

ANALISIS KINERJA SIMPANG EMPAT BERSINYAL (STUDI KASUS: JL. HASYIM ASYARI – JL. IMAM BONJOL – DAN JL. MASTRIP KAB. BOJONEGORO)

Lailvie Cahyaning Putri¹, Boedi Rahardjo¹, Pranoto¹

¹Universitas Negeri Malang,

Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding author, email: lailvie.cahyaning.1905236@students.um.ac.id

doi: 10.17977/um068.v4.i4.2024.3

Kata kunci Keywords

Kinerja
Simpang bersinyal
tingkat pelayanan
derajat kejenuhan
tundaan

Abstrak

Kemacetan merupakan permasalahan yang timbul akibat padatnya aktivitas lalu lintas. Kemacetan sering terjadi di daerah persimpangan dan dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain arus kendaraan, panjang antrian, waktu siklus, dan tundaan. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Menganalisis kinerja simpang empat bersinyal, dan (2) Memberikan solusi alternatif atas permasalahan yang terjadi. Lokasi penelitian dilaksanakan di simpang empat bersinyal Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro. Data yang diperlukan diperoleh melalui survei lapangan yang dilaksanakan pada hari Senin, Rabu, Sabtu, dan Minggu pukul 06.00 – 08.00, 11.00 – 13.00, 17.00 – 19.00 WIB untuk kemudian diambil data jam puncak. Hasil penelitian dianalisis menggunakan formulir SIS I – SIS V PKJI 2023. Hasil penelitian menunjukkan: (1) Tingkat pelayanan simpang C dengan indikator tundaan sebesar 24,03 det/smp dan derajat kejenuhan sebesar 0,88; (2) Solusi alternatif yang diberikan yakni dengan rekayasa 3 fase, rekayasa geometrik, dan penyesuaian waktu siklus. Solusi alternatif yang diberikan mampu mengurangi nilai derajat kejenuhan menjadi 0,67 dan tundaan sebesar 13,98 det/smp. Waktu siklus juga dihitung dan disesuaikan sehingga didapatkan sebesar 45 detik.

1. Pendahuluan

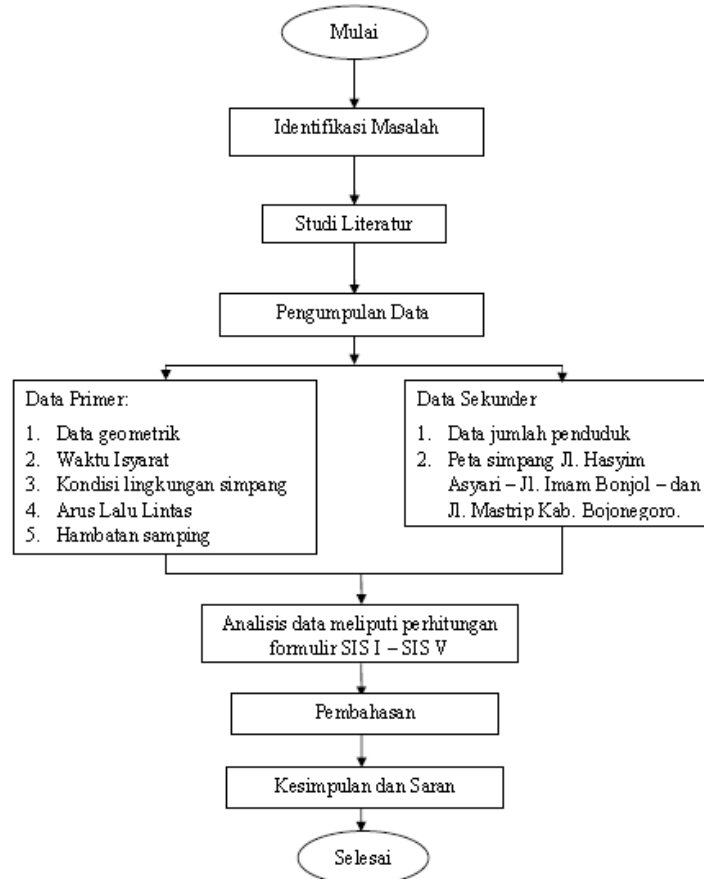
Simpang Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro merupakan simpang empat bersinyal. Pada simpang ini sering terjadi kemacetan terutama pada pendekat Utara dan Barat. Salah satu penyebab kemacetan pada simpang ini adalah banyaknya hambatan samping pada jalan seperti lengan simpang yang dijadikan lahan untuk parkir pasar besar dan pertokoan. Apabila aktivitas perniagaan pada pendekat ini meningkat, maka hambatan samping juga menjadi tinggi terutama pada hari libur. Arus kendaraan pada simpang ini terbilang cukup besar sehingga hambatan samping menjadi gangguan untuk kelancaran pergerakan lalu lintas.

