

EVALUASI KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL MENGGUNAKAN SOFTWARE VISSIM (STUDI KASUS JL. KI HAJAR DEWANTARA – JL. EMPU GANDRING KEC. KRIAN, KAB. SIDOARJO)

Agung Khurniawan¹, Azizah Rokhmawati² dan Ita Suhermin Ingsih³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : agungkh4@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : azizah.rachmawati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : Ita.suhermin@unisma.ac.id

ABSTRACT

This study evaluates the performance of a signalized intersection at the junction of Jl. Ki Hajar Dewantara and Jl. Empu Gandring, Krian, Sidoarjo. Rapid motor vehicle growth coupled with insufficient road infrastructure has led to congestion, especially at key intersections. Using the Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI 2023) and PTV VISSIM microscopic simulation, this research analyzes parameters such as saturation flow, degree of saturation, delay, and queue length. The results are intended to offer recommendations for optimizing intersection performance.

Keywords: PKJI 2023, saturation flow, signalized intersection, traffic performance, VISSIM.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sidoarjo menunjukkan perkembangan signifikan dalam sektor industri dan transportasi. Namun, pertumbuhan jumlah kendaraan tidak sebanding dengan peningkatan prasarana jalan. terutama di simpang-simpang penting.

Salah satunya adalah simpang bersinyal di Jl. Ki Hajar Dewantara – Jl. Empu Gandring, Kecamatan Krian, yang merupakan jalur vital penghubung antar wilayah. Peningkatan ini menyebabkan tingginya volume lalu lintas yang menjadikan kemacetan [5]. Di lokasi ini terdapat sekolah, jalur kereta api, dan aktivitas komersial yang menimbulkan hambatan samping.

Penelitian ini menggunakan PKJI 2023 dan perangkat lunak simulasi VISSIM untuk memodelkan dan menganalisis kinerja simpang tersebut [6]

Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan lalu

lintas di simpang tersebut [3], selaras dengan pedoman dalam menentukan kapasitas jalan Indonesia [4]

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja simpang pada kondisi eksisting?
2. Apa solusi yang dapat meningkatkan kinerja simpang?
3. Bagaimana hasil simulasi mikroskopik menggunakan PTV VISSIM?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi kinerja simpang bersinyal pada kondisi eksisting
2. Menyusun alternatif peningkatan kinerja simpang
3. Melakukan simulasi kondisi eksisting dan perbaikan dengan PTV VISSIM

1.4 Lingkup Penelitian

1. Simpang yang dianalisis adalah Simpang Tiga Jl. Ki Hajar Dewantara – Jl. Empu Gandring

2. Analisis dilakukan pada jam puncak pagi dan sore hari
3. Evaluasi kinerja menggunakan metode PKJI 2023 dan simulasi *PTV VISSIM*
3. **Simpang Tidak Sebidang**, seperti flyover atau underpass, yang memisahkan aliran lalu lintas secara vertikal untuk mengurangi konflik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Jalan

Berdasarkan fungsinya, jalan umum diklasifikasikan menjadi jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan lingkungan :

1. Jalan arteri adalah jenis jalan umum yang berperan dalam melayani lalu lintas kendaraan utama dengan karakteristik perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan kontrol akses yang ketat demi efisiensi fungsi transportasinya.
2. Jalan kolektor adalah jenis jalan umum yang berperan sebagai penghubung antara jalan lokal dan jalan arteri, dengan karakteristik perjalanan jarak menengah, kecepatan sedang, serta akses masuk yang dibatasi.
3. Jalan lokal adalah jenis jalan umum yang berperan melayani penghubung angkutan setempat dengan sifat - sifat perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan adalah jenis jalan umum yang bertugas melayani penghubung antara jalan kolektor dan jalan lokal dengan sifat perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.(UU No. 38 Tahun 2004)

2.2 Simpang dan Jenisnya

Simpang adalah titik temu atau percabangan antara dua atau lebih ruas jalan yang memungkinkan kendaraan berpindah arah. Berdasarkan sistem pengendaliannya, simpang dapat diklasifikasikan menjadi:

1. **Simpang Tak Bersinyal**, yaitu simpang yang tidak menggunakan alat pengatur lalu lintas dan mengandalkan prioritas.
2. **Simpang Bersinyal (APILL)**, yaitu simpang yang dikendalikan oleh alat pemberi isyarat lalu lintas untuk mengatur waktu masuknya kendaraan dari tiap arah.

