

Analisis Implementasi Penerapan 3 dan 4 Fase Sinyal APILL pada Persimpangan Klojen Malang, Jawa Timur

¹Prayendra Jonathan N,²Lila Khamelda,³Sunik

Universitas Katolik Widya Karya

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Sipil

Korespondensi Penulis: Jonathannaftaly6@gmail.com

(Received 5 Des 2024; Revised 13 Des 2024; Accepted 16 Des 2024)

Abstrak

Persimpangan merupakan pertemuan dua atau lebih jalan tempat para pengemudi bertemu dan mengubah arah. Di persimpangan adalah tempat sering terjadinya konflik lalu lintas yang menyebabkan berbagai gangguan lalu lintas. (Rodomora et al., 2022). Pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin meningkat akan mempengaruhi tingkat perjalanan dan kebutuhan transportasi. Hal tersebut jika kurang diimbangi dengan peningkatan prasarana transportasi yang memadai akan berakibat kapasitas jalan tidak sesuai dengan rencana. Kapasitas jalan yang tidak sesuai dengan kebutuhan akan mengakibatkan permasalahan berupa kemacetan maupun keterlambatan pergerakan kendaraan. Permasalahan tersebut dapat menyebabkan sulit untuk diwujudkan kenyamanannya, keamanan, efisiensi dan kelancaran.

Kata Kunci : APILL, Simpang Bersinyal, Simpang Klojen Malang, Skema 3 dan 4 Fase Sinyal APILL

I. Pendahuluan

Studi kasus berlokasi di persimpangan Klojen, tepatnya di persimpangan antara Jl. Trunojoyo – Jl. Cokroaminoto – Jl. Pattimura, Kota Malang, Jawa Timur. Persimpangan ini berada di area pusat kota yang menjadi titik pertemuan arus lalu lintas dari berbagai sudut kota. Persimpangan Klojen dikelilingi oleh infrastruktur kota yang menjadi pusat kegiatan masyarakat Kota Malang, diantaranya terdapat stasiun Kota Baru, Balai Kota, Instansi Pendidikan, serta terdapat pusat perbelanjaan dan kuliner. Akses menuju infrastruktur tersebut yang melalui persimpangan Klojen menyebabkan lalu lintas cenderung padat setiap hari.

Kondisi persimpangan relatif padat setiap hari karena persimpangan Klojen merupakan salah satu persimpangan yang menghubungkan lalu lintas dari sudut kota menuju pusat kota. Warga di sekitar persimpangan menyatakan bahwa persimpangan tersebut padat setiap hari sehingga sering menimbulkan penumpukan kendaraan karena dari segala arah pendekat. Volume lalu lintas yang datang bersamaan serta tidak adanya APILL menyebabkan konflik lalu lintas pada persimpangan sering terjadi. Warga yang beraktifitas di sekitar area persimpangan menyatakan bahwa adakalanya terjadi kecelakaan kecil. Warga juga menginformasikan bahwa volume lalu lintas yang terpadat adalah hari senin, adapun aktifitas kendaraan setiap hari dimulai sejak 06.30. (Sai.M & Mul, 2024)

II. Kajian Teoritis

Persimpangan jalan adalah simpul pada jaringan jalan dimana ruas jalan bertemu dan lintasan arus kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada tiap lengan persimpangan akan menggunakan ruang di setiap ruas jalan. Kinerja lalu lintas di persimpangan diukur pada kondisi arus yang dievaluasi selama 1 (satu) jam. Arus 1 (satu) jam tersebut merupakan arus lalu lintas yang representatif dari masa pelayanan dan dapat merupakan arus hasil pengukuran di lapangan atau arus lalu lintas rencana (MKJI, 1997).

Tingkat kondisi arus lalu lintas direpresentasikan dengan derajat kejenuhan yang didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas. Derajat kejenuhan digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Tabel berikut merupakan tingkat pelayanan berdasarkan nilai derajat kejenuhan serta besarnya derajat kejenuhan secara teoritis tidak bisa lebih nilai 1 (satu), yang artinya apabila nilai tersebut mendekati nilai 1 maka kondisi lalu lintas sudah mendekati jenuh (MKJI, 1997)

Tabel II-1 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

Sumber: MKJI (1997)

III. Metodologi

Metode penelitian merujuk pada MKJI 1997 yang memuat parameter perencanaan simpang bersinyal yang terdiri atas SIG 1 – 4. SIG-1 memuat informasi geometrik, pengaturan lalu lintas dan lingkungan, SIG-2 memuat data arus lalu lintas meliputi kendaraan ringan, kendaraan berat, sepeda motor dan kendaraan tak bermotor, SIG-3 memuat perhitungan rinci waktu antar hijau (untuk waktu pengosongan) dan waktu hilang, SIG-4 memuat penentuan waktu sinyal dan kapasitas jalan

IV. Hasil dan Pembahasan

4.1 SIG I

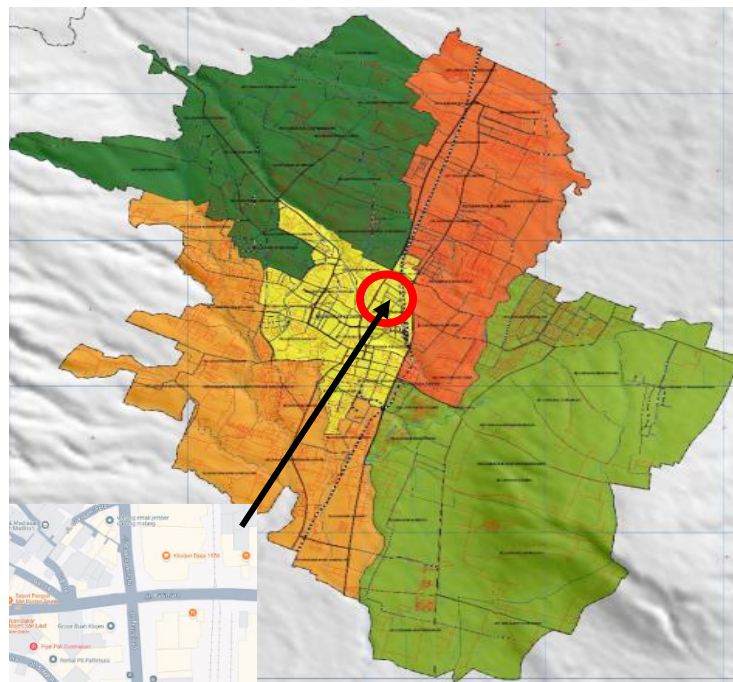
Hasil dan pembahasan berikut berdasarkan item pada Formulir SIG-1 yang memuat informasi geometrik, pengaturan lalu lintas dan lingkungan.

Tabel IV-1 Formulir SIG I

KONDISI LAPANGAN										
Kode Pendekat	Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Median	Kelandaian	Belok-Kiri Langsung	Jarak Ke kendaraan parkir	Lebar Pendekatan (m)			
							Pendekat	W Masuk	Belok kiri langsung	W Keluar
Utara	COM	Tinggi	Tidak	0,81%	Tidak	5	12	6,0	2,0	6,0
Timur	COM	Sedang	Tidak	0,31%	Tidak	0	10	5,0	2,0	5,0
Selatan	COM	Sedang	Tidak	0,00%	Tidak	0	12	6,0	2,0	6,0
Barat	COM	Sedang	Tidak	0,71%	Tidak	0	10	5,0	2,0	5,0

A. Ukuran Kota

Ukuran kota berdasarkan jumlah penduduk pada kecamatan dimana persimpangan terletak dan kecamatan yang mengelilingi lokasi persimpangan. Seluruh Penduduk Kota Malang tersebut diasumsikan sebagai pengguna persimpangan. Hal ini dikarenakan lokasi simpang kloten yang berada di pusat perkotaan menjadikan akses ke beberapa fasilitas kota serta menjadi akses untuk menuju ke berbagai kecamatan.



Gambar IV.1 Peta Lokasi Simpang Kloten

Tabel IV-2 Jumlah Penduduk Kota Malang Tahun 2022-2023

Kecamatan	Jumlah Penduduk Setiap Kecamatan Di Kota Malang					
	Laki-laki		Perempuan		Total	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Kedung Kandang	104.810	105.125	103.931	104.250	208.741	209.375
Sukun	98.260	98.332	98.429	98.528	196.689	196.860
Klojen	45.836	45.783	48.203	48.207	94.039	93.990
Blimbing	90.803	90.861	91.890	91.990	182.693	182.851
Lowokwaru	81.188	81.239	82.776	82.867	163.964	164.106
Kota Malang	420.897	421.340	425.229	425.842	846.126	847.182

Sumber : (BPS Kota Malang, 2023)

B. Kode Pendekat

Pendekat diberi kode berupa notasi mata angin berdasarkan lokasi pendekat terhadap mata angin sebagai berikut, JL. Cokroaminoto (Utara), JL. Pattimura A (Timur), JL. Trunojoyo (Selatan), JL. Pattimura B (Barat)

C. Tipe Lingkungan

Penentuan tipe lingkungan didasarkan pada hasil observasi terhadap tata guna lahan seperti tercantum pada Tabel dan Gambar berikut.

Tabel IV-3 Kondisi dan Tipe Lingkungan Pendekat

Pendekat	Kondisi	Tipe Lingkungan
Jl. Cokroaminoto (Utara)	Terdapat warung, Pasar Klojen, café, Pertokoan, dan UMKM	Komersial
Jl. Pattimura A (Timur)	Terdapat toko, warung, dan cafe	Komersial
Jl. Trunojoyo (Selatan)	Terdapat Toko, warung, café, dan fasilitas kota seperti stasiun dan taman Trunojoyo	Komersial
Jl. Pattimura B (Barat)	Terdapat toko, warung, dan cafe	Komersial

D. Hambatan Samping

Hambatan samping berupa kegiatan di samping jalan yang menyebabkan pengurangan terhadap arus jenuh di dalam pendekat akibat interaksi antara arus lalu-lintas dengan kegiatan tersebut.

E. Median

Pendekat tidak menggunakan median.

F. Kelandaian

Data kelandaian didapat dengan menggunakan Google Earth Pro untuk mendapatkan elevasi serta jarak terhadap perempatan sehingga dapat dihitung kelandaian (g) pada pendekat sebagai berikut:

- Jl. Cokroaminotor (Utara): $(454-451)/370=0,81\%$
- Jl. Pattimura A (Timur) : $(452-451)/320=0,31\%$
- Jl. Trunojoyo (Selatan) : $(451-451)/160=0,00\%$
- Jl. Pattimura B (Barat) : $(452-451)/140=0,71\%$

G. Belok Kiri Langsung

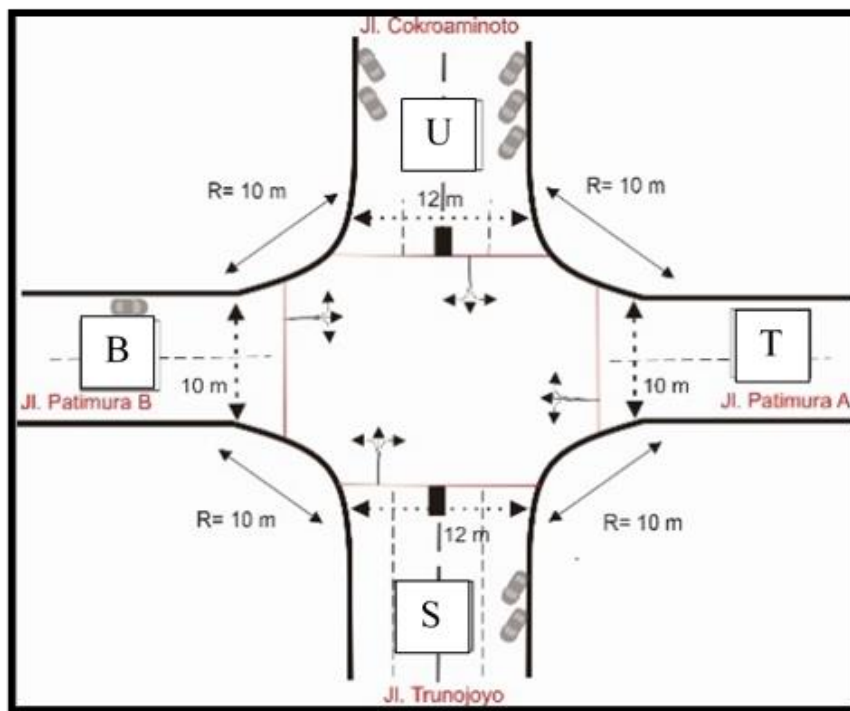
Persimpangan merupakan simpang tak bersinyal, sehingga tidak ada aturan untuk berbelok kiri.

H. Jarak Ke kendaraan Parkir

Terdapat garis henti pada setiap pendekat, namun dikarenakan persimpangan merupakan simpang tak bersinyal maka setiap kendaraan yang melintasi persimpangan tidak berhenti dibelakang garis henti saat menunggu kendaraan dari pendekat lain melintas, serta hanya di bagian pendekat utara yang sering berhenti di belakang garis henti.

I. Lebar Pendekat

Lebar pendekat didapatkan dari hasil pengukuran di lokasi seperti yang terlihat pada Gambar berikut.



Gambar IV.2 Denah Simpang Klojen

4.2 SIG II

Tabel IV-4 Formulir SIG 2 Data Arus Lalu Lintas

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 /MV								
		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	
		P	O		P	O		P	O		P	O					
Utara	LT /LTOR	72	72,00	72,00	2	2,60	2,60	256	51,2	102,40	330	125,80	177,00	0,26		12	
	ST	151	150,50	150,50	3	3,90	3,90	630	126,0	252,00	784	280,40	406,40			16	
	RT	62	62,00	62,00	1	0,65	0,65	110	22,0	44,00	173	84,65	106,65		0,13	18	0,0350
	Total	285	284,50	284,50	6	7,15	7,15	996	199,2	398,40	1286	490,85	690,05			45	
Timur	LT /LTOR	261	261,00	261,00	11	13,65	13,65	1196	239,1	478,20	1467	513,75	752,85	0,43		15	
	ST	238	237,50	237,50	2	1,95	1,95	1467	293,3	586,60	1706	532,75	826,05			11	
	RT	44	43,50	43,50	1	0,65	0,65	175	35,0	70,00	219	79,15	114,15		0,06	15	0,0118
	Total	542	542,00	542,00	13	16,25	16,25	2837	567,4	1134,80	3392	1125,65	1693,05			40	
Selatan	LT /LTOR	39	39,00	39,00	0	0,00	0,00	118	23,6	47,20	157	62,60	86,20	0,07		9	
	ST	168	168,00	168,00	2	1,95	1,95	806	161,1	322,20	975	331,05	492,15			14	
	RT	252	251,50	251,50	9	11,70	11,70	921	184,2	368,40	1182	447,40	631,60		0,51	11	0,0143
	Total	459	458,50	458,50	11	13,65	13,65	1845	368,9	737,80	2314	841,05	1209,95			33	
Barat	LT /LTOR	45	44,50	44,50	0	0,00	0,00	46	9,1	18,20	90	53,60	62,70	0,07		4	
	ST	201	200,50	200,50	2	1,95	1,95	523	104,5	209,00	725	306,95	411,45			7	
	RT	125	124,50	124,50	2	2,60	2,60	316	63,2	126,40	443	190,30	253,50		0,35	5	0,0119
	Total	370	369,50	369,50	4	4,55	4,55	884	176,8	353,60	1257	550,85	727,65			15	

A. Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor

- Ekivalen Mobil Penumpang
 - LV : Terlindung (P) = 1.0, Terlawan (O) = 1.0
 - HV : Terlindung (P) = 1.3, Terlawan (O) = 1.3
 - MC : Terlindung (P) = 0.2, Terlawan (O) = 0.4
- Kendaraan Ringan (LV), Kendaraan Berat (HV), Sepeda Motor, (MC)
Jumlah kendaraan bermotor berdasarkan hasil observasi dan survey di lapangan
- Kendaraan Bermotor Total (Qw)
- Rasio Berbelok
 - PLT/LTOR
 - PRT

B. Kendaraan Tak Bermotor (UM)

- Arus (QUM)
Jumlah kendaraan bermotor berdasarkan hasil observasi dan survey di lapangan
- Rasio (QUM / QMV)

4.3 SIG III

Hasil dan pembahasan berikut berdasarkan Formulir SIG-3 memuat perhitungan rinci waktu antar hijau (untuk waktu pengosongan) dan waktu hilang.

Tabel IV-5 Formulir SIG 3 Perhitungan Waktu Hilang Total

LALU LINTAS BERANGKAT		LALU LINTAS DATANG					Waktu Merah Semua
Pendekat	Ve (m/det)	Va (m/det)	UTARA	SELATAN	TIMUR	BARAT	
			10	10	10	10	
UTARA	10	Jarak berangkat-datang (m)			(16,60+5)-11,60		
		Waktu berangkat-datang (det)			(1,66+0,5)-1,16		1,00
Pendekat	Ve (m/det)	Va (m/det)	UTARA	SELATAN	TIMUR	BARAT	
			10	10	10	10	
SELATAN	10	Jarak berangkat-datang (m)				(12,60+5)-11	
		Waktu berangkat-datang (det)				(1,26+0,5)-1,1	0,66
Pendekat	Ve (m/det)	Va (m/det)	UTARA	SELATAN	TIMUR	BARAT	
			10	10	10	10	
TIMUR	10	Jarak berangkat-datang (m)		(17+5)-11,6			
		Waktu berangkat-datang (det)		(1,7+0,5)-1,16			1,04
Pendekat	Ve (m/det)	Va (m/det)	UTARA	SELATAN	TIMUR	BARAT	
			10	10	10	10	
BARAT	10	Jarak berangkat-datang (m)	(16,6+5)-11,6				
		Waktu berangkat-datang (det)	(1,66+0,5)-1,16				1,00
Penentuan Waktu 4 Fase				Pendekat			
Waktu Merah Semua		Fase 1 →	Fase 2	Utara			1,00
		Fase 2 →	Fase 3	Timur			1,00
		Fase 3 →	Fase 4	Selatan			1,00
		Fase 4 →	Fase 1	Barat			1,00
Waktu Kuning Total		3 deV fase					12,00
Waktu Hilang Total		Merah Semua Total + Waktu kuning(det/siklus)					16,00
Penentuan Waktu 3 Fase, Skenario 1				Pendekat			
Waktu Merah Semua		Fase 1 →	Fase 2	Utara & Selatan			1,00
		Fase 2 →	Fase 3	Timur			1,00
		Fase 3 →	Fase 1	Barat			1,00
Waktu Kuning Total		3 det per fase					9,00
Waktu Hilang Total		Merah Semua Total + Waktu kuning(det/siklus)					12,00
Penentuan Waktu 3 Fase, Skenario 2				Pendekat			
Waktu Merah Semua		Fase 1 →	Fase 2	Utara			1,00
		Fase 2 →	Fase 3	Timur & Barat			1,00
		Fase 3 →	Fase 1	Selatan			1,00
Waktu Kuning Total		3 det per fase					9,00
Waktu Hilang Total		Merah Semua Total + Waktu kuning(det/siklus)					12,00

A. Lalu Lintas Berangkat

Kecepatan (VEV) = 10 m/dtk → MKJI 1997

B. Lalu Lintas Datang

1. Kecepatan (VAV)

VAV = 10 m/dtk → MKJI 1997

2. Jarak Berangkat-Datang

Jarak Berangkat-Datang = LEV + IEV – LAV

- U → (16,60+5,00)-11,60
- S → (12,60+5,00)-11,00
- T → (17,00+5,00)-11,60
- B → (16,60+5,00)-11,60

3. Waktu Berangkat Datang

Waktu Berangkat Datang = (LEV / VEV) + (IEV / VEV) – (LAV / VAV)

Kecepatan (VEV) = 10 m/dtk → MKJI 1997

Kecepatan (VAV) = 10 m/dtk → MKJI 1997

U → 1,4 + 0,5 – 1,1

B → 1,1 + 0,5 – 1,0

S → 1,3 + 0,5 – 1,1

T → 1,1 + 0,5 – 1,0

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

C. Waktu Merah Semua

Merah Semua = Waktu Berangkat Datang

= (LEV / VEV) + (IEV / VEV) – (LAV / VAV)

- U → (1,66+0,5)-1,16 = 1,00 dtk
- B → (1,26+0,5)-1,1 = 0,66 dtk
- S → (1,7+0,5)-1,16 = 1,04 dtk
- T → (1,66+0,5)-1,16 = 1,00 dtk

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

D. Penentu Waktu

1. Waktu Merah Semua

- Skema 3 Fase Skenario 1

U = (1,00 detik) & S = (1,04 detik) = 1 detik

T = (1,00 detik) = 1 detik

B = (0,66 detik) = 1 detik

- Skema 3 Fase Skenario 2

U = (1,00 detik) = 1 detik

T = (1,00 detik) & B = (0,66 detik) = 1 detik

S = (1,04 detik) = 1 detik

- Skema 4 Fase

U = (1,00 detik) = 1 detik

T = (0,66 detik) = 1 detik

S = (1,04 detik) = 1 detik

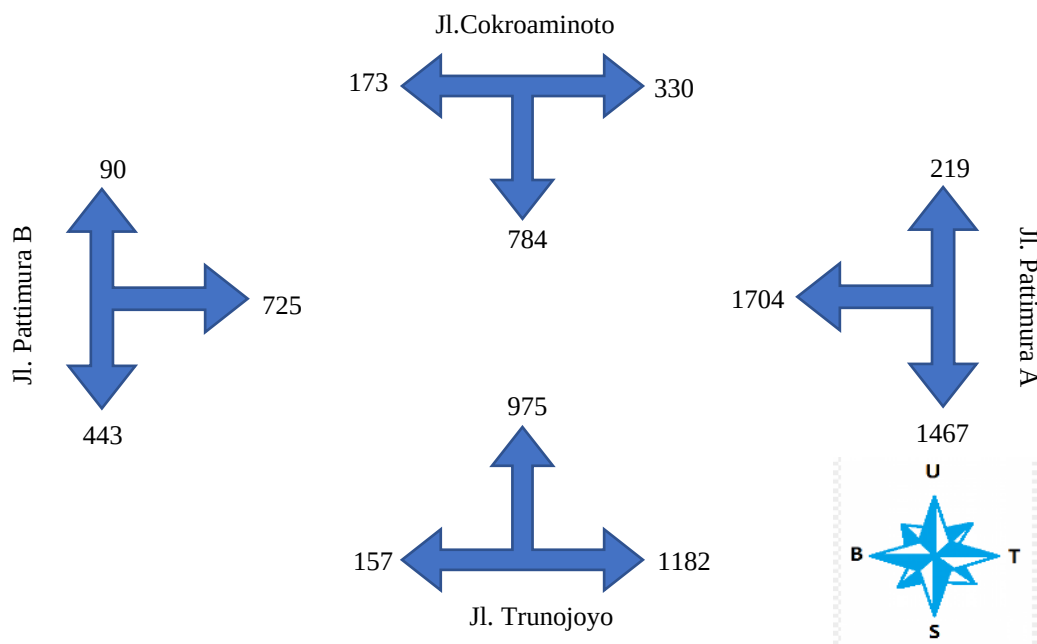
B = (1,00 detik) = 1 detik

2. Waktu Kuning Total
 - Skema 3 Fase Skenario 1 & 2 : 3 Fase x 3 detik = 9 detik
 - Skema 4 Fase : 4 Fase x 3 detik = 12 detik
3. Waktu Kuning = 3 dtk/Fase → MKJI 1997
4. Waktu Hilang Total (LTI) (Waktu merah semua + Waktu Kuning Total)
 - Skema 3 Fase Skenario 1 & 2 : 9 detik + 3 detik = 12 detik
 - Skema 4 Fase : 12 detik + 4 detik = 16 detik

4.4 SIG IV

Hasil dan pembahasan berikut berdasarkan Formulir SIG-4 memuat penentuan waktu sinyal dan kapasitas jalan.

A. Distribusi Arus Lalu Lintas



Gambar IV.3 Distribusi Aru Lalu Lintas

B. Fase Sempang

Tabel IV-6 Pergerakan Arus Skema 3 Fase Skenario 1

Fase	Utara	Timur	Selatan	Barat
Fase 1	ST, RT, LT (Hijau)	ST, RT (Merah)	ST, RT, LT (Hijau)	ST, RT (Merah)
Fase 2	ST, RT (Merah)	ST, RT, LT (Hijau)	ST, RT (Merah)	ST, RT (Merah)
Fase 3	ST, RT (Merah)	ST, RT (Merah)	ST, RT (Merah)	ST, RT, LT (Hijau)

Selengkapnya Terdapat pada Lampiran Formulir SIG 4

C. Hijau Dalam Fase

- Fase 1 : Utara & Selatan
- Fase 2 : Timur
- Fase 3 : Barat

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

D. Tipe Pendekat

- Fase 1 : Utara & Selatan (Terlawan)
- Fase 2 : Timur (Terlindung)
- Fase 3 : Barat (Terlindung)

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

E. Rasio Kendaraan Berbelok

Idem Formulir SIG 2

F. Arus RT

Skema 3 Fase Skenario 1

- Utara = 107 Smp/Jam
- Timur = 79 Smp/Jam
- Selatan = 632 Smp/Jam
- Barat = 190 Smp/Jam

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

G. Lebar Efektif (We)

$$\begin{aligned} We_{\min}(U) &= W_{\text{Masuk}} \\ &= WA - W_{\text{LTOR}} \\ &= 12 \text{ m} - 2 \text{ m} = 10 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{Keluar}}(U) &= \frac{1}{2} WA \\ &= \frac{1}{2} * 12 \text{ m} = 6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} We_{\min}(1 - PRT)(U) &= 10 \text{ m} (1 - 0,13) \\ &= 8,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Jika } W_{\text{Keluar}} < We_{\min}(1 - PRT) : We = W_{\text{Keluar}}$$

$$\text{Jika } W_{\text{Keluar}} > We_{\min}(1 - PRT) : We = We_{\min}$$

$$\text{Maka } We(U) = W_{\text{Keluar}}(U) = 6 \text{ m}$$

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

H. Arus Jenuh Dasar (S)

$$S(U) = S_o \times FCS \times FSF \times FG \times FP \times FRT \times FLT$$

$$S_o = S_{\text{prov}} - ((Q_{\text{rto}} - 250) \times 8)$$

Skema 3 Fase Skenario 1

- Utara = 2547,2 Smp/Jam

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

1. Ukuran Kota (Fcs)

Tabel IV-7 Faktor penyesuaian ukuran kota

Ukuran Kota	Nilai Penyesuaian
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 1,3	1,00
>1,3	1,03

Sumber : (MKJI, 1997)

2. Faktor Hambatan Samping (Fsf)

FSF (U) = 0,93 → Hambatan Samping = Tinggi, Tipe Pendekat = Terlindung,
Rasio UM = 0,0350, Tipe Lingkungan = Komersial

3. Faktor Kelandaian (Fg)

FG (U) = 0,992 → G = 0,81%

4. Faktor Parkir (Fp)

Rumus:

$$F_p = \frac{\left(\frac{L_p}{3} \cdot (W_A - 2)\right) \left(\frac{\left(\frac{L_p}{3} - G\right)}{W_A}\right)}{G} \rightarrow G = 26 \text{ detik}$$

$$= 0,65$$

Grafik :

FP (U) = 0,65 → Lp = 5,0 meter

5. Faktor Belok Kanan (Frt)

FRT untuk Skema 3 Fase, Skenario 1:

FRT (U) = 1,0 (Karena Pendekat tipe Terlawan)

6. Faktor Belok Kiri (Flt)

FRT untuk Skema 3 Fase, Skenario 1:

FLT (U) = 1,0 (Karena Pendekat tipe Terlawan)

I. Arus Lalu Lintas (Q)

Skema 3 Fase Skenario 1

- Utara = 513 Smp/Jam

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

J. Rasio Arus (FR)

FR=Q/S

Skema 3 Fase Skenario 1

- Utara = 0,36

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

K. Rasio Fase (PR)

$$PR = FR / \sum FR$$

Skema 3 Fase Skenario 1

- Utara = 0,439

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

L. Waktu Hijau (g)

$$g = (Cua - LTI) \times PR$$

Skema 3 Fase Skenario 1

- Utara = 50 detik

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

M. Kapasitas (C)

$$C = S \times (g/c)$$

Skema 3 Fase Skenario 1

- Utara = 578,6 Smp/Jam

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

N. Derajat Kejenuhan (DS)

$$DS = Q/C$$

Skema 3 Fase Skenario 1

- Utara = 0,89

Selengkapnya terdapat pada lampiran Formulir SIG 4

O. Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (Cua)

Skema 3 Fase Skenario 1

$$\begin{aligned} Cua &= (1,5 * LTI + 5) / (1 - IFR) \\ &= (1,5 * 12 + 5) / (1 - 0,76) = 124 \text{ dtk} \end{aligned}$$

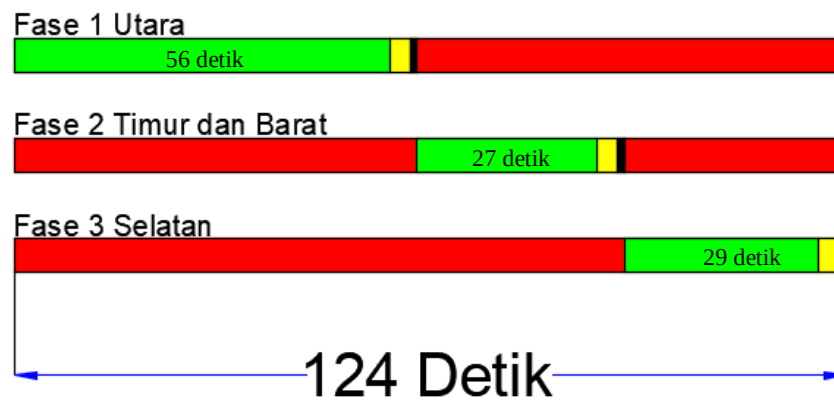
P. Waktu Siklus Sesudah Penyesuaian (c)

Skema 3 Fase Skenario 1

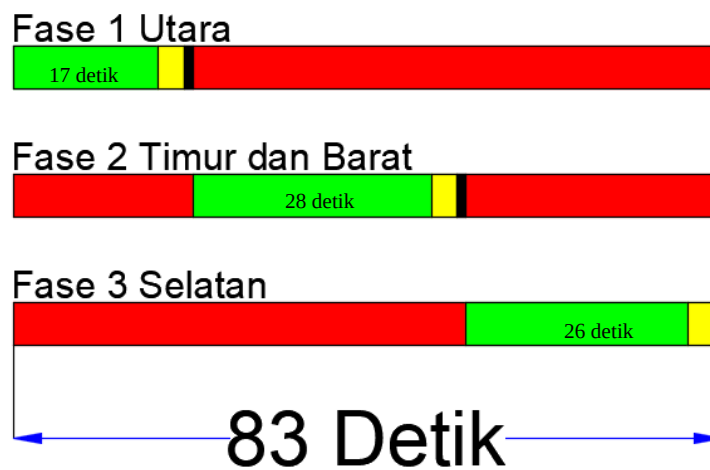
$$\sum g = 56 + 27 + 29 = 112 \text{ dtk}$$

$$\begin{aligned} c &= \sum g + LTI \\ &= 112 + 12 = 124 \text{ dtk} \end{aligned}$$

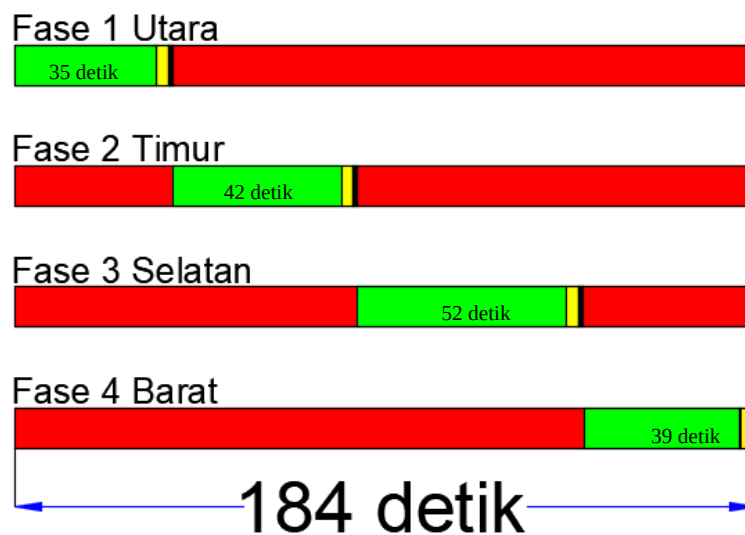
4.5 Diagram Siklus Waktu



Gambar IV.4 Waktu Siklus Skema 3 Fase Skenario 1



Gambar IV.5 Waktu Siklus Skema 3 Fase Skenario 2



Gambar IV.6 Waktu Siklus Skema 4 Fase

Tabel IV-8 Formulir SIG 4 Skema 3 Fase Skenario 1

SIMPANG BERSINYAL									Tanggal :		21 Oktober 2024						Ditangani Oleh :		Prayendra J.N.							
Formulir SIG-IV									Kota :		Malang						Perihal :		Perencanaan APILL							
PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS									Simpang :		Klojen						Periode :		Pagi							
Distribusi Arus Lalu Lintas (Smp/Jam)									Fase 1				Fase 2				Fase 3				Fase 4					
Gambar IV-3 Distribusi Arus Lalu Lintas																										
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 Arus	Rasio Fase	Waktu Hijau	Kapasitas	Derajat Kejenuhan				
						Arus Diri	Arus Lawan		Nilai Dasar	Faktor Penyesuaian						Nilai Disesuaikan										
										Semua Tipe Pendekat				Hanya Tipe P												
			P rlt	P lt	P rt	Q rt	Q rto	We	Smp/Jam Hijau	Ukuran Kota	Hambatan Sampling	Kelandaian	Parkir	Belok Kiri	Belok Kanan	Smp/Jam Hijau	Smp /Jam						Q/S	PR=FR crit	S x g/c	Derajat Kejenuhan
U	1	O		0,26	0,13	107	632	6,00	2547	0,94	0,93	0,992	0,65	1,00	1,00	1435,50	513	0,36	0,439	50	579	0,89				
T	2	P		0,43	0,06	79		5,00	3000	0,94	0,94	0,997	1,00	1,11	0,99	2909,33	612	0,21	0,258	29	680	0,90				
S	1	O		0,07	0,51	632	107	6,00	3124	0,94	0,94	1,000	1,00	1,00	1,00	2759,92	1124	0,41	0,500	56	1246	0,90				
B	3	P		0,07	0,35	190		5,00	3000	0,94	0,94	0,993	1,00	1,02	0,94	2529,86	497	0,20	0,241	27	551	0,90				
Waktu Hilang Total LTI (detik)			12	Waktu Siklus Pra penyesuaian				C ua	124	detik							IFR = $\sum Frcrit$		0,81		112	Rata2 DS =		0,90		
Waktu Siklus Disesuaikan				C	124	detik																				

Tabel IV-9 Formulir SIG 4 Skema 3 Fase Skenario 2

SIMPANG BERSINYAL										Tanggal :		21 Oktober 2024				Ditangani Oleh :		Prayendra J.N.									
Formulir SIG-IV										Kota :		Malang				Perihal :		Perencanaan APILL									
PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS										Simpang :		Klojen				Periode :		Pagi									
Distribusi Arus Lalu Lintas (Smp/Jam)						Fase 1				Fase 2				Fase 3				Fase 4									
Gambar IV-3 Distribusi Arus Lalu Lintas																											
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 Arus	Rasio Fase	Waktu Hijau	Kapasitas	Derajat Kejenuhan					
						Arus Diri	Arus Lawan		Nilai Dasar	Faktor Penyesuaian						Nilai Disesuaikan											
										Semua Tipe Pendekat				Hanya Tipe P													
			P rlt	P lt	P rt	Q rt	Q rto		We	Smp/Jam Hijau	Ukuran Kota	Hambatan Sampling	Kelandaian	Parkir	Belok Kiri	Belok Kanan	Smp/Jam Hijau						Smp /Jam	Q/S	PR=FR crit	S x g/c	Derajat Kejenuhan
			U	1	P	0,26	0,13		85		6,00	3600	0,94	0,93	0,992	0,65	1,07						0,98	2117,73	365	0,17	0,240
T	2	P	0,43	0,06	114	254	5,00	3000	0,94	0,94	0,997	1,00	1,11	0,99	2909,33	826	0,28	0,395	28	981,5	0,84						
S	3	P	0,07	0,51	447		6,00	3600	0,94	0,94	1,000	1,00	1,02	0,92	2972,58	778	0,26	0,365	26	931,2	0,84						
B	2	P	0,07	0,35	254	114	5,00	3000	0,94	0,94	0,993	1,00	1,02	0,94	2529,86	411	0,16	0,226	16	487,7	0,84						
Waktu Hilang Total LTI (detik)			12		Waktu Siklus Pra penyesuaian		C ua	82	detik							IFR =ΣFrcrit		0,72		71	Rata2 DS =	0,84					
					Waktu Siklus Disesuaikan		C	83	detik																		

Tabel IV-10 Formulir SIG 4 Skema 4 Fase

SIMPANG BERSINYAL									Tanggal :				21 Oktober 2024				Ditangani Oleh :				Prayendra J.N.						
Formulir SIG-IV									Kota :				Malang				Perihal :				Perencanaan APILL						
PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS									Simpang :				Klojen				Periode :				Pagi						
Distribusi Arus Lalu Lintas (Smp/Jam)									Fase 1				Fase 2				Fase 3				Fase 4						
Gambar IV-3 Distribusi Arus Lalu Lintas																											
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 Arus	Rasio Fase	Waktu Hijau	Kapasitas	Derajat Kejenuhan					
						Arus Diri	Arus Lawan		Nilai Dasar	Faktor Penyesuaian						Nilai Disesuaikan											
										Semua Tipe Pendekat				Hanya Tipe P													
			P rlt	P llt	P rrt	Q rt	Q rto	We	So	Fcs	Fsf	Fg	Fp	Flt	Frt	S	Q						Q/S	IFR	g	C	Q/C
			U	1	P	0,26	0,13	85		6,00	3600	0,94	0,93	0,992	0,65	1,07	0,98						2117,73	365	0,17	0,205	35
T	2	P	0,43	0,06	79		5,00	3000	0,94	0,94	0,997	1,00	1,11	0,99	2909,33	612	0,21	0,250	42	664,1	0,92						
S	3	P	0,07	0,51	447		6,00	3600	0,94	0,94	1,000	1,00	1,02	0,92	2972,58	778	0,26	0,311	52	840,1	0,93						
B	4	P	0,07	0,35	190		5,00	3000	0,94	0,94	0,993	1,00	1,02	0,94	2529,86	497	0,20	0,234	39	536,2	0,93						
Waktu Hilang Total LTI (detik)			16			Waktu Siklus Pra penyesuaian			C ua	183	detik						IFR = $\sum Frcrit$	0,84		168	Rata2 DS =	0,92					
						Waktu Siklus Disesuaikan			C	184	detik																

Tabel IV-11 Formulir U-SIG II

SIMPANG TAK BERSINYAL FORMULIR USIG-II • ANALISA							Tanggal	21 Oktober 2024		Ditangani Oleh	UKWK	
							Kota	Malang		Ukuran Kota	0,8	
							Jalan Utama	Jl Trunojoyo - Jl. Cokroaminoto		Hambatan Samping	Sedang s/d Tinggi	
							Jalan Minor	Jl Pattimura		Lingkungan	Komersial	
							Perihal	Kejenuhan Eksisting		Periode	Pagi 06.30 - 08.30	
1. Lebar Pendekat dan Tipe Simpang												
Jumlah Lengan Simpang	Lebar Pendekat						Lebar Pendekat Rata-rata	Jumlah Lajur		Tipe Simpang		
	Jalan Utama			Jalan Minor				Jalan Utama	Jalan Minor			
	W Utara	W Selatan	W Rerata	W Timur	W Barat	W Rerata						
4	12	12	12	10	10	10	11	4	2	424		
2. Kapasitas Persimpangan												
Kapasitas Dasar	Faktor Penyesuaian Kapasitas (F)							Kapasitas Persimpangan Eksisting				
	Lebar Pendekat	Median Jalan Utama	Ukuran Kota	Hambatan Samping	Belok Kiri	Belok Kanan	Rasio Minor	Kapasitas				
	Smp/Jam	Fw	Fm	Fcs	Frsu	Flt	Frt	Fmi		Smp/Jam		
3400	1,42	1,00	0,94	0,94	1,24	1,00	0,85	4511,95				
3. Perilaku Arus Lalu Lintas												
Arus Lalu Lintas	Derajat Kejenuhan		Peluang Tundaan Lalu Lintas									
			Persimpangan	Jalan Utama	Jalan Minor	Geometrik Simpang	Simpang	Antrian	Peluang			
Smp/Jam	DS		DT i	D ma	D mi	D	D g	D	QP			
4977	1,10											

V. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perencanaan yang merujuk pada rumusan masalah, yaitu:

1. Derajat Kejenuhan (DS) eksisting = 1,1 (Tingkat Pelayanan = F) dengan aplikasi APILL maka didapatkan:
 - a. DS Skema 3 Fase, Skenario 1 = 0,90 (Tingkat Pelayanan = E)
 - b. DS Skema 3 Fase, Skenario 2 = 0,84 (Tingkat Pelayanan = D)
 - c. DS Skema 4 Fase = 0,92 (Tingkat Pelayanan = E)Nilai DS tersebut menunjukkan aplikasi APILL mampu mengurai kondisi jenuh arus lalu lintas pada persimpangan sehingga memberikan penurunan terhadap nilai DS dan peningkatan pada tingkat pelayanan eksisting. Hal ini menjadi indikator kelayakan aplikasi APILL di persimpangan Klojen. Nilai DS yang terendah didapatkan dari Skema 3 Fase, Skenario 2, maka skema tersebut merupakan skema pengaturan APILL yang terbaik.
2. Perencanaan simpang bersinyal pada 3 dan 4 Fase didapatkan:
 - a. Skema 3 Fase, Skenario 1 memperoleh waktu siklus = 124 detik dengan durasi hijau pada fase ke 1 = 56 detik, fase ke 2 = 27 detik, fase ke 3 = 29 detik
 - b. Skema 3 Fase, Skenario 2 memperoleh waktu siklus = 80 detik dengan durasi hijau pada fase ke 1 = 19 detik, fase ke 2 = 20 detik, fase ke 3 = 29 detik
 - c. Skema 4 Fase memperoleh waktu siklus = 183 detik dengan durasi hijau pada fase ke 1 = 34 detik, fase ke 2 = 42 detik, fase ke 3 = 52 detik, fase ke 4 = 39 detik

5.2 Saran

Berdasarkan pengamatan di lapangan dan hasil analisis adapun saran yang dapat diterapkan 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. Untuk pendekat utara perlu dikondisikan untuk lahan parkir, dikarenakan adanya tempat parkir yang berada di samping kiri dan kanan ruas jalan menimbulkan hambatan samping menjadi tinggi, serta mempengaruhi kondisi arus lalu lintas

VI. Daftar Referensi

- BPS Kota Malang. (2023). Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan dan Jenis Kelamin di Kota Malang. *BPS*.
- Goggle. (2024). *Goggle Maps*.
- MKJI. (1997). *H I G H WAY CAPACI T Y M A N U A L P R O J E C T (H C M) F I N A L R E P O R T : I N D O N E S I A N H I G H W A Y C A P A C I T Y M A N U A L A N D S O F T W A R E (K A J I) P T . B I N A K A R Y A P E R S E R O*.
- Sai.M, & Mul. (2024). *Observasi dan Wawancara mengenai Simpang Klojen, Malang, Jawa Timur*.