

SKRIPSI

**EVALUASI SISTEM PENGENDALIAN SIMPANG
JL. KEBON SARI – JL. SATSUI TUBUN
KOTA MALANG**



**Disusun Oleh :
DWINANDA BEKTI PUTRA
(12.21.032)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016**

SKRIPSI
EVALUASI SISTEM PENGENDALIAN SIMPANG
JL. KEBON SARI – JL. SATSUI TUBUN
KOTA MALANG



Disusun Oleh :
DWINANDA BEKTI PUTRA
(12.21.032)

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**EVALUASI SISTEM PENGENDALIAN SIMPANG
JL.KEBON SARI – JL. SATSUI TUBUN
KOTA MALANG**

*Disusun dan Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh:

DWINANDA BEKTI PUTRA

NIM : 12.21.032

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Nusa Sehavang, MT

Dosen Pembimbing II

Ir. Agus Prajitno, MT

Mengetahui:

**Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1 ITN Malang**

Ir. A. Agus Santosa, MT

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

2016

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**EVALUASI SISTEM PENGENDALIAN SIMPANG
JL.KEBON SARI – JL. SATSUI TUBUN
KOTA MALANG**

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi
Jenjang Strata satu (S-1)*

Pada hari : Sabtu

Tanggal : 14 Agustus 2016

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh:

DWINANDA BEKTI PUTRA

NIM : 12.21.032

Disahkan oleh:

**Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1 ITN Malang I**

Ir. A. Agus Santosa, MT

Sekretaris

Ir. Munasih, MT

Anggota Penguji:

Dosen Penguji I

Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT

Dosen Penguji II

Ir. Togi H. Nainggolan, MS

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

2016

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dwinanda Bekti Putra
NIM : 12.21.032
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

*EVALUASI SISTEM PENGENDALIAN SIMPANG JL. KEBON SARI – JL. SATSUI
TUBUN, KOTA MALANG*

Adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya.

Apabila dikemudian hari terbukti tugas akhir ini hasil jiplakan atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, Agustus 2016

Yang Membuat Pernyataan



(Dwinanda Bekti Putra)

ABSTRAK

Dwinanda Bekti Putra, 2016 “Evaluasi Sistem Pengendalian Simpang Jl. Kebonsari – Jl. Satsui Tubun, Kota Malang “ Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT, Dosen Pembimbing II : Ir. Agus Prajitno MT

Simpang tak bersinyal Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun, Malang, merupakan simpang tiga yang menghubungkan Jl. Supriadi – Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun. Kawasan ini merupakan pertemuan langsung kendaraan dari kota Malang dan kendaraan dari kabupaten blitar. Karena pentingnya arti simpang ini bagi pergerakan arus lalu lintas, banyaknya aktifitas di sekitar simpang hampir setiap hari persimpangan ini mengalami kemacetan, terutama pada jam-jam puncak pergerakan arus lalu lintas.

Data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil survey selama 3 hari yaitu hari Kamis, 2 Juni 2016, Sabtu, 4 Juni 2016 dan Minggu 5 Juni 2016 yang berupa data geometrik jalan, data volume lalu lintas, data tundaan, serta data panjang antrian. Lokasi Survey yaitu di simpang tiga Jl. Kebonsari – Jl. Satsui Tubun, Kota Malang. Sedangkan data sekunder diperoleh dari dinas perhubungan dan BPS Kota Malang. Analisa dilakukan terhadap derajat kejenuhan, panjang antrian dan tundaan. Sebagai dasar analisa digunakan MKJI 1997.

Dari hasil analisis diketahui bahwa berdasarkan Alat Pemberi Isyarat Lampu Lalu Lintas (APILL), simpang tak bersinyal Jl. Kebonsari – Jl. Satsui Tubun, Kota Malang perlu dipasang traffic light atau lampu pengatur lalu lintas karena kinerja simpang sudah tidak dapat melayani arus lalu lintas dengan baik terutama pada pagi dan sore hari, hal ini dapat ditunjukkan dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan bahwa untuk derajat kejenuhan (DS) = 0,622 sampai 1,492 > 0,85, dimana seharusnya nilai DS tidak melebihi 85 % dari kapasitas, arus total persimpangan yaitu sebesar 3366 kend/jam hingga 10688 kend/jam selama 9 jam dalam sehari, nilai ini juga sudah melebihi batas maksimum salah satu syarat perlu dilakukannya traffic light yaitu 750 kend/jam selama 8 jam. Sehingga perlu dilakukan pemasangan traffic light dengan setting lampu yang sudah direkomendasikan, lampu lalu lintas tidak dapat di aktifkan pada kondisi existing, Lampu lalu lintas dapat dipasang dan di aktifkan kembali dengan setting lampu yang sudah dihitung dan direkomendasikan pada masing – masing hari, dari solusi yang direkomendasikan di gunakan 2 fase dimana Jl. Kebonsari dan Jl. Supriadi dalam keadaan lampu hijau menyala, sedangkan Jl. Satsui Tubun dalam keadaan lampu merah menyala, dengan nilai derajat kejenuhan (DS) = 0,462 sampai 0,892 dan rata-rata tundaan menjadi 14.876 det/kend. Evaluasi rutin kinerja simpang juga perlu dilakukan paling sedikit 3 bulan 1 kali sehingga kinerja simpang terus terpantau dengan harapan dapat memperlancar pergerakan arus lalu lintas pada simpang tak bersinyal Jl. Kebonsari – Jl. Satsui Tubun Kota Malang dan para pengguna jalan bisa melewati simpang dengan aman dan nyaman.

Kata kunci : kemacetan, kinerja simpang, lampu lalu lintas

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan berkat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan baik dan benar.

Laporan Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan gelar strata satu (S-1), Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan. Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. A. Agus Santosa , MT. Selaku ketua Program Studi Teknik Sipil.
2. Bapak Dr. Ir. Nusa Sebayang MT.selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Ir. Agus Prajitno MT Selaku Dosen Pembimbing II
4. Kedua Orang Tua tercinta yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materi, serta doa sehingga terselesaikan proposal skripsi ini.
5. Teman-teman yang telah memberi semangat, dukungan dan doa untuk menyelesaikan proposal skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa pada laporan proposal skripsi ini, mungkin masih banyak kekurangan ataupun kesalahan. Oleh karena itu, penyusun selalu mengharapkan saran, petunjuk, kritik dan bimbingan yang bersifat membangun, demi kelanjutan kami selanjutnya.

Malang, Agustus 2016

Penulis

Dwinanda Bkti Putra

Nim. 1221032

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Tujuan Penulisan	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 lingkup Bahasan	4
1.7 Manfaat Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 tinjauan Umum.....	6
2.1.1 Definisi Persimpangan.....	6
2.2 Simpang Tak Bersinyal	6
2.3 Konflik Dan Pergerakan Pada Persimpangan	8
2.3.1 Konflik Pada Persimpangan	8
2.4 Data Masukan.....	11
2.5 Kapasitas Persimpangan Jalan	12
2.5.1 Kapasitas	12
2.5.2 Rasio Arus / Rasio Arus Jenuh.....	13
2.6 Tingkat Pelayanan Persimpangan Jalan	14

2.6.1 Kinerja Simpang	14
2.6.2 Derajat Kejenuhan	16
2.6.3 Tundaan	16
2.6.4 Peluang Antrian	18
2.7 Berbagai Penerapan	19
2.8 Definisi Tipe Simpang Standar	19
2.9 Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)	21
2.9.1 Kriteria	21
2.9.2 Jenis Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas	21
2.10 Studi Terdahulu	22
BAB III METODOLOGI	23
3.1 Tinjauan Umum	23
3.1.1 Lokasi Dan Obyek Studi	23
3.2 Pengumpulan Data	24
3.2.1 Pengumpulan Data Primer	24
3.2.2 Pengumpulan Data Skunder	24
3.3 Pelaksanaan Survey	24
3.3.1 Langkah Pengamatan Data (Survey)	24
3.3.2 Jenis Survey, Penempatan Dan Jumlah Surveyor	25
3.3.3 Pengolahan Dan Penyajian Data	26
3.3.4 Waktu Pengambilan Data	27
3.4 Titik Penempatan Surveyor	27
3.5 Flowchart (Diagram Alir)	30
BAB IV PENGUMPULAN DATA PENGAMATAN	31
4.1 Data Primer	31