2.3 Kinerja Simpang Bersinyal

Menurut PKJI 2023, evaluasi kinerja simpang bersinyal dilakukan dengan menganalisis:

1. **Arus Jenuh (S)**, ialah Jumlah tertinggi kendaraan, yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp), yang mampu melintasi satu lajur dalam kondisi ideal setiap jamnya.
2. **Derajat Kejenuhan (DJ)**, Merupakan perbandingan antara volume arus lalu lintas dengan kapasitas jalan yang digunakan untuk menentukan tingkat pelayanan (Level of Service/LOS).
3. **Tundaan Rata-rata (Delay)**, yaitu waktu rata-rata yang dihabiskan kendaraan akibat berhenti atau melambat di simpang.
4. **Panjang Antrian (Queue Length)**, menunjukkan jumlah kendaraan yang menunggu giliran untuk melintas.

2.4 Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023)

PKJI 2023 adalah penyempurnaan dari MKJI 1997, dengan pendekatan yang lebih realistis berdasarkan data lalu lintas aktual. PKJI mempertimbangkan pengaruh hambatan sampling, waktu siklus sinyal, fase lampu lalu lintas, dan penyesuaian arus jenuh berdasarkan kondisi geometrik dan lingkungan sekitar.

2.5 Hambatan Sampling

Aktivitas yang termasuk dalam hambatan sampling antara lain kendaraan berhenti, parkir di jalan, penyeberangan pejalan kaki, serta kendaraan yang keluar atau masuk dari bangunan di sekitar jalan. Hambatan ini berpengaruh langsung terhadap efisiensi kapasitas dan menambah tundaan kendaraan di simpang.

2.6 Analisis Kapasitas dan Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan (LOS) digunakan untuk mengevaluasi kualitas operasional suatu

simpang. Berdasarkan nilai DS dan tundaan, LOS dikategorikan dari A (bebas hambatan) sampai F (kemacetan parah). Nilai $DS \geq 0,85$ mengindikasikan bahwa simpang bekerja mendekati kapasitas maksimal dan perlu evaluasi.

2.7 Perangkat Lunak PTV VISSIM

PTV VISSIM merupakan perangkat lunak simulasi lalu lintas berbasis mikroskopik yang digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi perilaku kendaraan secara individual. VISSIM menggabungkan parameter geometrik, volume lalu lintas, waktu sinyal, dan perilaku pengemudi, serta mampu menghasilkan data tundaan, panjang antrian, dan animasi visual untuk mendukung analisis kinerja simpang [3]

2.7 Studi Terkait

(Rokhmawati et al., n.d.) melakukan evaluasi sistem irigasi menggunakan pemodelan numerik yang juga menekankan pentingnya neraca kapasitas. Penelitian oleh Suprpto et al. (2019) menyatakan bahwa pendekatan simulasi memberikan gambaran yang lebih akurat dibanding pendekatan analitik tradisional. Hal ini mendukung pentingnya penggunaan VISSIM dalam mengevaluasi kondisi lalu lintas yang kompleks.

3. METODOLOGI PENELITIAN

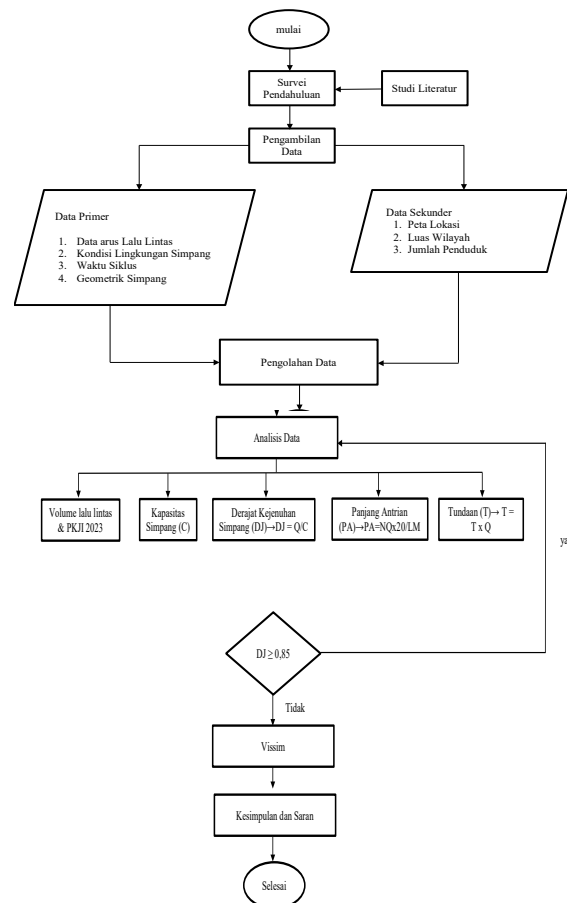
3.1. Lokasi Daerah Studi

Penelitian ini dilakukan pada simpang tiga bersinyal yang terletak di Jl. Ki Hajar Dewantara – Jl. Empu Gandring, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo.



Gambar 3.1 lokasi penelitian

3.2 Bagan Alir



Gambar 3.2 bagan alir

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian berada pada simpang tiga yang menghubungkan Jl. Ki Hajar Dewantara dan Jl. Empu Gandring, yang memiliki aktivitas tinggi dari arah sekolah, perumahan, jalur kereta api, dan pertokoan. Survei dilaksanakan pagi dan sore :

1. Pagi hari antara pukul 07.00 - 09.00 WIB.
2. Siang hari antara pukul 11.00 - 13.00 WIB.
3. Sore hari antara pukul 16.00 – 18.00 WIB.

3.4 Jenis Data dan Sumber Data

1. **Data Primer:** Volume lalu lintas, waktu siklus sinyal, geometri simpang, jenis kendaraan, dan hambatan samping diperoleh dari survei lapangan.
2. **Data Sekunder:** Peta lokasi, citra udara, dan literatur seperti PKJI 2023 dan panduan PTV VISSIM.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

1. Survei volume lalu lintas dilakukan dengan metode pencacahan manual selama 12 jam.
2. Survei waktu sinyal dilakukan dengan stopwatch untuk merekam lama fase hijau, kuning, dan merah.
3. Dokumentasi geometrik diambil melalui pengukuran langsung dan citra Google Earth.
4. Hambatan samping dicatat berdasarkan frekuensi aktivitas keluar masuk kendaraan, pejalan kaki, parkir liar, dan aktivitas lainnya.

3.6 Tahapan Analisis Data

1. **Perhitungan Arus Jenuh Dasar dan Faktor Penyesuaian** berdasarkan PKJI 2023, meliputi FUK (fungsi kecepatan), FG (gradasi), FP (parkir), dan FBKa (bus dan kendaraan angkutan).
2. **Perhitungan Kapasitas Simpang dan Derajat Kejenuhan:** Volume aktual dibandingkan dengan kapasitas untuk mengetahui nilai DS.
3. **Perhitungan Tundaan dan Panjang Antrian:** Digunakan rumus tundaan geometrik dan empiris sesuai PKJI 2023.
4. **Evaluasi Tingkat Pelayanan (LOS)** berdasarkan nilai tundaan dan DS.
5. **Simulasi dengan PTV VISSIM** untuk kondisi eksisting dan skenario perbaikan, dilakukan kalibrasi agar mendekati kondisi aktual.
6. **Evaluasi Alternatif Perbaikan**, terutama pada perubahan fase sinyal dan manajemen lalu lintas seperti rekayasa arah atau pelebaran pendekat.

