

SKRIPSI

STUDI ANALISA KEMACETAN JALAN ARTERI MALANG – SURABAYA PADA TITIK PERTIGAAN JALAN RAYA KARANGLO DI KABUPATEN MALANG



Disusun Oleh :

Rafika Meyecca Sianturi

12.21.124

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2015**

ABSTRAK

Rafika Mayecca Sianturi, 2016, *Studi Analisa Kemacetan Jalan Arteri Malang – Surabaya Pada Titik Pertigaan Karanglo di Kabupaten Malang*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institute Teknologi Nasional Malang.
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT dan Drs. Kamidjo Raharjo, ST, MT

Pertigaan Jalan Raya Karanglo merupakan jalan nasional atau jalan arteri dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antaribukota Surabaya dan Malang. Di pertigaan ini sering terjadi konflik lalu lintas yang terjadi sepanjang hari khususnya saat akhir minggu. Salah satu penyebabnya karena padatnya volume arus lalu lintas yang melintasi persimpangan ini, yang mana pertigaan Jalan Raya Karanglo dengan keadaan geometrik nya yang tidak terlalu lebar namun memiliki volume yang sangat tinggi membuat penumpukan arus lalu lintas ditengah simpang serta membuat antrian yang sangat panjang sehingga menyebabkan kemacetan pada jam sibuk. Dampak dari kemacetan itu adalah: terjadi nya tundaan dan antrian panjang. Tujuan dari studi adalah untuk mencari alternative pemecahan masalah yang sesuai dengan permasalahan tersebut.

Untuk menunjang studi ini diperlukan sampel volume, antrian dan tundaan dengan survei lapangan pada kondisi eksisting yg dilaksanakan selama 4 hari dimulai pada hari Senin 22 Februari 2016, Rabu 24 Februari 2016, Sabtu 27 Februari 2016 dan Minggu 28 Februari 2016. Survei dilakukan untuk mengetahui tingkat kepadatan lalu lintas yang terklasifikasi dan jenis kendaraan dalam satuan waktu tertentu pada simpang tersebut. Analisa kinerja simpang tak bersinyal ini menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 untuk perhitungan derajat kejenuhan, tundaan, dan antrian. Sedangkan untuk evaluasi tingkat pelayanan/kinerja simpang menggunakan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 KM Tahun 2015.

Dari hasil survei diperoleh total arus volume tertinggi terjadi pada kondisi eksisting pada lengan Selatan hari Minggu, 28 Februari 2016 yaitu sebesar 3955 smp/jam, dengan kapasitas 1004.40 smp/jam, derajat kejenuhan 3.938 dan tingkat pelayanan yang diperoleh adalah E. Dari hasil perhitungan diperoleh waktu siklus pada pagi hari 78 detik, siang hari 82 detik, dan sore hari 88 detik. Tundaan maksimum yang diperoleh dari perhitungan pada alternatif ini sebesar 56.822 det/kend, dengan panjang antrian 143.675 m dan dalam kategori tingkat pelayanan E. Jumlah volume lalu lintas telah melebihi kapasitas kondisi eksisting, sehingga alternative lain yang diharapkan bisa mengatasi permasalahan lalu lintas di lokasi tersebut adalah pembangunan flyover.

Kata Kunci : kemacetan, kinerja simpang, volume lalulintas, tundaan, antrian.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persoalan transportasi merupakan masalah yang umum dialami setiap kota besar, sama halnya dengan Malang. Masalah kemacetan lalu lintas seringkali terjadi pada kawasan yang mempunyai intensitas kegiatan dan penggunaan lahan yang tinggi. Selain itu, kemacetan lalu lintas terjadi karena banyaknya jumlah dan jenis kendaraan yang beroperasi untuk memenuhi kebutuhan manusia pada jalan-jalan utama di perkotaan. Apabila sifat kemacetan lintas tersebut merupakan suatu kejadian yang rutin, akibatnya bukan saja akan mempengaruhi inefisiensi penggunaan sumber daya, tetapi juga dapat mengganggu kegiatan di lingkungan yang ada.

Persimpangan sebagai tempat bertemunya kendaraan dari beberapa ruas jalan dimana kendaraan saling bergerak antara satu dengan kendaraan yang lainnya. Persimpangan merupakan daerah yang potensial terjadi konflik antara beberapa kendaraan. Suatu persimpangan yang tidak diatur dengan baik akan menimbulkan masalah seperti antrian dan tundaan, sehingga penerapan berbagai metode dalam pengaturan persimpangan sangat diperlukan.

Demikian juga yang terjadi di Pertigaan Jalan Raya Karanglo, titik pertemuan antara Jalan Perusahaan dari arah kota Batu, Jalan Karanglo dari arah kota Malang dan Jalan Singosari menuju arah kota Surabaya, pada jam-jam sibuk umumnya saat akhir pekan atau hari libur sering kali terjadi kemacetan. Jalan Raya Karanglo termasuk jalan nasional dimana merupakan

jalan arteri dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi. Banyaknya penduduk yang keluar menuju Surabaya atau yang datang ke kota Malang adalah satu penyebabnya. Meningkatnya kepadatan arus lalu lintas pada ruas jalan tersebut belum diimbangi dengan peningkatan kapasitas dan pengembangan jaringan sarana transportasi serta sarana pendukungnya. Kemacetan lalu lintas yang terjadi di Pertigaan Jalan Raya Karanglo merupakan masalah yang harus segera ditangani agar dampak yang ditimbulkannya tidak merusak merugikan masyarakat sekitarnya.

Mengacu seringnya terjadi kepadatan arus lalu lintas pada ruas Pertigaan Jalan Raya Karanglo perlu dilakukan tinjauan analisa kepadatan arus lalu lintas di ruas jalan tersebut dengan cara menentukan indeks tingkat pelayanan pada ruas jalan tersebut dengan melakukan survey. Sehingga dapat diketahui indeks tingkat pelayanan yang ada pada ruas jalan tersebut, sekaligus dapat digunakan dalam mengatasi permasalahan yang ada. Dengan melakukan survey diharapkan dapat mempelajari hubungan antar sifat permasalahan yang sedang diselidiki yaitu hubungan antara kecepatan rata-rata lalu lintas dengan volume lalu lintas.

Dengan melihat permasalahan tersebut, penulis mengambil judul skripsi **“STUDI ANALISA KEMACETAN JALAN ARTERI MALANG-SURABAYA PADA TITIK PERTIGAAN RAYA KARANGLO DI KABUPATEN MALANG”**

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka identifikasi permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Belum maksimalnya kinerja simpang Pertigaan Jalan Raya Karanglo yang diakibatkan oleh sistem pengendalian lalu lintas yang belum tepat untuk memaksimalkan kondisi ruas simpang tersebut dan akan berdampak kemacetan yang akan mempengaruhi biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk kendaraan yang melintas.
2. Banyaknya kendaraan yang melintasi simpang Pertigaan Jalan Raya Karanglo menyebabkan antrian panjang yang berakibat kemacetan.
3. Diperlukan alternatif pembenahan yang tepat untuk menanggulangi kemacetan di Pertigaan Jalan Raya Karanglo

1.3 Rumusan Masalah

Dengan melihat permasalahan tersebut, maka didapatkan rumusan masalah yang akan dibahas dalam studi ini, yaitu :

1. Bagaimana kondisi arus lalu lintas pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo saat ini?
2. Apa alternatif pembenahan yang tepat untuk menanggulangi kemacetan pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo?

1.4 Lingkup Bahasan

Lingkup bahasan yang akan dibahas pada studi ini adalah:

1. Menghitung volume arus lalu-lintas di Pertigaan Jalan Raya Karanglo kota Malang tanpa membedakan asal dan tujuan kendaraan
2. Menganalisa karakteristik arus lalu lintas di Pertigaan Jalan Raya Karanglo
3. Pengukuran Geometrik Pertigaan Jalan Raya Karanglo, seperti:
 - a. Lebar pendekat
 - b. Jumlah lajur
 - c. Lebar bahu jalan

1.5 Batasan Masalah

Dari identifikasi yang ada, diperoleh lingkup permasalahan yang cukup luas, menyadari terbatasnya kemampuan dan waktu, maka penulis memberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Persimpangan yang ditinjau adalah Pertigaan Jalan Raya Karanglo kabupaten Malang.
2. Survey Tundaan dan Antrian dilakukan hanya pada satu ruas jalan yaitu pada pendekat Selatan.
3. Mengevaluasi kinerja Pertigaan Jalan Raya Karanglo berdasarkan jumlah arus lalu lintas pada saat ini dan mencari alternatif penanggulangan kemacetan yang tepat pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo
4. Penelitian (survey) dilakukan selama 4 hari dalam seminggu yaitu pada hari Senin, Rabu, Sabtu dan Minggu, pada pukul 06.00 – 18.00 WIB.

5. Sebagai pedoman studi menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997).

1.6 Tujuan Penulisan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin diketahui dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik arus lalu lintas di Pertigaan Jalan Raya Karanglo
2. Mengusulkan pemecahan masalah kemacetan pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo

1.7 Manfaat Studi

Adapun manfaat dari studi ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan wawasan dalam bidang transportasi khususnya di kawasan Pertigaan Jalan Raya Karanglo
2. Sebagai bahan masukan bagi instansi terkait dalam mengatasi masalah kemacetan yang ada
3. Sebagai bahan kajian dan masukan untuk studi selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Keaslian studi merupakan laporan skripsi yang dapat digunakan sebagai panduan dalam mengerjakan skripsi yang sedang dikerjakan, di mana dengan adanya kesamaan dalam panduan tersebut, dapat membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Berikut skripsi yang pernah ada dan memiliki kemiripan pembahasan adalah :

- 1. “Analisa Pengaturan Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal Kota Banjarmasin (Studi Kasus Persimpangan JL.Perintis Kemerdekaan; JL. Sulawesi; JL. D.I Panjaitan)”** oleh Dewi Riyanti Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah dari analisa yang didapat alternatif yang paling tepat untuk meningkatkan kinerja simpang Jl. Perintis Kemerdekaan; Jl. Sulawesi; Jl. D.I. Panjaitan adalah pengaturan 2 fase, dimana pendekat Utara dan pendekat Selatan berangkat secara bersamaan sebagai fase 1, pendekat Timur dan pendekat Barat berangkat secara bersamaan sebagai fase 2, dan dengan memberlakukan larangan parkir pada badan jalan sehingga tingkat kinerja persimpangan semakin baik. Pendekat Timur memiliki nilai derajat kejenuhan tertinggi sebesar 0,54 dan pendekta Selatan memiliki nilai derajat kejenuhan terendah

sebesar 0,44 sehingga tundaan rata – rata simpang menjadi lebih baik yaitu 16,45 detik/smp. Untuk analisa alternatif terbaik pada simpang bersinyal Jl. Perintis Kemerdekaan; Jl. Sulawesi; Jl. D.I. Panjaitan dapat diterapkan dalam 5 tahun mendatang, hal ini ditunjukkan dengan kinerja simpang masih dibawah batas maksimum ($DS < 0,85$), untuk pendekatan Utara, $DS = 0,69$, pendekatan Selatan, $DS = 0,58$, pendekatan Timur, $DS = 0,72$, dan pendekatan Barat, $DS = 0,65$ dengan tundaan rata – rata simpang 20,10 det/smp.

2. “Studi Pengendalian Kemacetan Lalu Lintas Pada Jalan Kolektro MT. Haryono (Antara Pertigaan Jl. Gajayana – Tlogomas)” Oleh (I Made Sumardika, 97.21.082, ITN Malang

Dari analisa “Studi Pengendalian Kemacetan Lalu Lintas Pada Jalan Kolektro MT. Haryono (Antara Pertigaan Jl. Gajayana – Tlogomas) diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari titik konflik yang diidentifikasi maka dapat disimpulkan pada :
 - a. Simpang depan Tandon Air Dinoyo pada kondisi awal, lebar pendekatan B = 6.50 m, pendekatan D = 6.50 m dan jalan Tlogo Indah = 4.00m, dengan kapasitas 3110.79 smp/jam, derajat kejenuhan 0.74.
 - b. Simpang depan Pos Polisi Dinoyo pada kondisi awal, lebar pendekatan B = 6.50 m, pendekatan D = 6.50 m dan Gang XIII = 4.00m, dengan kapasitas 2998.81 smp/jam, derajat kejenuhan 0.76.

- c. Simpang depan Pasar Dinoyo pada kondisi awal, lebar pendekat B = 6.50 m, pendekat D = 6.50 m dan Gang XIII = 4.00m, dengan kapasitas 3024.33 smp/jam, derajat kejenuhan 0.86.
2. Dari hasil analisa didapat alternative pengendalian yang terbaik sebagai berikut pada :
 - a. Simpang depan Tandon Air Dinoyo dengan alternatif pengendalian sebagai berikut : Memasang rambu larangan parker disekitar persimpangan, memasang Pelican Crossing di depan sekolah SD Dinoyo 1 dan pelebaran jalan utama menjadi 7.50 m, dengan kapasitas 3300.13 smp/jam dan derajat kejenuhan 0.70.
 - b. Simpang depan Pos Polisi Dinoyo dengan alternatif pengendalian sebagai berikut : Memasang rambu-rambu larangan parkir, memasang Zebra Cross dan pelebaran pada pendekat utama menjadi 7.50m, dengan kapasitas 3224.52 smp/jam dan derajat kejenuhan 0.73.
 - c. Simpang depan Pasar Dinoyo dengan alternatif pengendalian sebagai berikut : Melarang belok kanan pada pendekat (D,C) larangan lurus pada pendekat (A,C), memasang rambu-rambu larangan berhenti dan parker pada jam sibuk dalam jarak 50m dari simpang, memasang jembatan penyeberangan, menyediakan tempat pemberhentian bagi angkutan umum dan pelebaran pada jalan utama menjadi 7.50m, pendekat minor A (utara) menjadi 5.00m, dengan kapasitas 3376.05 smp/jam dan derajat kejenuhan 0.73.

3. Dari hasil pengamatan dan hasil analisa menunjukkan pengaruh dari pejalan kaki yang menyebrang/memotong jalan utama, adalah sebagai berikut :
 - a. Simpang depan Tandon Air Dinoyo dengan pengaruh dari pejalan kaki menyeberang sebesar 2,7%.
 - b. Simpang depan Pos Polisi Dinoyo dengan pengaruh dari pejalan kaki yang menyeberang sebesar 4,0%.
 - c. Simpang depan Pasar Dinoyo dengan pengaruh dari hambatan samping berupa pejalan kaki yang menyeberang sebesar 8,1%.
4. Studi ini belum menyelesaikan seluruh permasalahan kemacetan di sepanjang ruas jalan MT. Haryono – Tlogomas, mengingat masih banyak titik konflik yang belum dianalisa.

2.2 Pengertian Umum

Persimpangan jalan adalah simpul pada jaringan jalan dimana ruas jalan bertemu dan lintasan arus kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Olehnya itu persimpangan merupakan faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan khususnya di daerah - daerah perkotaan.

Persimpangan merupakan tempat sumber konflik lalu lintas yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki. Oleh karena itu merupakan

aspek penting didalam pengendalian lalu lintas. Masalah utama yang saling kait mengkait pada persimpangan adalah :

- a. Volume dan kapasitas yang secara langsung mempengaruhi hambatan.
- b. Desain geometrik dan kebebasan pandang.
- c. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, dan lampu jalan.
- d. Parkir, akses dan pembangunan umum.
- e. Pejalan kaki.
- f. Jarak antar simpang.

Kinerja lalu lintas perkotaan dapat dinilai dengan menggunakan parameter lalu lintas berikut (Tamin, 2000; hal.541) :

- a. Untuk ruas jalan dapat berupa NVK, Kecepatan dan kepadatan
- b. Untuk persimpangan dapat berupa tundaan dan kapasitas sisa
- c. Data kecelakaan lalu lintas dapat juga perlu dipertimbangkan

Tabel 2.1 Nilai NVK Pada Berbagai Kondisi

No	NVK	Keterangan
1	< 0.8	Kondisi stabil
2	0.8 - 1.0	Kondisi tidak stabil
3	> 1.0	Kondisi kritis

Sumber : Tamin (2000; hal.541)

Menurut Jinca (2001) Pemecahan persoalan lalu lintas yang bersumber dari ketidak seimbangan antara Kapasitas (C) dan Volume (V) dapat ditempuh antara lain dengan menambah Kapasitas (C) dan atau mengurangi volume (V).

2.3 Jenis – Jenis Persimpangan

Secara garis besarnya persimpangan terbagi dalam 2 bagian :

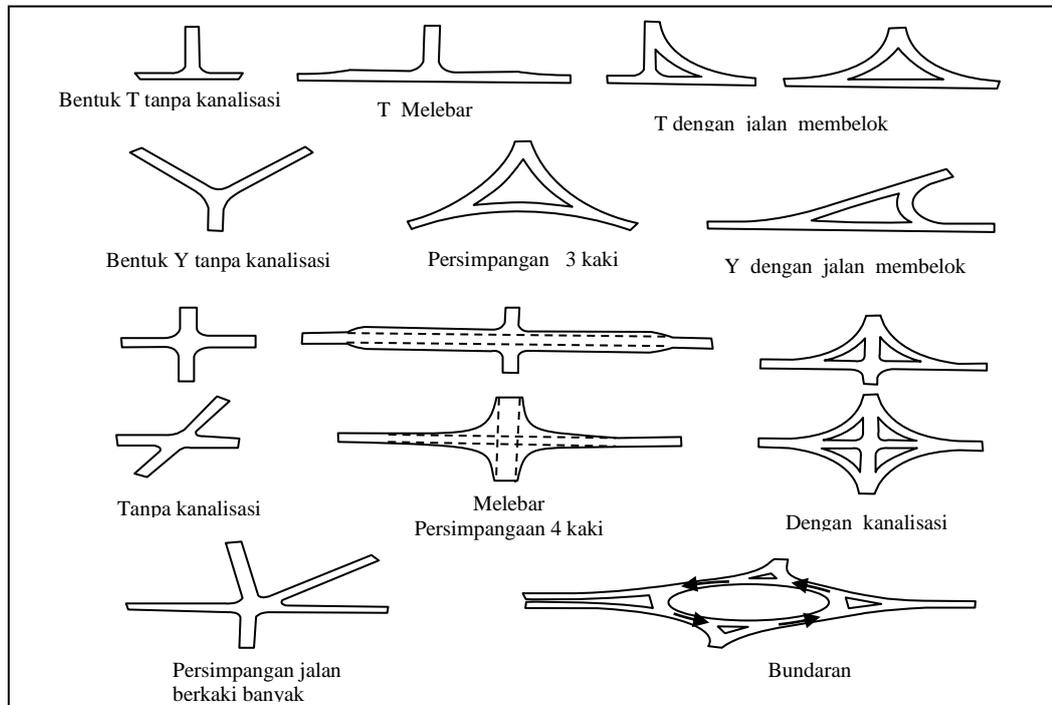
1. Persimpangan sebidang.
2. Persimpangan tak sebidang.

Persimpangan sebidang adalah persimpangan dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk persimpangan mengarahkan lalu lintas masuk kejalan yang dapat belawan dengan lalu lintas lainnya.

Pada persimpangan sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintasnya dipisahkan menjadi 2 (dua) bagian :

1. Simpang bersinyal (signalised intersection) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir.

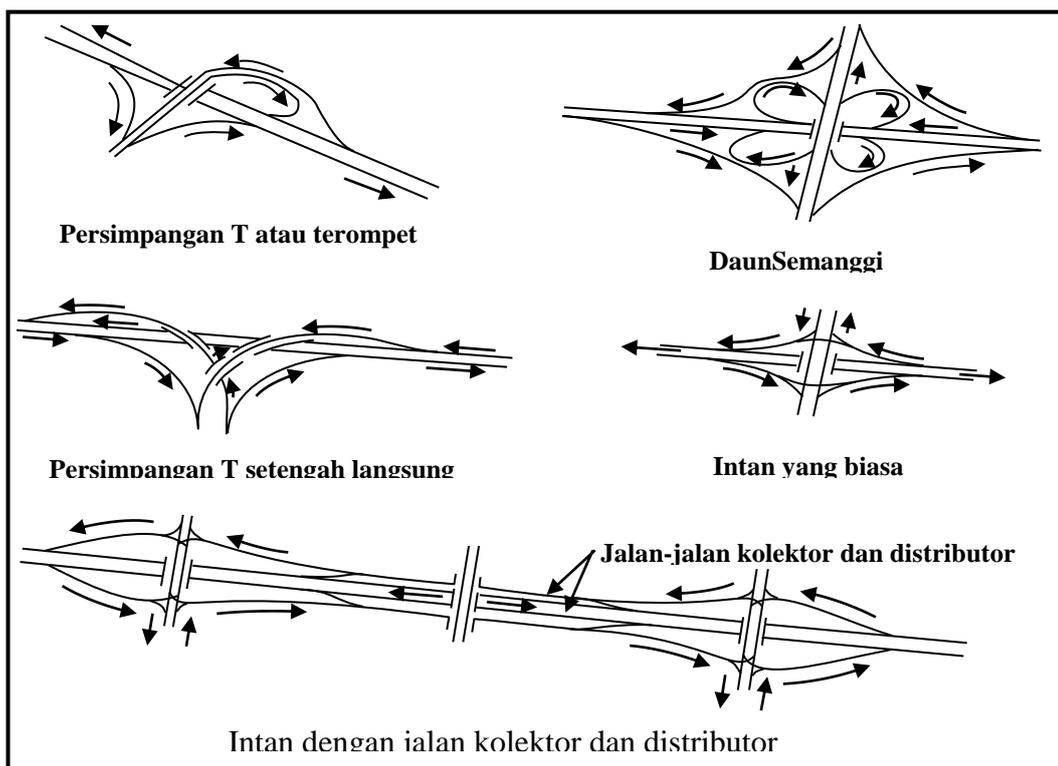
2. Simpang tak bersinyal (unsignalised intersection) adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan sinyal pada pengaturannya.



Gambar 2.1 Berbagai Jenis Persimpangan Jalan Sebidang

Sumber : MKJI 1997

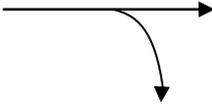
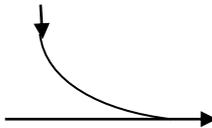
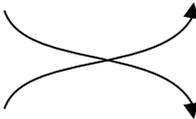
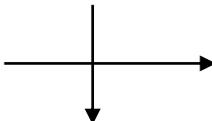
Sedangkan persimpangan tak sebidang, sebaiknya yaitu memisahkan lalu lintas pada jalur yang berbeda sedemikian rupa sehingga persimpangan jalur dari kendaraan-kendaraan hanya terjadi pada tempat dimana kendaraan-kendaraan memisah dari atau bergabung menjadi satu lajur gerak yang sama (contoh jalan layang), karena kebutuhan untuk menyediakan gerakan membelok tanpa berpotongan, maka dibutuhkan tikungan yang besar dan sulit serta biayanya yang mahal. Pertemuan jalan tidak sebidang juga membutuhkan daerah yang luas serta penempatan dan tata letaknya sangat dipengaruhi oleh topografi. Adapun contoh simpang susun disajikan secara visual pada gambar berikut.



Gambar 2.2 Beberapa Contoh Simpang Susun Jalan Bebas Hambatan

Sumber : MKJI 1997

Pergerakan arus lalu lintas pada persimpangan juga membentuk suatu manuver yang menyebabkan sering terjadi konflik dan tabrakan kendaraan. Pada dasarnya manuver dari kendaraan dapat dibagi atas 4 jenis, yaitu :

1. Berpencar (diverging) 
2. Bergabung (merging) 
3. Bersilangan (weaving) 
4. Berpotongan (crossing) 

Sumber : Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas & Angkutan Kota, (1999; hal.31)

2.4 Karakteristik Lalu Lintas

1. Arus lalu lintas jalan

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melalui titik tertentu persatuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan perjam atau smp/jam. Arus lalu lintas perkotaan terbagi menjadi empat (4) jenis yaitu :

a. Kendaraan ringan / *Light vehicle* (LV)

Meliputi kendaraan bermotor 2 as beroda empat dengan jarak as 2,0–3,0 m (termasuk mobil penumpang, mikrobis, pick-up, truk kecil, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)

b. Kendaraan berat/ *Heavy Vehicle* (HV)

Meliputi kendaraan motor dengan jarak as lebih dari 3,5 m biasanya beroda lebih dari empat (termasuk bis, truk dua as, truk tiga as, dan truk kombinasi).

c. Sepeda Motor/ *Motor cycle* (MC)

Meliputi kendaraan bermotor roda 2 atau tiga (termasuk sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)

d. Kendaraan Tidak Bermotor / *Un Motorized* (UM)

Meliputi kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia, hewan, dan lain-lain (termasuk becak,sepeda,kereta kuda,kereta dorong dan lain-lain sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

2. Volume Lalu lintas

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pengamatan dalam satu satuan waktu. Volume lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$q = \frac{n}{t} \quad (1)$$

Dimana :

q = Volume lalu lintas yang melalui suatu titik

n = Jumlah kendaraan yang melalui titik itu dalam interval waktu pengamatan

t = Interval waktu pengamatan

3. Kecepatan

Kecepatan merupakan besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh. Kecepatan dapat diukur sebagai kecepatan titik, kecepatan perjalanan, kecepatan ruang dan kecepatan gerak. Kelambatan merupakan waktu yang hilang pada saat kendaraan berhenti, atau tidak dapat berjalan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan karena adanya sistem pengendali atau kemacetan lalu-lintas. Adapun rumus untuk menghitung kecepatan:

$$V = \frac{d}{t} \quad (2)$$

Dimana :

V = Kecepatan (km/jam, m/det)

d = Jarak tempuh (km, m)

t = Waktu tempuh (jam, detik)

4. Kepadatan

Kepadatan adalah jumlah rata-rata kendaraan persatuan panjang jalur gerak dalam waktu tertentu, dan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$K = \frac{n}{L} \quad (3)$$

Dimana :

K = Kepadatan (kend/km)

n = Jumlah kendaraan di jalan

L = Panjang jalan (km)

5. Kapasitas

Kapasitas jalan adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu. Penghitungan kapasitas suatu ruas jalan perkotaan sebagai berikut :

$$C = C_{ox} \cdot FC_{wx} \cdot FC_{sp} \cdot FC_{sf} \cdot FC_{cs} \quad (4)$$

Dimana :

- C = Kapasitas ruas jalan (smp/jam)
- C_o = Kapasitas dasar (smp/jam)
- FC_w = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas
- FC_{sp} = Faktor penyesuaian pemisahan arah
- FC_{sf} = Faktor penyesuaian hambatan samping
- FC_{cs} = Faktor penyesuaian ukuran kota

Penentu kapasitas dasar (C_o) jalan ditentukan berdasarkan tipe jalan dan jumlah jalur, terbagi atau tidak terbagi, seperti dalam tabel.

Tabel 2.2 Kapasitas (C_o)

No	Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Keterangan
1	Empat Lajur Terbagi	1650	Perlajur
2	Empat Lajur Tak Terbagi (4/2 UD)	1500	Perlajur
3	Dua Lajur Tidak Terbagi	2900	Total untuk dua arah

Sumber : MKJI (1997)

6. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Untuk menghitung derajat kejenuhan pada suatu ruas jalan perkotaan dengan rumus sebagai berikut :

$$DS = Q/C \quad (5)$$

Dimana :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus maksimum (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

2.5 Hambatan Samping

Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas dari aktifitas samping segmen jalan. Banyaknya aktifitas samping jalan sering menimbulkan berbagai konflik yang sangat besar pengaruhnya terhadap kelancaran lalu lintas.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kelas hambatan samping dengan frekuensi bobot kejadian per jam per 200 meter dari segmen jalan yang diamati, pada kedua sisi jalan seperti tabel berikut :

Tabel 2.3 Penentuan Tipe Frekuensi Kejadian Hambatan Samping

No	Tipe Kejadian Hambatan Samping	Simbol	Faktor Bobot
1	Pejalan kaki	PED	0.5
2	Kendaraan parkir	PSV	1
3	Kendaraan masuk dan keluar sisi jalan	EEV	0.7
4	Kendaraan lambat	SMV	0.4

Sumber : MKJI 1997

Untuk mengetahui nilai kelas hambatan samping, maka tingkat hambatan samping telah dikelompokkan dalam 5 kelas dari yang sangat rendah sampai tinggi dan sangat tinggi.

Tabel 2.4 Nilai Kelas Hambatan Samping

No	Kelas Hambatan Samping (SCF)	Kode	Jumlah Kejadian 200 m/jam	Kondisi Daerah
1	Sangat rendah	VL	< 100	Daerah Pemukiman : Hampir tidak ada pemukiman
2	Rendah	L	100 - 299	Daerah Pemukiman : Berupa angkutan umum, dsb
3	Sedang	M	300 - 499	Daerah Industri : Beberapa toko di sisi jalan
4	Tinggi	H	500 - 899	Daerah Komersial : Aktifitas sisi jalan yang tinggi
5	Sangat tinggi	VH	> 900	Daerah Komersial : Aktifitas pasar di samping jalan

Sumber : MKJI 1997

Dalam menentukan nilai Kelas hambatan samping digunakan rumus:

$$SCF = PED + PSV + EEV + SMV \quad (6)$$

Dimana :

SCF= Kelas hambatan samping

PED= Frekuensi pejalan kaki

PSV= Frekuensi bobot kendaraan parkir

EEV= Frekuensi bobot kendaraan masuk/keluar sisi jalan

SMV= Frekuensi bobot kendaraan lambat

1. Faktor Pejalan Kaki.

Aktifitas pejalan kaki merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai kelas hambatan samping, terutama pada daerah-daerah yang merupakan kegiatan masyarakat seperti pusat-pusat perbelanjaan. Banyak jumlah pejalan kaki yang menyebrang atau berjalan pada samping jalan dapat menyebabkan laju kendaraan menjadi terganggu. Hal ini semakin diperburuk oleh kurangnya kesadaran pejalan kaki untuk menggunakan fasilitas-fasilitas jalan yang tersedia, seperti trotoar dan tempat-tempat penyeberangan.

2. Faktor kendaraan parkir dan berhenti

Kurangnya tersedianya lahan parkir yang memadai bagi kendaraan dapat menyebabkan kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan. Pada daerah-daerah yang mempunyai tingkat kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi, kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan dapat memberikan pengaruh terhadap kelancaran arus lalu lintas.

Kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan akan mempengaruhi kapasitas lebar jalan dimana kapasitas jalan akan semakin sempit karena pada samping jalan tersebut telah diisi oleh kendaraan parkir dan berhenti.

3. Faktor kendaraan masuk/keluar pada samping jalan

Banyaknya kendaraan masuk/keluar pada samping jalan sering menimbulkan berbagai konflik terhadap arus lalu lintas perkotaan. Pada daerah-daerah yang lalu lintasnya sangat padat disertai dengan aktifitas masyarakat yang cukup tinggi, kondisi ini sering menimbulkan masalah dalam kelancaran arus lalu lintas. Dimana arus lalu lintas yang melewati ruas jalan tersebut menjadi terganggu yang dapat mengakibatkan terjadinya kemacetan.

4. Faktor kendaraan lambat

Yang termasuk dalam kendaraan lambat adalah becak, gerobak dan sepeda. Laju kendaraan yang berjalan lambat pada suatu ruas jalan dapat mengganggu aktifitas-aktifitas kendaraan yang melewati suatu ruas jalan. Oleh karena itu kendaraan lambat merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kelas hambatan samping.

2.6 Kinerja Simpang Bersinyal

1. Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas adalah peralatan yang dioperasikan secara mekanis, atau elektrik untuk memerintahkan kendaraan-kendaraan agar berhenti atau berjalan. Peralatan standar ini terdiri dari sebuah tiang, dan kepala lampu dengan tiga lampu yang warnanya beda (merah, kuning, hijau).

Tujuan dari pemasangan lampu lalu lintas adalah :

- a. Menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas yang berlawanan, sehingga kapasitas persimpangan dapat dipertahankan selama keadaan lalu lintas puncak.
- b. Menurunkan tingkat frekuensi kecelakaan.
- c. Mempermudah menyeberangi jalan utama bagi kendaraan dan/ atau pejalan kaki dari jalan minor.

Lampu lalu lintas dipasang pada suatu persimpangan berdasarkan alasan spesifik :

- a. Untuk meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan.
- b. Untuk mengurangi waktu tempuh rata-rata disebuah persimpangan, sehingga meningkatkan kapasitas.
- c. Untuk menyeimbangkan kualitas pelayanan di seluruh aliran lalu lintas.

Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas termasuk yang paling efektif, terutama untuk volume lalu lintas pada kaki simpang yang relatif tinggi. Pengaturan ini dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas pada waktu yang berbeda.

Beberapa istilah yang digunakan dalam operasional lampu persimpangan bersinyal :

- a. Siklus, urutan lengkap suatu lampu lalu lintas.
- b. Fase (*phase*), adalah bagian dari suatu siklus yang dialokasikan untuk kombinasi pergerakan secara bersamaan.
- c. Waktu Hijau Efektif, adalah periode waktu hijau yang dimanfaatkan pergerakan pada fase yang bersangkutan.
- e. Waktu Antar Hijau, waktu antara lampu hijau untuk satu fase dengan awal lampu hijau untuk fase lainnya.
- f. Rasio Hijau, perbandingan antara waktu hijau efektif dan panjang siklus.
- g. Merah Efektif, waktu selama suatu pergerakan atau sekelompok pergerakan secara efektif tidak diijinkan bergerak, dihitung sebagai panjang siklus dikurangi waktu hijau efektif.
- h. *Lost Time*, waktu hilang dalam suatu fase karena keterlambatan start kendaraan dan berakhirnya tingkat pelepasan kendaraan yang terjadi selama waktu kuning.

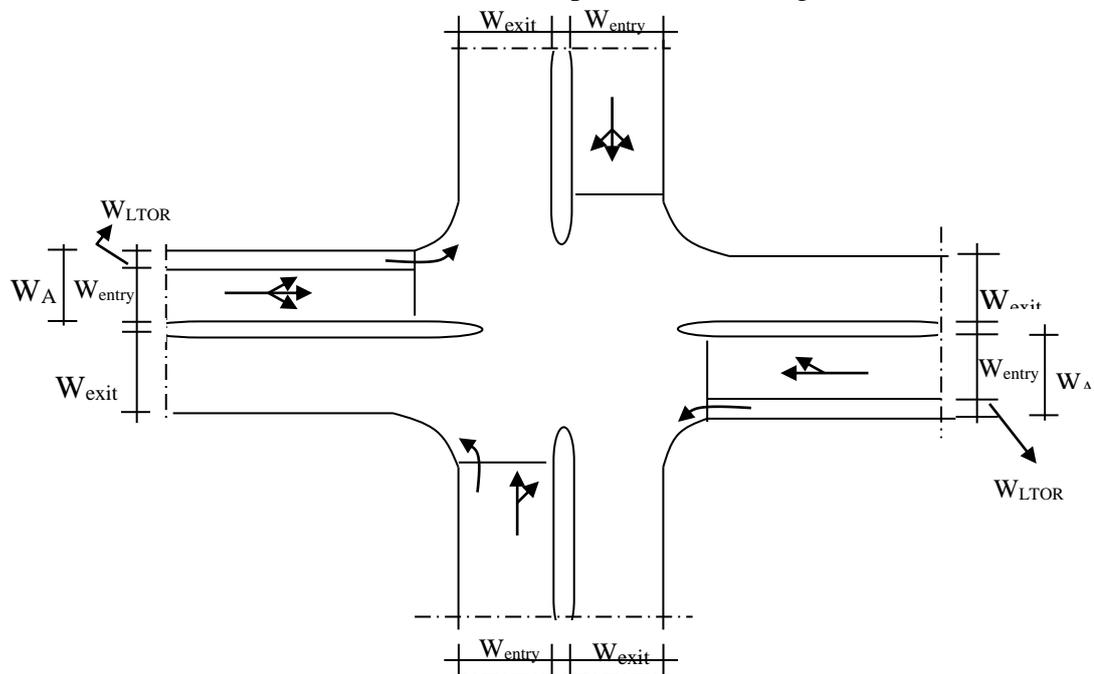
2. Geometrik Persimpangan

Geometrik persimpangan merupakan dimensi yang nyata dari suatu persimpangan. Oleh karenanya perlu di ketahui beberapa defenisi berikut ini :

1. *Approach* (kaki persimpangan), yaitu daerah pada persimpangan yang digunakan untuk antrian kendaraan sebelum menyeberangi garis henti.
2. *Approach width* (W_A) yaitu lebar approach atau lebar kaki persimpangan.

3. *Entry Width* (W_{entry}) yaitu lebar bagian jalan pada approach yang digunakan untuk memasuki persimpangan, diukur pada garis perhentian.
4. *Exit width* (W_{exit}) yaitu lebar bagian jalan pada approach yang digunakan kendaraan untuk keluar dari persimpangan.
5. *Width Left Turn On Red* ($W_{\text{L TOR}}$) yaitu lebar approach yang digunakan kendaraan untuk belok kiri pada saat lampu merah.

Untuk kelima hal tersebut diatas dapat dilihat dalam gambar berikut :

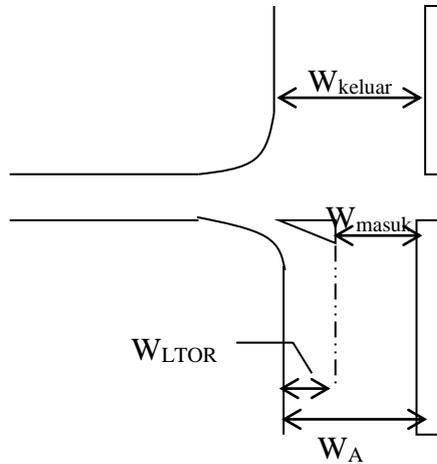


Gambar 2.3 Geometrik Persimpangan Dengan Lampu Lalu Lintas

Sumber : MKJI 1997

6. *Effective approachwidth* (W_e) yaitu lebar efektif kaki persimpangan yang dijelaskan dalam gambar berikut :

a) untuk *approach* tipe O dan P



Gambar 2.4 Lebar Efektif Kaki Persimpangan

Sumber : MKJI 1997

jika $W_{LTOR} > 2$ m, maka : $W_e = W_A - W_{LTOR}$ atau (7)

$W_e = W_{entry}$, (digunakan nilai terkecil)

jika $W_{LTOR} < 2$ m, maka : $W_e = W_A$ atau (8)

$W_e = W_{entry}$, (digunakan nilai terkecil)

b) kontrol untuk *approach* tipe P

$$W_{exit} = W_{entry} \times (1 - P_{RT} - P_{LT} - P_{LTOR}) \quad (9)$$

Dimana :

W_e = Lebar efektif kaki persimpangan

W_A = Lebar kaki persimpangan

W_{LTOR} = Lebar kendaraan yang digunakan kendaraan untuk belok kiri pada saat lampu merah

W_{entry} = Lebar jalan yang digunakan untuk memasuki simpang

W_{exit} = Lebar bagian jalan yang digunakan kendaraan untuk keluar dari persimpangan

P_{RT} =Rasio volume kendaraan belok kanan terhadap volume total

P_{LT} =Rasio volume kendaraan belok kiri terhadap volume total

$P_{L TOR}$ =Rasio volume kendaraan belok kiri langsung terhadap volume total

3. Kondisi Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas (Q) pada 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. Nilai emp tiap jenis kendaraan berdasarkan pendekatnya dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Tabel 2.5 Nilai EMP untuk Jenis Kendaraan Berdasarkan Pendekat

No	EMP	
	Pendekat Terlindung	Pendekat Terlawan
1	1.0	1.0
2	1.3	1.3
3	0.2	0.4

Sumber : MKJI (1997; hal.10)

4. Karakteristik Sinyal Dan Pergerakan Lalu Lintas

Persimpangan pada umumnya diatur oleh sinyal lalu lintas, hal ini dikarenakan beberapa alasan, seperti faktor keselamatan dan efektivitas pergerakan dari arus kendaraan dan pejalan kaki yang saling bertemu pada saat melintasi persimpangan.

Parameter dasar dalam perhitungan pengaturan waktu sinyal secara umum meliputi parameter pergerakan, parameter waktu dan parameter ruang

(geometrik). Dalam hal ini, perhitungan waktu sinyal juga termasuk perhitungan kinerja lalu lintas di persimpangan seperti tundaan, antrian, dan jumlah stop.

a. Penggunaan Sinyal

1. Fase Sinyal

Berangkatnya arus lintas selama waktu hijau sangat dipengaruhi oleh rencana fase yang memperhatikan gerakan kanan. Jika arus belok kanan dari suatu pendekat yang ditinjau dan/atau dari arah berlawanan terjadi dalam fase yang sama dengan arus berangkat lurus dan belok kiri dari pendekat tersebut maka arus berangkat tersebut dianggap terlawan.

Jika tidak ada arus belok kanan dari pendekat-pendekat tersebut atau jika arus belok kanan diberangkatkan ketika lalu lintas lurus dari arah berlawanan sedang menghadapi merah, maka arus berangkat tersebut dianggap sebagai arus terlindung.

2. Waktu Antar Hijau Dan Waktu Hilang

Waktu antar hijau didefinisikan sebagai waktu antara hijau suatu fase dan awal waktu hijau fase berikutnya. Waktu antar hijau terdiri dari waktu kuning dan waktu merah semua. Waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase, harus memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan pertama pada fase berikutnya.

Waktu Merah Semua dirumuskan sebagai berikut

$$MERAH\ SEMUA = \left[\frac{(L_{EV} + l_{EV})}{V_{LV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]_{\max} \quad (10)$$

Dimana :

L_{EV}, L_{AV} = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

l_{EV} = Panjang kendaraan yang berangkat (m)

V_{EV}, V_{AV} = Kecepatan masing-masing kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det)

Nilai-nilai yang dipilih untuk V_{EV} , V_{AV} dan l_{EV} tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Untuk Indonesia, nilai-nilai tersebut ditentukan sebagai berikut :

Kecepatan kendaraan yang datang :

$$V_{AV} = 10 \text{ m/det (kend. bermotor)} \quad (11)$$

Dimana :

V_{AV} = Kecepatan masing-masing kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det)

Kecepatan kendaraan yang berangkat :

$$V_{EV} = 10 \text{ m/det (kend. bermotor)}$$

$$3 \text{ m/det (kend tak bermotor)}$$

$$1.2 \text{ m/det (pejalan kaki)} \quad (12)$$

Dimana :

V_{EV} = Kecepatan masing-masing kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det)

Panjang kendaraan yang berangkat :

$$l_{EV} = 5 \text{ m (LV atau HV)}$$

$$2 \text{ m (MC atau UM)} \quad (13)$$

Dimana :

$$l_{EV} = \text{Panjang kendaraan yang berangkat (m)}$$

Jika periode merah semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan maka waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau.

$$LTI = \Sigma(\text{MerahSemua} + \text{Kuning})_i = \Sigma I_{gi} \quad (14)$$

Dimana :

$$LTI = \text{Waktu hilang}$$

b. Penentuan Waktu Sinyal

1. Tipe Pendekat Efektif

Tipe pendekat pada persimpangan bersinyal umumnya dibedakan atas dua macam yaitu :

- a. Tipe terlindung (tipe P) yaitu pergerakan kendaraan pada persimpangan tanpa terjadi konflik antar kaki persimpangan yang berbeda saat lampu hijau pada fase yang sama.
- b. Tipe terlawan (tipe O) yaitu pergerakan kendaraan pada persimpangan dimana terjadi konflik antara kendaraan berbelok kanan dengan kendaraan yang bergerak lurus atau belok kiri dari approach yang berbeda saat lampu hijau pada fase yang sama.

2. Lebar Pendekat Efektif.

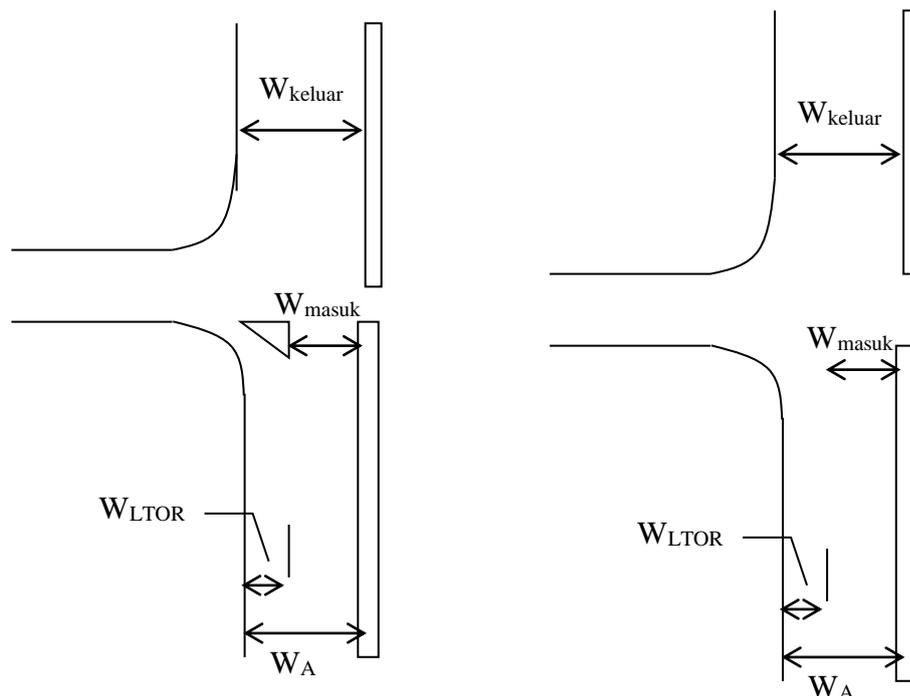
Lebar efektif (W_e) dari setiap pendekat ditentukan berdasarkan informasi tentang lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{masuk}), dan lebar keluar (W_{keluar}) serta rasio arus lalu lintas berbelok.

a. Prosedur untuk pendekat tanpa belok kiri langsung (LTOR)

Jika $W_{keluar} < W_e \times (1 - P_{RT} - P_{LTOR})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{keluar} dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja ($Q = Q_{ST}$)

b. Prosedur untuk pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR)

Lebar efektif (W_e) dapat dihitung untuk pendekat dengan atau tanpa pulau lalu lintas seperti gambar berikut :



Gambar 2.5 Pendekat Dengan Atau Tanpa Pulau Lalu Lintas

Sumber : MKJI 1997

3. Faktor-Faktor Penyesuaian

Faktor-faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar pada kedua tipe pendekat P dan O adalah sebagai berikut :

- a. Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dengan tabel berikut sebagai fungsi dari ukuran kota.

Tabel 2.6Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

No	Penduduk Kota (juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
1	> 3.0	1.05
2	1.0 - 3.0	1.00
3	0.5 - 1.0	0.94
4	0.1 - 0.5	0.83
5	< 0.1	0.82

Sumber : MKJI (1997; hal 53)

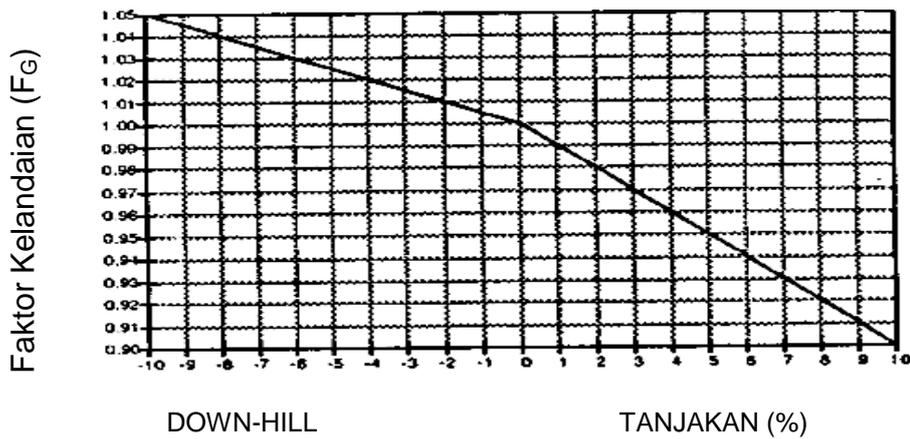
b. Faktor penyesuaian hambatan samping ditentukan dengan tabel berikut :

Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian Untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, Dan Kendaraan Tak Bermotor

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0.00	0.05	0.10	0.15	0.2	≥ 0.25
Komersial	Tinggi	Terlawan	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.7
		Terlindung	0.93	0.91	0.88	0.87	0.85	0.81
	Sedang	Terlawan	0.94	0.89	0.85	0.80	0.75	0.71
		Terlindung	0.94	0.92	0.89	0.88	0.86	0.82
	Rendah	Terlawan	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.72
		terlindung	0.95	0.93	0.90	0.89	0.87	0.83
Pemukiman	Tinggi	Terlawan	0.96	0.91	0.86	0.81	0.78	0.72
		Terlindung	0.96	0.94	0.92	0.89	0.86	0.84
	Sedang	Terlawan	0.97	0.92	0.87	0.82	0.79	0.73
		Terlindung	0.97	0.95	0.93	0.90	0.87	0.85
	Rendah	Terlawan	0.98	0.93	0.88	0.83	0.80	0.74
		terlindung	0.98	0.96	0.94	0.91	0.88	0.86
Akses terbatas	Tinggi/sedang/rendah	Terlawan	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
		terlindung	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88

Sumber : MKJI (1997; hal.53)

c. Faktor penyesuaian kelandaian sebagai fungsi dari kelandaian (MKJI 1997; hal.54)



Gambar 2.6Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (FG)

d. Faktor penyesuaian parkir sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama. Faktor ini juga dapat dihitung dari rumus berikut :

$$F_p = [(L_p/3 - (W_A - 2) \times (L_p/3 - g) / W_A] / g \quad (15)$$

Dimana :

L_p = Jarak antar garis henti dan kendaraan yang parkir pertama (m)

atau panjang dari lajur pendek

W_A = Lebar pendekat (m)

g = Waktu hijau pada pendekat

1. Faktor-faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar untuk pendekat tipe P adalah sebagai berikut : (MKJI, 1997; hal.55)

- a. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) dapat ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan P_{RT} . Untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{RT} = 1.0 + P_{RT} \times 0.26 \quad (16)$$

Dimana :

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

P_{RT} = Rasio volume kendaraan belok kanan terhadap volume total

- b. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri P_{LT} . Untuk pendekat tipe P, tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk

$$F_{LT} = 1.0 - P_{LT} \times 0.16 \quad (17)$$

Dimana :

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

P_{LT} = Rasio volume kendaraan belok kiri terhadap volume total

4. Arus Jenuh

Sebuah studi tentang Bergeraknya kendaraan melewati garis henti disebuah persimpangan menunjukkan bahwa ketika lampu hijau mulai menyala, kendaraan membutuhkan waktu beberapa saat untuk mulai bergerak dan melakukan percepatan menuju kecepatan normal, setelah beberapa detik, antrian kendaraan mulai bergerak pada kecepatan yang relative konstan, ini disebut Arus jenuh.

MKJI menjelaskan Arus jenuh biasanya dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (18)$$

Dimana :

S_0 = Arus jenuh dasar

F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota berdasarkan jumlah penduduk

F_{RSU} = Faktor penyesuaian lingkungan jalan dan hambatan samping

F_G = Faktor kelandaian jalan

F_P = Faktor penyesuaian parkir

F_{P} = Faktor penyesuaian belok kiri

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kanan

5. Rasio Arus

Ada beberapa langkah dalam menentukan rasio arus jenuh yaitu :

a. Arus lalu lintas masing-masing pendekat (Q)

1. Jika $W_e = W_{keluar}$, maka hanya gerakan lurus saja yang dimasukkan dalam nilai Q .

2. Jika suatu pendekat mempunyai sinyal hijau dalam dua fase, yang satu untuk arus terlawan (Q) dan yang lainnya arus terlindung (P), maka gabungan arus lalu lintas sebaiknya dihitung sebagai smp rata-rata berbobot untuk kondisi

terlawan dan terlindung dengan cara yang sama seperti pada perhitungan arus jenuh.

b. Rasio arus (FR) masing-masing pendekat :

$$FR = Q / S \quad (19)$$

Dimana :

FR = Rasio arus

Q = Arus maksimum (smp/jam)

S = Standar deviasi

c. Menentukan tanda rasio arus kritis (FR_{CRLT}) tertinggi pada masing-masing fase.

d. Rasio arus simpang (IFR) sebagai jumlah dari nilai-nilai FR_{CRLT}

$$IFR = \Sigma (FR_{CRLT}) \quad (20)$$

Dimana :

IFR = Rasio arus simpang $\Sigma (FR_{CRLT})$

FR_{CRLT} = Rasio arus kendaraan ke kanan dan kekiri

e. Rasio fase (PR) masing-masing fase sebagai rasio antara FR_{CRLT} dan IFR

$$PR = FR_{CRLT} / IFR \quad (21)$$

Dimana :

PR = Rasio fase

IFR = Rasio arus simpang $\Sigma (FR_{CRLT})$

FR_{CRLT} = Rasio arus kendaraan ke kanan dan kekiri

6. Waktu Siklus Dan Waktu Hijau

Panjang waktu siklus pada *fixed time operation* tergantung dari volume lalu lintas. Bila volume lalu lintas tinggi waktu siklus lebih panjang. Panjang waktu siklus mempengaruhi tundaan kendaraan rata-rata yang melewati persimpangan. Bila waktu siklus pendek, bagian dari waktu siklus yang terambil oleh kehilangan waktu dalam periode antar hijau dan kehilangan waktu awal menjadi tinggi, menyebabkan pengatur sinyal tidak efisien. Sebaliknya bila waktu siklus panjang, kendaraan yang menunggu akan lewat pada awal periode hijau dan kendaraan yang lewat pada akhir periode hijau mempunyai waktu antara yang besar.

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) untuk pengendalian waktu tetap. (MKJI, 1997)

$$C_{ua} = (1.5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (22)$$

Dimana :

C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total persiklus (det)

IFR = Rasio arus simpang Σ (FR_{CRLT})

Tabel di bawah ini memberikan waktu siklus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda :

Tabel 2.8 Waktu Siklus Yang Disarankan

No	Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (det)
1	Pengaturan dua fase	40 - 80
2	Pengaturan tiga fase	50 - 100
3	Pengaturan empat fase	80 - 130

Sumber : MKJI (1997; hal.60)

2. Waktu hijau

Waktu hijau (g) untuk masing-masing fase :

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \quad (23)$$

Dimana :

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase I (det)

C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total persiklus

PR_i = Rasio fase $FR_{CRLT} / \Sigma (FR_{CRLT})$

3. Waktu siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) sesuai waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang (LTI) :

$$c = \Sigma g + LTI \quad (24)$$

Dimana :

c = Waktu siklus yang disesuaikan

g = Waktu hijau pada pendekat

LTI = Waktu hilang total persiklus

Komponen-komponen waktu siklus meliputi :

- a.. Waktu hijau, yaitu waktu nyala hijau pada suatu periode pendekat (detik).
- b. Waktu Kuning (*Amber*) adalah waktu kuning dinyalakan setelah hijau dari suatu pendekat (detik).
- c. Waktu Merah semua (*All Red*) adalah waktu dimana sinyal merah menyala bersamaan dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh fase sinyal yang berlawanan.
- d. Waktu Antar hijau (*Intergreen*) adalah periode kuning dan waktu merah semua (*all red*) yang merupakan transisi dari hijau ke merah untuk setiap fase sinyal.

7. Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah maksimum arus kendaraan yang dapat melewati persimpangan jalan (*intersection*).

Menghitung kapasitas masing-masing pendekat :

$$C = S \times g/c \quad (25)$$

Dimana :

- C = Kapasitas (smp/jam)
- S = Arus jenuh (smp/jam)
- g = Waktu hijau (detik)
- c = Waktu siklus (detik)

Menghitung derajat kejenuhan masing-masing pendekat :

$$DS = Q / C \quad (26)$$

Dimana :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

8. Perilaku Lalu Lintas

Dalam menentukan perilaku lalu lintas pada persimpangan bersinyal dapat ditetapkan berupa panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

a. Panjang Antrian

1. Untuk menghitung jumlah antrian yang tersisa dari fase hijau sebelumnya digunakan hasil perhitungan derajat kejenuhan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. (MKJI, 1997).

Untuk $DS > 0.5$:

$$NQ_1 = 0.25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0.5)}{C}} \right] \quad (27)$$

Untuk $DS < 0.5$ atau $DS = 0.5$; $NQ_1 = 0$

Dimana :

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam) = Arus jenuh dikalikan rasio hijau (SxGR)

2. Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2).

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (28)$$

Dimana :

NQ_2 = Jumlah smp yang tersisa dari fase merah

DS	= Derajat kejenuhan
GR	= Rasio hijau (g/c)
c	= Waktu siklus
Q_{masuk}	= Arus lalu lintas pada tempat masuk di luar LTOR (smp/jam)

3. Jumlah kendaraan antri.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (29)$$

Dimana :

NQ = Jumlah smp kendaraan antri

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 = Jumlah smp yang tersisa dari fase merah

4. Panjang antrian (QL) dengan mengalikan NQ_{max} dengan luas rata-rata yang dipergunakan persmp (20 m_2) kemudian bagilah dengan lebar masuknya.

$$QL = \frac{NQ_{\text{max}} \times 20}{W_{\text{masuk}}} \quad (30)$$

Dimana :

QL = Panjang antrian

NQ_{max} = Jumlah smp kendaraan antri maksimum

W_{masuk} = Lebar jalan yang digunakan untuk memasuki simpang

b. Kendaraan Terhenti

1. Angka henti (NS) masing-masing pendekat yang didefenisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp. NS adalah fungsi dari NQ dibagi dengan waktu siklus (MKJI, 1997; hal.67).

$$NS = 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (31)$$

Dimana :

- c = Waktu siklus (detik)
- Q = Arus lalu lintas (smp/jam)
- NQ = Jumlah smp kendaraan antri

2. Jumlah kendaraan terhenti N_{sv} masing-masing pendekat.

$$N_{sv} = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \quad (32)$$

Dimana :

- N_{sv} = Jumlah kendaraan terhenti
- Q = Arus lalu lintas (smp/jam)
- NS = Angka henti

3. Angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend/jam.

$$NS_{tot} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{total}} \quad (33)$$

Dimana :

- NS_{tot} = Angka henti seluruh simpang
- Q_{total} = Arus simpang total (kend/jam)
- N_{sv} = Jumlah kendaraan terhenti

c. Tundaan

1. Tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang.

$$DT = c \times A \times \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (34)$$

Dimana :

DT = Tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

$$A = \frac{0.5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

GR = Rasio Hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

NQ₁ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)

2. Tundaan geometrik rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/ atau ketika dihentikan oleh lampu merah.

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \quad (35)$$

Dimana :

DG_j = Tundaan geometrik rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

P_{SV} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat

P_T = Rasio kendaraan berbelok

3. Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D₁) diperoleh dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total (Q_{tot}) dalam smp/jam.

$$D_1 = \frac{\sum(Q \times D_j)}{Q_{total}} \quad (36)$$

Dimana :

D_1 = Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang

Q = Arus maksimum (smp/jam)

Q_{total} = Arus simpang total (kend/jam)

Menurut Tamin (2000; hal.543) jika kendaraan berhenti terjadi antrian dipersimpangan sampai kendaraan tersebut keluar dari persimpangan karena adanya pengaruh kapasitas persimpangan yang sudah tidak memadai. Semakin tinggi nilai tundaan semakin tinggi pula waktu tempuhnya. Untuk menentukan indeks tingkat pelayanan (ITP) suatu persimpangan :

Tabel 2.9 ITP Pada Persimpangan Berlampu Lalu Lintas

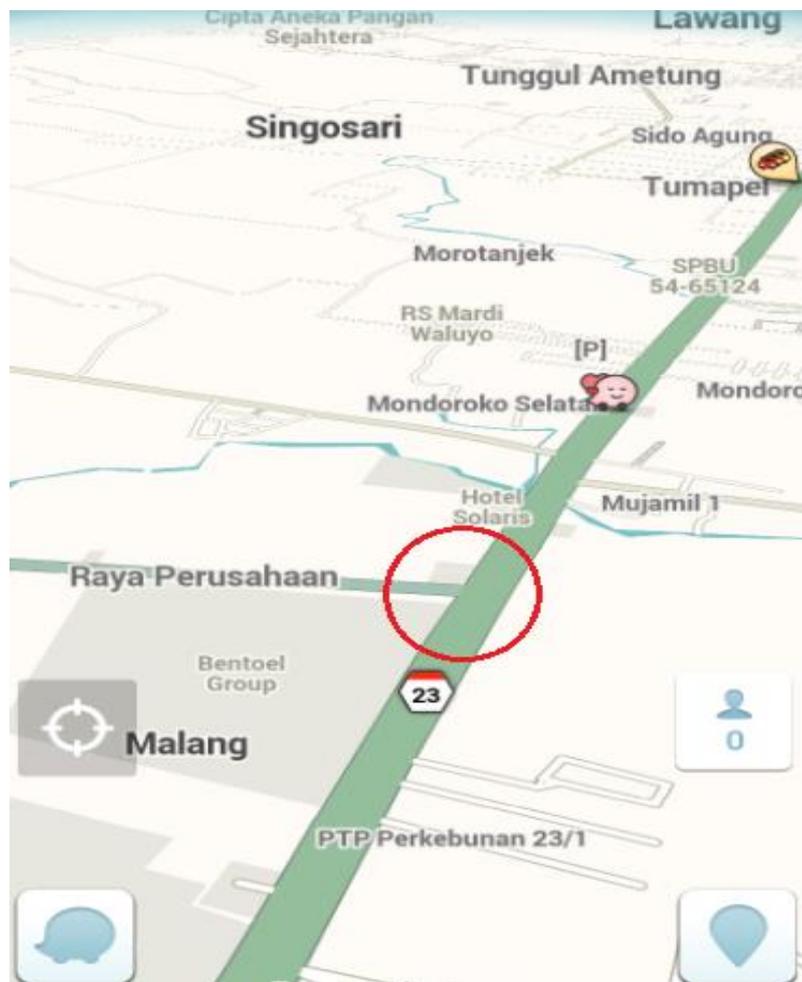
No	Indeks Tingkat Pelayanan (ITP)	Tundaan Kendaraan (detik)
1	A	≤ 5.0
2	B	5.1 - 15.0
3	C	15.0 - 25.0
4	D	25.1 - 40.1
5	E	40.1 - 60.0
6	F	≥ 60

Sumber : Tamin (2000; hal.543)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

1.1 Lokasi Penelitian



Sumber : Aplikasi WAZE

1.2 Metode Pengumpulan Data

Untuk mengumpulkan data dilakukan dua tahap yaitu pengumpulan data primer yang dilakukan melalui survey langsung di lapangan dan pengumpulan data sekunder yang berasal dari instansi pemerintah yang berkaitan dengan masalah lalu lintas.

1.2.1 Survey Data

Survey data adalah survey hasil pengamatan langsung di lokasi penelitian. Data primer yang dibutuhkan antara lain :

- a. Data geometrik jalan
- b. Data arus lalu lintas

1.3 Metode Pelaksanaan Survey

Dalam pengumpulan data perlu dilakukan survey untuk menganalisis kondisi jalan yang ditinjau, jenis survey yang dilakukan antara lain :

1. Survey geometrik jalan
 - a. Pengumpulan data dilakukan dengan mengukur langsung di lapangan berapa lebar jalan, lebar pendekat, jumlah lajur, lebar bahu jalan masing – masing ruas
 - b. Surveyor yang dibutuhkan minimal 2 (dua) orang, yaitu untuk mengukur geometrik jalan kemudian mengisi ke formulir yang telah disediakan

c. Alat – alat yang digunakan :

- Alat pengukur panjang (roll meter)
- Alat tulis
- Formulir survey

2. Survey volume lalu lintas

a. Survey ini dilakukan untuk mendapatkan data volume lalu lintas jam puncak. Pengumpulan data dilakukan dengan menempatkan surveyor pada suatu titik di tepi jalan, hal ini dimaksudkan agar surveyor mendapatkan pandangan yang jelas. Surveyor mencatat setiap kendaraan yang melintasi titik yang telah ditentukan.

b. Surveyor ditempatkan pada tiap kaki persimpangan, 2 (dua) orang tiap kaki untuk tiap arah lalu lintas dan tiap jenis kendaraan. Data yang diamati yaitu jumlah dan jenis kendaraan, hasil pengamatan dicatat ke dalam formulir yang telah disediakan

c. Alat – alat yang disediakan, antara lain :

- Alat penunjuk waktu (stopwatch)
- Alat tulis
- Alat penghitung
- Formulir survey

3. Survey Tundaan

- a. Survey ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja persipangan, menghitung efisiensi dan efektivitas pengendali persimpangan serta kapasitas lalu lintas pada persimpangan yang di tinjau. Survey tundaan dilakukan dengan metode pendekatan yang mana hanya dilakukan pada satu ruas jalan yaitu pada ruas Jl. Raya Karanglo (Singosari) dan hanya dilakukan pada jam – jam tidak sibuk agar data yang didapatkan maksimal.
- b. Surveyor yang dibutuhkan minimal 2 (dua) orang untuk mencatat data tundaan ke dalam formulir yang disediakan
- c. Alat – alat yang digunakan antara lain :
 - Alat penghitung (counter)
 - Alat tulis
 - Stopwatch/jam digital
 - Formulir survey
- d. Waktu dan Jumlah Survey

Survey dilakukan selama 5 menit untuk jumlah kendaraan yang berhenti dan jumlah kendaraan yang tidak berhenti. Dan selama 15 detik untuk survey arus pada kaki persimpangan.
- e. Langkah – langkah Survey
 - Surveyor ke – 1 melakukan survey pada lajur yang telah ditentukan dan menghitung semua kendaraan

yang memasuki persimpangan dari kaki persimpangan dari kaki persimpangan selama % menit yang terdiri atas kendaraan yang berhenti dan menerus pada lajur di kaki persimpangan tersebut;

- Surveyor ke – 2 melakukan survey pada lajur yang sama dengan pengamat ke – 1 dan menghitung semua kendaraan yang berhenti dan sedang menunggu untuk memasuki persimpangan pada kaki persimpangan tersebut dalam interval waktu 15 detik;

4. Survey Panjang Antrian

- a. Survey panjang antrian dimaksudkan untuk memperoleh data panjang antrian pada saat waktu sinyal merah
- b. Membuat tanda seperti bendera merah di titik – titik tertentu untuk mempermudah mengetahui panjang antrian
- c. Surveyor ditempatkan pada titik yang telah ditentukan, surveyor yang diperlukan 1 (satu) orang tiap titik pengamatan untuk menentukan panjang antrian kendaraan pada saat waktu sinyal merah
- d. Alat – alat yang digunakan antara lain :
 - Alat pengukur panjang (roll meter)
 - Alat pemberi tanda (patok atau penanda) untuk mengetahui panjang antrian kendaraan pada saat waktu sinyal merah

- Alat tulis
- Formulir survey

1.4 Waktu Survey

Pengambilan data lalu lintas (survey) dilakukan secara menerus yaitu mulai pukul 06.00 – 18.00 WIB. Pengambilan data dilakukan 4 hari dalam seminggu yaitu pada hari Senin, Rabu, Sabtu dan minggu.

1.5 Metode Analisis Data

Dalam penyelesaian skripsi ini, metode perhitungan dan analisa untuk keperluan alternatif rencana diambil dari Buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga. Diharapkan perhitungan berdasarkan data di lapangan dapat mengoptimalkan kinerja simpang.

Alternatif yang direkomendasikan untuk penanggulangan kemacetan antara lain :

a. Alternatif I

Pada alternatif pertama ini, perhitungan berdasarkan data di lapangan dengan mengoptimalkan kinerja simpang melalui hasil analisa berdasarkan metode MKJI 1997.

b. Alternatif II

Alternatif kedua dilakukan perhitungan setting ulang pada lampu lalu lintas berdasarkan kondisi dan data lalu lintas

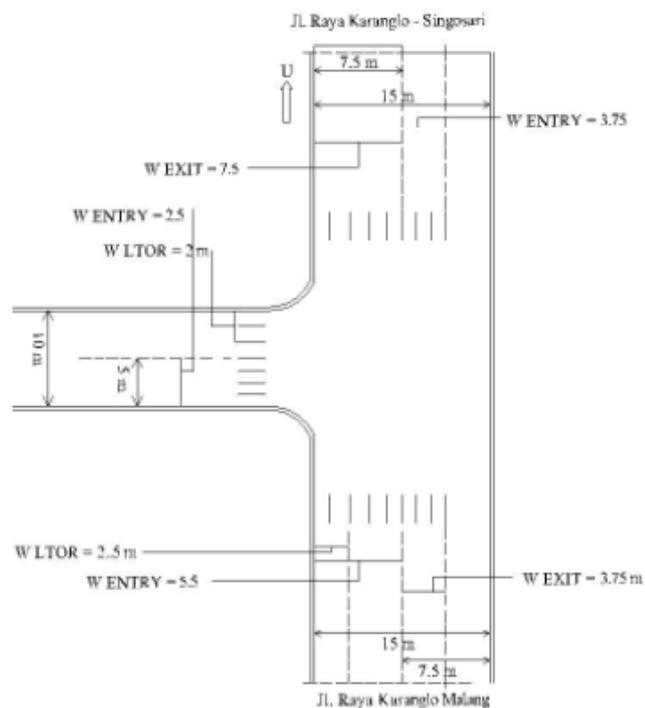
existing melalui hasil analisa berdasarkan metode MKJI
1997.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA SURVEY

4.1 Dimensi Geometrik

Pada simpang Pertigaan Jalan Raya Karanglo ini merupakan simpang bersinyal yang memiliki 3 lengan. Bentuk geometrik pada masing-masing lengan tidak sama. Lebar Jalan pada lengan Jalan Raya Karanglo lebih besar daripada lengan Jaan Raya Perusahaan. Survei yang dilakukan meliputi pengukuran lebar tiap kaki simpang, penentuan lebar pendekatan, dan pencatatan fasilitas lain. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut dan Tabel.4.1 :



Gambar 4.1 Lokasi Survey Pertigaan Jalan Raya Karanglo Kabupaten Malang

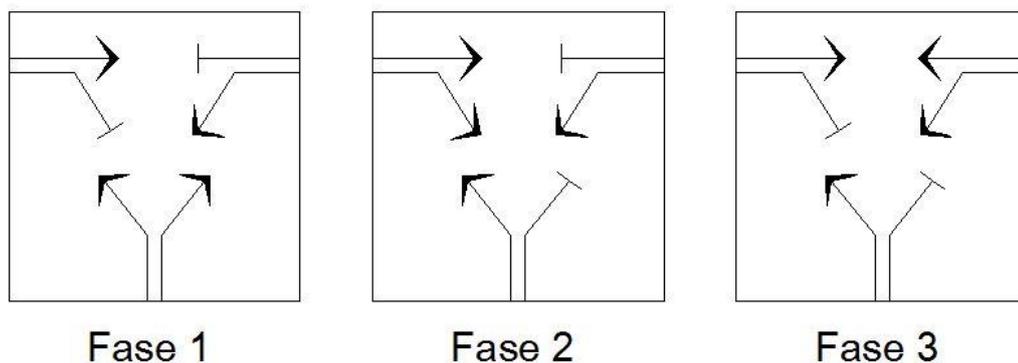
Tabel 4.1 Data Geometrik Simpang Bersinyal

No	Data	Pendekat Jalan Raya Karanglo Malang	Pendekat Jalan Raya Karanglo Singosari	Pendekat Jalan Raya Perusahaan Batu
1	Kode Pendekat	S (Selatan)	U (Utara)	T (Timur)
2	Jumlah Lajur	2	2	1
3	Jumlah Jalur	2	2	2
4	Lebar Jalan	24	24	20
5	Lebar Pendekat	6	5	6
6	Median	Ada	Ada	Tidak Ada

Sumber : Pengamatan di lapangan

4.2 Fase dan Sinyal Lampu Isyarat Lalu Lintas Simpang

Pemisahan – pemisahan pergerakan aruk kendaraan pada simpang menggunakan fase tertentu. Fase (*phase*), adalah bagian dari suatu siklus yang dialokasikan untuk kombinasi pergerakan secara bersamaan mengikuti isyarat lampu lalu lintas. Lampu lalu lintas merupakan peralatan yang dioperasikan secara mekanis, atau elektrik untuk memerintahkan kendaraan-kendaraan agar berhenti atau berjalan. Peralatan standar ini terdiri dari sebuah tiang, dan kepala lampu dengan tiga lampu yang warnanya beda (merah, kuning, hijau).



Gambar 4.2 Kombinasi Pergerakan Fase Lalu Lintas Pada Lokasi Studi

Sumber : Hasil Survey Lapangan

Tabel 4.2 Data Geometrik Fase Waktu Siklus Simpang Bersinyal

No	Data	Fase 1	Fase 2	Fase 3
1	Lampu Hijau	20	20	20
2	Lampu Merah	54	54	54
3	Lampu Kuning	3	3	3
4	Waktu Siklus	77	77	77

Sumber : Hasil Survey Lapangan

Tujuan dari pemasangan lampu lalu lintas menurut MKJI (1997) adalah :

- a. Menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas yang berlawanan, sehingga kapasitas persimpangan dapat dipertahankan selama keadaan lalu lintas puncak.
- b. Menurunkan tingkat frekwensi kecelakaan
- c. Mempermudah menyeberangi jalan utama bagi kendaraan dan/ atau pejalan kaki dari jalan minor.

Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas termasuk yang paling efektif, terutama untuk volume lalu lintas pada kaki simpang yang relatif tinggi. Pengaturan ini dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas pada waktu yang berbeda.

4.3 Pengolahan Volume Arus Lalulintas

Pengamatan volume arus lalu lintas di lokasi studi dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung di lapangan. Pengamatan terhadap pengaruh simpang bersinyal kepada besarnya volume arus lalu lintas pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo di Kabupaten Malang dilakukan selama 4 (empat) hari masing-masing selama 13 jam dimulai pukul 06:00-19:00 WIB, dengan interval per lima belas menit. Survey volume lalu lintas dilakukan pada setiap lengan simpang dengan 3

pendekat simpang yaitu pendekat Jalan Raya Karanglo (Malang), Pendekat Jalan Raya Karanglo (Singosari), dan Pendekat Jalan Raya Perusahaan (Batu). Data yang dicatat pada survey volume lalu lintas jumlah setiap jenis kendaraan (kendaraan tak bermotor, kendaraan bermotor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat yang dibedakan antara bus dan truk) dengan arah pergerakan belok kiri, belok kanan dan lurus seperti pada tabel dibawah dengan interval 15 menit. Formulir Survey volume lalu lintas kendaraan bisa dilihat pada lampiran.

Pengolahan arus kendaraan dengan menghitung setiap kendaraan yang melalui titik / pos pengamatan pada setiap lengan simpang lokasi studi. Penyetaraan dalam satuan mobil penumpang (smp) digunakan sebagai dasar perhitungan volume lalu lintas pada jam puncak. Perhitungan dari kendaraan/jam menjadi smp/jam dihitung dengan jumlah interval 15 menit menjadi 1 jam sesuai ekivalen mobil penumpang yang terdapat pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.

Tabel 4.3 Emp (Ekivalen Mobil Penumpang)

No	Jenis Kendaraan	EMP	
		Pendekat Terlindung	Pendekat 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, Simpang Bersinyal : 2-10)

Contoh pengolahan volume lalu lintas kendaraan Pagi hari Senin, 28 Februari 2016 (Belok Kanan) pukul 06:00 – 07:00 WIB pada pendekat Selatan.

Tabel 4.4 Contoh Perhitungan Pengolahan Volume Senin Pendekat

Utara, jam 06.00 – 07.00 WIB

Formulir Survey Data Volume Lalu Lintas Lengan Utara

Lokasi / Titik Pengamatan : Lengan Utara
 Arah : Jl. Karanglo Singosari - (belok kanan) Jl. Perusahaan Batu
 Jl. Karanglo Singosari - (lurus) Jl. Karanglo Malang
 Cuaca : Mendung
 Hari / Tanggal : Minggu, 28 Februari 2016
 Nama Surveyor : Dian K & Sufia Eka

Periode	Jenis Kendaraan										Lurus	Belok Kanan	Total smp /jam	Total Kendaraan /jam	
	Tak Bermotor		Sepeda Motor		Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat								
	Lurus	Kanan	Lurus	Kanan	Lurus	Kanan	Bus		Truk						
							Lurus	Kanan	Lurus	Kanan					
06.00 - 06	0	4	265	145	45	34	5	0	0	0	104.5	67	171.5	498	
06.15 - 06	2	5	245	134	65	56	4	0	3	0	125.1	87.8	212.9	514	
06.30 - 06	0	0	234	165	37	47	6	0	1	3	92.9	83.9	176.8	493	
06.45 - 07	4	2	276	176	58	50	3	3	4	2	126.3	93.7	220	578	
											Total :	448.8	332.4		

Sumber : Pengolahan Data Volume Arus Lalu Lintas

1. Tak Bermotor (UM), nilai ekivalen mobil penumpang untuk kendaraan tak bermotor pada lengan simpang terlindung 1

Total kendaraan tak bermotor interval 1 (satu) jam = 11 kend/jam

$$MC = 1 \times 11 = 33 \text{ smp/jam}$$

2. Sepeda Motor (MC), nilai ekivalen mobil penumpang untuk sepeda motor pada lengan simpang terlindung 0.2

Total sepeda motor interval 1 (satu) jam = 620 kend/jam

$$MC = 0.2 \times 620 = 124 \text{ smp/jam}$$

3. Kendaraan Ringan (LV), nilai ekivalen mobil penumpang untuk kendaraan ringan pada lengan simpang terlindung 1,0

Total kendaraan ringan interval 1 (satu) jam = 187 kend/jam

$$\begin{aligned} LV &= 1.0 \times 187 \\ &= 187 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

4. Kendaraan Berat (HV), nilai ekivalen mobil penumpang untuk kendaraan berat pada lengan simpang terlawan 1,3

Total Kendaraan Berat (Bus) interval 1 (satu) jam = 3 kend/jam

$$\begin{aligned} HV &= 1.3 \times 3 \\ &= 3.9 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Total Kendaraan Berat (Truk) interval 1 (satu) jam = 5 kend/jam

$$\begin{aligned} HV &= 1.3 \times 5 \\ &= 6.5 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total arus kendaraan} &= 33 + 124 + 187 + 3.9 + 6.5 \\ &= 354.4 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan lebih lengkapnya pada setiap lengan simpang bisa dilihat pada lampiran.

Tabel 4.5 Data Arus Kendaraan Volume Lalu Lintas Per Jam Selama 4 Hari Survey

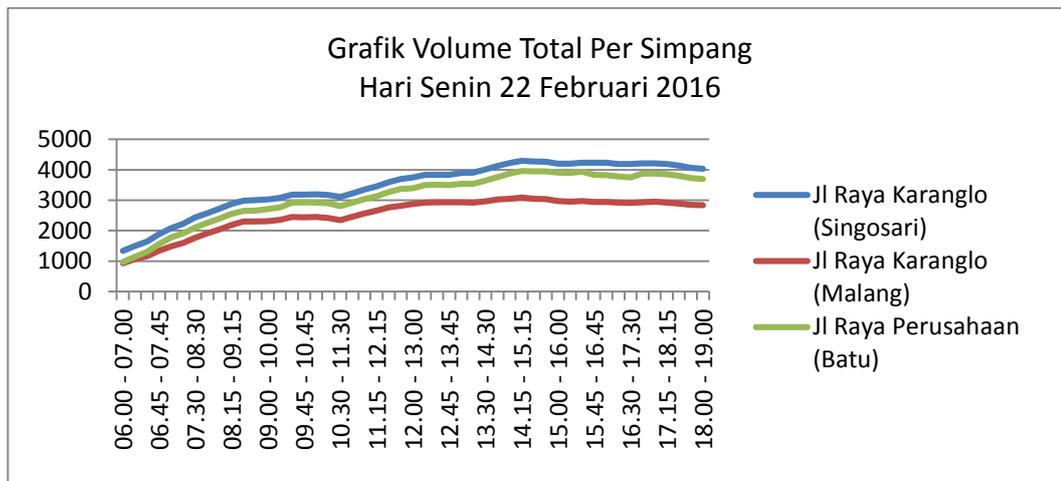
KOMBINASI ARUS LALU LINTAS DALAM PENENTUAN JAM PUNCAK					
Waktu	Total Arus di Persimpangan smp/jam				Total smp/jam
	SENIN 22-02-2016	RABU 24-02-2016	SABTU 27-02-2016	MINGGU 28-02-2016	
06.00 - 07.00	3245.6	3100.66	6584.6	2890.8	15821.66
06.15 - 07.15	3691.4	3429.3	7416.1	3196.6	17733.4
06.30 - 07.30	4097.9	3836.6	8193.7	3541.9	19670.1
06.45 - 07.45	4778.4	4504.7	9066.8	4035.9	22385.8
07.00 - 08.00	5347.4	5118.5	9749.3	4445.9	24661.1
07.15 - 08.15	5744.9	5695.1	10329.7	4974.7	26744.4
07.30 - 08.30	6311.1	6204.9	10907.3	5543.6	28966.9
07.45 - 08.45	6758.2	6543.4	11223.6	5896.1	30421.3
08.00 - 09.00	7155.9	6879.6	11489.4	6271.8	31796.7
08.15 - 09.15	7634.8	7164.5	11696.4	6650.4	33146.1
08.30 - 09.30	7940.7	7401.8	12172.7	6892	34407.2
08.45 - 09.45	7976.6	7506.2	12531.6	7137.3	35151.7

Data arus kendaraan volume lalu lintas per jam selama 4 hari(Lanjutan)

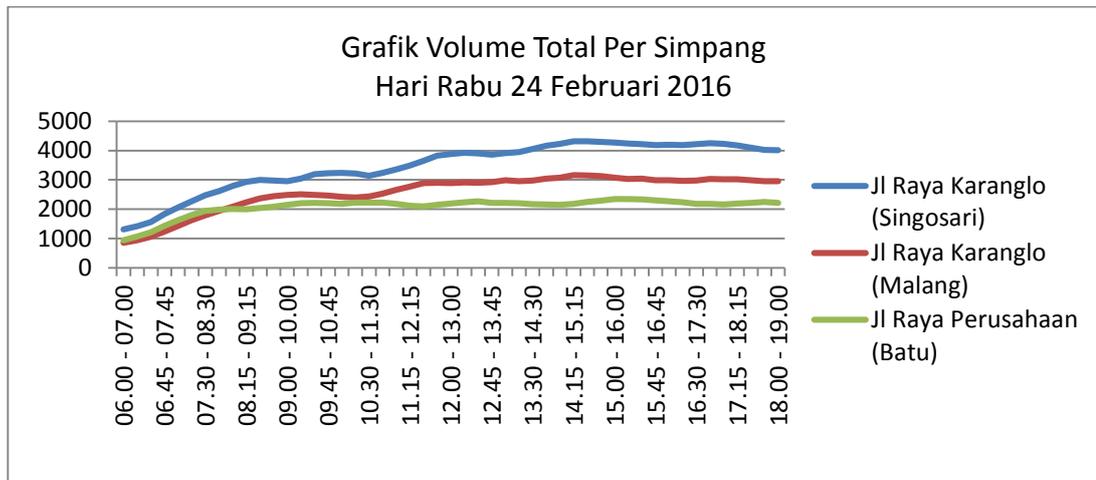
09.00 - 10.00	8063.9	7591.8	12580.8	7366.9	35592.4
09.15 - 10.15	8203.3	7763.3	12883.8	7457.7	36308.1
09.30 - 10.30	8558.4	7900.2	12983.2	7590.6	37032.4
09.45 - 10.45	8561.1	7884.1	13207	7841.5	37493.7
10.00 - 11.00	8569.5	7828.9	13649.1	7974	38021.5
10.15 - 11.15	8490.7	7842.4	13933.2	8025.6	38291.9
10.30 - 11.30	8266.6	7809.1	13932.9	8077.1	38085.7
10.45 - 11.45	8606.6	7994.8	14090.5	8169.5	38860.4
11.00 - 12.00	8955.3	8207.8	14196.3	8419.4	39778.8
11.15 - 12.15	9242.9	8377.9	14332	8811.4	40764.2
11.30 - 12.30	9623.3	8636.3	14612.2	9149.8	42021.6
11.45 - 12.45	9879.7	8876.9	14717.6	9419	42893.2
12.00 - 13.00	10026.8	8956.1	14910.1	9576.6	43469.6
12.15 - 13.15	10260	9076.4	15038.3	9654.4	44029.1
12.30 - 13.30	10280.7	9070	15162.2	9713.3	44226.2
12.45 - 13.45	10263.6	8989	15280.4	9687.4	44220.4
13.00 - 14.00	10383.5	9114.7	15380.1	9781.7	44660
13.15 - 14.15	10377.1	9097.3	15406.5	9816.6	44699.5
13.30 - 14.30	10619.6	9190.5	15548.1	9916.4	45274.6
13.45 - 14.45	10917.1	9367.2	15833.3	10199.3	46316.9
14.00 - 15.00	11136.8	9463.3	15892.2	10380.2	46872.5
14.15 - 15.15	11349.9	9661	16036.4	10624.9	47672.2
14.30 - 15.30	11281.8	9706.1	15987.8	10673.1	47648.8
14.45 - 15.45	11250.2	9715.3	15776	10514.7	47256.2
15.00 - 16.00	11078.3	9690.5	15668.5	10397.5	46834.8
15.15 - 16.15	11062.4	9613.2	15691.9	10295.5	46663
15.30 - 16.30	11139	9594.8	15794.5	10356.6	46884.9
15.45 - 16.45	11015.6	9478.9	15879.2	10519.1	46892.8
16.00 - 17.00	11001.6	9452.4	16083.6	10673.1	47210.7
16.15 - 17.15	10900.9	9387.9	16098	10847.5	47234.3
16.30 - 17.30	10856.9	9366.6	16163.3	10998.4	47385.2
16.45 - 17.45	11018.5	9456.7	16347.6	11114.4	47937.2
17.00 - 18.00	11036.5	9416.2	16420.9	11152.8	48026.4
17.15 - 18.15	10971	9395.3	16441.4	11091.8	47899.5
17.30 - 18.30	10828	9298.8	16399.7	11062.8	47589.3
17.45 - 18.45	10638.2	9220.7	16330.6	10964.8	47154.3
18.00 - 19.00	10567.5	9178.4	16221.8	10903	46870.7

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per simpang

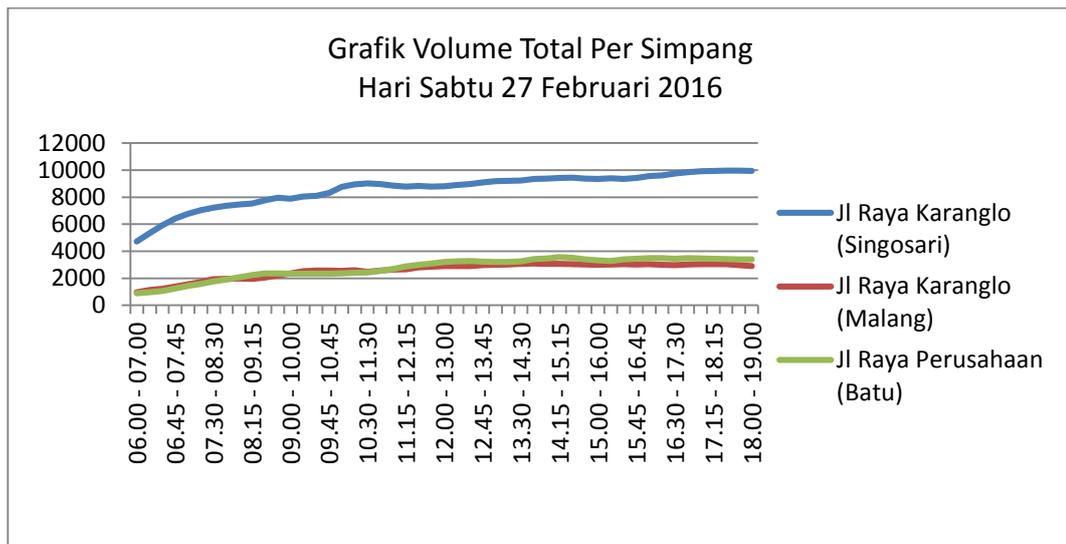
Pada tabel di atas didapatkan arus kendaraan selama empat hari survey yaitu pada hari Senin 22 Februari 2016, Rabu 24 Februari 2016, Sabtu 27 Februari 2016 dan Minggu 28 Februari 2016. Dari ke Empat Hari waktu pengamatan survey serta pengolahan data volume lalu lintas, di mana pada lengan simpang Jalan Raya Karanglo (Utara) merupakan lengan simpang yang paling tinggi jumlah kendaraannya. Dimana pada lengan simpang ini banyak kendaraan yang melintas dikarenakan banyaknya aktivitas yang terjadi dari arah utara seperti keluar masuknya kota Malang, sekolah, kantor, dan lainnya. Berikut adalah gambar grafik volume lalu lintas kombinasi setiap lengan selama 3 hari waktu pengamatan survey.



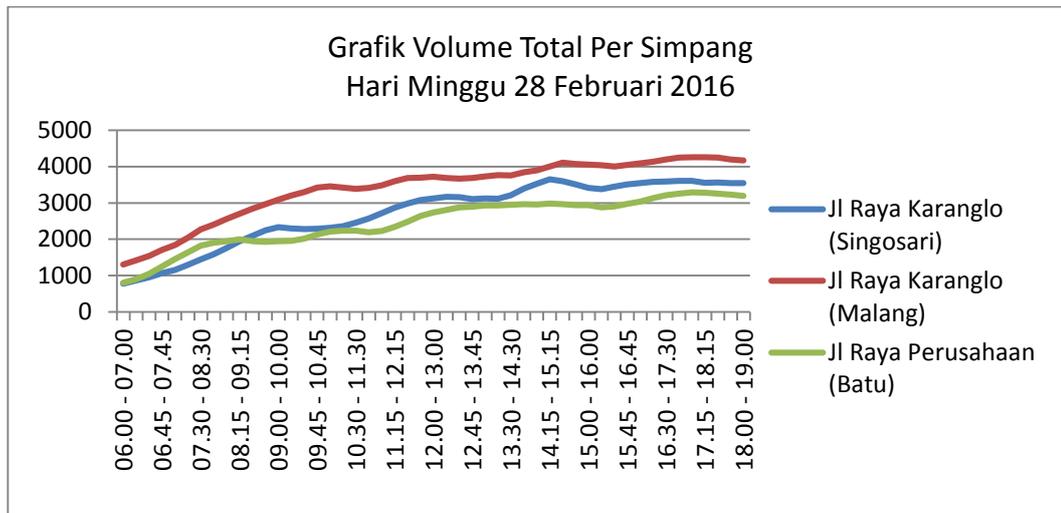
Gambar 4.4 Grafik Arus Kendaraan Per Lengan Pada Simping Bersinyal Hari Senin, 22 Februari 2016



Gambar 4.5 Grafik Arus Kendaraan Per Lengan Pada Smpang Bersinyal
Hari Rabu, 24 Februari 2016



Gambar 4.6 Grafik Arus Kendaraan Per Lengan Pada Smpang Bersinyal
Hari Sabtu, 27 Februari 2016



Gambar 4.7 Grafik Arus Kendaraan Per Lengan Pada Simping Bersinyal Hari Minggu, 28 Februari 2016

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per simping

Tabel dibawah ini merupakan kombinasi arus lalulintas per hari. Data ini diperoleh dari total arus kendaraan per simping yang telah dijelaskan pada tabel-tabel diatas.

Tabel 4.6 Kombinasi Arus Lalulintas Dalam Penentuan Jam Puncak

KOMBINASI ARUS LALU LINTAS DALAM PENENTUAN JAM PUNCAK

Waktu	Total Arus di Persimpangan smp/jam				Total smp/jam
	SENIN 22-02-2016	RABU 24-02-2016	SABTU 27-02-2016	MINGGU 28-02-2016	
06.00 - 07.00	3245.6	3100.66	6584.6	2890.8	15821.66
06.15 - 07.15	3691.4	3429.3	7416.1	3196.6	17733.4
06.30 - 07.30	4097.9	3836.6	8193.7	3541.9	19670.1
06.45 - 07.45	4778.4	4504.7	9066.8	4035.9	22385.8
07.00 - 08.00	5347.4	5118.5	9749.3	4445.9	24661.1
07.15 - 08.15	5744.9	5695.1	10329.7	4974.7	26744.4
07.30 - 08.30	6311.1	6204.9	10907.3	5543.6	28966.9
07.45 - 08.45	6758.2	6543.4	11223.6	5896.1	30421.3
08.00 - 09.00	7155.9	6879.6	11489.4	6271.8	31796.7
08.15 - 09.15	7634.8	7164.5	11696.4	6650.4	33146.1
08.30 - 09.30	7940.7	7401.8	12172.7	6892	34407.2
08.45 - 09.45	7976.6	7506.2	12531.6	7137.3	35151.7
09.00 - 10.00	8053.9	7591.8	12580.8	7365.9	35592.4
09.15 - 10.15	8203.3	7763.3	12883.8	7457.7	36308.1
09.30 - 10.30	8558.4	7900.2	12983.2	7590.6	37032.4
09.45 - 10.45	8561.1	7884.1	13207	7841.5	37493.7
10.00 - 11.00	8569.5	7828.9	13649.1	7974	38021.5
10.15 - 11.15	8490.7	7842.4	13933.2	8025.6	38291.9
10.30 - 11.30	8266.6	7809.1	13932.9	8077.1	38085.7
10.45 - 11.45	8605.6	7994.8	14090.5	8169.5	38860.4
11.00 - 12.00	8955.3	8207.8	14196.3	8419.4	39778.8
11.15 - 12.15	9242.9	8377.9	14332	8811.4	40764.2
11.30 - 12.30	9623.3	8636.3	14612.2	9149.8	42021.6
11.45 - 12.45	9879.7	8876.9	14717.6	9419	42893.2

Data Kombinasi Arus Lalu Lintas Dalam Penentuan Jam Puncak (Lanjutan)

12.00 - 13.00	10026.8	8956.1	14910.1	9576.6	43469.6
12.15 - 13.15	10260	9076.4	15038.3	9654.4	44029.1
12.30 - 13.30	10280.7	9070	15162.2	9713.3	44226.2
12.45 - 13.45	10263.6	8989	15280.4	9687.4	44220.4
13.00 - 14.00	10383.5	9114.7	15380.1	9781.7	44660
13.15 - 14.15	10377.1	9097.3	15408.5	9816.6	44699.5
13.30 - 14.30	10619.6	9190.5	15548.1	9916.4	45274.6
13.45 - 14.45	10917.1	9367.2	15833.3	10199.3	46316.9
14.00 - 15.00	11136.8	9463.3	15892.2	10380.2	46872.5
14.15 - 15.15	11349.9	9661	16036.4	10624.9	47672.2
14.30 - 15.30	11281.8	9706.1	15987.8	10673.1	47648.8
14.45 - 15.45	11250.2	9715.3	15776	10514.7	47256.2
15.00 - 16.00	11078.3	9690.5	15668.5	10397.5	46834.8
15.15 - 16.15	11062.4	9613.2	15691.9	10295.5	46663
15.30 - 16.30	11139	9594.8	15794.5	10356.6	46884.9
15.45 - 16.45	11015.6	9478.9	15879.2	10519.1	46892.8
16.00 - 17.00	11001.6	9452.4	16083.6	10673.1	47210.7
16.15 - 17.15	10900.9	9387.9	16098	10847.5	47234.3
16.30 - 17.30	10856.9	9366.6	16163.3	10998.4	47385.2
16.45 - 17.45	11018.5	9456.7	16347.6	11114.4	47937.2
17.00 - 18.00	11036.5	9416.2	16420.9	11152.8	48026.4
17.15 - 18.15	10971	9395.3	16441.4	11091.8	47899.5
17.30 - 18.30	10828	9298.8	16399.7	11062.8	47589.3
17.45 - 18.45	10638.2	9220.7	16330.6	10964.8	47154.3
18.00 - 19.00	10567.5	9178.4	16221.8	10903	46870.7

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per hari

Dari tabel di atas diperoleh data volume puncak pada masing-masing hari, yakni :

Pada hari Senin, 22 – 02 - 2016 jam puncak pagi pukul 09:00 - 10:00 WIB : sebesar 8756 smp/jam dari pendekat Utara, jam puncak siang pada pukul 12.30 – 13.30 WIB sebesar 7743 smp/jam dari lengan Selatan dan pada jam puncak sore pada pukul 17.30 – 18.30 WIB sebesar 8812 smp/jam pada lengan Selatan.

Pada hari Rabu, 24 – 02 – 2016 jam puncak pagi pukul 08:30 - 09:30 WIB : sebesar 7325 smp/jam dari pendekat Selatan, jam puncak siang pada pukul 12.30 – 13.30 WIB sebesar 7222 smp/jam dari lengan Selatan dan pada jam

puncak sore pada pukul 17.30 – 18.30 WIB sebesar 8453 smp/jam pada lengan Selatan.

Pada hari Sabtu, 27 – 02 - 2016 jam puncak pagi pukul 09:00 - 10:00 WIB : sebesar 6733 smp/jam dari pendekat Utara, jam puncak siang pada pukul 13.30 – 14.30 WIB sebesar 9761 smp/jam dari lengan Utara dan pada jam puncak sore pada pukul 17.30 – 18.30 WIB sebesar 9231 smp/jam pada lengan Utara.

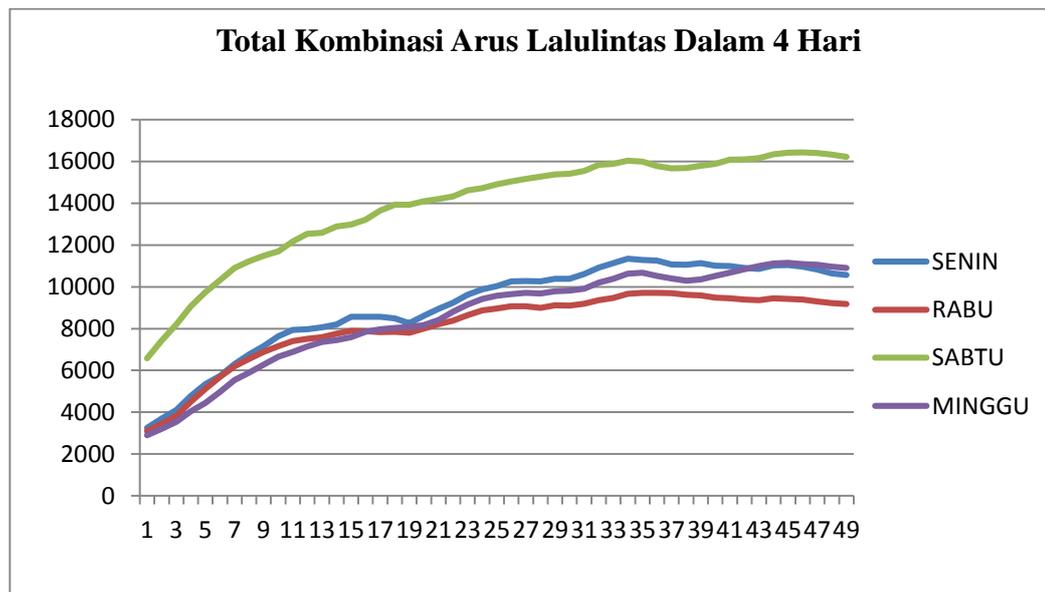
Pada hari Minggu, 28 – 02 - 2016 jam puncak pagi pukul 07:30 - 08:30 WIB : sebesar 6342 smp/jam dari pendekat Utara, jam puncak siang pada pukul 13.30 – 14.30 WIB sebesar 8864 smp/jam dari lengan Selatan dan pada jam puncak sore pada pukul 17.30 – 18.30 WIB sebesar 10865 smp/jam pada lengan Selatan.

Dimana volume tertinggi terjadi pada hari Minggu pukul 17.00 - 18.00 WIB dengan volume sebesar 48026.4 smp/jam. Dari masing-masing waktu pengambilan data, yakni pagi, siang, dan sore hari, volume tertinggi terjadi pada sore hari. Hal ini dikarenakan banyaknya aktivitas yang terjadi di Pertigaan Jalan Raya Karanglo dari arah kota maupun ke luar kota Malang. Setelah arus lalu lintasnya dikombinasikan, akan dapat diketahui jam puncak dari masing-masing periode waktu pengamatan selama 4 hari dengan mencari arus kendaraan maksimum. Arus kendaraan yang paling tinggi merupakan acuan untuk menentukan jam puncak.

Pada tabel di atas di peroleh juga data untuk jam puncak masing – masing periode pengamatan. Data tersebut diperoleh dengan cara menentukan volume tertinggi selama waktu pengamatan yakni 4 hari. Dari 4 hari pengamatan tersebut

diambil yang paling tinggi dan data tersebut merupakan data yang akan dibuat untuk acuan sebagai jam puncak. Perolehan data jam puncak ini digunakan untuk perhitungan volume selanjutnya menggunakan Metode MKJI 1997.

Berikut ini adalah grafik dari arus total kendaraan pada selama 3 hari waktu pengamatan :



Gambar 4.7 Grafik Total Arus Kendaraan Pada Simpang Bersinyal Selama 4 Hari Waktu Pengamatan Survey

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per hari

Hasil dari grafik kombinasi arus lalu lintas total di atas Selama 4 hari pengamatan yaitu pada hari Senin 22 Februari 2016, Rabu 24 Februari 2016, Sabtu 27 Februari 2016 dan Minggu 28 Februari 2016, adalah arus lalu lintas tertinggi terjadi pada sore hari dari 4 hari pengamatan tersebut. Dari ke 4 hari pengamatan tersebut didapatkan arus lalu lintas maksimum pada semua jam puncak, yakni pagi hari sebesar 35592.4 smp/jam pada pukul 09.00 – 10.00 WIB,

siang hari sebesar 46872.5 smp/jam pada pukul 14.00-15.00 WIB, dan sore hari sebesar 48026.4 smp/jam pada pukul 17.00 -18.00 WIB.

Dari hasil arus kendaraan yang diamati terdiri dari kendaraan ringan, sepeda motor, kendaraan berat, dan kendaraan tak bermotor. Kendaraan yang melintas pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo bermacam-macam karena Jalan Raya Karanglo merupakan jalan arteri dimana jalan ini merupakan jalan pintu masuk menuju Kota Malang dan menuju Kota Batu. Akan tetapi untuk kendaraan tak bermotor yang melintas sangat sedikit. Untuk mengetahui kendaraan yang paling mendominasi pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo ini, maka dilakukan perhitungan prosentase semua kendaraan seperti dibawah ini. Contoh perhitungan yang digunakan adalah hari Senin, 22 Februari pada jam puncak pagi (09.00 WIB – 10.00 WIB) di pendekat utara.

Tabel 4.7 Tabel Contoh Perhitungan Pengolahan Persentase Volume Senin Pendekat Utara, Jam 06.00 – 09.00 Wib

Waktu	Jumlah Kendaraan Pendekat Utara			Total Arus	Sepeda Motor	Kend.Ringan	Kend.Berat
	Sepeda Motor kend/jam	Kend.Ringan kend/jam	Kend.Berat kend/jam	kend/jam	%	%	%
06.00 - 07.00	3520	520	75	4115	85.541	12.637	1.823
06.15 - 07.15	3937	546	110	4593	85.717	11.888	2.395
06.30 - 07.30	4296	584	134	5014	85.680	11.647	2.673
06.45 - 07.45	4690	724	149	5563	84.307	13.015	2.678
07.00 - 08.00	4794	882	158	5834	82.173	15.118	2.708

Sumber : Pengolahan Data Volume Persentase Arus Lalu Lintas

1. Sepeda Motor (MC) pendekat selatan jumlah total kendaraan pukul 07.00 WIB – 08.00 WIB = 4794 kend/jam

2. Kendaraan ringan (LV) pendekat selatan total kendaraan pukul

$$0607.00 \text{ WIB} - 08.00 \text{ WIB} = 882 \text{ kend/jam}$$

3. Kendaraan Berat (HV) pendekat selatan jumlah total kendaraan pukul

$$07.00 \text{ WIB} - 08.00 \text{ WIB} = 158 \text{ kend/jam}$$

$$\text{Total kendaraan} = 4794 + 882 + 158$$

$$= 5834 \text{ kend / jam}$$

$$\text{Prosentase sepeda motor} = (4794 / 5834) \times 100$$

$$= 82.173466 \%$$

$$\text{Prosentase kend. Ringan} = (822 / 5834) \times 100$$

$$= 15.118272 \%$$

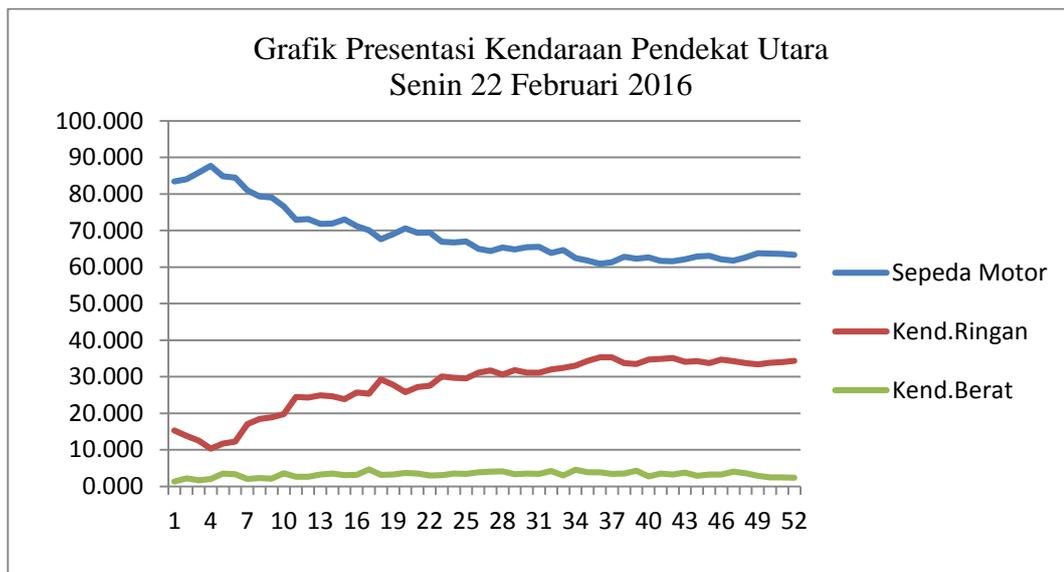
$$\text{Prosentase kend. Berat} = (158 / 5834) \times 100$$

$$= 2.708262\%$$

Pada perhitungan prosentase kendaraan hari Senin, 22 Februari 2016 pada pendekat utara pukul 07.00 WIB – 08.00 WIB didapatkan hasil untuk sepeda motor sebesar 82.173466 % sedangkan untuk kendaraan ringan 15.118272 % dan kendaraan berat 2.708262 %. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan kendaraan yang paling dominan adalah sepeda motor dimana volume sepeda motor paling tinggi. Pada Tabel 4.3.7 dibawah ini diambil total jumlah kendaraan tertinggi di setiap pendekat waktu pelaksanaan survey dari jam 06.00 – 19.00 WIB selama 4 hari. Total volume tertinggi pada hari Senin pendekat utara terjadi pada pukul 17.45 WIB – 18.45 WIB yakni sebesar 8169 kend/jam dengan prosentase sepeda motor 62.55336 %, kendaraan ringan 34.003610 % dan kendaraan berat 3.439834

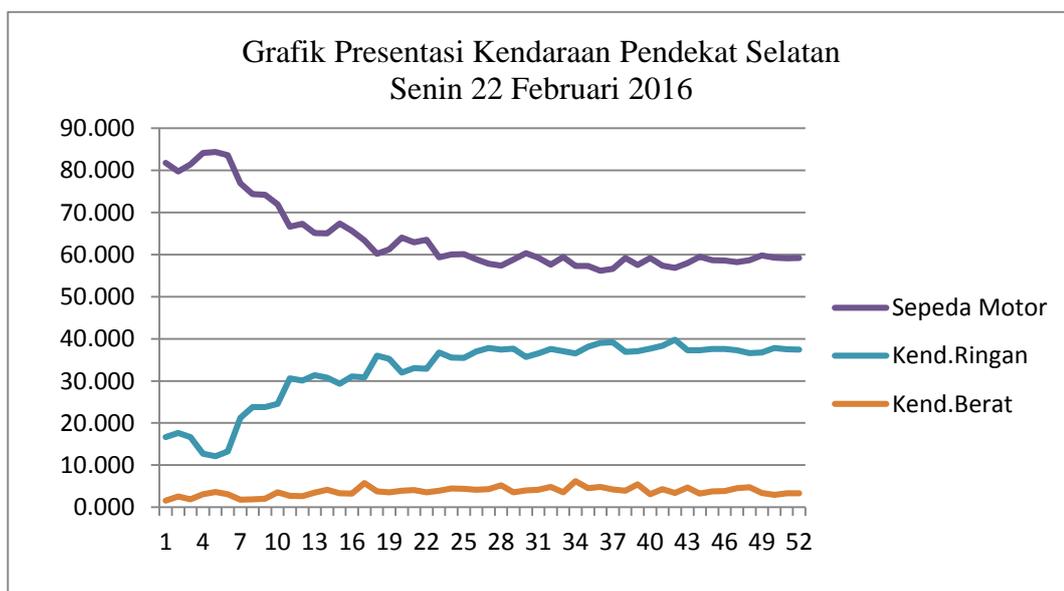
%. Prosentase kendaraan paling kecil adalah kendaraan berat dimana volume kendaraan berat memang tidaklah besar.

Untuk tabel perhitungan persentase kendaraan perhari dan perlengkapan dapat di lihat pada lampiran. Berikut adalah gambar grafik persentase kendaraan selama 4 hari pengamatan pada setiap pendekat.

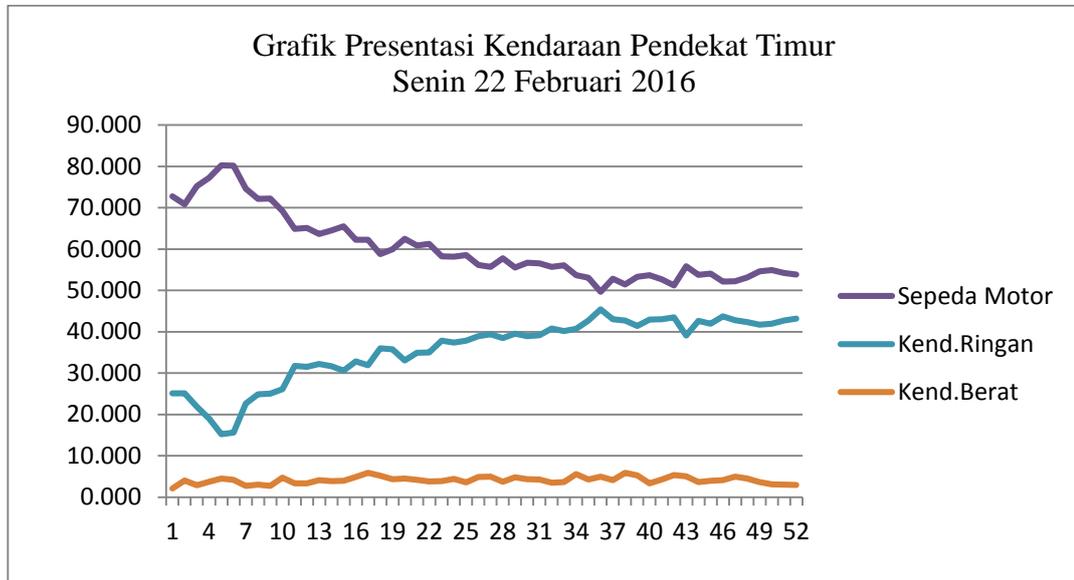


Gambar 4.8 Grafik Persentase Total Arus Kendaraan Pada Pendekat

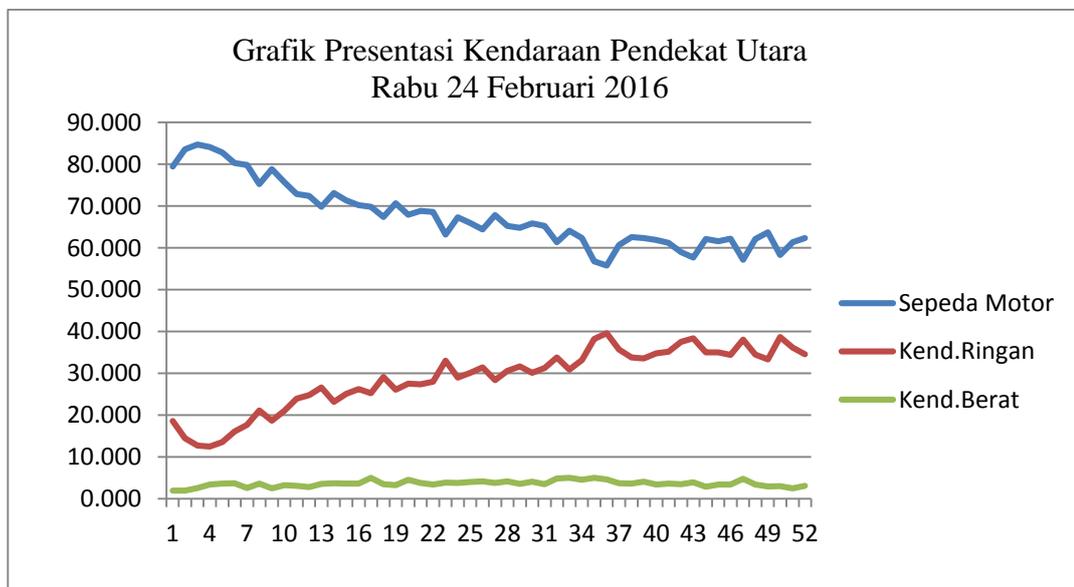
Utara Hari Senin, 22 Februari 2016



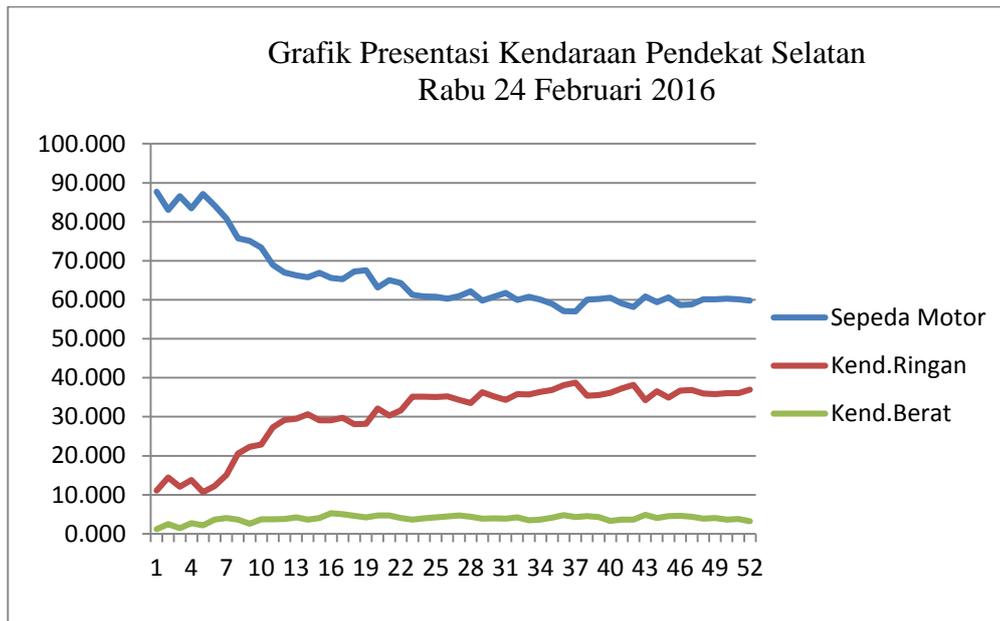
Gambar 4.9 Grafik Persentase Total Arus Kendaraan Pada Pendekat Selatan. Hari Senin, 22 Februari 2016



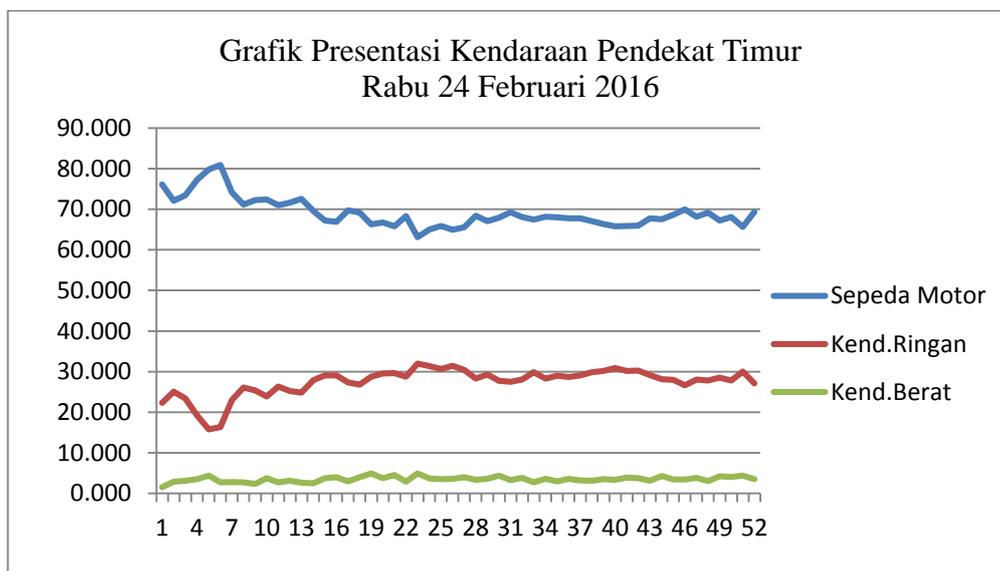
Gambar 4.10 Grafik Persentase Total Arus Kendaraan Pada Pendekat Timur. Hari Senin, 22 Februari 2016



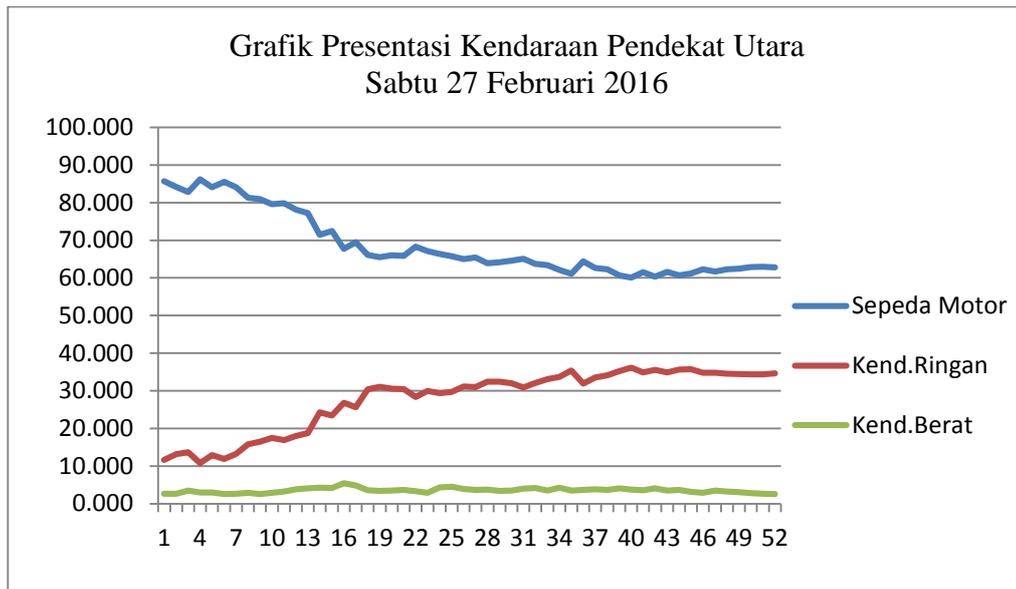
Gambar 4.11 Grafik Persentase Total Arus Kendaraan Pada Pendekat Utara. Hari Rabu, 24 Februari 2016.



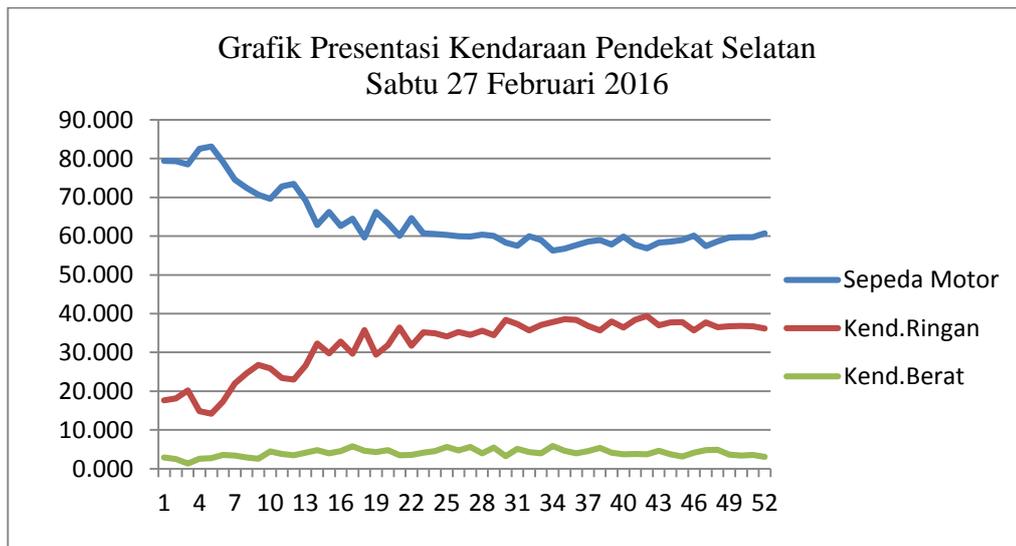
Gambar 4.12 Grafik Persentase Total Arus Kendaraan Pada Pendekat Selatan. Hari Rabu, 24 Februari 2016.



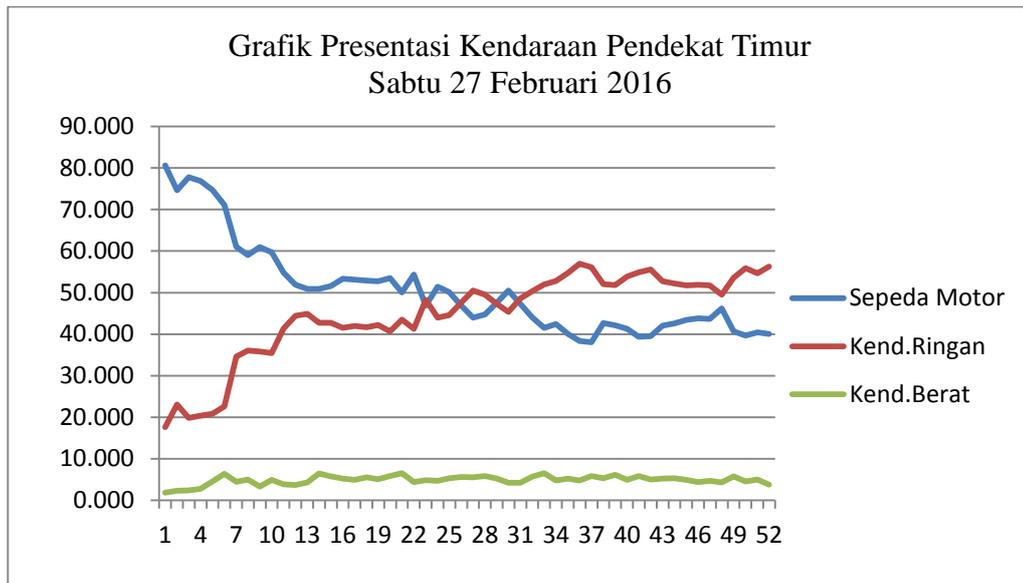
Gambar 4.13 Grafik Persentase Total Arus Kendaraan Pada Pendekat Timur. Hari Rabu, 24 Februari 2016.



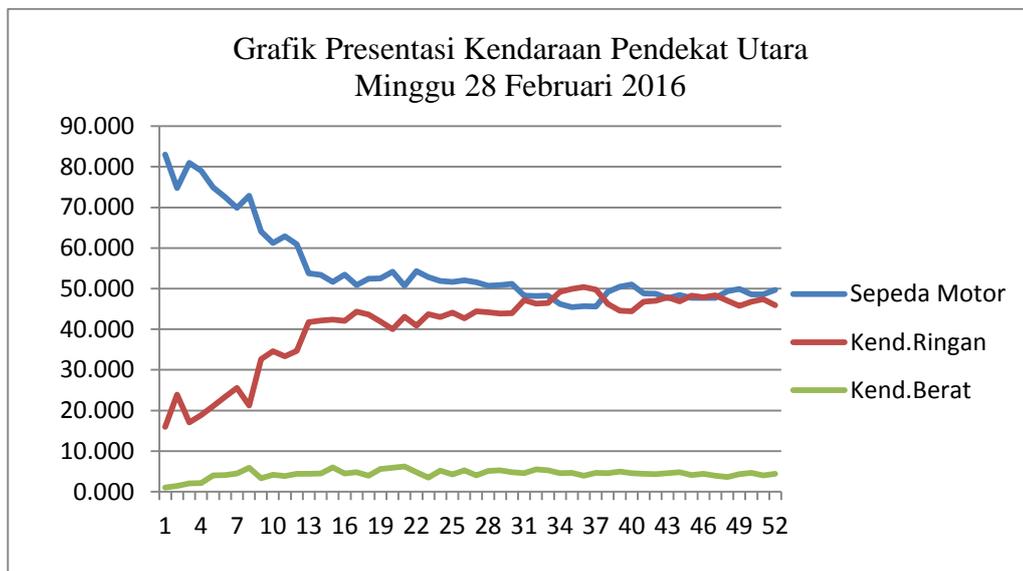
Gambar 4.14 Grafik Persentase Total Arus Kendaraan Pada Pendekat Utara. Hari Sabtu, 27 Februari 2016.



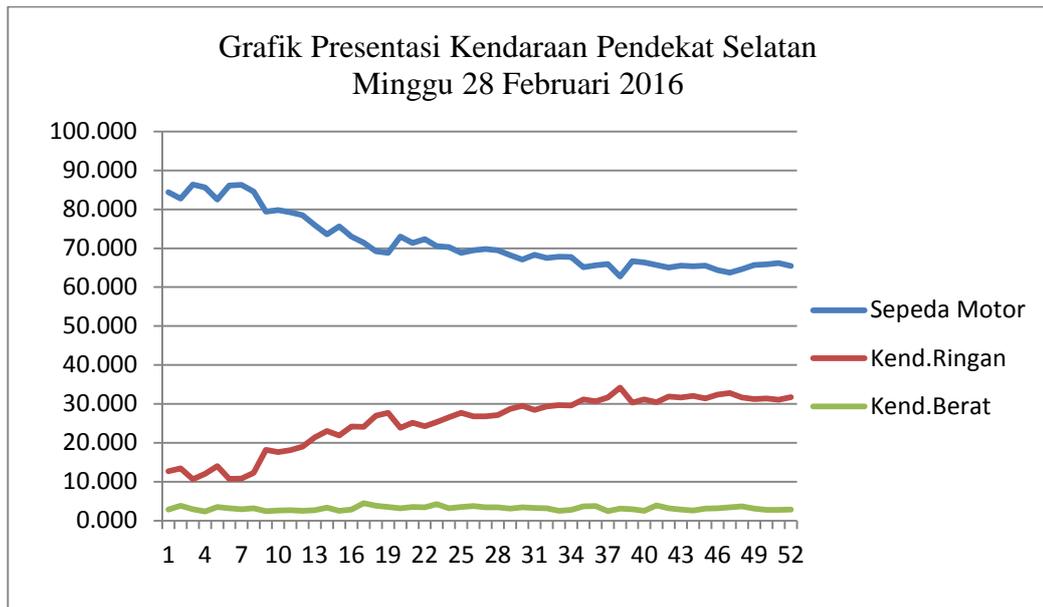
Gambar 4.15 Grafik Persentase Total Arus Kendaraan Pada Pendekat Selatan. Hari Sabtu, 27 Februari 2016.



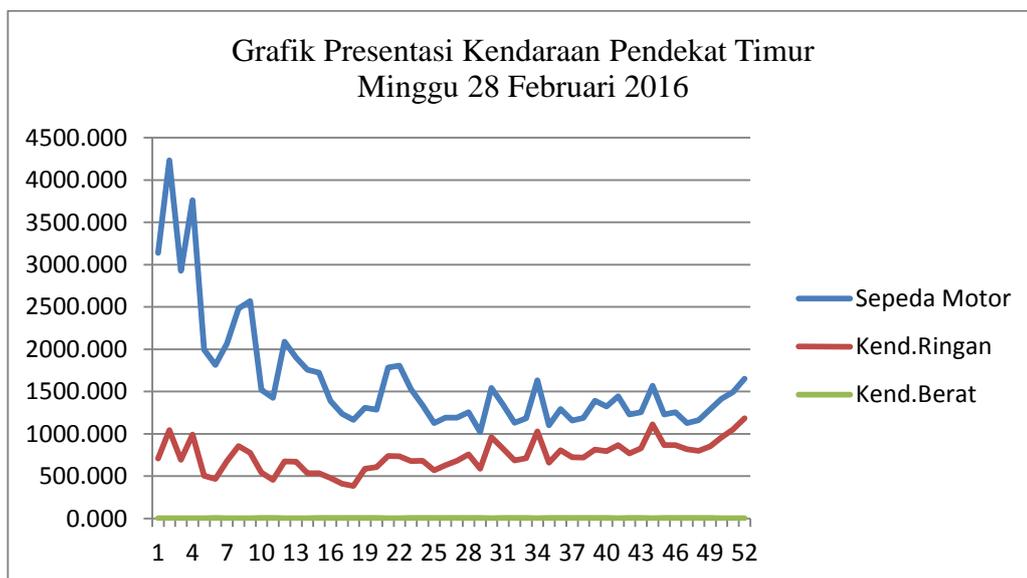
Gambar 4.16 Grafik Persentase Total Arus Kendaraan Pada Pendekat Timur. Hari Sabtu, 27 Februari 2016.



Gambar 4.17 Grafik Persentase Total Arus Kendaraan Pada Pendekat Utara. Hari Minggu, 28 Februari 2016.



Gambar 4.18 Grafik Persentase Total Arus Kendaraan Pada Pendekat Selatan. Hari Minggu, 28 Februari 2016.



Gambar 4.19 Grafik Persentase Total Arus Kendaraan Pada Pendekat Timur. Hari Minggu, 28 Februari 2016.

Sumber : Pengolahan data persentasess kendaraan per hari

Pada grafik hasil perhitungan persentase di atas terlihat perbedaan antara prosentase jumlah kendaraan sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat. Untuk kendaraan sepeda motor lebih dominan sekali, kemudian disusul oleh kendaraan ringan, dan selanjutnya disusul oleh kendaraan berat yang di mana jumlah persentasenya sedikit.

4.4 Pengolaha Data Antrian

Antrian adalah jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (kend; smp). Sedangkan, panjang antrian yaitu panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat(m). Berdasarkan data survey diperoleh dari lokasi studi, jumlah kendaraan dan panjang antrian yang terjadi pada saat jam puncak pada ruas Jalan Raya Karanglo (pendekat Selatan) – Jalan Raya Karanglo (pendekat Utara) di Kabupaten Malang dibagi dalam 3 (tiga) kondisi yaitu :

- a. Pagi jam 09:00-10:00 WIB, dimana pada jam- jam tersebut aktifitas di pagi hari sudah dimulai, misalnya ke sekolah, kampus, kantor, pasar, dan lain- lain.
- b. Siang jam 14.30 – 15.30 WIB, dimana pada waktu ini merupakan jam makan siang selain itu pada jam – jam tersebut kegiatan sudah berakhir, pulang kantor, dan pelajar atau mahasiswa yang melewati ruas jalan tersebut.
- c. Sore hari 17.00 – 18.00 WIB, dimana jam – jam tersebut merupakan waktu untuk pulang setelah seharian beraktifitas di kantor, sekolah, dan lain- lain, kemudian dilanjutkan kembali aktifitas pada malam hari.

Survey dilaksanakan bersamaan dengan pengumpulan data arus lalu lintas selama 4 (empat) hari yaitu pada hari Senin 22 Februari 2016, Rabu 24 Februari 2016, Sabtu 27 Februari 2016 dan Minggu 28 Februari 2016. Masing- masing hari survey dilakukan 13 jam secara manual, yaitu pada pukul 06:00 - 19:00 WIB. Survey dilakukan pada Jalan Raya Karanglo pendekat Selatan, Jalan Raya Karanglo pendekat Utara, dan Jalan Raya Perusahaan pendekat Timur. Semua pendekat memiliki waktu sinyal merah rata – rata 90 detik, kuning 3 detik, hijau 30 detik, sehingga untuk waktu sinyal satu siklus 120 detik.

Surveyor mencatat jumlah kendaraan untuk setiap jenis kendaraan (sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat) yang berhenti pada waktu sinyal merah dan pajang antrian kendaraan (m). Kemudian dicatat sisa antrian setiap jenis kendaraan (sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat) yang tidak lolos pada waktu sinyal hijau pertama dan sisa pajang antrian kendaraan (m). Untuk lebih jelasnya formulir survey data antrian bisa dilihat pada lampiran dan berikut adalah data panjang antrian maksimal setiap siklus waktu dan harinya.

Tabel 4.9 Data Survey Antrian Maksimal Setiap Siklus Dan Periodenya

Formulir Survey Data Volume Panjang Antrian Lalu Lintas
Panjang Antrian Maksimal Setiap Siklus dan Periode Hari pengamatan Survey

Hari	Tanggal	Pendekat	Waktu	Periode Waktu	Siklus	Panjang Antrian (m)	Jenis Kendaraan			Sisa Antrian			
							Sepeda Motor	Kend. Ringan	Kend. Berat	Panjang Antrian (m)	Jenis Kendaraan		
											Sepeda Motor	Kend. Ringan	Kend. Berat
Senin	22-02-2016	Selatan	Pagi	06.38.30	31	65	33	4	1	12	0	0	1
			Siang	11.59.20	281	96	25	7	2	22	0	2	1
			Sore	18.16.38	575	103	39	8	2	47	13	2	2
Rabu	24-02-2016	Selatan	Pagi	07.01.36	49	74	42	4	1	17	17	0	0
			Siang	13.08.38	335	92	28	8	2	22	2	4	0
			Sore	17.27.52	537	77	23	6	2	15	0	3	0
Sabtu	27-02-2016	Selatan	Pagi	07.00.19	48	66	29	5	1	8	3	1	0
			Siang	13.13.46	339	80	21	7	2	16	1	3	0
			Sore	18.10.13	570	74	32	6	1	12	2	2	0
Minggu	28-02-2016	Selatan	Pagi	07.10.35	56	89	44	9	0	25	10	3	0
			Siang	12.44.15	316	127	40	15	1	58	13	9	0
			Sore	17.48.24	553	105	33	12	1	37	7	6	0

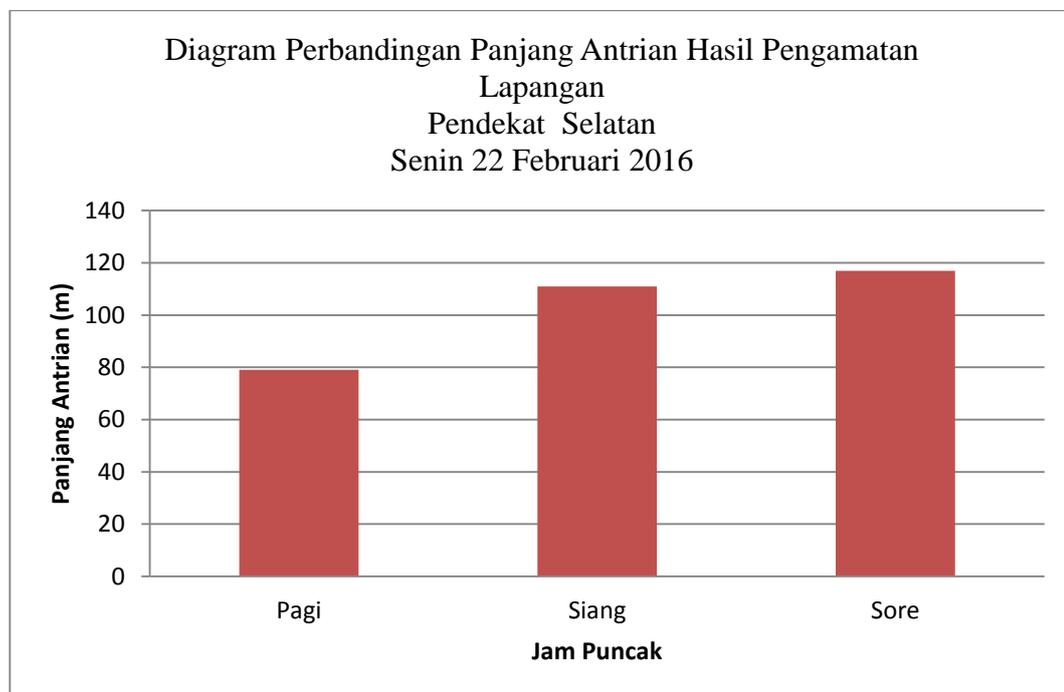
Sumber : Hasil Data Surve

Tabel 4.10 Perbandingan Panjang Antrian Pada Persimpangan, Hari Senin

22 Februari 2016.

Pendekat	Hari dan Tanggal	Pagi	Waktu	Siang	Waktu	Sore	Waktu
Selatan	Senin, 22 Feb 2016	65	06.38.30	96	11.59.20	103	18.16.38

Sumber : Hasil Data Survey



Gambar 4.20 Diagram Perbandingan Panjang Antrian Senin, 22 Februari 2016

Sumber : Hasil Data Survey

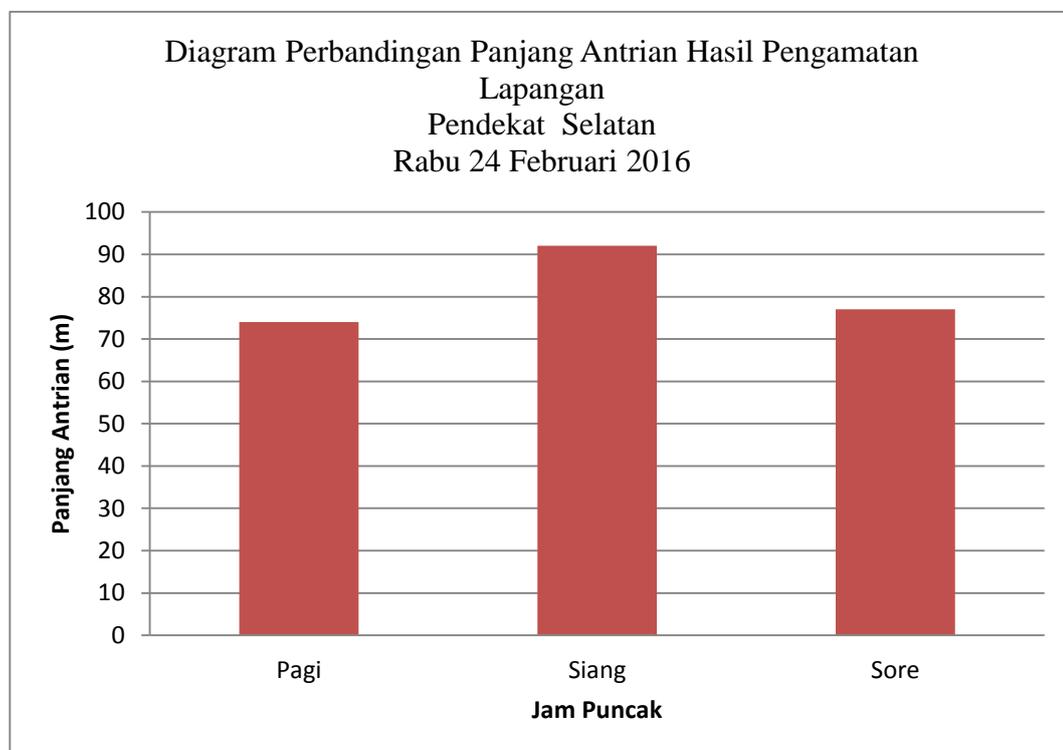
Hasil data survey panjang antrian pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo Kabupaten Malang pada hari Senin, 22 Februari 2016 maka dapat disimpulkan, pada pendekat Selatan saat pagi hari kendaraan dapat lolos pada sinyal lampu

hijau pertama jika pajang antrian lebih kecil dari 65 m, siang panjang antrian lebih kecil dari 96 m, sore pajang antrian lebih kecil dari 103 m.

Tabel 4.11 Perbandingan Panjang Antrian Pada Persimpangan. Hari Rabu, 24 Februari 2016

Pendekat	Hari dan Tanggal	Pagi	Waktu	Siang	Waktu	Sore	Waktu
Selatan	Rabu, 24 Feb 2016	74	07.01.36	92	13.08.38	77	17.27.52

Sumber : Hasil Data Survey



Hasil data survey panjang antrian pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo pendekat Selatan pada hari Rabu 24 Februari 2016 maka dapat disimpulkan, pada pendekat Selatan saat pagi hari kendaraan dapat lolos pada sinyal lampu hijau pertama jika pajang antrian lebih kecil dari 74 m, siang panjang antrian lebih kecil dari 92 m, sore pajang antrian lebih kecil dari 77 m.

Dari diagram perbandingan panjang antrian pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo pendekat Selatan pagi hari pada pendekat selatan panjang antrian relative sedikit dan bisa digolongkan lancar.

Gambar 4.18 Diagram Perbandingan Panjang Antrian Sabtu, 27 Februari 2016.

Pendekat	Hari dan Tanggal	Pagi	Waktu	Siang	Waktu	Sore	Waktu
Selatan	Sabtu, 27 Feb 2016	66	07.00.19	86	13.13.46	74	18.10.13

Hasil data survey panjang antrian pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo pendekat Selatan pada hari Sabtu 27 Februari 2016 maka dapat disimpulkan, pada pendekat Selatan saat pagi hari kendaraan dapat lolos pada sinyal lampu hijau pertama jika pajang antrian lebih kecil dari 66 m, siang panjang antrian lebih kecil dari 86 m, sore pajang antrian lebih kecil dari 74 m.

Dari diagram perbandingan panjang antrian pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo pendekat Selatan pagi hari pada pendekat selatan panjang antrian relative sedikit dan bisa digolongkan lancar.

Gambar 4.18 Diagram Perbandingan Panjang Antrian Minggu, 28 Februari 2016.

Pendekat	Hari dan Tanggal	Pagi	Waktu	Siang	Waktu	Sore	Waktu
Selatan	Minggu, 28 Feb 2016	89	07.10.35	102	12.44.15	127	17.48.24

Hasil data survey panjang antrian pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo pendekat Selatan pada hari Minggu 28 Februari 2016 maka dapat disimpulkan, pada pendekat Selatan saat pagi hari kendaraan dapat lolos pada sinyal lampu

hijau pertama jika pajang antrian lebih kecil dari 86 m, siang panjang antrian lebih kecil dari 102 m, sore pajang antrian lebih kecil dari 127 m.

Dari diagram perbandingan panjang antrian pada Pertigaan Jalan Raya Karanglo pendekat Selatan pagi hari pada pendekat selatan panjang antrian relative sedikit dan bisa digolongkan lancar.

Sumber : Hasil Data Survey

4.5 Pengolahan Data Tundaan

Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal:

- 1) TUNDAAN LALU LINTAS (DT) karena interaksi lalu-lintas dengan gerakan lainnyapada suatu simpang.
- 2) TUNDAAN GEOMETRI (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok padasuatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah.

Waktu sinyal per satu siklus Senin, 22 Februari 2016 adalah 77 detik di mana untuk waktu merah adalah 54 detik, waktu hijau 20 detik, dan waktu kuning adalah 3 detik. Surveyor mencatat jumlah kendaraan henti setiap 1 menit pada saat lampu merah dan dicatat setiap periode 15 detik dan pada akhirnya sampai pada 60 detik. Kemudian, dicatat kendaraan total berhenti dan dicatat juga kendaraan yang menerus atau yang rata-rata kendaraan yang berbelok kiri tanpa

mengikuti isyarat lampu merah dan juga kendaraan yang tidak kena lampu merah tapi langsung jalan.

Contoh pengolahan data tundaan pada Sabtu, 27 Februari 2016 pagi hari pada Jalan Raya Karanglo Lengan Selatan dalam satu siklus.

1. Waktu sinyal merah pendekat Selatan = 54 detik
2. Waktu siklus yang diambil = 06.11
3. Jumlah kendaraan berhenti pada 00 – 15 detik = 3 kendaraan
4. Jumlah kendaraan berhenti pada 15 – 30 detik = 4 kendaraan
5. Jumlah kendaraan berhenti pada 30 – 45 detik = 3 kendaraan
6. Jumlah kendaraan berhenti pada 45 – 60 detik = 3 kendaraan
7. Kendaraan berhenti (total semua jumlah kend.) = 13 kendaraan
8. Kendaraan menerus (total kend. yang lolos) = 11 kendaraan

$$\begin{aligned} \text{➤ Tundaan} &= \text{Kendaraan terhenti} \times (\text{waktu sinyal} - (\text{waktu} \\ &\quad \text{Kendaraan berhenti} / 2)) \\ &= 3 \times (54 - 7.5) + 4 \times (54 - 7.5) + 3 \times (54 - 7.5) \\ &\quad + 3 \times (54 - 7.5) \\ &= 604.5 \text{ detik/kend} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Tundaan rata – rata} &= \text{Tundaan} / (\text{kend. terhenti} + \text{kend. menerus}) \\ &= 604.5 / (13 + 11) \\ &= 25.188 \text{ detik/kend} \end{aligned}$$

Hasil pengolahan data tundaan pada pendekat Jalan Raya Karanglo Lengan Selatan pagi hari pada pukul 06:11:00 adalah 25.188 detik/kend. Perhitungan lebih

lengkapya bisa dilihat pada lampiran. Berikut adalah hasil seluruh pengolahan data tundaan maksimal setiap 1 jam selama 4 hari survey tundaan.

BAB V

ANALISA, PEMBAHASAN, DAN EVALUASI

5.1 Umum

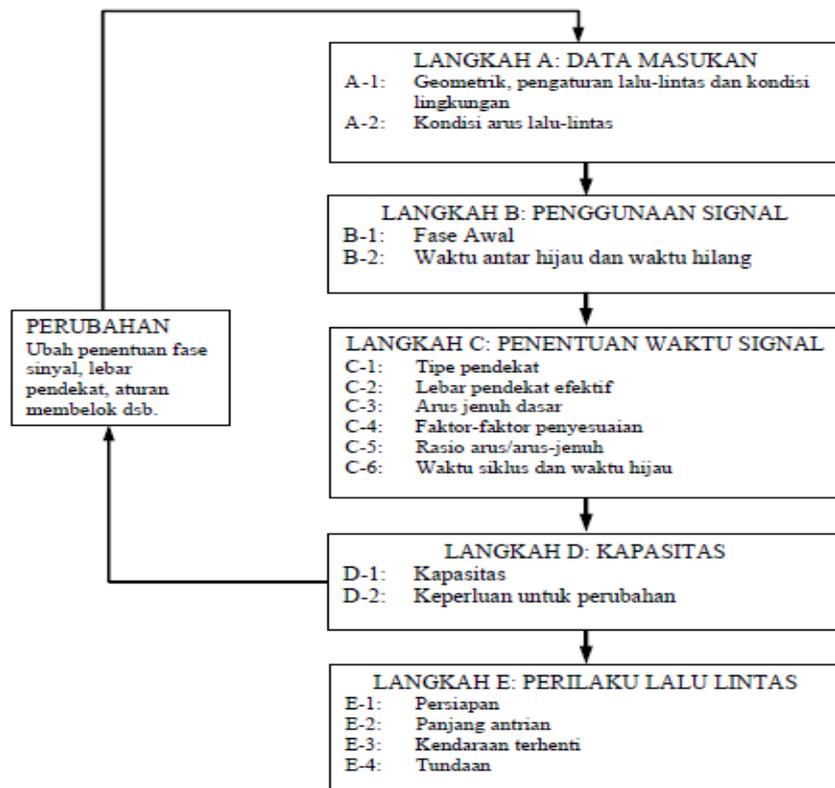
Pada bab ini akan dilakukan analisa dan pembahasan dari data perhitungan hasil survey pada simpang dan ruas Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang. Untuk melihat karakteristik kinerja simpang dan karakteristik kinerja ruas jalan dalam menentukan tingkat pelayanan jalan kondisi saat ini. Untuk menentukan kinerja simpang maka dianalisa volume kendaraan, jumlah antrian kendaraan dan panjang antrian kendaraan, dan tundaan. Sedangkan, analisa kinerja ruas Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang dengan menentukan arus dan komposisi arus lalu lintas, kecepatan arus bebas, kapasitas, dan derajat untuk menentukan tingkat pelayanan jalan kondisi saat ini.

Dalam menganalisa data perhitungan hasil survey, akan menggunakan metode perhitungan yang terdapat pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 14 Tahun 2006. Hasil analisa yang didapatkan akan dievaluasi dan dibandingkan antara analisa dilapangan dan analisa menggunakan MKJI 1997 agar dapat memberikan alternative penyelesaian masalah dan prediksi kinerja simpang dan ruas Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang jika solusi yang didapatkan dari penelitian ini diterapkan.

5.2 Karakteristik Arus Lalu Lintas Simpang

5.2.1 Analisa Kinerja Simpang Kondisi Eksisting

Pertigaan Jalan Raya Karanglo merupakan jalan yang dekat dengan Persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang sehingga pergerakan arus kendaraan yang sangat berpengaruh adalah pergerakan arus pada simpang. Untuk melihat pengaruh simpang bersinyal terhadap kinerja ruas Jalan Raya Karanglo besarnya pengaruh volume lalu lintas terhadap kelancaran yang lewat akan mempengaruhi kondisi lalu lintas. Analisa kinerja simpang kondisi eksisting akan dianalisa mengacu pada MKJI 1997 untuk menentukan langkah langkah perencanaan simpang bersinyal.



Gambar 5.1 Bagan Alir Perhitungan Simpang Bersinyal

Sumber : (MKJI 1997, Simpang Bersinyal : 2-36)

Langkah- langkah Perencanaan simpang bersinyal dalam tabel- tabel formulir SIG sesuai dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia antara lain:

Langkah A : Mengisi data yang ada pada tabel formulir SIG – I sesuai kondisi lapangan yang ada

1. Kode Pendekat, kode pendekat ditunjukkan berdasarkan arah mata angin.
2. Tipe Lingkungan Jalan, tipe lingkungan jalan untuk tiap- tiap pendekat pada daerah Persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang adalah komersil (COM).
3. Hambatan Samping, hambatan samping tiap – tiap pendekat pada daerah perempatan Persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang termasuk tipe dengan hambatan samping rendah di Jalan Raya Perusahaan dan tinggi di Jalan Raya Karanglo.
4. Median, pada Persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang yang memiliki median hanya ruas Jalan Raya Karanglo.
5. Kelandaian, kelandaian pada Persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang adalah ± 1 .
6. Belok Kiri diperbolehkan, pada Persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang untuk ke tiga lengan simpangnya di perbolehkan untuk belok kiri atau lurus langsung tanpa harus berhenti pada saat lampu merah.

7. Jarak Ke kendaraan Parkir, Jarak Kendaraan parkir diasumsikan 0, karena daerah lengan simpang tidak ada tempat parker. Adapun lokasi parkir di wilayah Giant Supermarket.
8. Pendekat WA, lebar pendekat pada kaki simpang Jl. Raya Karanglo adalah 15 m dan Jl. Raya Perusahaan adalah 10 m.
9. Masuk W Masuk, lebar masuk pada kaki simpang Jl. Raya Karanglo adalah 3.75 m dan Jl. Raya Perusahaan adalah 2.5 m.
10. Keluar W Keluar, lebar keluar pada kaki simpang Jl. Raya Karanglo adalah 7.5 m, Jl. Raya Perusahaan pendekat utara adalah 7.5 m, dan Jl. Raya Perusahaan pendekat selatan adalah 3.75 m.

Sedangkan, untuk mengisi pada kaki simpang berikutnya dapat ditentukan dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada tabel SIG – I pada lampiran.

Langkah B: Langkah untuk mengisi data yang ada pada tabel formulir SIG – II dalam menentukan arus lalu lintas adalah sebagai berikut.:

1. Kode Pendekat, Kode pendekat ditunjukkan berdasarkan arah mata angin.
2. Arah, pada kolom arah menunjukkan arah kendaraan belok kiri, lurus atau belok kanan dan total dari kendaraan.
3. Kendaraan/jam, jumlah kendaraan sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV) yang belok kiri, lurus, dan belok kanan dalam setiap jam nya.
4. smp/jam (Terlindung),terlindung/terlawan yaitu yang sesuai, tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan yang di ijinan. Smp/jam yaitu

hasil perkalian antara kendaraan/jam dengan ekivalen mobil penumpang (emp) yang terlindung.

5. smp/jam (Terlawan), terlindung/terlawan yaitu yang sesuai, tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan yang di ijin. Smp/jam yaitu hasil perkalian antara kendaraan/jam dengan ekivalen mobil penumpang (emp) yang terlawan.
6. Kendaraan/jam, cara menentukannya sama dengan langkah ke -3 hanya tipe kendaraannya yang diganti.
7. smp/jam (terlindung), cara menentukannya sama dengan langkah ke-4.
8. smp/jam (terlawan), cara menentukannya sama dengan langkah ke-5.
9. Kendaraan/jam, cara menentukannya sama dengan langkah ke-3 hanya tipe kendaraannya yang diganti.
10. smp/jam (Terlindung), cara menentukannya sama dengan langkah ke-4.
11. smp/jam (Terlawan), cara menentukannya sama dengan langkah ke-5.
12. Kendaraan/jam, penjumlahan dari kendaraan/jam pada kolom 3,6 dan 9 pada setiap arah.
13. smp/jam (Terlindung), penjumlahan dari kendaraan/jam pada kolom 4,7 dan 10 pada setiap arah.
14. smp/jam (Terlawan), penjumlahan dari kendaraan/jam pada kolom 5,8 dan 11 pada setiap arah.
15. Rasio Berbelok PLT, langkah perhitungan seperti dibawah.
16. Rasio Berbelok PRT, langkah perhitungan seperti dibawah.

Contoh perhitungan mencari P_{LT} dan P_{RT} untuk pengisian formulir SIG-II.
 Perhitungan arus kendaraan pada kaki simpang Jl. Raya Karanglo, Senin 22
 Februari 2016 pada jam puncak pagi hari .

- Arus kendaraan Belok Kiri :
 - a. Sepeda Motor : 56.20 smp/jam = 281 kend/jam
 - b. Kendaraan Ringan : 41smp/jam = 41 kend/jam
 - c. Kendaraan Berat : 5.2smp/jam = 4 kend/jam
 - d. Jumlah : 102.40 smp/jam = 326 kend/jam
- Arus kendaraan Belok Kanan
 - a. Sepeda Motor : 58.20 smp/jam = 291 kend/jam
 - b. Kendaraan Ringan : 22smp/jam = 22 kend/jam
 - c. Kendaraan Berat : 0smp/jam = 0 kend/jam
 - d. Jumlah : 80.2smp/jam = 313 kend/jam
- Total Arus Kendaraan smp/jam
 - a. Sepeda Motor : 56.20 + 58.20 = 114.40
 - b. Kendaraan Ringan : 41 + 22 = 63
 - c. Kendaraan Berat : 5.2 + 0 = 5.2
 - d. Jumlah = 182.60 smp/jam
- Total Arus Kendaraan kend/jam
 - a. Sepeda Motor : 281 + 291 = 572

- b. Kendaraan Ringan : 41 + 22 = 63
- c. Kendaraan Berat : 4 + 0 = 4
- d. Jumlah = 639kend/jam

Untuk menghitung Rasio kendaraan belok kiri (P_{LT}) maka, digunakan rumus

$$P_{LT} = \frac{LT \text{ (kend/jam)}}{\text{Total (kend/jam)}} \quad \text{dimana :}$$

P_{LT} : Rasio kendaraan belok kiri (kend/jam)

LT : Arus kendaraan belok kiri (kend/jam)

Total : Total arus kendaraan per lengan simpang (kend/jam)

➤ Rasio Kendaraan Belok Kiri :

$$P_{LT} = 102.40 / 182.60 = 0.561$$

Untuk menghitung Rasio kendaraan belok kanan (P_{RT}) maka, digunakan rumus :

$$P_{RT} = \frac{RT \text{ (kend/jam)}}{\text{Total (kend/jam)}} \quad \text{dimana :}$$

P_{RT} : Rasio kendaraan belok kanan (kend/jam)

RT : Arus kendaraan belok kanan (kend/jam)

Total : Total arus kendaraan per lengan simpang (kend/jam)

➤ Rasio Kendaraan Belok Kanan :

$$P_{RT} = 80.20 / 182.60 = 0.439$$

17. Arus UM (Kend/ jam), arus kendaraan tak bermotor pada kaki simpang

Jl. Raya Perusahaan Malang pada jam puncak pagi.

- Kendaraan Belok kiri = 0 kend/jam
- Kendaraan Lurus = 0 kend/jam
- Kendaraan belok kanan = 0 kend/jam
- Total kendaraan tak bermotor = 0 kend/jam

18. Rasio UM/MV : Yaitu pembagian antara jumlah total UM yang belok kiri lurus dan belok kanan dengan jumlah total kendaraan bermotor MV.

Untuk menghitung Rasio kendaraan (P_{UM}) maka, digunakan rumus :

$$P_{UM} = Q_{UM}/Q_{UMV} \quad \text{dimana :}$$

P_{UM} : Rasio kendaraan tak bermotor (kend/jam)

Q_{UM} : Arus kendaraan tak bermotor (kend/jam)

Q_{MV} : Total arus kendaraan per lengan simpang (kend/jam)

➤ Rasio Kendaraan:

$$P_{UM} = 0 / 182.000 = 0$$

Sedangkan, untuk mengisi pada kaki simpang berikutnya dapat ditentukan dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada tabel SIG – II pada lampiran.

Langkah C : Langkah untuk menentukan waktu antar hijau dan waktu hilang pada tabel formulir SIG – III adalah sebagai berikut :

Dimana :Merah Semua
$$= \left\{ \frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right\}_{MAX}$$

L_{EV}, L_{AV} : Jarak dari garis henti ke titik konflik masing – masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m).

I_{EV} : Panjang kendaraan yang berangkat (m).

V_{EV}, V_{AV} : Kecepatan masing – masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det).

Kecepatan kendaraan yang datang V_{AV} : 10 m/det (Kendaraan bermotor)

Kecepatan kendaraan yang berangkat V_{EV} : 10 m/det (Kendaraan bermotor).

Panjang kendaraan yang berangkat I_{EV} : 5 m (LV atau HV)

2 m (MC atau UM)

Contoh untuk menentukan titik konflik dan jarak kendaraan berangkat kendaraan datang pada Persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang yaitu :

1. Menentukan jarak dari garis henti ke titik konflik masing – masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang. (L_{EV} dan L_{AV}). Penentuan ini dilakukan dengan menggambar kejadian dengan titik konflik. Gambar dapat dilihat pada gambar.

2. Nilai – nilai untuk V_{EV}, V_{AV} dan I_{EV} pada perempatan ini diambil:

Kecepatan kendaraan yang datang (V_{AV}) = 10 m/detk (kend. bermotor)

Kecepatan kendaraan yang berangkat (V_{EV}) = 10 m/detk (kend. bermotor)

Panjang kendaraan yang berangkat (I_{EV}) = 5 m (LV atau HV)

3. Penentuan waktu merah semua dari fase 1 ke fase 2 adalah pembulatan ke nilai yang lebih besar dari perhitungan waktu merah semua.
4. Waktu kuning total didapatkan dari 3 detik dikasih 3 fase maka diperoleh 9 detik.
5. Waktu hilang total (LTI)
$$= \sum (\text{Merah semua} + \text{waktu kuning})$$
$$= (17 + 9)$$
$$= 17.00 \text{ detik}$$

Contoh pengisian untuk Pendekat Selatan, pengisian selanjutnya dapat dilihat pada formulir SIG-III pada lampiran.

Langkah D : Langkah untuk menentukan waktu sinyal dan kapasitas pada tabel formulir SIG – IV. Mengisi data seperti tabel formulir SIG –I sesuai dengan kondisi lapangan yang ada.

1. Kode Pendekat, kode pendekat ditunjukkan berdasarkan arah mata angin.
2. Hijau dalam fase nomor.
3. Tipe Pendekat.
4. Rasio kendaraan berbelok (PLTOR) merupakan, rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat.
5. Rasio kendaraan berbelok (PLT) merupakan, rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kiri.
6. Rasio kendaraan berbelok (PRT) merupakan, rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kanan.
7. Arus RT smp/jam (Arah Diri), kendaraan belok kanan dalam smp/jam dalam arahnya sendiri (Q_{RT}).

8. Arus RT smp/jam (Arah Lawan), kendaraan belok kanan dalam smp/jam dalam arahnya berlawanan (Q_{RTO}).
9. Lebar efektif (m), $W_{LTO} \geq 2$ m dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTO dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah.

Contoh untuk menentukan lebar efektif pada Persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang seperti yang terlihat pada perhitungan dibawah:

Simpang Selatan :

W_A	= Lebar pendekat	=	3.750	m
W_{MASUK}	= Lebar masuk	=	2.000	m
	= Lebar arah belok			
W_{LTO}	= Kiri	=	1.750	m
W_{LTO}	≥ 2 m			
	= Lebar efektif			
W_e	= W_{MASUK}	=	2.000	m
W_{KELUAR}	$< W_e \times (1 - P_{RT} - PL_{TOR})$	=	4.500	m

Simpang Barat :

W_A	= Lebar pendekat	=	5.500	m
W_{MASUK}	= Lebar masuk	=	2.000	m
	= Lebar arah belok			
W_{LTO}	= Kiri	=	2.000	m
W_{LTO}	≥ 2 m			
	= Lebar efektif			
W_e	= W_{MASUK}	=	3.500	m
W_{KELUAR}	$< W_e \times (1 - P_{RT} - PL_{TOR})$	=	3.750	m

Simpang Timur :

W_A	= Lebar pendekat	=	5.500	m
W_{MASUK}	= Lebar masuk	=	3.500	m
	= Lebar arah belok			
$W_{L\text{TOR}}$	= Kiri	=	2.000	m
$W_{L\text{TOR}}$	≥ 2 m			
	= Lebar efektif			
W_e	= W_{MASUK}	=	3.500	m
W_{KELUAR}	$< W_e \times (1 - P_{RT})$	=	4.500	m

➤ **Rasio kendaraan berbelok**

Dari tabel formulir SIG –II (data pada Senin, 22 Februari 2016 jam puncak pagi hari) didapatkan:

PRT = 0.439 Simpang Selatan

PLT = 0.561

PRT = 0.313 Simpang Barat

PLT = 0

PRT = 0 Simpang Timur

PLT = 0.173

➤ **Arus RT smp/jam**

Arus RT smp/jam dibedakan arah dari (kendaraan terlindung) dan arah lawan (kendaraan terlawan), data di ambil pada formulir SIG-II pada arus belok kanan (RT) Senin, 22 Februari 2016 jam puncak pagi.

❖ **Kaki simpang Jalan Raya Karanglo (Utara)**

Arah terlindung = 80.20 kend/det

Arah terlawan = 0 kend/det

❖ Kaki simpang Jalan Raya Karanglo (Selatan)

Arah terlindung = 125.70 kend/det

Arah terlawan = 0 kend/det

❖ Kaki simpang Jalan Raya Perusahaan (Timur)

Arah terlindung = 0 kend/det

Arah terlawan = 0 kend/det

10. Nilai dasar smp/jam (Hijau), menghitung arus jenuh dasar dengan rumus:

$$S_o = 600 \times W_e$$

Contoh perhitungan untuk menentukan nilai dasar pada Persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang seperti dibawah.

- a. Jalan Raya Karanglo (Utara) = $600 \times 2.0 = 1200$ kend/jam
- b. Jalan Raya Karanglo (Selatan) = $600 \times 3.5 = 2100$ kend/jam
- c. Jalan Raya Perusahaan (Timur) = $600 \times 3.5 = 2100$ kend/jam

11. Faktor – faktor penyesuaian semua tipe pendekat (Ukuran Kota F_{CS})

Tabel 5.1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota
$\leq 3,0$	1,05
1,0 - 3,0	1,00
5,0 - 1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
$\leq 0,1$	0,82

Sumber : (MKJI 1997 , Simpang Bersinyal : 2-53)

Berdasarkan sumber dari buku Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Malang Tahun 2011 - 2015, perkembangan penduduk kota Malang $\pm 2.899.805$ jiwa. Sehingga, digunakan nilai $F_{CS} = 1,00$

12. Faktor – faktor penyesuaian semua tipe pendekat (Hambatan Samping F_{SF})

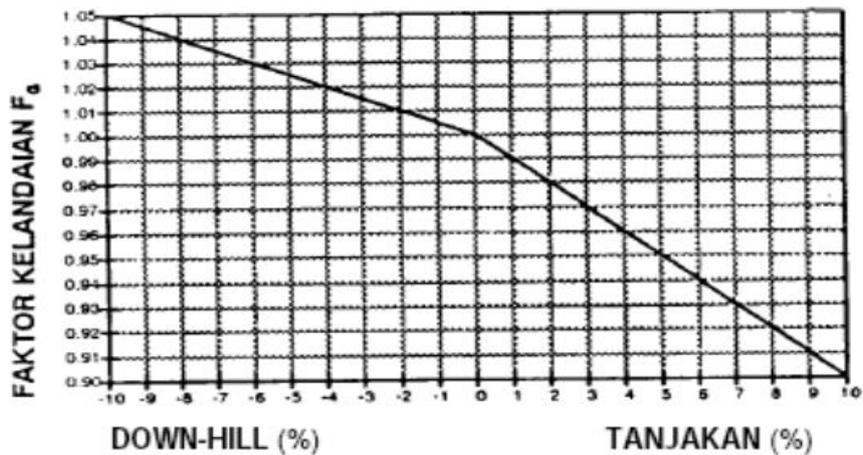
Tabel 5.2 Faktor Penyesuaian untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{SF})

Lingkungan jalan	Hambatan Samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersil COM	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman RES	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,0	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas RA	Tinggi / Sedang / Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,98	0,93	0,90	0,88

Sumber: (MKJI 1997, *Simpang Bersinyal* :2-53)

Digunakan nilai F_{SF} terlindung dan terlawan = 0,93

13. Faktor – faktor penyesuaian semua tipe pendekat (Kelandaian F_G)



Gambar 5.2Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (F_G)

Sumber: (MKJI 1997, *Simpang Bersinyal* :2-54)

Digunakan nilai F_G = 1,00 karena daerah lokasi studi termasuk datar.

14. Faktor – faktor penyesuaian semua tipe pendekat (Parkir F_P)

Untuk menentukan faktor penyesuaian parkir digunakan rumus seperti dibawah :

$$F_P = (L_P/3 - (W_A - 2) \times (L_P/3 - g) / W_A) / g$$

dimana :

L_p = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)

W_A = Lebar pendekat (m)

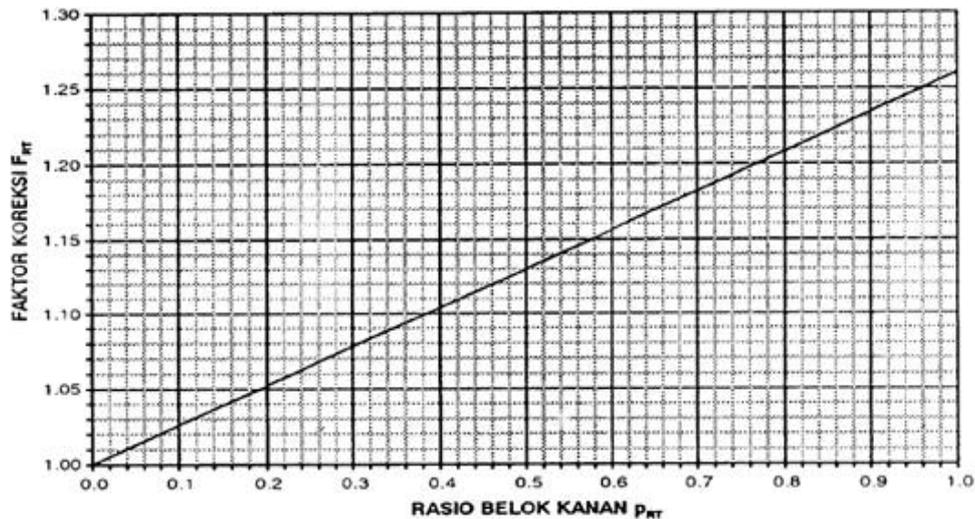
G = Waktu hijau pada pendekat.

$$\begin{aligned} \text{maka, } F_P &= (1/3 - (2 - 2) \times (1/3 - 20) / 2) / 20 \\ &= 1.00 \end{aligned}$$

Digunakan nilai F_P = 1.00

15. Faktor – faktor penyesuaia Belok Kanan (F_{RT})

Menentukan faktor penyesuaian untuk belok kanan bisa menggunakan rumus $F_{RT} = 1.0 + P_{RT} \times 0.26$ atau dengan gambar grafik 5.2.3 dibawah.



Gambar 5.3 Grafik Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan (F_{RT})

Sumber : *Sumber: (MKJI 1997, Simpang Bersinyal :2-55)*

Contoh perhitungan mencari faktor penyesuaian belok kanan pada Persimpangan Jalan Raya Karanglo sebagai berikut:

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Raya Karanglo (Utara)

$$\begin{aligned}
 F_{RT} &= 1 + (P_{RT}) \times 0.26 \\
 &= 1 + (0.439 \times 0.26) \\
 &= 1.114
 \end{aligned}$$

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Raya Karanglo (Selatan)

$$\begin{aligned}
 F_{RT} &= 1 + (P_{RT}) \times 0.26 \\
 &= 1 + (0.313 \times 0.26) \\
 &= 1.081
 \end{aligned}$$

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Raya Perusahaan (timur)

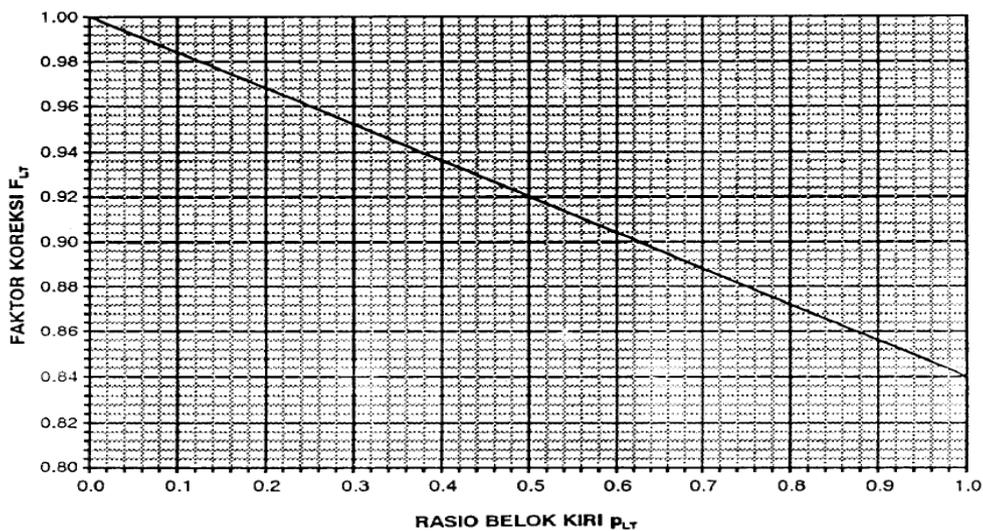
$$\begin{aligned}
 F_{RT} &= 1 + (P_{RT}) \times 0.26 \\
 &= 1 + (0 \times 0.26) \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

16. Faktor –faktor penyesuaia Belok Kiri (F_{LT})

Menentukan faktor penyesuaian untuk belok kiri bisa menggunakan

rumus:

$F_{RT} = 1.0 + P_{LT} \times 0.16$ atau dengan gambar grafik 5.2.4 dibawah.



Gambar 5.4 Grafik Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kiri (F_{LT})

Sumber : Sumber: (MKJI 1997 , Sim pang Bersinyal :2-56)

Contoh perhitungan mencari faktor penyesuaian belok kiri pada

Persimpangan Jalan Raya Karanglo sebagai berikut:

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Raya Karanglo (Utara)

$$\begin{aligned}
 F_{RT} &= 1 - (P_{LT}) \times 0.16 \\
 &= 1 - (0.561 \times 0.26)
 \end{aligned}$$

$$= 0.910$$

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Raya Karanglo (Selatan)

$$\begin{aligned} \text{FRT} &= 1 - (\text{PLT}) \times 0.16 \\ &= 1 - (0 \times 0.26) \\ &= 1 \end{aligned}$$

- Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Raya Karanglo (Timur)

$$\begin{aligned} \text{FRT} &= 1 - (\text{PLT}) \times 0.16 \\ &= 1 - (0.173 \times 0.26) \\ &= 0.972 \end{aligned}$$

17. Nilai di sesuaikan smp/jam hijau (S), dengan menggunakan rumus:

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_G \times F_P$$

Contoh Perhitungan Arus jenuh yang disesuaikan pada kaki Jl. Raya Karanglo, 22 Februari 2016 jam puncak pagi :

$$\begin{aligned} S &= S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_{PX} \times F_{RT} \times F_{LT} \\ S &= 1200 \times 1 \times 0.93 \times 1 \times 1 \times 1.114 \times 0.910 \\ &= 1131.872 \text{ kend/jam} \end{aligned}$$

18. Arus lalu lintas smp/ jam (Q) , masukan arus lalu lintas masing – masing pendekat. Arus lalu lintas diambil dari data volume, misalnya pada kaki lengan selatan Jl. Raya Karanglo Senin, 22 Februari 2016 jam puncak pagi adalah 183smp/jam.

19. Rasio arus (FR), menghitung rasio arus lengan selatan Jl. Raya Karanglo. Senin, 22 Februari 2016 jam puncak pagi dengan menggunakan rumus :

$$\text{FR} = Q / S$$

$$\begin{aligned} \text{FR} &= 183 / 1131.872 \\ &= 0.16133 \end{aligned}$$

IFR = Jumlah dari rasio FR pada seluruh kaki simpang.

$$\begin{aligned} \text{IFR} &= 0.16133 + 0.19026 + 0.1079 \\ &= 0.459 \end{aligned}$$

$$20. \text{ Rasio fase (PR)} = \text{FR}_{\text{crit}} / \text{IFR}$$

$$\begin{aligned} \text{PR} &= 0.16133 / 0.459 \\ &= 0.351 \end{aligned}$$

21. Waktu hijau (detik), analisa kondisi eksisting diisikan waktu hijau yang ada.

22. Kapasitas(smp/jam), analisa kapasitas masing – masing pendekat dengan menggunakan rumus :

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

Contoh perhitungan kapasitas pada Persimpangan Jalan Mayor Jenderal MT Haryono - Jalan Gajayana Malang Senin, 16 November 2015 jam puncak pagi:

❖ Waktu hilang pada simpang :

$$\begin{aligned} \text{LTI} &= \sum (\text{merah semua} + \text{kuning}) \\ &= 17 \text{ detik} \end{aligned}$$

❖ Waktu Siklus = 77 detik

$$\text{CS} = g/c \times S = 20 / 77 \times 1131.872 = 293.993 \quad \text{kend/det}$$

$$\text{CB} = g/c \times S = 20 / 77 \times 2111.855 = 548.534 \quad \text{kend/det}$$

$$\text{CT} = g/c \times S = 20 / 77 \times 1899.014 = 493.25 \quad \text{kend/det}$$

23. Derajat kejenuhan, menghitung derajat kejenuhan masing – masing pendekat dengan rumus :

$$DS = Q / C$$

Contoh perhitungan derajat kejenuhan pada Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang. Senin, 22 Februari 2016 Jam Puncak Pagi :

$$DSS = Q/C = 183 / 293.993 = 0.621$$

$$DSB = Q/C = 402 / 548.534 = 0.732$$

$$DST = Q/C = 205 / 493.25 = 0.415$$

Langkah E : Langkah untuk menentukan panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti, dan tundaan pada tabel formulir SIG – V. Mengisi data yang diperlukan sesuai dengan tabel formulir SIG –IV.

➤ **Langkah Menentukan Kinerja Simpang Bersinyal**

❖ Panjang Antrian .

Untuk $DS < 0,5$: $NQ1 = 0$ jika $DS > 0,5$ $NQ1$ bisa dihitung dengan rumus

sebagai berikut:

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right]$$

Dimana : $NQ1$ = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat kejenuhan

Gr = Rasio hijau

C = Kapasitas smp/jam

Untuk menentukan NQ2 digunakan rumus : $NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$

Dimana :

NQ2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

Gr = Rasio hijau

C = Kapasitas smp/jam

Qmasuk = Arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR

Antrian pada kaki simpang lengan Selatan Jalan Raya Karanglo pada jam puncak pagi :

$$\begin{aligned} NQ1 &= 0.25 \times C \times ((DS - 1) + (((DS - 1)^2 + (8 \times 7 \times (DS - 0.5)) / C)^{0.5})) \\ &= 0.25 \times 293.99 \times ((0.621 - 1) + (((0.621 - 1)^2 + (8 \times 7 \times (0.621 - 0.5)) / \\ &\quad 293.99)^{0.5})) \\ &= 2.154 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NQ2 &= 77 \times ((1-20) / (1-20 \times DS)) \times (Q / 3600) \\ &= 77 \times ((1-20) / (1-20 \times 0.331)) \times (183 / 3600) \\ &= 13.192 \end{aligned}$$

❖ Jumlah Kendaraan Terhenti

$$\begin{aligned} NQ &= NQ1 + NQ2 \\ &= 2.154 + 6.497 \\ &= 8.651 \text{ smp} \end{aligned}$$

❖ Perhitungan Panjang Antrian

$$QL = \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{masuk}}} = \frac{6.497 \times 20}{2.000} = 64.967 \text{ m}$$

Untuk mencari nilai NS digunakan rumus :

$$NS = 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

dimana ,

C = Waktu siklus (detik)

Q = Arus Lalu Lintas (kend/detik) maka,

$$\begin{aligned} NS &= 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \\ &= 0.9 \times \frac{8.651}{183 \times 77} \times 3600 \\ &= 1.993 \text{ stop/jam} \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai N_{sv} digunakan rumus:

N_{sv} = Q x NS (kend/jam) maka,

$$\begin{aligned} N_{sv} &= Q \times NS \\ &= 183 \times 1.993 \\ &= 364.009 \text{ det/kend} \end{aligned}$$

❖ Tundaan

Untuk mencari tundaan digunakan rumus : $DT = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$

dimana: DT = Tundaan lalu lintas rata –rata (det/kend)

c = waktu siklus yang disesuaikan

$$A = \frac{0.5 \times (1 - gr)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

DS = derajat kejenuhan dari kolom 4

GR = Rasio hijau (q/c) dari kolom 5

NQ1 = jumlah kend yang tersisa dari fase hijau sebelumnya dari kolom 6

C = Kapasitas (kedn/jam) dari kolom 3

$$\begin{aligned}DT &= 77 \times \frac{0,5 \times (1-0.260)^2}{(1-0.260 \times 0.621)} + \frac{2.154 \times 3600}{293.99} \\ &= 51.532 \text{ detik / kend}\end{aligned}$$

Tundaan geometri rata-rata (DG) = $(1-psv) \times PT \times 6 + (psv \times 4)$

$$\begin{aligned}DG &= (1 - 1.993) \times 0.561 \times 6 + (1.993 \times 4) \\ &= 4.631 \text{ detk/kend}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tundaan rata - rata (D)} &= DT + DG \\ &= 51.532 + 4.631 \\ &= 56.164 \text{detik /kend}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya bisa dilihat pada formulir SIG - 1 sampai dengan formulir SIG -V untuk semua lengan simpang pada persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang, mulai hari Senin 22 Februari 2016, Rabu 24 Februari 2016, Sabtu 27 Februari 2016, dan Minggu 28 Februari 2016 pada semua jam puncak baik jam puncak pagi, siang, dan sore.

5.2.2 Evaluasi Nilai Derajat Kejenuhan (DS) Pada Kondisi Eksisting

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni lebar pendekat, hambatan samping, ukuran kota, median jalan utama, dan rasio berbelok. Berikut ini hasil pengolahan data dari derajat kejenuhan (DS) pada kondisi eksisting selama waktu periode pengamatan setiap jam puncak pagi, siang dan sore.

Dari analisa hasil perhitungan , pada hari Senin, 22 Februari 2016 didapat untuk jam puncak pagi hari, derajat kejenuhan untuk setiap pendekat melebihi 0.85 dan derajat kejenuhan paling tinggi adalah pada pendekat timur dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 3.728. Pada jam puncak siang hari, nilai derajat kejenuhan untuk setiap pendekat melebihi 0.85 dan derajat kejenuhan paling tinggi ada pada pendekat timur dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 4.283. Dan pada jam puncak sore hari, nilai derajat kejenuhan juga melebihi 0.85, yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat selatan dengan nilai derajat kejenuhan 4.692.

Pada Hari Rabu, 24 Februari 2016 didapat untuk jam puncak pagi hari, nilai derajat kejenuhan ada yang melebihi 0.85 (pendekat timur), yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat timur dengan nilai derajat

kejenuhan 3.611. Pada jam puncak siang hari, derajat kejenuhan untuk setiap pendekat melebihi 0.85 dan derajat kejenuhan paling tinggi adalah pada pendekat selatan dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 3.780. Dan pada jam puncak sore hari, derajat kejenuhan untuk setiap pendekat melebihi 0.85 dan derajat kejenuhan paling tinggi adalah pada pendekat timur dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 4.780.

Pada Hari Sabtu, 27 Februari 2016 didapat untuk jam puncak pagi hari, nilai derajat kejenuhan melebihi 0.85 (pendekat timur), yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat timur dengan nilai derajat kejenuhan 3.927. Pada jam puncak siang hari, nilai derajat kejenuhan melebihi 0.85 (pendekat timur), yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat timur dengan nilai derajat kejenuhan 5.927. Dan pada jam puncak sore hari, nilai derajat kejenuhan juga melebihi 0.85 (pendekat timur), yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat timur dengan nilai derajat kejenuhan 5.934.

Pada Hari Minggu, 28 Februari 2016 didapat untuk jam puncak pagi hari, nilai derajat kejenuhan melebihi 0.85 (pendekat timur), yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat timur dengan nilai derajat kejenuhan 3.280. Pada jam puncak siang hari, nilai derajat kejenuhan melebihi 0.85 (pendekat timur), yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh

MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat timur dengan nilai derajat kejenuhan 5.165. Dan pada jam puncak sore hari, nilai derajat kejenuhan juga melebihi 0.85 (pendekat timur), yang dimana nilai tersebut melebihi dari ketentuan yang disarankan oleh MKJI 1997, derajat kejenuhan paling tinggi terjadi pada pendekat timur dengan nilai derajat kejenuhan 5.670.

Dari hasil pengamat survey lapangan selama 4 hari, arus kendaraan paling tinggi terjadi pada jam puncak sore hari karena total arus lalu lintasnya paling tinggi sehingga derajat kejenuhannya juga tinggi. Semakin tinggi arus lalu lintas, semakin tinggi pula nilai derajat kejenuhannya. Apabila nilai derajat kejenuhan melebihi dari nilai tersebut, maka diperlukan suatu perencanaan untuk mengurangi nilai derajat kejenuhannya.

5.2.3 Evaluasi Analisa Antrian Pada Kondisi Eksisting

Survey antrian dilakukan untuk memperoleh jumlah kendaraan yang antri pada lajur - lajur lengan simpang akibat durasi sinyal merah. Survey ini dilakukan baik selama sinyal merah maupun pada permulaan sinyal hijau dan hasil yang diperoleh digunakan untuk memperoleh jumlah antrian dan panjang antrian. Antrian adalah jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (kend/smp) sedangkan, panjang antrian adalah panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat (m).

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 nilai panjang antrian diperoleh dari kendaraan yang tersisa pada fase sebelumnya (NQ1) ditambah dengan jumlah kendaraan yang datang selama waktu merah (NQ2).Nilai NQ1

ditentukan oleh besarnya derajat kejenuhan (DS). Untuk $DS \leq 0.5$ nilai $NQ1 = 0$, sedangkan untuk $DS > 0.5$ maka nilai $NQ1$ dapat dihitung.

Nilai DS yang besar akan menghasilkan nilai $NQ1$ dan $NQ2$ yang besar pula. Akibat arus yang besar, akan berpengaruh terhadap panjang antriannya. Panjang antrian yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh nilai NQ_{MAX} tetapi juga dipengaruhi oleh lebar masuknya.

Pada pendekatan selatan, hasil perhitungan dilapangan panjang antrian pada hari Senin 22 Februari 2016, jam puncak pagi hari 65 m dan menurut MKJI 1997 panjang antrian 64.968, maka selisih perbedaannya adalah - 0.050 %. Sehingga, dapat disimpulkan panjang antrian menurut perhitungan dilapangan dan MKJI 1997 ada beberapa perbedaan yang signifikan seperti pada tabel dibawah yang di mana selisih rata – rata perbedaan antara panjang antrian hasil survey lapangan dan setelah dianalisa menggunakan mkji 1997 sebesar 37.401 %, yakni pada hari Senin 22 Februari 2016, Rabu 24 Februari 2016, Sabtu 27 Februari 2016, dan Minggu 28 Februari 2016.

Perbedaan perhitungan dilapangan dan MKJI 1997 bisa dikarenakan beberapa faktor antara lain :

1. Perilaku pengendara kendaraan sangat mempengaruhi perbedaan perhitungan dilapangan dengan MKJI 1997 karena, banyak pengendara kendaraan yang tidak mematuhi peraturan lalu lintas. Misalnya, saat lampu merah, waktu pengosongan (All Red) masih digunakan untuk menerobos

dan pada waktu lampu menyala hijau kurang dari 5 detik, pengendara sudah mulai berjalan. Sehingga kendaraan yang belum habis melintas kendaraan berikutnya sudah masuk dan menyebabkan terjadinya macet ditengah tengah perempatan.

2. Geometri dilapangan juga mempengaruhi perbedaan perhitungan yang signifikan karena, bentuk simpang yang tidak sempurna dan terlihat tikungan yang sangat pata pada lengan selatan. Lebar jalan pada lengan simpang Jl. Raya Perusahaan lebih kecil dibandingkan Jl. Raya Karanglo. Selain itu, diberlakukannya belok kiri langsung jalan akan sangat berpengaruh pada jalan yang lebar jalannya kecil, karena kendaraan yang belok kiri harus berhenti dan tetap harus menunggu lampu hijau sehingga, menyebabkan kemacetan bagi pengendara yang arah pergerakannya lurus jika berada dibelakang kendaraan yang pergerakannya belok kiri.
3. Ketelitian surveyor juga merupakan faktor penting dalam pengambilan data dilapangan.

5.2.4 Evaluasi Analisa Tundaan Pada Kondisi Eksisting

Tundaan yang terjadi pada simpang bersinyal dapat diakibatkan oleh lalu lintas (DT) dan tundaan akibat geometrik (DG). Tundaan akibat lalu lintas didasarkan pada gerakan masing-masing kendaraan yang secara bersama melewati simpang. Tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu simpang dibandingkan terhadap situasi tanpa simpang.

Pada pendekatan selatan, hasil perhitungan dilapangan tundaan rata – rata kendaraan pada hari Senin 22 Februari 2016, jam puncak pagi hari didapatkan tundaan rata – rata lapangan sebesar 38.045 detik/kendaraan dan menurut MKJI 1997 rata – rata tundaan kendaraan adalah sebesar 56.164 detik/kendaraan, maka selisih perbedaannya adalah 32.259 %. Sehingga, dapat disimpulkan tundaan rata – rata menurut perhitungan dilapangan dan MKJI 1997 ada beberapa perbedaan yang signifikan seperti pada tabel dibawah yang di mana selisih rata – rata perbedaan tundaan rata – rata kendaraan hasil survey lapangan dan setelah dianalisa menggunakan mkji 1997 sebesar 34.132 %, yakni pada hari Senin 22 Februari 2016, Rabu 24 Februari 2016, Sabtu 27 Februari 2016 dan Minggu 28 Februari.

Perbedaan perhitungan dilapangan dan MKJI 1997 bisa dikarenakan beberapa faktor antara lain :

1. Geometri dilapangan juga mempengaruhi perbedaan perhitungan yang signifikan karena, bentuk simpang yang tidak sempurna dan terlihat tikungan yang sangat pata pada lengan selatan. Lebar jalan pada lengan simpang Jl. Raya Perusahaan lebih kecil dibandingkan Jl. Raya Karanglo. Selain itu, diberlakukannya belok kiri langsung jalan akan sangat berpengaruh pada jalan yang lebar jalannya kecil karena kendaraan yang belok kiri harus berhenti dan tetap harus menunggu lampu hijau sehingga, menyebabkan kemacetan bagi pengendara yang arah pergerakannya lurus jika berada dibelakang kendaraan yang pergerakannya belok kiri.

2. Ketelitian surveyor juga merupakan faktor penting dalam pengambilan data dilapangan.
3. Pengaruh lain yang dapat menyebabkan perbedaan perhitungan dilapangan dan MKJI 1997 adalah rumus MKJI 1997 sendiri. Rumus MKJI 1997 bukan diturunkan dari rumus yang pasti tapi dari percobaan / survey beberapa kota besar di Indonesia. Rumus dan survey dilakukan pada tahun 1997 sehingga banyak analisa yang tidak sesuai dengan kondisi sekarang, karena perilaku masyarakat pengguna jalan pada tahun 1997 berbeda dengan tahun 2015.

5.2.5 Tingkat Pelayanan Simpang

Evaluasi tingkat pelayanan yaitu kegiatan pengolahan dan perbandingan data untuk mengetahui tingkat pelayanan dan indikasi penyebab masalah lalu lintas yang terjadi pada suatu ruas jalan atau persimpangan. Tingkat pelayanan pada persimpangan mempertimbangkan faktor tundaan dan kapasitas persimpangan. Penetapan tingkat pelayanan yang diinginkan merupakan kegiatan penentuan tingkat pelayanan ruas jalan atau persimpangan berdasarkan indikator tingkat pelayanan.

Indikator tingkat pelayanan, sebagaimana dimaksud diatas mencakup antara lain:

- a. kecepatan lalu lintas (untuk jalan luar kota)
- b. kecepatan rata-rata (untuk jalan perkotaan)
- c. nisbah volume/kapasitas (*V/C ratio*)
- d. kepadatan lalu lintas
- e. kecelakaan lalu lintas

Analisa karakteristik arus lalu lintas simpang dilakukan untuk melihat tingkat pelayanan jalan dalam menentukan karakteristik kinerja simpang jalan kondisi saat ini. Untuk menentukan kinerja simpang maka, dianalisa volume kendaraan, jumlah antrian kendaraan dan panjang antrian kendaraan, tundaan, dan hambatan samping. Tingkat pelayanan pada persimpangan mempertimbangkan faktor tundaan dan kapasitas persimpangan.

Tabel 5.6 Persimpangan Dengan APILL

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/Kend)	Load Factor
A	$\leq 5,0$	0,0
B	5,10 - 15,0	$\leq 0,1$
C	15,1 - 25,0	$\leq 0,3$
D	25,1 - 40,0	$\leq 0,7$
E	40,1 - 60,0	$\leq 1,0$
F	≥ 60	NA

Sumber : (Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 14 Tahun 2006, Lampiran peraturan)

Tabel 5.7 Nilai Tingkat Pelayanan Simpang

Dari tabel di atas, hasil pengolahan data di lapangan dan MKJI 1997 didapatkan untuk waktu tundaan rata – rata pada jam puncak pagi hingga sore hari, sehingga dapat disimpulkan tingkat pelayanan simpang Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang sesuai perhitungan di lapangan termasuk dalam tingkat pelayanan yang buruk dan menurut perhitungan MKJI 1997 tingkat pelayanan simpang juga termasuk tingkat pelayanan yang buruk.

Dari hasil evaluasi tundaan di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa Persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang perlu direncanakan suatu perbaikan agar tingkat pelayanan simpang yang dihasilkan sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 14 Tahun 2006.

Untuk persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang sesuai hasil pengamatan survey selama 4 hari dan setelah dianalisa menggunakan MKJI 1997, nilai tingkat pelayanan simpang cenderung dengan nilai tingkat pelayanan simpang paling kecil D hingga yang paling besar dengan nilai F. Oleh karena itu sesuai keputusan menteri sekarang – kurangnya nilai tingkat pelayanan simpang adalah C.

5.3 Alternatif Untuk Perbaikan Kinerja Simpang

Dari evaluasi yang telah dilakukan sebelumnya didapatkan hasil yang melebihi dari syarat yang telah ditentukan baik itu derajat kejenuhan (DS), maupun tundaan yang mengacu pada syarat yang telah ditentukan didalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) dan Peraturan Menteri Pehubungan No. 14 KM 2006. Dari nilai derajat kejenuhan (DS) dan tundaan yang dihasilkan, dampaknya terdapat pada biaya konsumsi bahan bakar yang digunakan, yang dimana ketika nilai derajat kejenuhan yang tinggi akan menghasilkan tundaan yang besar dan tundaan yang besar akan mengakibatkan borosnya biaya konsumsi bahan bakar yang digunakan. Sehingga langkah selanjutnya yang dilakukan adalah

merencanakan perbaikan dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja simpang pada persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Kabupaten Malang. Ada 3 skenario alternatif perbaikan yang akan dilakukan dan pada akhirnya akan dipilih satu alternatif terbaik untuk perbaikan kinerja simpang ini. Pemilihan alternatif terbaik mengacu pada nilai derajat kejenuhan dan nilai tundaan yang dihasilkan. Akan tetapi selain itu akan ditinjau kembali alternatif mana yang paling efektif untuk direncanakan dengan kondisi eksisting di lapangan.

❖ Alternatif 1 : Optimasi Waktu Siklus

Optimasi waktu siklus dilakukan dengan penentuan waktu siklus (c) dan waktu hijau (gi) pada masing- masing fase dan waktu yang diambil sebagai pengoptimalan adalah volume tertinggi selama 4 hari pengamatan survey, yaitu pada hari Minggu. 28 Februari 2016

➤ Waktu Siklus

$$C = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - \sum FR_{crit})$$

Dimana:

C	= Waktu siklus sinyal (detik)
LTI	= Jumlah waktu hilang per siklus (detik)
FR	= Arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)
FRcrit	= Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal.

$\sum (FR_{crit})$ = Rasio arus simpang = jumlah FR_{crit} dari semua fase pada siklus tersebut.

Jika waktu siklus tersebut lebih kecil dari nilai yang didapat kan dari perhitungan maka ada resiko terjadinya tingkat kejenuhan pada simpang. Waktu siklus yang terlalu panjang akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. Jika nilai $\sum(FR_{crit})$ mendekati atau lebih dari 1 maka simpang sangat jenuh dan rumus tersebut dan menghasilkan nilai waktu siklus yang sangat tinggi atau negative. Berikut contoh untuk merencanakan optimasi waktu siklus pada jam puncak pagihari :

Diketahui :

Jumlah waktu hilang per siklus (LTI)= 12 detik

(FR_{crit}) pendekat Selatan = Q/S = 0.284

(FR_{crit}) pendekat Utara = Q/S = 0.166

(FR_{crit}) pendekat Timur = Q/S = 0.129

Jumlah FR_{crit} dari semua fase ($\sum FR_{crit}$) = 0.579

$$\begin{aligned} C &= (1,5 \times LTI + 5) / (1 - \sum FR_{crit}) \\ &= (1,5 \times 12 + 5) / (1 - 0.579) \\ &= 23 / 0.421 \\ &= 54.637 \\ &= 54 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari perhitungan waktu siklus maka diketahui waktu siklus sebesar 54 detik

➤ Waktu Hijau

Kinerja suatu simpang bersinyal pada umumnya lebih terkait terhadap kesalahan-kesalahan dalam pembagian waktu hijau daripada panjangnya waktu siklus. Dalam menentukan waktu hijau menggunakan rumus:

$$\text{Waktu Hijau (gi)} = (c - LTI) \times FR_{\text{crit}}$$

Diketahui :

$$\text{Waktu siklus yang disesuaikan (c)} = 54.631 \text{ detik}$$

$$(FR_{\text{crit}}) \text{ arus fase pendekat Selatan} = FR / (\sum FR_{\text{crit}}) = 0.491$$

$$(FR_{\text{crit}}) \text{ arus fase pendekat Barat} = FR / (\sum FR_{\text{crit}}) = 0.287$$

$$(FR_{\text{crit}}) \text{ arus fase pendekat Timur} = FR / (\sum FR_{\text{crit}}) = 0.222$$

Diambil nilai (FR_{crit}) tertinggi 0,491 maka waktu hijau adalah :

$$\begin{aligned} \text{Waktu Hijau Pendekat Selatan (g)} &= (c - LTI) \times FR_{\text{crit}} \\ &= (54.637 - 10) \times 0.491 \\ &= 46.51 \times 0.491 \\ &= 45.929 \\ &= 46 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan waktu hijau pendekat selatan 21 detik dengan panjang siklus 54 detik. Untuk perhitungan optimasi siklus pada semua pendekat jam puncak pagi hingga sore hari bisa dilihat pada tabel di bawah.

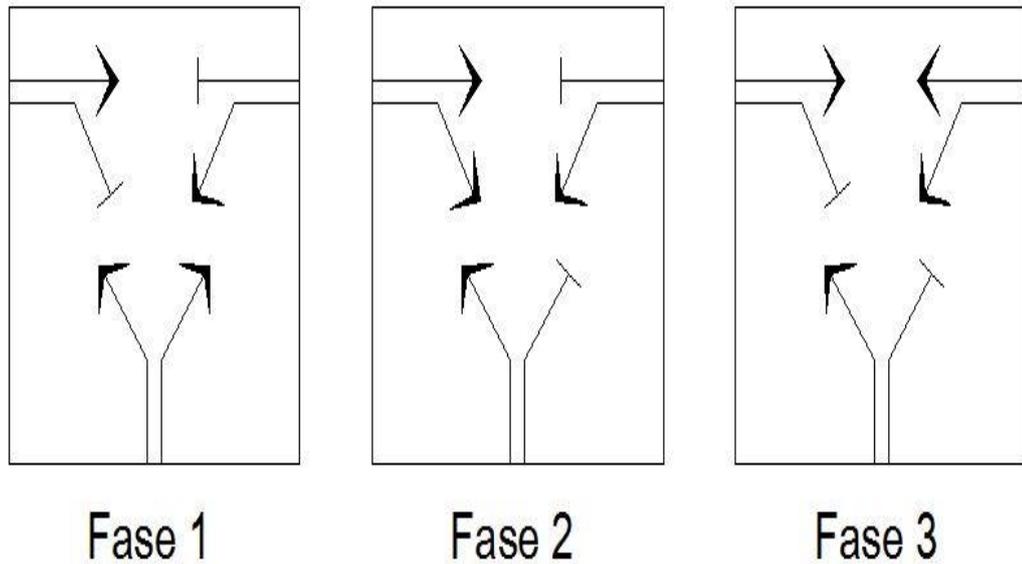
Optimasi waktu siklus dilakukan dengan merubah waktu sinyal pada pagi hari dari 77 detik menjadi 55 detik, siang hari dari 77 detik menjadi 50 detik, dan sore hari dari 77 detik menjadi 59 detik, optimasi dilakukan dengan tujuan untuk memperkecil tundaan rata-rata dari persimpangan.

Dari hasil perhitungan diatas bisa dilihat arus lalu lintas kendaraan maksimum terjadi pada pagi hari dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 0.856, panjang antrian sebesar 72.097 m, dan tundaan rata – rata kendaraan sebesar 124.668 det/kend. Selisih perbedaan antara kondisi eksisting yang telah dianalisa dengan menggunakan MKJI 1997 dengan menggunakan alternatif 1 masih sedikit, dengan nilai derajat kejenuhan alternatif 1 bertambah besar daripada kondisi eksisting yang telah dianalisa menggunakan MKJI 1997 rata – rata sebesar 8.468 %, pengurangan panjang antrian rata – rata sebesar -57.493 %, dan nilai tundaan rata – rata kendaraan alternatif 1 bertambah besar daripada kondisi eksisting yang telah dianalisa menggunakan MKJI 1997 rata – rata sebesar 36.566 %. Jika dilihat dari rata – rata tundaan simpang sebesar 128.668 detik/kend, nilai derajat kejenuhan 0.856, panjang antrian 72.097 m, dan optimasi waktu siklus pada sore hari sebesar 59 detik, dapat disimpulkan bahwa dengan hanya optimasi siklus masih kurang optimum dalam memperbaiki kinerja simpang. Sehingga, harus ditambah dengan alternatif perbaikan kinerja simpang yang lain dan untuk perhitungan serta hasil lengkap dari tabel di atas dapat dilihat pada lampiran terkait alternatif ke 1 pada perubahan formulir SIG 1-5.

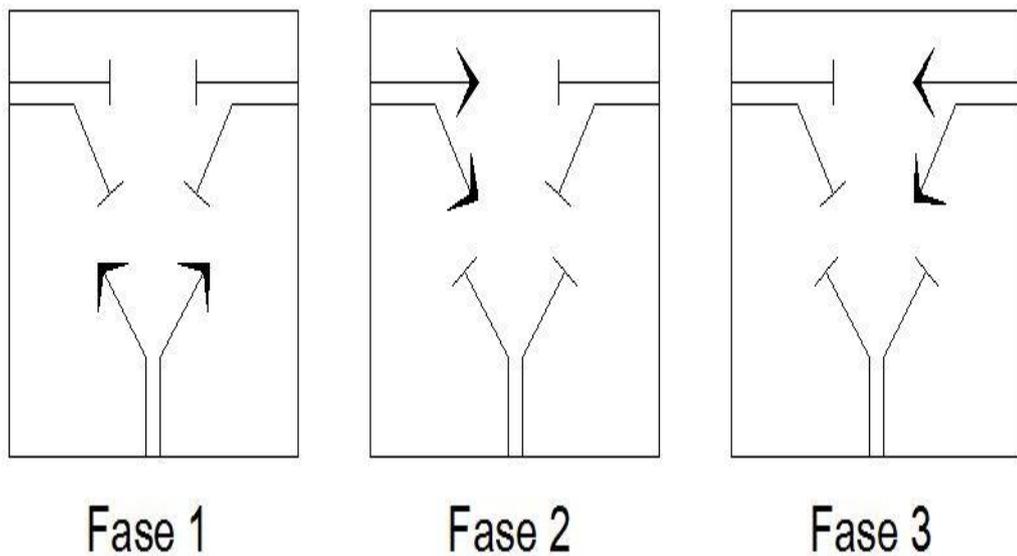
❖ **Alternatif 2 : Larangan Belok Kiri atau Lurus Secara Langsung (Harus Mengikuti Isyarat Lampu Lalu Lintas)**

Untuk alternatif berikutnya adalah larangan belok kiri atau lurus langsung, yang di mana semua fase pergerakan harus mengikuti isyarat lampu lalu lintas. Dari kondisi eksisting yang ada, pergerakan belok kiri atau lurus langsung diperbolehkan, hal ini mengakibatkan tumpukan kendaraan pada saat lalu lintas

yang lain bertemu dari arah yang lain, dan akibatnya akan mempengaruhi waktu tundaan yang cukup tinggi.



Gambar 5.5 Kondisi Eksisting Fase Pergerakan Lalu Lintas



Gambar 5.6 Perubahan Fase Pergerakan Lalu Lintas

Untuk larangan belok kiri langsung, akan mempengaruhi terkait lebar pendekat setiap masing – masing lengan pendekat, seperti pada tabel berikut :

Dari tabel diatas, dapat dilihat kondisi eksisting setiap pendekat yang di mana pada Jalan Raya Karanglo pendekat selatan, untuk WMASUK adalah selebar 3.750 m. Pada Jalan Raya Karanglo pendekat utara, untuk WMASUK adalah selebar 7.500 m dan perubahan ketika ada larangan belok kiri langsung adalah WMASUK menjadi 5.500 m. Dan pada pendekat Jalan Raya Perusahaan pendekat timur, untuk WMASUK adalah selebar 5.000 m dan perubahan ketika ada larangan belok kiri langsung adalah WMASUK menjadi 5.500 m. Berikut adalah hasil perubahan dari belok kiri atau lurus langsung diperbolehkan, menjadi larangan untuk belok kiri atau lurus langsung.

Dari hasil perhitungan diatas bisa dilihat arus lalu lintas kendaraan maksimum terjadi pada sore hari dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 0.605, panjang antrian sebesar 61.676 m, dan tundaan rata – rata kendaraan sebesar 41.209 det/kend. Selisih perbedaan antara kondisi eksisting yang telah dianalisa dengan menggunakan MKJI 1997 dengan menggunakan alternatif 2 yakni, dengan nilai rata – rata pengurangan derajat kejenuhan sebesar - 39.798 %, dengan nilai panjang antrian alternatif 2 bertambah besar daripada kondisi eksisting yang telah dianalisa menggunakan MKJI 1997 rata – rata sebesar 11.631 %, dan pengurangan tundaan rata – rata kendaraan sebesar - 41.275 %. Jika dilihat dari rata – rata tundaan simpang sebesar 41.209 detik/kend, nilai derajat kejenuhan 0.605, dan panjang antrian 61.676, dapat disimpulkan bahwa dengan hanya perubahan larangan belok kiri atau lurus langsung (harus mengikuti isyarat lampu lalu lintas) masih kurang optimum dalam memperbaiki kinerja simpang.

Sehingga, harus ditambah dengan alternatif perbaikan kinerja simpang yang lain dan untuk perhitungan serta hasil lengkap dari tabel di atas dapat dilihat pada lampiran terkait alternatif ke 2 pada perubahan formulir SIG 1-5.

❖ Alternatif 3 : Kombinasi Alternatif 1 dan Alternatif 2 Terkait Optimasi Waktu Siklus dan Larangan Belok Kiri atau Lurus Secara Langsung (Mengikuti Isyarat Lampu Lalu Lintas) Pada Persimpangan

Untuk alternatif berikutnya adalah kombinasi dari alternatif 1 dan alternatif 2 yang di mana dari kombinasi alternatif ini dapat menurunkan tingkat derajat kejenuhan dan tundaan rata – rata pada persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Di Kabupaten Malang , untuk semua pendekat pada persimpangan. Waktu yang diambil sebagai pengoptimalan adalah volume tertinggi selama 4 hari pengamatan survey, yaitu pada hari Minggu, 28 Februari 2016 dan berikut adalah hasil pengoptimalan persimpangan dengan mengkombinasikan alternatif 1 dan alternatif 2.

Dari hasil perhitungan diatas bisa dilihat arus lalu lintas kendaraan maksimum terjadi pada pagi hari dengan nilai derajat kejenuhan sebesar 0.545, panjang antrian sebesar 30.477 m, dan tundaan rata – rata kendaraan sebesar 25.072 det/kend. Selisih perbedaan antara kondisi eksisting yang telah dianalisa dengan menggunakan MKJI 1997 dengan menggunakan alternatif 3 yakni, dengan nilai pengurangan rata-rata derajat kejenuhan sebesar -33.724 %, pengurangan panjang antrian rata-rata sebesar -71.171%, dan pengurangan tundaan rata – rata kendaraan sebesar -58.499%. Untuk perhitungan serta hasil lengkap dari tabel di

atas dapat dilihat pada lampiran terkait alternatif ke 3 pada perubahan formulir SIG 1-5.

5.5 Usulan Pemecahan Masalah

Setelah direncanakan alternatif perbaikan untuk meningkatkan kinerja persimpangan Jalan Raya Karanglo – Jalan Raya Perusahaan Di Kabupaten Malang , selanjutnya adalah memilih alternatif yang terbaik dari ke tiga alternatif yang telah direncanakan. Waktu yang diambil adalah selama 4 hari pengamatan survey dilapangan, dilakukan pengumpulan data dan kemudian diolah menggunakan MKJI 1997. Setelah itu dibandingkan dengan setiap alternatif perbaikan yang telah dilakukan. Berikut adalah tabel perbandingan pengurangan atau penambahan rata – rata selisih perbedaan nilai derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan rata – rata.

Dari hasil perhitungan diatas bisa dilihat perbandingan selisih nilai derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan rata – rata dari setiap alternatif dari 4 hari pengamatan survey. Untuk alternatif ke 1, nilai derajat kejenuhan bertambah dari nilai kondisi eksisting lapangan sebesar rata – rata (+) 8.468 %, nilai panjang antrian berkurang dari kondisi eksisting lapangan sebesar rata-rata (-) 57.493 %, dan nilai tundaan rata – rata bertambah dari kondisi eksisting sebesar rata - rata (+) 29.142 %. Untuk alternatif ke 2, nilai derajat kejenuhan berkurang sebesar rata – rata (-) 39.798 %, nilai panjang antrian bertambah sebesar rata – rata (+) 11.631 %, dan nilai tundaan rata – rata berkurang sebesar rata – rata (-) 41.275 %. Dan untuk alternatif ke 3, nilai derajat kejenuhan berkurang sebesar rata – rata (-)

33.724 %, nilai panjang antrian berkurang sebesar rata – rata (-) 71.171 %, dan nilai tundaan rata – rata berkurang sebesar rata – rata (-) 58.499 %.

Sehingga dipilih alternatif ke tiga yang dapat direkomendasikan, karena alternatif ini memiliki nilai tundaan rata – rata paling sedikit dari setiap alternatif, untuk nilai derajat kejenuhan lebih besar sedikit dari alternatif ke 2, dan nilai panjang antrian paling sedikit dari setiap alternatif.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan evaluasi lalu-lintas kondisi saat ini (eksisting) dan hasil perhitungan alternatif perbaikan dapat diperoleh kesimpulan:

1. Kondisi arus lalu lintas pada Persimpangan Jalan Raya Karanglo Kabupaten Malang cenderung sangat tinggi dan telah melebihi volume arus yang dapat ditangani sesuai kondisi eksisting. Volume kendaraan tertinggi terjadi pada hari Minggu, 28 Februari 2016 yaitu sebesar 3955 smp/jam, dengan kapasitas 1004.40 smp/jam, derajat kejenuhan 3.938 (tidak memenuhi syarat MKJI 1997).
2. Alternatif yang paling sesuai untuk mengatasi permasalahan studi ini adalah alternative pengaturan optimasi Traffic Light yaitu dengan mengatur circle time. Dari hasil perhitungan diperoleh waktu siklus pada pagi hari 78 detik, siang hari 82 detik, dan sore hari 88 detik. Tundaan maksimum yang diperoleh dari perhitungan pada alternatif ini sebesar 56.822 det/kend, dengan panjang antrian 143.675 m dan dalam kategori tingkat pelayanan E.

6.2. Saran

Demi tercapainya tujuan dari dilaksanakannya evaluasi pengendalian simpang ini, beberapa saran yang akan disampaikan adalah sebagai berikut :

- a. Seharusnya kepolisian yang ada di pos polisi pertigaan tersebut dapat membantu kelancaran lalu lintas tetapi dengan memperhatikan peraturan lalulintas dari Dinas Perhubungan.
- b. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan untuk melakukan survei dengan teliti. Misalnya dalam pengambilan data, tata cara survei harus sistematis, pendataan kebutuhan jumlah surveyor maupun peralatan survei yang memadai. Juga untuk mempertimbangkan solusi alternatif lain yang lebih maksimal.
- c. Tingkat pelayanan E masih sangat buruk maka seharusnya alternatif yang sesuai dengan keadaan eksisting jalan tersebut adalah pembangunan *flyover*.

DAFTAR PUSTARA

- Manual Kapasitas Jalan di Indonesia. 1997. Direktorat Jendral Bina Marga Direktorat Bina Jalan Kota (Binkot).
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 14. 2006. Direktur Jendral Perhubungan Darat
- Sukarto, Haryono. 2006. *Transportasi Perkotaan dan Lingkungan*. Jurnal Teknik Sipil, Vol.3, No.2, Juli 2006
- Morlok, Edward K. 2005. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Tamim, Ofyar Z . 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Bandung: Penerbit ITB
- Rizani , Ahmad . *Evaluasi Kinerja Jalan Akibat Hambatan Samping (Studi Kasus Pada Jalan Soetoyo Banjarmasin)*.Jurnal Polhasains Terbitan vol .1. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin.
- Darmawan, Arief. *Analisa Kapasitas Simpang Bersinyal (Kasus Simpang Banyumanik,KotaSemarang) Kondisi Saat Ini*. Skripsi Teknik Sipil Fakultak Teknik Universitas Negeri Semarang . www.blogspot.ariefdarmawan/sipil.com
- Kurrahman, Taufik. *Evaluasi dan Perencanaan Simpang Empat Bersinyal Menggunakan Manual Kapasita Jalan Indonesia*. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Wisnuwardhana Malang