Selain alasan diatas, pengaturan waktu siklus pada simpang ini juga menjadi salah satu penyebab kemacetan. Lewat jenuh simpang dapat terjadi apabila waktu siklus terlalu cepat, sedangkan waktu siklus yang terlalu lama juga dapat menimbulkan tundaan yang besar (Subakir & Amal, 2022) Hal ini menyebabkan panjangnya antrian kendaraan pada simpang Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro. Oleh karena itu, analisis simpang bersinyal dapat dilakukan untuk mengetahui kinerja simpang empat bersinyal dan indeks tingkat pelayanan dari simpang tersebut.

2. Metode

Pengambilan data dilakukan dengan survei manual pada simpang empat bersinyal Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro pada Hari Senin, Rabu, Sabtu dan Minggu pukul 06.00 – 08.00, 11.00 – 13.00, dan 17.00 – 19.00 WIB. Hari Senin dan Rabu mewakili weekdays sedangkan Sabtu dan Minggu mewakili weekends untuk selanjutnya diambil data jam puncak.

Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi data geometrik jalan, waktu siklus, kondisi lingkungan simpang, hambatan samping, dan volume lalu lintas. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data penduduk Kab. Bojonegoro dan peta simpang Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro. Data primer dan data sekunder kemudian selanjutnya dianalisis dengan formulir SIS I – SIS V PKJI 2023. Alur rancangan penelitian dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

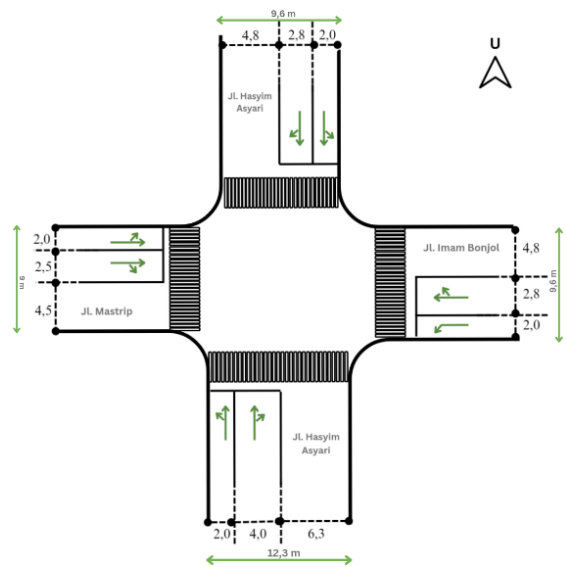
3.1. Hasil

A. Kinerja Simpang

Kinerja simpang dapat diukur dengan beberapa parameter yakni arus, kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan. Data parameter yang dihitung dapat dilihat pada penjelasan berikut.

Geometrik Simpang

Data geometrik simpang yang didapatkan dari penelitian antara lain yakni lebar lajur, lebar masuk, lebar keluar, dan lebar belok kiri untuk tiap pendekat. Selain data berupa lebar jalan, didapatkan data hambatan samping yakni tinggi untuk pendekat Utara dan Selatan, dan sedang untuk pendekat Barat dan Timur. Sketsa geometrik simpang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Geometrik Simpang

Data geometrik simpang dapat dilihat lebih jelas pada Tabel dibawah ini.

Tabel 1. Geometrik Simpang

Kode Pendekat	Lebar Lajur (L)	Lebar Masuk (L _M)	Lebar lajur belok kiri (L _{BKJT})	Lebar lajur keluar (L _K)
U	4,8	2,8	2,0	6,3
S	6,0	4,0	2,0	4,8
T	4,8	2,8	2,0	4,5
B	4,5	2,5	2,0	4,8

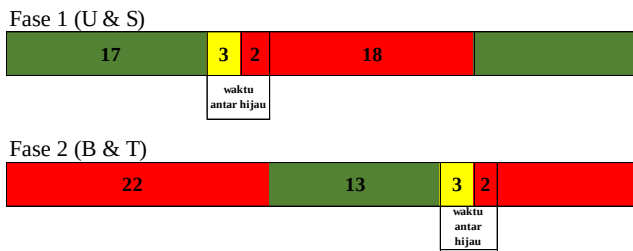
Waktu Siklus

Simpang Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro memiliki tipe pendekat terlawan dan dua fase dimana fase pertama untuk pendekat Utara dan Selatan, sedangkan pada fase kedua untuk pendekat Barat dan Timur. Diagram fase pada simpang ini dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 2. Waktu Siklus

Pendekat	Waktu Hijau (detik)	Waktu Kuning (detik)	Waktu Merah Semua (detik)	Waktu Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)
Fase 1 (U & S)	17	3	2	18	40
Fase 2 (B & T)	13	3	2	22	40

Siklus penuh 40 detik



Gambar 3. Diagram Fase Waktu Siklus

Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas dinyatakan dalam satuan kend/jam dan diambil dari data jam puncak yakni pada Hari Minggu pukul 06.00 – 08.00 WIB kemudian diubah menjadi smp/jam dengan nilai emp pada PKJI 2023. Data volume kendaraan kondisi eksisting simpang Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro.

Tabel 3. Data Volume Lalu Lintas

Kode Pendekat	Arah	Q _{KBM}		
		Total arus kendaraan bermotor		
		kend/jam	smp/jam	
			Terlindung	Terlawan
U	LRS	522	118	237
	BKa	397	83,1	175,6
	Bki/BKiJT	335	84	158
	Total	1254	285,1	570,6
S	LRS	265	76,35	132,1
	BKa	451	114,15	213,4
	Bki/BKiJT	604	154,95	287,2
	Total	1320	345,45	632,7
T	LRS	563	128,95	256,7
	BKa	370	55,5	148
	Bki/BKiJT	455	98,3	203,3
	Total	1388	282,75	608
B	LRS	519	123,5	240
	BKa	411	109,55	198,3
	Bki/BKiJT	287	57,25	125
	Total	1217	290,3	563,3

Area Jenuh

Arus jenuh merupakan besarnya arus lalu lintas keberangkatan antrian dari dalam suatu pendekat selama kondisi yang ada (smp/jam). Besarnya arus jenuh dipengaruhi oleh waktu siklus, lebar efektif, dan perilaku pengguna jalan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rizky (2022). Perhitungan arus jenuh yang disesuaikan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Perhitungan Arus Jenuh

		Arus jenuh smp/jam Hijau							Arus lalu lintas skr/jam	Rasio Arus	
Pendekat	Lebar efektif (m)	Arus jenuh dasar S ₀	Faktor Penyesuaian							Nilai arus jenuh disesuaikan	
			Semua tipe pendekat				Hanya tipe P				R _{AS}
			F _{UK}	F _{KHS}	F _G	F _P	F _{BKa}	F _{BKi}	S	Q	R _{Q/S} = Q/S
U	2,8	1280	1,05	0,91	1	1	1	1	1815,76	361	0,34
S	4,0	1350	1,05	0,91	1	1	1	1	1452,89	346	0,25
T	2,8	1480	1,05	0,93	1	1	1	1	1956,98	329	0,21
B	2,5	1150	1,05	0,92	1	1	1	1	1708,3	421	0,45
									ΣR _{AS} =		0,79

Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Nilai kapasitas berbanding terbalik dengan nilai derajat kejenuhan dimana semakin besar nilai kapasitas, maka semakin kecil nilai derajat kejenuhan (Alkam, dkk., 2021). Perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Perhitungan Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Kode Pendekat	Arus Jenuh disesuaikan	Arus Lalu Lintas	Waktu Hijau	Kapasitas	Derajat Kejenuhan
	S	Q	H	C	Dj
	smp/jam	kend/jam	detik	kend/jam	
U	1223,04	413	36	469	0,88
S	1289,93	323	0	494	0,65
T	1528,67	319	48	779	0,41
B	1146,46	514	0	584	0,88

Selain kapasitas dan derajat kejenuhan, waktu siklus juga dihitung. Perhitungan waktu siklus dilakukan karena erat kaitannya dengan nilai tundaan. Waktu siklus pra penyesuaian dihitung dengan persamaan berikut.

$$s = \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{1 - \sum Rq/s \text{ kritis}}$$
$$s = \frac{(1,5 \times 10 + 5)}{1 - 0,79} = 93,40 \text{ detik}$$

Panjang Antrian

Panjang antrian dinyatakan dalam satuan (m). Panjang antrian berkaitan erat dengan tundaan. Perhitungan panjang antrian dilampirkan pada tabel berikut.

Tabel 6. Perhitungan Panjang Antrian

Kode Pendekat	Lebar pd garis henti (m)	Jumlah Kendaraan Antri (skr)				Panjang Antrian (m)
		NQ	NQ2	NQ total	NQ max	
U	2,8	0,76	9,96	10,67	16	114,29
S	4,0	0,31	6,90	7,20	11	55,00
T	2,8	-0,18	5,12	4,94	9,9	70,71
B	2,5	0,76	11,86	12,62	18	144,00

Tundaan

Besarnya tundaan dapat menentukan tingkat pelayanan simpang. menurut PKJI (2023), tundaan terdiri dari tundaan lalu lintas dan geometrik. Perhitungan nilai tundaan geometrik dan tundaan lalu lintas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Perhitungan Tundaan

Kode Pendekat	Tundaan lalu lintas rata-rata det/smp TL	Tundaan geo- metrik rata-rata det/smp TG	Tundaan rata-rata det/smp T	Tundaan total smp.det	Tundaan simpang rata-rata det/smp
U	32,639	4,78	37,4	15437	24,03
S	25,929	4,29	30,2	9765	
T	13,346	4,20	17,5	5591	
B	25,047	4,37	29,4	15126	

Dengan hasil penelitian diatas, maka dapat disimpulkan kinerja simpang bersinyal Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro adalah C dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 0,88 dan tundaan sebesar 24,03 det/smp sesuai dengan klasifikasi pada Tabel dibawah ini.

Tabel 8. Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/smp)
A	< 5
B	5,1 - 15
C	15,1 - 25
D	25,1 - 40
E	40,1 - 60
F	> 60

Sumber: HCM 1985

B. Solusi Alternatif

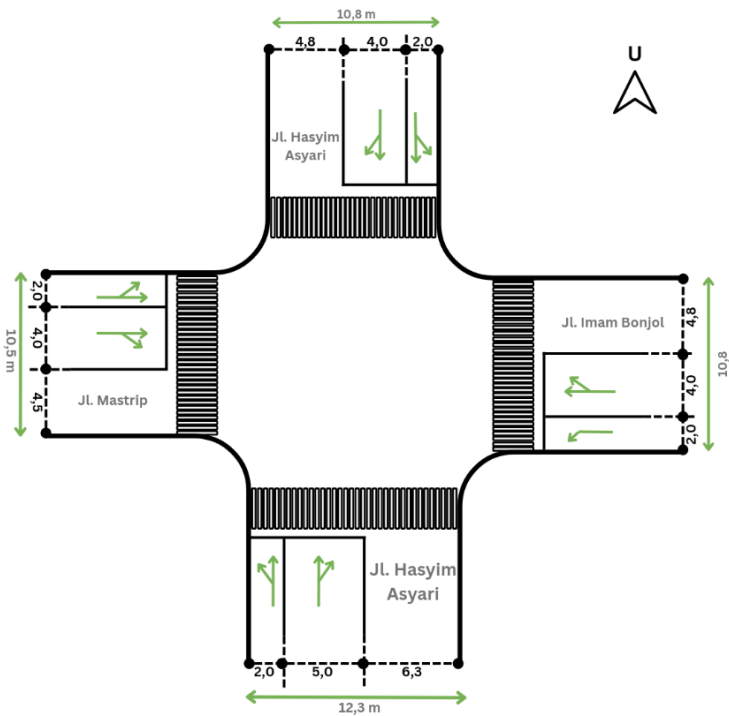
Menurut PKJI 2023, nilai derajat kejenuhan tidak dapat lebih dari 0,85 karena hal tersebut menandakan bahwa kondisi simpang mendekati jenuh. Apabila nilai derajat kejenuhan mendekati satu, maka saat peak hour akan terjadi kemacetan (Syaikhu & Widodo, 2015). Selain itu, menurut penelitian yang dilakukan oleh Rizky, dkk. (2021) menunjukkan bahwa kemacetan juga dipengaruhi oleh besarnya volume kendaraan. Oleh karena itu, diberikan solusi alternatif untuk mengurangi nilai tundaan yakni dengan rekayasa 3 fase dan rekayasa geometrik.

Beberapa parameter dihitung ulang untuk mendapatkan nilai derajat kejenuhan dan tundaan setelah dilakukannya solusi alternatif. Perhitungan parameter kinerja simpang dapat dilihat rekapitulasinya pada tabel berikut.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Parameter Kinerja Simpang Hasil Rekayasa 3 fase

Pendekat	Arus Lalu Lintas(Q)	Arus Jenuh disesuaikan (J)	Kapasitas (C)	Derajat Kejenuhan (Dj)	Panjang Antrian	Tundaan
	smp/jam	smp/jam	kend/jam		m	det/smp
U	413	1243,20	515	0,80	78,57	23,38
S	323	1318,28	546	0,59	44,00	
T	221	1753,91	275	0,80	61,43	
B	308	1527,90	384	0,80	80,00	

Selain rekayasa fase, dilakukan altermatif lain yakni rekayasa geometrik yakni dengan merubah lebar efektif simpang menjadi 4 m untuk pendekat Utara, Timur, dan Barat sedangkan 5 m untuk pendekat Selatan. Hasil dari pelebaran tersebut dapat dilihat pada sketsa simpanng dibawah ini.



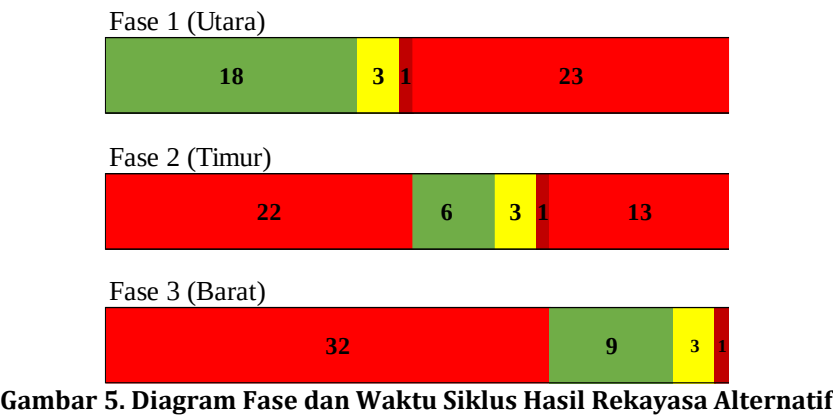
Gambar 4. Sketsa Geometrik Hasil Rekayasa Alternatif

Sedangkan perhitungan kinerja simpang hasil rekayasa fase disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Parameter Kinerja Simpang Hasil Rekayasa 3 fase dan Rekayasa Geometrik

Pendekat	Arus Lalu Lintas(Q)	Arus Jenuh disesuaikan (J)	Kapasitas (C)	Derajat Kejenuhan (Dj)	Panjang Antrian	Tundaan
	smp/jam	smp/jam	kend/jam		m	det/smp
U	413	1505	617	0,67	45,00	13,98
S	323	1767	724	0,45	28,00	
T	221	2408	330	0,67	30,00	
B	308	2445	460	0,67	37,50	

Waktu siklus juga dihitung ulang untuk solusi alternatif paling efektif yakni rekayasa 3 fase dan rekayasa geometrik. Hasil dari perhitungan waktu siklus pra penyesuaian didapatkan sebesar 45 detik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram berikut.



3.2. Pembahasan

A. Kinerja Simpang

Semakin besar nilai tundaan, maka kinerja simpang akan semakin menurun (Sinambela, dkk., 2021). Besarnya nilai tundaan ini dapat disebabkan oleh pengaturan waktu siklus yang kurang sesuai dengan arus kendaraan yang melewati simpang (Sari, 2015). Tundaan yang tinggi juga dapat disebabkan oleh tingginya volume lalu lintas sehingga melebihi kapasitas simpang (Garini, dkk., 2023). Dari hasil penelitian didapatkan tundaan pada simpang empat bersinyal Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro cukup besar yakni sebesar 24,03 det/smp.

B. Solusi Alternatif

Solusi alternatif diberikan pada simpang Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro dengan mengubah fase menjadi 3 fase dan memperlebar lengan pendekat simpang. Lebar efektif lengan simpang Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro diperbesar menjadi 4 m untuk pendekat Utara, Barat, dan Timur. Sedangkan untuk pendekat Selatan lebar efektif diperluas menjadi 5 m.

Pemilihan alternatif berupa rekayasa 3 fase dan rekayasa geometrik dipilih berdasarkan hasil penelitian terdahulu. Alternatif rekayasa 3 fase dipilih untuk memberikan kesempatan berjalan tiap-tiap pendekat dengan konflik lalu lintas yang minim. Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Andika (2022), penerapan 3 fase dapat mengurangi konflik crossing sebesar 19%. Selain itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Aryani (2022), pengaturan 3 fase pada simpang dapat menurunkan nilai derajat kejenuhan dengan persentase sebesar 11% dan 24% untuk persentase penurunan nilai tundaan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tamara (2022), pelebaran lengan simpang terbukti berpengaruh dalam mengurangi nilai tundaan yang semula 63,52 det/smp menjadi 44,15 det/smp. Selain itu, Ramadhan (2022) juga melakukan penelitian peningkatan kinerja simpang dan didapatkan hasil penurunan tundaan akibat pelebaran lengan tiap pendekat yang semula 16,01 det/smp menjadi 13,88 det/smp.

Selain dilakukan solusi alternatif berupa rekayasa fase dan pelebaran lengan simpang, dilakukan juga penyesuaian waktu siklus. Pengaturan waktu siklus dan fase harus diperhitungkan dengan baik karena berpengaruh pada tingkat pelayanan simpang. Waktu siklus yang pendek dapat menyebabkan waktu hilang total menjadi tinggi sehingga pengaturan waktu sinyal menjadi tidak efisien (Yudhanto, 2020). Pembaruan lamanya waktu siklus terbukti dapat mengurangi nilai tundaan sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Hadi (2020) dimana tundaan yang sebelumnya 59 detik menjadi 43 detik akibat berkurangnya waktu siklus. Waktu siklus yang telah disesuaikan untuk simpang Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro adalah sebesar 51 detik

Setelah dilakukan perhitungan solusi alternatif, maka didapatkan hasil berupa penurunan derajat kejenuhan menjadi 0,67. Penurunan nilai tundaan juga didapatkan sehingga besar tundaan menjadi 13,98 det/smp. Dengan berkurangnya nilai derajat kejenuhan dan tundaan, maka tingkat pelayanan simpang meningkat menjadi B.

