

PERENCANAAN TRAFFIC LIGHT PADA SIMPANG TIGA BRANGKAL KABUPATEN MOJOKERTO (STUDI KASUS : JALAN TOTOK KEROT – JL. BYPASS MOJOKERTO JOMBANG KEC. SOOKO KAB. MOJOKERTO)

Moh. Ja'far Arif Hidayatulloh¹⁾, Rudy Santosa²⁾, M. Lawdy Dhiyaa Vansya³⁾,
Safrin Zuraidah⁴⁾

¹⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo,
Surabaya, Indonesia

Email: arifsambiroto12@gmail.com

²⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo
Surabaya, Indonesia

Email: rudy.santosa@unitomo.ac.id

³⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo
Surabaya, Indonesia

Email: lawdy@unitomo.ac.id

⁴⁾Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo
Surabaya, Indonesia

Email: safrin.zuraidah@unitomo.ac.id

Abstract

Brangkal Three-Way Intersection in Mojokerto Regency is one of the intersections with high traffic density, especially during rush hour. The increase in vehicle volume due to population growth and increasing transportation activities causes congestion, vehicle delays, and higher potential for accidents. This study aims to analyze the existing performance of unsignalized intersections, identify factors causing congestion, and design a traffic light system as a solution to improve traffic flow. In addition, this study also predicts (forecasting) traffic conditions in the next five years to determine the effectiveness of the planning. The research methods used include traffic volume surveys, analysis of the degree of saturation (DS), vehicle delays, and queue lengths based on the Indonesian Road Capacity Manual (MKJI 1997). The data obtained are in the form of traffic flow data obtained from a 3-day survey, data on the number of residents and vehicles in Mojokerto Regency obtained from the BPS of Mojokerto Regency, the data obtained are processed using the MKJI 1997 regulations and adjusted to the data obtained. The results obtained from the intersection performance study have a degree of saturation of 0.86 and the highest delay of 38.9103. The Traffic Light plan design uses 3 phases, the first phase has a green time of 33 seconds, the second phase has a green time of 45 seconds and the third phase has a green time of 62 seconds, with a cycle time of 152 seconds. After the installation of the Traffic Light, a degree of saturation of 0.80 and a delay value of 110.55 were obtained. The results of this study are expected to be a recommendation for related parties in the planning and implementation of traffic control systems in Mojokerto Regency in order to improve transportation efficiency and road user safety.

Keywords: traffic light, degree of saturation, delay, traffic planning.

Abstrak

Simpang Tiga Brangkal di Kabupaten Mojokerto merupakan salah satu persimpangan dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi, terutama pada jam sibuk. Peningkatan volume kendaraan akibat pertumbuhan penduduk dan aktivitas transportasi yang terus meningkat menyebabkan kemacetan, tundaan kendaraan, serta potensi kecelakaan yang lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja eksisting simpang tak bersinyal, mengidentifikasi faktor penyebab kemacetan, serta merancang sistem traffic light sebagai solusi untuk meningkatkan kelancaran lalu lintas. Selain itu, penelitian ini juga melakukan prediksi (*forecasting*) kondisi lalu lintas dalam lima tahun ke depan guna menentukan efektivitas perencanaan. Metode penelitian yang digunakan meliputi survei volume lalu lintas, analisis derajat kejenuhan (DS), tundaan kendaraan, dan panjang antrian berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Data yang diperoleh berupa data arus lalu lintas yang didapat dari survei selama 3 hari, data jumlah penduduk dan juga kendaraan kabupaten Mojokerto yang didapat dari BPS kabupaten Mojokerto, data yang diperoleh diolah menggunakan peraturan MKJI 1997 dan disesuaikan dengan data yang diperoleh. Hasil yang diperoleh dari penelitian kinerja simpang memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,86 dan tundaan tertinggi sebesar 38,9103. Desain rencana *Traffic Light* menggunakan 3 fase, fase pertama memiliki waktu hijau sebesar 33 detik, fase kedua memiliki waktu hijau 45 detik dan fase ketiga memiliki waktu hijau sebesar 62 detik, dengan waktu siklus 152 detik. Setelah pemasangan *Traffic Light* diperoleh derajat kejenuhan sebesar 0,80 dan nilai tundaan sebesar 110,55. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi bagi pihak terkait dalam perencanaan dan *implementasi sistem* pengaturan lalu lintas di Kabupaten Mojokerto guna meningkatkan *efisiensi* transportasi serta keselamatan pengguna jalan.

Kata Kunci: *traffic light*, derajat kejenuhan, tundaan, perencanaan lalu lintas.

PENDAHULUAN

Tingginya aktivitas transportasi mengakibatkan terjadinya kenaikan volume kendaraan di beberapa daerah yang ada di Kabupaten Mojokerto khususnya di bagian selatan. Ditambah dengan bertambahnya jumlah penduduk dari tahun ke tahun dan bertambahnya jumlah kendaraan dari tahun ke tahun yang beroperasi untuk memenuhi kebutuhan manusia yang mengakibatkan peningkatan volume kendaraan di wilayah Kabupaten Mojokerto khususnya di bagian selatan. Pertumbuhan tersebut mengakibatkan kecepatan lalu lintas yang menimbulkan

ketidaknyamanan masyarakat dalam melakukan aktivitas transportasi serta berdampak negatif bagi masyarakat, baik terhadap pengemudi maupun dari segi ekonomi dan lingkungan, serta bertambahnya biaya operasional kendaraan.

Persimpangan ini merupakan salah satu jalur utama menuju pusat Kota Mojokerto bagi masyarakat Kabupaten Mojokerto bagian selatan, sekolah, stasiun, mall, alun – alun, dan lain – lain. Sehingga banyak masyarakat yang melewati persimpangan tersebut. Terbatasnya pembangunan sarana dan prasarana lalu

lintas dan belum optimalnya kinerja persimpangan juga turut andil dalam permasalahan lalu lintas yang ada, keadaan ini diperparah dengan kurangnya kedisiplinan dan kurangnya pemahaman tentang rambu – rambu lalu lintas oleh masyarakat dan pengguna jalan.

Pada kondisi di persimpangan terjadi intensitas kendaraan yang cukup tinggi di jam – jam sibuk, dan tidak adanya alat pengatur lalu lintas yang membuat kondisi lalu lintas terkadang tidak teratur dengan baik, keselamatan pengendara juga tidak aman. Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan kondisi yang ada dan rencana pengembangan di masa yang akan datang maka menjadi acuan bagi penulis untuk mengajukan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan *Traffic Light* Pada Simpang Tiga Brangkal Kabupaten Mojokerto”

TINJAUAN PUSTAKA

Tempat dimana dua atau lebih jalan raya yang berpersilangan, bergabung, bersilangan dan berpotongan, termasuk fasilitas jalan dan sisi jalan untuk pergerakan lalu lintas pada tempat itu. Fungsi operasional utama dari persimpangan adalah untuk menyediakan perpindahan atau perubahan arah perjalanan. Persimpangan merupakan bagian penting dari jalan raya karena sebagian besar dari efisien, keamanan, kecepatan, biaya operasional dan kapasitas lalu lintas tergantung pada perencanaan persimpangan.

Pengaturan Fase

Pemisahan berdasarkan waktu untuk menghindari/mengurangi adanya konflik baik primer maupun sekunder dikenal dengan istilah pengaturan fase. Pengaturan fase harus dilakukan analisis terhadap kelompok pergerakan kendaraan dari seluruh yang ada sehingga terwujud :

- 1) Pengurangan konflik baik primer maupun sekunder.
- 2) Urutan yang optimum dalam pergantian fase.
- 3) Mempertimbangkan waktu pengosongan (*clearance time*) pada daerah persimpangan

Arus jenuh

Arus jenuh (*s*) dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per jam tanpa lalu lintas yang membelok ke kanan dan tanpa kendaraan parkir, dihitung dengan rumus berikut:

$$S = 525 \times W \quad (1)$$

Arus normal

Arus normal (*q*) adalah jumlah kendaraan yang masuk pada suatu ruas persimpangan dalam satu satuan batas waktu yang sudah dikalikan dengan koefisien masing-masing sesuai dengan jenis kendaraan yang melewati ruas simpang tersebut. Koefisien tersebut bernama ekivalen kendaraan penumpang (*emp*).

Waktu hilang

Waktu hilang (*L*) adalah waktu-nyala lampu hijau dan kuning yang hilang pada saat periode percepatan dan periode perlambatan kendaraan. Pada saat periode waktu-nyala lampu hijau dimulai, kendaraan-kendaraan masih berhenti, dan pengemudi memerlukan waktu untuk mulai berjalan dan mempercepatnya sampai ke suatu kecepatan

yang normal. Pada akhir dari periode waktu-nyala lampu hijau terdapat periode waktu-nyala lampu kuning yang pada kesempatan tersebut beberapa kendaraan akan tetap melintasi persimpangan dan kendaraan-kendaraan lainnya akan memperlambat lajunya dan kemudian berhenti.

Waktu siklus

Waktu siklus adalah panjang waktu yang diperlukan dari rangkaian urutan fase sinyal lalu lintas siklus. Lama waktu siklus dari suatu sistem operasional sinyal lalu lintas dengan waktu tetap mempengaruhi tundaan rata-rata dari kendaraan yang melewati persimpangan.

Kapasitas

Kapasitas merupakan sebagai arus maksimum yang melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam dalam kondisi tertentu. Kapasitas ini dianalisa dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \quad (2)$$

Perilaku lalu lintas

- 1) Arus Lalu Lintas (*Q*)
Arus lalu lintas didapat dari jumlah total volume kendaraan pada jalan utama + jalan minor
($Q_{TOTAL} = \text{Arus total (smp/jam)}$). (3)
- 2) Derajat Kejenuhan (*DS*)
Derajat kejenuhan untuk seluruh simpang (*DS*), dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:
 $DS = Q_{TOTAL}/C$ (4)
- 3) Tundaan Lalu Lintas Simpang (*DT_i*)
Tundaan lalu lintas simpang merupakan tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang. *DT* ditentukan dari kurva empiris antara *DT* dan *DS*.
- 4) Tundaan Lalu Lintas Jl. Utama (*D_{MA}*)
Tundaan lalu lintas samping merupakan tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama. *D_{MA}* ditentukan dari kurva empiris antara *DT_{MA}* dan *DS*.
- 5) Tundaan Lalu Lintas Jl. Minor (*D_{MT}*)
Tundaan lalu lintas jalan minor rata-rata, ditentukan berdasarkan tundaan simpang rata-rata dan tundaan jalan utama rata-rata. Dapat menggunakan rumus dibawah ini:
 $DMI = (Q_{TOT} \times DT_i - Q_{MA} \times D_{MA})/Q_{MI}$ (5)
- 6) Tundaan Geometrik Simpang (*DG*)
Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang.
- 7) Tundaan Simpang
Tundaan simpang merupakan jumlah antara tundaan geometrik simpang (*DG*) dengan tundaan lalu lintas simpang (*DT_i*). Dan didapat rumus:
 $D = DG + DT_i$ (6)
- 8) Peluang Antrian
Rentang nilai peluang antrian ditentukan dari hubungan empiris antara peluang antrian dan derajat kejenuhan, menggunakan rumus dibawah ini dan lihat gambar dibawah ini:
 $QP\% = 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3$
 $QP\% = 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3$

Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas (*menurut UU no. 22/2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan : alat pemberi isyarat lalu lintas dan APILL*) adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki (*Zebra Cross*), dan tempat arus lalu lintas lainnya. Lampu ini yang menandakan kapan kendaraan harus berjalan dan berhenti secara bergantian dan berbagai arah.

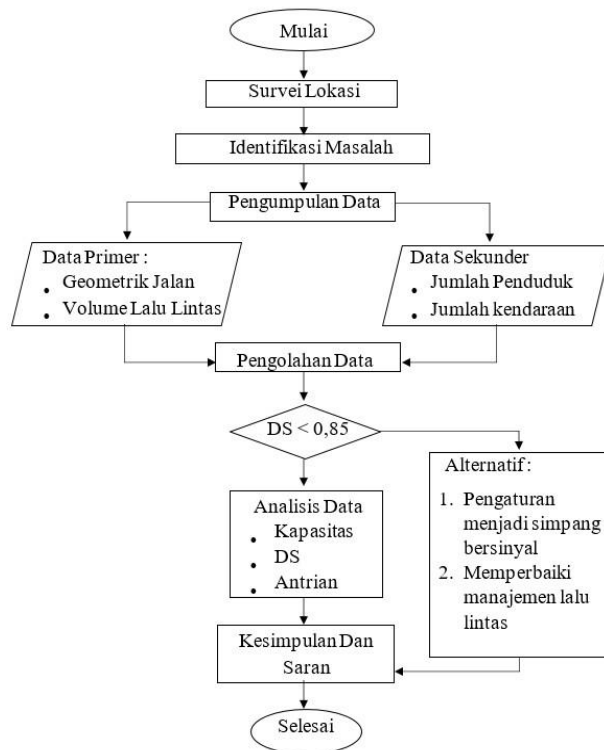
Arus Lalu Lintas

Menurut (MKJI 1997:2-10), Arus lalu lintas adalah perhitungan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang, dan sore hari. Arus lalu-lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok-kiri Q_{LT} , lurus Q_{ST} dan belok kanan Q_{RT}) dikonversi dari kendaraan per-jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per-jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing masing pendekatan terlindung dan terlawan.

METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian

Berikut merupakan bagan alir atau bisa disebut diagram alir dari penelitian ini :



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan ini merupakan suatu rangkaian kegiatan sebelum memulai mengumpulkan dan juga pengolahan data primer maupun sekunder. Dalam tahapan ini merupakan awal rencana dalam pengerjaan penelitian ini supaya mendapatkan suatu hasil yang efektif dan efisien. Pada tahapan ini juga akan dilakukan pengamatan pendahuluan agar mendapatkan gambaran umum dalam

mengidentifikasi masalahmaupun merumuskan masalah yang terjadi di lapangan.

Tahapan Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data ini merupakan tahapan awal setelah tahapan persiapan dalam penelitian ini. Adapaun data yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1) Data Primer

Data Primer ini merupakan data yang diperoleh dari hasil dari kegiatan survey langsung di lapangan, adapun data yang diperlukan sebagai bahan penelitian perencanaan lampu lalu lintas atau *traffic light* ini meliputi :

- Data Geometrik Jalan
- Volume Kendaraan

2) Data Sekunder

Data Sekunder ini merupakan data yang diperoleh dari Instansi –Instansi mauun Website Pemerintahan yang terkait.

- Data sekunder ini meliputi data jumlah penduduk di wilayah tempat penelitian dan juga jumlah kendaraan penduduk

Analisis Data

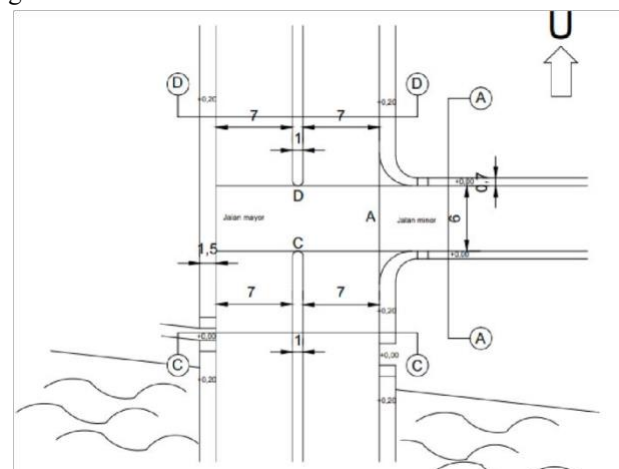
Pada tahapan ini merupakan tahapan untuk proses pengolahan data yang diperoleh saat melakukan survey dilapangan, baik data primer maupun data sekunder. Data yang diperoleh akan dikelola sesuai dengan keperluan analisis data yang tercantum pada MKJI sebagai pembandingan, antara lain :

- Kondisi – kondisi geometrik.
- Pengendalian lalu lintas dan lingkungan.
- Data arus lalu lintas.
- Hasil perhitungan arus jenuh.

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Data Geometrik Jalan

Lokasi studi yang dilakukan pada penelitian ini berada di simpang tiga Brangkal mengenai analisa kapasitas simpang tak bersinyal Jl. Totok Kerot Kecamatan Sooko Kabupaten Mojokerto sebagai jalan utama seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. Denah Lokasi

Data arus lalu lintas Tahapan persiapan

Survei dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui letak jam – jam sibuk pada kondisi simpang. Data diperoleh dari hasil survei yang dilaksanakan selama 3 hari dalam 7 hari normal yaitu :

1. Hari Libur, Minggu 13 Juli 2024
2. Hari Kerja, Senin 14 Juli 2024
3. Hari Biasa, Kamis 17 Juli 2024

Pada kegiatan survei ini 1 hari dibagi menjadi 2 periode waktu pengambilan data, yaitu pagi pukul 06.00 – 09.00 WIB dan Sore pukul 16.00 – 19.00 WIB.

Analisis simpang tak bersinyal

Pada perhitungan analisis simpang ini digunakan metode MKJI 1997 dan Peraturan Menteri Perhubungan No. 14 tahun 2006 untuk kinerja lalu lintas, untuk perhitungan diambil pada jam puncak pagi hari dan sore hari :

- a. Minggu, 13 July 2024
- b. Senin, 14 July 2024
- c. Kamis, 17 July 2024

Analisis Volume Lalu Lintas Pada Jam Puncak

Arus lalu lintas total persimpangan pada jam puncak, yaitu jumlah total arus lalu lintas yang terjadi di semua lengan persimpangan. Dari tabel dibawah dapat diketahui jam puncak di masing – masing hari, sebagai berikut :

Tabel 1. Arus Total saat Jam Puncak

Hari	Jam Puncak	Selatan smp/jam	Utara smp/jam	Timur smp/jam	Total
Minggu, 13 July 2024	07.00 s/d 08.00	1736	2061	1165.3	4961.6
	%	34.97887592	41.53498871	23.48637536	100
	16.15 s/d 17.15	2907	1887	952	5746.6
Senin, 14 July 2024	%	50.5916542	32.84202833	16.56631747	100
	07.00 s/d 08.00	2476	2268	1213.5	5956.6
	%	41.56062183	38.0670181	20.37236007	100
Kamis, 17 July 2024	16.45 s/d 17.45	1735	1948	879	4562.4
	%	38.03042258	42.70340172	19.2661757	100
	07.00 s/d 08.00	1853	2113	933.6	4899.3
Kamis, 17 July 2024	%	37.82581185	43.11840467	19.05578348	100
	16.15 s/d 17.15	1604	1847	933.6	4384.4
	%	36.58881489	42.11750753	21.29367758	100

Analisis Simpang tak Bersinyal Menurut MKJI 1997

Pada analisis ini menggunakan rumus dari MKJI 1997 dan terdapat 2 formulir yang harus diisi, yakni formulir USIG-I dan formulir USIG-II. Pada formulir USIG-I terdapat isian data volume yang diambil dari jam puncak masing – masing periode pengamatan, sedangkan formulir USIG-II terdapat 3 tabel perhitungan.

Tabel pertama merupakan tabel lebar pendekat tipe simpang yang diketahui lebar pendekat rata-rata. Tabel kedua berisi kapasitas, dengan mendapatkan data faktor penyesuaian kapasitas (F), maka kapasitas dapat dihitung. Tabel ketiga berisi perilaku lalu lintas, pada tabel ini diperoleh derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian.

Berikut ini data pada hari Minggu, 13 July 2024. Untuk data hari berikutnya dapat dilihat pada formulir USIG-I dan USIG-II.

A. Formulir USIG-I

Kecamatan : Sooko

Kabupaten : Mojokerto

Provinsi : Jawa Timur

Hari : Minggu, 13 July 2024

Periode : 07.45 – 08.45 WIB

Nama Simpang : Simpang Tiga Brangkal Kecamatan Sooko Kab Mojokerto

Tabel 2 Data Lalu Lintas Pada Minggu, 13 July 2024

	(kend/ jam)	(kend/jam)	(kend/jam)	Total (smp/jam)
Pendekat Selatan				
ST	421	285	994	1189
RT	203	78	601	546
Pendekat Utara				
ST	566	263	1647	1567
LT	198	37	620	494
Pendekat Timur				
LT	307	91	648	684.5
RT	198	60	512	480.8

Tabel 3. Formulir USIG I hari Minggu pagi, 13 July 2024

SIMPANG TAK BERSINYAL FORMULIR USIG-I GEOMETRI ARUS LALU LINTAS		Tanggal : 13 Juli 2024	Ditangani Oleh : Moh. Jafar
		Kota : Kabupaten Mojokerto	Provinsi : Jawa Timur
		Jl. Utama : Jl. Raya Bypass Brangkal	
		Jl. Minor : Jl. Raya Totok Ketot Brangkal	
		Sosial : Skripsi	Periode : 07.00 - 08.00
Geometri Jalan		Arus Lalu Lintas	
1 Komposisi Lalu Lintas LV%		HV% MC%	
Arus Lalu Lintas		Kendaraan Ringan	
Pendekat		Kendaraan Berat HV	
Arah		Sepeda Motor MC	
Kend/jam		Kend/jam	
smp/jam		smp/jam	
1		2	
2		3	
3		4	
4		5	
5		6	
6		7	
7		8	
8		9	
9		10	
10		11	
11		12	
12		13	
13		14	
14		15	
15		16	
16		17	
17		18	
18		19	
19		20	
20		21	
21		22	
22		23	
23		24	
24		Rasio Jl. Minor (Jl. Utama+Minor) total	
		0.235 UM/MV	

★ Menghitung Arus Jalan Minor total (Q_{MI}) Pada Pendekat A dan B dalam smp/jam, dan data yang dimasukkan kedalam formulir USig I baris 19 kolom 10

$$Q_{MI} = \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B}$$

$$= 1165,3 \text{ smp/jam} + 0 \text{ smp/jam}$$

$$= 1165,3 \text{ smp/jam}$$

★ Menghitung Arus Jalan Utama total (Q_{MA}) Pada Pendekat C dan D, dan data yang dimasukkan kedalam formulir USIG I baris 10 kolom 10.

$$Q_{MA} = \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D}$$

$$= 1736 \text{ smp/jam} + 2061 \text{ smp/jam}$$

= 3796 smp/jam

★ Menghitung Arus Jalan Minor + Utama total untuk masing-masing gerakan (Belok Kiri Q_{LT} , Lurus Q_{ST} , Belok Kanan Q_{RT}) demikian juga Q_{TOTAL} secara keseluruhan dan masukkan hasilnya pada formulir USIG I baris 20,21,22,23 kolom 10.

$$\begin{aligned} QLT &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat D} \\ &= 684,5 \text{ smp/jam} + 494 \text{ smp/jam} \\ &= 1179 \text{ smp/jam} \\ QST &= \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D} \\ &= 1189 \text{ smp/jam} + 1567 \text{ smp/jam} \\ &= 2755,8 \text{ smp/jam} \\ QRT &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat C} \\ &= 480,8 \text{ smp/jam} + 546 \text{ smp/jam} \\ &= 1027,2 \text{ smp/jam} \\ QTOTAL &= QLT + QST + QRT \\ &= 1179 \text{ smp/jam} + 2755,8 \text{ smp/jam} + 1027,2 \text{ smp/jam} \\ &= 4962 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

★ Menghitung Rasio Arus Belok Kiri (P_{LT}) dan Rasio Belok Kanan (P_{RT}) dan data hasil dimasukkan pada formulir USIG I baris 20,22 kolom 10

$$\begin{aligned} PLT &= QLT / QTOTAL \\ &= 1179 / 4962 \\ &= 0,24 \text{ smp/jam} \\ PRT &= QRT / QTOTAL \\ &= 1027,2 / 4962 \\ &= 0,207 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

★ Menghitung Rasio Arus Kendaraan tak Bermotor dengan Kendaraan Bermotor (P_{UM}) dinyatakan dalam

kend/jam, dan data dimasukkan kedalam formulir USIG I baris 24 kolom 12

$$\begin{aligned} QUM &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D} \\ &= 0 + 0 + 0 \\ &= 0 \text{ kend/jam} \\ QTOTAL &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat C} + \text{Pendekat D} \\ &= 1901 + 2586 + 3331 \\ &= 7733 \text{ kend/jam} \end{aligned}$$

★ Rasio antara Kendaraan Tak Bermotor dengan Kendaraan Bermotor (P_{UM})

$$\begin{aligned} PUM &= QUM / QTOTAL \\ &= 0 / 7733 \\ &= 0 \end{aligned}$$

Tabel 4. formulir USIG II

SIMPANG TAK BERSINYAL FORMULIR USIG-II ANALISA		Tanggal		: 13 Juli 2024		Ditangani Oleh		: Moh. Ja'far Anif H		
		Kota		: Kabupaten Mojokerto		Provinsi		: Jawa Timur		
		Jalan Utama		: Jl. Raya Bypass Brangkal						
		Jalan Minor		: Jl. Raya Totor Kerot						
		Soal		: Skripsi				Periode		: Pagi dan Sore
1.	Lebar pendekat dan tipe simpang									
pilihan	Jumlah		Lebar pendekat (m)						Jumlah lajur	
	lengan simpang		Jalan Minor		Jalan Utama		Lbr pendekat rata-rata		Tipe simpang	
	Wc	Wd	Wcd	Wa	Wb	Wab	W	Jl. Minor	Jl. Utama	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	3	3,5	3,5	3,5	3	0	1,5	5,00	2	4
										324
2.	kapasitas									
Kapasitas		Faktor Penyesuaian Kapasitas								
Dasar Co	lebar pendekat rata-rata	median jalan utama		ukuran kota	hambatan simpang	belok kiri	belok kanan	rasio minor/ort	kapasitas	
smp/jam	FW	FM		FCS	FRSU	FLT	FRT	FMI	C	
	12	13		14	15	16	17	18	19	
	3200	0.94		1.05	1	0.93	1.2264	0.89638	1.7833489	
									5758,5	
3.	Perilaku Lalu lintas									
Arus	Derajat Kejenuhan	Tundaan lalu lintas		Tundaan	Tundaan	Tundaan	Tundaan	peluang	Sasaran	
Lalulintas	(DS)	simpang DTI		lalu lintas	lalu lintas	geometrik	simpang (DG)	antrian		
(Q)				jl. Utama	jl. Minor			(QP%)		
smp/jam				DMA	DMI					
	21	22		23	24	25	26	27	28	
	4962	0.86		10.41500672	7.5878211	10.030358	4.02766398	14.442671	35.17	
									0.86 > 0.85	

1. Lebar Pendekat dan Tipe Simpang

★ Lebar Pendekat Minor

$$\begin{aligned} W_A &= 3 \text{ meter} \\ W_B &= 0 \text{ meter} \\ WAB &= (W_A + W_B)/2 \\ &= 3/2 \\ &= 1,5 \text{ meter} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan lebar pendekat Minor diatas sebesar 1,5 meter, sehingga $1,5 \text{ meter} \leq 5,5 \text{ meter}$. Maka didapat lajur total untuk kedua arah yaitu 2, kemudian diisi pada formulir USIG II kolom 7

★ Lebar Pendekat Utama

$$\begin{aligned} W_C &= 3,5 \text{ meter} \\ W_D &= 3,5 \text{ meter} \\ WCD &= (W_C + W_D)/2 \\ &= (3,5 + 3,5)/2 \\ &= 7/2 \\ &= 3,5 \text{ meter} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan lebar pendekat Utama diatas

sebesar 3,5 meter, sehingga $3,5 \leq 5,5 \text{ meter}$. Maka didapat lajur total untuk kedua arah yaitu 4, kemudian diisi pada formulir USIG II kolom 4

★ Lebar pendekat rata – rata (W_1), karena pendekat B hanya untuk arah keluar, maka $B = 0$. Sehingga yang digunakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W_1 &= (A/2 + C/2 + D/2)/2 \\ &= (6/2 + 7/2 + 7/2)/2 \\ &= (3 + 3,5 + 3,5)/2 \\ &= 5 \text{ meter} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas dimasukkan pada formulir USIG II kolom 8

★ Tipe simpang untuk lengan simpang = 3, jumlah lajur pada pendekat jalan utama 4 dan jalan minor 2, maka kode tipe simpang diperoleh kode IT = 324. Diisi pada formulir USIG II kolom 11

2. Kapasitas

★ Kapasitas dasar (C_0), karena tipe simpang (IT) sudah diketahui 324, maka sesuai dengan data dari MKJI 1994, Kapasitas (C_0) sebesar 3200 smp/jam dan diisi pada formulir USIG II kolom 12

★ Faktor penyesuaian lebar pendekat (F_W), karena kode IT diketahui 324 dan W_1 sebesar 5, maka digunakan rumus perhitungan F_W sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_W &= 0,62 + 0,0646 W_1 \\ &= 0,62 + 0,0646 (5) \\ &= 0,94 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas dimasukkan pada formulir USIG II kolom 13

★ Faktor penyesuaian jalan utama (F_M) menurut MKJI 1994, karena ada median pada jalan utama. Maka F_M adalah 1,05 dan data dimasukkan pada formulir USIG II kolom 14

★ Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS}) dilihat dari data jumlah penduduk Kabupaten Mojokerto yang mana jumlah penduduk berkisar antara 1 -3 juta, maka ukuran Kabupaten Mojokerto berskala sedang. Sehingga F_{CS}

sebesar 1 dan data dimasukkan pada formulir USIG II kolom 15

★ Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{RSU}) pada Jl. Raya Brangkal – Jl. Raya Bypass adalah komersial, kelas hambatan samping (SF) adalah tinggi dan akibat dari rasio kendaraan bermotor dan tak bermotor (UM/MV) sebesar 0 (Form USIG I baris 24 kolom 12). Didapat nilai F_{RSU} sebesar 0,93 dihitung dengan menggunakan interpolasi linier. Data dimasukkan pada formulir USIG II kolom 16

★ Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) dan P_{LT} sebesar 0,296 maka F_{LT} dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 0,84 + 1,61 \times P_{LT} \\ &= 0,84 + 1,61 \times 0,24 \\ &= 1,2264 \end{aligned}$$

Hasil diatas dimasukkan dalam formulir USIG II kolom 17

★ Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}), karena simpang Jl. Raya Brangkal – Jl. Raya Bypass direncanakan memiliki 3 lengan. Maka F_{RT} dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1,09 - 0,922 \times P_{RT} \\ &= 1,09 - 0,922 \times 0,207 \\ &= 0,89638 \end{aligned}$$

Data dimasukkan pada formulir USIG II kolom 18

★ Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (F_{MI}), kode IT 324 dan P_{MI} sebesar 0,27. Maka F_{MI} dihitung dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned} F_{MI} &= 16,6P_{MI}^2 - 33,3P_{MI}^3 + 25,3P_{MI}^2 - 8,6P_{MI} + 1,95 \\ &= 16,6(0,23)^2 - 33,3(0,23)^3 + 25,3(0,23)^2 - 8,6(0,23) + 1,95 \\ &= 1,783349 \end{aligned}$$

Data dimasukkan pada formulir USIG II kolom 19

★ Kapasitas (C) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C &= C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \text{ (smp/jam)} \\ &= 3200 \times 0,94 \times 1,05 \times 1,00 \times 0,93 \times 1,2264 \times 0,89638 \times 1,783349 \\ &= 5758,5 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

3. Kinerja Lalu Lintas Tak Bersinyal

★ Derajat Kejenuhan (DS) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} DS &= Q_{TOTAL} / C \\ &= 4962 / 5758,5 \\ &= 0,86 \end{aligned}$$

★ Tundaan lalu lintas simpang (DTI) karena DS sebesar 0,86 sehingga $0,86 \geq 0,6$. Maka DTI dihitung dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned} DTI &= 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1 - DS) \times 2 \\ &= 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times 0,86) - (1 - 0,86) \times 2 \\ &= 10,415 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Data diatas dimasukkan pada Formulir USIG II kolom 23

★ Tundaan lalu lintas jalan utama (DMA) karena DS sebesar 0,86 sehingga $0,86 \geq 0,6$, maka DMA dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} DMA &= 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DS) - (1 - DS) \times 1,8 \\ &= 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times 0,86) - (1 - 0,86) \times 1,8 \\ &= 7,587 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Data diatas dimasukkan pada Formulir USIG II kolom 24

★ Penentuan Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DMI) dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned} DMI &= (Q_{TOT} \times DTI - Q_{MA} \times D_{MA}) / Q_{MI} \\ &= (4962 \times 10,415 - 3796 \times 7,587) / 1165,3 \\ &= 10,0303 \end{aligned}$$

Data diatas dimasukkan pada Formulir USIG II kolom 25

★ Tundaan Geometrik Simpang (DG) karena DS = 0,86 sehingga $0,86 \leq 1,0$ maka DG dihitung dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned} DG &= (1 - DS) \times (P_T \times 6 + (1 - P_T) \times 3) + DS \times 4 \\ &= (1 - 0,86) \times (0,4 \times 6 + (1 - 0,4) \times 3) + 0,86 \times 4 \\ &= 4,0276 \end{aligned}$$

Data dimasukkan pada formulir USIG II kolom 26

★ Tundaan Simpang (D) dihitung dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned} D &= DG + DTI \\ &= 4,0276 + 10,415 \\ &= 14,442 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

Data diatas dimasukkan pada formulir USIG II kolom 27

★ Peluang antrian ($Q_P\%$) karena DS = 0,86 maka rentang nilai peluang antrian dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned} Q_P\% &= (47,71 \times DS) - (24,68 \times DS^2) + (56,47 \times DS^3) \\ &= (47,71 \times 0,86) - (24,68 \times 0,86^2) + (56,47 \times 0,86^3) \\ &= 58,437 \\ Q_P\% &= (9,02 \times DS) + (20,66 \times DS^2) + (10,49 \times DS^3) \\ &= (9,02 \times 0,86) + (20,66 \times 0,86^2) + (10,49 \times 0,86^3) \\ &= 29,709 \end{aligned}$$

Dari data diatas didapat rentang nilai peluang antrian ($Q_P\%$) = 58,437-29,709 Hasilnya dimasukkan pada formulir USIG II kolom 28

★ Sasaran yang diperoleh dari perhitungan diatas yaitu DS = 0,86 $\geq$ 0,85 Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada formulir USIG I dan formulir USIG II.

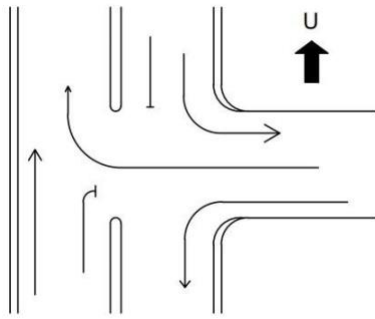
Perhitungan Perencanaan Fase

Pada penelitian ini direncanakan pengaturan lalu lintas dengan 3 fase, yang dimulai dari pendekat timur dan berjalan searah jarum jam

Jalan Minor Timur/A (Fase 1)

1. Lampu hijau menyala pada pendekat timur
2. Lampu merah menyala pada pendekat utara dan pendekat selatan, dimana arus belok kiri pada pendekat utara terjadipergeseran belok kiri langsung

(LTOR). Pada pendekat selatan terjadi pergerakan lurus langsung



Gambar 3. Fase Pertama

- lebar pendekat B adalah, $W = 3 \text{ m}$
- *Intergreen Periode* (IG) untuk lebar jalan rata – rata sebesar 11,3 m, menurut MKJI 1997 termasuk kedalam ukuran simpang sedang dengan nilai normal ialah 5 det.
- *Amber Time* (a) untuk memberi tanda agar arus segera berhenti, dikarenakan kecepatan kendaraan $\leq 40 \text{ km/jam}$, menurut MKJI 1997 besarnya ialah 3 det.
- *All Red* (R) didapat dari perhitungan berikut :

$$R = IG - a$$

$$= 5 - 3$$

$$= 2$$
- Nilai (l) *Lost Time* akibat proses awal dan akhir kendaraan bergerak didapat dari perhitungan berikut

$$L = \int 1 + \int 2$$

$$= 1 + 1$$

$$= 2$$
- Waktu hilang total selama waktu luang (L) :

$$L_p = R + l$$

$$= (1 - a) + \int$$

$$\text{Total waktu hilang} = LTI$$

$$= \sum p (1 - a + \int)$$

$$= n (5 - 3 + 2)$$

$$= 3 (4)$$

$$= 12 \text{ det}$$
- *Saturation Flow* (s) diperoleh dari, $W = 3 \text{ m}$. Maka nilai s yang di pakai yaitu 2536 smp/jam.
- *Normal Flow* (q) yaitu jumlah arus kendaraan yang sesungguhnya lewat di persimpangan selama satu jam, ialah :

$$LT = 684,5 \text{ smp/jam}$$

$$RT = 480,8 \text{ smp/jam}$$
- Perbandingan antara arus normal dan arus jenuh (y) dihitung sebagai berikut :

Tabel 5. Perbandingan arus normal & arus jenuh pendekat A

	Fase 1	
	↙	↘
q	480,8	684,5
s	2536	2536
$y = q/s$	0,189	0,269
Ymax	0,27	

- Nilai Ymax merupakan ukuran kemacetan dari suatu persimpangan, dari tabel perhitungan diatas didapat nilai Ymax sebesar 0,315 pada fase 1.
- Disain sinyal lalu lintas (*British TRRL* atau *Minimum Delay Method*) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C_o = (1,5L + 5) / (1 - \sum Y_{max})$$

$$= (1,5 \times 12 + 5) / (1 - 1,15)$$

$$= 152 \text{ detik}$$
- Menghitung nilai waktu hijau efektif (g) berdasarkan proporsi y untuk tiap pasang *Approach* :

$$g = (Y(C_o - L)) / (\sum Y_{max})$$

$$= (0,27(152 - 12)) / (1,15)$$

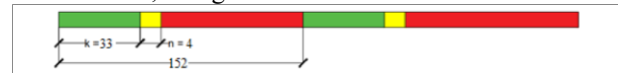
$$= 33,86 \text{ detik}$$
- *Aktual Green Time* dihitung dengan rumus :

$$K = g - a + \int$$

$$= 34 - 3 + 2$$

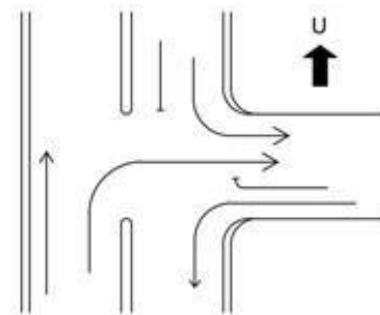
$$= 33 \text{ detik}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui desain fase 1, sebagai berikut :



Jalan Mayor Selatan/C (Fase 2)

1. Lampu hijau menyala pada pendekat Selatan, dimana arus belok kanan dan lurus bergerak bersamaan.
2. Lampu merah menyala pada pendekat Utara dan Timur, dimana arus belok kiri pada tiap – tiap pendekat tersebut akan ada pergerakan belok kiri langsung (LTOR).



Gambar 4. Fase Kedua

- lebar pendekat B adalah, $W = 7 \text{ m}$
- *Intergreen Periode* (I) untuk lebar jalan rata – rata sebesar 11,3 m, termasuk kedalam ukuran simpang sedang dengan nilai normal ialah 5 det.
- *Amber Time* (a) untuk memberi tanda agar arus segera berhenti, besarnya ialah 3 det .
- *All Red* (R) didapat dari perhitungan berikut :

$$R = I - a$$

$$= 5 - 3$$

$$= 2$$
- Nilai (l) *Lost Time* akibat proses awal dan akhir kendaraan bergerak didapat dari perhitungan berikut

$$L = \int 1 + \int 2$$

$$= 1 + 1$$

$$= 2$$
- Waktu hilang total selama waktu luang (L) :

$$L_p = R + l$$

$$= (1 - a) + \int$$

$$\text{Total waktu hilang} = LTI$$

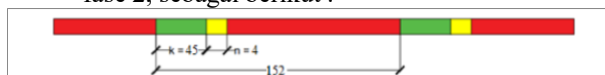
$$\begin{aligned}
 &= \sum p (1 - a + f) \\
 &= n (5 - 3 + 2) \\
 &= 3 (4) \\
 &= 12 \text{ det}
 \end{aligned}$$

- *Saturation Flow* (s) diperoleh dari, $W = 7$ m. Maka nilai s yang di pakai yaitu 3245 smp/jam.
- *Normal Flow* (q) yaitu jumlah arus kendaraan yang sesungguhnya lewat di persimpangan selama satu jam, ialah :
ST = 1189,1 smp/jam
RT = 546,4 smp/jam
- Perbandingan antara arus normal dan arus jenuh (y) dihitung sebagai berikut :

Tabel 5. Perbandingan arus normal & arus jenuh pendekat C

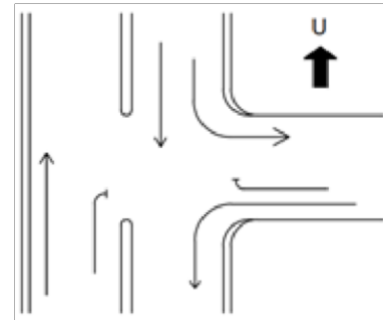
	Fase 2	
	←	↖
q	1189,1	546,4
s	3245	3245
$y = q/s$	0,366	0,168
Ymax	0,37	

- Nilai Ymax merupakan ukuran kemacetan dari suatu persimpangan, dari tabel perhitungan diatas didapat nilai Ymax sebesar 0,37 pada fase 2.
- Disain sinyal lalu lintas (*Brittish TRRL* atau *Minimum Delay Method*) dihitung dengan rumus sebagai berikut :
 $Co = (1,5L+5)/(1-\sum Y_{max})$
 $= (1,5 \times 12 + 5)/(1 - 1,15)$
 $= 152 \text{ detik}$
- Menghitung nilai waktu hijau efektif (g) berdasarkan proporsi y untuk tiap pasang *Approach* :
 $g = (Y(Co-L))/(\sum Y_{max})$
 $= (0,37(152-12))/(1,15)$
 $= 46,04 \text{ detik}$
- *Aktual Green Time* dihitung dengan rumus :
 $k = g - a + f$
 $= 46 - 3 + 2$
 $= 45 \text{ detik}$
- Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui desain fase 2, sebagai berikut :



Jalan Mayor Utara/D (Fase 3)

1. Lampu hijau menyala pada pendekat Utara, hanya untuk lurus.
2. Lampu merah menyala pada pendekat Selatan maupun pendekat Timur, hanya untuk belok kanan.



Gambar 5. Fase Ketiga

- lebar pendekat B adalah, $W = 7$ m
- *Intergreen Periode* (I) untuk lebar jalan rata – rata sebesar 11,3 m, termasuk kedalam ukuran simpang sedang dengan nilai normal ialah 5 det.
- *Amber Time* (a) untuk memberi tanda agar arus segera berhenti, besarnya ialah 3 det.
- *All Red* (R) didapat dari perhitungan berikut :
 $R = I - a$
 $= 5 - 3$
 $= 2$
- Nilai (I) *Lost Time* akibat proses awal dan akhir kendaraan bergerak didapat dari perhitungan berikut
 $L = f_1 + f_2$
 $= 1 + 1$
 $= 2$
- Waktu hilang total selama waktu luang (L) :
 $L_p = R + I$
 $= (1 - a) + f$ Total waktu hilang = L
 $= \sum p (1 - a + f)$
 $= n (5 - 3 + 2)$
 $= 3 (4)$
 $= 12 \text{ det}$
- *Saturation Flow* (s) diperoleh dari, $W = 7$ m. Maka nilai s yang di pakai yaitu 3085 smp/jam.
- *Normal Flow* (q) yaitu jumlah arus kendaraan yang sesungguhnya lewat di persimpangan selama satu jam, ialah :
ST = 1566,7 smp/jam
RT = 494,1 smp/jam
- Perbandingan antara arus normal dan arus jenuh (y) dihitung sebagai berikut :

Tabel 6. Perbandingan arus normal & arus jenuh pendekat D

	Fase 3	
	→	↗
q	1566,7	494,1
s	3085	3085
$y = q/s$	0,507	0,160
Ymax	0,51	

- Nilai Ymax merupakan ukuran kemacetan dari suatu persimpangan, dari tabel perhitungan diatas didapat nilai Ymax sebesar 0,51 pada fase 3.

- Disain sinyal lalu lintas (*Brittish TRRL* atau *Minimum Delay Method*) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Co = (1,5L+5)/(1-\sum Y_{max})$$

$$= (1,5 \times 12+5)/(1-1,15)$$

$$= 152 \text{ detik}$$
- Menghitung nilai waktu hijau efektif (g) berdasarkan proporsi y untuk tiap pasang *Approach* :

$$g = (Y(Co-L))/(\sum Y_{max})$$

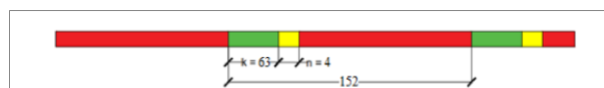
$$= (0,51(152-12))/(1,15)$$

$$= 63,08 \text{ detik}$$
- *Aktual Green Time* dihitung dengan rumus :

$$K = g - a + j$$

$$= 63 - 3 + 2$$

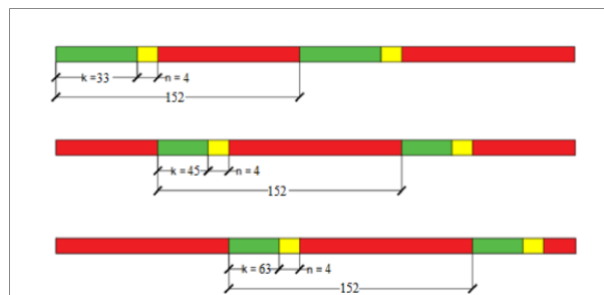
$$= 62 \text{ detik}$$
- Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui desain fase 3, sebagai berikut :



Perencanaan Waktu Sinyal

Tabel 7 waktu hijau aktual

Fase	n	j	i	a	L	Co	g	k
1	3	2	4	3	12	152	33,86	33
2	3	2	4	3	12	152	46,04	45
3	3	2	4	3	12	152	63,08	62



KESIMPULAN

Dihitung dari hasil perhitungan kondisi lalu lintas saat ini (*eksisting*) dan hasil perhitungan rencana didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kinerja *eksisting* persimpangan Jl. Raya Totok Kerot Brangkal – Jl. Raya Bypass Brangkal memiliki Derajat Kejenuhan (DS) sebesar 0,86 dan Tundaan (D) tertinggi sebesar 38,91 kend/jam sesuai dengan peraturan Menteri Perhubungan no. 14 tahun 2006, Tundaan 38,91 kend/jam termasuk dalam kategori tingkat pelayanan D
2. Merencanakan *Traffic Light* di Simpang Tiga Brangkal Kabupaten Mojokerto, untuk desain rencana *Traffic Light* menggunakan peraturan 3 fase, fase pertama memiliki waktu hijau 33 detik, fase kedua memiliki waktu hijau 45 detik, dan fase ketiga memiliki waktu hijau 62 detik, waktu siklus persimpangan 152 detik. Setelah pemasangan *Traffic Light* diperoleh derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,808 dan tundaan (D) sebesar 29,00.

DAFTAR PUSTAKA

MANUAL KAPASITAS JALAN INDONESIA (MKJI)
Februari 1997. Direktorat Jendral Bina Marga,

Marga Direktorat Bina Jalan Kota (BINKOT)
Republik Indonesia

PEDOMAN KAPASITAS JALAN INDONESIA (PKJI)
2023, Direktorat Jendral Bina Marga, Marga
Direktorat Bina Jalan Kota (BINKOT) Republik
Indonesia : Jakarta.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Mojokerto
(mojokerto.bps.go.id)

Republik Indonesia. 2009. Undang – Undang Republik
Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu
Lintas. Jakarta

Dika Afrizal, Rudy Santosa dan Bambang Sujatmiko.
(2023). Perencanaan Traffic Light Pada Simpang
Tiga Jl. Jaksa Agung Suprpto – Jl. KH. Wahid
Hasyim - Jl. Jamaludin Kabupaten Sampang.

Fauzan, Helga dan Ishak. (2022). Analisis Kinerja Simpang
Empat Tak Bersinyal Persimpangan Tanjung Pati
Kabupaten 50 Kota.

Ery, Winayati dan Muthia. (2021). Perencanaan Traffic
Light Simpang Empat Jl. HR Soebrantas Panam –
Jl. Raya Pekanbaru – Jl. Kubang Raya – Jl. Garuda
Sakti Kota Pekanbaru.

Sahat, Fadrizal dan Alfian. (2020). Perencanaan Traffic
Light Pada Persimpangan Jalan Garuda Sakti –
Jalan Melati – Jalan Binawidya Kota Pekanbaru.

Adi Tri Wibowo dkk. (2021). Analisa Kinerja Traffic
Light Taman Madukoro Pada Ruas Jalan Jendral
Sudirman Kota Semarang.

Aditya dkk. (2023). Desain Perencanaan Kinerja Lalu
Lintas Simpang Tak Bersinyal Pada Jalan Gayung
Kebonsari Dengan Menggunakan Metode Manual
Kapasitas Jalan Indonesia.

Pernandes, Sapta. (2020). Perencanaan Traffic Light Pada
Persimpangan Titi Kuning. Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Medan Area.

Amero, R. A., Asdhi, J., & Subagyo, u. (2023).
Perencanaan Simpang Bersinyal Jalan Tlogo-Serut
Kecamatan Nguntut Tulungagung....*Manajemen
Rekayasa* ..., 4(96), 22-26

<http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/josmrk/article/view/3198%0Ahttps://jurnal.polinema.ac.id/index.php/josmrk/article/download/3198/2619>

Widjajanti, E., Gustini, D., & Ifani, S. (2020).
*Perencanaan simpang bersinyal pada simpang
gandul depok*. X(1), 9-16

Anggrain, R. A., Sinaga, Y. E., Lestari, F., Pramita, G., &
Kastamto, K. (2022). Evaluasi Simpang Tak
Bersinyal Dan Perencanaan Apill. JICE (Journal of
Infrastructural in Civil Engineering), 3(02), 32.
<https://doi.org/10.33365/jice.v3i02.2152>

Anton, E. E., Zakaria, A., Tajuddin, A., & Ananda, A. A.
(2022). Perencanaan Waktu Sinyal Lampu Lalu
Lintas Menggunakan Mikrosimulasi Vissim pada
Simpang Tiga di Kota Makassar. Jurnal Teknik
Sipil MACCA, 7(2), 94–103.
<https://doi.org/10.33096/jtsm.v7i2.560>

Putra, I. P. M. A. M., Sriastuti, D. A. N., & Rahadiani, A. A.
S. D. (2021). Analisis Simpang Bersinyal Pada
Simpang Uluwatu, Badung, Bali. Jurnal Teknik
Gradien, 13(2), 22–27.

<https://doi.org/10.47329/teknikgradien.v13i2.756>

- Utami, D. D., & Dedi, H. (2021). Perencanaan Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Terminal Ciledug Kabupaten Cirebon). *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 2, No. 5, 16.
- Ibnu Prakoso, R., Kuantan Singingi, I., Jl Gatot Subroto, I. K., Nenas, K., Jake, D., & Kuantan Singingi, K. (2021). Perencanaan Simpang Bersinyal Studi Kasus Simpang Tiga Smkn 1 Teluk Kuantan (Jl. Proklamasi, Jl. Belibis, Jl. Tuanku Tambusai) Kota Teluk Kuantan. 4(1), 432–446.
<https://www.google.com/maps/@-0.5281083,101.5780919,7466m>