3.7 Kriteria Kinerja Simpang

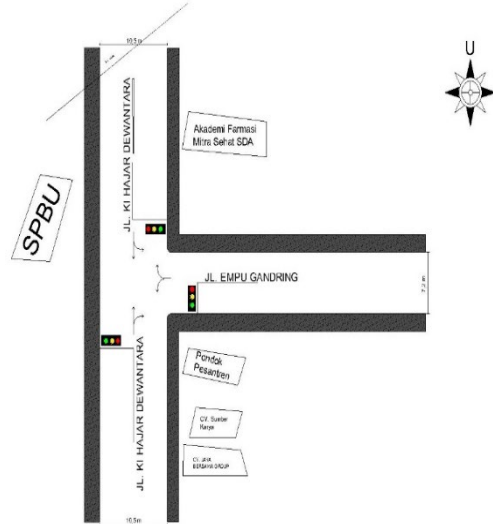
Berdasarkan PKJI 2023, simpang dikatakan perlu penanganan apabila:

1. Derajat kejenuhan (DJ) $\geq 0,85$
2. Rata-rata tundaan > 40 detik/kendaraan
3. Panjang antrian > 50 meter Simulasi dengan VISSIM juga memperhatikan indikator tambahan seperti emisi kendaraan dan konsumsi bahan bakar.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Gambaran Umum

Lokasi penelitian ini dilakukan di persimpangan tiga yang merupakan salah satu jalan kabupaten dengan fungsi jalan kolektor.



Gambar 4.1 layout penelitian

4.2 Hambatan Samping

Tabel 4.1 data hambatan samping

Pendekat	Pejalan Kaki/jam	Kend.			Total
		Masuk dan Keluar/jam	Kend. Parkir/jam	Kend. Lambat/jam	
Jl. Ki Hajar Dewantara (selatan)	37	49	3	43	132
Jl. Empu Gandring	28	41	3	34	106
Jl. Ki Hajar Dewantara (utara)	46	35	2	51	134
Total	111	125	8	128	372

4.3 Data Arus Lalu Lintas Eksisting

Berdasarkan hasil survei lalu lintas pada Jumat, 29 Maret 2024 pukul 07.00–08.00 WIB, data arus kendaraan sebagai berikut:

Tabel 4.2. Arus Lalu Lintas Simpang Tiga pada Kondisi Eksisting (kendaraan/jam)

4.4 Kapasitas

$C = J \times h/c$ dimana (h) ialah waktu hijau pada masing - masing pendekat dan (c) waktu siklus.

Pendekat Utara = $2753 \times 26 / 90 = 795,31$

Pendekat Timur = $2041 \times 26 / 90 = 589,62$

Pendekat Selatan = $3382 \times 26 / 90 = 977,02$

4.5 Derajat Kejenuhan

DJ = Q/C

Pendekat Utara = 535,4 / 795,31 = 0,67

Pendekat Timur = 592,2 / 566,31 = 1,05

Pendekat Selatan = 622 / 977,02 = 0,64

4.6 Panjang Antrian

QL = NQmax x $\frac{20}{L masuk}$

Lengan Persimpangan	Pergerakan	(kend/jam)				Total (kend/jam)
		SM	KR	KB		
Jl. Ki Hajar Dewantara (utara)	ST	838	156	1	995	1865
	LT	728	138	4	870	
Jl. Empu Gandring	RT	756	189	10	955	1864
	LT	745	159	5	909	
Jl. Ki Hajar Dewantara (selatan)	ST	842	172	6	1020	2006
	RT	773	187	10	986	
Total						5634

Pendekat Utara QL=12,28x $\frac{20}{5,25}$ = 46,7 m

Pendekat Timur QL = 21,33 x $\frac{20}{3,6}$ = 118,5 m

Pendekat Selatan QL = 13,92 x $\frac{20}{5,25}$ = 53,8 m

4.7 Tundaan

Ttotal = T x Q

Pendekat Utara

Ttotal = 33,39 x 535,4 = 17877.06 smp/det

Pendekat Timur

Ttotal = 74,6 x 592,2 = 44178,12 smp/det

Pendekat Selatan

Ttotal = 32,16 x 622 = 20003,52 smp/det

4.8 Kinerja Simpang pada Kondisi Eksisting

Kinerja simpang dievaluasi dengan metode PKJI 2023. Pada pendekat Timur, derajat kejenuhan (DS) tercatat melebihi batas toleransi (≥0,85), disertai antrian sepanjang 118,5 meter. ITP masuk kategori E, menandakan ketidakstabilan arus lalu lintas. Hasil kinerja simpang dapat dilihat pada tabel 4.3.