4. Simpulan

Kinerja simpang empat bersinyal Jl. Hasyim Asyari – Jl. Imam Bonjol – dan Jl. Mastrip Kab. Bojonegoro kondisi eksisting mendekati kondisi jenuh karena nilai derajat kejenuhan sebesar 0,88 dan tundaan sebesar 24,03 det/smp. Hasil tersebut menjadikan tingkat pelayanan simpang tersebut C dengan deskripsi pergerakan arus kendaraan kurang baik akibat panjangnya waktu siklus

Solusi alternatif diberikan dengan tujuan agar nilai derajat kejenuhan dan tundaan menurun dan pergerakan kendaraan menjadi lancar. Solusi alternatif berupa rekayasa 3 fase dan rekayasa geometrik terbukti mampu menurunkan nilai derajat kejenuhan menjadi 0,66 dan nilai tundaan sebesar 21,61 det/smp. Dengan hal ini maka didapatkan tingkat pelayanan naik menjadi C.

Daftar Rujukan

- Alkam, R. B., Muin, S. A., Istiawan., & Syam D. J. W. 2021. Tinjauan pengaturan waktu sinyal pada persimpangan empat lengan menggunakan pendekatan MKJI dan Webster. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(4), 479 – 488.
- Andika, R. 2022. Analisis kinerja simpang bersinyal untuk meningkatkan keselamatan dengan pengaturan ulang waktu siklus Apill di Simpang Empat Maya Kota Tegal. *Jurnal Universal Technic*, 1(2), 84 – 95.
- Anonim, 1985, *Highway Capacity Manual*, Special Report 206, Transportation Research Board, Washington D.C.: National Research Council
- Direktorat Jenderal Bina Marga., 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga., 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Garini, A., Sriharyani, L., & Kurniawan, S. 2023. Tundaan Lalu Lintas terhadap Tingkat Pelayanan Jalan. *Jumatisi*, (4)1, 279 – 283.
- Hadi, A. A. 2020. Analisis dan koordinasi antar simpang bersinyal (Analysis and coordination between the signalised intersections) (Studi Kasus: Simpang Ngabean Dan Simpang Wirobrajan Yogyakarta). Skripsi tidak diterbitkan. Yogyakarta: FT UII.
- Ramadhan, P., R. 2022. Peningkatan kinerja simpang tidak bersinyal simpang kopel kabupaten Lampung Tengah. Skripsi tidak diterbitkan. Bekasi: FT PTDI – STTD.
- Rizky, M. 2022. Analisa arus jenuh dan panjang antrian pada simpang bersinyal dan mikrosimulasi menggunakan software Vissim (Studi Kasus). Skripsi tidak diterbitkan. Medan: FT UMSU.
- Rizky, M., Martiono, E. S., & Nurhidayati, A. 2021. Analisis pengaruh volume kendaraan terhadap kapasitas jalan dan tingkat layanan jalan di ruas Jalan Raya Kota Surakarta. *Jurnal LICEE*, 7(1), 40 – 47.
- Sari, R. R. 2015. Analisis kinerja simpang bersinyal secara teoritis dan praktis. *Jurnal Potensi*, 17(1), 30 – 36.
- Sinambela, T. P., Kumaat, M., & Pandey, S. V. 2021. Analisa hubungan kinerja simpang bersinyal dengan konsumsi bahan bakar. *Jurnal Tekno*, 19(78), 159 – 170.
- Subakir, H., & Amal, A. S. 2022. Analisa simpang berdasarkan kondisi lingkungan yang menyebabkan antrian panjang. *Jurnal Seminar Keinsinyuran*, 75 – 85.

- Syaikhu, M., & Widodo, E. 2015. analisa kapasitas dan tingkat kinerja simpang bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Purwosari Kabupaten Pasuruan). Jurnal Reka Buana, 1(1). 1 – 9.
- Tamara, E., V. 2022. Optimalisasi kinerja simpang semampir di Kota Kediri. Skripsi tidak diterbitkan. Bekasi: FT PTDI – STTD.
- Yudhanto, E., W. 2020. Kajian nilai waktu akibat tundaan pada simpang bersinyal (Studi Kasus: Simpang 4 Gubernuran Ntb). Skripsi tidak diterbitkan. Mataram: FT UMM.