

REKAYASA PENGURAIAN KEPADATAN LALU LINTAS PADA SIMPANG TANPA SINYAL (STUDI KASUS: JALAN URIP SUMOHARJO, JALAN GUNUNG BAWAKARAENG, JALAN MASJID RAYA, DAN JALAN MACCINI BARU)

Juan Gilbert (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, juangilbert3500@gmail.com)
Mursalim (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, mursalimmuddin62@gmail.com)
Hendry Tanoto Kalangi (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, hkalangi@gmail.com)

Received: 28 Oktober 2025, Revised: 12 Desember 2025, Accepted: 12 Desember 2025

ABSTRAK

Kepadatan lalu lintas pada simpang tanpa sinyal seringkali menyebabkan kemacetan dan menurunkan kinerja jaringan transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang persimpangan agar panjang antrian kendaraan dapat berkurang. Studi kasus dilakukan pada simpang Jalan Urip Sumoharjo, Jalan Gunung Bawakaraeng, Jalan Masjid Raya dan Jalan Maccini Baru. Jenis penelitian ini bersifat studi kasus dengan menggunakan metode kuantitatif. Penelitian dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan untuk mengumpulkan data geometrik persimpangan, volume lalu lintas, dan kecepatan lalu lintas. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan *software Vissim* dapat membantu merancang pengurangan kepadatan lalu lintas pada simpang tanpa sinyal. Ditemukan bahwa kepadatan lalu lintas yang tinggi, terutama pada jam puncak sore (menggunakan jalan masuk SPBU) adalah *Queue Counter 1* (Jalan Masjid Raya-Jalan Urip Sumoharjo) sepanjang 167 m dan pada *Queue Counter 2* (Jalan Masjid Raya-Jalan Gunung Bawakaraeng) sepanjang 262 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan tipe jalan dari 4/2 D menjadi 6/2 D dapat mengurangi panjang antrian kendaraan. Dengan menggunakan fitur *Queue Counter* dalam *Software Vissim* adalah *Queue Counter 1* (Jalan Masjid Raya-Jalan Urip Sumoharjo) sepanjang 108 m dan pada *Queue Counter 2* (Jalan Masjid Raya-Jalan Gunung Bawakaraeng) sepanjang 182 m. Solusi ini dapat membantu mengurai kepadatan lalu lintas dan meningkatkan kinerja jaringan transportasi di daerah tersebut.

Kata Kunci: rekayasa lalu lintas, simpang tanpa sinyal, *software vissim* dan panjang antrian

ABSTRACT

Traffic density at junctions without signal often causes congestion and lowers the performance of the transportation network. This research aims to design intersections so that the length of vehicle queues can be reduced. The case study was conducted at the intersection of Urip Sumoharjo Street, Gunung Bawakaraeng Street, Masjid Raya Street and Maccini Baru Street. This type of research is a case study using methods namely quantitative. The research was carried out with direct observation in the field to collect geometric data of intersections, traffic volume, and traffic speed. The results of the analysis show that the use of vissim software can help design the reduction of traffic density at intersections without signal. It was found that the high traffic density, especially at peak hours in the afternoon (using the gas station entrance) is Queue Counter 1 (Masjid Raya Street-Urip Sumoharjo Street) as long as 167m and in Queue Counter 2 (Masjid Raya Street-Gunung Bawakaraeng Street) as long as 262m. Research results show that changing the road type from 4/2 D to 6/2 D can reduce the length of the vehicle queue. By using the Queue Counter feature in Vissim Software, Queue Counter 1 (Masjid Raya Street-Urip Sumoharjo Street) is 108m and Queue Counter 2 (Jalan Masjid Raya-Jalan Gunung Bawakaraeng) is 182m. This solution can help analyze traffic density and improve the performance of the transportation network in the area.

Keywords: traffic engineering, intersection without signal, vissim software and queue length

PENDAHULUAN

Kepadatan lalu lintas di daerah perkotaan dikarenakan semua kegiatan yang dilakukan oleh masyarakat selalu menggunakan kendaraan ditambah lagi dengan meningkatnya jumlah populasi. Fungsi utama dari sebuah persimpangan adalah memungkinkan perpindahan atau perubahan arah dalam perjalanan. Persimpangan memegang peranan penting dalam jaringan jalan raya, karena efektivitasnya, keselamatan, laju, biaya operasional, serta kapabilitas jalan raya sangat dipengaruhi oleh bagaimana persimpangan

tersebut dirancang dan diatur. Variasi kecepatan dan pola pergerakan dari berbagai jenis angkutan menimbulkan gangguan di simpang jalan, seperti terjadinya penundaan yang signifikan, yang akhirnya menyebabkan kemacetan. Selain itu, keberadaan lingkungan komersial serta hambatan samping di sekitar persimpangan turut memperburuk kondisi tersebut.

Karakteristik Lalu Lintas

1) Parameter Makroskopis

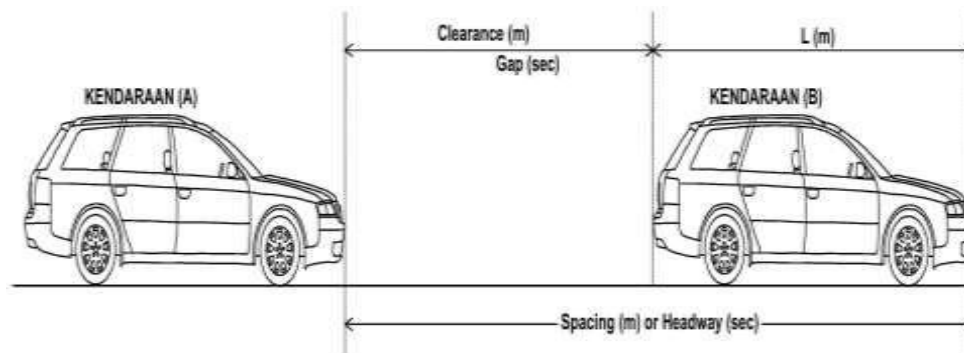
Parameter makroskopis adalah parameter yang menunjukkan arus lalu lintas sebagai suatu kesatuan (*system*), memberikan gambaran umum tentang cara kerja sistem. Parameter makroskopis terbagi menjadi tiga yaitu:

- a) Volume Kendaraan Lalu Lintas;
- b) Kecepatan Lalu Lintas;
- c) Kepadatan lalu Lintas.

2) Parameter Mikroskopis

Pendekatan lalu lintas secara mikroskopis adalah parameter yang mencirikan perilaku setiap kendaraan dalam arus lalu lintas yang saling mempengaruhi. Memahami parameter-parameter ini sangat penting untuk mengevaluasi respon kendaraan dalam berlalu lintas di jalan raya, serta untuk merancang strategi pengelolaan lalu lintas yang lebih efektif.

- a) *Spacing & Headway*;
- b) *Lane Occupancy*;
- c) *Clearance & Gap*;



Gambar 1. Sketsa *Spacing and Headway* dan *Clearance and Gap*

Simpang

Berdasarkan MKJI (1997), adalah daerah pertemuan dua atau lebih ruas jalan, bergabung, berpotongan atau bersilang. Untuk mengendalikan konflik ini ditetapkan aturan lalu lintas untuk menetapkan siapa saja yang mempunyai hak terlebih dahulu untuk menggunakan persimpangan tersebut.

Kemacetan Lalu Lintas

Menurut MKJI (1997), kemacetan adalah kondisi di mana arus lalu lintas yang melewati suatu ruas jalan melebihi kapasitas yang direncanakan, sehingga kecepatan kendaraan mendekati 0 km/jam dan menyebabkan antrian. Saat kemacetan terjadi, derajat kejenuhan pada ruas jalan akan mencapai lebih dari 0,5. Ketika arus lalu lintas mendekati kapasitas, kemacetan mulai muncul dan semakin meningkat ketika kendaraan bergerak sangat berdekatan satu sama lain. Kemacetan ini dapat muncul akibat peningkatan jumlah kendaraan yang melebihi kapasitas jalan, yang sering kali disebabkan oleh berbagai faktor.

Volume Lalu Lintas

Menurut PKJI (2023), nilai volume lalu lintas (Q) mencerminkan komposisi lalu lintas dengan menyatakan volume atau arus dalam satuan mobil penumpang (*smp*). Semua nilai arus lalu lintas, baik per arah maupun total, dikonversi menjadi satuan mobil penumpang dengan menggunakan ekuivalensi mobil penumpang (*EMP*) yang diturunkan secara empiris.

- 1) Mobil Penumpang (MP) meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobus, *pick-up*, dan truk kecil.
- 2) Kendaraan Sedang (KS) meliputi: truk dan bus.
- 3) Sepeda motor (SM) meliputi: kendaraan bermotor roda 2 dan 3

4) Kendaraan tak bermotor (KTB) meliputi: kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan termasuk sepeda, becak, kereta kuda dan gerobak/kereta dorong. Untuk nilai ekivalensi mobil penumpang (emp) jalan kota dan bukan jalan kota dapat kita lihat perbandingannya pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Ekivalen Kendaraan Ringan untuk Tipe Jalan 2/2TT

Tipe Jalan	Arus Lalu Lintas Total Dua Arah (Kend/jam)	EMP		
		KS	SM	
			Lebar Jalur Lalu Lintas, L_{Jalur}	
			$\leq 6m$	$> 6m$
2/2TT	< 1800	1,3	0,5	0,4
	≥ 1800	1,2	0,35	0,25

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Tabel 2. Ekivalen Kendaraan Ringan untuk Jalan Terbagi dan Satu Arah

Tipe Jalan	Volume Lalu Lintas per Lajur (kend/jam)	EMP	
		KS	SM
4/2-T atau 2/1T	< 1050	1,3	0,40
	≥ 1050	1,2	0,25
6/2-T atau 3/1	< 1100	1,3	0,40
8/2-T atau 4/1	≥ 1100	1,2	0,25

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023)

Kinerja Ruas Jalan

Menurut MKJI, (1997) pengukuran yang dilakukan untuk menilai apakah suatu ruas jalan berfungsi dengan baik atau tidak biasanya dikenal sebagai kinerja ruas jalan. Banyak faktor yang berdampak pada penilaian tingkat pelayanan ruas jalan, di antaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Hambatan Samping;
- 2) Penetapan Kapasitas;
- 3) Kapasitas dasar (C_0);
- 4) Faktor Penyesuaian (FC);
- 5) Derajat Kejenuhan.

Simulasi Lampu Lalu Lintas Berbasis PTV Vissim

1) *PTV Vissim*

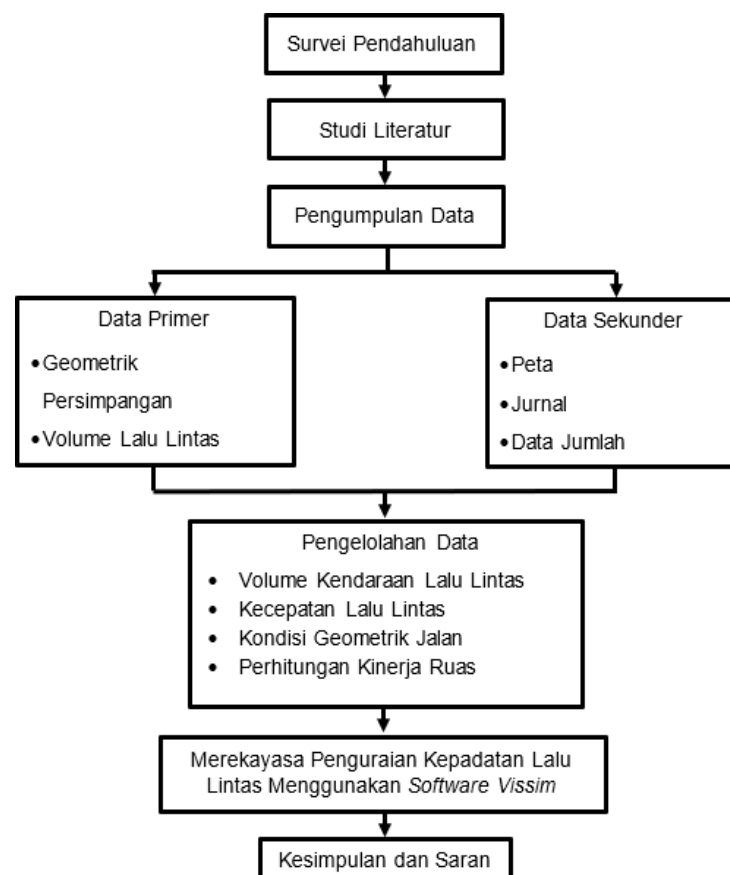
Vissim adalah perangkat lunak simulasi lalu lintas yang dirancang untuk berbagai keperluan rekayasa lalu lintas, perencanaan transportasi, pengaturan waktu sinyal, angkutan umum, serta perencanaan kota. Pengguna *Vissim* dapat memodelkan berbagai perilaku pengguna jalan dan konfigurasi geometrik dalam sistem transportasi. Dengan ini, *Vissim* mendukung analisis mendalam terhadap interaksi antar pengguna jalan dan membantu dalam perencanaan infrastruktur transportasi yang lebih efisien.



Gambar 2. Contoh Model Simulasi Lalu Lintas Vissim secara Visual

- 2) Jenis, Kelas dan Kategori Kendaraan
Vissim menyediakan enam kelas dan kategori kendaraan yang mencakup *Car*, *HGV*, *Bus*, *Tram*, *Pedestrian*, dan *Bike*. Dengan demikian, jenis kendaraan yang ada di lapangan sejalan dengan yang tersedia di *Vissim*, memungkinkan simulasi lalu lintas yang realistis dan sesuai dengan kondisi nyata.
- 3) Parameter Kalibrasi *Vissim*
Menurut Saputra (2016), di dalam program *PTV Vissim* terdapat berbagai parameter bawaan yang digunakan sebagai dasar untuk memilih sejumlah patokan yang memenuhi karakteristik jalan raya yang bervariasi di Indonesia. Pemilihan parameter ini bertujuan agar pemodelan yang dihasilkan dapat mencerminkan kondisi nyata di lapangan.
- 4) Kecepatan Terhadap Kendaraan
Kecepatan kendaraan dalam *Vissim* didefinisikan sebagai jarak yang dapat ditempuh oleh kendaraan pada suatu ruas jalan dalam satuan waktu tertentu. Dalam perangkat lunak ini, distribusi kecepatan setiap jenis kendaraan dapat disesuaikan dengan situasi yang realistis memakai cara menginput informasi laju angkutan terendah dan tertinggi, serta jumlah yang sebanding. Selain itu, *Vissim* juga memungkinkan penyesuaian akselerasi dan deselerasi angkutan untuk meningkatkan efisiensi setiap macam angkutan yang dimodelkan.
- 5) Panjang Antrian
Menurut Irawan dan Putri (2015), panjang antrian adalah jumlah kendaraan yang terakumulasi di salah satu cabang persimpangan akibat adanya gangguan. Pengukuran kepadatan antrean mulai digaris berhenti pada setiap ruas jalan sampai angkutan yang paling belakang yang terhenti pada barisan angkutan.
- 6) Konsepsi Kalibrasi dan Validasi Model Simulasi
Menurut Irawan dan Putri (2015), kalibrasi dalam *Vissim* adalah proses untuk menentukan nilai-nilai parameter yang sesuai agar model dapat mereplikasi kondisi lalu lintas dengan seakurat mungkin. Proses ini dilakukan dengan mengacu pada perilaku pengemudi dan merujuk pada penelitian sebelumnya yang mengkaji kalibrasi serta validasi model simulasi menggunakan perangkat lunak *PTV Vissim*.

METODOLOGI PENELITIAN

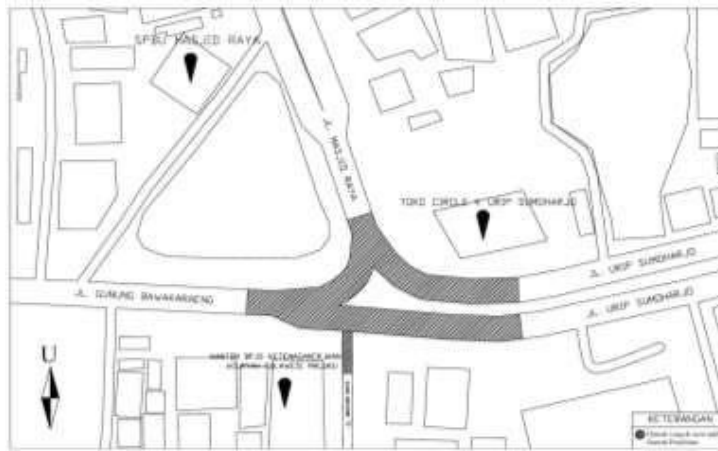


Gambar 3. Prosedur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Objek Pengamatan

Pengamatan ini dilakukan untuk mengumpulkan data mengenai rekayasa penguraian kepadatan lalu lintas di persimpangan Jalan Urip Sumoharjo, Jalan Masjid Raya, Jalan Maccini Baru dan Jalan Gunung Bawakaraeng di kota Makassar, Kecamatan Bontoala, Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 4. Tampak Atas Lokasi Penelitian

a. Volume LaluLintas

Data volume lalu lintas dapat dilihat pada tabel dibawah, sebagai berikut:

Tabel 3. Volume Lalu Lintas

Nama Jalan	Jam Puncak (smp/jam)		
	Pagi	Siang	Sore
Jl. Masjid Raya	2665	1969	2950
Jl. Urip Sumoharjo (B-T)	1735	1157	1880
Jl. Urip Sumoharjo (T-B)	2031	1266	2232
Jl. Gunung Bawakaraeng	3281	2297	3726
Jl. Maccini Baru	714	397	828

b. Kecepatan Lalu Lintas

Hasil dari data kecepatan lalu lintas dan rata-rata kecepatan volume lalu lintas dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4. Data Kecepatan Sepeda Motor

No	Panjang (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Kecepatan (km/jam)
1	100	32	3,13	11,25
2	100	25	4,00	14,40
3	100	33	3,03	10,91
4	100	42	2,38	8,57
5	100	40	2,50	9,00
6	100	32	3,13	11,25
7	100	30	3,33	12,00
8	100	47	2,13	7,66
9	100	39	2,56	9,23
10	100	40	2,50	9,00
Rata-Rata			2,87	10,33

Tabel 5. Data Kecepatan Mobil Penumpang

No	Panjang (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Kecepatan (km/jam)
1	100	50	2,00	7,20
2	100	39	2,56	9,23
3	100	39	2,56	9,23
4	100	59	1,69	6,10
5	100	56	1,79	6,43
6	100	46	2,17	7,83
7	100	42	2,38	8,57
8	100	59	1,69	6,10
9	100	61	1,64	5,90
10	100	72	1,39	5,00
Rata-Rata			1,99	7,16

Tabel 6. Data Kecepatan Kendaraan Sedang

No	Panjang (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Kecepatan (km/jam)
1	100	55	1,82	6,55
2	100	58	1,72	6,21
3	100	44	2,27	8,18
4	100	62	1,61	5,81
5	100	46	2,17	7,83
6	100	49	2,04	7,35
7	100	66	1,52	5,45
8	100	62	1,61	5,81
9	100	45	2,22	8,00
10	100	72	1,39	5,00
Rata-Rata			1,84	6,62

Tabel 7. Data Kecepatan Kendaraan Tak Bermotor

No	Panjang (m)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Kecepatan (km/jam)
1	100	51	1,96	7,06
2	100	61	1,64	5,90
3	100	68	1,47	5,29
4	100	63	1,59	5,71
5	100	52	1,92	6,92
6	100	55	1,82	6,55
7	100	65	1,54	5,54
8	100	61	1,64	5,90
9	100	72	1,39	5,00
10	100	75	1,33	4,80
Rata-Rata			1,63	5,87

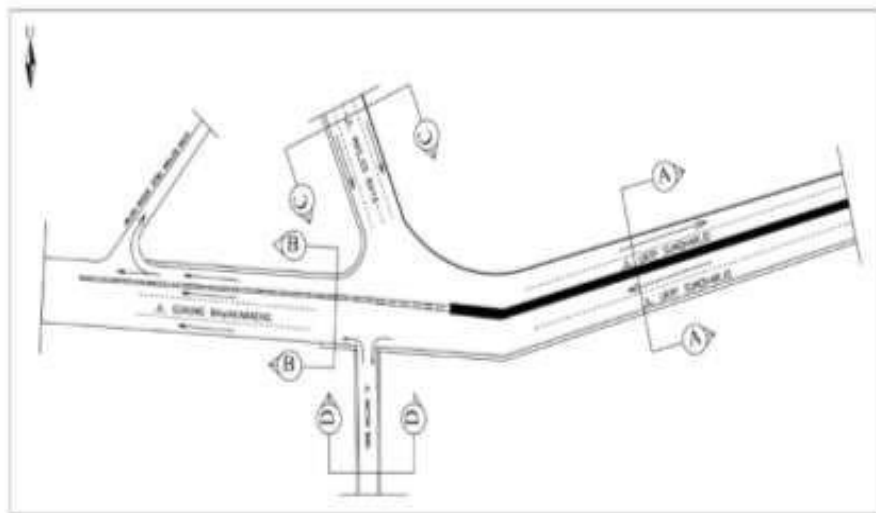
c. **Kondisi Eksisting**

Kondisi eksisting sangat memengaruhi perancangan simpang tak bersinyal. Data yang diperoleh selama 14 hari pengamatan menunjukkan nilai kapasitas (C) yang berbeda-beda di setiap ruas jalan yang diamati.

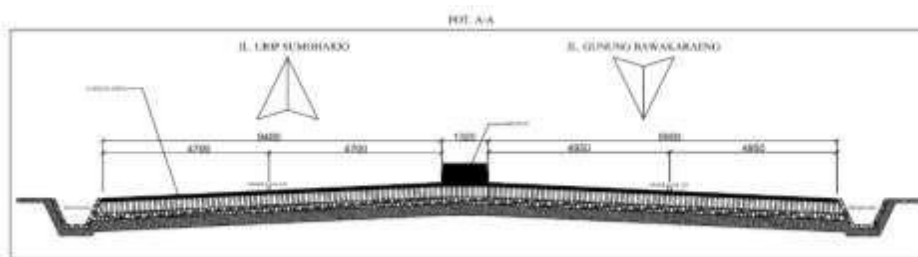
2. Rekayasa Persimpangan
 a. Hasil Rekayasa PTV Vissim
 1) Rekayasa Alternatif 1

Tabel 14. Hasil Simulasi pada Rekayasa Alternatif 1

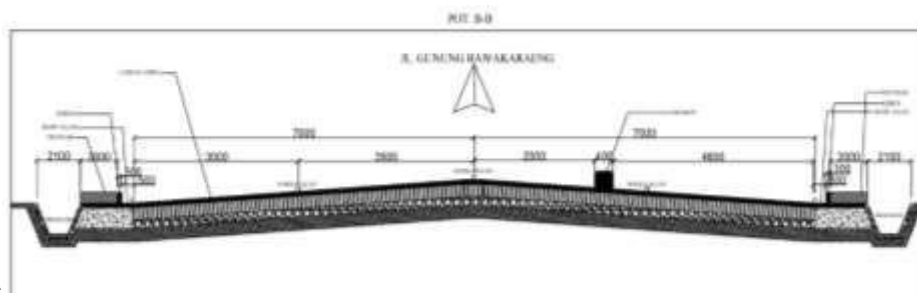
Fase	Jenis Kendaraan				Total
	SM	MP	KS	KTB	
1	5092	1596	44	24	6756
2	3808	1332	36	28	5204
3	1144	304	12	16	1472
Queue Counter		Panjang Kemacetan (m)			
Queue Length 1		157 m			
Queue Length 2		229 m			



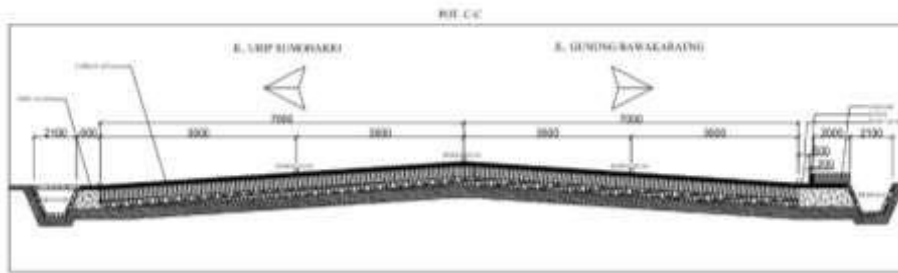
Gambar 10. Sketsa Rekayasa Alternatif 1



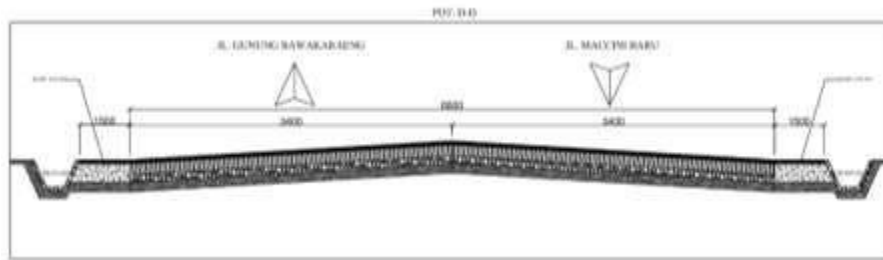
Gambar 11. Tampak Potongan A-A Rekayasa Alternatif 1



Gambar 12. Tampak Potongan B-B Rekayasa Alternatif 1



Gambar 13. Tampak Potongan C-C Rekayasa Alternatif 1

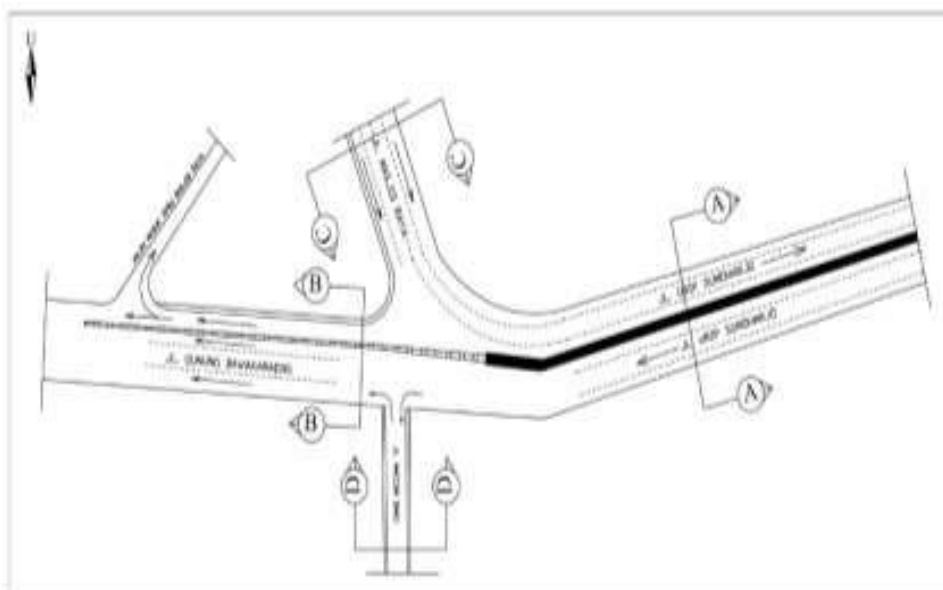


Gambar 14. Tampak Potongan D-D Rekayasa Alternatif 1

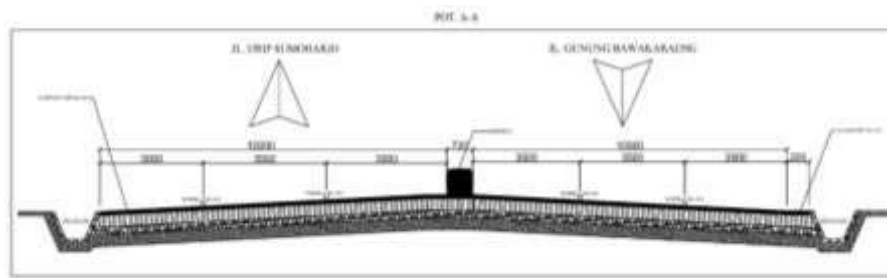
2) Rekayasa Alternatif 2

Tabel 15. Hasil Simulasi pada Rekayasa Alternatif 2

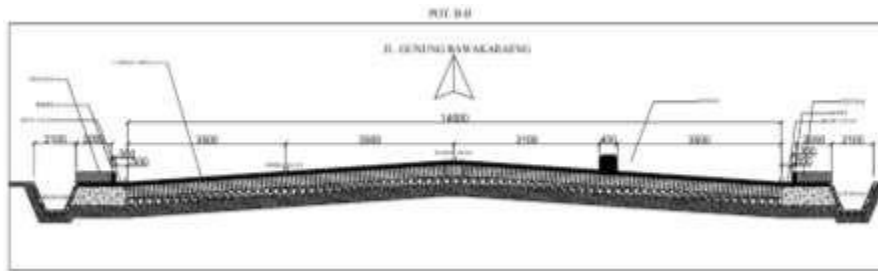
Fase	Jenis Kendaraan				Total
	SM	MP	KS	KTB	
1	5092	1596	44	24	6756
2	3808	1332	36	28	5204
3	1144	304	12	16	1472
Queue Counter			Panjang Kemacetan (m)		
Queue Length 1			108 m		
Queue Length 2			182 m		



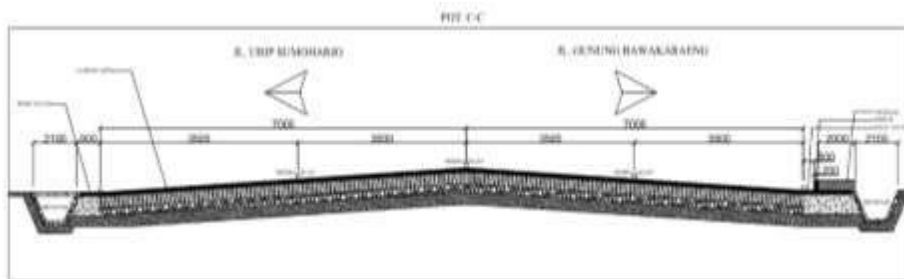
Gambar 15. Sketsa Rekayasa Alternatif 2



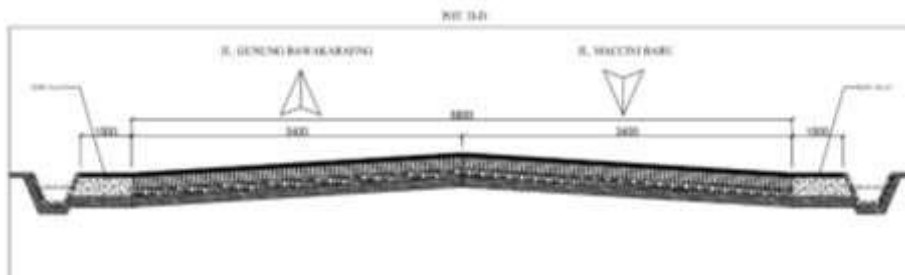
Gambar 16. Tampak Potongan A-A Rekayasa Alternatif 2



Gambar 17. Tampak Potongan B-B Rekayasa Alternatif 2



Gambar 18. Tampak Potongan C-C Rekayasa Alternatif 2



Gambar 19. Tampak Potongan D-D Rekayasa Alternatif 2

3) Hasil Kalibrasi dan Validasi Model *Vissim*

Tabel 16. Kalibrasi Software *Vissim*

Parameter		
<i>Following</i>	<i>Default</i>	<i>Trial</i>
<i>Number of interaction object</i>	4	7
<i>Number of interaction vehicle</i>	99	10
<i>Car Following Model</i>		
	<i>Default</i>	<i>Trial</i>
<i>Average standstill distance (SM & KTB)</i>	2	0,30
<i>Additive part of safety distance (SM & KTB)</i>	2	0,45

<i>Multiplic part of safety distance (SM & KTB)</i>	3	0,60
<i>Average standstill distance (MP)</i>	2	0,35
<i>Additive part of safety distance (MP)</i>	2	0,50
<i>Multiplic part of safety distance (MP)</i>	3	0,75
<i>Average standstill distance (KS)</i>	2	0,45
<i>Additive part of safety distance (KS)</i>	2	0,60
<i>Multiplic part of safety distance (KS)</i>	3	1
Lane Change	Default	Trial
<i>Max. deceleration</i>	4 - 3	0,8 - 0,6
<i>1m/s2 per distance</i>	100 - 100	10 - 5
<i>Accepted deceleration</i>	1 - 1	0,50 - 0,50
<i>Min. clearance (front/rear)</i>	0,50	1,20
<i>Safety distance reduction factor</i>	0,60	1
<i>Max. deceleration for cooperative breaking</i>	3	0,45
Lateral	Default	Trial
<i>Observe adjacent lane</i>	Off	On
<i>Consider next turn</i>	Off	On
<i>Overtake same lane (left & right)</i>	Off	On
<i>Distance standing (SM & KTB)</i>	0,20	0,15
<i>Distance driving (SM & KTB)</i>	1	0,45
<i>Distance standing (MP)</i>	0,20	0,35
<i>Distance driving (MP)</i>	1	0,50
<i>Distance standing (KS)</i>	0,20	0,45
<i>Distance driving (KS)</i>	1	0,60

