

EVALUASI SIMPANG BERSINYAL (SIMPANG EMPAT KLENTENG ENG AN KIONG KOTA MALANG DENGAN SOFTWARE VISSIM)

Hardiansyah Wahyu D¹, Bambang Suprpto², Ita Suhermin Ingsih³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam

Malang e-mail: 21901051181@unisma.ac.id

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam

Malang e-mail: bambang.suprpto@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam

Malang e-mail: ita.suhermin@unisma.ac.id

Abstract

Malang City, as a large city in East Java, faces complex traffic problems at the Eng An Kiong Temple intersection, which is busy with activities such as markets, shops and schools. This research uses Vissim simulation and PKJI 2023 analysis to evaluate intersection performance. The results show poor conditions with a high degree of saturation. The proposed solutions are: (1) change the cycle time to 80 seconds with 2 phases, and (2) change the cycle time to 130 seconds with 4 phases. Both alternatives reduce the degree of saturation below 0.85 pcu/hour, with the second alternative being safer. Suggestions for further research are to use the latest regulations and apply the proposed scenarios to improve intersection performance.

Keywords: Interchange, Congestion, Vissim, PKJI 2023, Malang City.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk, aktivitas masyarakat, daya beli, dan perkembangan transportasi yang pesat menyebabkan peningkatan pergerakan kendaraan. Ketidakseimbangan maka perlu diadakan evaluasi ulang kinerja simpang bersinyal [1]. antara jumlah kendaraan dan prasarana jalan menimbulkan konflik Kota Malang, sebagai kota besar di Jawa Timur, menghadapi masalah lalu lintas di persimpangan, Simpang Kelenteng Eng An Kiong terletak di kawasan sibuk dengan pasar, pertokoan, perkantoran, dan sekolah. Persimpangan ini sering macet karena pertumbuhan penduduk, ekonomi, dan ketidakdisiplinan pengguna jalan. perkembangan transportasi yang sangat pesat menyebabkan makin meningkatnya pergerakan Untuk mengatasinya [2]. diperlukan manajemen lalu lintas yang baik, termasuk simulasi menggunakan software Vissim. Persimpangan adalah pertemuan antara dua buah jalan atau lebih [3]. Penelitian dilakukan dengan survei selama tiga hari pada jam sibuk. menganalisis kinerja persimpangan dan mencari menggunakan pedoman kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023). Jumlah kendaraan yang melintasi jaringan jalan perkotaan

meningkat pesat [4]. Tujuannya adalah meningkatkan pelayanan arus lalu lintas dan kenyamanan pengguna Pertumbuhan Sebagian konflik transportasi di beberapa kota besar berada di kondisi yang mengkhawatirkan, aktivitas masyarakat, daya beli, dan perkembangan transportasi yang pesat menyebabkan peningkatan pergerakan kendaraan [5]. Ketidakseimbangan antara jumlah kendaraan dan prasarana jalan menimbulkan konflik Kota Malang, Kota Malang merupakan salah satu kota terbesar kedua di Jawa Timur setelah Surabaya, dan kota terbesar ke-12 di Indonesia [6]. menghadapi masalah lalu lintas di persimpangan, Simpang Kelenteng Eng An Kiong terletak di kawasan sibuk dengan pasar, pertokoan, perkantoran, dan sekolah. Persimpangan ini sering macet karena pertumbuhan penduduk, ekonomi, dan ketidakdisiplinan pengguna jalan. Kemacetan pada jalan perkotaan maupun jalan luar kota Untuk mengatasinya, diperlukan manajemen lalu lintas yang baik, termasuk simulasi menggunakan software Vissim [7]. Penelitian dilakukan dengan survei selama tiga hari pada jam sibuk. menganalisis kinerja persimpangan dan mencari menggunakan pedoman kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023). Tujuannya adalah

meningkatkan pelayanan arus lalu lintas dan kenyamanan pengguna.

1.1. Identifikasi Masalah

1. Terjadinya keterlambatan dalam lalu lintas di simpang empat bersinyal JL. Pasar Besar, JL. Laksamana Martadinanta, JL. Gatot Subroto Kota Malang disebabkan oleh tingkat derajat kejenuhan yang tinggi.
2. Sering Terjadinya tundaan dan tingkat derajat kejenuhan yang tinggi.
3. Solusi untuk mengurangi tingginya keterlambatan dan panjang antrian kendaraan pada simpang Klenteng Eng An Kiong Kota Malang.

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapa tingkat derajat kejenuhan pada simpang empat bersinyal simpang empat JL. Pasar besar, JL. Laksamana marthadinanta, JL. Zainal Zakse, JL. Gatot subroto Kota Malang?
2. Berapa panjang tundaan dan antrian yang ada dalam eksisting simpang empat Kleteng Eng An Kiong Kota Malang dengan menggunakan PKJI dan software vissim?
3. Bagaimana Alternatif Solusi Untuk lalu lintas yang tepat dalam memberikan peningkatan kinerja simpang empat Klenteng Eng An Kiong Kota Malang?

1.3. Tujuan

1. Untuk mengetahui tingkat derajat kejenuhan pada simpang empat bersinyal di JL. Pasar besar, JL. Laksamana martadinanta, JL. Zaenal zakse, JL. Gatot subroto Kota Malang
2. Untuk mengetahui panjang tundaan dan antrian yang ada dalam eksisting simpang empat Klenteng Eng An Kiong Kota Malang dengan menggunakan PKJI dan Software Vissim
3. Untuk mengetahui Alternatif Solusi lalu lintas yang tepat dalam memberikan peningkatan kinerja simpang empat Klenteng Eng An Kiong Kota Malang.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Untuk mahasiswa agar dapat

mengimplementasikan dasar-dasar ilmu lalu lintas yang di peroleh diperkuliahan.

2. Untuk instansi atau pemerintahan berkenaan riset ini dapat dipergunakan selaku parameter dalam menelusiri berbagai permasalahan yang ada dilokasi simpang.
3. Untuk masyarakat sekitar dapat memberikan peningkatan nyaman dan rasa aman untuk pengendara serta memperlancar arus lalu lintas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang mencakup segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya, yang digunakan untuk lalu lintas. Jalan dapat berada di atas tanah, di bawah tanah, di atas air, atau di bawah air, tetapi tidak termasuk jalan kereta api, lori, atau kabel. Simpang adalah bagian penting dalam jaringan transportasi darat [8].

Persimpangan merupakan bagian penting dari jalan raya karena keamanan, efisiensi, biaya operasional, kecepatan, dan kapasitas lalu lintas [9].

Persimpangan Jalan adalah tempat perpindahan dari perubahan arah perjalanan yang berpencar atau bergabung [10]. Persimpangan dibagi menjadi dua jenis:

- Simpang Bersinyal
Persimpangan yang dilengkapi dengan lalu lintas (traffic light) untuk mengatur arus kendaraan.
- Simpang Tak Bersinyal
Persimpangan yang tidak memiliki lampu lalu lintas, sehingga pengaturan lalu lintas dilakukan tanpa sinyal

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Simpang Empat Kleteng Eng An Kiong, Kota Malang, yang merupakan kawasan pertokoan, pasar, perkantoran dan sekolah dengan aktivitas pejalan kaki dan kendaraan yang padat. Tujuannya adalah mengevaluasi kinerja simpang bersinyal tersebut menggunakan metode pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023).



Gambar 1 Lokasi Penelitian
Sumber: Google Earth, 2024

3.2. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL & PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan selama 4 (empat) hari pengamatan pada jam-jam yang telah ditetapkan, data yang

digunakan untuk analisis lebih lanjut merupakan nilai Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) maksimum dari keseluruhan hari pengamatan tersebut. Metode pengambilan data disesuaikan dengan referensi dari jurnal-jurnal yang relevan, yang pada dasarnya merekomendasikan pengamatan selama 3 (tiga) hari [11].

Namun, dalam penelitian ini dilakukan penambahan satu hari pengamatan untuk meningkatkan keandalan data serta memperoleh gambaran yang lebih representatif terhadap kondisi lalu lintas pada simpang yang diteliti.

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa selama melakukan survei LHR selama 4 (empat) hari, arus maksimumnya terjadi pada hari Minggu, 14 Juli 2024, Sore jam 11.00 – 14.45. Untuk melihat lebih detail kendaraan pada arus maksimum dapat dilihat pada Tabel 2.

Berikut ini adalah contoh perhitungan ekuivalen kendaraan ringan pada jalan Gatot Subroto untuk arah LRS yang terdapat pada tabel 2 baris nomor 1 (satu).

Tabel 1. Hasil Perhitungan LHR Selama 4 (Empat) Hari

Hari/Tanggal	Waktu	Banyak Kendaraan
Senin	Pagi (06.00 - 09.00)	14124
	Siang (11.00 - 14.00)	19657
	Sore (15.00 - 18.00)	14848
Rabu	Pagi (06.00 - 09.00)	11819
	Siang (11.00 - 14.00)	20036
	Sore (15.00 - 18.00)	16041
Sabtu	Pagi (06.00 - 09.00)	9759
	Siang (11.00 - 14.00)	22404
	Sore (15.00 - 18.00)	18621
Minggu	Pagi (06.00 - 09.00)	10446
	Siang (11.00 - 14.00)	24302
	Sore (15.00 - 18.00)	18618

Sumber: Hasil Survei Lapangan 2024

Tabel 2. Data Arus Lalu Lintas Maksimum

NO	interval	Nama Jalan	Arah	SM	MP	KS	BB	TB	KTB	Jumlah
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	11.00 - 14.00	Gatot Subroto - Laksamana	LSR	2828	2862	1102	7	183	37	24032
2		Zaenal Zakse	Bki	1056	1016	304			26	
3										
4		Laksamana Martadinata - Gatot Subroto	LSR	2863	2912	616	11	780	33	
5		Pasar Besar	Bki	545	586	192			36	
6		Zaina Zakse	Bka	539	410	136				
7										
8		Pasar Besar - Zaenal Zakse	LSR	539	639	303			49	
9		Laksamana Martadinata	Bka	224	309	136	3		18	
10		Gatot Subroto	Bki	265	286	192	2		28	
11										
12		Zaenal Zakse - Pasar Besar	LSR	225	109	68			35	
13		Gatot Subroto	Bka	271	309	154	6		25	
14		Laksamana Martadinata	Bki	271	309	151	2		24	

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

- SM = 2828 Knd/jam (pada Tabel 4.5 kolom No. 5 baris no. 1)
Ekr = $2828 \times 0,15$
= $2828 \times 0,15$
= 424 skr/jam
- MP = 2862 Knd/jam (pada Tabel 4.5 kolom No. 6 baris no. 1)
- Ekr = $2862 \times 1,00$
= $2862 \times 1,00$
= 2862 skr/jam
- KS = 1102 Knd/jam (pada Tabel 4.5 kolom No. 7 baris no. 1)
- Ekr = $1102 \times 1,00$
= $1102 \times 1,00$
= 1102 skr/jam
- BB = 7 Knd/jam (pada Tabel 4.5 kolom No. 8 baris no. 1)
- Ekr = $7 \times 1,30$
= $7 \times 1,30$
= 9,1 skr/jam
- TB = 183 Knd/jam (pada Tabel 4.5 kolom No. 9 baris no. 1)
- Ekr = $183 \times 1,30$
= $183 \times 1,30$
= 238 skr/jam
= 238 skr/jam

Tabel 3. Satuan Kendaraan Ringan (skr)

NO	Nama Jalan	Arah	SM		MP		KS		BB		TB		Jlb (1)		Jlb (2)
			Knd/jam	skr	Knd/jam	skr	Knd/jam	skr	Knd/jam	skr	Knd/jam	skr	skr	skr	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Gatot - Laksamana	LSR	2828	424	2862	2862	1102	1102	7	9,1	183	238	4635		6114
2	Gatot - Zaenal	Bki	1056	158	1016	1016	304	304					1478		
3	Laksamana - Gatot	LSR	2863	429	2912	2912	616	616	11	14,3	780	1014	4986		6472
4	Laksamana - Pasar	Bki	1084	163	996	996	328	328					1487		
5	Pasar - Zaenal	LSR	539	162	639	639	303	303					1104		2173
6	Pasar - Laksamana	Bka	224	67	309	309	136	136	3				512		
7	Pasar - Gatot	Bki	265	80	286	286	192	192	2				558		
8	Zaenal - Pasar	LSR	225	68	109	109	68	68					245		1330
9	Zaenal - Gatot	Bka	271	81	309	309	154	154	6				544		
10	Zaenal - Laksamana	Bki	271	81	309	309	151	151	2				541		
Total															16089

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

- Jumlah (1) = $424 + 2862 + 1102 + 9,1 + 238$
= 4635 skr/jam
- Jumlah (2) = $4635 + 1478$
= 6114 skr/jam

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 3.

4.1. Analisa Data

Nilai arus jenis diperoleh dari mengalikan jenuh dasar (So) dengan faktor-faktor penyesuaianya seperti faktor penyesuaian terhadap ukuran kota (FUK), Faktot Hambatan Samping (FHS), Faktor Penyesuaian Kelandaian (FG), Penyesuaian Parkir (FP), Faktor Penyesuaian Belok Kiri (FBKi) dan Faktor Penyesuaian Parkir Belok Kanan (FBKa). $S = So \times FUK \times FHS \times FG \times FP \times FBKi \times FKBa$ (PKJI 2023).

a. Arus Jenuh Dasar (So)

Penentuan arus jenuh dasar (So) dapat dihitung untuk mendapatkan nilai kapasitas suatu kondisi eksisting terhadap kondisi ideal suatu lengan atau pendekat. Nilai arus jenuh dasar dapat ditentukan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$So = 600 \times LE \quad (\text{PKJI 2023})$$

$$So = 600 \times 13$$

$$So = 7800$$

Perhitungan selanjutnya untuk setiap lengan jalan dapat dilihat pada tabel 4 dibawa ini.

Tabel 4. Tipe Pendekat

Tipe pendekat	Arus Jenuh Dasar
	(skr/jam)
Gatot Subroto	7800
Laksamana Martadinata	7800
Pasar Besar	7200
Zaenal Zakse	6000

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

b. Faktor Hambatan Samping(F_{HS})

Sesuai dengan penjelasan pada Bab 2 tinjauan pustaka mengenai Faktor Hambatan Samping (F_{HS}), jika hambatan samping di pengaruhi oleh aktivitas warga seperti pertokoan, parkir dan pasar dll. nilai untuk F_{HS} didapatn hasil seperti Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Faktor Hambatan Samping (F_{HS})

Nama Jalan	Tipe Pendekatan	FHS
Gatot Subroto	Terlindung	0,93
Laksamana Martadinata	Terlindung	0,93
Pasar Besar	Telawan	0,93
Zaenal Zakse	Telawan	0,93

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

c. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BKi})

Faktor penyesuaian belok kiri diketahui melalui rasio kendaraan belok kiri. Contoh perhitungan untuk F_{BKi} pada jam kendaraan maksimum dengan menggunakan rumus persamaan seperti dibawah ini

$$F_{BKi} = 1,0 - R_{BKi} \times 0,16 \quad (\text{PKJI2023})$$

$$R_{BKi} = \frac{QBKi}{QTotal} \quad (\text{PKJI2023})$$

Dimana:

F_{BKi} : Faktor Penyesuaian Belok Kiri

R_{BKi} : Rasio Kendaraan Belok Kiri

$QBKi$: Total Arus Kendaraan Belok Kiri

$QTotal$: Total Semua Arus Kendaraan

Contoh perhitungan F_{BKi} untuk lengan Jalan Laksamana Marthadinanta

$$QBKi = 1056 \text{ (Tabel 6)}$$

$$Qtotal = 16089 \text{ (Tabel 3)}$$

$$R_{BKi} = \frac{QBKi}{QTotal} = \frac{1056}{16089} = 0,06$$

$$F_{BKi} = 1,0 + (R_{BKi} \times 0,26) = 1,0 + (0,06 \times 0,26) = 1,01$$

Selanjutnya untuk perhitungan Faktor Penyesuaian Belok Kiri ($FBKi$) pada tiap-tiap lengan lainnya dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini

Tabel 6. Faktor Penyesuain Belok Kiri ($FBKi$)

Time pendekat	QBKi	QTotal	RBKi	FBKi
Barat	1084	16089	0,09	1,01
Selatan	1056		0,20	1,01
Timur	309		0,08	1,00
Utara	309		0,05	1,00

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

Faktor penyesuaian belok kanan diketahui melalui rasio kendaraan belok kiri. Contoh perhitungan untuk $FBKa$ pada jam kendaraan maksimum dengan menggunakan

rumus persamaan seperti dibawah ini:

$$FBKa = 1,0 - RBKa \times 0,26 \quad (\text{PKJI2023})$$

$$RBKa = \frac{QBKa}{QTotal} \quad (\text{PKJI2023})$$

Dimana:

$FBKa$: Faktor Penyesuaian Belok Kanan

$RBKa$: Rasio Kendaraan Belok Kanan

$QBKa$: Total Arus Kendaraan Belok Kanan

$QTotal$: Total Semua Arus Kendaraan

Contoh perhitungan $FBKi$ untuk lengan

Jalan Pasar Besar

$$QBKa = 309 \text{ (Tabel 8)}$$

$$Qtotal = 16089 \text{ (Tabel 3)}$$

$$RBKa = \frac{QBKa}{QTotal} = \frac{309}{16089} = 0,01$$

$$FBKa = 1,0 + (RBKi \times 0,26) = 1,0 + (0,01 \times 0,26) = 1,00$$

Selanjutnya untuk perhitungan Faktor Penyesuaian Belok Kiri ($FBKi$) pada tiap-tiap lengan lainnya dapat dilihat pada tabe 9 dibawah ini.

Tabel 7. Faktor Penyesuaian Belok ($FBKa$)

Time pendekat	QBKa	QTotal	RBKa	FBKa
Utara		16089		
Selatan				
Barat	224		0,01	1,00
Timur	271		0,01	1,00

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

Contoh Cara menghitung nilai arus jenuh (S) pada lengan Barat Jalan Gatot Subroto pada:

$$S = S_0 \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_G \times F_P \times F_{BKi} \times F_{BKa} \text{ (skr/jam)}$$

$$S_0 = 7800 \text{ skr/jam (Tabel 4.7)}$$

$$F_{UK} = 0,82 \text{ (Halaman 48)}$$

$$F_{HS} = 0,87 \text{ (Tabel 4.8)}$$

$$F_G = 0,98 \text{ (Halaman 49)}$$

$$F_P = 1 \text{ (Halaman 49)}$$

$$F_{BKi} = 1,01 \text{ (Tabel 4.10)}$$

$$F_{BKa} = 1,00 \text{ (Tabel 4.12)}$$

$$= 7800 \times 0,82 \times 0,87 \times 0,98 \times 1,001 \times 1,00 = 5911 \text{ Skr/jam}$$

Selanjutnya untuk perhitungan arus jenuh (S) pada tiap-tiap lengan lainnya dapat dilihat pada tabel 8 dibawah ini.

Tabel 8. Arus Jenuh (S)

No	Kode Pendekat	(So)	Faktor koreksi						(S)Skr/jam
			Fuk	FHS	(Fc)	(Fp)	(FBK1)	(FBK2)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Utara	7800	0,88	0,87	0,98	1,00	1,01		5911
2	Selatan	7800	0,88	0,87	0,98	1,00	1,01		5911
3	Barat	7200	0,88	0,79	0,98	1,00	1,00	1,00	4905
4	Timur	6000	0,88	0,79	0,98	1,00	1,00	1,00	4088

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

4.2. Kapasitas Simpang Dan Derajat Jenuh Kapasitas

Besarnya Kapasitas (C) tergantung pada arus jenuh dan rasio wilayah waktu hijau pada masing-masing pendekat. Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas simpang adalah sebagai berikut:

$$C = S \times \frac{H}{c} \quad (\text{PKJI2023})$$

Dimana:

C : Kapasitas

S : Arus Jenuh

H : Waktu Siklus Hijau Persetiap Lengan Jalan

c : Total Waktu siklus Perlengan Jalan

Contoh perhitungan kapasitas (C) lengan Barat Jalan Imam Bonjol pada arus maksimum hari Minggu, 14 Juli 2020 jam 11.00 – 14.00.

$$C = S \times \frac{H}{c}$$

$$S = 5507 \text{ skr/jam (Tabel 10)}$$

$$H = 49 \text{ detik (Data Lapangan)}$$

$$c = 114 \text{ detik (Data Lapangan)}$$

$$= 5911 \times \frac{49}{114}$$

$$= 2545 \text{ skr/jam}$$

Untuk hasil perhitungan kapasitas (C) selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Kapasitas Simpang Dalam Kondisi Eksisting

Kode Pendekat	Tipe Pendekat	Arus Jenuh (S)	Waktu Hijau (H)	Waktu Siklus (c)	Kapasitas (C)
		skr/jam	Detik	Detik	
Barat	P	5911	49	114	2545
Selatan	P	5911	49		2545
Timur	O	4905	49		2108
Utara	O	4088	49		1757

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

Untuk perhitungan derajat kejenuhan menggunakan rumus dibawah ini:

$$D_j = \frac{Q}{C} \quad \text{PKJI(2023)}$$

Dimana:

D_j : Derajat Kejenuhan

Q : Arus Total Perlengan Jalan

C : Kapasitas

Contoh perhitungan lengan Barat Jalan Gatot Subroto arus maksimum, Minggu 14 Juli 2024 seperti dibawah ini:

$$D_j = \frac{Q}{C}$$

$$Q = 6114 \text{ ekr/jam (Tabel 4.6, Kolom Nomor 15, Baris 1 dan 3)}$$

$$C = 2545 \text{ (Tabel 4.14)}$$

$$= \frac{6114}{2545}$$

$$= 2,40$$

Untuk hasil perhitungan Derajat Kejenuhan (DJ) selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kapasitas Derajat Kejenuh

Kode pendekat	Tipe pendekat	Arus lalu lintas (Q)	Kapasitas (C) skr/jam	Derajat Kejenuhan (DJ)
Utara	P	6114	2183	2,40
Selatan	P	6472	2129	2,40
Timur	O	2173	2001	2,90
Barat	O	1330	1666	3,48

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

4.3. Panjang Antrian

Nilai dari derajat kejenuhan digunakan untuk menghitung jumlah antrian (NQ1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Untuk Nilai DJ > 0,5 akan menggunakan rumus:

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \{ (D_j - 1) +$$

$$\sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{C}} \} \quad (\text{PKJI 2023})$$

Untuk nilai D_j < 0,5 maka NQ₁ = 0

$$NQ_2 = c \times \frac{(1 - RH)}{(1 - RH \times DJ)} \times \frac{Q}{3600} \quad (\text{PKJI 2023})$$

NQ₁ : Panjang Antrian Yang Tersisa Setelah Fase Lampu Hijau

NQ₂ : Panjang Antrian Selama Fase Lampu Merah

C : Kapasitas

D_j : Derajat Kejenuhan

RH : Rasio Waktu Hijau

Q : Total Kendaraan Setiap

Lengan Jalan

c : Total Waktu siklus Perlengan Jalan

$$\begin{aligned}
C &= 2545 \text{ (Tabel 12)} \\
D_j &= 2,40 \text{ (Tabel 4.15)} \\
c &= 114 \text{ (Data Lapangan, Tabel 4.3)} \\
Q &= 6114 \text{ (Tabel 4.15)} \\
R_H &= \frac{\text{Waktu Hijau}}{\text{Waktu Siklus}} \\
&= \frac{49}{114} \\
&= 0,42
\end{aligned}$$

Contoh perhitungan lengan Barat Jalan Gatot Subroto yang menggunakan rumus NQ1 dan NQ2

$$\begin{aligned}
N_{Q1} &= 0,42 \times C \times \{ (D_j - 1) + \sqrt{(D_j - 1)^2 + \frac{8 \times (D_j - 0,5)}{C}} \} \\
&= 0,42 \times 6114 \times \{ (2,80 - 1) + \sqrt{(2,80 - 1)^2 + \frac{8 \times (2,40 - 0,5)}{2545}} \} \\
&= 3596 \text{ skr/jam} \\
N_{Q2} &= c \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_j)} \times \frac{Q}{3600} \\
&= 114 \times \frac{(1 - 0,42)}{(1 - 0,42 \times 2,40)} \times \frac{6114}{3600} \\
&= 1403 \text{ Skr/jam} \\
N_{Q\text{rata-rata}} &= N_{Q1} + N_{Q2} \\
&= 3596 + 1403 \\
&= 4999 \text{ Skr/jam}
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan NQ1, NQ2, NQrata-rata dan NQmax selanjutnya untuk tiap lengan persimpangan yang lain dapat dilihat pada Tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11. Nilai NQ1, NQ2 dan NQrata-rata

Kode	RH	NQ1	NQ2	NQ2rata-rata	Nqmax
pendekat		(Skr)	(Skr)	(Skr)	(Skr)
Barat	0,42	3596	1403	4999	4999
Selatan	0,42	3806	1303	5109	5109
Timur	0,42	1279	1605	2884	2884
Utara	0,42	783	484	1267	1267

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

Panjang Antrian (PA) pada suatu pendekat adalah hasil perkalian jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per ekr yaitu 20m², untuk perhitungan Panjang Antrian masing-masing lengan jalan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 12 dibawah ini.

Tabel 12. Panjang Antrian

Kode Pendekat	LM	NQMAX (Skr)	Panjang Antrian (PA) (m)
Barat	13	2486	7690
Selatan	13	1571	7860
Timur	12	501	4436
Utara	10	200	1949
			145,2

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4. Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})

Untuk menghitung rasio kendaraan henti (R_{KH}) dan jumlah rata-rata kendaraan henti dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \text{ (PKJI 2023)}$$

$$N_H = Q \times R_{KH} \text{ (PKJI 2023)}$$

Dimana:

R_{KH} : Rasio Kendaraan Henti

N_{Qrata-rata} : Total Panjang Antrian Fase lampu Hijau Sisa dan Fase Merah

N_H : Jumlah Rata-Rata

Kendaraan Berhenti

Q : Arus Kendaraan Total Masing-Masing Lengan Jalan

c : Total Waktu siklus Perlengan Jalan

Tabel 13. Rasio Kendaraan Henti dan Jumlah Rata-Rata Kendaraan Henti

Kode Pendekat	Arus lalu lintas (Q)	Waktu siklus (det)	NQ (skr)	RK H	NH (skr)
Barat	6114	114	499 9	23, 2	953 7
Selatan	6472		510 9	22, 4	314 2
Timur	2173	114	288 4	37, 7	250 5
Utara	1330		126 7	27, 0	600

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

Contoh perhitungan rasio kendaraan henti dan jumlah rata-rata kendaraan henti pada lengan Barat Jalan Gatot Subroto.

$$N_{Q\text{MAX}} = 4999 \text{ (Tabel 13)}$$

$$Q = 6114 \text{ Skr/jam (Tabel 12)}$$

$$c = 114 \text{ (Data Lapangan)}$$

$$\begin{aligned}
R_{KH} &= 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \\
&= 0,9 \times \frac{4999}{6114 \times 114} \times 3600 \\
&= 23,2
\end{aligned}$$

$$N_H = Q \times R_{KH}$$

$$= 6114 \times 23,3$$

$$= 9537 \text{ skr/jam}$$

Untuk hasil perhitungan masing-masing lengan bisa dilihat pada Tabel 13.

4.5. Alternatif Perubahan Waktu Siklus Lampu Lalu Lintas dan Fase Menggunakan PKJI

Tabel 14. Arus Jenuh (S) Pada Alternatif 1

Nama Jalan	So	Fuk	FHS	FG	Fp	FBKi	FBKa	S
Gatot Subroto	7800	0,82	0,87	0,98	1,00	1,01		5507
Laksamana Marthadinanta	7800	0,82	0,87	0,98	1,00	1,01		5507
Pasar Besar	7200	0,82	0,79	0,98	1,00	1,00	1,01	4616
Zainal Zakse	6000	0,82	0,79	0,98	1,00	1,00	1,01	3809

Tabel 15. Hasil Analisa Simpang Klenteng Menggunakan Alternatif I PKJI 2023

Nama Jalan	(Q)	(C)	(D)	Ru	Panjang Antrian					Rasio kendaraan henti		Tundaan				T rata2	LOS
					N _q	N _{q1}	N _{q rata1}	N _{q rata2}	P _a	R _{as}	N _u	T ₁	T ₂	T	TT		
Jl. Gatot Subroto	5230	2222	1	0,44	1141	186	1327	1327	2042	53	277179	1111	186,0	1297	6782969	263,2	D
Jl. Laksamana Marthadinanta	4872	2167	0,95	0,44	1001	160	1161	1161	1786	52	252622	1029	183,6	1213	5907573		
Jl. Pasar Besar	2960	1746	0,60	0,38	421	158	579	579	965	45	133114	669	160,8	830	2455972		
Jl. Zainal Zakse	1942	1453	0,40	0,38	132	100	232	232	464	3	28	322	11,2	333	646888		
	15003		0,85						131,4								

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

Tabel 16. Hasil Analisa Simpang Klenteng Menggunakan Alternatif II PKJI 2023

Nama Jalan	(Q)	(C)	(D)	R _u	Panjang Antrian					Rasio kendaraan henti		Tundaan				T rata2	LOS
					N _q	N _{q1}	N _{q2}	N _{q3}	P _a	R _{as}	N _u	T ₁	T ₂	T	TT		
Jl. Gatot Subroto	5230	1935	1	0,44	1250	2302	3752	3752	4129	22	115056	1549	77,5	1626	8506237	221,3	D
Jl. Laksamana Marthadinanta	4872	1651	1,01	0,44	1062	2656	3718	3718	4238	23	112049	3205	81,7	3287	16011859		
Jl. Pasar Besar	2960	1330	0,70	0,38	471	210	681	681	923	7	20719	1349	25,4	1374	4067923		
Jl. Zainal Zakse	1942	923	0,70	0,38	243	160	403	403	755	6	11650	1008	22,6	1031	2001068		
			0,85								90,76						

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

Tabel 17. Hasil Analisa Alternatif I Pada Software Vissim

Ruas Jalan	Movement	Antrian	Antrian (Max)	LOS	Tundaan (det)
LAKSAMANA	1: OKE - 1: LAKSAMANA-GATOT SUBROTO@154.7 - 4: GATOT SUBROTO@20.2	75.51068	166.73851	LOS D	45.63235
	1: OKE - 1: LAKSAMANA-GATOT SUBROTO@154.7 - 6: PASAR BESAR@117.0	75.51068	166.73851	LOS D	42.28727
	1: OKE - 1: LAKSAMANA-GATOT SUBROTO@154.7 - 8: ZAINAL ZAKSE@10.7	75.51068	166.73851	LOS D	49.02838
GATOT SUBROTO	1: OKE - 3: GATOT SUBROTO@142.2 - 2: LAKSAMANA@25.1	75.77016	156.77296	LOS D	45.44873
	1: OKE - 3: GATOT SUBROTO@142.2 - 8: ZAINAL ZAKSE@10.7	75.77016	156.77296	LOS D	41.81936
	1: OKE - 5: PASAR BESAR@112.5 - 2: LAKSAMANA@9.6	18.01123	51.667653	LOS D	54.32218
PASAR BESAR	1: OKE - 5: PASAR BESAR@112.5 - 4: GATOT SUBROTO@8.8	18.01123	51.667653	LOS D	41.17777
	1: OKE - 5: PASAR BESAR@112.5 - 8: ZAINAL ZAKSE@10.7	18.01123	51.667653	LOS E	56.37519
	1: OKE - 7: ZAINAL ZAKSE@176.2 - 2: LAKSAMANA@9.6	17.00887	53.306664	LOS E	61.3835
ZAINAL ZAKSE	1: OKE - 7: ZAINAL ZAKSE@176.2 - 6: PASAR BESAR@17.0	17.00887	53.306664	LOS E	59.22652
	1: OKE - 7: ZAINAL ZAKSE@176.2 - 8: PASAR BESAR@24.4	111.045244	233.804314	LOS D	40.550409

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

Tabel 18. Hasil Analisa Alternatif II Pada Software Vissim

Ruas Jalan	Movement	Antrian	Antrian (max)	LOS	Tundaan (det)
LAKSAMANA	1: KLENTENG - 1: LAKSAMANA-GATOT SUBROTO@139.2 - 4: GATOT SUBROTO@20.2	99.460377	166.78923	LOS D	40.037346
	1: KLENTENG - 1: LAKSAMANA-GATOT SUBROTO@139.2 - 6: PASAR BESAR@24.4	99.460377	166.78923	LOS D	56.597288
	1: KLENTENG - 3: GATOT SUBROTO@139.8 - 2: LAKSAMANA@25.1	90.408079	156.21466	LOS C	53.223263
GATOT	1: KLENTENG - 3: GATOT SUBROTO@139.8 - 8: ZAINAL ZAKSE@25.3	90.408079	156.21466	LOS C	57.704128
	1: KLENTENG - 5: PASAR BESAR@205.1 - 2: LAKSAMANA@25.1	142.303239	233.804314	LOS C	54.577201
	1: KLENTENG - 5: PASAR BESAR@205.1 - 4: GATOT SUBROTO@20.2	142.303239	233.804314	LOS D	40.973401
PASAR BESAR	1: KLENTENG - 5: PASAR BESAR@205.1 - 8: ZAINAL ZAKSE@25.3	142.303239	233.804314	LOS D	57.785908
	1: KLENTENG - 7: ZAINAL ZAKSE@161.6 - 2: LAKSAMANA@25.1	112.009132	189.618659	LOS D	52.634137
	1: KLENTENG - 7: ZAINAL ZAKSE@161.6 - 4: GATOT SUBROTO@20.2	112.009132	189.618659	LOS D	53.392448
ZAINAL	1: KLENTENG - 7: ZAINAL ZAKSE@161.6 - 6: PASAR BESAR@24.4	112.009132	189.618659	LOS D	53.366479
	1: KLENTENG	111.045244	233.804314	LOS D	40.550409

Sumber: Hasil Perhitungan 2024

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data-data yang didapatkan serta analisa pada simpang Klenteng An Eng Kiong Kec Klojen dan Kec Kedungkandang Malang, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Kinerja lalu lintas pada kondisi eksisting simpang empat Klenteng An Eng Kiong Kota Malang dalam kondisi eksisting berada dalam kondisi buruk dengan derajat kejenuhan Pada Jl. Laksamana Marthadinanta $D_j = 2,40$ smp/jam, Jl. Gatot Subroto $D_j = 2,40$ smp/jam, Jl. Pasar Besar $D_j = 2,90$ smp/jam dan Jl. Zainal Zakse $D_j = 3,48$ smp/jam didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023). Maka itu dibutuhkan alternatif solusi untuk mengatasi dan mengurangi Derajat Kejenuhan.
- Panjang antrian dan tundaan yang terjadi di simpang Klenteng An Eng Kiong Kec Klojen dan Kec Kedungkandang berdasarkan hasil analisa menggunakan metode PKJI 2023 dan Software Vissim, adalah sebagai berikut :
 - Hasil Analisa PKJI 2023, panjang antriannya sebesar 145,2m tundaan yang terjadi sebesar 484,1 det/skr.
 - Hasil Analisa Software Vissim, panjang antriannya sebesar 125,377m dan tundaannya adalah 67,505 det/skr
- Ada dua alternatif solusi yang ditawarkan untuk penanganan masalah yang terjadi sebagai berikut :
 - Alternatif I perubahan waktu siklus yang dari 114 dengan 3 fase menjadi 80 dengan 2 fase.
 - Hasil Perhitungan PKJI 2023 panjang

- antrian sebesar 131,4m untuk tundaan yang terjadi sebesar 263,2det/skr.
- Hasil Perhitungan PKJI 2023 derajat kejenuhannya sebesar 0,85 smp/jam.
 - b. Alternatif II perubahan siklus dan perubahan fase menjadi 4 untuk siklusnya menjadi 130.
 - Hasil Perhitungan PKJI 2023 panjang antrian sebesar 90,76 m untuk tundaan yang terjadi sebesar 221,3 det/skr
 - Hasil Perhitungan Software Vissim panjang antrian sebesar 46,575m untuk tundaan yang terjadi sebesar 47,330 det/skr
 - Hasil Perhitungan PKJI derajat kejenuhannya sebesar 0,85 smp/jam
- Dari alternatif yang di atas ini yang sangat layak digunakan untuk solusi derajat kejenuhannya adalah alternatif 1 Karena Derajat Kejenuhan Tidak Melebihi dari >0,85

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat dibserikan dari hasil penelitian ini adalah

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan peraturan yang lebih baru selain Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023) mengingat peraturan harus menyesuaikan dengan kondisi dan teknologi pada saat ini dan perlunya pembaharuan.
2. Perlunya ditindak lanjuti pihak terkait sebuah skenario atau alternatif terbaik yang sudah disarankan pada simpang tersebut sehingga tingkat pelayanan pada simpang Klenteng jauh lebih baik dan bekerja lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Natsir, R. (2018). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Di Kota Palopo. *PENATEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 1(1), 95. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v1i1.49
- [2] Simanjuntak, J. O., Simanjuntak, N. I., & Harefa, O. I. (2022). Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Tak Bersinyal(Studi Kasus : Simpang Jl. Deli Tua Pamah – Jl. Besar Deli Tua, Sumatera Utara). *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 24–37.
- [3] Suprpto, B., Apif, M., & Rachmawati, A. (2019). Studi Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Jalan Veteran-Jalan Sungai Bilu Kota Banjarmasin Kalimantan Selatan. *Jurnal Rekayasa Sipil*. <https://www.academia.edu/download/84243348/1688.pdf>
- [4] Wadu, A. (2020). Analysis of Road Capacity and Traffic Performance on Jendral Soeharto Street Kupang. *Journal Innovation of Civil Engineering (JICE)*, 1(1),
- [5] Andryani, F., Hamduwibawa, R. B., & Gunasti, A. (2023). EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL DAN SOLUSI ALTERNATIF MENGGUNAKAN VISSIM PADA SIMPANG TIGA PAKEM, KABUPATEN JEMBER Performance Evaluation of Signalized Intersections and Alternative Solutions Using Vissim at the Pakem's Three Way Junctions, Jember Rege. *Jurnal Smart Teknologi*, 4(2), 2774–1702. <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST>
- [6] Aldila Primasworo, R., Dos, P., & Amaral, R. (2022). Performance of Unsignalized Junctions (Case Study Accordion Street). *Journal Innovation of Civil Engineering (JICE)*, 3(1), 35–43.
- [7] Suprpto, Bambang, and Anang Bakhtiar. "STUDI EVALUASI KINERJA SIMPANG TIGA DAN EMPAT TAK BERSINYAL SIMPANG TIGA JL. FIDNANG ARMAU-JL. MAYOR ABDULLAH DAN SIMPANG EMPAT JL. MAYOR ABDULLAH-JL. PATTIMURA MALUKU TENGGARA KOTA TUAL." *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal)* 14.1 (2024).
- [8] James A. Timboeleng, S. Y. R. R. (2019). ANALISA KINERJA LALU LINTAS PERSIMPANGAN LENGAN EMPAT TAK BERSINYAL (Studi Kasus: Persimpangan Jalan Banjer). *Jurnal Sipil Statik*, 7(11), 1485–1498.
- [9] Clarkson H, O. (1999). *Teknik Jalan Raya Jilid 1*.
- [10] Saraswati, D. F. (2017). Kota Surabaya Dengan Menggunakan. 14(1), 491–500. Ingsih, I. S., & Winaktu, G. (2022). KINERJA SIMPANG PENDEM KOTA BATU DI ERA PANDEMI COVID-19 (Jl . IR . SOEKARNO – JL . DR . M . Raya (Wilayah Metropolitan Malang) Bersama dengan Kota Malang dan adalah di persimpangan jalan Ir . Soekarno (Vera Firdaus , 2017) dan jalan Dr . M . Covid-1. 12(2), 461–472.