

PENINGKATAN KINERJA SIMPANG DI RUAS JALAN KAPTEN SUWANDAK KABUPATEN LUMAJANG

Emirna Hardina^{1*}, Nyimas Arnita Aprilia², dan Dessy Angga Afrianti³

¹Taruna Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat Politeknik Transportasi Darat Indonesi-STTD

²Dosen Politeknik Transportasi Darat Indonesi-STTD

³Dosen Politeknik Transportasi Darat Indonesi-STTD

*E-mail: emimahardina240501@gmail.com

ABSTRACT

The Kaptan Suwandak Road section is located adjacent to the Central Business District (CBD) area, namely the Lumajang Regency Square as one of the activity centers in Lumajang Regency. On this road section consists of Yos Sudarso Intersection, AR Hakim Intersection, Imam Sujai Intersection, Teuku Umar Intersection, and Jenderal Haryono Intersection. The high volume of passing goods vehicles and parking activities that use the shoulder of the road resulted in a decrease in the level of service at the intersection. Seeing this, researchers made efforts to improve the performance of intersections to support movement activities in Lumajang Regency. The analytical method used in this study uses the Indonesian Highway Capacity Manual (MKJI 1997). With this method, it can be seen the performance of the existing intersection and determine the optimization of cycle time. Then the analysis is continued by creating intersection coordination scenarios and making time offsets and Time-space diagrams at the Yos Sudarso Intersection, AR Hakim Intersection, and Imam Sujai Intersection. The results of the analysis show that the best alternative proposed problem solving is proposal 2, namely intersection coordination with the ability to pass vehicles in both directions 100% with a cycle time of 83 seconds and 4 phase settings, and an offset time of 21 seconds and 31 seconds. Based on the Time-space diagram, we get a bandwidth of 17 seconds for the direction to the East, and 17 seconds for the direction to the West. From the application of the intersection coordination scenario, an increase in intersection performance was obtained.

Keywords: Indonesian Road Capacity Manual, Intersection Performance, Cycle Time Optimization, Intersection Coordination, Time-space Diagram.

ABSTRAK

Ruas Jalan Kaptan Suwandak terletak berdekatan dengan daerah *Central Bussiness District* (CBD) yaitu Alun-Alun Kabupaten Lumajang sebagai salah satu pusat kegiatan di Kabupaten Lumajang. pada ruas jalan ini terdiri dari Simpang Yos Sudarso, Simpang AR Hakim, Simpang Imam Sujai, Simpang Teuku Umar, dan Simpang Jendral Haryono. Tingginya volume kendaraan barang yang melintas serta aktivitas parkir yang menggunakan bahu jalan mengakibatkan penurunan kinerja simpang. Melihat hal tersebut, peneliti melakukan upaya untuk meningkatkan kinerja persimpangan guna mendukung aktivitas pergerakan di Kabupaten Lumajang. Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini menggunakan panduan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Dengan metode tersebut dapat diketahui kinerja simpang eksisting dan menentukan optimalisasi waktu siklus. Selanjutnya analisis dilanjutkan dengan membuat skenario koordinasi simpang dan membuat waktu offset serta diagram *Time-space* pada Simpang Yos Sudarso, Simpang AR Hakim, dan Simpang Imam Sujai. Hasil dari analisis menunjukkan alternatif usulan penyelesaian masalah terbaik adalah usulan 2 yaitu koordinasi simpang dengan kemampuan meloloskan kendaraan untuk kedua arah 100% dengan waktu siklus 83 detik dan pengaturan 4 fase, serta waktu offset 21 detik dan 31 detik. Berdasarkan diagram *Time-space* didapat bandwidth 17 detik untuk arah menuju Timur, dan 17 detik untuk arah menuju Barat. Dari penerapan skenario koordinasi simpang diperoleh peningkatan kinerja simpang.

Kata Kunci: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, Kinerja Simpang, Optimalisasi Waktu Siklus, Koordinasi Simpang, Diagram *Time-space*.

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah kendaraan sering menyebabkan terjadinya kemacetan. Kemacetan, sebagai akibat meningkatnya arus lalu lintas, biasanya terjadi di persimpangan jalan, apalagi bila simpang tersebut berdekatan dengan pusat keramaian, karena konflik pergerakan yang terjadi antar kendaraan yang datang dari tiap kaki simpang (Hidayat, Sulisty, and Oktopianto 2020). Kabupaten Lumajang merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur dengan beberapa hasil alamnya yang banyak seperti tebu, pasir, kayu sengon, dan padi. Sebagai daerah dengan hasil alam yang melimpah, banyak terjadi ekspor dan impor barang dari dan keluar Kabupaten Lumajang. Hal ini menyebabkan peningkatan jumlah kendaraan yang melintas di daerah Kabupaten Lumajang terutama angkutan barang berupa truk kecil, truk besar, hingga truk gandeng. Kemacetan di beberapa simpang akan menimbulkan konflik, sehingga menyebabkan pelayanan dari simpang tersebut menjadi rendah terutama pada simpang di ruas jalan Kapten Suwandak. Faktor-faktor yang turut menyebabkan berkurangnya kinerja simpang ialah tingginya hambatan samping, aktivitas parkir dan pedagang kaki lima yang menggunakan badan jalan, serta tingginya jumlah pejalan kaki yang menyeberang sembarangan. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan diperoleh data bahwa simpang 4 AR Hakim memiliki panjang antrian 41,75 meter dan tundaan simpang rata-rata sebesar 45,37 det/smp. Simpang 4 Jendral Haryono memiliki panjang antrian 40,23 meter dan tundaan simpang rata-rata sebesar 39,36 det/smp. Simpang 4 Yos Sudarso memiliki peluang antrian 31-62% dan tundaan simpang rata-rata sebesar 15,05 det/smp. Simpang 4 Imam Sujai memiliki peluang antrian 31-62% dan tundaan simpang rata-rata sebesar 15,09 det/smp. Sedangkan simpang 3 Teuku Umar memiliki peluang antrian 16-33% dan tundaan simpang rata-rata sebesar 10,32 det/smp.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dari tahapan identifikasi masalah yang terjadi pada wilayah studi, dilanjutkan dengan pengumpulan data primer meliputi foto kondisi eksisting, dan foto simpang tampak atas. Sedangkan data sekunder meliputi peta jaringan jalan yang didapat dari Dinas Bina Marga Kabupaten Lumajang, peta tata guna lahan serta data volume lalu lintas, data CTMC yang didapat dari laporan umum PKL Kabupaten Lumajang tahun 2022. Metode yang digunakan dalam menganalisa data yang telah dikumpulkan untuk penelitian tersebut adalah dengan Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997.

ANALISIS DATA DAN PEMECAHAN MASALAH

1. Kinerja Kondisi Eksisting Persimpangan

a. Inventarisasi Simpang

Persimpangan pada ruas Jalan Kapten Suwandak terdapat 5 simpang yang terdiri dari 2 simpang bersinyal dan 3 simpang prioritas yang memiliki jarak antar simpang saling berdekatan berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Tim PKL Kabupaten Lumajang tahun 2022. simpang APILL pada ruas Jalan Kapten Suwandak dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 Inventarisasi Simpang Pada Ruas Jalan Kapten Suwandak

No.	Nama Simpang	Tipe Pengendali	Kode Pendekat	Nama Kaki Simpang
1.	Simpang AR Hakim	Bersinyal	U	Jl. AR Hakim
			S	Jl. Mayor Sampurno
			T	Jl. Kapten Suwandak
			B	Jl. Kapten Suwandak
2.	Simpang Jendral Haryono	Bersinyal	U	Jl. Jend. Haryono
			S	Jl. Ap I Jama'ari
			T	Jl. Kapten Suwandak
			B	Jl. Kapten Suwandak
3.	Simpang Yos Sudarso	Prioritas	U	Jl. Yos Sudarso
			S	Jl. Kapten Wiratno
			T	Jl. Kapten Suwandak
			B	Jl. Kapten Suwandak
4.	Simpang Imam Sujai	Prioritas	U	Jl. Imam Sujai
			S	Jl. Imam Sujai
			T	Jl. Kapten Suwandak
			B	Jl. Kapten Suwandak
5.	Simpang Teuku Umar	Prioritas	U	Jl. Teuku Umar
			T	Jl. Kapten Suwandak
			B	Jl. Kapten Suwandak

Sumber: Tim PKL Kabupaten Lumajang 2022

b. Kinerja Simpang Eksisting

Dalam perhitungan kinerja simpang berpedoman kepada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Kinerja pelayanan simpang menggunakan indikator DS (degree of saturation), antrian dan tundaan rata-rata. Berikut merupakan kinerja persimpangan pada tabel dibawah sebagai berikut:

Tabel 2 Kinerja Simpang Pada Ruas Jalan Kapten Suwandak

No.	Nama Simpang	Eksisting					LOS
		Waktu Siklus	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Antrian	Tundaan Rata-rata	
1.	Simpang AR Hakim	82	2.497	0,56	41,75	45,37	E
2.	Simpang Jendral Haryono	86	2.711	0,60	40,23	39,36	D
3.	Simpang Yos Sudarso	-	3.282	0,88	31%-62%	15,05	C
4.	Simpang Imam Sujai	-	3.271	0,89	31%-62%	15,09	C
5.	Simpang Teuku Umar	-	2.473	0,62	16%-33%	10,32	B

Sumber: Hasil Analisis

2. Skenario 1

Di dalam perencanaan persimpangan pada skenario 1 dilakukan perencanaan APILL dengan 4 fase pada simpang tidak bersinyal dan optimalisasi pada simpang APILL. Berikut disajikan proses analisa persimpangan:

Tabel 3 Kinerja Simpang Setelah Dilakukan Skenario 1

No.	Simpang	Eksisiting			Skenario 1		
		DS = Q/C	Antrian	Tundaan D = DT+DG	DS = Q/C	Antrian	Tundaan D = DT+DG
1.	Simpang AR Hakim	0,56	41,75	45,37	0,54	39,50	39,03
2.	Simpang Jendral Haryono	0,60	40,23	39,36	0,60	38,8	37,77
3.	Simpang Yos Sudarso	0,88	31%-62%	15,05	0,71	40,93	39,84
4.	Simpang Imam Sujai	0,89	31%-62%	15,09	0,71	38,09	39,89

Sumber: Hasil Analisis

Dari hasil analisa kondisi skenario 1 pada tabel di atas, menunjukkan bahwa kinerja Simpang di ruas Jalan Kapten Suwandak mengalami peningkatan kinerja setelah dilakukan optimalisasi waktu siklus dan perencanaan APILL pada simpang prioritas. Pada simpang Teuku Umar, setelah disesuaikan dengan grafik tipe pengendali simpang dapat ditarik kesimpulan bahwa simpang Teuku Umar tetap menjadi simpang non APILL (prioritas) dengan penambahan rambu simpang prioritas pada kaki pendekatnya.

3. Skenario 2

Di dalam perencanaan persimpangan pada skenario 2 dilakukan dengan melakukan koordinasi pada Simpang Yos Sudarso, Simpang AR Hakim, dan Simpang Imam Sujai. Dalam melakukan koordinasi simpang terdapat beberapa syarat seperti jarak yang tidak lebih dari 800 meter dan setiap simpang memiliki panjang siklus yang sama.

a. Waktu siklus koordinasi

Dalam analisis pengkoordinasian simpang APILL persyaratan bahwa setiap persimpangan memiliki waktu siklus total (c) sama setiap simpang yang akan di koordinasikan. Perencanaan waktu siklus dilakukan dengan *Trial and Error* dengan nilai batas bawah sebesar 82 detik dan batas atas sebesar 86 detik (5 kali trial and error waktu siklus). Selanjutnya dengan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) pada setiap perencanaan sistem koordinasi simpang selanjutnya dilakukan perhitungan kinerja simpang

Tabel 4 Waktu Siklus Optimalisasi

Nama simpang	Pendekat	Waktu hijau	LTI	Waktu siklus (detik)
Yos Sudarso	U	10	24	86
	S	15		
	T	18		

	B	19		
AR Hakim	U	9	24	82
	S	12		
	T	19		
	B	18		
Imam Sujai	U	12	24	85
	S	15		
	T	17		
	B	17		

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 5 Trial and Error

Siklus	Yos Sudarso			AR Hakim			Imam Sujai		
	DS	Antrian	Tundaan	DS	Antrian	Tundaan	DS	Antrian	Tundaan
82	0,73	39,34	39,17	0,54	39,50	39,03	0,73	41,17	39,90
83	0,72	40,08	38,29	0,53	38,69	38,75	0,73	38,54	39,71
84	0,72	40,13	39,81	0,53	41,56	38,24	0,72	39,44	39,81
85	0,71	40,21	39,67	0,53	42,41	39,28	0,71	38,09	39,89
86	0,71	40,93	39,84	0,53	43,28	39,18	0,71	38,49	40,10

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 6 Waktu Hijau Koordinasi

Siklus	Pendekat	Simpang		
		Yos sudarso	AR Hakim	Imam Sujai
83	U	10	10	11
	S	14	11	14
	T	17	20	17
	B	18	18	17

Sumber: Hasil Analisis

b. Diagram Time-Space

Sistem koordinasi sinyal antar simpang dapat ditentukan oleh diagram waktu dan jarak. Diagram waktu dan jarak hanyalah grafik yang menunjukkan aliran platoon atau iring-iringan dengan pengaturan sinyal diplot secara horizontal. Sebelum melakukan koordinasi antar sinyal terlebih dahulu agar menghitung waktu *offset*. *Offset* adalah waktu selisih antara awal hijau pada simpang I dengan awal hijau pada simpang II. Untuk menghitung waktu *offset* memerlukan data kecepatan ruas antara simpang yang akan dikoordinasikan hal tersebut bahwa kendaraan yang akan melintasi simpang I menuju simpang II dengan kecepatan tertentu membentuk platoon sehingga kecepatan tersebut merupakan kecepatan platoon. Dengan kecepatan platoon maka waktu perjalanan dari simpang I menuju simpang II dapat diketahui. Berikut merupakan data ruas jalan yang digunakan sebagai perhitungan waktu tumpuh antar persimpangan ada tabel berikut :

Tabel 7 Kecepatan Eksisting Ruas Jalan Kapten Suwandak

	Simpang 1 => Simpang 2	Simpang 2 => Simpang 1	Simpang 2 => Simpang 3	Simpang 3 => Simpang 2
--	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

Kecepatan (km/jam)	33,63	32,41	31,54	33,51
Jarak (m)	250	250	150	150
Rata-rata kecepatan	33,02		32,53	

Sumber: Hasil Analisis

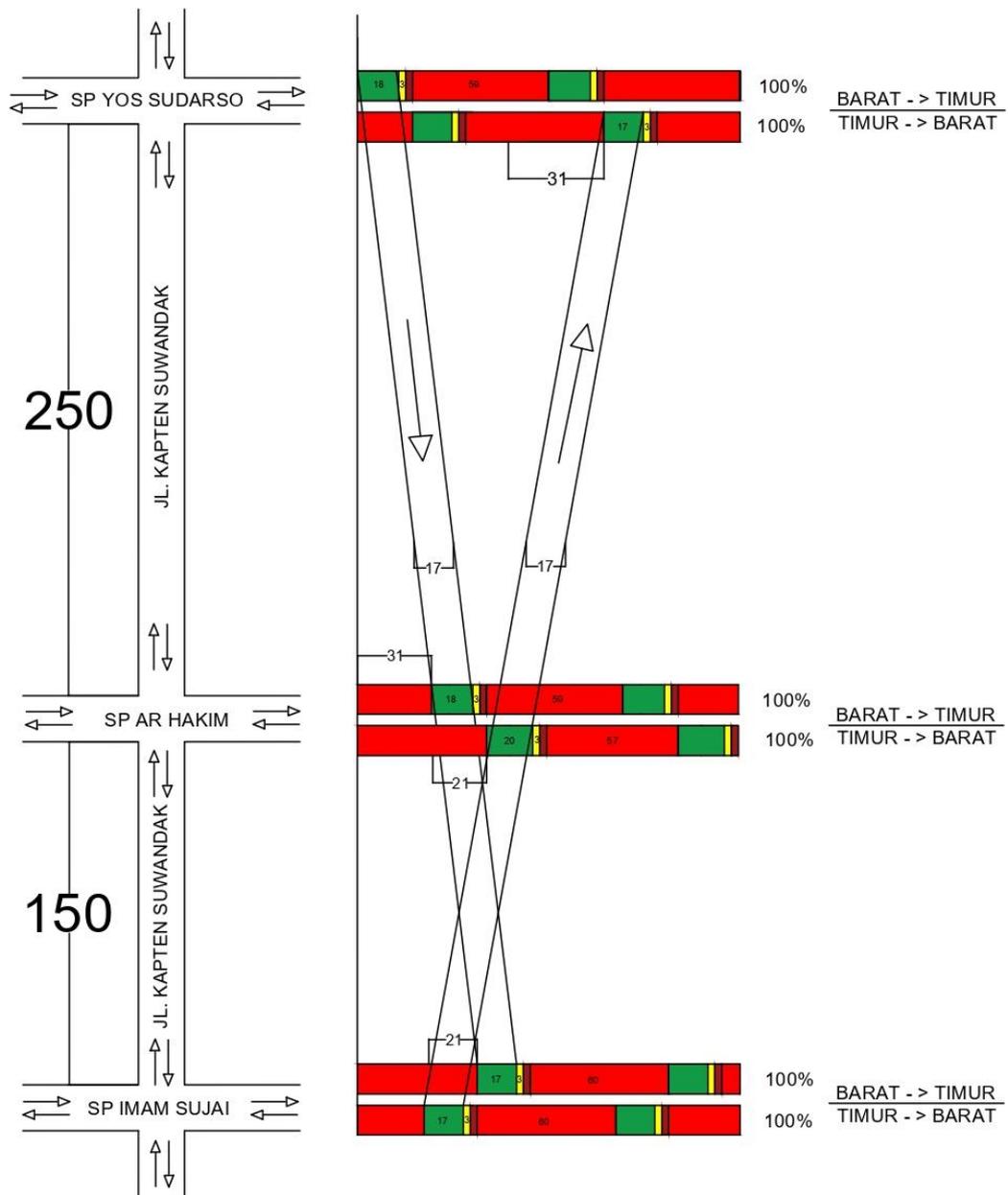
Sehingga waktu yang dibutuhkan dari Simpang 1 menuju Simpang 2:

$$t = \frac{250 \text{ meter}}{33,02 \text{ km/jam}} = \frac{0,250 \text{ km}}{33,02 \text{ km/jam}} = 0,007571 \text{ jam} = 27 \text{ detik}$$

dan waktu yang dibutuhkan dari Simpang 2 menuju Simpang 3:

$$t = \frac{150 \text{ meter}}{32,53 \text{ km/jam}} = \frac{0,150 \text{ km}}{32,53 \text{ km/jam}} = 0,004612 \text{ jam} = 17 \text{ detik}$$

Saat kendaraan akan melaju saat sinyal mulai hijau terdapat waktu yang hilang yaitu waktu saat pengendara bereaksi melihat sinyal hijau dan waktu untuk mencapai kecepatan rencana. Dari penelitian yang ada rata – rata waktu yang hilang saat awal sinyal hijau yaitu 4 detik. Sehingga waktu offset untuk masing – masing simpang ditambah 4 detik , yang semula simpang 1 menuju simpang 2 membutuhkan waktu 27 detik menjadi 31 detik, dan simpang 2 menuju simpang 3 yang semula 17 detik menjadi 21 detik.



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 1 Diagram Time-Space

Diagram waktu dan jarak koordinasi sinyal disusun berdasarkan waktu tempuh yang digunakan sebagai waktu offset untuk menggambarkan pergerakan platoon pada diagram koordinasi. Waktu hijau pada setiap simpang disusun berdasarkan waktu offset dengan menggeser waktu siklus secara horizontal sampai kepada waktu offset antar simpang. Nilai waktu siklus yang digunakan yaitu 83 detik yang selanjutnya akan diperoleh waktu bandwidth yaitu waktu gelombang hijau yang melewati tiap simpang dimana persyaratan waktu bandwidth adalah tidak boleh mendapatkan sinyal merah. Nilai waktu bandwidth untuk barat menuju timur adalah 17 detik dan timur menuju barat adalah 17 detik. Diagram alir platoon terjadi 2 pergerakan pada arus utama yang dilakukan koordinasi antarsinyal berikut merupakan penjelasan mengenai pergerakan pada diagram alir platoon:

1. Diagram alir platoon pada pergerakan barat menuju timur akan menjelaskan Gambar 1 yang pada mulanya kendaraan akan terhenti pada pendekat barat simpang I sehingga akan membentuk platoon/iring-iringan kendaraan. Setelah kendaraan terlepas oleh pendekat barat simpang I platoon akan bergerak menuju simpang II dengan waktu *offset* (perbedaan waktu antara sinyal hijau pada simpang I dan simpang II) yang telah ditentukan maka platoon/iring-iringan kendaraan akan tepat menerima sinyal hijau ketika tiba pada simpang II.
2. Diagram alir platoon pada pergerakan timur menuju barat akan menjelaskan Gambar 1 yang pada mulanya kendaraan akan terhenti pada pendekat timur simpang III sehingga akan membentuk platoon/iring-iringan kendaraan. Setelah kendaraan terlepas oleh pendekat timur simpang III platoon akan bergerak menuju simpang II dengan waktu *offset* (perbedaan waktu antara sinyal hijau pada simpang III dan simpang II) yang telah ditentukan maka platoon/iring-iringan kendaraan akan tepat menerima sinyal hijau ketika tiba pada simpang II.

c. Kinerja Simping Eksisting dan Skenario 2

Setelah nilai waktu siklus perencanaan telah diketahui selanjutnya dilakukan perhitungan kinerja simpang terkoordinasi yang berpedoman kepada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Berikut merupakan perhitungan kinerja simpang eksisting dan skenario 2.

Tabel 8 Kinerja Simping Setelah Dilakukan Skenario 2

No.	Simpang	Eksisting			Skenario 2		
		DS	Antrian	Tundaan	DS	Antrian	Tundaan
1.	Simpang AR Hakim	0,56	41,75	45,37	0,53	38,69	38,75
2.	Simpang Yos Sudarso	0,88	31%-62%	15,05	0,72	40,08	38,29
3.	Simpang Imam Sujai	0,89	31%-62%	15,09	0,73	38,54	39,71

Sumber: Hasil Analisis

4. Perbandingan Antara Eksisting, Skenario 1 dan Skenario 2

Perbandingan dalam hal ini adalah membandingkan kinerja simpang sebelum dilakukan koordinasi dengan kinerja setelah dilakukan koordinasi, meliputi derajat kejenuhan, antrian dan tundaan rata-rata. Setelah diterapkan skenario 1 yaitu perencanaan APILL dengan 4 fase pada simpang tidak bersinyal dan optimalisasi pada simpang APILL serta skenario 2 yaitu koordinasi simpang.

Tabel 9 Matriks Perbandingan Eksisting, Skenario 1 dan Skenario 2

Kinerja Simping		DS	Antrian	Tundaan
Simpang Yos	Eksisting	0,88	31%-62%	15,05

Sudarso	Skenario 1	0,71	40,93	39,84
	Skenario 2	0,72	40,08	38,29
Simpang AR Hakim	Eksisting	0,56	41,75	45,37
	Skenario 1	0,54	39,50	39,03
	Skenario 2	0,53	38,69	38,75
Simpang Imam Sujai	Eksisting	0,89	31%-62%	15,09
	Skenario 1	0,71	38,09	39,89
	Skenario 2	0,73	38,54	39,71
Simpang Jend. Haryono	Eksisting	0,60	40,23	39,36
	Skenario 1	0,60	38,8	37,77
	Skenario 2		-	
Simpang Teuku Umar	Eksisting	0,62	16%-33%	10,32
	Skenario 1		-	
	Skenario 2		-	

Sumber: Hasil Analisis

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan diperoleh data bahwa simpang 4 AR Hakim memiliki panjang antrian 41,75 meter dan tundaan simpang rata-rata sebesar 45,37 det/smp dengan LOS E. Simpang 4 Jendral Haryono memiliki panjang antrian 40,23 meter dan tundaan simpang rata-rata sebesar 39,36 det/smp dengan LOS D. Simpang 4 Yos Sudarso memiliki peluang antrian 31-62% dan tundaan simpang rata-rata sebesar 15,05 det/smp dengan LOS C. Simpang 4 Imam Sujai memiliki peluang antrian 31-62% dan tundaan simpang rata-rata sebesar 15,09 det/smp dengan LOS C. Sedangkan simpang 3 Teuku Umar memiliki peluang antrian 16-33% dan tundaan simpang rata-rata sebesar 10,32 det/smp dengan LOS B.
- Untuk meningkatkan kinerja persimpangan direkomendasikan dengan melakukan perencanaan APILL dengan 4 fase pada simpang tidak bersinyal dan optimalisasi pada simpang APILL serta koordinasi pada Simpang 4 Yos Sudarso, Simpang 4 AR Hakim, dan Simpang 4 Imam Sujai.
- Simpang AR Hakim
Setelah dilakukan koordinasi simpang terjadi penurunan derajat kejenuhan menjadi 0,53, panjang antrian 38,69 meter dan tundaan simpang rata-rata 38,75 det/smp dengan LOS D.
 - Simpang Jendral Haryono
Setelah dilakukan optimasi terjadi penurunan derajat kejenuhan menjadi 0,60, panjang antrian 38,8 meter dan tundaan simpang rata-rata 37,77 det/smp.
 - Simpang Yos Sudarso
Setelah dilakukan koordinasi simpang terjadi penurunan derajat kejenuhan menjadi 0,72, panjang antrian 40,08 meter dan tundaan simpang rata-rata 38,29 det/smp dengan LOS D.
 - Simpang Imam Sujai

Setelah dilakukan koordinasi simpang terjadi penurunan derajat kejenuhan menjadi 0,73, panjang antrian 38,54 meter dan tundaan simpang rata-rata 38,71 det/smp dengan LOS D.

e. Simpang Teuku Umar

Simpang Teuku Umar memiliki derajat kejenuhan 0,62, peluang antrian 16-33% dan tundaan simpang rata-rata sebesar 10,32 det/smp dengan LOS B dengan rekomendasi penambahan rambu simpang prioritas.

SARAN

Dari kesimpulan yang telah diuraikan, terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Melakukan penerapan pengaturan koordinasi pada 3 Simpang APILL yaitu simpang Yos sudarso, simpang AR Hakim, dan simpang Imam Sujai.
2. Salah satu usulan untuk meningkatkan kinerja persimpangan adalah pengaturan waktu siklus sehingga disarankan agar dilakukan penyesuaian rencana waktu siklus secara berkala setiap 3 bulan sekali dengan penyesuaian terhadap volume lalu lintas di simpang pada ruas jalan Kapten Suwandak.
3. Penambahan rambu simpang prioritas di kaki simpang Teuku Umar oleh Dinas Perhubungan Kabupaten Lumajang.

REFERENSI

_____. 1997. "Manual Kapasita Jalan Indonesia."

_____. 2006. "Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006."

_____. 2009. "Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009."

_____. 2011. "Peraturan Pemerintah Nomor 32 Tahun 2011."

_____. 2015. "Peraturan Menteri Nomor 96 Tahun 2015."

Astuti, Yuni Tri, Akhmadali, and Elsa Tri Mukti. 2021. "Analisa Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Jalan h. Rais a. Rahman – Jalan Re. Martadinata – Jalan Hm. Suwignyo)." *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang* 8 (1): 1–7. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/45604>.

Basuki, Kami Hari. 2009. "MANAJEMEN ARUS LALULINTAS PADA SISTEM JARINGAN JALAN KOTA SEMARANG MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK EMME2."

Cahyaningrum, F. P., & Munawar, A. 2014. "Koordinasi simpang bersinyal pada simpang kentungan-simpang monjali yogyakarta". *Jurnal Transportasi*, 14(1),21–30. <http://journal.unpar.ac.id/index.php/journaltransportasi/article/view/1371/1326>

Chowdhury, T U, Shahriar Mohammad Raihan, Abrar Fahim, and M A Afrahim Bhuiyan. 2016. "A Case Study on Reduction of Traffic Congestion of Dhaka City: Banani

Intersection.” <https://doi.org/10.17758/uruae.ac0416238>.

Hidayat, Dwi wahyu, Aris Budi Sulisty, and Yogi Oktopianto. 2020. “Peningkatan Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Stusi Kasus Simpang Tiga Purin Kendal” 7 (2): 36–45. <https://doi.org/10.46447/ktj.v7i2.289>.

Mulizar. 2021. “Optimasi Simpang Bersinyal Jalan Merdeka Kota Lhokseumawe.” *Teras Jurnal* 5 (1): 32–42. <https://doi.org/10.29103/tj.v5i1.5>.

Papacostas, C.S dan Prevedouros, P.D. 2005. “Transportation Engineering and Planing”. Prentice Hall Inc. Singapura.

Tamin, Ofyar Z. 2000. *Perencanaan & Pemodelan Transportasi*.

Taylor, Michael, Young, Wiliam. 1996. “*Understanding Traffic System*”. Sydney: Avebury Technical.

William R MacShane and Roger P Roess. 1990. “*Traffic Engineering*”. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1990