

STUDI KELAYAKAN LALU LINTAS SIMPANG 5 BYPASS MOJOKERTO TERHADAP PERENCANAAN UNDERPASS

Nailur Rofi'ah¹, Udi Subagyo², Nain Dhaniarti Raharjo³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: nailurofi@gmail.com subagyouidi@gmail.com nainraharjo@polinema.ac.id

ABSTRAK

Meningkatnya mobilisasi masyarakat menyebabkan volume kendaraan dan kepadatan lalu lintas meningkat di Simpang 5 Bypass Mojokerto. Kemacetan terjadi akibat volume kendaraan yang terus meningkat tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas jalan. Simpang 5 Bypass Mojokerto memiliki 5 lengan yakni Jalan Bypass Mojokerto pada arah utara, Jalan Jayanegara pada arah barat, Jalan Totok Kerot pada arah selatan, Jalan Kuwung pada barat laut dan Jalan Gempol-Mojokerto pada arah timur. Kondisi eksisting simpang menunjukkan bahwa tundaan per-kendaraan mencapai 80,8 detik dimana hal tersebut menjadikan tingkat pelayanan simpang pada LOS F, kemudian direncanakan 2 skenario penanganan dimana skenario 1 adalah pembangunan underpass pada lengan utara dan selatan tanpa pengaturan ulang fase dan skenario 2 adalah pembangunan underpass pada lengan utara dan selatan dengan pengaturan ulang fase. Didapatkan skenario penanganan terbaik adalah skenario 2 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kinerja simpang dari tingkat layanan F menjadi B. Nilai kemacetan dan biaya operasional kendaraan juga dapat dikurangi dengan solusi ini. Skenario tersebut memiliki tingkat kelayakan terbaik dengan perbedaan biaya operasional sebesar Rp. 11.354.644/jam dari kondisi eksisting. Tingkat pelayanan simpang akan optimal selama 3 tahun dengan LOS B.

Kata kunci : lalu lintas; simpang; tingkat pelayanan; nilai kemacetan; biaya operasional.

ABSTRACT

The increasing mobility of the community has led to an increase in vehicle volume and traffic density at Simpang 5 Bypass Mojokerto. Congestion occurs due to the continuously increasing vehicle volume without a corresponding increase in road capacity. Simpang 5 Bypass Mojokerto has five arms, namely Bypass Mojokerto Road in the north direction, Jayanegara Road in the west direction, Totok Kerot Road in the south direction, Kuwung Road in the northwest direction, and Gempol-Mojokerto Road in the east direction. The existing condition of the intersection shows that the delay per vehicle reaches 80.8 seconds, resulting in a level of service of LOS F. Two handling scenarios are planned, where scenario 1 involves constructing underpasses on the north and south arms without phase rearrangement, while scenario 2 involves constructing underpasses on the north and south arms with phase rearrangement. The best handling scenario is scenario 2, which shows an improvement in intersection performance from level of service F to B. The congestion index and operational cost of vehicles can also be reduced with this solution. This scenario has the best feasibility with a difference in operational cost of Rp. 11.354.644 per hour compared to the existing condition. The intersection's level of service will be optimal for 3 years at LOS B.

Keywords : Traffic; intersection; level of service; congestion index; operational cost.

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Pertambahan volume kendaraan menyebabkan kepadatan lalu lintas atau lebih dikenal dengan istilah kemacetan. Kemacetan disebabkan karena tundaan pada simpang yang terlalu lama. Kemacetan tidak terhindarkan pada titik pertemuan antar jalan atau simpang, salah satunya simpang 5 Bypass Mojokerto. Kemacetan terjadi akibat volume kendaraan yang terus meningkat tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas jalan. Simpang 5 Bypass Mojokerto memiliki 5 lengan yakni Jalan Bypass Mojokerto pada arah utara, Jalan Jayanegara pada arah barat, Jalan Totok Kerot pada arah selatan, Jalan Kuwung pada barat laut dan Jalan Gempol-Mojokerto pada arah timur. Evaluasi kinerja simpang diperlukan untuk mengetahui apakah kondisi eksisting persimpangan telah memenuhi kebutuhan atau perlu dilakukan peningkatan pelayanan simpang dengan solusi tertentu. Penelitian terdahulu oleh Dewantoko didapatkan hasil level of service Simpang Bypass Mojokerto pada LOS F sehingga diambil solusi alternatif pembangunan flyover. Penelitian kali ini dipilih solusi alternatif yakni pembangunan underpass kemudian diproyeksikan beberapa tahun kedepan sehingga didapatkan umur maksimum kelayakan lalu lintas *underpass*. Pembangunan underpass selain bertujuan untuk mengetahui kinerja lalu lintas dan biaya operasional serta nilai kemacetan bagi pengendara yang melintasi simpang 5 Bypass Mojokerto.

b. Studi Terdahulu

1. Dewantoko (2016)

Penelitian yang dilakukan oleh Dewantoko (2016) mengenai Kinerja Simpang Bersinyal dengan Alternatif Flyover di Simpang Bypass Mojokerto, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur penelitian dilakukan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan standart ketinggian dan kelandaian oprit flyover mengacu pada kelandaian dalam kota, RSNI T-14-2004 Geometrik Jalan Perkotaan, Hasil perhitungan yang didapat pada kondisi eksisting 2016 menunjukkan bahwa simpang tersebut sudah melewati jenuh dengan LOS simpang berada pada tingkat pelayanan (LOS F) dengan Panjang antrian maksimum mencapai 1183 m. Tanpa alternative penggunaan flyover dari tahun 2017-2023 penurunan kinerja simpang Bypass Mojokerto didapat QL mencapai 4263 m tahun 2021, Tundaan adalah LOS F dan alternatif penggunaan flyover dari tahun 2018-2023 peningkatan kinerja simpang Bypass Mojokerto didapat QL mencapai 163 m dan Tundaan adalah LOS D-E sehingga menunjukkan adanya perbaikan kinerja.

2. Laksono dan Prastyanto (2020)

Penelitian terdahulu mengenai Studi Kelayakan Pembangunan Underpass di Bundaran Waru Ditinjau dari Segi Lalu Lintas dan Ekonomi Jalan Raya dilakukan oleh Laksono dan Prastyanto (2020). Analisis lalu lintas berupa karakteristik kondisi lalu lintas pada saat eksisting dan membandingkan kinerja lalu lintas saat sebelum dan sesudah dibangunnya underpass ditinjau dari kecepatan tempuh dan derajat kejenuhan di Bundaran Waru. Analisis ekonomi dinilai berdasarkan analisis Biaya Operasional Kendaraan (BOK), Nilai Waktu, Benefit Cost Ratio (BCR) dan Net Present Value (NPV). Hasil perhitungan yang dilakukan, didapatkan nilai derajat kejenuhan (DS) pada tahun 2021 sebelum dibangunnya underpass yaitu 0,60 pada bagian jalinan AB, 0,70 pada bagian jalan BC, 0,53 pada bagian jalinan CA. Setelah direncanakan pembangunan underpass derajat kejenuhan (DS) kondisi eksisting menurun yaitu 0,60 pada bagian jalinan jalan AB, 0,59 pada bagian jalinan jalan BC, 0,53 pada bagian jalinan jalan CA. Sedangkan DS pada bagian underpass pada 2021 sebesar 0,23-0,29. Berdasarkan analisis kelayakan dari segi ekonomi didapatkan nilai Benefit Cost Ratio (BCR) = 1,749 > 1, Net Present Value (NPV) = Rp 111.687.095.336,507 > 0. Sesuai persyaratan analisis kelayakan ekonomi, maka rencana pembangunan underpass di Bundaran Waru Surabaya dapat dikatakan layak.

c. Studi Pustaka

- Simpang Bersinyal

Berdasarkan PKJI (2014) perhitungan kinerja ditentukan dari lama tundaan pada simpang kemudian disesuaikan dengan PM No.96 Tahun 2015 untuk penentuan tingkat pelayanan simpang.

1. Kapasitas (C)

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu dan dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$C = S \times H/c$$

Dimana:

C = Kapasitas simpang APILL, skr/jam

S = Arus jenuh, skr/ jam

H = Total waktu hijau dalam satu siklus, detik

c = Waktu siklus, detik

2. Derajat Kejenuhan (DJ)

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah

kapasitas atau tidak dan dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$DJ = Q/C$$

Dimana:

DJ = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas, skr/jam

C = Kapasitas, skr/jam

3. Tundaan Rata-Rata (D)

Tundaan didefinisikan sebagai tundaan lalu lintas untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dan dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$T = TT + TG$$

Dimana:

T = Tundaan

TT = Tundaan lalu lintas simpang APILL

TG = Tundaan geometrik simpang APILL

4. Tingkat Pelayanan Simpang

Tingkat pelayanan (Level of Service) adalah tingkat pelayanan dari suatu jalan yang menggambarkan kualitas suatu jalan dan merupakan batas kondisi pengoperasian yang dijelaskan di Peraturan Menteri 96 Tahun 2015 seperti tabel berikut:

Tabel 1. Tingkat pelayanan simpang APILL

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik per kendaraan)
A	≤5
B	5-15
C	15-25
D	25-40
E	40-60
F	>60

Sumber: Peraturan Menteri 96 Tahun 2015

d. Tujuan

Penyusunan tugas akhir terapan ini dimaksudkan untuk mencapai tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui kinerja simpang 5 Bypass Mojokerto kondisi eksisting.
2. Mengetahui kinerja simpang 5 Bypass Mojokerto sesuai skenario penanganan.
3. Mengetahui nilai kemacetan kendaraan yang melintasi simpang 5 Bypass Mojokerto.
4. Mengetahui skenario penanganan terbaik dari segi kinerja dan nilai kemacetan.
5. Mengetahui lama kelayakan optimum underpass.

2. METODE

a. Tahapan Penelitian

Pengambilan data hambatan samping, fase dan waktu sinyal

1. Menentukan lokasi survei

2. Menyiapkan peralatan yang dibutuhkan: action cam, alat tulis, formulir pengambilan data, counter, dan stopwatch.
3. Menentukan waktu pengambilan data yaitu pada hari senin, jumat dan minggu dengan waktu survei dilakukan pada jam 06.00–09.00 dan 16.30–18.30.
4. Mencatat jumlah hambatan samping, dan berapa waktu hijau, waktu kuning, waktu merah dan waktu siklus pada masing - masing lengan dibantu dengan stopwatch

Pengambilan data jumlah penduduk dan pertumbuhan kendaraan didapatkan dari website Badan Pusat Statistik Kota Mojokerto dan Badan Pusat Statistik Nasional.

b. Metode Penelitian

- Pengolahan Data Eksisting

Langkah-langkah dalam pengolahan data eksisting adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan data geometrik.
 - a. Menentukan klasifikasi fungsi jalan dan tipe jalan
 - b. Menentukan kelandaian jalan dan tipe lingkungan jalan
2. Pengolahan data lalu lintas
 - a. Pengelompokan data volume kendaraan sesuai dengan golongan
 - b. Penjumlahan data volume kendaraan menjadi smp/jam
 - c. Penentuan volume kendaraan pada jam puncak
 - d. Membuat gambar arah pergerakan arus lalu lintas pada kondisi jam puncak
3. Pengolahan data hambatan damping
 - a. Penjumlahan data hambatan samping
 - b. Penentuan faktor hambatan samping
4. Pengolahan data fase dan waktu sinyal
 - a. Menggambar diagram fase dan waktu sinyal
 - b. Menghitung waktu siklus

- Analisa dan Pembahasan Kinerja Simpang Bersinyal

Langkah perhitungan menggunakan formulir SIS-I, SIS-II, SIS-III, SIS-IV dan SIS-V pada simpang sebagai berikut:

1. Perhitungan formulir SIG I:
Pada formulir SIG I akan dianalisis dengan mengisi kondisi geometrik jalan, pengaturan lalu - lintas dan kondisi lingkungan.
2. Perhitungan formulir SIG II:
Pada formulir SIG-II akan diisi dengan data arus lalu lintas.
3. Perhitungan formulir SIG III:

Pada formulir SIG-III akan diisi dengan data waktu antar hijau dan waktu hilang.

4. Perhitungan formulir SIG IV:
Pada formulir SIG-IV akan diisi dengan data penentuan waktu sinyal dan kapasitas.
5. Perhitungan formulir SIG V:
Pada formulir SIG-V diisi Tundaan, Panjang Antrian dan Jumlah Kendaraan Terhenti.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi fungsi Jalan : Arteri, Kolektor
 Tipe Jalan : Enam lajur terbagi, Empat lajur terbagi, Dua lajur tak terbagi.
 Kelandaian Jalan : Datar
 Tipe lingkungan jalan : Komersial, Pemukiman

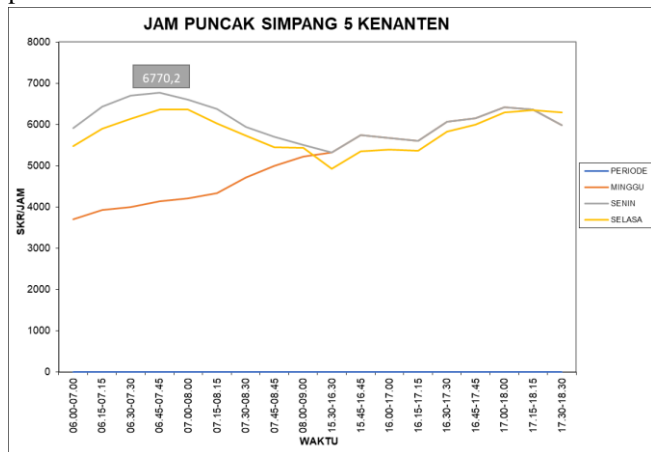
Tabel 2. Geografi simpang

Kode Pendekat	Nama Jalan	Lebar Jalan	Median	Tipe Jalan Persimpangan
Utara	Jl. Bypass	20,5 m	Ya	6/2 T
Selatan	Jl. Totok Kerot	22,5 m	Ya	6/2 T
Barat	Jl. Jayanegara	17 m	Ya	4/2 T
Barat laut	Jl. Kuwung	6 m	Tidak	2/2 TT
Timur	Jl. Gempol	20 m	Tidak	6/2 T

Sumber: Hasil survey

Pengolahan Data Arus Lalu Lintas

Mengolah data arus lalu lintas dari hasil survey lapangan untuk menentukan data arus lalu lintas pada jam puncak.



Gambar 2. Grafik Jam Puncak Simping 5 Bypass Mojokerto

Pengolahan Data Hambatan Samping

Setelah mengetahui jam puncak selanjutnya menghitung frekwensi hambatan samping pada jam puncak untuk menentukan kelas hambatan samping.

Tabel 3. Perhitungan Hambatan Samping

No	Komponen hambatan samping	Simbol	Faktor Bobot	Frekwensi kejadian	Frekwensi berbobot
1	Pejalan kaki	PK	0,5	107	53,5
2	Kendaraan berhenti, parkir	P & KH	1	35	35
3	Kendaraan masuk+keluar	KM & KK	0,7	67	46,9
4	Kendaraan lambat	UM	0,4	51	20,4
Total					155,8
Kelas hambatan samping		L/rendah (100-299)			
		Pemukiman, beberapa angkutan umum, dll			

