

EVALUASI KAWASAN SIMPANG 3 BERSINYAL DAN PERLINTASAN SEBIDANG JALAN SULTAN AGUNG KECAMATAN KEPANJEN KABUPATEN MALANG BERBASIS VISSIM

Temy Ratnasari¹, Azizah Rokhmawati², Ita Suhermin Ingsih³

¹Mahasiswa, Teknik Sipil, Universitas Islam Malang
e-mail: temy.ratna@gmail.com

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

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

ABSTRACT

The three-way signaled intersection area of Jalan Sultan Agung – Jalan Panji – Jalan Panarukan is one of intersections in Kepanjen sub-district which is also an access to offices in Malang Regency with heavy vehicle volume, long que-ues during periods of peak traffic and there is a railroad crossing. The LHR survey on Monday, Wednesday and Saturday for 4 weeks during rush hour conditions. The data were analyzed using the Indonesian Road Capacity Manual (PKJI) 2023 and modeling with the VISSIM software. The results of analysis indicated that the average intersection delay is 49,596 seconds/smp so the intersection performance is categorized as E, while the result of VISSIM application the delay was 41,55 or classified as D. Alternative I, Alternative II, Alternative III and Alternative IV were carried out with delay results based on PKJI 2023 including 43,901 sec/smp, 42,6 sec/smp, 42,461 sec/smp, 36,663 sec/smp. Based on the alternative results, it is necessary to rearrange the cycle time dan rearrange parking at the intersection.

Keywords: Intersection Performance , PKJI 2023, Signalized Intersection, VISSIM

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2023 menyebutkan bahwa persimpangan pertemuan dua ruas jalan atau lebih yang berada pada tingkat yang sama dan tanpa melibatkan penggunaan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) sebagai pengatur. Bentuk simpangan ada berbagai macam yaitu simpang tidak sebidang, bundaran, dan simpang APILL. Adapun definisi dari persimpangan yaitu bagian tidak terpisahkan dari jalan. Secara umum, pada sistem transportasi kota pasti selalu ada persimpangan (M. Sa'dillah, Arifianto, and Bule 2023).

Kabupaten paling besar di provinsi Jawa Timur yaitu Kabupaten Banyuwangi pada urutan pertama dan Kabupaten Malang

diurutan kedua, dimana Kabupaten Malang juga termasuk Kabupaten dengan jumlah populasi paling banyak. Berdasarkan PP No.18 tahun 2008 terkait pemindahan ibu kota Kabupaten Malang ke Kecamatan Kepanjen yang sebelumnya di Kota Malang menjadikan pertumbuhan transportasi di Kecamatan Kepanjen sangat cepat. Pertumbuhan jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi yang meningkat mendukung peningkatan jumlah transportasi yang pesat (Madu Sonia et al. 2024). Hal ini dapat menimbulkan kemacetan di beberapa titik simpang.

Salah satu simpang jalan di Kecamatan Kepanjen yang memiliki kepadatan lalu lintas kendaraan dan antrian yang panjang pada jam sibuk adalah Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan. Selain itu, simpang tersebut merupakan kawasan komersil dengan aktivitas

yang padat dan terdapat perlintasan kereta api di Jalan Sultan Agung sehingga memperparah situasi lalu lintas. Penelitian terkait sebelumnya adalah Analisa Tundaan Akibat Penutup Palang Pintu Kereta Api (Ruas Jalan Sultan Agung Desa Kepanjen Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang) oleh (Cahyanti, Rokhmawati, dan Rahmawati, 2022) dan Kinerja Simpang Pendem Kota Batu Di Era Pandemi Covid-19 oleh (Ingsih & Winaktu, 2022). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 sebagai pedoman untuk perhitungan kinerja simpang dan Program Vissim Student Version untuk permodelan simulasi.

1.2. Rumusan Masalah

- Berapa nilai derajat kejenuhan (D_j) pada simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang menggunakan metode PKJI 2023?
- Berapa panjang antrian (P_A) pada simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang menggunakan metode PKJI 2023?
- Berapa nilai tundaan (T) pada simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang menggunakan metode PKJI 2023?
- Bagaimana kinerja simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang dengan permodelan VISSIM?
- Bagaimana alternatif penanganan lalu lintas pada simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang?

