

Perencanaan Simpang Bersinyal Tiga Dan Empat Fase Pada Perempatan Jalan Retawu - Bondowoso - Gede - Simpang Wilis, Kota Malang

Yulius Stanislaus Suri¹, Lila Khamelda², Sunik³

^{1,2,3}Prodi Teknik Sipil - Universitas Katolik Widya Karya Malang, Indonesia

Alamat: Universitas Katolik Widya Karya Malang – Jl. Bondowoso No 2 Malang

*Korespondensi penulis: 201932008@widyakarya.ac.id

Abstract. *An intersection, as the main meeting point of various vehicle flows from several approaches (Hobbs, 1995), is a location where vehicles can change direction or turn from a straight road (Department of Education and Culture, 1995). The increase in population and the development of the economic sector also affect the demand for mobility. This demand needs to be supported by improvements in the quantity and quality of transportation infrastructure and facilities. Inadequate transportation infrastructure management will create uncomfortable mobility conditions. The objective of this study is to determine the cycle time and degree of saturation for three-phase and four-phase signalized intersections at Retawu Street, Bondowoso Street, Gede Street, and Wilis Intersection in Malang City. This research uses existing traffic data from previous studies to design or evaluate intersection performance with three-phase and four-phase signal settings. Through planning and data analysis, the results show the optimal cycle time and degree of saturation, and the best plan is the four-phase design with a Level of Service C. The four-phase design has a cycle time of 107 seconds, with intergreen times of phase 1 = 40 s, phase 2 = 38 s, phase 3 = 37 s, and phase 4 = 48 s, and a degree of saturation (DS) of 0.50.*

Keywords: *Intersection, Signal, Phase, MKJI, Approach*

Abstrak. Persimpangan sebagai titik utama pertemuan berbagai arus kendaraan dari beberapa pendekat (Hobbs, 1995) merupakan lokasi dimana kendaraan dapat mengubah arah atau berbelok dari jalan yang lurus (Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1995). Kenaikan jumlah penduduk serta perkembangan sektor ekonomi turut berdampak pada kebutuhan mobilisasi. Kebutuhan ini perlu difasilitasi dengan peningkatan kuantitas dan kualitas sarana prasarana transportasi. Kurangnya penanganan dalam sarana prasarana transportasi akan memunculkan kondisi yang tidak nyaman dalam mobilisasi. Tujuan penelitian untuk mengetahui waktu siklus dan derajat kejenuhan dengan tiga dan empat fase sinyal pada persimpangan Jalan Retawu, Bondowoso, Gede, dan Simpang Wilis, Kota Malang. Metode penelitian ini memanfaatkan data lalu lintas yang telah ada dari penelitian sebelumnya untuk merancang atau merencanakan kinerja simpang dengan tiga dan empat fase. Melalui perencanaan dan hasil analisis data menunjukkan waktu siklus dan derajat kejenuhan yang optimal dan rencana terbaik yaitu rencana empat fase dengan tingkat pelayanan C. Rencana empat fase memiliki waktu siklus: 107 detik, waktu antar hijau: fase 1 = 40 dtk, fase 2 = 38 dtk, fase 3 = 37 dtk dan fase 4 = 48 dtk dan derajat kejenuhannya (DS) = 0,50.

Kata kunci: persimpangan, sinyal, fase, MKJI, pendekat

1. LATAR BELAKANG

Persimpangan Jl. Bondowoso – Retawu – Gede – Simpang Wilis merupakan simpang tak bersinyal di kota Malang. Pada umumnya, jumlah arus dengan arah berlawanan atau berpotongan akan menimbulkan resiko kecelakaan yang tinggi jika tanpa pengaturan sinyal.

Persimpangan tersebut diatas menjadi pusat studi kasus karena sering ditemukan kemacetan. Kemacetan terjadi karena kurangnya penanganan dalam sarana prasarana transportasi yaitu pengaturan sinyal lalu lintas. Faktor lain pendukung kemacetan adalah kenaikan jumlah penduduk serta perkembangan sektor ekonomi

Berdasarkan data survei, waktu puncak kemacetan adalah jam pagi dan sore hari. Dalam penelitian perencanaan ini, analisis data menggunakan data volume arus pada jam puncak dengan volume arus lalu lintas tertinggi yaitu sore hari.

2. KAJIAN TEORITIS

Persimpangan merupakan suatu bagian jalan yang menjadi pusat terjadinya titik konflik dari berbagai pergerakan arus lalu lintas (Anita, Paransa, & Elisabeth, 2015). Simpang bersinyal merupakan persimpangan yang mempunyai lebih dari satu lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas (traffic light) (Suryaningsih, Hermansyah, & Kurniati, 2020).

Tabel 1. Penentuan Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan	Keterangan	Derajat Kejenuhan
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi dan volume lalu lintas rendah. Pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan tanpa hambatan	0,0 – 0,20
B	Dalam zona arus stabil. Pengemudi memiliki kebebasan yang cukup dalam memilih kecepatan.	0,21 – 0,44
C	Dalam zona arus stabil. Pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan.	0,45 – 0,74
D	Mendakati arus yang tidak stabil. Dimana hampir seluruh pengemudi akan dibatasi (terganggu). Volume pelayanan berkaitan dengan kapasitas yang dapat ditolerir.	0,75 – 0,84
E	Volume lalu lintas mendekati atau berada pada kapasitasnya. Arus tidak stabil dengan kondisi yang sering terhenti.	0,85 – 1,00
F	Arus yang dipaksakan atau macet pada kecepatan yang rendah. Antrean yang panjang dan terjadi hambatan-hambatan yang besar.	>1,00

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan MKJI 1997 sebagai acuan. Dalam MKJI 1997 berisi parameter perencanaan simpang bersinyal yang terdiri dari Formulir SIG-I sampai SIG-IV. Dalam Formulir SIG-I berisi data geometrik, pengaturan lalu lintas dan lingkungan. Formulir SIG-II berisi data arus lalu lintas yaitu data volume kendaraan dengan satuan smp/jam (kendaraan berat, kendaraan ringan, sepeda motor dan kendaraan tak bermotor). SIG-III berisi data perhitungan waktu antar hijau dan waktu hilang dan SIG-IV berisi penentuan waktu sinyal dan kapasitas jalan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Formulir SIG-I

Hasil dan pembahasan dalam formulir SIG-I berisikan informasi data geometrik, pengaturan lalu lintas dan lingkungan yang didapatkan dari survei langsung di lapangan (oleh Leoni, 2023). Terkecuali nilai faktor kelandaian (FG) pada tiap pendekatan ditentukan menggunakan *Google Earth*. Data formulir SIG-I yang didapatkan sebagai berikut:

Tabel 2. Formulir SIG-I

KONDISI LAPANGAN										
Kode Pendekatan	Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Median	Kelandaian (%)	Belok-Kiri Langsung	Jarak Ke kendaraan parkir	Lebar Pendekatan (m)			
							Pendekatan (WA)	Masuk (WMASUK)	Belok kiri langsung (WLTOR)	Keluar (WKELUAR)
Utara	Komersial	Sedang	Tidak	3%	Y		5.8	2.9	2.9	2.9
Barat	Komersial	Sedang	Tidak	3%	Y		8.1	4.05	4.05	4.05
Selatan	Komersial	Sedang	Tidak	3%	Y		6.9	3.45	3.45	3.45
Timur	Residence	Sedang	Tidak	3%	Y		7.1	3.55	3.55	3.55

A. Ukuran Kota

Ukuran kota berisikan jumlah penduduk pada suatu wilayah tertentu yang berpengaruh langsung terhadap persimpangan. Wilayah Persimpangan Wilis terletak di Kota Malang. Data penduduk kota malang terbagi dalam beberapa kecamatan yang mengelilingi lokasi persimpangan. Seluruh Penduduk Kota Malang diasumsikan menggunakan persimpangan. Hal ini dikarenakan lokasi simpang Wilis berlokasi di pusat perkotaan menjadikan akses ke beberapa fasilitas kota serta menjadi akses untuk menuju ke wilayah lainnya.

**Gambar 1.** Peta Kota Malang**Tabel 3.** Jumlah Penduduk Kota Malang Tahun 2023

Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)
Kedung Kandang	209375
Sukun	196860
Klojen	93990
Blimbing	182851
Lowokwaru	164106
Kota Malang	847182

Sumber: (BPS Kota Malang)

B. Kode Pendekat

Pendekat dari tiap jalan yang melewati persimpangan dilabeli kode berdasarkan arah mata angin. Jalan Gede (Utara), Jalan Wilis (Selatan), Jalan Retawu (Timur) dan Jalan Bondowoso (Barat).

C. Tipe Lingkungan

Penetapan tipe lingkungan berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan terhadap tata guna lahan tercantum pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Kondisi Lingkungan

Pendekat	Kondisi	Tipe
Pendekat Utara (Jl. Gede)	Terdapat (UMKM) seperti kedai kopi, toko bangunan dan warung	Komersial
Pendekat Selatan (Jl. Simpang Wilis Indah)	Terdapat UMKM seperti toko buku, kantor, tempat makan dan warung kopi	Komersial
Pendekat Barat (Jl. Bondowoso)	Terdapat pemukiman tetapi juga terdapat UMKM seperti toko pecah belah dan rumah makan, serta kampus	Komersial
Pendekat Timur (Jl. Retawu)	Terdapat pemukiman dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan	Pemukiman

D. Hambatan Samping

Hambatan samping yang dimaksud tertuju pada adanya aktivitas disekitar area persimpangan yang mengganggu arus lalu lintas pendekat akibat interaksi antara arus lalu lintas dengan aktivitas tersebut.

E. Kelandaian

Data kelandaian diperoleh dari Google Earth Pro untuk mendapatkan nilai elevasi dengan jarak tertentu. Berikut adalah hasil yang didapatkan berdasarkan nilai elevasi yang didapat dengan ketentuan rumus yang ada:

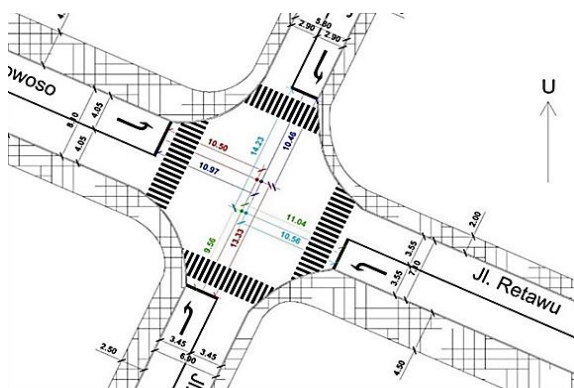
- Jalan Gede : 3%
- Jalan Wilis : 3%
- Jalan Bondowoso : 3%
- Jalan Retawu : 3%

F. Belok Kiri Langsung

Sesuai data survei yang ada (Oleh: Leoni, 2023) menyatakan adanya belok kiri langsung pada persimpangan.

G. Lebar Pendekat

Lebar pendekat menyatakan lebar jalan pada setiap pendekat. Data lebar pendekat disajikan berupa gambar pendekat dengan ukuran yang didapatkan dari hasil pengukuran di lapangan.



Gambar 2. Denah dan Ukuran Lebar Pendekat
Sumber: Leoni, 2023

4.2 Formulir SIG-II

Tabel 5. Formulir SIG-II

	Kode	Arah	Arus Lalu Lintas Bermotor													Kend Tak Bermotor		
			Kendaraan Ringan (LV)			Kendaraan Berat (HV)			Sepeda Motor (MC)			Kendaraan Total (MV)			Rasio Berbelok		Arus	Rasio
			Emp Terlindung		1.0	Emp Terlindung		1.3	Emp Terlindung		0.2						UM	UM/M V
			Emp Terlawan		1.0	Emp Terlawan		1.3	Emp Terlawan		0.4							
			Kend /Jam	Smp/jam		Kend /Jam	Smp/jam		Kend /Jam	Smp/jam		Kend /Jam	Smp/Jam		Plt	Prt	Kend /Jam	Rms
				Terli ndun g	Terla wan		Terli ndun g	Terla wan		Terli ndun g	Terla wan		Terli ndun g	Terla wan	Rms	Rms		
JL Gede	U	LT/LTOR	18	18	18	0	0	0	47	9.4	18.8	65	27.4	36.8	0.09		3	68
		ST	130	130	130	5	6.5	6.5	630	126	252	765	262.5	388.5			8	773
		RT	7	7	7	0	0	0	36	7.2	14.4	43	14.2	21.4		0.05	4	47
		Total	155	155	155	5	6.5	6.5	713	142.6	285.2	873	304.1	446.7			15	888
JL. Bondowoso	B	LT/LTOR	187	187	187	10	13	13	379	75.8	151.6	576	275.8	351.6	0.40		0	576
		ST	80	80	80	5	6.5	6.5	485	97	194	570	183.5	280.5			6	576
		RT	88	88	88	13	16.9	16.9	416	83.2	166.4	517	188.1	271.3		0.30	3	520
		Total	355	355	355	28	36.4	36.4	1280	256	512	1663	647.4	903.4			9	1672
JL.Wilis	S	LT/LTOR	50	50	50	1	1.3	1.3	249	49.8	99.6	300	101.1	150.9	0.28		4	304
		ST	116	116	116	1	1.3	1.3	602	120.4	240.8	719	237.7	358.1			0	719
		RT	17	17	17	2	2.6	2.6	43	8.6	17.2	62	28.2	36.8		0.07	2	64
		Total	183	183	183	4	5.2	5.2	894	178.8	357.6	1081	367	545.8			6	1087
Jl. Retawu	T	LT/LTOR	38	38	38	1	1.3	1.3	94	18.8	37.6	133	58.1	76.9	0.13		0	133
		ST	213	213	213	5	6.5	6.5	577	115.4	230.8	795	334.9	450.3			11	806
		RT	21	21	21	0	0	0	79	15.8	31.6	100	36.8	52.6		0.09	3	103
		Total	272	272	272	6	7.8	7.8	750	150	300	1028	429.8	579.8			14	1042

A. Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor

1. Kendaraan Ringan (LV), Kendaraan Berat (HV), Sepeda Motor (MC). Total jumlah kendaraan didapatkan dari lapangan oleh peneliti terdahulu (Leoni, 2023).
2. Total kendaraan bermotor (QW)
3. Ekivalensi Mobil Penumpang
 - LV : Terlindung (P) = 1,0, Terlawan (O) = 1,0
 - HV : Terlindung (P) = 1,3, Terlawan (O) = 1,3
 - MC : Terlindung (P) = 0,4, Terlawan (O) = 0,4
4. Rasio Berbelok PLT/LTOR, dan PRT

B. Kendaraan Tak Bermotor (UM)

1. (QUM) / Arus
Jumlah kendaraan tak bermotor berdasarkan hasil survei di lapangan.
2. Rasio = (QUM / QMV)

4.3 Formulir SIG-III

Data Formulir SIG-III berisi hasil perhitungan waktu antar hijau dan waktu hilang.

Tabel 6. Formulir SIG-III

LALU LINTAS BERANGKAT		LALU LINTAS DATANG					Waktu merah semua (dtk)
Pendekat	Kecepatan	Pendekat	UTARA	SELATAN	TIMUR	BARAT	
	m/dtk (Ve)	Kecepatan (m/detik) (Va)	10	10	10	10	
UTARA	10	Jarak berangkat-datang (m)			(14,23+5)-10,56		
		Waktu berangkat-datang (det)			(1,4+0,5)-1,05		0.9
Pendekat	Kecepatan	Pendekat	UTARA	SELATAN	TIMUR	BARAT	
	m/detik (Ve)	Kecepatan (m/detik) (Va)	10	10	10	10	
BARAT	10	Jarak berangkat-datang (m)	(10,97+5)-10,46				
		Waktu berangkat-datang (det)	(1,09+0,5)-1,04				0.6
Pendekat	Kecepatan	Pendekat	UTARA	SELATAN	TIMUR	BARAT	
	m/detik (Ve)	Kecepatan (m/detik) (Va)	10	10	10	10	
SELATAN	10	Jarak berangkat-datang (m)				(13,33+5)-10,50	
		Waktu berangkat-datang (det)				(1,3+0,5)-1,05	0.8
Pendekat	Kecepatan	Pendekat	UTARA	SELATAN	TIMUR	BARAT	
	m/detik (Ve)	Kecepatan (m/detik) (Va)	10	10	10	10	
TIMUR	10	Jarak berangkat-datang (m)		(11,04+5)-9,56			
		Waktu berangkat-datang (det)		(1,1+0,5)-0,95			0.6
		Penentu Waktu Merah Semua			Pendekat		
	4 Fase	Fase 1 =>	Fase 2	Utara		1.0	
		Fase 2 =>	Fase 3	Barat		1.0	
		Fase 3 =>	Fase 4	Selatan		1.0	
		Fase 4 =>	Fase 1	Timur		1.0	
		Waktu Kuning Total	: 3 det/fase				12.0
		Waktu Hilang Total	: Merah Semua Total + Waktu kuning(det/siklus)				16.0
		Penentu Waktu Merah Semua			Pendekat		
	3 Fase Skenario 1	Fase 1 =>	Fase 2	Utara dan Selatan		1.0	
		Fase 2 =>	Fase 3	Timur		1.0	
		Fase 3 =>	Fase 1	Barat		1.0	
		Waktu Kuning Total	: 3 det/fase				9.0
		Waktu Hilang Total	: Merah Semua Total + Waktu kuning(det/siklus)				12.0
		Penentu Waktu Merah Semua			Pendekat		
	3 Fase Skenario 2	Fase 1 =>	Fase 2	Utara		1.0	
		Fase 2 =>	Fase 3	Timur dan Barat		1.0	
		Fase 3 =>	Fase 1	Selatan		1.0	
		Waktu Kuning Total	: 3 det/fase				9.0
		Waktu Hilang Total	: Merah Semua Total + Waktu kuning(det/siklus)				12.0

A. Lalu Lintas Berangkat (VEV)

Kecepatan (VEV) ditentukan berdasarkan MKIJ 1997 yaitu 10 m/detik.

B. Lalu Lintas Datang

1. Kecepatan (VAV) ditentukan berdasarkan MKJI 1997 yaitu 10 m/detik

2. Jarak Berangkat-Datang

IEV ditetapkan dalam rumus dari MKJI 1997 yaitu 5

Jarak Berangkat-Datang = LEV + IEV – LAV

- U = (14,23 + 5) – 10,56
- B = (10,97 + 5) – 10,46
- S = (13,33 + 5) – 10,50
- T = (11,04 + 5) – 9,56

3. Waktu Berangkat Datang

$$\text{Waktu Berangkat Datang} = (\text{LEV} / \text{VEV}) + (\text{IEV} / \text{VEV}) - (\text{LAV} / \text{VAV})$$

$$\text{VEV} = 10 \text{ m/detik dari MKJI 1997}$$

$$\text{VAV} = 10 \text{ m/detik dari MKJI 1997}$$

- $U = (1,4 + 0,5) - 1,05$
- $B = (1,09 + 0,5) - 1,04$
- $S = (1,3 + 0,5) - 1,05$
- $T = (1,1 + 0,5) - 0,95$

C. Waktu Merah Semua

$$\text{Merah Semua} = \text{Waktu Berangkat Datang}$$

$$= (\text{LEV} / \text{VEV}) + (\text{IEV} / \text{VEV}) - (\text{LAV} / \text{VAV})$$

- $U = (1,4 + 0,5) - 1,05 = 0,9 \text{ detik (dibulatkan menjadi 1 detik)}$
- $B = (1,09 + 0,5) - 1,04 = 0,6 \text{ detik}$
- $S = (1,3 + 0,5) - 1,05 = 0,8 \text{ detik}$
- $T = (1,1 + 0,5) - 0,95 = 0,6 \text{ detik}$

D. Penentu Waktu

1. Waktu Merah Semua

- Rencana 3 fase, skenario 1
 - $U = 0,9 \text{ detik dan } S = 0,8 = 1 \text{ detik}$
 - $B = 0,6 \text{ detik} = 1 \text{ detik}$
 - $T = 0,6 \text{ detik} = 1 \text{ detik}$
- Rencana 3 fase, skenario 2
 - $U = 0,9 \text{ detik} = 1 \text{ detik}$
 - $B = 0,6 \text{ detik dan } T = 0,6 \text{ detik} = 1 \text{ detik}$
 - $S = 0,8 \text{ detik} = 1 \text{ detik}$
- Rencana 4 fase
 - $U = 0,9 \text{ detik} = 1 \text{ detik}$
 - $B = 0,6 \text{ detik} = 1 \text{ detik}$
 - $S = 0,8 \text{ detik} = 1 \text{ detik}$
 - $T = 0,6 \text{ detik} = 1 \text{ detik}$

2. Waktu Kuning Total

- Rencana 3 fase skenario 1 dan 2 $= 3 \text{ fase} \times 3 \text{ detik} = 9 \text{ detik}$
- Rencana 4 fase $= 4 \text{ fase} \times 4 \text{ detik} = 12 \text{ detik}$

3. Waktu Kuning

Untuk penentuan waktu kuning berdasarkan MKJI 1997 yaitu 3 detik/fase

4. Waktu Hilang Total (LTI)

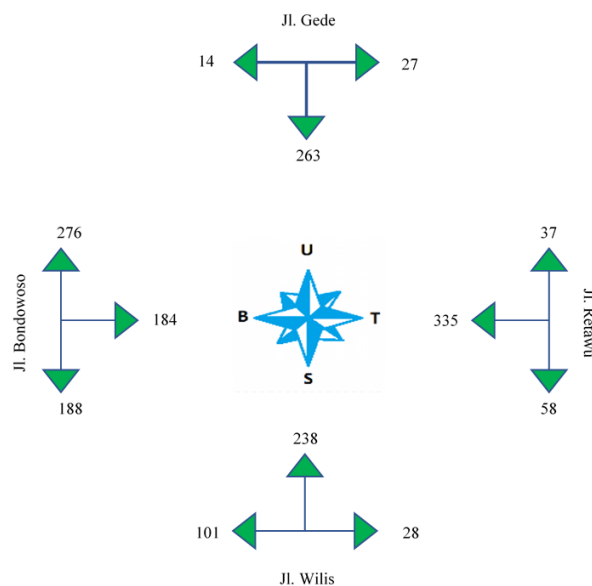
Waktu Merah Semua + Waktu Kuning Total

- Rencana 3 fase skenario 1 dan 2 = 9 detik + 3 detik = 12 detik
- Rencana 4 fase = 12 detik + 4 detik = 16 detik

4.4 Formulir SIG-IV

Data Formulir SIG-IV berisi tentang penentuan waktu sinyal dan kapasitas jalan.

A. Distribusi Arus Lalu Lintas



Gambar 2. Distribusi Arus Lalu Lintas

B. Fase Simpang

Tabel 7. Pergerakan Arus Rencana 4 Fase

Fase	Utara	Barat	Selatan	Timur
Fase 1	ST,RT,LT	ST,RT	ST,RT	ST,RT
Fase 2	ST,RT	ST,RT,LT	ST,RT	ST,RT
Fase 3	ST,RT	ST,RT	ST,RT,LT	ST,RT
Fase 4	ST,RT	ST,RT	ST,RT	ST,RT,LT

Lebih lengkap tercantum pada Formulir SIG-IV

C. Hijau Dalam Fase

Rencana 4 Fase:

- Fase 1 = Utara
- Fase 2 = Barat
- Fase 3 = Selatan
- Fase 4 = Timur

Lebih lengkapnya tercantum pada Formulir SIG-IV.

D. Tipe Pendekat

- Fase 1 = Utara (Terlindung)
- Fase 2 = Barat (Terlindung)
- Fase 3 = Selatan (Terlindung)
- Fase 4 = Timur (Terlindung)

Lebih lengkapnya tercantum pada Formulir SIG-IV.

E. Rasio Kendaraan Berbelok

Idem Formulir SIG-II

F. Arus RT

Rencana 4 fase:

- U = 14 smp/jam
- B = 188 smp/jam
- S = 28 smp/jam
- T = 37 smp/jam

Lebih lengkapnya tercantum pada Formulir SIG-IV.

G. Lebar Efektif (WE)

$$WA (S) = 6,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} WLTOR (S) &= \frac{1}{2} * WA \rightarrow \text{direncanakan} \\ &= \frac{1}{2} * 6,9 \text{ m} \\ &= 3,45 \text{ m} > 2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$WKELUAR (S) = \frac{1}{2} * WA = \frac{1}{2} * 6,9 \text{ m} = 3,45 \text{ m}$$

$$WMASUK (S) = \frac{1}{2} * WA = \frac{1}{2} * 6,9 \text{ m} = 3,45 \text{ m}$$

1. Pendekat Tipe P -> WLTOR > 2

$$\begin{aligned} WE_{\min} &= WMASUK \\ &= WA - WLTOR \\ &= 6,9 \text{ m} - 3,45 \text{ m} = 3,45 \text{ m} \end{aligned}$$

$$WE (1 - PRT) = 3,45 (1 - 0,07) = 3,21 \text{ m}$$

$$\text{Jika } WKELUAR < WE (1 - PRT) \rightarrow WE = WE_{\min}$$

$$\text{Jika } WKELUAR > WE (1 - PRT) \rightarrow WE = WKELUAR$$

$$\text{Karena } WKELUAR < WE (1 - PRT) \rightarrow WE = WE_{\min} = 3,45 \text{ m}$$

2. Pendekat Tipe O -> WLTOR > 2

$$WE_{\min} = WMASUK = 3,45 \text{ m}$$

Lebih lengkapnya tercantum pada Formulir SIG-IV.

H. Arus Jenuh (S)

1. Nilai Dasar (So)

- Rencana 3 fase, skenario 1

So (U) = Gambar III-5 -> Perdekot Terlawan, QRT (U) = 21,4 < 250,

WE (U) = 2,9 □ 3, QRTO (U) = QRT (S) = 36,8

QRT = 21,4 dan QRTO Grafik = 50 -> So = 1650

QRT = 21,4 dan QRTO = 36,8 -> So = x

QRT = 21,4 dan QRTO Grafik = 0 -> So = 1770

$(50 - 36,8 / 50) - 0 = (1650 - x) / (1650 - 1770)$

x = So = 1681,68

So (B) = 600 x WE -> Pendekat Terlindung

= 600 x 4,05 = 2430

2. Faktor Penyesuaian

Faktor Penyesuaian untuk rencana 3 Fase, Skenario 1:

- Semua Tipe Pendekat

A. Ukuran Kota (FCS)

(a) Ukuran Kota (FCS)

FCS didapatkan dari tabel faktor penyesuaian ukuran kota. Jumlah penduduk 847.182 jiwa, maka FCS = 0,94

(b) Hambatan Sampang (FSF)

PUM (U) = 0,03048

Tipe Lingkungan Jalan (U) = Komersial

Hambatan Sampang (U) = Sedang

Tipe Fase (U) = Terlindung

FSF (U) = 0,93

Nilai FSF pada pendekat lainnya tercantum pada Formulir SIG-IV.

(c) Kelandaian (FG)

FG (U) = 3,06%.

Hasil kelandaian lainnya dapat dilihat pada Formulir SIG-IV.

(d) Parkir (FP)

FP tidak ada

B. Hanya Tipe P

- Belok Kanan (FRT)

FRT untuk rencana 3 Fase, Skenario 1:

$$\begin{aligned} \text{FRT (B)} &= 1,0 + (\text{PRT} \times 0,26) \\ &= 1,0 + (0,3 \times 0,26) = 1,11 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya tercantum pada Formulir SIG-IV.

- Belok Kiri (FLT)

FLT untuk Skema 3 Fase, Skenario 1:

$$\begin{aligned} \text{FLT (B)} &= 1,0 - (\text{PLT} \times 0,26) \\ &= 1,0 - (0,4 \times 0,26) = 0,89 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya tercantum pada Formulir SIG-IV.

C. Arus Jenuh yang Disesuaikan (S)

Arus Jenuh (S) untuk Skema 3 Fase, Skenario 1:

$$\begin{aligned} \text{S (U)} &= \text{So} \times \text{FCS} \times \text{FSF} \times \text{FG} \times \text{FP} \times \text{FRT} \times \text{FLT} \\ &= 1681,68 \times 0,94 \times 0,93 \times 0,97 \times 1,00 \times 1,00 = 1425,12 \end{aligned}$$

I. Rasio Arus Setiap Pendekat (FR)

Rasio Arus setiap Pendekat (FR) untuk Skema 3 Fase, Skenario 1:

$$\begin{aligned} \text{FR (U)} &= Q / S \\ &= 410 / 1425,12 = 0,29 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya tercantum pada Formulir SIG-IV.

J. Rasio Fase Setiap Fase (PR)

Rasio Fase setiap Fase untuk Skema 3 Fase, Skenario 1:

$$\begin{aligned} \text{PR (U)} &= \text{FR} / \Sigma \text{FR} \\ &= 0,32 / 0,89 = 0,365 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya tercantum pada Formulir SIG-IV.

K. Waktu Hihau (g)

Waktu Hijau untuk Skema 3 Fase Skenario 1:

$$\begin{aligned} \text{g (U)} &= (\text{CUA} - \text{LT}) \text{PR} \\ &= (205,71 - 36,8) 0,365 = 63 \text{ detik} \end{aligned}$$

Jika terdapat 2 pendekat diberangkatkan pada fase yang sama maka waktu hijau ditetapkan berdasarkan nilai terbesar.

Hasil perhitungan selanjutnya tercantum pada Formulir SIG-IV.

L. Kapasitas (C)

Kapasitas untuk Skema 3 Fase, Skenario 1:

$$\begin{aligned} \text{C (U)} &= S (\text{g} / \text{c}) \\ &= 1425,12 (63 / 206) = 435,8 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya tercantum pada Formulir SIG-IV.

M. Waktu Hilang Total (LTI)

Waktu Hilang Total (LTI) untuk Skema 3 Fase, Skenario 1:

$$\begin{aligned} \text{LTI} &= \text{Waktu Kuning Total} + \text{Waktu Merah Semua (dalam SIG-III)} \\ &= 3 \text{ detik} + 9 \text{ detik} = 12 \text{ detik} \end{aligned}$$

N. Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat Kejenuhan (DS) untuk Skema 3 Fase, Skenario 1:

$$\begin{aligned} \text{DS (U)} &= Q/C \\ &= 410 / 435,8 = 0,94 \end{aligned}$$

O. Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (cua)

Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (Cua) untuk Skema 3 Fase, Skenario 1:

$$\begin{aligned} \text{CUA} &= (1,5\text{LTI} + 5) / \sum \text{FR} \\ &= (1,5 (12 \text{ detik}) + 5) / (1-0,89) = 205,71 \text{ detik} \end{aligned}$$

P. Waktu Siklus Sesudah Penyesuaian (c)

Waktu Siklus Sesudah Penyesuaian (c) untuk Skema 3 Fase, Skenario 1:

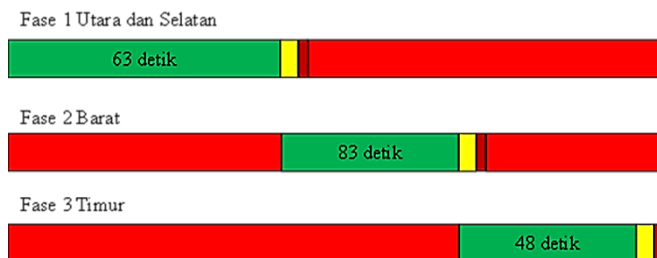
$$\begin{aligned} c &= \sum g + \text{LTI} \\ &= 194 + 12 \text{ detik} = 206 \text{ detik} \end{aligned}$$

Kode Pendekatan	Hijau Dalam Fase No	Tipe Pendekatan	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT Smp/jam		Lebar Efektif (Meter)	Arus Jenuh Dasar (Smp/jam)								Arus Lalu Lintas		Rasio Fase	Waktu Hijau	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	
						Arus Diri	Arus Lawan		Nilai Dasar	Faktor Penyesuaian						Nilai Disesuaikan	Smp/jam	Rasio Arus			PR=FR crit		S _x g/c
										Semua Tipe Pendekat			Hanya Tipe P										
										Smp/jam Hijau	Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelandaian	Parkir	Belok Kiri	Belok Kanan	Smp/jam Hijau	Smp/jam			PR=FR crit		S _x g/c
			P _{rlt}	P _{lt}	P _{rt}	Q _{rt}	Q _{rto}	We	So	F _{cs}	F _{sf}	F _g	F _p	F _{lt}	F _{rt}	S	Q	Q/S	IFR	g	C	QC	
Utara	1	Terlawan		0.09	0.05	21.4	36.8	2.90	1681.68	0.94	0.93	0.97	1.00	1.00	1.00	1425.12	410	0.29	0.324	63	435.8	0.94	
Barat	2	Terlindung		0.40	0.30	188.1		2.85	1710.15	0.94	0.94	0.97	1.00	0.89	1.11	1448.62	552	0.38	0.429	83	583.7	0.95	
Selatan	1	Terlawan		0.28	0.07	36.8	21.4	3.45	2225.76	0.94	0.94	0.97	1.00	1.00	1.00	1906.48	395	0.21	0.233	45	416.5	0.95	
Timur	3	Terlindung		0.13	0.09	36.8		3.23	1936.76	0.94	0.96	0.97	1.00	0.97	1.03	1692.19	372	0.22	0.247	48	394.3	0.94	
Waktu Hilang Total LTI (detik)			12.00	Waktu Siklus Pra penyesuaian			C _{ua}	205.71	detik								0.89			194	2g		
				Waktu Siklus Disesuaikan			c	206.00	detik							IFR=5 _{FRcrit}							

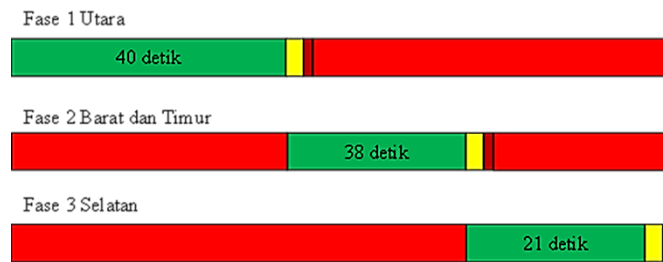
Kode Pendekatan	Hijau Dalam Fase No	Tipe Pendekatan	Rasio Kendaraan Berbelok			Anus RT Smp/jam		Lebar Efektif (Meter)	Anus Jenuh Dasar (Smp/jam)										Anus Lahu Lintas Smp/jam	Rasio Anus	Rasio Fase PR=FR crit	Waktu Hijau g	Kapasitas S x g/c	Derajat Kejeihan Q/C
						Anus Diri	Anus Lawan		Nilai Dasar Smp/jam Hijau	Faktor Penyesuaian						Nilai Disesuaikan Smp/jam Hijau								
										Semua Tipe Pendekat				Hanya Tipe P										
			P _{rit}	P _{lt}	P _{rt}	Q _{rt}	Q _{rt0}	We	So	Fcs	Fsf	Fg	Fp	Flt	Frt	S	Q	Q/S	IFR	g	C	Q/C		
Utara	1	Terlindung		0,09	0,05	14,2		2,76	1657,5	0,94	0,93	0,97	1,0	0,98	1,01	1390,33	447	0,32	0,405	40	501,02	0,89		
Barat	2	Terlawan		0,40	0,30	271,3	52,6	4,05	3867,4	0,94	0,94	0,97	1,0	1,00	1,00	3312,63	281	0,08	0,107	11	328,28	0,85		
Selatan	3	Terlindung		0,28	0,07	28,2		3,20	1922,6	0,94	0,94	0,97	1,0	0,93	1,02	1556,90	266	0,17	0,215	21	294,55	0,90		
Timur	2	Terlawan		0,13	0,09	52,6	271,3	3,55	2197,2	0,94	0,96	0,97	1,0	1,00	1,00	1922,06	580	0,30	0,380	38	658,00	0,88		
Waktu Hilang Total LTI (detik)			12,00	Waktu Siklus Pra penyesuaian			C _{ua}	112	detik							IFR=ΣFr _{crit}	0,79		99					
				Waktu Siklus Disesuaikan			C	111	detik															

Kode Pendekatan	Hijau Dalam Fase No	Tipe Pendekatan	Rasio Kendaraan Berbelok			Anus RT Smp/jam		Lebar Efektif (Meter)	Anus Jenuh Dasar (Smp/jam)								Anus Lahu Lintas	Rasio Anus	Rasio Fase	Waktu Hijau	Kapasitas	Derajat Kejeihan
						Anus Diri	Anus Lawan		Nilai Dasar	Faktor Penyesuaian						Nilai Disesuaikan						
										Semua Tipe Pendekat				Hanya Tipe P								
										Smp/Jam Hijau	Ukuran Kota	Hambatan	Kelandaian	Parkir	Bebok Kiri							
			P _{rit}	P _{lt}	P _{rt}	Q _{rt}	Q _{rt0}	We	So	Fcs	Fsf	Fg	Fp	Flt	Frt	S	Q	Q/S	IFR	g	C	Q/C
Utara	1	Terlindung		0,09	0,05	14		2,76	1657	0,94	0,93	0,97	1,00	0,98	1,01	1390,33	277	0,20	0,23	43	558,73	0,50
Barat	2	Terlindung		0,40	0,30	188		2,85	1710	0,94	0,94	0,97	1,00	0,89	1,08	1411,71	372	0,26	0,31	57	752,03	0,49
Selatan	3	Terlindung		0,28	0,07	28		3,20	1923	0,94	0,94	0,97	1,00	0,93	1,02	1556,90	266	0,17	0,20	37	538,37	0,49
Timur	4	Terlindung		0,13	0,09	37		3,23	1937	0,94	0,96	0,97	1,00	0,97	1,02	1673,91	372	0,22	0,26	48	750,91	0,49
Waktu Hilang Total LTI (detik)			16,00	Waktu Siklus Pra penyesuaian			C _{ua}	200	detik													
				Waktu Siklus Disesuaikan			C	107	detik													

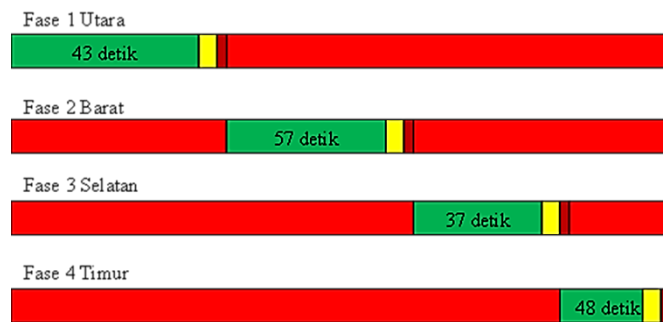
4.5 Diagram Siklus Waktu



Gambar 3. Waktu Siklus Rencana 3 Fase skenario 1



Gambar 4. Waktu Siklus Rencana 3 Fase skenario 2



Gambar 5. Waktu Siklus Rencana 4 Fase

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perencanaan yang merujuk pada rumusan masalah, yaitu:

1. Perencanaan simpang bersinyal dengan tiga dan empat fase
 - a. Rencana tiga fase (skenario 1): waktu siklus = 206 dtk, dengan fase 1 = 63 dtk waktu hijau, fase 2 = 83 dtk waktu hijau dan fase 3 = 48 dtk waktu hijau.
 - b. Rencana tiga fase (skenario 2): waktu siklus = 111 dtk, fase 1 = 40 dtk waktu hijau, fase 2 = 38 dtk waktu hijau dan fase 3 = 21 dtk waktu hijau.
 - c. Rencana empat fase: waktu siklus = 107 dtk, fase 1 = 43 dtk waktu hijau, fase 2 = 57 dtk waktu hijau, fase 3 = 37 dtk waktu hijau dan fase 4 = 48 waktu hijau.
2. Derajat Kejenuhan (DS) eksisting = 1,1 dengan perencanaan simpang bersinyal tiga dan empat fase, maka didapatkan:
 - a. Rencana tiga fase (skenario 1) = 0,95 (Tingkat Pelayanan = E)
 - b. Rencana tiga fase (skenario 2) = 0,90 (Tingkat Pelayanan = E)
 - c. Rencana empat fase = 0,50 (Tingkat Pelayanan = C)

Nilai DS tersebut menunjukkan rencana simpang bersinyal mampu mengurangi kondisi jenuh arus lalu lintas pada persimpangan sehingga memberikan penurunan terhadap nilai DS dan peningkatan pada tingkat pelayanan eksisting. Hal ini menjadi indikator kelayakan penerapan simpang bersinyal di persimpangan Jalan Bondowos - Jalan Retawu - Jalan Gede - Simpang Wilis. Nilai DS yang terendah didapatkan dari rencana 4 Fase, maka rencana tersebut merupakan rencana terbaik pengaturan simpang bersinyal yang terbaik.

5.2 Saran

Berdasarkan data lapangan dan hasil analisis, adapun saran yang dapat diberikan pada perencanaan berikutnya untuk meningkatkan tingkat kelayakan jalan, antara lain:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi persoalan waktu siklus yang nilainya lebih besar dari yang disarankan.
2. Diperlukan sumber terkait ada atau tidaknya faktor koreksi untuk nilai arus lalu lintas yang digunakan pada hasil perencanaan.

DAFTAR REFERENSI

- Anita, D., Paransa, M., & Elisabeth, L. (2015). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan 17 Agustus - Jalan Babe Palar Kota Manado.
- Anonim. (2025). Diambil kembali dari Pengadilan Agama Malang: <https://pa-malangkota.go.id/wilayah-yurisdiksi/>
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. (1995). Prasarana dan Lalu Lintas Jalan. Diambil kembali dari Kamus Besar Bahasa Indonesia.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). MKJI. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Google. (2024).
- Google Earth. (2024). Simpang Jalan Bondowoso, Kading Kasri, Jawa Timur. Diambil kembali dari <https://earth.google.com/>.
- Hermawan, D., & Utami, D. D. (2021). Perencanaan Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Terminal Ciledug Kabupaten Cirebon.
- Hobbs, F. (1995). Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas F.D. Hobbs; Penerjemah, Suprpto T.M., Waldijono ; Penyunting Achmad Djunaedi. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Leoni, A. N. (2023). Perencanaan Simpang Bersinyal Pada Persimpangan Jalan Bondowoso-Retawu, Malang.
- Nainggolan, T. H., Mundra, I. W., Indra, S., & Mustika, M. (2016). Studi Pengaruh Simpang Bersinyal Terhadap Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Bendungan Sigura-gura Kota Malang.
- Rahmaniar , F. Y., Subkhan, F. M., & Marjono. (2023). 3. Perencanaan Simpang Bersinyal Pada Jalan Panglima Sudirman-Jalan Gatot Subroto Kota Malang.
- Sumanjaya, A. G., Eryani, I. P., & S. , D. (2015). Perencanaan Simpang Bersinyal Pada Simpang Ciung Wanara Di Kabupaten Gianyar.
- Suryaningsih, O. F., Hermansyah, & Kurniati, E. (2020). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Hasanuddin - Jalan Kamboja, Sumbawa Besar).
- Yustiawiyata, N., Poerwanto, A. J., & Subagyo, U. (2021). Perencanaan Simpang Bersinyal Jalan Cokroaminoto - Jalan Patimura-Jalan Trunojoyo Kota Malang. Perencanaan Simpang Bersinyal Jalan Cokroaminoto - Jalan Patimura-Jalan Trunojoyo Kota Malang.