Sumber: hasil perhitungan

Analisa Kinerja Simping Bersinyal Kondisi Eksisting

Pada perhitungan pertama yaitu menghitung kinerja simping pada kondisi eksisting dan di dapatkan tingkat pelayanan simping yaitu F dengan nilai tundaan rata – rata adalah 80,76 detik perkendaraan. Dimana tingkat pelayanan untuk simping tersebut belum sesuai standar karena berdasarkan PM 96 Tahun 2015 tingkat pelayanan pada persimpangan jalan arteri primer sekurang-kurangnya adalah B dengan kondisi tundaan lebih dari 5 sampai 15 detik perkendaraan, seperti yang dijelaskan di Tabel 4

Tabel 1. Kinerja Simping APILL Kondisi Eksisting

Kode pendekat	Waktu siklus	Derajat kejenuhan	Kapasitas smp/jam	Arus lalu lintas	Tundaan TOTAL	Tundaan simping Rata2	LOS
	(C)	(DS)	C	Q	QxD		
U	346	1,08	581	627	206438,05	80,7637	F
S	346	0,92	1487	1372	21837,24		
T	346	0,83	1012	845	8919,95		
B	346	1,04	1039	1084	122641,89		
BL	346	0,24	281	90	249,85		
RATA-RATA		0,82	899,99	4458	360086,9		

Sumber: Hasil Perhitungan

Analisa Kinerja Simping Bersinyal Kondisi Skenario 1

Skenario 1 yakni pembanunan underpass pada lengan utara dan selatan tanpa perubahan fase sinyal eksisting. Perhitungan pertama yaitu menghitung kinerja simping pada kondisi skenario 1 dan di dapatkan tingkat pelayanan simping yaitu dengan nilai tundaan rata – rata adalah 46 detik perkendaraan. Dimana tingkat pelayanan untuk simping tersebut belum sesuai standar karena berdasarkan PM 96 Tahun 2015 tingkat pelayanan pada persimpangan jalan arteri primer sekurang-kurangnya adalah B dengan kondisi tundaan lebih dari 5 sampai 15 detik perkendaraan, seperti yang dijelaskan di Tabel 4

Tabel 1. Kinerja Simping APILL Kondisi Skenario 1

Kode pendekat	Waktu siklus	Derajat kejenuhan	Kapasitas smp/jam	Arus lalu lintas	Tundaan TOTAL	Tundaan simping Rata2	LOS
	(C)	(DS)	C	Q	QxD		
U	346	0,14	581	81	10133,62	46,03670	D
S	346	0,39	1487	585	2556,99		
T	346	0,83	1012	845	8919,95		
B	346	1,04	1039	1084	122641,89		
BL	346	0,24	281	90	249,85		
RATA-RATA		0,53	899,99	3139	144502,30		

Sumber: Hasil Perhitungan

Analisa Kinerja Simpang Bersinyal Kondisi Skenario 2

Skenario 2 yakni pembanunan underpass pada lengan utara dan selatan dengan pengaturan fase baru. Perhitungan pertama yaitu menghitung kinerja simpang pada kondisi skenario 2 dan di dapatkan tingkat pelayanan simpang yaitu dengan nilai tundaan rata – rata adalah 9,9 detik perkendaraan. Dimana tingkat pelayanan untuk simpang tersebut sudah sesuai standar karena berdasarkan PM 96 Tahun 2015 tingkat pelayanan pada persimpangan jalan arteri primer sekurang-kurangnya adalah B dengan kondisi tundaan lebih dari 5 sampai 15 detik perkendaraan, seperti yang dijelaskan di Tabel 4

Tabel 1. Kinerja Simpang APILL Kondisi Skenario 2

Kode pendekat	Waktu siklus	Derajat kejenuhan	Kapasitas smp/jam	Arus lalu lintas	Tundaan TOTAL	Tundaan simpang Rata2	LOS
	(C)	(DS)	C	Q	QxD		
U	83	0,19	431	81	2922,05	9,969738	B
S	83	0,89	659	585	12490,24		
T	83	0,69	1231	845	4183,08		
B	83	0,86	1264	1084	11471,22		
BL	83	0,19	464	90	226,92		
RATA-RATA		0,56	809,88	3139	31293,51		

Sumber: Hasil Perhitungan

Analisa Nilai Kemacetan pada Simpang 5 Bypass Mojokerto

Analisa nilai kemacetan termasuk perhitungan biaya operasional kendaraan dilakukan agar dapat mengetahui berapa biaya kerugian kendaraan yang melintasi simpang tersebut. Perhitungan nilai kemacetan diperhitungkan dalam 3 kondisi yakni kondisi eksisting, alternatif 1 dan alternatif 2 untuk kemudian dilakukan perbandingan antara alternatif dan eksisting sehingga didapat kesimpulan alternatif terbaik dari segi nilai kemacetan.

Biaya Operasional Kendaraan

Metode yang digunakan untuk perhitungan biaya operasional adalah metode PCI (Pacific Consultant International), hasil perhitungan BOK sebagai berikut:

Tabel 5. Biaya Operasional Kendaraan

KONDISI	BOK		SELISIH	
Eksisting	12.955.009	Rp/jam	-	Rp/jam
Skenario 1	5.139.812	Rp/jam	7.815.197	Rp/jam
Skenario 2	1.600.365	Rp/jam	11.354.644	Rp/jam

Nilai Kemacetan

Metode yang digunakan untuk perhitungan nilai menggunakan PDRB dan UMR Kota Mojokerto 2022, hasil perhitungan nilai kemacetan sebagai berikut:

Tabel 6. Nilai Kemacetan

KONDISI	METODE		SELISIH	
	PDRB	UMR	PDRB	UMR
Eksisting	Rp. 23.076	Rp. 8.501.248	-	-
Skenario 1	Rp. 15.982	Rp. 3.341.356	Rp. 7.094	Rp. 5.159.892
Skenario 2	Rp. 15.509	Rp. 719.128	Rp. 7.567	Rp. 7.782.120

Skenario Terbaik Dari Sisi Kinerja dan Nilai Kemacetan

Skenario 2 merupakan skenario terbaik dari sisi kinerja dan nilai kemacetan karena meningkatkan tingkat pelayanan

simpang dari LOS-F menjadi LOS-B dengan pembangunan underpass pada lengan utara dan selatan dengan pengaturan ulang fase serta memiliki selisih nilai kemacetan yang signifikan dibanding kondisi eksisting.

Lama Kelayakan Optimum Underpass

Lama kelayakan optimum underpass berdasarkan proyeksi menggunakan angka pertumbuhan kendaraan nasional 6%, hasil perhitungan pada tabel berikut:

Tabel 6. Proyeksi Lama Kelayakan Underpass

Kondisi	Kode pendekat	Waktu siklus	Derajat kejenuhan	Kapasitas smp/jam	Arus lalu lintas	Tundaan TOTAL	Tundaan simpang rata2	LOS
		(c)	(DS)	C	Q	QxD		
2023	U	83	0,19	431	81	2922,05	9,97	B
	S	83	0,89	659	858	12490,24		
	T	83	0,69	1231	845	4183,08		
	B	83	0,86	1264	1084	11471,22		
	BL	83	0,19	464	90	226,92		
	Rata-Rata		0,56	809,88	3139	31293,51		
	U	83	0,18	431	79	2851		
S	83	0,78	659	511	5474			
T	83	0,91	1231	1126	19140			
B	83	0,91	1264	1150	18348			
BL	83	0,21	464	96	242			
Rata-Rata		0,60	809,88	3443	46054,60			
U	83	0,18	455	84	2971	13,36	B	
S	83	0,79	681	540	6143			
T	83	0,92	1298	1189	19887			
B	83	0,91	1333	1215	18993			
BL	83	0,21	488	101	249			
Rata-Rata		0,60	851,09	3611	48241,81			
U	83	0,19	455	88	3131			22,57
S	83	0,83	681	569	8149			
T	83	0,96	1298	1252	38111			
B	83	0,96	1333	1279	35469			
BL	83	0,22	488	101	250			
Rata-Rata		0,63	851,09	3770	85110,04			

Sumber: Hasil Perhitungan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Kinerja simpang 5 Bypass Mojokerto kondisi eksisting sesuai PKJI 2014 mempunyai nilai tundaan simpang sebesar 46,6 detik/skr termasuk tingkat pelayanan (level of service) = E berdasarkan PM No. 96 tahun 2015.
- Kinerja simpang 5 Bypass Mojokerto setelah dilakukan penanganan:
 - Skenario 1 dengan pembangunan Underpass pada lengan utara—selatan dan fase sinyal sama dengan eksisting didapatkan nilai tundaan simpang D = 28,61 detik/skr. Maka simpang tersebut mempunyai tingkat pelayanan (level of service) = D berdasarkan PM No. 96 tahun 2015.
 - Skenario 2 dengan pembangunan Underpass pada lengan utara—selatan dan pengaturan ulang fase sinyal didapatkan nilai tundaan simpang D = 6,22 detik/skr. Maka dengan skenario 2 simpang tersebut mempunyai tingkat pelayanan (level of service) = B berdasarkan PM No. 96 tahun 2015.

3. Hasil nilai kemacetan termasuk biaya operasional pada simpang 5 Bypass Mojokerto sebagai berikut:
 - a. Kondisi eksisting didapatkan perhitungan biaya operasional kendaraan yang melintasi simpang tersebut sebesar Rp. 9.817.648/jam. Nilai kemacetan yang didapat dengan metode PDRB sebesar Rp. 23.076/orang/hari dan dengan metode UMR sebesar Rp. 4.885.908/orang/hari.
 - b. Kondisi skenario 1 didapatkan perhitungan biaya operasional kendaraan yang melintasi simpang tersebut sebesar Rp. 4.435.414/jam. Nilai kemacetan yang didapat dengan metode PDRB sebesar Rp. 15.982/hari dan dengan metode UMR sebesar Rp. 2.088.384/hari.
 - c. Kondisi skenario 2 didapatkan perhitungan biaya operasional kendaraan yang melintasi simpang tersebut sebesar Rp. 1.230.647/jam. Nilai kemacetan yang didapat dengan metode PDRB sebesar Rp. 15.509/hari dan dengan metode UMR sebesar Rp. 462.209/hari.
4. Kelayakan lalu lintas terbaik dari sisi kinerja dan nilai kemacetan pada Simpang 5 Bypass Mojokerto terhadap perencanaan underpass adalah skenario 2 dengan pembangunan underpass pada lengan utara-selatan dan dengan perubahan waktu siklus dari eksisting 342 detik menjadi 71 detik dengan 3 fase dengan detail sebagai berikut:
 - a. Kinerja simpang meningkat dari kondisi eksisting dengan tingkat pelayanan simpang (Level of Service) F menjadi B sesuai dengan klasifikasi jalan arteri primer pada PM No.96 Tahun 2015.
 - b. Nilai kemacetan dengan metode PDRB didapatkan selisih kerugian sebesar Rp. 7.567/hari dan metode UMR dengan selisih Rp. 7.782.120/hari dari kondisi eksisting. Perhitungan biaya operasional kendaraan didapatkan selisih Rp. 11.354.644/jam dari kondisi eksisting.
5. Kinerja optimum simpang terhadap skenario lalu lintas terbaik dengan underpass adalah 3 tahun dengan tingkat pelayanan B.

Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, Indonesia

[4] Dewantoko, A 2016, Kinerja Simpang APILL dengan Alternatif Flyover di Simpang Bypass Mojokerto, Kota Mojokerto, Provinsi Jawa Timur, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Surabaya.

[5] Laksono, I.D., & Prastyanto, C.A. 2020, Studi Kelayakan Pembangunan Underpass di Bundaran Waru Ditinjau dari Segi Lalu Lintas dan Ekonomi Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Surabaya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Pekerjaan Umum, 2014, Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), Direktorat Jenderal Bina Marga Indonesia.
- [2] Kementrian Pekerjaan Umum 2014, Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- [3] Menteri Perhubungan Republik Indonesia 2015, Nomor PM 96 Tahun 2015 pedoman Pelaksanaan