1.2. Tujuan

- Mengetahui nilai derajat kejenuhan (D_j) pada simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang menggunakan metode PKJI 2023.
- Mengetahui nilai panjang antrian (P_A)

pada simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang menggunakan metode PKJI 2023.

- Mengetahui nilai tundaan (T) pada simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang menggunakan metode PKJI 2023.
- Mengetahui kinerja simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang dengan permodelan VISSIM.
- Mengetahui alternatif penanganan lalu lintas untuk meningkatkan kinerja simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang.

1.3. Ruang Lingkup

- Ruang lingkup wilayah penelitian hanya pada nilai derajat kejenuhan, tundaan dan antrian simpang Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang.
- Penelitian dilakukan pada jam 06.00-09.00, 11.00-14.00 dan 15.00-18.00.
- Metode analisis penelitian menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2023 dan software vissim student version.
- Lingkup pembahasan terdiri dari arus lalu lintas, Kapasitas (C), Derajat Kejenuhan (D_j), Panjang Antrian (P_A), Tundaan (T) dan alternatif penanganan lalu lintas

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Simpang

Definisi dari simpang berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2023 yaitu bertemunya dua atau lebih ruas jalan pada tingkat yang sama dengan tidak melibatkan pengaturan dari APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas). Bentuk simpangan ada berbagai macam yaitu simpang tidak sebidang, bundaran, dan simpang APILL. Pada dasarnya persimpangan atau simpang

mempunyai peranan krusial yaitu meningkatkan keselamatan, efisiensi, mengontrol kapasitas lalu lintas, biaya operasional dan kecepatan. Setiap simpang mencakup gerakan berbelok selain arus lalu lintas yang berkesinambungan dan berpotongan dilebih dari satu lengan simpang (Oglesby, C.H. dan Hicks, R.G, 1993). Terdapat dua kelompok pengaturan simpang, yaitu (Morlok, 1991) :

1. Simpang tak bersinyal merupakan simpang yang tidak memiliki lampu lalu lintas, sehingga kendaraan dapat melaju atau berhenti tanpa hambatan.
2. Simpang yang menggunakan elemen lampu lalu lintas dan disusun dengan menggunakan sistem lampu merah, kuning, dan hijau dikenal sebagai simpang bersinyal.

2.2. Arus Lalu Lintas

Definisi dari arus lalu lintas yakni banyaknya kendaraan yang melintas pada satu ruas jalan dalam setiap jam-nya. Satuan untuk menyatakan arus lalu lintas yaitu smp/jam (satuan mobil penumpang per jam) atau kend/jam (kendaraan per jam). Konversi arus lalu lintas dari satuan kend/jam ke bentuk smp/jam mengimplementasikan nilai EMP pada masing-masing pendekatan yang dilindungi atau terlawan.

Tabel 1. Ekuivalensi mobil penumpang (EMP)

Jenis Kendaraan	emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
MP	1,00	1,00
KS	1,30	1,30
SM	0,15	0,40

Sumber : PKJI 2023

2.3. Arus Jenuh

Persamaan Arus Jenuh (J_0), yakni:

$$J = J_0 \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_G \times F_P \times F_{BKa} \times F_{BKl} \quad (1)$$

2.4. Kapasitas

Kapasitas persimpangan, diukur dalam smp/jam hijau, adalah kemampuannya untuk menangani volume lalu lintas tertinggi per satuan waktu.

$$C = J \times \frac{W_H}{s} \quad (2)$$

2.5. Derajat Kejenuhan

$$D_J = \frac{q}{C} \quad (3)$$

2.6. Panjang Antrian

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \quad (4)$$

2.7. Tundaan

1. T_{LL} (Tundaan Lalu Lintas)
$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1-R_H)^2}{(1-R_H \times D_J)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C} \quad (5)$$

2. T_G (Tundaan Geometrik)
$$T_G = (1-R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (6)$$

3. T (Tundaan)
$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi} \quad (7)$$

4. T_i (Tundaan Rata-Rata Simpang)
$$T_I = \frac{\sum(q \times T)}{q_{TOT}} \quad (8)$$

2.8. Tingkat Pelayanan

Bentuk klasifikasi tingkat layanan (Level Of Service (LOS)) dengan mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015, terbagi menjadi enam, yakni LOS A (arus bebas) memiliki rata-rata tundaan kurang dari 5 detik, LOS B (arus stabil/sedikit tundaan) memiliki rata-rata tundaan 5,1-15 detik, LOS C (arus sedikit/tundaan dapat diterima) memiliki rata-rata tundaan 15,1-25 detik, LOS D (arus mendekati tidak stabil) memiliki rata-rata tundaan 25,1-40 detik, LOS E (arus tidak stabil/tundaan) memiliki rata-rata tundaan 40,1-60 detik, dan LOS F (arus dipaksakan) memiliki rata-rata tundaan lebih dari 60 detik.

2.9. Aplikasi Vissim

PTV dari Jerman merilis aplikasi Vissim. Model Simulasi Verkehr Ir Stadten, atau Verkehr Ir Stadten Simulations Model yang kemudian disingkat menjadi Vissim. Paket aplikasi Vissim terbagi kedalam dua faktor, yakni:

- a. Simulasi lalu lintas
Simulasi arus lalu lintas mikroskopis, termasuk logika perubahan jalur dan logika untuk melacak pergerakan kendaraan.
- b. Generator pengaturan sinyal

- Aplikasi pengontrol sinyal
- Informasi dari simulasi lalu lintas atau pengambilan data (detector)
- Penentuan tingkat sinyal dalam fase tindak lanjut atau kembali dalam simulasi lalu lintas.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Simpang yang diteliti berlokasi di simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

(Sumber : Hasil Peneliti, 2024 dan Peraturan Daerah Kabupaten Malang Nomor 1 Tahun 2024 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang Tahun 2024-2044)

3.2. Pengumpulan Data

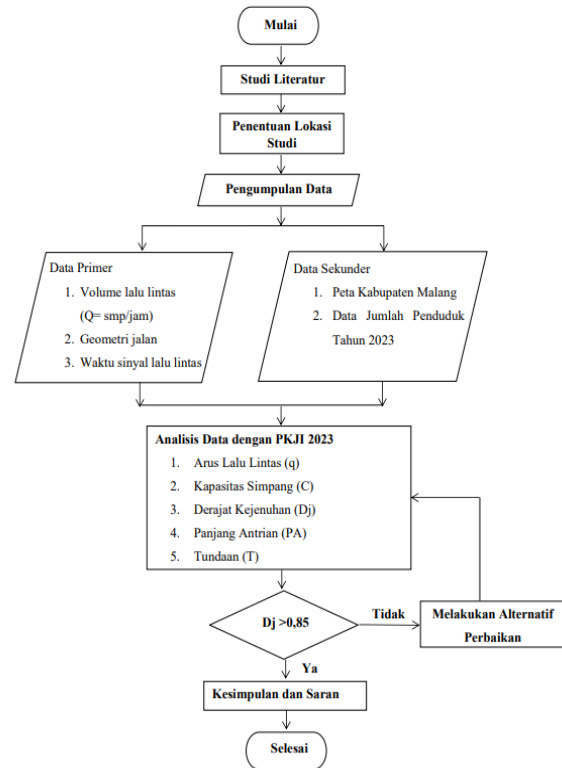
Terdapat dua macam sumber data yang diimplementasikan dalam penelitian yaitu sumber data primer dan sekunder, dimana sumber data sekunder berkaitan dengan informasi jumlah populasi dan peta wilayah Kabupaten Malang. Sedangkan data primer berupa geometri jalan, volume kendaraan, jenis kendaraan dan waktu sinyal.

3.3. Analisa Data

Parameter yang didapatkan dari hasil analisis dengan mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023 (PKJI 2023) yaitu panjang antrian dan derajat kejenuhan penundaan. Selain itu, simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat Vissim,

menghasilkan hasil berupa nilai LOS dan tundaan.

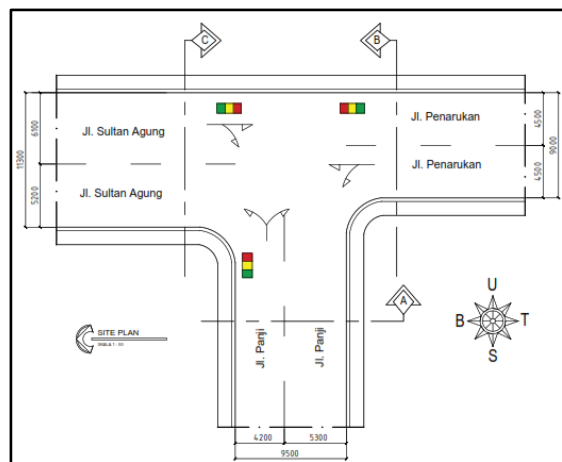
3.4. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Geometrik



Gambar 3. Kondisi Geometri Jalan
Sumber : Hasil Survei, 2024

Data geometrik pada simpang didapatkan dari hasil survei bahwa simpang tersebut memiliki tiga lengan persimpangan yaitu Jalan Sultan Agung, Jalan Panji dan Jalan Penarukan.

Peneliti juga melakukan pengukuran lebar jalan secara langsung di lokasi.

4.2. Arus Lalu Lintas

Pelaksanaan survei LHR berlangsung dalam kurun waktu 12 hari dan diperoleh arus maksimum terjadi pukul 06.00 hingga 07.00 WIB pada hari Senin, 22 April 2024. Pada Tabel 2 merepresentasikan rincian kendaraan arus maksimum.

Tabel 2. Data LHR Maksimum

Nama Jalan	Arah	Jumlah (Kend/Jam)	
Jalan Sultan Agung (B)	Lurus	1.930	2.686
	BKa	756	
Jalan Panji (S)	BKa	716	1.533
	BKi	817	
Jalan Penarukan (T)	Lurus	1.315	1.653
	BKi	318	
Jumlah		5.872	

Sumber : Hasil Survei, 2024

Tabel 3. Arus Lalu Lintas

Kode Pendekat	Arah	Terlindung (smp/jam)	
B	Lurus	397,4	613,3
	BKa	215,9	
S	BKa	145,5	495,35
	BKi	349,85	
T	Lurus	297,35	384,6
	BKi	87,25	
Jumlah		1493,25	

Sumber : Hasil Analisa, 2024

4.3. Arus Jenuh

Hasil hitung arus jenuh di Jalan Panji, yakni:

$J = J_0 \times FUK \times FHS \times FG \times FP \times FBKa \times FBKi$

$J = 2520 \times 0,88 \times 0,928 \times 1 \times 0,887 \times 1,076 \times 0,887$

$J = 1742,171 \text{ smp/jam}$

Tabel 4. Arus Jenuh

Kode Pendekat	J_0 (smp/jam)	J (smp/jam)
B	3450	2726,291
S	2850	1742,171
T	2700	2120,97

Sumber : Hasil Analisa, 2024

4.4. Kapasitas

Hasil hitung kapasitas pada Jalan Panji :

$C = J \times \frac{W_H}{s}$

$C = 1742,171 \times \frac{35}{103}$

$C = 592 \text{ smp/jam}$

Tabel 5. Kapasitas

Kode Pendekat	J	W_H	s	C
B	2726,291	33	103	873,472
S	1742,171	35	103	592
T	2120,97	20	103	411,839

Sumber : Hasil Analisa, 2024

4.5. Derajat Kejenuhan

Hasil hitung derajat kejenuhan pada Jalan Panji :

$D_J = \frac{q}{C}$

$D_J = \frac{592}{495,35}$

$D_J = 0,837$

Tabel 6. Derajat Kejenuhan (D_J)

Kode Pendekat	q	C	D_J
B	613,3	873,472	0,702
S	495,35	592	0,837
T	384,6	411,839	0,934

Sumber : Hasil Analisa, 2024

Berdasarkan hasil perhitungan Derajat Kejenuhan (D_J) tertinggi berada di Jalan Penarukan yakni sebesar 0,934

4.6. Panjang Antrian

Hasil hitung panjang antrian di Jalan Panji:

$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M}$

$$P_A = 14,791 \times \frac{20}{4,2}$$

$$P_A = 70,433 \text{ m}$$

Tabel 7. Panjang Antrian

Kode Pendekat	R _H	N _q	P _A
B	0,32	16,039	52,587
S	0,34	14,791	70,433
T	0,194	14,156	62,916