4.1.1 Data Geometrik.....	31
4.1.2 Data Survey Pendahuluan.....	32
4.1.3 Data Volume Lalu Lintas.....	35
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	44
5.1 Analisis SimpangTakBersinyal	44
5.1.1 Analisis Simpang Tak Bersinyal Menurut MKJI 1997	44
5.2 Alternatif untuk Perbaikan Kinerja Simpang	55
5.2.1 Alternatif 1 Perencanaan Menggunakan Lampu Lalu Lintas.....	55
5.2.2 Alternatif 2 Perencanaan menggunakan lampu laulintas.....	57
5.3 Alternatif 1 Perencanaan Menggunakan Lampu Lalu Lintas	57
5.3.1 Skenario 1	57
5.3.2 Skenario 2	74
5.3.3 Skenario 3	83
5.3.4 Skenario 4	86
5.4 Analisa untuk Alternatif yang Direkomendasikan.....	89
5.5 Rekomendasi yang dipilih	90
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	92
6.1 Kesimpulan.....	92
6.2 Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batas Nilai Variasi Dalam Data Empiris Untk Variabel-Variabel Masukan	7
Tabel 2.2 Faktor Ekvivalen Mobil Penumpang	10
Tabel 2.3 Ringkasan variabel-variabel masukan model kapasitas.....	13
Tabel 2.4 Kriteria tingkat pelayanan pada persimpangan tidak bersignal.....	15
Tabel 4.1 Perhitungan volume arus jam jam puncak.....	33
Tabel 4.2 Total arus kendaraan per simpang hari Kamis 02 Juni 2016.....	37
Tabel 4.3 Total arus kendaraan per simpang hari Sabtu 04 Juni 2016.....	39
Tabel 4.4 Total arus kendaraan per simpang hari Minggu, 05 Juni 2016.....	41
Tabel 4.5 Puncak Kamis 02 Juni 2016.....	43
Tabel 4.6 Puncak Sabtu 04 Juni 2016.....	43
Tabel 4.7 Puncak Minggu, 05 Juni 2016.....	43
Tabel 5.1 Hasil pengolahan data kondisi eksisting	54
Tabel 5.2 Tabel Arus Kendaraan Selama 9 jam.....	56
Tabel 5.3 Nilai emp untuk tipe pendekat terlindung dan terlawan.....	59
Tabel 5.4 Faktor penyesuaian ukuran kota.....	66
Tabel 5.5 Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor.....	67
Tabel 5.6 Kinerja persimpangan bersinyal Kamis 02 Juni 2016.....	78
Tabel 5.7 Kinerja persimpangan bersinyal Sabtu 04 Juni 2016.....	80
Tabel 5.8 Kinerja persimpangan bersinyal Minggu 05 Juni 2016.....	81

Tabel 5.9 Kinerja persimpangan bersinyal pada pagi hari.....	82
Tabel 5.10 Kinerja persimpangan bersinyal pada siang hari.....	82
Tabel 5.11 Kinerja persimpangan bersinyal pada sore hari.....	82
Tabel 5.12 Kinerja persimpangan alternatif 2 fase skenario 3.....	84
Tabel 5.13 Kinerja persimpangan alternatif 2 fase skenario 3.....	85
Tabel 5.14 Kinerja persimpangan alternatif 2 fase skenario 3.....	85
Tabel 5.15 Kinerja persimpangan alternatif 2 fase skenario 4	87
Tabel 5.16 Kinerja persimpangan alternatif 2 fase skenario 4	87
Tabel 5.17 Kinerja persimpangan alternatif 2 fase skenario 4	88
Tabel 5.18 Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan.....	88
Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Waktu Sinyal Lampu Isyarat Lalu Lintas.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Titik Konflik Dipersimpangan 1	9
Gambar 2.2 Titik Konflik Dipersimpangan 2	9
Gambar 2.3 Kurva peluang antrian/derajat kejenuhan	18
Gambar 2.4 Ilustrasi Tipe Simpang Tak Bersiyal	20
Gambar 3.1 Lokasi Simpang Tak Bersinyal Jl.Kebon Sari – jl. Satsui Tubun,Kota Malang.....	23
Gambar 3.2 Denah Penempatan Surveyor	28
Gambar 4.1 Geometrik Simpang Tak Bersinyal Simpang Tiga Kacuk, Kota Malang.....	31
Gambar 4.2 Grafik kombinasi total arus kendaraan.....	34
Gambar 4.3 Grafik arus total kendaraan per simpang hari Kamis, 02 Juni 2016.....	38
Gambar 4.4 Grafik arus total kendaraan per simpang hari Sabtu 04 Juni 2016.....	40
Gambar 4.5 Grafik arus total kendaraan per simpang hari Minggu 05 Juni 2016.....	42
Gambar 5.1 Perencanaan 3 fase skenario 1 pada simpang tiga kacu.....	64
Gambar 5.2 Grafik faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}).....	68
Gambar 5.3 Perencanaan 3 fase skenario 2 pada simpang tiga Kacu.....	81
Gambar 5.4 Perencanaan 3 fase skenario 2 pada simpang tiga pendem.....	84
Gambar 5.5 Perencanaan 2 fase skenario 3	

pada simpang tiga Kacu.....	86
Gambar 5.6 Diagram waktu sinyal lalulintas.....	91

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Malang merupakan salah satu kota besar di Jawa Timur dengan tingkat aktifitas yang tinggi, hal ini berdampak kepada pergerakan transportasi yang tinggi pula. