dan lampiran 5.d s.d 5.e, total penghematan nilai waktu *with project* (alternatif 1) dan dari tahun 2027 hingga 2101 sebesar Rp8.672.188.817.959. Sedangkan total penghematan nilai waktu *with project* (alternatif 2) hingga tahun 2101 sebesar Rp9.852.675.485.931.

5.12. Analisis Prediksi Polusi Udara

5.13.1. Analisis Prediksi Polusi Udara Eksisting

Polusi udara akibat aktifitas lalu lintas ditentukan tidak mengambil sampel udara langsung di lokasi penelitian, Namun penulis menganalisis menggunakan model sumber garis yang dimuat di dalam Pedoman Teknik No. 017/T/BM/1999 tentang Tata Cara Prediksi Polusi Udara Skala Mikro Akibat Lalu Lintas. Tahap pertama dari model ini yakni menormalisasikan volume kendaraan ke satuan mobil penumpang menggunakan faktor pengali emisi CO dan NOx, Normalisasi volume pada kondisi eksisting dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.20. Normalisasi Volume Kendaraan ke Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	Volume Kendaraan (kend/det)	Faktor Pengali		Hasil Normalisasi	
		NO _x	CO	Volume Kendaraan (NO _x) (smp/det)	Volume Kendaraan (CO) (smp/det)
Sepeda Motor	1,3547	0,60	0,60	0,8128	0,8128
Kendaraan Penumpang	0,1917	0,84	0,80	0,1610	0,1533
Kendaraan Berat	0,0119	1,45	1,95	0,0173	0,0233
Total				0,9912	0,9895

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Penentuan laju emisi menggunakan persamaan 3.66 dan 3.67. Laju emisi CO dan NO_x kondisi eksisting dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.21. Laju Emisi (qCO dan qNO_x)

Jenis Kendaraan	Kecepatan (km/jam)	Laju Emisi (gr/km)	
		NO _x	CO
Sepeda Motor	23,90	2,38	55,78
Kendaraan Penumpang	19,99	2,55	65,08
Kendaraan Berat	18,11	2,63	70,89

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Setelah diketahui laju emisi maka kekuatan emisi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 3.65. Kekuatan emisi CO dan NO_x kondisi eksisting dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.22. Kekuatan Emisi (QCO dan QNO_x)

Jenis Kendaraan	Laju Emisi (gr/km)		Kekuatan Emisi (gr/det)	
	NO _x	CO	NO _x	CO
Sepeda Motor	2,38	55,78	1,93	45,34
Kendaraan Penumpang	2,55	65,08	0,41	9,98
Kendaraan Berat	2,63	70,89	0,05	1,65

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Dispersi polutan sumber garis ditentukan menggunakan persamaan 3.68 dan 3.69. Sedangkan nilai konstanta dari persamaan tersebut dipilih berdasarkan kelas stabilitas atmosfer dan jarak reseptor. Kelas stabilitas atmosfer bergantung pada faktor meteorologi seperti kecepatan angin, intensitas penyinaran matahari, suhu dan kelembaban. Kelas atmosfer diasumsikan memiliki stabilitas dengan nilai A berdasarkan intensitas penyinaran matahari dilapangan yang kuat dan kecepatan angin rata-rata 3.7 m/det yang diambil dari website IQAir. Dispersi polutan kondisi eksisting dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.23. Dispersi Polutan

Jarak (m)	σ_y	σ_z
3,5 (<i>Roadside</i>)	1,00036	9,27754
100	24,00931	14,31942

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Konsentrasi polutan ditentukan menggunakan persamaan 3.64, dimana konsentrasi polutan dihitung pada jarak 3,5 (*roadside*) dan 100 m. Konsentrasi polutan CO dan NOx kondisi eksisting dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.24. Konsentrasi Polutan

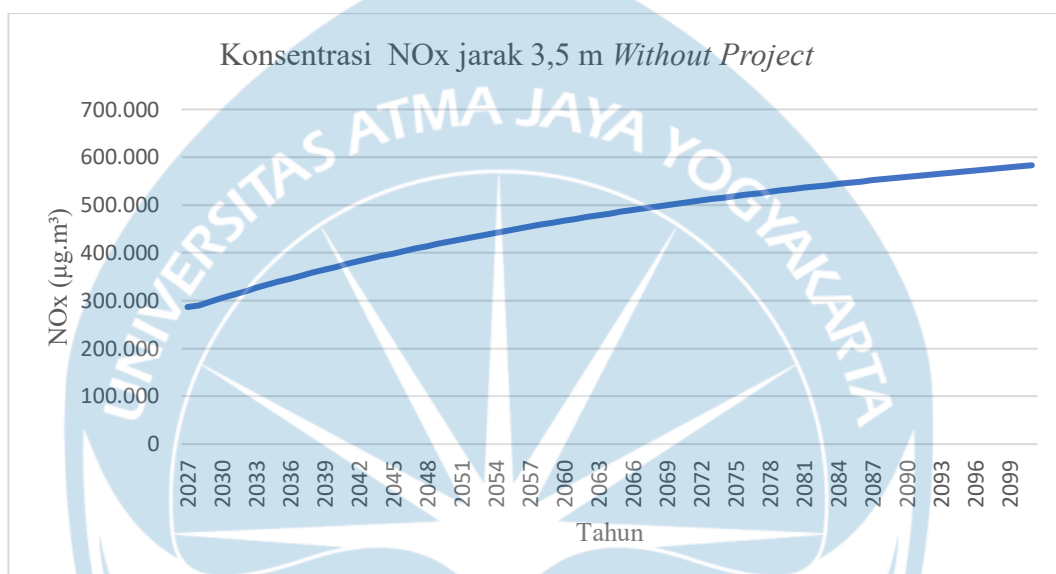
Jarak (m)	Konsentrasi Polutan (C)			
	NOx (g.m ³)	NOx (µg.m ³)	CO (g.m ³)	CO (µg.m ³)
3,5 (<i>Roadside</i>)	0,270426	270.426,25	0,869719	869.719,36
100	0,004429	4.429,47	0,014246	14.245,66

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

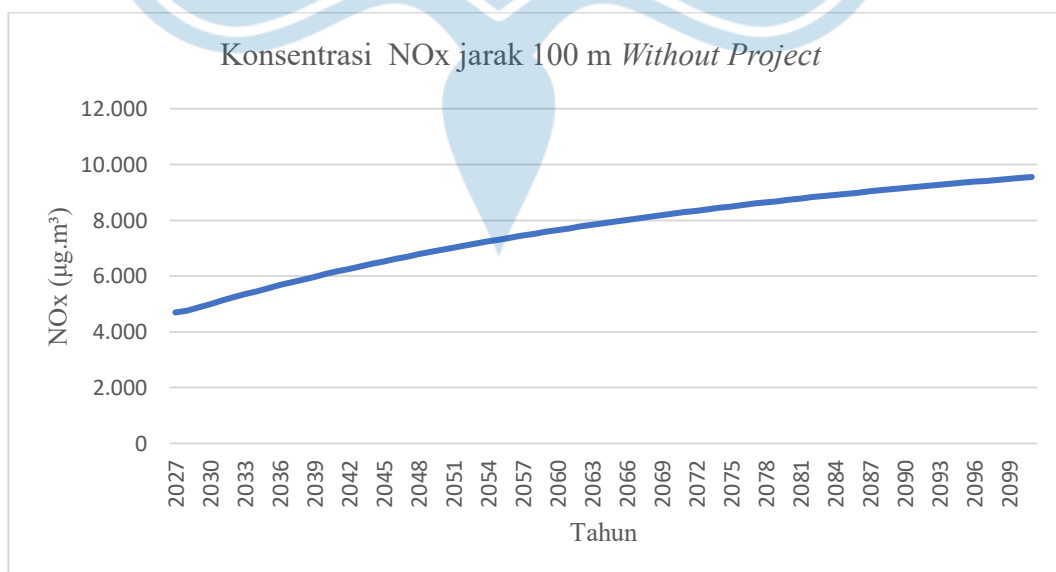
5.13.2. Prediksi Polusi Udara *Without Project*

Prediksi polusi udara *without project* diperhitungkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh emisi lalu lintas terhadap kondisi udara, tanpa adanya

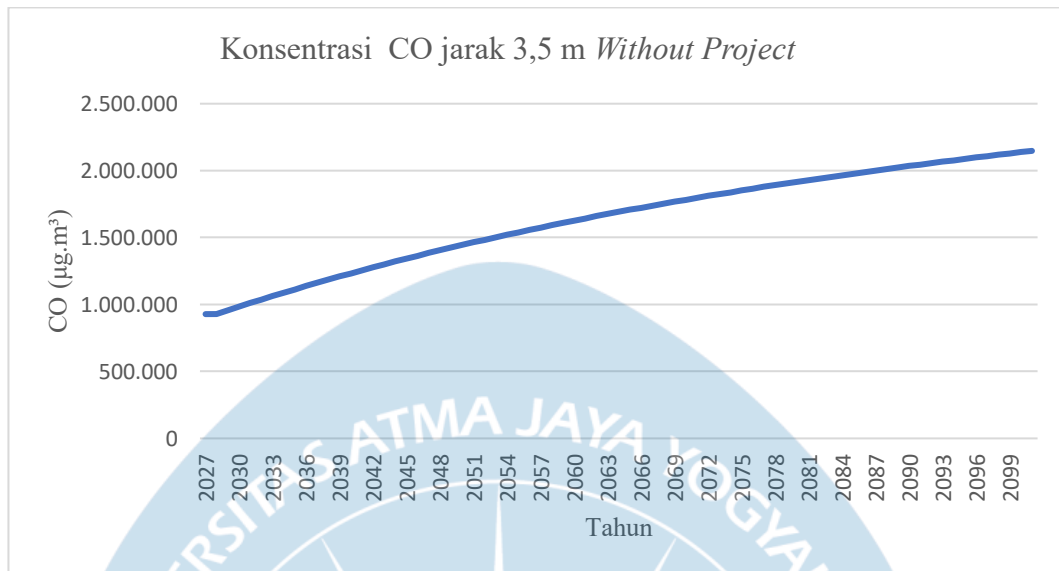
perubahan kapasitas jalan serta peningkatan jumlah volume lalu lintas dari tahun ke tahun. Berdasarkan prediksi pertumbuhan lalu lintas diatas, maka prediksi polusi udara *without project* dapat ditinjau pada gambar 5.38 s.d 5.41(selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 6.d) berikut.



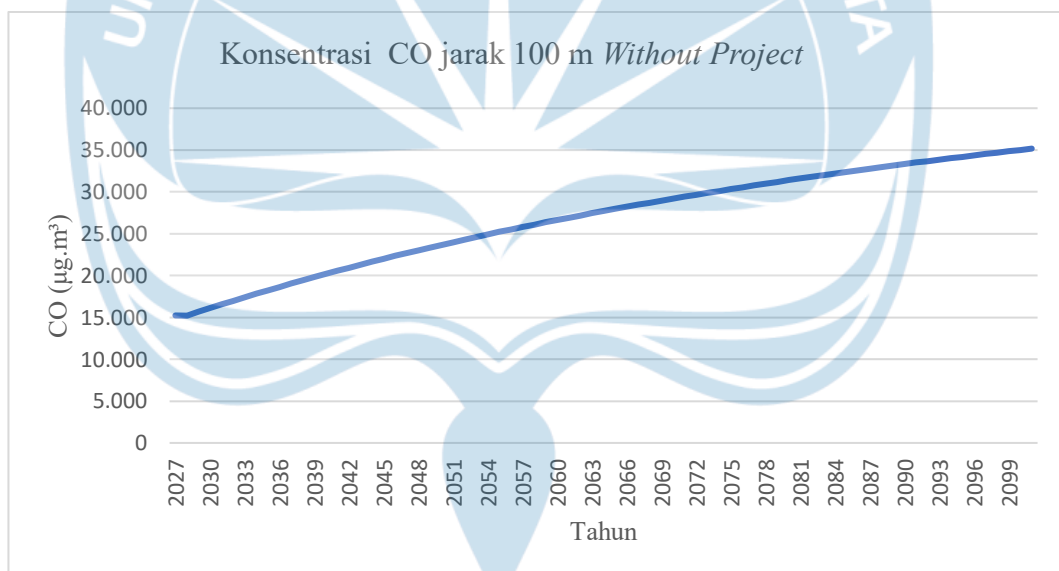
Gambar 5.38. Konsentrasi NOx jarak 3,5 m *Without Project* (Hasil Analisis, 2025)



Gambar 5.39. Konsentrasi NOx jarak 100 m *Without Project* (Hasil Analisis, 2025)



Gambar 5.40. Konsentrasi CO jarak 3,5 m *Without Project* (Hasil Analisis, 2025)



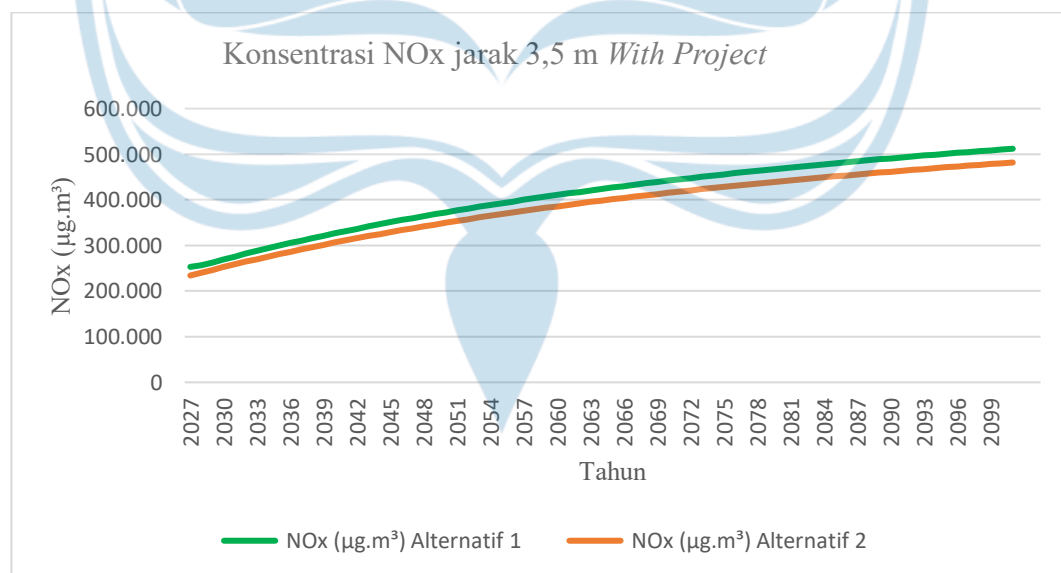
Gambar 5.41. Konsentrasi CO jarak 100 m *Without Project* (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada gambar diatas, konsentrasi polutan kendaraan *without project* dari tahun 2027 hingga 2101 menunjukkan peningkatan akibat kinerja lalu lintas yang semakin memburuk. Konsentrasi polutan yang ditunjukkan pada gambar 5.38 s.d 5.41 memiliki nilai diatas baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021

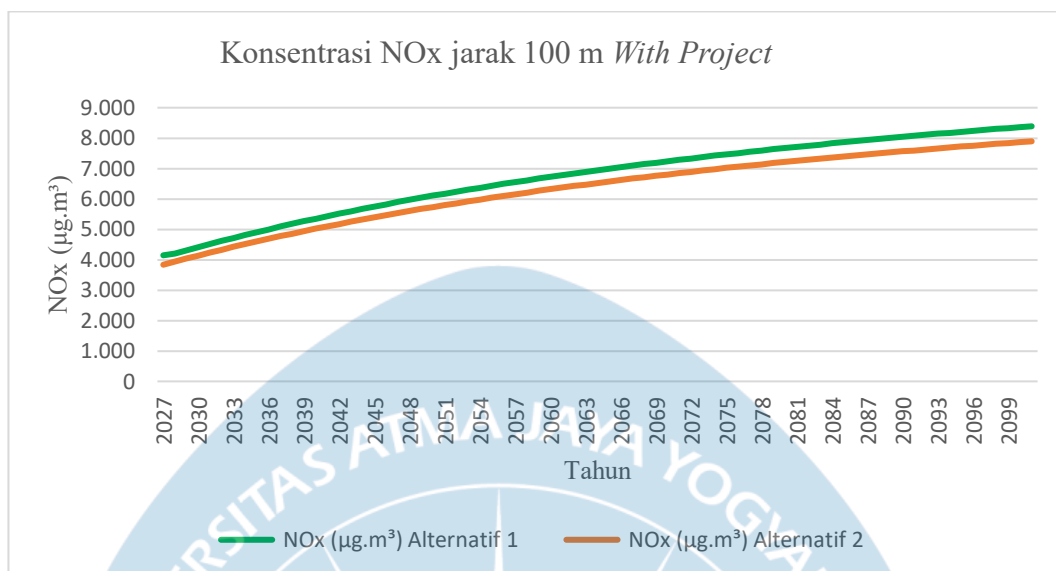
tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang mana baku mutu CO sebesar $1000 \mu\text{g.m}^3$ per jam dan NO_2 sebesar $200 \mu\text{g.m}^3$ per jam.

5.13.3. Prediksi Polusi Udara *With Project*

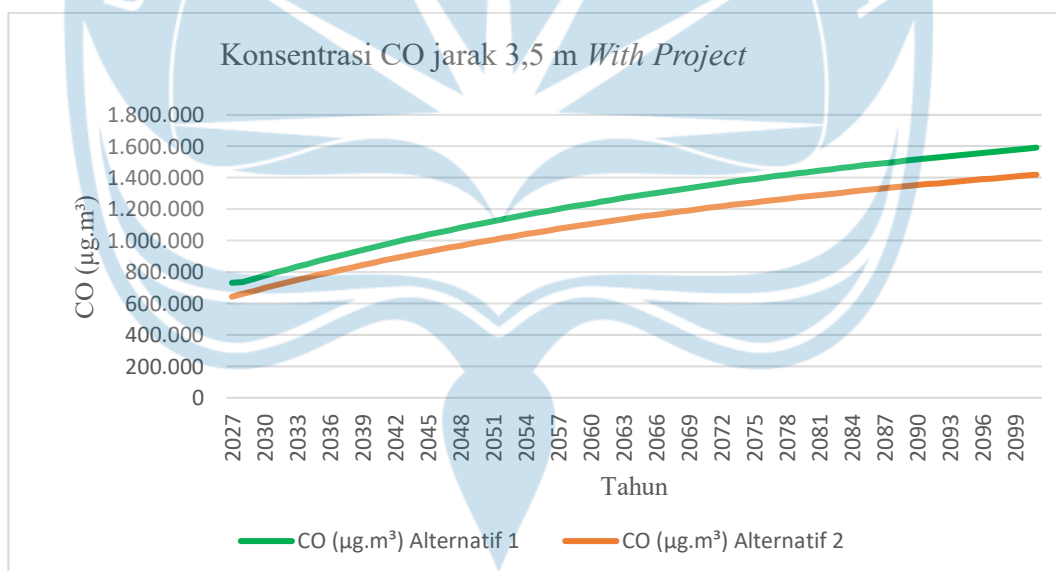
Sehubungan dengan alternatif pelebaran jembatan pada sub bab 5.9 yang memiliki karakteristik kinerja lalu lintas, tentunya juga berpengaruh terhadap polusi udara. Bagian ini dilakukan analisis prediksi polusi udara pada alternatif 1 dan alternatif 2, untuk mengetahui sejauh mana perubahan polusi udara akibat perubahan kapasitas jalan. Prediksi polusi udara *with project* dengan alternatif 1 dan alternatif 2 dapat ditinjau pada gambar 5.42 s.d 5.45 (selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 7.e s.d 7.f) berikut ini.



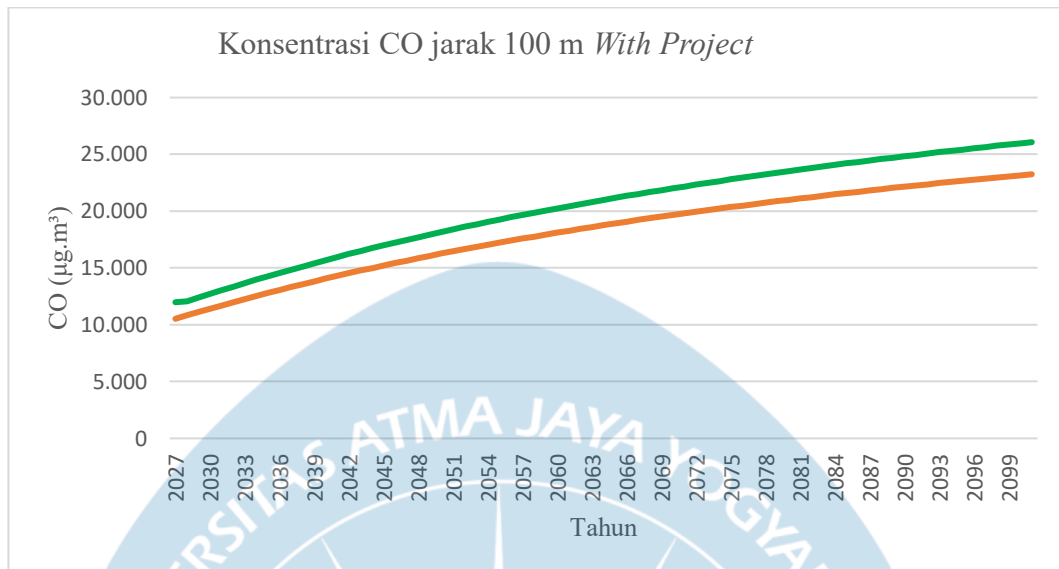
Gambar 5.42. Konsentrasi NOx jarak 3,5 m *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)



Gambar 5.43. Konsentrasi NOx jarak 100 m *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)



Gambar 5.44. Konsentrasi CO jarak 3,5 m *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)

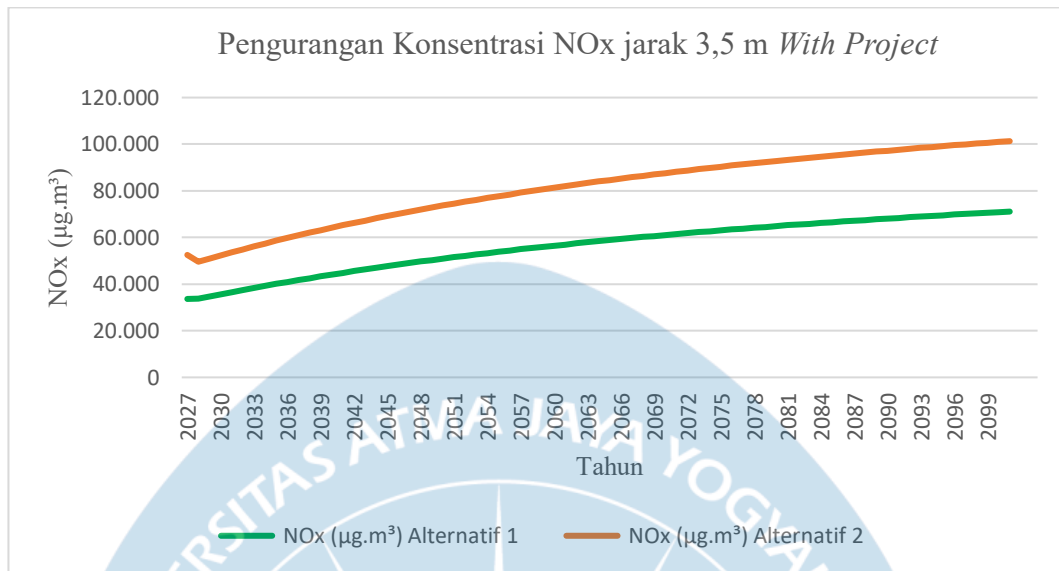


Gambar 5.45. Konsentrasi CO jarak 100 m *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)

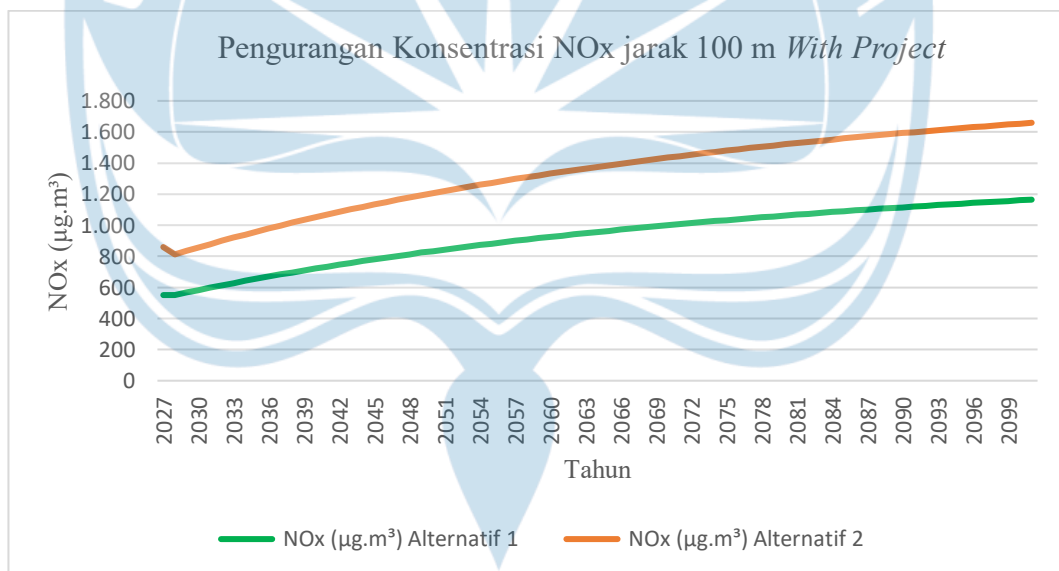
Secara umum alternatif 1 dan alternatif 2 dapat mengurangi konsentrasi polutan cukup signifikan dari kondisi *without project*. Hal ini disebabkan kinerja lalu lintas alternatif 1 dan alternatif 2 yang baik sehingga emisi yang dikeluarkan kendaraan tidak sebanyak tanpa pelebaran.

5.13.4. Pengurangan Polusi Udara

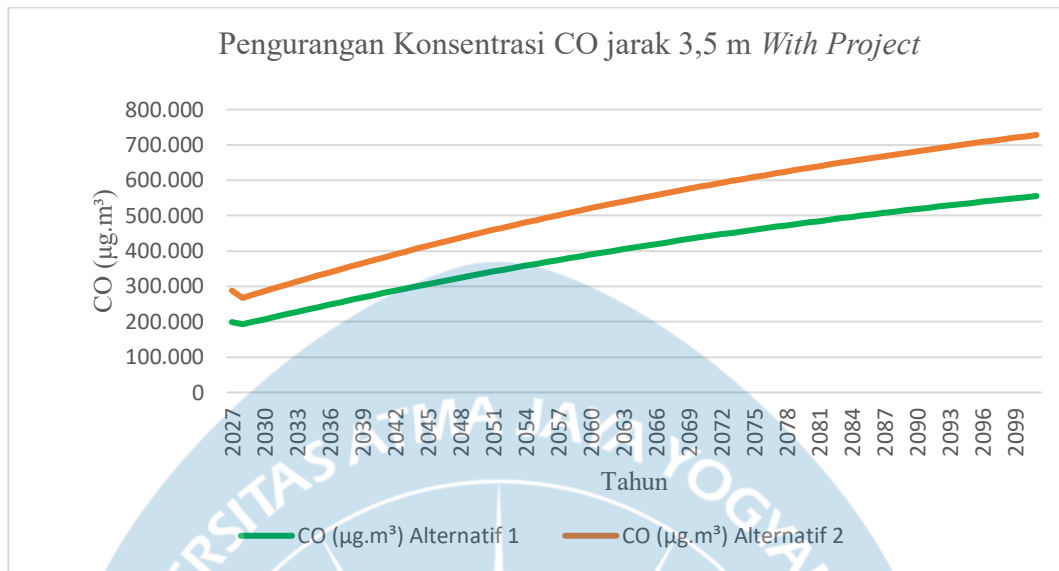
Pengurangan polusi udara terjadi akibat perubahan kecepatan pada pelebaran jembatan. Pengurangan polusi udara merupakan selisih antara kondisi tanpa pembangunan (*without project*) dan dengan pembangunan (*with project*). Pengurangan polusi udara dapat ditinjau pada gambar 5.46 s.d 5.49 (selengkapnya dapat ditinjau pada lampiran 7.g s.d 7.h) berikut.



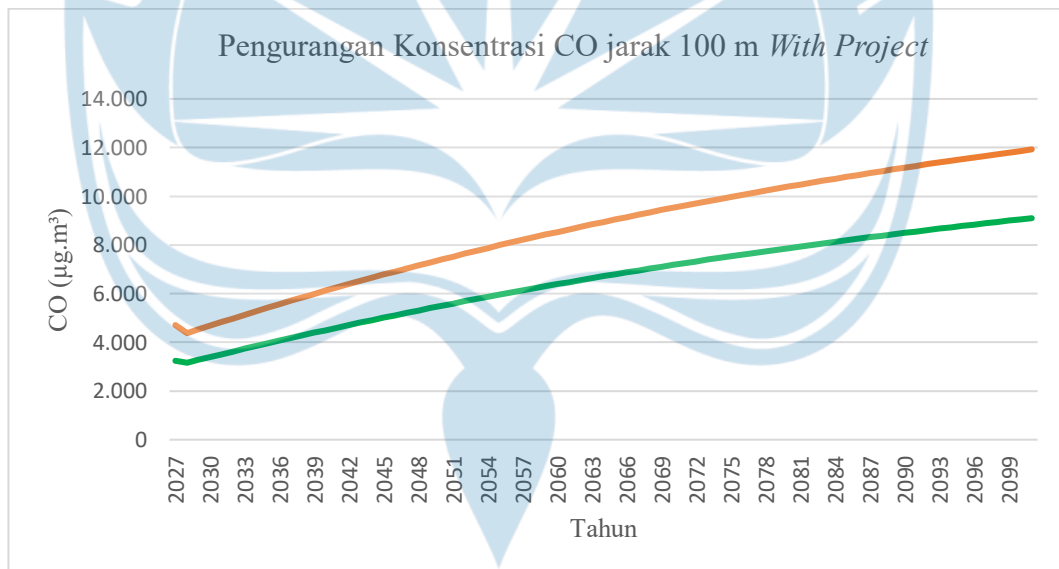
Gambar 5.46. Pengurangan Konsentrasi NOx jarak 3,5 m *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)



Gambar 5.47. Pengurangan Konsentrasi NOx jarak 100 m *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)



Gambar 5.48. Pengurangan Konsentrasi CO jarak 3,5 m *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)



Gambar 5.49. Pengurangan Konsentrasi CO jarak 100 m *With Project* (Alternatif 1 dan Alternatif 2) (*Hasil Analisis, 2025*)

Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada gambar diatas dan lampiran 7.g s.d 7.h, total pengurangan konsentrasi polutan *with project* (alternatif 1) di *roadside* untuk NO_x dari tahun 2027 hingga 2101 sebesar 4.219.340 µg.m³ dan untuk CO sebesar 29.736.297 µg.m³. Sedangkan total pengurangan konsentrasi polutan *with project* (alternatif 2) di *roadside* untuk NO_x dari tahun 2027 hingga 2101 sebesar 6.074.746 µg.m³ dan untuk CO sebesar 39.614.514 µg.m³.

5.13. Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan ekonomi dilakukan untuk mengetahui layak dan tidaknya rencana pembangunan pelebaran Jembatan Manguharjo berdasarkan biaya pembangunan yang dikeluarkan serta manfaat yang diperoleh. Penilaian kelayakan ekonomi pada penelitian ini menggunakan beberapa parameter yaitu *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Net Present Value* (NPV), *Economic Internal Rate of Return* (EIRR), *First Year Rate of Return* (FYRR) dan Kepekaan (*Sensitivty Analysis*). Signifikansi penelitian ini adalah menyajikan assessment kelayakan ekonomi yang dapat digunakan sebagai instrumen perumusan kebijakan perencanaan oleh pemerintah. Penelitian ini bersinggungan erat dengan teori-teori fundamental yang mendasarinya [32].

5.13.1. Biaya Pembangunan Pelebaran Jembatan

Data biaya rencana pelebaran dari proposal usulan pelebaran Jembatan Manguharjo yang disusun oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Madiun merupakan estimasi biaya pelebaran jembatan yang memiliki lebar lalu lintas 10 m, yang dibangun dengan melakukan pembongkaran jembatan lama. Berdasarkan data tersebut, penulis membuat estimasi biaya pembangunan pelebaran jembatan dengan 4 (empat) alternatif sebagai berikut.

1. Pelebaran jembatan dengan lebar jalur lalu lintas 10 m tanpa pembongkaran jembatan lama
2. Pelebaran jembatan dengan lebar jalur lalu lintas 12,50 m tanpa pembongkaran jembatan lama
3. Pelebaran jembatan dengan lebar jalur lalu lintas 10 m dan dengan pembongkaran jembatan lama
4. Pelebaran jembatan dengan lebar jalur lalu lintas 12,50 m dan dengan pembongkaran jembatan lama

Estimasi biaya 4 (empat) alternatif rencana pembangunan pelebaran diatas dapat ditinjau tabel berikut

Tabel 5.25. Estimasi Biaya Pembangunan Pelebaran Jembatan dengan Beberapa Alternatif

No.	Kegiatan	Estimasi Biaya (Rp)			
		Lebar Jalan 10 m dengan Pembongkaran Jembatan	Lebar Jalan 12,5 m dengan Pembongkaran Jembatan	Lebar Jalan 10 m Tanpa Pembongkaran Jembatan	Lebar Jalan 12,5 m Tanpa Pembongkaran Jembatan
1.	Studi Kelayakan	250.000.000	250.000.000	250.000.000	250.000.000
2.	Survei Investigasi Desain (SID)	650.000.000	650.000.000	650.000.000	650.000.000
3.	<i>Detail Engineering Design</i> (DED)	1.100.000.000	1.100.000.000	1.100.000.000	1.100.000.000
4.	Konsultan Manajemen Proyek (MK)	750.000.000	750.000.000	750.000.000	750.000.000
5.	Pembongkaran Jembatan Lama	6.500.000.000	6.500.000.000	-	-
6.	Pekerjaan Konstruksi	151.000.000.000	188.750.000.000	52.850.000.000	90.600.000.000
7.	<i>Beautifikasi dan Landscaping</i>	3.500.000.000	3.500.000.000	3.500.000.000	3.500.000.000
Jumlah		163.750.000.000	201.500.000.000	59.100.000.000	96.850.000.000
Pajak PPn 11%		18.012.500.000	22.165.000.000	6.501.000.000	10.653.500.000

Tabel 5.25. Estimasi Biaya Pembangunan Pelebaran Jembatan dengan Beberapa Alternatif

No.	Kegiatan	Estimasi Biaya (Rp)			
		Lebar Jalan 10 m dengan Pembongkaran Jembatan	Lebar Jalan 12,5 m dengan Pembongkaran Jembatan	Lebar Jalan 10 m Tanpa Pembongkaran Jembatan	Lebar Jalan 12,5 m Tanpa Pembongkaran Jembatan
Total		181.762.500.000	223.665.000.000	65.601.000.000	107.503.500.000

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Estimasi biaya pembangunan pelebaran jembatan diatas merupakan biaya yang disusun berdasarkan data pada tahun 2025. Sedangkan penulis membuat rencana pelebaran jembatan akan dibangun pada tahun 2026. Berdasarkan nilai rata-rata inflasi pada tabel 5.19 maka didapatkan estimasi biaya pembangunan pelebaran jembatan baru pada tahun 2026 yang dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.26. Estimasi Biaya Pembangunan Pelebaran Jembatan dengan Beberapa Alternatif pada Tahun 2026

Alternatif Pembangunan	Estimasi Biaya (Rp)
Lebar Jalan 10 m dengan Pembongkaran Jembatan	Rp187.797.015.000
Lebar Jalan 12,5 m dengan Pembongkaran Jembatan	Rp231.090.678.000
Lebar Jalan 10 m Tanpa Pembongkaran Jembatan	Rp67.778.953.200
Lebar Jalan 12,5 m Tanpa Pembongkaran Jembatan	Rp111.072.616.200

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

5.13.2. Discount Rate

Mengenai penetapan tingkat diskonto yang digunakan untuk mendiskonto proyeksi arus kas suatu proyek, penentuan tingkat diskonto tersebut merupakan aspek vital dalam evaluasi risiko investasi [58]. Fluktuasi tingkat diskonto akan berdampak pada permintaan kredit perbankan. Fasilitas diskonto juga berfungsi sebagai acuan bagi bank dalam menentukan suku bunga pinjaman dan suku bunga

kredit [59]. *Discount rate* dalam proyek infrastruktur adalah tingkat suku bunga yang digunakan untuk mengkonversi nilai masa depan menjadi nilai sekarang (*present value*). Dalam konteks infrastruktur, *discount rate* memiliki peran strategis karena proyek-proyek ini umumnya memiliki karakteristik jangka panjang, modal intensif, dan dampak sosial ekonomi yang luas. Tingkat suku bunga diskonto pada penelitian ini menggunakan rata-rata BI *rate* yang dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.27. BI Rate Tahun 2016 s.d 2025

Periode	BI Rate	Periode	BI Rate	Periode	BI Rate
18 Juni 2025	5.50 %	19 April 2022	3.50 %	21 Februari 2019	6.00 %
21 Mei 2025	5.50 %	17 Maret 2022	3.50 %	17 Januari 2019	6.00 %
23 April 2025	5.75 %	10 Februari 2022	3.50 %	20 Desember 2018	6.00 %
19 Maret 2025	5.75 %	20 Januari 2022	3.50 %	15 November 2018	6.00 %
19 Februari 2025	5.75 %	16 Desember 2021	3.50 %	23 Oktober 2018	5.75 %
15 Januari 2025	5.75 %	18 November 2021	3.50 %	27 September 2018	5.75 %
18 Desember 2024	6.00 %	19 Oktober 2021	3.50 %	15 Agustus 2018	5.50 %
20 November 2024	6.00 %	21 September 2021	3.50 %	19 Juli 2018	5.25 %
16 Oktober 2024	6.00 %	19 Agustus 2021	3.50 %	29 Juni 2018	5.25 %
18 September 2024	6.00 %	22 Juli 2021	3.50 %	30 Mei 2018	4.75 %
21 Agustus 2024	6.25 %	17 Juni 2021	3.50 %	17 Mei 2018	4.50 %
17 Juli 2024	6.25 %	25 Mei 2021	3.50 %	19 April 2018	4.25 %
20 Juni 2024	6.25 %	20 April 2021	3.50 %	22 Maret 2018	4.25 %
22 Mei 2024	6.25 %	18 Maret 2021	3.50 %	15 Februari 2018	4.25 %
24 April 2024	6.25 %	18 Februari 2021	3.50 %	18 Januari 2018	4.25 %
20 Maret 2024	6.00 %	21 Januari 2021	3.75 %	14 Desember 2017	4.25 %
21 Februari 2024	6.00 %	17 Desember 2020	3.75 %	16 November 2017	4.25 %
17 Januari 2024	6.00 %	19 November 2020	3.75 %	19 Oktober 2017	4.25 %
21 Desember 2023	6.00 %	13 Oktober 2020	4.00 %	22 September 2017	4.25 %
23 November 2023	6.00 %	17 September 2020	4.00 %	22 Agustus 2017	4.50 %
19 Oktober 2023	6.00 %	19 Agustus 2020	4.00 %	20 Juli 2017	4.75 %
21 September 2023	5.75 %	16 Juli 2020	4.00 %	15 Juni 2017	4.75 %
24 Agustus 2023	5.75 %	18 Juni 2020	4.25 %	18 Mei 2017	4.75 %
25 Juli 2023	5.75 %	19 Mei 2020	4.50 %	20 April 2017	4.75 %
22 Juni 2023	5.75 %	14 April 2020	4.50 %	16 Maret 2017	4.75 %
25 Mei 2023	5.75 %	19 Maret 2020	4.50 %	16 Februari 2017	4.75 %

Tabel 5.27. BI Rate Tahun 2016 s.d 2025

Periode	BI Rate	Periode	BI Rate	Periode	BI Rate
18 April 2023	5.75 %	20 Februari 2020	4.75 %	19 Januari 2017	4.75 %
16 Maret 2023	5.75 %	23 Januari 2020	5.00 %	15 Desember 2016	4.75 %
16 Februari 2023	5.75 %	19 Desember 2019	5.00 %	17 November 2016	4.75 %
19 Januari 2023	5.75 %	21 November 2019	5.00 %	20 Oktober 2016	4.75 %
22 Desember 2022	5.50 %	24 Oktober 2019	5.00 %	22 September 2016	5.00 %
17 November 2022	5.25 %	19 September 2019	5.25 %	19 Agustus 2016	5.25 %
20 Oktober 2022	4.75 %	22 Agustus 2019	5.50 %	21 Juli 2016	5.25 %
22 September 2022	4.25 %	18 Juli 2019	5.75 %	16 Juni 2016	5.25 %
23 Agustus 2022	3.75 %	20 Juni 2019	6.00 %	19 Mei 2016	5.50 %
21 Juli 2022	3.50 %	16 Mei 2019	6.00 %	21 April 2016	5.50 %
23 Juni 2022	3.50 %	25 April 2019	6.00 %		
24 Mei 2022	3.50 %	21 Maret 2019	6.00 %		
Rata-rata BI Rate				4.93%	

Sumber: <https://www.bi.go.id/id/statistik/indikator/bi-rate.aspx>

Menurut [60] terdapat korelasi antara tingkat suku bunga dengan tingkat inflasi.

Suku bunga memiliki beberapa fungsi, antara lain:

1. Berfungsi sebagai instrumen penarik minat bagi para penabung, baik individu, institusi, maupun lembaga yang memiliki surplus dana untuk diinvestasikan.
2. Tingkat suku bunga dapat dimanfaatkan sebagai instrumen pengendalian pemerintah terhadap aliran investasi langsung pada berbagai sektor ekonomi.
3. Tingkat suku bunga dapat digunakan sebagai alat pengendalian moneter untuk mengatur penawaran dan permintaan uang yang beredar dalam sistem perekonomian.
4. Pemerintah dapat memanipulasi tingkat suku bunga sebagai strategi pengendalian tingkat inflasi.
5. Peningkatan suku bunga dapat mendorong masyarakat untuk meningkatkan kegiatan menabung.

Berdasarkan tabel 5.19 diketahui nilai rata-rata inflasi sebesar 3,32% serta rata-rata *discount rate* sebesar 4,93%. Selisih antara *discount rate* dan inflasi ($4.93\% - 3.32\% = 1.61\%$) menghasilkan *real interest rate* positif. Hal menunjukkan bahwa tingkat pengembalian riil masih menguntungkan setelah disesuaikan inflasi. Ini berarti proyek pelebaran jembatan masih layak secara finansial karena dapat memberikan return riil positif di atas tingkat inflasi. Diferensiasi antara tingkat suku bunga nominal dengan laju inflasi merupakan indikator fundamental yang menggambarkan beban aktual dari biaya pembiayaan yang ditanggung oleh individu maupun entitas korporasi. Tingkat suku bunga riil tersebut juga berfungsi sebagai parameter esensial bagi institusi otoritas kebijakan moneter [61].

5.13.3. Analisis *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Kelayakan ekonomi pembangunan pelebaran Jembatan Manguharjo dapat ditinjau dari nilai *Benefit Cost Ratio* (BCR), dengan membandingkan biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan dengan nilai manfaat yang diterima. Nilai manfaat merupakan penghematan biaya operasional kendaraan dan nilai waktu selama masa umur jembatan, yakni 75 tahun. Berdasarkan rata-rata suku bunga diatas maka *Benefit Cost Ratio* (BCR) pada setiap alternatif rencana pelebaran Jembatan Manguharjo dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.28. *Benefit Cost Ratio* (BCR) pada Alternatif Rencana Pelebaran Jembatan

Alternatif Pelebaran Jembatan	<i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR)
Lebar Jalan 10 m dengan Pembongkaran Jembatan (Alternatif 1)	4,821
Lebar Jalan 12,5 m dengan Pembongkaran Jembatan (Alternatif 2)	5,669

Alternatif pelebaran Jembatan	<i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR)
Lebar Jalan 10 m Tanpa Pembongkaran Jembatan (Alternatif 3)	13,357
Lebar Jalan 12,5 m Tanpa Pembongkaran Jembatan (Alternatif 4)	11,794

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan hasil perhitungan, untuk semua alternatif memiliki nilai lebih besar dari 1 (>1). Sesuai dengan persyaratan bahwa $BCR > 1$, maka pembangunan pelebaran Jembatan Manguharjo untuk setiap alternatif layak untuk dilaksanakan dan layak secara ekonomi.

5.13.4. Analisis *Net Present Value* (NPV)

Sama halnya seperti *Benefit Cost Ratio* (BCR) Kelayakan ekonomi pembangunan pelebaran Jembatan Manguharjo dapat ditinjau juga dari nilai *Net Present Value* (NPV). *Net Present Value* (NPV) diperoleh dari selisish antara biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan dengan nilai manfaat yang diterima. Nilai manfaat merupakan penghematan biaya operasional kendaraan dan nilai waktu selama masa umur jembatan, yakni 75 tahun. *Net Present Value* (NPV) untuk setiap alternatif rencana pelebaran jembatan dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.29. *Net Present Value* (NPV) pada Alternatif Rencana Pelebaran Jembatan

Alternatif Pelebaran Jembatan	<i>Net Present Value</i> (NPV)
Lebar Jalan 10 m dengan Pembongkaran Jembatan (Alternatif 1)	Rp717.530.076.322
Lebar Jalan 12,5 m dengan Pembongkaran Jembatan (Alternatif 2)	Rp1.078.873.088.461
Lebar Jalan 10 m Tanpa Pembongkaran Jembatan (Alternatif 3)	Rp837.548.138.122

Alternatif Pelebaran Jembatan	<i>Net Present Value (NPV)</i>
Lebar Jalan 12,5 m Tanpa Pembongkaran Jembatan (Alternatif 4)	Rp1.198.891.150.261

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, untuk semua alternatif memiliki nilai lebih besar dari 0 (>0). Sesuai dengan persyaratan bahwa $NPV > 0$, maka pembangunan pelebaran Jembatan Manguharjo untuk setiap alternatif layak untuk dilaksanakan dan layak secara ekonomi.

5.13.5. Analisis *Economic Internal Rate of Return (EIRR)*

Economic Internal Rate of Return (EIRR) merupakan tingkat pengembalian investasi yang ditentukan berdasarkan perhitungan suku bunga diskonto. Nilai sekarang dari seluruh manfaat ekonomi di masa mendatang akan setara dengan nilai sekarang dari total investasi atau biaya yang dikeluarkan. Dengan demikian, EIRR dapat didefinisikan sebagai tingkat diskonto yang menghasilkan *Net Present Value (NPV) = 0*. *Economic Internal Rate of Return (EIRR)* untuk setiap alternatif rencana pelebaran jembatan dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.30. *Economic Internal Rate of Return (EIRR)* pada Alternatif Rencana Pelebaran Jembatan

Alternatif Pelebaran Jembatan	<i>Economic Internal Rate of Return (EIRR)</i>
Lebar Jalan 10 m dengan Pembongkaran Jembatan (Alternatif 1)	10,68%
Lebar Jalan 12,5 m dengan Pembongkaran Jembatan (Alternatif 2)	12,25%
Lebar Jalan 10 m Tanpa Pembongkaran Jembatan (Alternatif 3)	19,42%
Lebar Jalan 12,5 m Tanpa Pembongkaran Jembatan (Alternatif 4)	19,53%

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka diperoleh nilai *Economic Internal Rate of Return* (EIRR) lebih besar dari suku bunga rata-rata(BI Rate) yaitu 4,93%. Sehingga secara ekonomi pembangunan pelebaran Jembatan Manguharjo layak untuk dilaksanakan.

5.13.6. Analisis *First Year Rate of Return* (FYRR)

First Year Rate of Return (FYRR) merupakan rasio yang diperoleh dari pembagian total manfaat yang diterima pada tahun pertama setelah penyelesaian proyek dengan nilai sekarang dari modal yang telah disesuaikan menggunakan tingkat suku bunga diskonto pada periode yang sama dengan perolehan manfaat tersebut. Hasil perhitungan ini kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase. *First Year Rate of Return* (FYRR) untuk setiap alternatif rencana pelebaran jembatan dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.31. *First Year Rate of Return* (FYRR) pada Alternatif Rencana Pelebaran Jembatan

Alternatif Pelebaran Jembatan	<i>First Year Rate of Return</i> (FYRR)
Lebar Jalan 10 m dengan Pembongkaran Jembatan (Alternatif 1)	4,27%
Lebar Jalan 12,5 m dengan Pembongkaran Jembatan (Alternatif 2)	6,13%
Lebar Jalan 10 m Tanpa Pembongkaran Jembatan (Alternatif 3)	11,84%
Lebar Jalan 12,5 m Tanpa Pembongkaran Jembatan (Alternatif 4)	12,76%

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, untuk alternatif 1 memiliki nilai *First Year Rate of Return* (FYRR) kurang dari suku bunga rata-rata (BI Rate) yaitu 4,93%, maka pelaksanaan pembangunan pelebaran jembatan alternatif 1 disarankan

untuk dilakukan penundaan. Sedangkan untuk alternatif 2, 3 dan 4 diperoleh nilai *First Year Rate of Return* (FYRR) lebih besar dari suku bunga rata-rata (BI Rate) yaitu 4,93%. Sehingga pembangunan pelebaran Jembatan Manguharjo alternatif 2, 3 dan 4 dapat dilaksanakan tepat waktu.

5.13.7. Analisis Kepekaan (*Sensitivity Analysis*)

Analisis sensitivitas merupakan metode yang digunakan untuk mengukur tingkat kepekaan parameter ekonomi terhadap perubahan variabel-variabel komponen yang memengaruhi nilai-nilai dalam analisis ekonomi. Analisis kepekaan dalam penelitian ini dilaksanakan melalui pengkajian perubahan estimasi komponen nilai berikut.

1. Suku bunga diskonto (*discount rate*) bertambah (+25%)
2. Suku bunga diskonto (*discount rate*) berkurang (-25%)
3. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) bertambah (+25%)
4. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) berkurang (-25%)
5. Pertumbuhan Lalu Lintas bertambah (+25%)
6. Pertumbuhan Lalu Lintas berkurang (-25%)
7. Biaya Pembangunan bertambah (+25%)

Berdasarkan estimasi perubahan diatas maka hasil analisis sensitivitas setiap alternatif dapat ditinjau pada tabel berikut.

Tabel 5.32. Hasil Analisis Sensitivitas

Skenario	Analisis Ekonomi	Lebar Jalan 10 m dengan Pembongkaran Jembatan (Alternatif 1)	Lebar Jalan 12,5 m dengan Pembongkaran Jembatan (Alternatif 2)	Lebar Jalan 10 m Tanpa Pembongkaran Jembatan (Alternatif 3)	Lebar Jalan 12,5 m Tanpa Pembongkaran Jembatan (Alternatif 4)
Kondisi Awal (Normal)	BCR	4,821	5,669	13,357	11,794
	NPV	Rp717.530.076.322	Rp1.078.873.088.461	Rp837.548.138.122	Rp1.198.891.150.261
	EIRR	10,675%	12,248%	19,421%	19,528%
	FYRR	4,272%	6,134%	11,836%	12,762%
Suku bunga diskonto (discount rate) +25%	BCR	3,089	3,708	8,559	7,715
	NPV	Rp392.315.142.030	Rp625.836.035.274	Rp512.333.203.830	Rp745.854.097.074
	EIRR	10,675%	12,248%	19,421%	19,528%
	FYRR	4,222%	6,063%	11,698%	12,614%
Suku bunga diskonto (discount rate) (-25%)	BCR	8,046	9,272	22,294	19,290
	NPV	Rp1.323.300.103.309	Rp1.911.539.023.434	Rp1.443.318.165.109	Rp2.031.557.085.234
	EIRR	10,675%	12,248%	19,421%	19,528%
	FYRR	4,323%	6,207%	11,976%	12,914%
Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) (+25%)	BCR	6,026	13,367	16,696	27,810
	NPV	Rp943.861.849.152	Rp2.857.839.158.331	Rp1.063.879.910.952	Rp2.977.857.220.131
	EIRR	12,02%	15,72%	22,66%	23,61%
	FYRR	5,340%	5,630%	14,795%	11,713%
Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) (-25%)	BCR	3,616	4,251	10,018	8,845
	NPV	Rp491.198.303.491	Rp751.382.146.845	Rp611.216.365.291	Rp871.400.208.645
	EIRR	9,229%	10,417%	16,121%	16,074%
	FYRR	3,204%	4,601%	8,877%	9,572%
Pertumbuhan Lalu Lintas (+25%)	BCR	5,457	6,395	15,120	13,304
	NPV	Rp837.041.651.756	Rp1.246.624.338.940	Rp957.059.713.556	Rp1.366.642.400.740
	EIRR	11,11%	12,73%	20,07%	20,17%
	FYRR	4,328%	6,214%	11,991%	12,929%
Pertumbuhan Lalu Lintas (-25%)	BCR	4,264	5,032	11,814	10,469
	NPV	Rp612.953.355.382	Rp931.723.006.980	Rp732.971.417.182	Rp1.051.741.068.780
	EIRR	10,224%	11,743%	18,774%	18,860%
	FYRR	4,216%	6,055%	11,681%	12,597%
Biaya Pembangunan (+25%)	BCR	3,857	4,535	10,686	9,435
	NPV	Rp670.580.822.572	Rp1.021.100.418.961	Rp820.603.399.822	Rp1.171.122.996.211
	EIRR	9,53%	10,79%	16,79%	16,76%
	FYRR	3,417%	4,907%	9,469%	10,210%

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa secara umum semua alternatif memiliki nilai yang menunjukkan kelayakan secara ekonomi, bahkan dalam kondisi suku bunga tinggi, yang mengakibatkan *Net Present Value* (NPV) turun secara signifikan (20-30%). Alternatif 4 merupakan yang terbaik karena menunjukkan kinerja finansial terbaik di semua skenario, sedangkan alternatif 1 merupakan yang terlemah karena menunjukkan kinerja finansial lemah. Semua alternatif menunjukkan $BCR > 1$, yang berarti semua alternatif layak secara ekonomi. Semua alternatif memiliki nilai $EIRR > discount\ rate$ dengan rentang nilai 10-12%. Namun alternatif 1 dan alternatif 2 pada beberapa skenario memiliki nilai *First Year Rate of Return* (FYRR) kurang dari suku bunga rata-rata (BI Rate), sehingga pelaksanaan pekerjaan perlu dilakukan penundaan. Kesimpulan dari analisis di atas yaitu semua alternatif menunjukkan ketahanan terhadap risiko, lebar 12,5 m lebih memberikan keuntungan lebih dibanding 10 m, alternatif 3 dan 4 lebih menguntungkan sebab tidak membutuhkan biaya untuk pembongkaran serta rencana pelebaran jembatan menunjukkan resiliensi yang baik terhadap berbagai macam skenario ekonomi

5.14. Rekomendasi

Berdasarkan serangkaian analisis yang dilakukan, penulis memberikan rekomendasi pelebaran Jembatan Manguharjo dengan lebar jalur lalu lintas 12,50 tanpa pembongkaran jembatan lama dengan justifikasi sebagai berikut.

1. Peningkatan kinerja lalu lintas yang lebih tinggi hingga 75 tahun kedepan, sehingga dapat mengurangi kemacetan yang signifikan;

2. Efisiensi nilai waktu perjalanan dan biaya operasional kendaraan yang lebih tinggi sehingga dampak yang dirasakan lebih besar dan menciptakan produktivitas ekonomi regional yang lebih tinggi
3. Pengurangan polusi udara yang lebih tinggi sehingga dampak lingkungan terkait dengan udara ambien dapat berkurang secara signifikan
4. Meskipun memiliki nilai investasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pelebaran 10 m tanpa pembongkaran jembatan lama. Namun parameter kelayakan ekonomi yang ditunjukkan memiliki nilai yang lebih tinggi.
5. Peningkatan keselamatan lalu lintas dan angkutan yang lebih tinggi karena terhindar dari kondisi *bottleneck*, dimana kondisi ini dapat meningkatkan risiko kecelakaan yang dapat merugikan baik secara materi dan non materi.