

Kinerja Simpang Pada Saat Arus Mudik Dengan Metode *Area Traffic Control System* (ATCS) Berbasis *Programmable Logic Control* (PLC) Pada Simpang Argopuro – Kabupaten Jember

Budi Untoro (1510622011)

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Jember

ABSTRAK

Programmable Logic Controller (PLC) adalah komputer elektronik yang mudah digunakan (user friendly) yang memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dan tingkat kesulitan yang beraneka ragam. Definisi *Programmable Logic Controller* menurut Capiel (1982) adalah sistem elektronik yang beroperasi secara *digital* dan di disain untuk pemakaian di lingkungan industri, sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O *digital* maupun *analog*. Prinsip kerja sebuah PLC adalah menerima sinyal masukan proses yang dikendalikan lalu melakukan serangkaian instruksi logika terhadap sinyal masukan tersebut sesuai dengan program yang tersimpan dalam memori lalu menghasilkan sinyal keluaran untuk mengendalikan aktuator atau peralatan lainnya. Dalam penulisan tugas akhir ini, PLC digunakan sebagai *controller* pada Traffic Light dengan metode Area Traffic Control System (ATCS). Pengaturan dan pengendalian lalu lintas yang tidak dapat mengikuti perkembangan situasi yang ada, akan mengakibatkan berbagai dampak terhadap perilaku pengguna jalan, kapasitas jalan, kemacetan dan tingkat kecelakaan. Dengan menggunakan sistem ATCS (*Area Traffic Control System*) yang mengendalikan dan mengatur lalu lintas khususnya di persimpangan yang diatur oleh Traffic Light, dinilai efektif dalam mengantisipasi antrian panjang, pengendalian dan pengaturan lalu lintas dan meminimalkan tingkat kecelakaan. Fungsi utama ATCS adalah dapat menyesuaikan dengan perubahan fluktuasi peningkatan atau penurunan kapasitas lalu lintas yang terjadi setiap saat. Penentuan waktu hijau dalam siklus waktu Traffic Light, yang diperoleh dari hasil survey harian di persimpangan. Data dari hasil survey akan diterapkan pada program ATCS yang akan membaca berdasarkan setiap jam dan hari. Pada penelitian yang dilakukan oleh Penulis pada persimpangan Argopuro Kabupaten Jember yang dilaksanakan pada saat berlangsungnya arus mudik, didapatkan nilai 0.90 yang berarti kapasitas persimpangan Argopuro masih mampu menampung

volume kendaraan pada saat arus mudik. Dari hasil penelitian menunjukkan jam sibuk persimpangan terjadi pada jam 06.45 - 07.45 ditandai dengan derajat kejenuhan (DS) pada pendekat Argopuro = 0,97 yang menandakan kapasitas dalam ambang batas dapat melayani arus lalu lintas dengan optimal. Nilai tundaan untuk pendekat rata rata 157,41 det/smp, sehingga didapat tingkat pelayanan kelas E (LOS E). Dengan melakukan perubahan waktu siklus $c = 113$ det, terjadi peningkatan kinerja persimpangan dilihat dari rata-rata nilai DS persimpangan = 0,88.

Kata Kunci : *ATCS, Traffic light, PLC.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

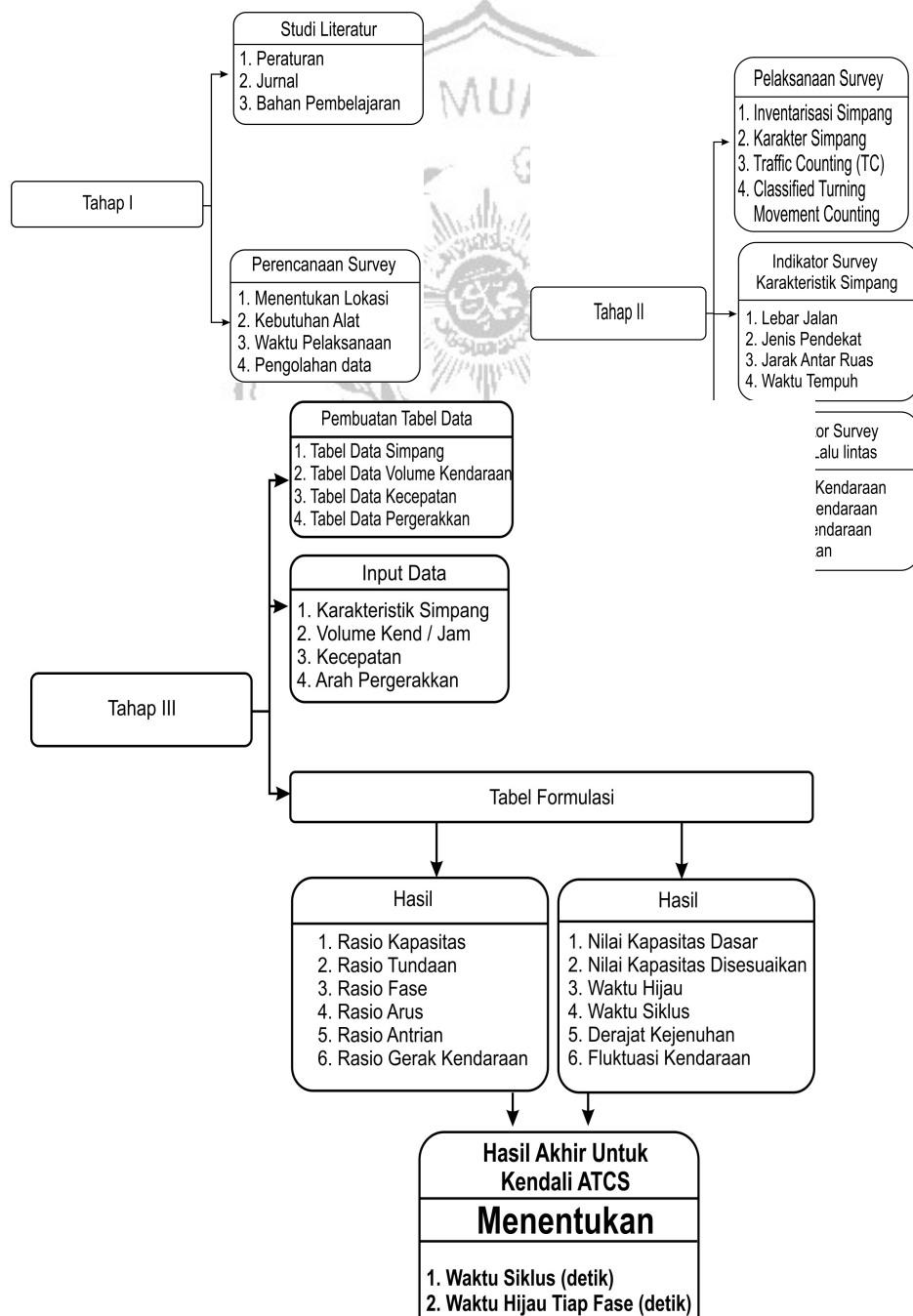
Kinerja sistem jaringan jalan tidak saja dipengaruhi oleh kinerja ruas jalannya, tetapi juga oleh kinerja setiap persimpangannya. Meskipun kinerja ruas jalan dari suatu sistem jaringan jalan sudah baik, namun jika kinerja persimpangannya sangat rendah maka kinerja seluruh sistem jaringan jalan tersebut akan menjadi rendah pula (Tamin, 2000 ; Buku Perencanaan dan Permodelan Transportasi). Kinerja ruas jalan dan persimpangan jalan dipengaruhi oleh besarnya arus lalu lintas. Selain itu, kinerja ruas jalan dipengaruhi oleh lebar jalan, pembagian arah, hambatan samping dan ukuran kota. Sedangkan kinerja persimpangan jalan dipengaruhi oleh adanya pergerakan konflik antar kendaraan atau kendaraan dan orang, nilai arus jenuh, waktu hijau efektif dan waktu siklus.

Penghitungan harus diulang dari awal apabila nilai Derajat Kejenuhan (DS) tidak memenuhi syarat $DS = 0,75$ (MKJI, 1997). Dengan demikian untuk memperoleh hasil perhitungan simpang bersinyal yang memenuhi syarat nilai DS minimum sekaligus batasan kondisi geometrik jalan dan alokasi waktu hijau untuk masing-masing lengan pendekat, perlu dilakukan perhitungan secara berulang, sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama.

Penghitungan kapasitas jalan di simpang Argopuro dilakukan pada saat mengalami kondisi terpadat yaitu pada saat kegiatan tahunan arus mudik dan balik hari raya idul fitri, dalam kurun waktu H-7 hingga H+7 kondisi arus lalu lintas akan meningkat dari hari biasa, oleh karena itu untuk kelancaran dan keselamatan berlalu lintas pada saat musim mudik dan balik hari raya Idul Fitri dapat diberlakukan manajemen rekayasa lalu lintas yang cenderung mengalami kepadatan pada kawasan tertentu, salah satunya adalah upaya menyesuaikan waktu siklus simpang bersinyal dengan metode *Area Traffic Control System* (ATCS).

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Penelitian



Gambar Diagram Alir Tahapan Penelitian

Metodologi yang digunakan sebagai pengolah data mengacu pada ketentuan MKJI 1997. Ada beberapa tabel isian yang mempunyai fungsi dan hasil yang berbeda. Tabel-tabel tersebut akan saling berkaitan sehingga apabila ada data yang belum terisikan maka tidak akan didapatkan hasil pada tahapan berikutnya.

Tahapan penelitian diawali dengan Studi Literatur, survey lokasi, input data, simulasi pada peralatan dan evaluasi. Untuk mempermudah pengolahan dan penghitungan data dapat menggunakan tabel dalam aplikasi microsoft excel.

Pada tahap survey dilokasi, akan dilakukan pencatatan yang meliputi :

1. Arah pergerakan kendaraan.
Survey pergerakan kendaraan atau yang disebut *Classified Turning Movement Counting* (CTMC) adalah pengamatan tentang jumlah pergerakan kendaraan terklasifikasi. Hal ini akan dapat menentukan rekayasa lalu lintas dalam memaksimalkan kinerja simpang. Sebagai contoh keputusan untuk diberlakukannya belok kiri jalan terus atau dapat berbalik arah. Hal ini akan banyak berpengaruh pada kepadatan antrian pada persimpangan bersinyal. Sehingga waktu siklus Traffic Light akan lebih pendek.
2. Jenis kendaraan.
Pengamatan jenis kendaraan yang melewati suatu persimpangan yang semula dihitung dengan satuan unit, akan di data dan dikonversikan menjadi Satua Mobil Penumpang (SMP) dengan membuat sistem perkalian hasil dari satuan unit dikalikan dengan Ekvivalen Mobil Penumpang (EMP).
3. Jumlah kendaraan.
Pengamatan ini adalah sebagai dasar penghitungan dalam memperoleh hasil kemampuan rasio kapasitas persimpangan terhadap indeks tingkat pelayanan persimpangan.
4. Waktu Survey.
Waktu atau jam survey berfungsi untuk mengetahui fluktuasi kendaraan pada jam sibuk pagi, siang dan malam. Pada umumnya hasil penghitungan ini digambarkan dalam bentuk grafik. Dari grafik tersebut akan didapatkan

[illegible]

Tabel Contoh Cara Pengisian Data Perolehan Survey Lokasi

[illegible]

Tabel Tabel EMP

No	JENIS KENDARAAN	EMP UNTUK TIPE PENDEKAT	
		TERLINDUNG	TERLAWAN
1	KENDARAAN RINGAN (LV)	1,0	1,0
2	KENDARAAN BERAT (HV)	1,3	1,3
3	SEPEDA MOTOR (MC)	0,2	0,4

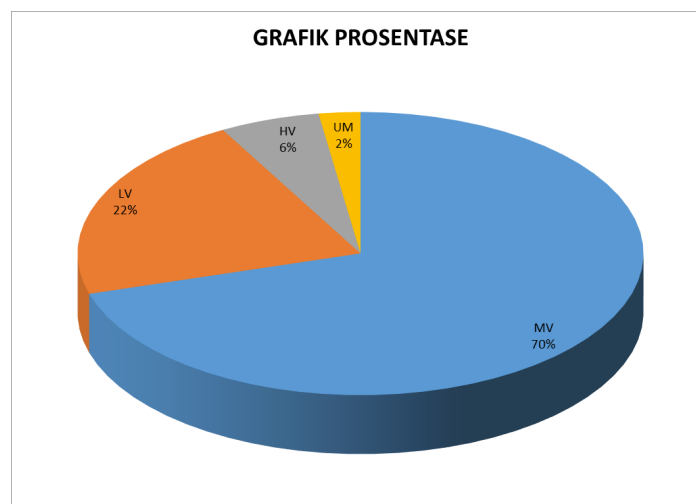
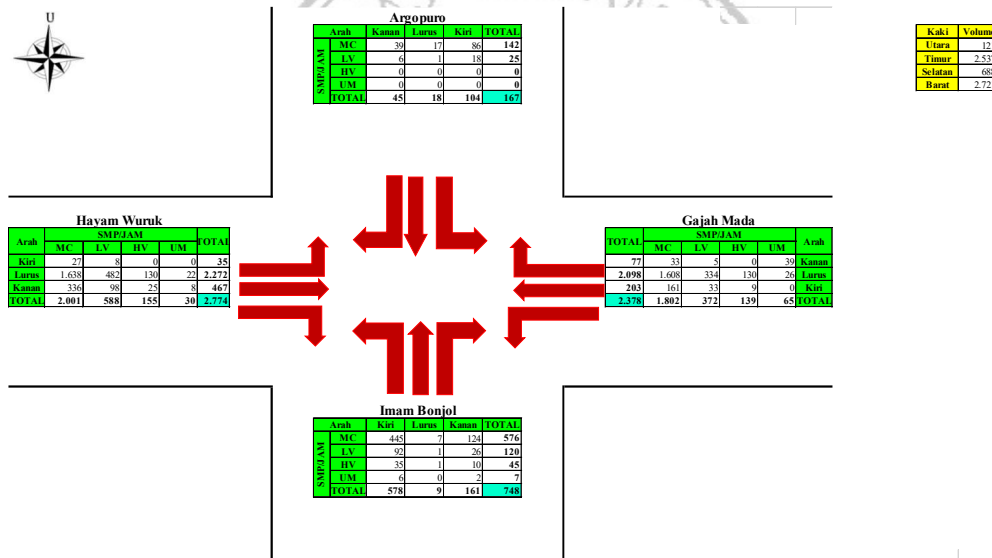
Sumber MKJI 1997

Tabel Contoh Hasil Perkalian Antara Tabel 3.2 dengan 3.3

DATA VOLUME KENDARAAN (SMP) JALAN HAYAM WURUK												
JAM	ARAH	Sepeda Motor	Light Vehicle (LV)				Heavy Vehicle (HV)					Tidak Bermotor
			Mobil Pribadi	MPU	PickUp	Bus Kecil	Bus Sedang	Bus Besar	Truk Sedang	Truk Besar	Truk gandengan/ tempelan	
00 s/d 15	↑	0,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	0,20
	↘	0,80	2,00	2,00	2,00	2,00	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	0,40
	↗	1,20	3,00	3,00	3,00	3,00	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	0,60
15 s/d 30	↑	1,60	4,00	4,00	4,00	4,00	5,20	5,20	5,20	5,20	5,20	0,80
	↘	2,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	1,00
	↗	2,40	6,00	6,00	6,00	6,00	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	1,20
30 s/d 45	↑	2,80	7,00	7,00	7,00	7,00	9,10	9,10	9,10	9,10	9,10	1,40
	↘	3,20	8,00	8,00	8,00	8,00	10,40	10,40	10,40	10,40	10,40	1,60
	↗	3,60	9,00	9,00	9,00	9,00	11,70	11,70	11,70	11,70	11,70	1,80
45 s/d 60	↑	4,00	10,00	10,00	10,00	10,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	2,00
	↘	4,40	11,00	11,00	11,00	11,00	14,30	14,30	14,30	14,30	14,30	2,20
	↗	4,80	12,00	12,00	12,00	12,00	15,60	15,60	15,60	15,60	15,60	2,40
00 s/d 15	↑	5,20	13,00	13,00	13,00	13,00	16,90	16,90	16,90	16,90	16,90	2,60
	↘	5,60	14,00	14,00	14,00	14,00	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20	2,80
	↗	6,00	15,00	15,00	15,00	15,00	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	3,00
15 s/d 30	↑	6,40	16,00	16,00	16,00	16,00	20,80	20,80	20,80	20,80	20,80	3,20
	↘	6,80	17,00	17,00	17,00	17,00	22,10	22,10	22,10	22,10	22,10	3,40
	↗	7,20	18,00	18,00	18,00	18,00	23,40	23,40	23,40	23,40	23,40	3,60
30 s/d 45	↑	7,60	19,00	19,00	19,00	19,00	24,70	24,70	24,70	24,70	24,70	3,80
	↘	8,00	20,00	20,00	20,00	20,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	4,00
	↗	8,40	21,00	21,00	21,00	21,00	27,30	27,30	27,30	27,30	27,30	4,20
45 s/d 60	↑	8,80	22,00	22,00	22,00	22,00	28,60	28,60	28,60	28,60	28,60	4,40
	↘	9,20	23,00	23,00	23,00	23,00	29,90	29,90	29,90	29,90	29,90	4,60
	↗	9,60	24,00	24,00	24,00	24,00	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20	4,80

.Setelah data perolehan hasil survey pada tiap kaki simpang yang dihitung setiap 15 menit selama 1 jam, maka selanjutnya dibuatkan tabel rekapitulasi yang berisikan hasil survey yang telah dikelompokkan pada tiap jam. Tabel rekapitulasi ini berfungsi sebagai parameter dalam menentukan fluktuasi kendaraan dengan *volume* puncak pada kurun waktu satu hari.

Untuk lebih mudah mengetahui hasil penghitungan tiap jam, dapat dibuatkan diagram yang bisa menghitung secara langsung dengan cara meng*copy* *pastekan* data pada tiap jam dan tiap kaki simpang. Diagram ini akan menghitung *volume* kendaraan antara arus masuk dan arus keluar dalam satu kaki simpang. Pada gambar 3.3 kolom berwarna hijau mengartikan jumlah arus keluar dan yang berwarna kuning adalah jumlah total arus masuk yang berasal dari ketiga kaki simpang yang lain pada setiap kaki simpang. Kemampuan program excel dalam olah data penghitungan menggunakan rumus rumus tertentu, akan mendapatkan data penghitungan yang berakurasi tinggi. Selain itu kelebihan program excel dapat dibuat dalam bentuk *chart* atau grafik. Contoh grafik dalam penghitungan ini dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Grafik Penghitungan Prosentase Kendaraan

Dari grafik diatas sudah dapat diketahui prosentase secara keseluruhan dari masing-masing jenis kendaraan yang melintas di persimpangan Argopuro pada jam tertentu sesuai data survey yang telah dimasukkan kedalam tabel penghitungan.

Untuk proses pengolahan dan penghitungan data berikutnya menggunakan tabel yang ada di dalam MKJI. Terdapat 5 macam bentuk tabel dimana setiap tabel memiliki fungsi dan formulasi yang berbeda, namun semuanya saling berhubungan untuk memperoleh nilai tertentu. Untuk mempermudah tahapan pengisian maka tabel tersebut diberi nama sesuai dengan urutan agar hasilnya dapat diketahui secara berurutan. Berikut ini merupakan model dari tabel yang akan digunakan dalam penghitungan dari hasil survey.

Dalam tahapan ini akan didapatkan data untuk perekayasa lalu lintas. Sebagai contoh lebar jalan akan dapat menentukan nilai rasio kapasitas persimpangan. Data-data tersebut akan diinput pada tabel SIG I, Contoh tabel untuk data karakteristik simpang dapat di lihat pada tabel SIG I dibawah ini :

Tabel Contoh Tabel Pengisian SIG I

Formulir SIG-I										
SIMPANGBERSINYAL Formulir SIG-I GEOMETRI PENGATURAN LALU LINTAS LINGKUNGAN				Tanggal : _____ Kota : _____ Simpang : _____ Ukuran Kota : _____ Perini : _____ Periode : _____						
FASESINYAL YANG ADA										
								Waktu Siklus (detik) C: _____ Waktu Hijang Total $LTI = \sum I_i$		
Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	0						
Merah	Merah	Merah	Merah	0						
Kuning	Kuning	Kuning	Kuning	0						
Diagram fase : U/S B T										
KONDISI LAPANGAN										
Kode Pendek at	Tipe Lintang jalan	Hambatan Samping	Median (m)	Kelandaian (+/- 0%)	Belok Kiri Langsung	Jarak ke Kendaraan Parkir (m)	Lebar Pendek at (m)			
							Pendek at Wa	W masuk	W luar	W keluar
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U										
S										
T										
B										

Penjelasan Tabel SIG I

Tabel ini berisikan tentang lokasi survey, jumlah fase, waktu hijau, kuning dan merah pada saat survey simpang, kolom dibawah fase sinyal yang ada diisi dengan arah pergerakan kendaraan dari masing-masing ruas, pada kolom 1 merupakan isian untuk masing-masing arah datangnya arus lalu lintas, kolom 2 isian untuk tipe lingkungan, kolom 3 untuk isian jenis hambatan yang ada disekitar persimpangan, kolom 4 untuk isian bila terdapat median jalan pada masing-masing ruas jalan, kolom 5 kelandaian ruas jalan, kolom 6 untuk isian bila diberlakukan belok kiri langsung pada saat sinyal merah / Left Turn On Red (LTOR), kolom 7 untuk isian jarak parkir antar kendaraan dalam satuan meter. Kolom 8 untuk isian lebar pendekat (Wa), kolom 9 untuk isian lebar masuk, kolom 10 untuk lebar jalur LTOR, kolom 11 adalah lebar keluar. Untuk lebih jelasnya pola pengisian pada tabel SIG I dapat dilihat pada lembar lampiran halaman L-.....

Tabel Formulir SIG II

Tabel SIG II berfungsi sebagai rekapitulasi dari hasil formulir survey simpang yang sudah di jumlahkan sebelumnya, terdiri dari jumlah, jenis dan arah gerak kendaraan dalam satuan unit. Formulasi dalam tabel ini adalah jumlah kendaraan (unit) dalam 1 jam dikalikan dengan ekivalen mobil penumpang (EMP). Hasil akhir pada formulir ini akan menghasilkan konversi dari jenis masing-masing kendaraan dalam satuan mobil penumpang (SMP) dan rasio berbelok atau rasio arah kendaraan sesuai dengan persamaan 4.1. bentuk lengkap tabel SIG II disajikan dalam Tabel 4.5 berikut ini

Tabel Contoh Tabel Formulir SIG II

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal :		0													
Formulir SIG-II		Kota :															
ARUS LALU LINTAS		Simpang :															
Kode Pendekat	Arah	ARUS KENDARAAN BERMOTOR (MV)												KEND. TAK BERMOTOR			
		Kendaraan Ringan (LV)			Kendaraan Berat (HV)			Sepeda Motor (MC)			Kendaraan Bermotor Total MV			Rasio Berbelok		Anus UM (Kend/jam)	Rasio UM/MV
		emp terlindung = 1 emp terlawan = 1			emp terlindung = 1,3 emp terlawan = 1,3			emp terlindung = 0,2 emp terlawan = 0,4									
		kend/ jam	smp/jam terlindung	terlawan	kend/ jam	smp/jam terlindung	terlawan	kend/ jam	smp/jam terlindung	terlawan	kend/ jam	smp/jam terlindung	terlawan	p LT	p RT		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
Utara	LT/LTOR																
	ST																
	RT																
	Total																
Selatan	LT/LTOR																
	ST																
	RT																
	Total																
Timur	LT/LTOR																
	ST																
	RT																
	Total																
Barat	LT/LTOR																
	ST																
	RT																
	Total																

Adapun penjelasan mengenai fungsi dari masing-masing kolom pada tabel SIG II yaitu :

Kolom	Parameter	Keterangan
1		Nama atau arah ruas jalan
2		Arah gerak kendaraan
3	Kendaraan Ringan (LV)	Angka hasil survey sesuai dengan arah kendaraan
4		Hasil dari perkalian jenis kendaraan dikalikan EMP dalam kondisi terlindung. $SMP = \sum LV \times EMP$
5		Hasil dari perkalian jenis kendaraan dikalikan EMP dalam kondisi terlawan dan terkonversi menjadi satuan mobil penumpang (SMP). $SMP = \sum LV \times EMP$
6	Kendaraan Berat (HV).	Angka hasil survey sesuai dengan arah kendaraan
7		Hasil dari perkalian jenis kendaraan dikalikan EMP dalam kondisi terlindung dan terkonversi menjadi satuan mobil penumpang (SMP). $SMP = \sum HV \times EMP$
8		Hasil dari perkalian jenis kendaraan dikalikan EMP dalam kondisi terlawan dan terkonversi menjadi satuan mobil penumpang (SMP). $SMP = \sum HV \times EMP$
9	Sepeda Motor (MC).	angka hasil survey sesuai dengan arah kendaraan
10		hasil dari perkalian jenis kendaraan dikalikan EMP dalam kondisi terlindung dan terkonversi menjadi satuan mobil penumpang (SMP). $SMP = \sum MC \times EMP$
11		hasil dari perkalian jenis kendaraan dikalikan EMP dalam kondisi terlawan dan terkonversi menjadi satuan mobil penumpang (SMP). $SMP = \sum MC \times EMP$.
12	Total jumlah Kendaraan bermotor (UM).	hasil total keseluruhan jenis kendaraan bermotor dalam waktu 1 jam dengan satuan unit.
13		hasil total keseluruhan jenis kendaraan bermotor dalam waktu 1 jam dengan satuan mobil penumpang (SMP) dalam kondisi terlindung.
14		hasil total keseluruhan jenis kendaraan bermotor dalam waktu 1 jam dengan satuan mobil penumpang (SMP) dalam kondisi terlawan.

15	Rasio Berbelok ke kiri dan ke kanan dari keseluruhan kendaraan.	hasil jumlah dari baris LTOR pada kolom 4 + 7 + 10 dalam satuan mobil penumpang (SMP).
16		hasil jumlah dari baris RT pada kolom 5 + 8 + 11 dalam satuan mobil penumpang (SMP).
17	Kendaraan Tak Bermotor.	hasil “Arus Kendaraan tak bermotor” per jam yang diperoleh dari jumlah total arus kendaraan tak bermotor dari hasil survey.
18		hasil “Rasio kendaraan bermotor (MV) terhadap kendaraan tak bermotor (UM)” (Rasio MV/UM) yang diperoleh dari hasil kolom 12 dibagi hasil kolom 17.

Tabel SIG III

Tabel SIG III digunakan untuk mengetahui hasil survey kecepatan atau waktu tempuh suatu kendaraan yang berangkat dari persimpangan I dan berakhir pada persimpangan II dalam satuan detik. Survey ini lebih dikenal dengan sebutan *spot speed*. Hasil survey ini umumnya digunakan sebagai dasar penentuan waktu hijau pada simpang terkoordinasi. Tujuan dari simpang koordinasi adalah apabila suatu kendaraan melewati persimpangan I pada saat waktu hijau, maka pada saat kendaraan tersebut sampai di persimpangan II tetap dalam kondisi sinyal hijau. Dengan syarat jarak antar persimpangan tidak terlalu jauh. Dikarenakan lokasi simpang Argopuro jauh dari persimpangan yang lain, maka tugas akhir ini tidak membahas tentang simpang koordinasi. Oleh karena itu formulir SIG III tidak berpengaruh dalam hasil akhir penghitungan kinerja simpang Argopuro. Bentuk lengkap dari tabel SIG III disajikan pada Tabel 4.6 berikut ini

Tabel Formulir SIG III

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal :					
Formulir SIG - III :		Ditangani oleh :					
-WAKTU ANTAR HIJAU		Kota :					
-WAKTU HILANG		Simpang :					
		Perihal :					
LALULINTAS BERANGKAT		LALU LINTAS DATANG					Waktu merah semua (dtk)
Pendekat	Kecepatan V_{EV} (m/dtk)	Pendekat	U	S	T	B	
		Kecepatan V_{AV} (m/dtk)					
U	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
S		Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
T		Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
B		Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
Penentuan waktu all red didasarkan pada aturan fase		Penentuan waktu merah semua : (data ini dapat dirubah sendiri sesuai fase)					
		Fase 1 --> Fase 2					
		Fase 2 --> Fase 3					
		Fase 3 --> Fase 4					
		Fase 4 --> Fase 1					
		Jumlah fase					
		kuning/fase					
		Waktu hilang total (LTI)= Merah semua total+waktu kuning (dtk / siklus)					

Tabel SIG IV

Tabel Formulir SIG IV

Formulir SIG-IV

SIMPANG BERSINYAL										Tanggal : _____												
Formulir SIG-IV : PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS										Kota : _____		0										
Simpang : _____																						
Distribusi arus lalu lintas (smp/jam)				Fase 1				Fase 2				Fase 3				Fase 4						
Kode Pendekat	Hijau dalam Fase No.	Tipe Pendekat (P/O)	Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT (smp/jam)		Lebar Eklit (m)	Nilai Kapasitas Dasar (smp/jam) So	Arus Jenis (smp/jam) Hijau						Arus Lalu Lintas (smp/jam) Q	Rasio Arus (FR) Q/S	Rasio Fase PR = Frent	Waktu Hijau (detik) g	Kapasitas (smp/jam) (Sg/c) C	Derajat Kemiringan Q/C	
						Anh Dri	Anh Lawan			Faktor-faktor koreksi			Nilai Kapasitas disesuaikan (smp/jam) S									
			p LTOR	p LT	p RT	QRT	QRTD	We		Semua Tipe pendekat		Hanya tipe P										
			Ukuran Kota Fcs	Hambatan Samping Isf	Kelambatan Fg	Parkir Fp	Belok Kanan FRT	Belok Kiri FLT														
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
U																						
S																						
T																						
B																						
Waktu Hilang Total LT LTT (det)						Waktu siklus pra-penyusunan Co (det)						Waktu siklus disesuaikan (c) (det)						IFR =				
																		E.FR _{total}				

Adapun penjelasan mengenai fungsi dari masing-masing kolom pada tabel SIG IV yaitu :

Kolom	Parameter	Keterangan
1		kode pendekat diisi dengan nama ruas jalan atau arah ruas jalan
2		urutan fase yang digunakan existing

3		Tipe Pendekat O = Opposed (apabila pada saat arus berangkat dari pendekat, terjadi konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan). Tipe P = Protected (apabila arus berangkat dari pendekat, tidak terjadi konflik lalu lintas dari arah yang berlawanan).
4	Rasio Kendaraan Berbelok.	pLTOR (Left Turn On Red) adalah Rasio kendaraan berbelok kiri langsung pada saat sinyal merah. Nilainya sama dengan yang ada di Tabel SIG II kolom 15
5		pLT (Left Turn) adalah Rasio kendaraan yang berbelok kiri dalam satuan mobil penumpang (SMP). Nilainya sama dengan yang ada di Tabel SIG II kolom 15
6		pRT (Right Turn) adalah rasio kendaraan berbelok kanan dalam satuan mobil penumpang (SMP). Nilainya sama dengan yang ada di Tabel SIG II kolom 16
7	Arus Belok Kanan dalam Kondisi terlindung dan terlawan.	Arus Belok Kanan dalam arah diri
8		Arus Belok Kanan dalam arah lawan.
9		lebar efektif (W_e) ruas jalan yang digunakan untuk lalu lintas
10		nilai kapasitas dasar (S_o) yang diperoleh dari rumus untuk pendekat tipe O adalah $600 \times W_e$ (Lebar efektif) . Untuk pendekat tipe P adalah $775 \times W_e$ (Lebar efektif)
11		ukuran kota (F_{cs}) dengan parameter luasan suatu kota dan pertumbuhan penduduk yang telah ditetapkan di MK II
12		faktor hambatan (F_{sf}) sampang yang telah ditentukan
13		kelandaian (F_g) ruas jalan
14		adanya lahan parkir (F_p) disekitar simpang dengan nilai yang sdh ditentukan dalam MKJI
15		Faktor belok kanan pada pendekat tipe P
16		Faktor belok kiri pada pendekat tipe P
17		Nilai Kapasitas disesuaikan (S) adalah hasil perkalian dari Nilai Kapasitas dasar x ukuran kota x hambatan sampang x kelandaian x Parkir

18		arus lalu lintas (Q) smp/jam sama dengan jumlah total keseluruhan pada formulir SIG IV di kolom 14 per ruas jalan.
19		Rasio arus (FR) diperoleh dari Q/S (hasil kolom 18 dibagi hasil kolom 17)
20		Rasio Fase (PR) diperoleh dari FR/IFR (Rasio Arus (FR) pada kolom 19 dibagi Jumlah Total FR)
21		Waktu Hijau existing diperoleh isian pada formulir SIG I.
22		Kapasitas (C) smp/jam diperoleh dari Kapasitas disesuaikan (S) x Waktu Hijau (g) dibagi waktu siklus disesuaikan (c)
23		Derajat Kejenuhan (DS) diperoleh dari Q/C (kolom 18 dibagi Kolom 22)

Tabel SIG V

Formulir SIG V berfungsi untuk mendapatkan data panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan. Bentuk lengkap dari tabel SIG V disajikan pada Tabel 4.8 berikut ini :

Tabel Formulir SIG V

Formulir SIG-V

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : _____		0											
Formulir SIG-V		Kota : _____													
PANJANG ANTRIAN		Simpang : _____													
JUMLAH KENDARAAN TERHENTI		Waktu Siklus : 0													
TUNDAAN															
Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam Q	Kapasitas smp/jam C	Derajat Kejenuhan DS = Q/C	Rasio hijau GR = g/c	Jumlah kendaraan antri (smp)				Panjang Antrian QL (m)	Rasio Kendaraan NS stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti N SV smp/jam	Tundaan			
	(2)	(3)	(4)	(5)	NQ1 (6)	NQ2 (7)	Total NQ1+NQ2= NQ (8)	NQ max (9)	(10)	(11)	(12)	Tundaan lalu lintas rata-rata DT det/smp (13)	Tundaan geometrik rata-rata DG det/smp (14)	Tundaan rata-rata D = DT + DG det/smp (15)	Tundaan Total D x Q smp.det (16)
U															
S															
T															
B															
LTOR (semua)	-											0,0	6,0	6,0	-
Arus kor. Qkor	-								Total	-				Total	-
Arus total Qtot	-								Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp			Tundaan simpang rata-rata (det/smp)			

Arus kor = arus yang dikoreksi

Utara
Selatan
Timur
Barat

Adapun penjelasan mengenai fungsi dari masing-masing kolom pada tabel SIG V yaitu :

Kolom	Parameter	Keterangan
1		nama ruas jalan atau arah ruas jalan
2		Volume Arus lalu lintas (Q) smp/jam. Nilainya sama dengan yang ada pada formulir SIG IV kolom 18.
3		Kapasitas (C) smp/jam. Nilainya sama dengan yang ada pada formulir SIG IV kolom 22
4		Derajat Kejenuhan (DS). Nilainya sama dengan yang ada pada formulir SIG IV kolom 23
5		Rasio Hijau (GR) diperoleh dengan rumus $GR = g/c$ atau Waktu hijau fase dibagi waktu yang sudah disesuaikan. Nilainya terdapat di formulir SIG IV kolom 21
6	Jumlah Kendaraan Antri (SMP).	untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya Untuk $DS > 0,5$: $NQ_1 = 0,25xCx \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8x(DS - 0,5)}{C}} \right]$
7		jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2) $NQ_2 = cx \frac{1 - GR}{1 - GRxDS} \times \frac{Q}{3600}$
8		Jumlah Total kendaraan antri $NQ = NQ_1 + NQ_2$
9		Jumlah kendaraan antri maksimal (NQ_{MAX})
10		Panjang antrian (QL) meter $QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}}$
11		(NS) adalah fungsi dari NQ (Kolom 8) dibagi dengan waktu siklus (dari Formulir SIG IV) $NS = 0,9x \frac{NQ}{Qxc} \times 3600$
12		Jumlah Kendaraan terhenti (Nsv) masing-masing pendekat $N_{sv} = O \times NS (smp / jam)$

13	<p>Tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT)</p> $DT = cxA + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$ <p>Dimana :</p> <p>DT = Tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)</p> <p>C= Waktu siklus yang disesuaikan (det) dari Formulir SIG IV</p> $A = \frac{0,5x(1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$ <p>GR = Rasio Hijau (g/c)</p> <p>DS = Derajat Kejenuhan</p> <p>NO₁ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau</p>
14	<p>Tundaan geometri rata-rata (DG) masing-masing pendekat.</p> $DG = (1 - P_v) \times P_v \times 6 + (P_v \times A)$
15	<p>Tundaan rata-rata (D). D = DT + DG</p>
16	<p>Tundaan Total D_{tot} = D x Q</p> <p>Tundaan Rata-rata seluruh simpang (D₁) dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan dari masing-masing pendekat, demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan</p> $D_1 = \frac{\sum (Q \times D)}{Q_{tot}}$

Dengan terselesaikan analisa dan pengolahan data, maka hasil akhir dari seluruh formulasi akan didapatkan dalam bentuk angka. Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan tentang Kinerja Simpang dengan menyesuaikan perolehan nilai hasil akhir terhadap Indeks Tingkat Pelayanan pada jalan sesuai dengan Permenhub dengan Nomor KM 14 tahun 2006.

Tabel Indeks Tingkat Pelayanan (ITP)

ITP	Karakteristik Operasi Terkait		
	Arteri Primer	Kolektor Primer	Arteri / Kolektor Sekunder
A	<ul style="list-style-type: none"> o Arus bebas o Kecepatan lalu lintas > 100 km/jam o V/C ratio ≤ 0,2 	<ul style="list-style-type: none"> o Kecepatan lalu lintas > 100 km/jam o V/C ratio ≤ 0,3 	<ul style="list-style-type: none"> o Arus bebas o Kecepatan perjalanan rata-rata ≥ 80 km/jam o V/C ratio ≤ 0,6

B	<ul style="list-style-type: none"> o Awal dari kondisi arus stabil o Kecepatan lalu lintas > 80 km/jam o V/C ratio $\leq 0,45$ 	<ul style="list-style-type: none"> o Awal dari kondisi arus stabil o Kecepatan lalu lintas sekitar 90 km/jam o V/C ratio $\leq 0,5$ 	<ul style="list-style-type: none"> o Arus stabil o Kecepatan perjalanan rata-rata ≥ 40 km/jam o V/C ratio $\leq 0,7$
C	<ul style="list-style-type: none"> o Arus masih stabil o Kecepatan lalu lintas > 65 km/jam o V/C ratio $\leq 0,7$ 	<ul style="list-style-type: none"> o Arus stabil o Kecepatan lalu lintas > 75 km/jam o V/C ratio $\leq 0,75$ 	<ul style="list-style-type: none"> o Arus stabil o Kecepatan perjalanan rata-rata ≥ 30 km/jam o V/C ratio $\leq 0,8$
D	<ul style="list-style-type: none"> o Mendekati arus tidak stabil o Kecepatan lalu lintas turun sampai 60 km/jam o V/C ratio $\leq 0,85$ 	<ul style="list-style-type: none"> o Mendekati arus tidak stabil o Kecepatan lalu lintas sekitar 60 km/jam o V/C ratio $\leq 0,90$ 	<ul style="list-style-type: none"> o Mendekati arus tidak stabil o Kecepatan perjalanan rata-rata ≥ 25 km/jam o V/C ratio $\leq 0,9$
E	<ul style="list-style-type: none"> o kondisi mencapai kapasitas o kecepatan lalu lintas pada umumnya berkisar 50 km/jam 	<ul style="list-style-type: none"> o Arus pada tingkat kapasitas o Kecepatan lalu lintas sekitar 50 km/jam 	<ul style="list-style-type: none"> o Arus tidak stabil, Kecepatan perjalanan rata-rata sekitar 25 km/jam o Volume pada kapasitas

Hasil akhir yang diperoleh diantaranya didapatkan waktu siklus dan waktu hijau, hasil tersebut dapat disimulasikan dengan peralatan ATCS dilokasi persimpangan yang menjadi tinjauan.

Konversi Kendaraan Menjadi Satuan Mobil Penumpang.

Untuk memperoleh penyetaraan spesifikasi dan ukuran, maka data *volume* kendaran dikonversi menggunakan Tabel Ekivalen Mobil Penumpang (EMP) seperti ditampilkan pada berikut, sehingga akan diperoleh nilai konversi dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP).

Tabel Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	JENIS KENDARAAN	EMP UNTUK TIPE PENDEKAT	
		TERLINDUNG	TERLAWAN
1	KENDARAAN RINGAN (LV)	1,0	1,0
2	KENDARAAN BERAT (HV)	1,3	1,3
3	SEPEDA MOTOR (MC)	0,2	0,4

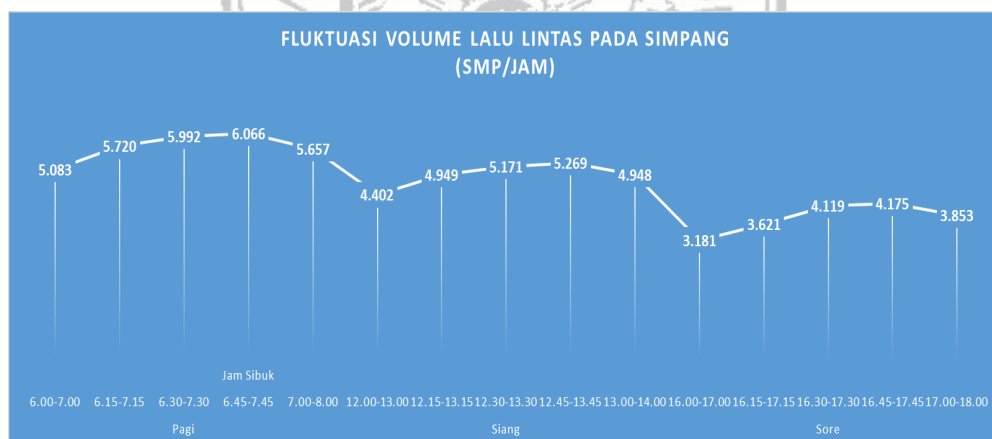
Dalam aplikasinya perolehan data sepeda motor sebanyak 100 unit melewati titik survey, 50 kendaraan bergerak lurus, 25 kendaraan berbelok kearah kanan dan 25 berbelok kiri. dengan menggunakan persamaan 4.1 berikut maka

$$\text{SMP} = \sum \text{Kendaraan} \times \text{EMP jenis Kendaraan.}$$

Rasio Kendaraan Berbelok			Arus RT (smp/jam)		Lebar Efektif (m)	Arus Jenuh (smp/jam) Hijau							
			Arah Diri	Arah Lawan		Nilai Kapasitas Dasar (smp/jam)	Faktor-faktor koreksi						Nilai Kapasitas disesuaikan (smp/jam)
							Semua Tipe pendekatan				Hanya tipe P		
							Ukuran Kota	Hambatan Samping	Kelan-daian	Parkir	Belok Kanan	Belok Kiri	
p LTOR	p LT	p RT	Q RT	Q RTO	We	So	Fcs	Fsf	Fg	Fp	FRT	FLT	S
(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
0.62	0.62	0.27	45	160	12.00	7.200	0.94	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	6.091
0.77	0.77	0.22	160	45	8.00	4.800	0.94	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	4.061
0.09	0.09	0.02	38	459	11.10	8.603	0.94	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	7.278
0.19	0.19	0.17	459	38	11.10	8.603	0.94	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	7.278
15	Waktu siklus pra penyesuaian Cua (det)						288						
	Waktu siklus disesuaikan (c) (det)						293						

Sumber : Dinas Perhubungan Kab. Jember

Tabel diatas.adalah perbandingan waktu siklus sebelum dan sesudah mengalami penyesuaian. Dari keseluruhan data yang dimasukkan dalam seluruh tabel, selanjutnya untuk memudahkan mengetahui fluktuasi arus lalu lintas tiap jam dapat dibuat grafik dari data tiap jam dalam sehari. Sehingga data waktu hijau PLC dapat menyesuaikan dengan fluktuasi kendaraan tersebut.



Gambar Grafik Fluktuasi Kendaraan

Grafik diatas sudah dapat mewakili pola pengaturan waktu siklus yang membedakan waktu sibuk dan waktu normal, namun untuk menentukan nilai waktu hijau tiap ruas jalan tetap mengacu pada hasil di formuli SIG IV.

Rasio Arus (FR) dengan rumus Q/S , Total Rasio Arus (IFR) jumlah total Rasio Arus dari seluruh ruas jalan. Hasil nilai IFR dapat dijabarkan dengan melihat tabel Indeks Tingkat Pelayanan. Hasil inilah yang menjadi tolak ukur kinerja suatu persimpangan. Tabel 4.7 adalah hasil dari keseluruhan penghitungan dari formulir

SIG I hingga SIG IV. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel hasil penghitungan pada lampiran tugas akhir ini. Pada tabel dibawah ini dapat dilihat hasil dari perolehan waktu hijau, kapasitas kendaraan dalam satuan mobil penumpang per jam, dan derajat kejenuhan. Rasio Arus Total (IFR) yang diperoleh adalah **0,90**. Dengan demikian simpang argopuro dapat di kategorikan masuk pada tingkat pelayanan E, dapat diartikan kondisi arus lalu lintas masih dalam posisi sesuai dengan ambang batas kapasitas kinerja simpang argopuro, pergerakan kendaraan tidak stabil dan kecepatan sangat rendah.

Tabel Perolehan Total Rasio Fase

Arus Lalu Lintas (smp/jam)	Rasio Arus (FR)	Rasio Fase PR = FR/Frcrit	Waktu Hijau (detik)	Kapasitas (smp/jam) (S.g /c)	Derajat Kejenuhan (DS) =
Q	Q/S	IFR	g	C	Q/C
(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
167	0,03	0,03	9	190	0,88
740	0,18	0,20	61	844	0,88
2.313	0,32	0,35	106	2.637	0,88
2.744	0,38	0,42	126	3.128	0,88
IFR = E.Frcrit		0,90			

Sumber : Dinas Perhubungan Kab. Jember

Hasil Waktu Hijau

Waktu Hijau (g_i) didapatkan dengan rumus

$$g_i = (c - LTI) \times (FR / IFR)$$

Dimana :

g_i = Waktu Hijau

c = Waktu Siklus disesuaikan

LTI = Waktu Hilang (waktu kuning + all red) x (Jumlah Simpang – 1).

FR = Rasio Arus per ruas jalan.

IFR = Jumlah total FR

Hasil yang diperoleh dengan penghitungan diatas adalah sebagai berikut :

Tabel Perolehan Waktu Hijau

Waktu Hijau	=	Waktu Merah	Pembagi	waktu hijau
$g_i = (c - LTI) \times FR_{crit} / L (FR_{crit})$				
Jl. Hayam Wuruk	126	182	3	42
Jl Gajah Mada	106	202	3	35
Jl. Imam Bonjol	61	247	3	20
Total Hijau	293	630		98
Waktu Siklus				113

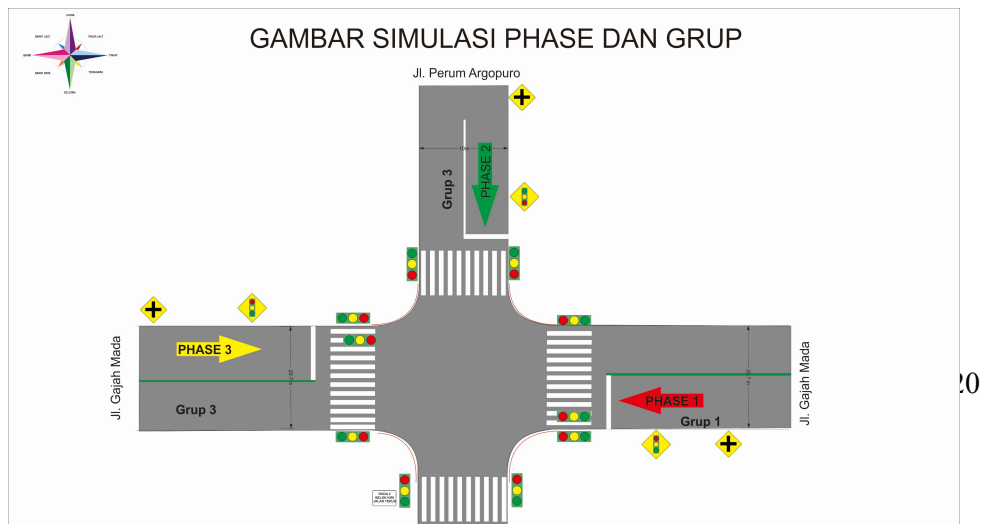
Sumber : Dinas Perhubungan Kab. Jember

Tabel diatas adalah perolehan waktu hijau untuk masing-masing ruas jalan, terlihat bahwa nilai waktu hijau total sebesar 293 detik. Bila melihat ketentuan yang ada di MKJI untuk batas waktu siklus idealnya 130 detik. Dengan demikian hasil sebesar 630 detik tidak mungkin dibuat sebagai data untuk program kendali *Traffic Light* dikarenakan akan terlalu lamanya waktu siklus yang berakibat pada antrian yang sangat panjang. Untuk menjadikan waktu hijau yang ideal dan sesuai dengan kondisi arus lalu lintas *real time*, diperlukan penyesuaian secara merata pada masing-masing ruas dengan cara pembagian yang berimbang.

Jl. Gajah Mada	$106 : 3 = 35$
Jl Imam Bonjol dan Perum Argopuro	$61 : 3 = 20$
Jl. Hayam Wuruk	$126 : 3 = 42$

Dengan hasil pembagian dari masing-masing ruas jalan didapatkan waktu hijau untuk ruas jalan Hayam wuruk sebesar 38 detik, ruas Jl Gajah Mada 32 detik dan ruas Jl Imam Bonjol dan Perum Argopuro sebesar 24 detik. Hasil tersebut disimulasikan pada program Traffic Light dengan hasil yang mendekati *real time*.

Pengertian *phase* adalah urutan penyalan lampu berdasarkan siklus yang diprogram melalui menu seting 1. Grup adalah pengaturan penyalan lampu dalam satu sumber daya atau lebih yang berfungsi untuk menyalakan secara bersamaan atau tunggal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar simulasi pada gambar dibawah ini.



Simulasi *Phase* dan Grup Simpang Argopuro

KESIMPULAN DAN SARAN

➤ Kesimpulan

PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis *mikroprosesor* yang memanfaatkan memori, yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi logika, pewaktu, pencacah dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin. Umumnya sebuah sistem PLC memiliki lima komponen dasar perangkat pemrograman, catu daya, prosesor, memori, dan *input-output*. *Traffic Light* menggunakan PLC sebagai kendalinya mempunyai beberapa kelebihan, selain tahan terhadap cuaca (suhu) dan guncangan, perawatan PLC lebih mudah bahkan sangat jarang terjadi kerusakan pada komponennya. PLC dapat dipadukan dengan aplikasi sebagai pengaturan pola penyalan lampu *Traffic Light*. Minimnya permasalahan sistem (*Error system*) membuat controller *Traffic Light* berbasis PLC lebih fleksibel dalam mengatur persimpangan yang dikendalikan oleh *Traffic Light*.

Dengan penghitungan menggunakan tabel keseluruhan didapatkan nilai Rasio Arus Total yang bisa menjadi indikator untuk menentukan Kinerja Simpang. sebesar **0,90**. Hasil tersebut berdasarkan Indeks Tingkat Pelayanan persimpangan Argopuro di kategorikan masuk pada tingkat pelayanan E, dapat diartikan kondisi arus lalu lintas masih dalam posisi sesuai dengan ambang batas kapasitas kinerja simpang argopuro, pergerakan kendaraan tidak stabil dan kecepatan sangat rendah. Waktu siklus yang diperoleh dari hasil penghitungan adalah sebesar 113 detik per siklus dengan pembagian waktu hijau dari jalan Hayam Wuruk 42 detik, dari jalan Gajah Mada 35 detik dan dari jalan Imam Bonjol 20 detik. Sementara waktu *All Red* (merah bersamaan) adalah 2 detik dan waktu transisi Kuning ke Merah sebesar 3 detik untuk masing masing ruas jalan sebagai data *input* PLC.

➤ **Saran**

a. **Infrastruktur**

Dengan melihat hasil Rasio Arus Total yang diperoleh sebesar 0,90, kinerja simpang 4 Argopuro masih dapat diartikan mampu menampung beban arus lalu lintas pada saat arus mudik, tentunya kinerja simpang akan lebih meningkat kapasitasnya terhadap hari biasa. Namun demikian apabila infrastruktur tidak mengalami penambahan kapasitas maka di tahun mendatang beban arus lalu lintas pada saat arus mudik akan mengalami peningkatan diatas hasil penelitian tugas akhir ini.

b. **Peralatan**

Untuk hasil maksimal pada saat arus mudik, seluruh persimpangan yang diatur oleh *Traffic Light* untuk dapat ditingkatkan dengan menggunakan ATCS dengan tujuan dapat terkoordinasi antar simpang.

c. **Operator ATCS**

Besarnya perolehan data Rasio Arus Total sebesar 0,90, dapat diakibatkan dari dampak pengaturan waktu siklus yang tidak sesuai pada persimpangan sebelum dan sesudahnya. Untuk itu agar percepatan penguraian kepadatan pada simpang, sebaiknya secara sistem selalu dievaluasi *volume* kendaraan dan masalah hambatan yang terjadi, sehingga siklus waktu akan sesuai dengan kondisi *real time*. Secara operasional ATCS, peran seorang operator menjadi sangat penting disaat fluktuasi *volume* kendaraan sudah mencapai titik puncaknya, operator ATCS dapat menggunakan tombol *Hold* atau *Skip* yang berguna sebagai “pencuri” waktu hijau pada lengan simpang yang mengalami hambatan atau terjadinya kekosongan arus sedangkan waktu hijau masih tersisa.

DAFTAR PUSTAKA

1. Berkat Bob Lintonget all. Pusat Pengembangan SDM Perhubungan Darat, 2018 “Teknik Pengumpulan Data Persimpangan (Intersection Data Collecting Techniques)” Bahan ajar Bimtek ATCS 2018 Undang undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas Angkutan Jalan.
2. Dirjen Bina Marga., 1997, “Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)”, Depertemen Pekerjaan Umum, Jakarta
3. Hesti Ifitachul Musyarofah et all. 2011 “Evaluasi Kinerja Detektor Adaptif pada Sistem ATCS (*Area Traffic Control Sytem*) (Studi Kasus : Simpang Gamping, Yogyakarta)”
4. Intan Simanjuntak et all. Pusat Pengembangan SDM Perhubungan Darat, 2018 “ATCS Simpang Koordinasi” Bahan ajar Bimtek ATCS 2018
5. Menteri Perhubungan 2014. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 49 Tahun 2014 “Tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu lintas”.
6. Nanda Ahda Imron, et al. Pusat Pengembangan SDM Perhubungan Darat, 2018 “Desain dan Rekayasa Persimpangan ” Bahan ajar Bimtek ATCS 2018
7. Pusat Pengembangan SDM Perhubungan Darat, 2018 “Teknik Analisis Waktu Siklus” Bahan ajar Bimtek ATCS 2018
8. Pusat Pengembangan SDM Perhubungan Darat, 2018 “Koordinasi dan Pemrograman” Bahan ajar Bimtek ATCS 2018
9. Samuel S. Mamentu et all. 2018 “Evaluasi Penerapan *Area Traffic Control System* (ATCS) Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Persimpangan

Teling)” *Jurnal Sipil Statik* Vol.7 No.2 Februari 2019 (209-218) ISSN:
2337-6732