Rumus GEH dapat dilihat dalam persamaan berikut:

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{simulated} - q_{observasi})^2}{0,5 \times (q_{simulated} + q_{observasi})}} \dots\dots\dots 3$$

Keterangan:

- $q_{simulated}$: Data Simulasi
- $q_{observasi}$: Data Observasi

Rumus MAPE dilihat dalam persamaan pada halaman berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|}{n} \times 100\% \dots\dots\dots 4$$

Keterangan:

- A_t : Data Simulasi
- F_t : Data Observasi
- n : Jumlah Data

Tabel 17. Hasil Uji Validasi *GEH* dan *MAPE*

Parameter	Observasi	Model Vissim	Geh	Mape
Volume	13436	13021	3,61	3,09%
Kecepatan	7,49	4,87	1,05	34,98%



Gambar 20. Perbandingan Data Observasi dan Simulasi

Tabel 18. Perbandingan Antara Hasil Eksisting dan Rekayasa Alternatif

Permodelan	Queue Counter	
	Queue Length 1	Queue Length 2
Eksisting Sore (+)	167m	262m
Rekayasa Alternatif 1	157m	229m
Rekayasa Alternatif 2	108m	182m

SIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan pada persimpangan tak bersinyal Jalan Masjid Raya, Jalan Urip Sumoharjo, Jalan Gunung Bawakaraeng dan Jalan Maccini Baru maka dapat disimpulkan:

- b. Berdasarkan data yang dikumpulkan di lapangan dan hasil simulasi, panjang antrian yang diperoleh dari fitur *Queue Counter* dalam perangkat lunak *Vissim* pada jam puncak sore (menggunakan jalan masuk SPBU) adalah 167 meter pada *Queue Counter* 1 dan 262 meter pada *Queue Counter* 2.
- c. Berdasarkan perhitungan dari rekayasa alternatif 1, yaitu pelebaran jalan dan perpanjangan median, panjang antrian terpendek yang ditunjukkan oleh fitur *Queue Counter* dalam perangkat lunak *Vissim* adalah 157 meter pada *Queue Counter* 1 dan 229 meter pada *Queue Counter* 2.
- d. Berdasarkan perhitungan dari rekayasa alternatif 2, yaitu perubahan tipe jalan dari 4/2 D menjadi 6/2 D dan perpanjangan median, panjang antrian terpendek yang ditunjukkan oleh fitur *Queue Counter* dalam perangkat lunak *Vissim* adalah 108 meter pada *Queue Counter* 1 dan 182 meter pada *Queue Counter* 2.
- e. Solusi rekayasa alternatif kedua dinilai paling efektif dalam menangani kemacetan lalu lintas pada persimpangan tak bersinyal dibandingkan dengan rekayasa alternatif lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2023. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Fonso, Robin. 2022. *Rekayasa Penguraian Kepadatan Lalu Lintas Pada Persimpangan*. Skripsi, Universitas Atma Jaya Makassar.
- Hobbs, F. D. 1995. *Perencanaan dan teknik lalu lintas*, edisi kedua. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Irawan, M. Z., dan Putri, N. H. 2015. *Kalibrasi VISSIM Untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta)*. Jurnal Penelitian Transportasi Multimoda, Yogyakarta.
- Irwanto, Dwychy. 2023. *Rekayasa Penguraian Kepadatan Lalu Lintas Pada Simpang Tiga Tak Bersinyal*. Skripsi, Universitas Atma Jaya Makassar.
- Khisty, C. J. dan Lall, B.K. 2015. *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi, Edisi Ketiga*. Erlangga, Jakarta.
- Morlock, E. K. 1998. *Pengantar teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga, Jakarta.
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 14. 2006. *Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas Di Jalan*.
- Prima, J. Rmadhona. Tsaqif, N, I. Dika Prasetyo. 2019. *Aplikasi Permodelan Lalu Lintas PTV Vissim 9.0*. UII Press Yogyakarta.
- Saodang, Hamirhan 2004. *Konstruksi Jalan Raya Buku 1 Geometrik Jalan*, Nova, Bandung.
- Saputra, M. A. 2016. *Evaluasi Kinerja Simpang Empat Palembang*. Palembang.
- Sugiyanto, G. 2011. *Permodelan Biaya Kemacetan Pengguna Mobil Pribadi Di Kawasan Pusat Perkotaan*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Kombinasi (Mix Methods)*. Bandung. Alfabeta.
- Sukirman, S. 1994. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Nova. Bandung.
- Tamin, C. Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Edisi Kedua, Penerbit ITB, Bandung.
- Winarto. 2016. *Analisis Simpang Bersinyal menggunakan Software VISSIM*. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta