

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pada Jalan Raya Mastrip- Jalan Raya Menganti Surabaya

Wira Bimantara ^a, Ari Widayanti ^b

^a Program Studi D4 Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

^b Program Studi D4 Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

email: ^awira.19042@mhs.unesa.ac.id, ^bariwidayanti@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 18 Agustus 2023

Revisi 1 November 2023

Diterima 2 November 2023

Online 14 Desember 2023

Kata kunci:

Simpang Bersinyal

PKJI

Jalan

Pelayanan Persimpangan

Volume Kendaraan

ABSTRAK

Jalan Mastrip - Jalan Menganti merupakan lokasi yang dekat dengan kawasan pemukiman, dimana sering terjadi kemacetan, lokasinya berada di kawasan komersial, dan pola ruang yang terbentuk merupakan kawasan yang bercampur dengan berbagai jenis kegiatan, salah satunya adalah perdagangan. Ruas Jalan Raya Menganti adalah 3322 kendaraan/jam. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kapasitas Simpang, derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian pada Simpang, serta memperoleh alternatif solusi dari permasalahan yang telah dijabarkan dalam meningkatkan kinerja simpang nantinya, Simpang akan dianalisis dengan menggunakan metode PKJI. Berdasarkan perhitungan diperoleh derajat kejenuhan pada pendekat utara 0,728 pendekat selatan 1,258, pendekat barat 3,905 dengan rata-rata sebesar 1,964 dengan tundaan rata-rata sebesar 762,82 detik/smp dan tingkat pelayanan F (buruk sekali) sering terjadi kemacetan total, lalu lintas tinggi, kepadatan tinggi 2. Dihasilkan alternatif yaitu mengubah waktu siklus dan memaksimalkan lebar pendekat, Alternatif 1 dan 2 dengan mengatur waktu siklus dan lebar pendekat diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 49,58 detik/smp dan 47,37 detik/smp. Perlu dilakukan evaluasi kinerja simpang secara berkala oleh instansi terkait mengingat kondisi simpang, sering terjadi tundaan yang cukup besar pada saat ini. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut, karena dengan pengaturan siklus waktu dan fase tidak menghasilkan kinerja simpang yang signifikan pada tahun 2023. Penambahan rambu dilarang parkir dan dilarang berhenti untuk masuk Jl. Raya Menganti

Performance Analysis of Signalized Intersection on Mastrip Highway - Highway Menganti Surabaya

ARTICLE INFO

Keywords:

Signalized Intersection,

PKJI,

Road,

Intersection Services,

Vehicle Volume

ABSTRACT

Jalan Mastrip - Jalan Menganti is a location close to residential areas, where congestion often occurs, the location is in a commercial area, and the spatial pattern formed is an area mixed with various types of activities, one of which is trade. Jalan Raya Menganti is 3322 vehicles/hour. The study aims to determine the capacity of the intersection, degree of saturation, delay, and queuing opportunities at the intersection, as well as to obtain alternative solutions to the problems that have been described in improving the

Bimantara, W., & Widayanti, A. (2023). *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pada Jalan Raya Mastrip-Jalan Raya Menganti Surabaya*. MITRANS: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, v1(n3), Halaman 262 - 276

performance of the intersection later, the intersection will be analyzed using the PKJI method. Based on the calculation, the degree of saturation obtained on the north approach is 0.728, the south approach is 1.258, the west approach is 3.905 with an average of 1.964 with an average delay of 762.82 seconds /smp and level of service F (very bad) often occurs total congestion, high traffic, high density 2. The resulting alternative is to change the cycle time and maximize the approach width, Alternatives 1 and 2 by adjusting the cycle time and approach width obtained an intersection delay value of 49.58 seconds /smp and 47.37 seconds /smp. It is necessary to periodically evaluate the performance of the intersection by the relevant agencies considering the condition of the intersection, there is often a considerable delay at this time. Further studies need to be carried out, because the cycle time and phase settings do not produce significant intersection performance in 2023. Addition of no parking and no stopping signs to enter Jl. Raya Menganti.

© 2023 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

Kota Surabaya merupakan salah satu kota di Jawa Timur yang mengalami pertumbuhan relatif cepat dan memiliki jumlah penduduk yang cukup besar. Menurut Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, M. Imron, pada bulan September 2020, jumlah penduduk mencapai 2,87 juta jiwa, meningkat sebesar 3,94% dibandingkan dengan tahun 2010. Dengan pertumbuhan penduduk ini, permintaan akan transportasi juga meningkat secara signifikan.

Simpang, menurut Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (1996), adalah titik penting pada jaringan jalan di mana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan saling berpotongan. Karena simpang harus digunakan oleh setiap orang yang ingin melintasinya, maka simpang harus dirancang dengan hati-hati, mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi, dan kapasitas. Tujuan dari simpang adalah mengurangi potensi konflik antara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan memberikan kenyamanan serta kemudahan pergerakan bagi kendaraan.

Penelitian ini berfokus pada analisis kinerja simpang bersinyal di Jalan Mastrip - Jalan Menganti di Surabaya. Permasalahan utama pada simpang ini meliputi dekatnya lokasi simpang dengan pemukiman, seringnya terjadi kemacetan kendaraan, dan lokasinya berada di kawasan komersial dengan pola tata ruang campuran, termasuk kegiatan perdagangan. Pada jam sibuk, terutama dari pukul 06.00 hingga 07.00 pagi, arus lalu lintas dari Jalan Raya Mastrip (utara) mencapai 3575 kendaraan/jam, dari Jalan Raya Mastrip (selatan) mencapai 4789 kendaraan/jam, dan dari Jalan Raya Menganti mencapai 3322 kendaraan/jam. Jumlah total kendaraan, terutama pada jam berangkat kerja sebanyak 11.686 kendaraan/jam, dianggap melebihi kapasitas jalan yang ada. Hal ini terlihat dari adanya antrian kendaraan yang panjang dan tundaan yang besar, menyebabkan akumulasi kendaraan pada setiap pendekatan simpang, terutama di sisi barat Jalan Raya Menganti.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai kinerja simpang bersinyal di Surabaya berdasarkan metode PKJI 2014, penelitian ini akan difokuskan untuk menganalisis kinerja simpang pada Jalan Mastrip - Jalan Menganti. Tujuannya adalah untuk mengetahui kapasitas simpang, tingkat kejenuhan, tundaan, dan probabilitas antrian pada simpang ini serta menyusun alternatif solusi untuk mengatasi masalah yang telah diidentifikasi guna meningkatkan kinerja simpang tersebut. Simpang akan dianalisis menggunakan metode PKJI (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia) 2014 yang merupakan pemutakhiran dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1994

Apabila hasil analisis menunjukkan bahwa kinerja simpang tidak memenuhi persyaratan dalam PKJI 2014, maka diperlukan peningkatan pelayanan pada simpang tersebut. Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, peneliti tertarik untuk memilih judul penelitian "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal pada Jalan Raya Mastrip - Jalan Raya Menganti, Kota Surabaya," yang dapat menjadi solusi alternatif dalam mengatasi masalah kemacetan di simpang tersebut

2. *State of the Art*

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan terkait tujuan serta metode pendekatan yang digunakan sebagai berikut.

No	Peneliti, Tahun	Parameter	Hasil
1	Adi,E.P, dkk (2019)	Kinerja Simpang bersinyal,alternative rekomendasi	Hasil analisis kinerja lalu lintasmenunjukkan bahwa nilai derajat jenuh (DJ) eksisting(tahun 2018) pada hari Rabu pendekat Utara 1.45, Selatan 1.35, Barat 0.76, Timur 1.49 dan nilai DJ eksisting pada hari Minggu pendekat Utara 0.80, Selatan 0.88, Barat 0.69 dan Timur 1.12.
2	Misdalena,F (2021)	Kondisi Eksisting jenuh	Kondisi Eksisting terjenuh terjadi pada lengan simpang di Jalan Veteran, hal ini dibuktikan dari hasil perhitungan yang menunjukkan panjang antrian sebesar 147 meter serta waktu Tundaan Sebesar 1480844 smp/detik.
3	Dirgo,R.S, Shofwan,M.D.C (2022)	Tingkat kinerja persimpangan,tingkat kinerja lalu lintas, manajemen rekayasa alu lintas	Tingkat pelayanan pada simpang tersebut adalah D, sehingga perlu dilakukan perbaikan. Alternatif meningkatkan kinerja simpang dan mencapai tingkat pelayanan yang lebih baik dari simpang yang ada dengan membentuk kembali simpang dan menyesuaikan waktu siklus.
4	Merlina,I.E.S, dkk (2020)	Kinerja simpang bersinyal	Hasil penelitian kinerja persimpangan bersinyal 1 (Jl. Raya Darmo - Jl. Diponegoro), memiliki nilai derajat kejenuhan kurang dari 0,8 dan tingkat pelayanan D-E. Kinerja persimpangan bersinyal 2 (Jl. Raya Darmo - Jl. Dr. Soetomo), memiliki nilai derajat kejenuhan rata-rata lebih dari 0,9 dan tingkat pelayanan rata-rata F. Kinerja persimpangan bersinyal 3 (Jl. HR. Muhammad - Jl. Darmo Boulevard) memiliki derajat kejenuhan rata-rata kurang dari 0,9 dan tingkat pelayanan
5	Amrirodiyan M.R, dkk (2020)	Kinerja simpang bersinyal akibat aktivitas kendaraan yang keluar masuk terminal	kinerja simpang eksisting mendapatkan nilai tundaan D = 203.8 det/smp dan level of service LOS = F. Dari hasil analisa diperlukan alternatif penanganan simpang dengan melakukan pengaturan ulang fase dari 3 fase mendari 2 fase dan alternative flyover. Dari perhitungan alternatif tersebut didapatkan nilai tundaan nilai tundaan simpang D = 13.15 det/smp dan level of servive LOS = B.

3. Metode Penelitian

3.1. Jenis Penelitian

Pada penelitian ini penulis akan menggunakan jenis penelitian empiris dimana penelitian akan dilakukan berkaitan dengan observasi atau kejadian fenomena yang ada pada saat ini atau pada saat lampu. Terdapat tiga macam bentuk dari penelitian empiris yang terdiri atas studi kasus, dan studi lapangan. Nantinya penelitian akan menggunakan teknik studi waktu dan rekam dibantu dengan alat rekam seperti kamera video atau alat pelengkap kejadian lainnya yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi dengan keadaan apa adanya.

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi studi merupakan lingkup lokasi yang akan dilakukan penelitian pada Jalan Raya Mastrip – Jalan Raya Menganti Kota Surabaya.



Gambar 1 Lokasi Simpang
Sumber : *Google Maps*

3.3. Tahapan Studi

Studi pendahuluan dilakukan untuk mengetahui gambaran umum dari lokasi studi. Pengamatan langsung pada lokasi ini sebagai dasar untuk menetapkan perumusan dan identifikasi permasalahan. Adapun Tahapan studi sebagai berikut:

a. Pengumpulan Data

Tahapan studi dimulai dengan melakukan pengumpulan data baik data primer dan data sekunder yang digunakan untuk melakukan analisa kinerja simpang empat bersinyal tersebut.

b. Analisis Kinerja Simpang

Setelah menapatkan hasil analisis kinerja simpang bersinyal, maka dapat ditentukan perlu atau tidaknya perbaikan kinerja simpang melalui ketetapan batas nilai D_j oleh PKJI.

c. Analisis Perbaikan Kinerja Simpang

Jika $D_j \geq 0,60$ maka perlu adanya analisis perbaikan kinerja simpang dengan beberapa alternatif. Setelah menapatkan hasil analisis kinerja simpang bersinyal, maka dapat ditentukan perlu atau tidaknya perbaikan kinerja simpang melalui ketetapan batas nilai D_j oleh PKJI.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan hasil survey dilokasi studi, yaitu pada simpang Jalan Raya Mastrip – Jalan Raya Menganti Kota Surabaya meliputi metode literatur dan metode observasi.

Peralatan Srvei

Untuk peralatan survei yang harus disiapkan oleh penulis yaitu:

- Alat tulis yang berfungsi untuk mencatat semua hasil penelitian di lapangan
- Pencatat waktu (*stop watch*) untuk mengukur pergantian periode pengamatan kendaraan
- Meteran (*roolmeter*) digunaka dalam pengukuran.
- Formulir survey, yang digunakan untuk mencatat jumlah kendaraan, sesuai dengan jenis kendaraan yang melewati simpang yang diamati
- Papan tulis (*clipboard*)
- Handtally counter, digunakan untuk menghitung jumlah kendaraan yang lewat

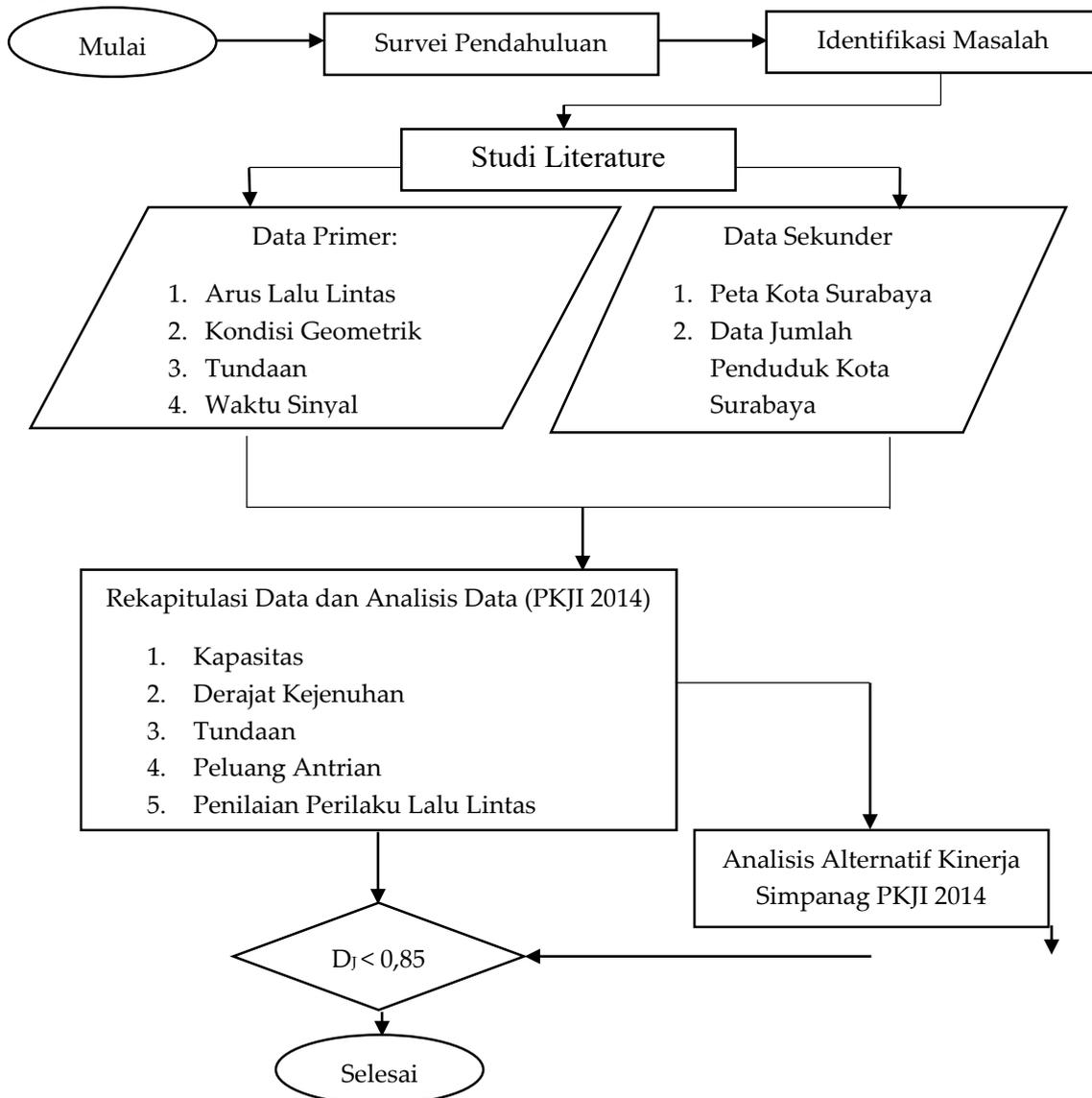
3.5. Analisis Kinerja Simpang

Evaluasi kinerja simpang dilakukan untuk mengetahui tingkat kinerja simpang Jalan Raya Mastrip – Jalan Raya Menganti Kota Surabaya. Pada saat ini, yaitu untuk mengetahui nilai dari kapasitas (C), derajat kejenuhan (D_j), panjang antrian (P_A) dan tundaan (T) pada simpang tersebut. Analisis dilakukan dengan mengacu pada Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia tahun 2014 yang diterbitkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga.

3.6. Analisis Alternatif Kinerja Simpang

Dalam melakukan alternatif kinerja simpang digunakan alternatif yaitu dengan mengubah waktu siklus dan lebar pendekat. Dengan pengubahan waktu siklus tentu akan mengubah nilai dari Kapasitas (C), derajat kejenuhan (D_j), panjang antrean (P_A) dan tundaan (T).

3.7. Bagan Alir



Gambar 2 Bagan Alir

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Survei Pendahuluan

Pada lokasi penelitian simpang bersinyal tersebut terletak pada simpang bersinyal yaitu ruas jalan raya mastrip (utara), ruas jalan raya mastrip (selatan), ruas jalan raya mengganti (barat). Pada simpang Survei pendahuluan dilaksanakan selama lima hari yaitu hari senin, rabu, jumat, sabtu, minggu. Survei pendahuluan ini guna menentukan hari apa saja yang memiliki jumlah kendaraan terbanyak pada saat melewati simpang tersebut



Gambar 3 Diagram Jumlah Volume Simpang

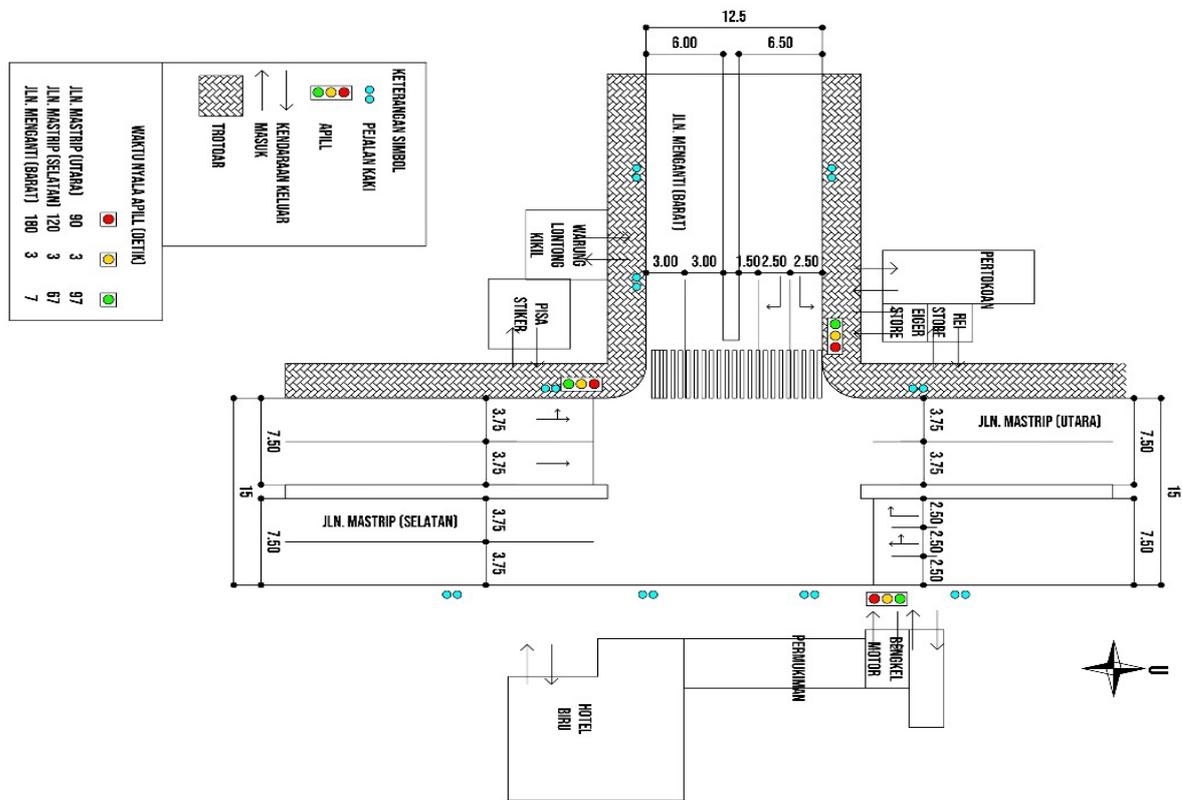
Dari hasil survei pendahuluan tersebut dapat diketahui bahwa jumlah kendaraan terbanyak terdapat pada hari Senin, Rabu (weekday) dan Minggu (weekend).

4.2. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Kondisi Eksisting

Analisis merupakan kegiatan mengamati aktivitas suatu objek melibatkan pendeskripsian komponen-komponen dan menyusun kembali untuk dikaji atau dipelajari secara mendalam. Berikut hasil analisis data yang telah di lakukan berdasarkan survei lokasi pada simpang Jalan Raya Mastrip – Jalan Raya Menganti Kota Surabaya.

a. Data Geometrik dan Kondisi Lapangan

Adapun pengambilan data pengamatan dilaksanakan di simpang bersinyal Kecamatan Karangpilang Kota Surabaya. Untuk data geometrik, arah pergerakan, kondisi lapangan, lebar jalur tiap pendekatan, lebar lajur tiap pendekatan, dan tipe simpang merupakan beberapa data geometrik yang diperoleh berdasarkan pengamatan secara langsung. Pada simpang jalan raya Mastrip- Menganti terdapat tiga pendekatan yakni pendekatan utara (Jln Raya Mastrip Utara), pendekatan selatan (Jln Raya Mastrip Selatan), dan pendekatan barat (Jln Raya Menganti). Data Geometrik dan Kondisi Lapangan dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut.Kesimpulan



Gambar 4 Geometrik Lokasi Studi

$W_H =$		$W_H =$		$W_H =$		$W_H =$		$W_H =$ waktu hijau
$W_{AH} =$		$W_{AH} =$		$W_{AH} =$		$W_{AH} =$		$W_{AH} =$ waktu antar hijau

Sketsa simpang

Kondisi Lapangan

Kode pendekat	Tipe lingkungan jalan	Kelas Hambatan samping	Median	Kelandaian pendekat + (nanjak) atau - (turun)	B _{KUR}	Jarak ke kendaraan parkir pertama	Lebar pendekat (m)			
							Y (ada) atau T (tidak)	%	Y (ada) atau T (tidak)	pada awal lajur L m
U	COM	R	Y		T		15,0	7,50		8,00
S	COM	R	Y		T		15,0	7,50		8,00
B	COM	R	Y		Y		12,0	6	2	8,00

Gambar 5 Kondisi Eksisting Geometrik, Pengaturan Lampu Lalu Lintas, Lingkungan

Tabel 1 Kondisi Lingkungan Simpang

Karakteristik	Mastrip Arah Utara	Mastrip Arah Selatan	Menganti Arah Barat
Tipe Jalan	Lokal Primer	Lokal Primer	Lokal Primer
Lajur	2 Arah 3 Lajur	2 Arah	2 Arah
Lebar Jalur Kendaraan (m)	15	15	12
Lebar jalur (m)	7,5	7,5	6
Arus Jalur	(U-S),(U-B)	(S-U),(S-B)	(B-U),(B-S)
Lebar Median (m)	0,5	0,5	0,4
Material Jalur Kendaraan	Aspal	Aspal	Aspal
Hambatan Samping	Sedang	Sedang	Sedang

b. Data Lampu Lalu Lintas

Perolehan data waktu siklus pada penelitian ini berdasarkan pengamatan langsung di lapangan. Data tersebut tentu digunakan untuk mengetahui pembagian waktu siklus khususnya pada kondisi eksisting simpang bersinyal yang diamati. Adapun untuk waktu siklus pada kondisi eksisting dapat diamati pada tabel berikut.

Tabel 2 Waktu Siklus Lampu Lalu Lintas Jl Mastrip-Menganti Kondisi Eksisting

Pendekat	Waktu Hijau (detik)	Waktu Merah (detik)	Waktu Kuning (detik)	Siklus
Jln. Mastrip (Utara)	97	90	3	190
Jln. Mastrip (Selatan)	67	120	3	190
Menganti	7	180	3	190

c. Volume Lalu Lintas

Pelaksanaan survei untuk memperoleh data volume lalu lintas yaitu selama tiga hari pada hari Senin dan Rabu pada tanggal (8 Mei dan 10 Mei 2023) dan Minggu (13 Mei 2023). Dimana pengamatan pada hari kerja (*weekday*) dan Minggu (*weekend*). Data penelitian diperoleh dengan cara mengalikan jumlah kendaraan berdasarkan jenis menggunakan angka ekuivalen (emp) pada setiap jenis kendaraan

kemudian dikonversikan menjadi smp/jam. Data yang telah dikonversi akan dikumulatifkan setiap satu jam menjadi 15 menit pada waktu survei. Dengan hasil sebagai berikut:

1. Pendekat Utara : 1878 smp/jam atau 5578 kend/jam
2. Pendekat Selatan : 1887 smp/jam atau 4372 kend/jam
3. Pendekat Barat : 575 smp/jam atau 1473 kend/jam

d. Arus Jenuh (J)

Arus jenuh (J) merupakan besarnya keberangkatan antrean dalam suatu pendekat selama kondisi yang telah ditentukan. Untuk nilai arus jenuh (J) dapat diperoleh berdasarkan hasil perkalian arus jenuh dasar (J_0) dengan factor penyesuaian (F). Untuk (J_0) atau arus jenuh dasar diperoleh dengan perkalian koefisien dengan lebar efektif tiap pendekat (L_E). Untuk hasil perhitungan kondisi arus jenuh (J) serta perhitungan pada saat (J_0) atau arus jenuh dasar kondisi *eksisting* simpang jalan raya Mastrip-Menganti dapat diamati pada tabel berikut.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Arus Jenuh (J) dan Arus Jenuh Dasar (J_0)

Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam hijau							
	Nilai dasar smp/jam hijau	Faktor-faktor penyesuaian						J SMP/jam
L_E	J_0 SMP/jam	Ukuran Kota FUK	Semua Tipe pendekat Hambatan samping FHS	Kelandaian F_G	Parkir F_P	Hanya Tipe P Belok Kanan FBKa	Belok Kiri FBKi	
7,50	4500	1,05	0,94	1,00	1,00	1,11	1,00	4950
7,50	4500	1,05	0,94	1,00	1,00	1,00	0,94	4164
6,00	3600	1,05	0,94	1,00	1,00	1,10	1,00	3913

Untuk hitungan J_0 atau arus jenuh dasar ditetapkan atas tipe pendekat. Adapun berdasarkan hasil survei lapangan diketahui bahwa setiap pendekat simpang termasuk dalam tipe pendekat terlindung (P). Berikut rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai arus jenuh (J) dan arus jenuh dasar (J_0):

1. Mencari Nilai J_0 (untuk tipe pendekat P)

$$J_0 = L_E \times 600 \quad (1)$$

Mencari Nilai F_{BKa} dan F_{BKl} (untuk tipe pendekat P)

$$F_{BKa} = 1 + R_{BKa} \times 0,26 \quad (2)$$

$$F_{BKl} = 1 - R_{BKl} \times 0,16 \quad (3)$$

2. Mencari Nilai J

$$J = J_0 \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_G \times F_P \times F_{BKa} \times F_{BKl} \quad (4)$$

e. Rasio Arus Jenuh (R)

Rasio arus terhadap arus jenuh adalah rasio arus jenuh (R). Untuk nilai arus jenuh didapat dari hasil pembagian arus lalu lintas pada tiap pendekat (Q) dengan arus jenuh yang telah disesuaikan (J). Selanjutnya hasil perhitungan arus jenuh dijumlahkan untuk mendapatkan nilai rasio arus simpang (R_{AS}). Setelahnya nilai rasio fase (R_F) dihitung dengan membagi nilai rasio arus jenuh (R) dengan rasio arus simpang (R_{AS}). Adapun untuk hasil perhitungan dapat diamati pada tabel berikut.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Rasio Arus Jenuh (R)

kode pendekat	Nilai disesuaikan	Arus Lalu lintas	Rasio Arus	Rasio fase
	J SMP/jam	Q SMP/jam	R Q/J	RF R/RAS
U	4950	1878	0,379	0,387
S	4164	1887	0,453	0,463
B	3913	575	0,147	0,150
	RAS		0,979	

f. Kapasitas Pendekatan Simpang (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J)

Kapasitas (C) adalah lalu lintas terbesar yang dapat ditampung ruas jalan. Derajat kejenuhan (D_J) adalah proporsi volume lalu lintas yang terhadap kapasitas di suatu lengan jalan. Kapasitas dipengaruhi oleh setiap pendekat persimpangan dan derajat kejenuhan. Nilai kapasitas pendekat simpang diperoleh dengan mengkalikan perubahan nilai arus yang disesuaikan (J) dengan hasil pembagian green time (WH_i) dan waktu siklus (s).

Dalam pandangan PKJI, nilai derajat kejenuhan tidak boleh lebih dari 0,85. Dengan asumsi hasil estimasi untuk tingkat kejenuhan lebih dari 0,85 maka akan menyebabkan simpang mengalami oversaturation. Berikut hitungan derajat kejenuhan (D_J) dan kapasitas (C) di tabel berikut.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (D_J)

Kode Pendekat	Nilai disesuaikan J SMP/jam	Arus Lalu lintas Q SMP/jam	Waktu hijau det WH _i	Kapasitas C	Derajat kejenuhan D _J
U	4950	1878	97	2581	0,728
S	4164	1887	67	1500	1,258
B	3913	553	7	147	3,905

Berikut rumus perhitungan mendapatkan nilai perhitungan kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (D_J).

1. Nilai Kapasitas

$$C = J \times \frac{WH_i}{s} \quad (5)$$

2. Derajat Kejenuhan

$$D_J = Q / C \quad (6)$$

g. Panjang Antrean (P_A)

Panjang antrian (P_A) diperoleh dari perkalian N_q (SMP) dengan luas area rata - rata yang digunakan oleh satu mobil penumpang (SMP) yaitu 20 m² kemudian dibagi lebar masuk (L_E). N_{Qmax} diperoleh dari N_{Qtotal} yang telah disesuaikan menggunakan pedoman PKJI dengan menjumlahkan antrean sisa pada fase hijau awal (N_{q1}) serta total smp yang datang saat fase merah (N_{q2}). Hasil untuk perhitungan panjang antrean (P_A) dapat diamati di tabel berikut.

Tabel 6 Hasil Perhitungan Panjang Antrean (P_A)

Pendekat	Rasio Hijau	Lebar Masuk (m)	Panjang Antrean Kendaraan (smp)				Panjang Antrean (m)
	R _H	L _E	N _{q1}	N _{q2}	N _{Qtotal}	N _{qmax}	P _A
U	0,52	7,5	0,8	74,81	102,7	102,7	274
S	0,36	7,5	196,3	114,04	271,08	359,5	959
B	0,04	6	215,1	33,53	248,65	330,0	1100

Berikut rumus perhitungan Panjang antrean (P_A) berdasarkan pada Tabel 6.

1. Mencari Nilai N_{q1}

$$N_{q1} = 0,25 \times C \times \{(D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{c}}\} \quad (7)$$

2. Mencari Nilai N_{q2}

$$N_{q2} = C \times \frac{(1 - RH)}{(1 - RH \times D_J)} \times \frac{Q}{3600} \quad (8)$$

3. Mencari Nilai N_{qtotal}

$$N_{qtotal} = N_{q1} + N_{q2} \quad (9)$$

4. Panjang Antrean (P_A)

$$P_A = N_{qtotal} \times \frac{20}{L_E} \quad (10)$$

h. Jumlah Kendaraan Terhenti (N_{KH})

Adapun untuk hasil kendaraan terhenti (N_{KH}) diperoleh dengan menghitung angka henti (R_{KH}) tiap pendekat/smp masuk juga berhenti terulang pada antrean sebelum melewati simpang. Perkalian antara arus lalu lintas (Q) dan angka henti (R_{KH}) pada setiap pendekat merupakan cara untuk mendapatkan hasil kendaraan terhenti (N_{KH}). Adapun ketika hasil kendaraan henti telah diperoleh, kemudian hitung angka henti (N_{KHtotal}) semua simpang dengan membagi jumlah kendaraan yang terhenti $\sum N_{KH}$ pada semua pendekat dengan arus simpang total (Q_{total}). Berikut untuk hasil perhitungan kendaraan terhenti dapat diamati pada tabel berikut

Tabel 7 Hasil Perhitungan Kendaraan Terhenti Simpang

Pendekat t	Arus Lalu Lintas (Q)	NQtotal l	Rasio Kendaraan Henti (R _{KH})	Jumlah Kendaraan Terhenti (N _{KH})
			stop/smp	smp/jam
U	1878	102,7	0,70	1318
S	1887	359,5	2,50	4722
B	575	248,65	7,53	4331
N_{KH}total				10371
Kendaraan Terhenti Rata-Rata				1,885

Berikut rumus perhitungan kendaraan terhenti (N_{KH}) berdasarkan pada tabel 7

1. Menghitung Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{NQ_{total}}{Q \times s} \times 3600 \quad (11)$$

2. Menghitung Jumlah Kendaraan Terhenti (N_{KH})

$$N_{KH} = Q \times R_{KH} \quad (12)$$

3. Menghitung Kendaraan Terhenti Rata-rata

$$= \frac{\sum N_{KH}}{Q_{total}} \quad (13)$$

i. Tundaan (T) dan Tingkat Pelayanan

Waktu tempuh tambahan yang dibutuhkan untuk melewati simpang sebelum garis berhenti dianggap tundaan (T). Tundaan tersebut terdiri dari tundaan lalu lintas (T_L) dan tundaan geometrik (T_G). Untuk nilai tundaan rata-rata diperoleh dari hasil pembagian antara jumlah tundaan total (T_{total}) dengan jumlah arus lalu lintas (Q_{total}). Untuk perhitungan tundaan dan tingkat pelayanan dapat diamati pada tabel berikut.

Tabel 8 Hasil Perhitungan Tundaan dan Tingkat Pelayanan

Pendekat	Arus Lalu Lintas (Q)	Tundaan Lalu Lintas (T _L)	Tundaan Geometri (T _G)	Tundaan Rata-Rata	Tundaan Total	Tundaan Simpang Rata-Rata	Tingkat Pelayanan
	smp/jam	smp/jam	detik/smp	smp/detik	detik/smp	detik/smp	n
U	1878	35,47	2,81	38,28	71891	762,82	F
S	1887	540,62	10,01	559,63	1038931		
B	575	5359,24	6,22	5365,46	3086215		
T total					4197036		
Tundaan Simpang Rata-Rata					762,82		

Berikut untuk perhitungan tundaan dan tingkat pelayanan pada tabel 8.

1. Menghitung Tundaan Lalu Lintas (T_L)

$$T_L = s \times \frac{0,5 \times (1 - RH)^2}{(1 - RH \times DJ)} + \frac{Nq1 \times 3600}{C} \quad (14)$$

2. Menghitung Tundaan Geometri (T_G)

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \quad (15)$$

3. Menghitung Tundaan Rata-rata (T)

$$T = T_L + T_G \quad (16)$$

4. Menghitung Tundaan Total dan Tundaan Simpang Rata-rata

$$T_{Total} = Q \times T \quad (17)$$

$$T \text{ Simpang Rata-rata} = T_{Total} / Q_{Total} \quad (18)$$

4.3. Solusi Alternatif Perbaikan Kinerja Simpang

Berdasarkan hasil analisis kinerja simpang Jalan Raya Mastrip – Jalan Raya Menganti Kota Surabaya pada kondisi eksisting, maka perlu dilakukan analisa perbaikan simpang sehingga kinerja simpang menjadi lebih baik dari kondisi eksisting, seperti mengatur waktu siklus atau merubah lebar efektif. Sehingga dimungkinkan dapat memperkecil derajat kejenuhan, Panjang antrian dan tundaan terutama pada pendekat barat.

a. Analisa Kinerja Simpang Alternatif I

Alternatif I dirancang dengan cara mengubah lebar di tiap-tiap pendekat dan waktu. Pengaturan waktu lampu hijau pada masing-masing pendekat. Setelah pengaplikasian alternatif I kemudian dilakukan perhitungan dengan arus lalu lintas, pada masing-masing pendekat, faktor-faktor koreksi, dan nilai arus jenuh diasumsikan sama dengan kondisi eksisting. Hasil perhitungan kinerja simpang empat bersinyal dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 9 Eksisting dan Alternatif I

No	Variabel	Eksisting	Alternatif
1	Lebar Pendekat	Pendekat Utara 7,5 m	8 meter
		Pendekat Selatan 7,5 m	9,5 meter
		Pendekat Barat 6 m	8 meter
2	Waktu Siklus	Pendekat Utara	Pendekat Utara
		● Hijau 97 detik	● Hijau 88 detik
		● Kuning 3 detik	● Kuning 3 detik
		● Merah 90 detik	● Merah 130 detik
		Pendekat Selatan	Pendekat Selatan
		● Hijau 67 detik	● Hijau 97 detik
		● Kuning 3 detik	● Kuning 3 detik
		● Merah 120 detik	● Merah 121 detik
		Pendekat Barat	Pendekat Barat
		● Hijau 7 detik	● Hijau 30 detik
		● Kuning 3 detik	● Kuning 3 detik
		● Merah 180 detik	● Merah 188 detik

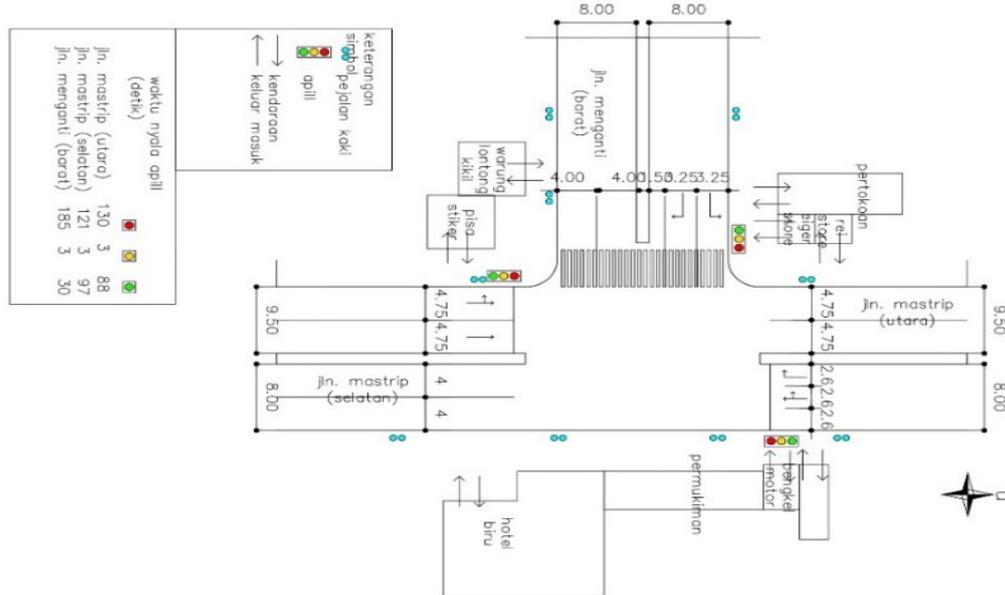
Dari hasil analisa alternatif I dengan mengubah lebar efektif pendekat dan menambah waktu siklus menunjukkan bahwa nilai derajat kejenuhan pada pendekat Barat dan Selatan lebih baik dari kondisi eksisting akan tetapi sebaliknya pada pendekat Utara besar. Berikut adalah tabel hasil perhitungan alternatif I.

SIMPANG BERSINYAL			FORMULIR SIG-IV :													Ditangani oleh						
PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS			PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS													Wira Bimantara						
Distribusi arus lalu lintas (smp/jam)			Distribusi arus lalu lintas (smp/jam)													Perihal						
Fase 1			Fase 2													Fase 3		Fase 4				
Kode Pendekat			Kode Pendekat													Periode						
Hijau dalam fase no.			Hijau dalam fase no.													Jam Puncak Sore						
Tipe pendekat			Tipe pendekat																			
Rasio Kendaraan berbelok			Rasio Kendaraan berbelok																			
Arus RT smp/j			Arus RT smp/j																			
Lebar efektif (m)			Lebar efektif (m)																			
Arus jenuh smp/jam hijau			Arus jenuh smp/jam hijau																			
Arus Lalu lintas smp/jam			Arus Lalu lintas smp/jam																			
Rasio Arus FR			Rasio Arus FR																			
Rasio fase PR = Fcril/IFR			Rasio fase PR = Fcril/IFR																			
Waktu hijau det			Waktu hijau det																			
Kapasitas smp/jam			Kapasitas smp/jam																			
Derajat kejenuhan			Derajat kejenuhan																			
Tanggal			Tanggal																			
Kota			Kota																			
Simpang			Simpang																			
Jl. Raya Mastrip - Jl. Raya Menganti			Jl. Raya Mastrip - Jl. Raya Menganti																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
U	1	P			0,44			8,00	4800	1,05	0,94	1,00	1,00	1,11	1,00	5280	1878	0,356	0,432	98	2102	0,893
S	2	P		0,39				9,30	5700	1,05	0,94	1,00	1,00	1,00	0,94	5275	1887	0,358	0,434	97	2315	0,815
B	3	P	0,61		0,39			8,00	4800	1,05	0,94	1,00	1,00	1,10	1,00	5218	575	0,110	0,134	30	708	0,812
Waktu hilang total LTI (det)			15			Waktu siklus disesuaikan			221			IFR = 0,824			E Fcril 0,824			1281,451129			Dj rata-rata 0,840	

Gambar 6 Formulir SIG-IV Alternatif I

SIMPANG BERSINYAL					TANGGAL 1 Juni 2023				DITANGANI OLEH Wira Bimantara						
FORMULIR SIG-V :					KOTA SURABAYA				PERIHAL 0						
PANJANG ANTRIAN					SIMPANG JI. RAYA MASTRIP - JI. RAYA MENGANTI										
JUMLAH KENDARAAN TERHENTI															
TUNDAAN															
Kode Pendekat	Arus Lalu lintas smp/jam	Kapasitas smp/jam	Derajat kejenuhan	Rasio hijau	Jumlah Kendaraan antri (smp)				Panjang antrian (m)	Rasio kendaraan stop/smp	Jumlah kendaraan terhenti smp/jam	Tundaan			
					N _{q1}	N _{q2}	N _{q1} +N _{q2}	N _{qmax}				TL	TG	T	Total
Q	C	D _j	R _{gr}	N _{q1}	N _{q2}	N _{q1} +N _{q2}	N _{qmax}	P _a	RKH	NKH	TL	TG	T = TL+TG	(2) x (15)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
U	1878	2581	0,893	0,40	0,0	90,63	90,63	122,4	326	0,84	1579	52,28	3,36	55,64	104493
S	1887	1500	0,815	0,44	1,7	85,16	92,31	124,6	332	0,85	1608	49,62	3,41	53,03	100053
B	575	147	0,812	0,14	1,5	28,87	30,36	43,2	144	0,92	529	114,69	3,97	118,66	68255
LTOR (semua)	1162											72,2	3,6	75,8	88053,56417
	4340														
Qtotal	5502														
Total :											3716	Total :		272802	
Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp :											0,675	Tundaan simpang rata-rata (det/smp) :		49,58	

Gambar 7 Formulir SIG-V Alternatif I



Gambar 8 Geometrik Alternatif I

b. Analisa Kinerja Simping Alternatif II

Alternatif II dirancang dengan mengubah lebar di tiap-tiap pendekat dan waktu. Setelah pengaplikasian alternatif II, arus lalu lintas, faktor-faktor koreksi, dan nilai arus jenuh yang disesuaikan diasumsikan sama dengan kondisi eksisting. Untuk hasil perhitungan kinerja simpang empat bersinyal dapat dilihat pada tabel berikut

No	Variabel	Eksisting	Alternatif
1	Lebar Pendekat	Pendekat Utara 7,5 m	8 meter
		Pendekat Selatan 7,5 m	9,5 meter
		Pendekat Barat 6 m	8 meter
2	Waktu Siklus	Pendekat Utara	Pendekat Utara
		● Hijau 97 detik	● Hijau 111 detik
		● Kuning 3 detik	● Kuning 3 detik
		● Merah 90 detik	● Merah 150 detik
		Pendekat Selatan	Pendekat Selatan

- Hijau 67 detik
- Hijau 112 detik
- Kuning 3 detik
- Kuning 3 detik
- Merah 120 detik
- Merah 149 detik
- Pendekat Barat
- Pendekat Barat
- Hijau 7 detik
- Hijau 35 detik
- Kuning 3 detik
- Kuning 3 detik
- Merah 180 detik
- Merah 226 detik

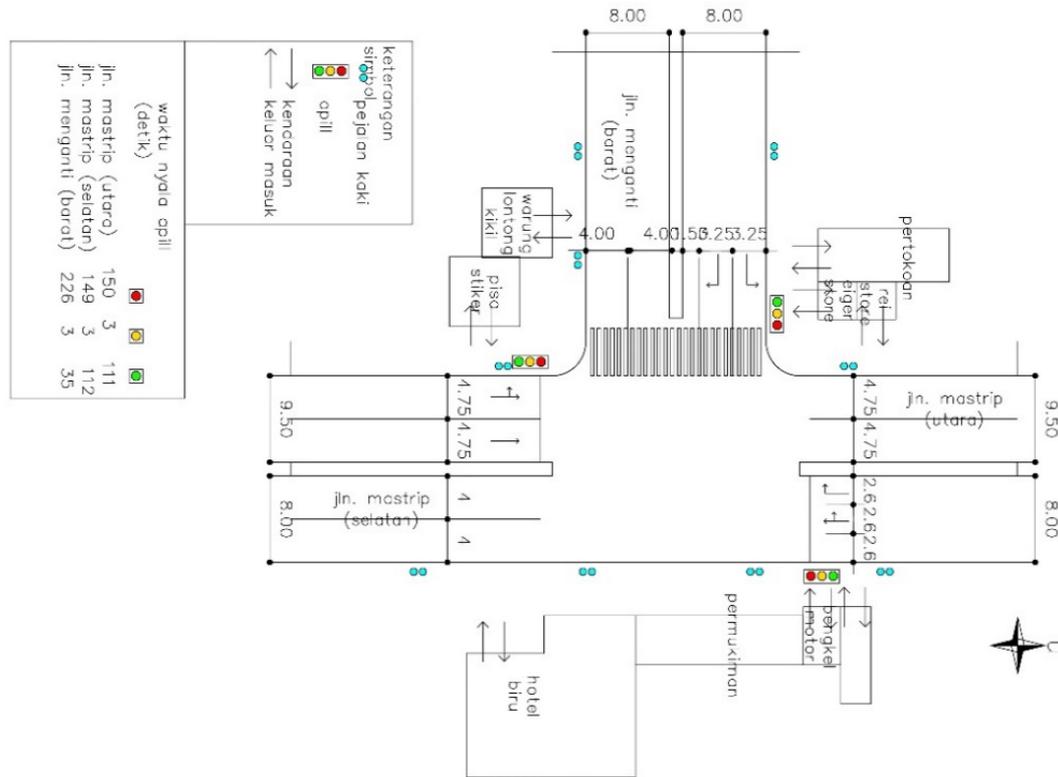
Dari hasil analisa alternatif II menunjukkan bahwa nilai derajat kejenuhan pada semua pendekat Barat dan Selatan lebih baik dari kondisi eksisting akan tetapi sebaliknya pada pendekat Utara besar. Hasil analisa alternatif dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut

SIMPANG BERSINYAL										Tanggal		1 Juni 2023		Ditangani oleh		Wira Bimantara																													
FORMULIR SIG-IV :										Kota		Surabaya		Perihal		0																													
PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS										Simpang		Jl. Raya Mastrap - Jl. Raya Menganti		Periode		Jan-Puncak Sore																													
Distribusi arus lalu lintas (smp/jam)										Fase 1		Fase 2		Fase 3		Fase 4																													
										Kode Pendekat		Hijau dalam fase no.		Tipe pendekat		Rasio Kendaraan berbelok		Arus RT smp/j		Lebar efektif (m)		Arus jenuh smp/jam hijau		Arus Lalu lintas		Rasio Arus		Rasio fase		Waktu hijau det		Kapasitas smp/jam		Derajat kejenuhan											
						RBKJT		RBKi		RBKa		dari arah ditinjau		dari arah berlawanan		L _e		Nilai dasar		Faktor-faktor penyesuaian		Nilai disesuaikan		smp/jam		FR		PR = Fcrit/IFR		WHI		C		Q/C											
																		Semua Tipe pendekat		Hanya Tipe P																									
																		Ukuran Kota		Hambatan samping		Kelandaian		Parkir		Belok Kanan		Belok Kiri																	
																		J ₀		FUK		PHS		F ₀		F _p		FBKa		FBKi		J		Q		Q/J		R _p		WHI		C		Q/C	
																		SMP/jam		SMP/jam		SMP/jam		SMP/jam		SMP/jam		SMP/jam		SMP/jam		SMP/jam		SMP/jam		SMP/jam		SMP/jam							
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23	
U		1		P				0,39		0,44								4800		1,05		0,94		1,00		1,00		1,11		1,00		5280		1878		0,356		0,432		111		2220		0,846	
S		2		P														5700		1,05		0,94		1,00		1,00		1,00		5275		1887		0,358		0,434		112		2238		0,843			
B		3		P		0,61		0,39										4800		1,05		0,94		1,00		1,10		1,00		5218		575		0,110		0,134		35		692		0,831			
Waktu hilang total LTT (det)				15																																				1287,35397		DJ rata-rata		0,840	

Gambar 9 Formulir SIG-IV Alternatif II

SIMPANG BERSINYAL										Tanggal		1 Juni 2023		Ditangani oleh		Wira Bimantara	
FORMULIR SIG-V :										Kota		Surabaya		Perihal		0	
PANJANG ANTRIAN										Simpang		Jl. Raya Mastrap - Jl. Raya Menganti					
JUMLAH KENDARAAN TERHENTI																	
TUNDAAN																	
Kode Pendekat	Arus Lalu lintas smp/jam	Kapasitas smp/jam	Derajat kejenuhan	Rasio hijau	Jumlah Kendaraan antri (smp)				Panjang antrian (m)	Rasio kendaraan stop/smp	Jumlah kendaraan terhenti smp/jam	Tundaan					
	Q	C	D _j	R _H	N _{q1}	N _{q2}	N _Q NQ1+NQ2	N _Q max	P _A	RKH	NKH	Tundaan Lalu lintas rata-rata TL	Tundaan geometrik rata-rata det/smp TG	Tundaan rata-rata det/smp T= TL+TG (13)+(14)	Tundaan total smp/det (2) x (15)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
U	1878	2220	0,846	0,42	2,2	87,28	89,50	120,9	322	0,83	1559	52,08	3,32	55,40	104040		
S	1887	2238	0,843	0,42	2,2	87,38	89,44	120,8	322	0,83	1558	51,47	3,30	54,78	103354		
B	575	692	0,831	0,13	1,9	28,97	30,88	43,9	146	0,94	538	88,56	3,98	92,54	53226		
LTOR (sentua)	1162											64,0	3,5	67,6	78517,09707		
Qtotal		4340							Total :		3655			Total :		260620	
		5502							Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp :		0,664	Tundaan simpang rata-rata (det/smp) :		47,37			

Gambar 10 Formulir SIG-V Alternatif II



Gambar 11 Geometrik Alternatif II

Berdasarkan solusi alternatif 1 dan 2. Untuk alternatif 1 diketahui nilai derajat kejenuhan simpang tertinggi 0,893. Nilai ini masih melebihi standar yang telah ditetapkan oleh PKJI 2014, dimana PKJI menetapkan nilai D_j adalah $\leq 0,85$, dan untuk alternatif 2 diketahui bahwa derajat kejenuhan sudah dengan standar PKJI yaitu $D_j \leq 0,85$. Dari kedua alternatif yang dilakukan, alternatif 2 D_j lebih baik dibandingkan D_j alternatif 1. Maka alternatif 2 dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk perencanaan penanganan simpang untuk saat ini.

Tabel 11 Perbandingan Eksisting dan Alternatif

No	Variabel	Eksisting	Alternatif 1	Alternatif 2
1	Derajat Kejenuhan	<ul style="list-style-type: none"> Utara = 0,728 Selatan = 1,258 Barat = 3,905 	<ul style="list-style-type: none"> Utara = 0,893 Selatan = 0,815 Barat = 0,812 	<ul style="list-style-type: none"> Utara = 0,846 Selatan = 0,843 Barat = 0,831
2	Panjang Antrian	<ul style="list-style-type: none"> Utara = 274 meter Selatan = 959 meter Barat = 1100 meter 	<ul style="list-style-type: none"> Utara = 326 meter Selatan = 332 meter Barat = 144 meter 	<ul style="list-style-type: none"> Utara = 322 meter Selatan = 332 meter Barat = 146 meter
3	Tundaan Rata-Rata	<ul style="list-style-type: none"> Utara = 38,28 detik Selatan = 550,63 detik Barat = 5365,46 detik 	<ul style="list-style-type: none"> Utara = 55,64 detik Selatan = 53,03 detik Barat = 118,66 detik 	<ul style="list-style-type: none"> Utara = 55,40 detik Selatan = 54,70 detik Barat = 92,54 detik
4	Tingkat Pelayanan	F (Lalu lintas tinggi, kecepatan tinggi, terjadi antrian Panjang)	C (Lalu lintas sedang, kecepatan sedang, kepadatan sedang)	C (Lalu lintas sedang, kecepatan sedang, kepadatan sedang)

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dari yang telah dibahas sebelumnya, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

- Kinerja simpang diperoleh derajat kejenuhan pada pendekat utara 0,728 pendekat selatan 1,258, pendekat barat 3,905 dengan rata - rata sebesar 1,964 dengan tundaan rata - rata sebesar 762,82 detik/smp.

- b. Tingkat pelayanan simpang F (buruk sekali) sering terjadi kemacetan total, lalu lintas tinggi, kepadatan tinggi. Maka dari itu diperlukannya alternatif solusi guna memperbaiki pelayanan pada simpang tersebut.
- c. Dihasilkan alternatif yaitu mengubah waktu siklus dan memaksimalkan lebar pendekat, Alternatif 1 dan 2 dengan mengatur waktu siklus dan lebar pendekat diperoleh nilai tundaan simpang sebesar 49,58 detik/smp untuk alternatif 1 dan 47,37 detik/smp untuk alternatif 2. Maka simpang tersebut mempunyai tingkat pelayanan (*level of service*) yaitu (C).

Saran dari penulis adalah.

- a. Menambah rambu di larang parkir dan di larang berhenti untuk masuk Jl. Raya Menganti
- b. Perlu dilakukan evaluasi kinerja simpang secara berkala oleh instansi terkait mengingat kondisi simpang, sering terjadi tundaan yang cukup besar pada saat ini.
- c. dilakukan kajian lebih lanjut, karena dengan pengaturan siklus waktu dan fase tidak menghasilkan kinerja simpang yang signifikan pada tahun 2023.

6. Ucapan Terima Kasih

Dengan penuh rasa syukur, peneliti ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada Allah SWT atas kesehatan, rahmat, dan petunjuk-Nya yang memungkinkan peneliti untuk menyelesaikan artikel jurnal ini. Peneliti juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Ibu Ari Widayanti selaku dosen pembimbing, yang telah meluangkan waktu, energi, dan pemikiran untuk membimbing peneliti sehingga artikel jurnal ini dapat diselesaikan tepat waktu. Peneliti juga mengapresiasi kritik dan saran yang telah diberikan, yang telah membantu peneliti dalam menulis artikel ini sesuai dengan harapan.

7. Referensi

- Badan Pusat Statistik. Bps.go.id. Published 2023. Accessed March 21, 2023.
- Khisty, C. J. (2005). *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi Edisi Ke-3 Jilid 1*.
- Kumalawati, A., Sir, T. M., & Woda, D. (2022). Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Empat di Kota Ende. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 41-48.
- Muhammad, F., dan Subkhan, M.F. "Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal di Jalan Ahmad Yani–Jalan Raya Buduran, Sidoarjo." *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)* 3.1 (2022): 229-235.
- Nurkafi, A. Y., Cahyo, Y., Winarto, S., & Candra, A. I. (2019). Analisa Kinerja Simpang Tak Bersinyal Jalan Simpang Branggahan Ngadiluwih Kabupaten Kediri. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 2(1), 164-178.
- Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. 2014. Jakarta. Direktur Jendral Bina Marga edisi Juni 2023
- Siburian, Evietsen, I.M., Agustin, W.I., dan Yudono, A., "Evaluasi Kinerja Persimpangan Bersinyal di Ruas Jalan Yang Rawan Kecelakaan Kota Surabaya." *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)* 9.2 (2020): 9-18.
- Sirajaya, Dirgo, R., dan Rahayu, Y.E. "Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jl. Dr. Ir. H. Soekarno–Jl. Mulyorejo Surabaya." *Jurnal Teknik Sipil* 3.1 (2022): 352-359.
- Suryaningsih, O. F., Hermansyah, H., & Kurniati, E. (2020). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin–Jalan Kamboja, Sumbawa Besar). *Inersia: Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 16(1), 74-84.
- Syaikhu, M.E.W., dan Arifianto, A.K., "Analisa Kapasitas dan Tingkat Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Purwosari Kabupaten Pasuruan)." *eUREKA: Jurnal Penelitian Teknik Sipil dan Teknik Kimia* 1.1 (2017).