4.9 Alternatif Perbaikan Waktu Siklus (Alternatif I)

Perubahan waktu siklus dirancang dengan waktu siklus yang disesuaikan berdasarkan perhitungan waktu hijau untuk 3 fase.

Pada perubahan siklus, arus lalu lintas (Q), lebar efektif (We) pada masing -masing pendekat, faktor-faktor koreksi, dan nilai arus jenuh yang disesuaikan (S) diasumsikan sama dengan kondisi eksistin didapatkan kapasitas (C) pada masing-masing pendekat.

Tabel 4.3. Kinerja Simpang Bersinyal Krian (Eksisting)

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam Q	Kapasitas smp/jam C	Derajat Kejenuhan DJ Q/C	Rasio Hijau RH g/c	Jumlah Kendaraan Antri (smp)						Panjang Antrian QL	Rasio Kendaraan stop/smp RKH	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam NKH	Tundaan			
					Total NQ 1 + NQ 2 = NQ max									Tundaan Lalu Lintas rata-rata TLL det/smp	Tundaan Geometrik rata-rata det/smp TG	Tundaan rata-rata det/smp D = TLL + TG	Tundaan Total T x Q
					NQ 1	NQ 2	NQ 1 + NQ 2 = NQ max	NQ 1	NQ 2	NQ 1 + NQ 2 = NQ max							
U	535,4	795,31	0,67	0,29	0,49	11,79	12,28	12,28	46,7	0,82	439,02	30,11	3,28	33,39	17877,06		
T	592,2	589,62	1,05	0,29	6,22	15,11	21,33	21,33	118,5	1,29	763,93	70,37	4,23	74,6	44178,12		
S	622	977,02	0,64	0,29	0,37	13,55	13,92	13,92	53,8	0,80	497,6	28,36	3,8	32,16	20003,52		
Qtot 1749,6											Total	1700,55	Total 82058,7				
Kendaraan Terhenti Rata - Rata (stop/smp)												0,97	Tundaan Simpang Rata - Rata det/smp 46,90				

Tabel 4.4. Alternatif I Waktu Siklus Sinyal Lalu Lintas

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam Q	Kapasitas smp/jam C	Derajat Kejenuhan DS Q/C	Rasio Hijau RH WHI/c	Jumlah Kendaraan Antri (smp)							Rasio Kendaraan stop/smp RKH	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam NKH	Tundaan			
					NQ 1	NQ 2	Total NQ 1 + NQ 2 = NQ max	Panjang Antrian QL	Tundaan Lalu Lintas rata-rata TLL det/smp	Tundaan Geometrik rata-rata det/smp TG	Tundaan rata-rata det/smp T = TLL + TG			Tundaan Total T x Q			
U	535,4	657,43	0,81	0,23	1,34	9,42	10,76	10,76	40,9	0,97	519,33	31,45	3,88	35,33	18915,68		
T	592,2	731,10	0,81	0,35	1,34	9,99	11,33	11,33	62,9	0,92	544,82	26,02	3,93	29,95	17736,39		
S	622	757,16	0,82	0,22	1,43	11,01	12,44	12,44	47,39	0,96	597,12	31,58	3,96	35,54	22105,88		
Qtot	1749,6										Total	1661,27		Total	58757,95		
Kendaraan Terhenti Rata - Rata (stop/smp)												0,95	Tundaan Simpang Rata - Rata det/smp			33,58	

Tabel 4.5. Kinerja Simpang Setelah Alternatif II (Perubahan Fase)

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam Q	Kapasitas smp/jam C	Derajat Kejenuhan DS Q/C	Rasio Hijau RH WH/c	Jumlah Kendaraan Antri (smp)					Rasio Kendaraan stop/smp RKH	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam NKH	Tundaan			
					NQ 1	NQ 2	Total NQ 1 + NQ 2 = NQ	NQ max	Panjang Antrian QL			Tundaan Lalu Lintas rata-rata TLL det/smp	Tundaan Geometrik rata-rata det/smp TG	Tundaan rata-rata det/smp T= TLL+ TG	Tundaan Total T x Q
U	535,4	1279,56	0,41	0,46	0,15	7,03	7,18	7,18	27,35	0,61	326,59	13,20	2,44	15,64	8373,66
T	592,2	833,65	0,71	0,41	0,68	9,72	10	10	55,5	0,77	455,99	20,69	3,81	24,5	12252,62
S	622	1381,38	0,45	0,41	0,09	8,86	8,95	8,95	34,1	0,66	410,52	15,14	3,68	18,82	9417,08
Qtot 1749,6										Total	1193,1	Total 30043,36			
Kendaraan Terhenti Rata - Rata (stop/smp)										0,68	Tundaan Simpang Rata - Rata det/smp 17,17				

Tabel 4.6 pemodelan vissim

Timeint	Lengan Arah	QLen (m)	QLenMax (m)	Vehs (All)	LOS (All)	LOSVal (All)	Veh Delay (All) (detik)	MISSIONS CO	EMISSION NOx	EMISSIONS VOC	FUEL CONSUMPTION
0-600	Utara U-T	4,50	33,07	133	A	1	3,68	57,290	11,147	13,277	0,820
0-600	U-S	4,50	33,07	162	A	1	7,07	82,280	16,009	19,069	1,177
0-600	Timur T-U	190,36	449,58	45	B	2	14,87	36,804	7,161	8,530	0,527
0-600	T-S	190,36	449,58	41	B	2	16,69	29,366	5,714	6,806	0,420
0-600	Selatan S-T	0	0	0	A	0	0	0	0	0	0
0-600	S-U	211,79	345,22	145	A	1	0,85	92,219	17,942	21,373	1,319
0-600	Total	135,55	449,58	526	A	1	5,91	293,277	57,061	67,970	4,196

4.10 Alternatif II: Perubahan Fase Menjadi 2 Fase

Perubahan fase dari 3 menjadi 2 menunjukkan hasil yang lebih baik, dapat dilihat pada tabel 4.5.

4.11 Simulasi Menggunakan PTV Vissim

Pemodelan kondisi eksisting dan dua skenario alternatif dilakukan menggunakan PTV Vissim. Simulasi menunjukkan bahwa alternatif II memberikan hasil paling optimal dalam mengurangi tundaan dan panjang antrian kendaraan. Visualisasi model menunjukkan kelancaran arus lalu lintas yang lebih baik dibandingkan kondisi awal

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kinerja lalu lintas simpang tiga bersinyal Jl. Ki Hajar Dewantara - Jl. Empu Gandring, tingkat arus lalu lintas terbesar terjadi dari arah pergerakan di Jl. Ki Hajar Dewantara (pendekat Utara), Jl. Empu Gandring (pendekat Timur), dan Jl. Ki Hajar Dewantara (pendekat Selatan) dengan total pergerakan pada jam puncak pagi hari sebesar 1749,6 smp/jam dan, dari hasil analisis kinerja simpang tiga bersinyal Jl. Ki Hajar Dewantara - Jl. Empu Gandring, Krian saat kondisi eksisting diperoleh DS pada Pendekat Utara 0,67, Pendekat Timur

1,05, dan Pendekat Selatan 0,64 serta, dari ukuran parameter ITP menyebutkan bahwa kinerja simpang menunjukkan tingkat pelayanan E (arus tidak stabil / tersendat - sendat).

2. Alternatif yang paling optimal untuk peningkatan kinerja simpang tiga bersinyal Jl. Ki Hajar Dewantara - Jl. Empu Gandring yaitu, strategi perbaikan yang dilakukan untuk dapat menurunkan derajat kejenuhan ialah dengan perubahan sesi. Dari hasil analisis perubahan fase menunjukkan bahwa DJ pada ketiga pendekat lebih baik dari kondisi eksisting dan alternatif perubahan siklus yaitu Pendekat Utara 0,41, Pendekat Timur 0,71, dan Pendekat Selatan 0,45 dan panjang antrian pada perubahan fase sebesar Pendekat Utara 27,35 meter, Pendekat Timur 55,5 meter, dan Pendekat Selatan 34,1 meter tundaan rata rata sebesar 17,17 yang masuk dalam kategori indeks tingkat pelayanan (ITP) kategori C, yaitu tingkat pelayanan ini arus lalu lintas stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan.
3. Hasil pemodelan didapatkan tingkat pelayanan (LOS) A dengan tundaan rata rata 59,62 detik/kendaraan. Panjang antrian maksimum didapatkan 448,74 m, 63 sedangkan panjang antrian rata-rata 103,94 m. Emisi karbon monoksida (CO)

1139,44 gram, emisi nitrogen oksida (NOx) 221,69 gram, dan senyawa organik menguap (VOC) 264,08 gram. Konsumsi bahan bakar berdasarkan hasil pemodelan simulasi 16,30 US liquid gallon atau setara dengan 61,70 liter.

5.2 Saran

1. Sesuai dengan kesimpulan Alternatif II yang disajikan maka untuk simpang Jl. Ki Hajar Dewantara - Jl. Empu Gandring disarankan untuk perubahan fase dari yang semula 3 fase menjadi 2 fase sinyal.
2. Dengan perubahan fase yang semula 3 menjadi 2 fase maka perlu diadakan perubahan arah arus simpang pada bagian Jl. Ki Hajar Dewantara (Utara) yang semula 2 arah menjadi 1 arah menuju Jl. Ki Hajar Dewantara (Selatan) saja.
3. Mengingat arus lalu lintas bersifat fluktuatif dan sulit diprediksi, disarankan dilakukan evaluasi kondisi lalu lintas secara berkala setiap beberapa tahun untuk memastikan kinerja simpang tiga bersinyal tetap optimal sesuai peruntukannya.
4. Melalui penyusunan tugas akhir ini, diharapkan dapat memberikan manfaat bagi instansi terkait maupun peneliti di masa depan, serta mendorong pemilihan alternatif solusi yang lebih beragam dalam menangani permasalahan pada simpang tiga bersinyal, sehingga koordinasi antar jaringan jalan dan simpang lainnya dapat ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik (2021) *Statistik Transportasi Darat*.
- [2] Ingsih, I. S., Syahputra, E. F. M., & Rachmawati, A. (n.d.). *EVALUASI KINERJA SIMPANG TIGA TAK BERSINYAL KARANGPLOSO - PENDEM KABUPATEN MALANG DENGAN SOFTWARE VISSIM DAN MENGGUNAKAN METODE PKJI 2023*.
- [3] Ingsih, I. S., & Winaktu, G. (2022). *KINERJA SIMPANG PENDEM KOTA BATU DI ERA*

PANDEMI COVID-19 (Jl. IR. SOEKARNO – Jl. DR. M. HATTA). 12(2).

- [4] PKJI, D. J. B. M. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. DIRJEN BINA MARGA.
- [5] Rachmawati, A., Apif, M., & Suprpto, B. (n.d.). *STUDI EVALUASI KINERJA SIMPANG TIGA JALAN VETERAN – JALAN SUNGAI BILU KOTA BANJARMASINKALIMANTAN SELATAN*.
- [6] Rokhmawati, A., Nadia, S., & Rahmawati, A. (n.d.). *STUDI EVALUASI KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL KEBONAGUNG KOTA PASURUAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE PKJI 2014 DAN SOFTWARE VISSIM*.
- [7] Oglesby, C. H., Hicks, R. G. (1999). *Teknik Jalan Raya*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [8] Warpani, S. P. (2002). *Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Bandung: Penerbit ITB.
- [9] Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Perencanaan dan pemodelan transportasi*.
- [10] Khisty, C. J., & Lall, B. K. (2003). *Transportation engineering: An introduction (3rd ed)*. Prentice Hall.
- [10] Putra, K. H., Ingsih, I. S., & Mukharom, I. D. (2022). *Analyzing The Level Of Service At Anjuk Ladang Terminal, Nganjuk Regency By Importance Performance Analysis (Ipa) Method. Journal innovation Innovation of Civil Engineering (JICE), 3(2), 60-66.*