Sumber : Hasil Analisa, 2024

Berdasarkan hasil perhitungan Panjang Antrian (P_A) tertinggi berada di Jalan Panji yakni sebesar 70,433

4.7. Tundaan

Tabel 8. Tundaan

Kode Pendekat	T _{LL}	T _G	T
B	33,392	3,666	37,058
S	41,792	4,122	45,914
T	69,916	4,417	74,333

Sumber : Hasil Analisa, 2024

Sehingga tundaan rata-rata untuk simpang (T_I) adalah :

$$T_I = \frac{\sum(q \times T)}{q_{TOT}}$$

$$T_I = \frac{74059,643}{1493,25}$$

$$T_I = 49,596 \text{ det/smp}$$

4.8. Tingkat Pelayanan

Berdasarkan hasil analisa, didapatkan hasil bahwa tundaan rata-rata pada simpang adalah 49,596 det/smp, sehingga tingkat pelayanan pada simpang APILL Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen berdasarkan PKJI 2023 termasuk dalam tingkat pelayanan E atau arus tidak stabil.

4.9. Pembahasan pada Perlintasan Kereta

Berdasarkan hasil survey lapangan, panjang antrian terpanjang saat palang pintu kereta api tertutup sebesar 135 meter dengan lama palang pintu tertutup 319 detik sedangkan panjang jalur yang berada di Jalan Sultan Agung sepanjang 125 meter dan waktu siklus sebesar 103 detik. Berdasarkan hal

tersebut, panjang antrian saat palang pintu tertutup melebihi panjang jalur tersebut serta melewati 3 (tiga) kali waktu siklus sehingga dapat mengganggu kinerja simpang.

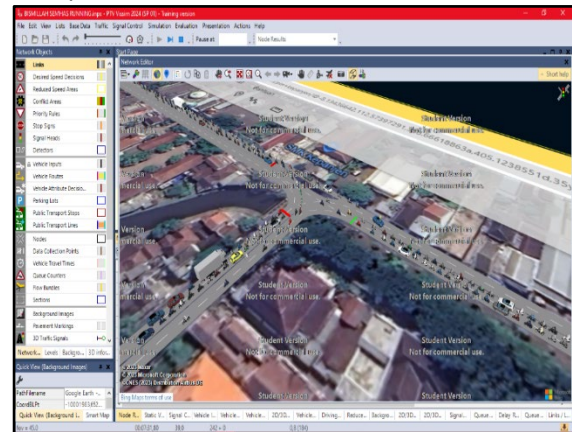


Gambar 4. Hasil Survey Panjang Antrian Perlintasan Kereta

Sumber : Survei Lapangan, 2024

4.10. Hasil Aplikasi Vissim

Pada aplikasi vissim menginput background, jaringan jalan, ukuran jalan, jenis kendaraan, volume lalu lintas, rute jalan dan siklus untuk mendapatkan hasil running berupa antrian, tundaan dan LOS.



Gambar 5. Hasil Simulasi Vissim

Sumber : Aplikasi Vissim Versi 2024, 2024

Berikut merupakan hasil *running* aplikasi Vissim yang menunjukkan panjang antrian, tundaan dan LOS pada tiap ruas jalan :

Tabel 9. Hasil Aplikasi Vissim

Nama Jalan	Antrian	Tundaan	LOS	
Jalan Sultan Agung (B)	34,43	16,08	41,55	D
	34,43	39,16		
Jalan Panji (S)	42,02	41,97		
	42,02	39,91		
Jalan Penarukan (T)	97,89	85,63		
	97,89	83,87		

Sumber : Hasil Analisa, 2024

4.11. Alternatif Perbaikan

Dilakukan alternatif perubahan waktu siklus untuk meningkatkan kapasitas simpang dan mengurangi tundaan dan LOS. Berikut merupakan hasil alternatif perubahan waktu siklus pada simpang :

Tabel 10. Alternatif Perubahan Waktu Siklus

Alternatif	PKJI 2023		VISSIM	
	Tundaan	LOS	Tundaan	LOS
90 detik	43,901	E	39,2	D
80 detik	42,6	E	38,91	D
70 detik	42,461	E	39,1	D
70 detik dan $F_p = 1$	36,663	D		

Sumber : Hasil Analisa, 2024

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- Derajat Kejenuhan (DJ) pada simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang menurut perhitungan PKJI 2023 antara lain Jalan Sultan Agung sebesar 0,649, Jalan Panji sebesar 0,697 dan Jalan Penarukan sebesar 0,984.
- Panjang Antrian (PA) pada simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang menurut perhitungan PKJI 2023 antara lain Jalan Sultan Agung

sebesar 57,242 meter, Jalan Panji sebesar 58,552 meter dan Jalan Penarukan sebesar 78,653 meter.

- Tundaan (T) pada simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang menurut perhitungan PKJI 2023 antara lain Jalan Sultan Agung sebesar 35,093 detik meter, Jalan Panji sebesar 36,694 detik dan Jalan Penarukan sebesar 81,333 detik serta tundaan simpang rata-rata yaitu 48,497 detik/smp.
- Kinerja simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang menurut perhitungan PKJI 2023 dengan tundaan simpang rata-rata yaitu 49,596 detik/smp berada pada kategori E dan berdasarkan hasil input pada aplikasi VISSIM dengan tundaan simpang sebesar 41,55 berada pada kategori D.
- Alternatif penanganan lalu lintas simpang bersinyal Jalan Sultan Agung - Jalan Panji - Jalan Penarukan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang yaitu dengan perubahan waktu siklus lampu lalu lintas antara lain :
 - Alternatif 1 dengan waktu siklus 90 detik berdasarkan perhitungan PJKI 2023 nilai tundaan sebesar 43,901 (E) dan berdasarkan hasil input vissim nilai tundaan sebesar 39,2 (D);
 - Alternatif 2 dengan waktu siklus 80 detik berdasarkan perhitungan PJKI 2023 nilai tundaan sebesar 42,6 (E) dan berdasarkan hasil input vissim nilai tundaan sebesar 38,91 (D);
 - Alternatif 3 dengan waktu siklus 70 detik berdasarkan perhitungan PJKI 2023 nilai tundaan sebesar 42,461 (E) dan berdasarkan hasil input vissim nilai tundaan sebesar 39,1 (D).
 - Alternatif 4 dengan waktu siklus 70 detik dan $F_p = 1$ berdasarkan perhitungan PJKI 2023 nilai tundaan sebesar 36,663 (D).

5.2. Saran

- Perlu adanya pengaturan ulang waktu siklus terutama saat palang pintu kereta

- api tertutup untuk menekan panjang antrian dan tundaan pada simpang
2. Perlu pengaturan parkir pada masing-masing lengan simpang.
 3. Untuk penelitian selanjutnya bisa memperhitungkan pengaturan waktu siklus saat kereta melintas.
 4. Untuk penelitian selanjutnya agar menggunakan permodelan dengan vissim full version ata versi berbayar.
 5. Setiap elemen masyarakat harus sadar terkait penggunaan jalan dan menaati aturan berlalu lintas yang sudah ditetapkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyanti, Dwi, Indah,Fitria, Azizah Rokhmawati, and Anita Rahmawati. 2022. "Analisa Tundaan Akibat Penutup Palang Pintu Kereta Api (Ruas Jalan Sultan Agung Desa Kepanjen Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang)." Jurnal Rekayasa Sipil 12(3): 12–22.
- [2] Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2023. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Jakarta : Direktorat Jenderal Bina Marga
- [3] Ingsih, Ita Suhermin, and George Winaktu. 2022. "Kinerja Simpang Pendem Kota Batu Di Era Pandemi Covid-19". Teras Jurnal. 12(2): 461–472.
- [4] M. Sa'dillah, Andy Kristafi Arifianto, and Ignasia Bule. 2023. "Performance Intersection of Panglima Sudirman – Untung Suropati North Street of Malang City." Journal Innovation of Civil Engineering (JICE) 4(2): 109–15.
- [5] Madu Sonia, Meriana Wahyu Nugroho, Titin Sundari, and Rahma Ramadhani. 2024. "Analysis of Transportation Mode Choice in Malang City Using Multinomial Logistics Method." Journal Innovation of Civil Engineering (JICE) 5(1): 63–69.
- [6] Oglesby, Clarkson H, and R. Gary Hicks. 1993. Teknik Jalan Raya. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [7] Morlok, E.K. 1991. Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [8] Peraturan Menteri Perhubungan No 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas.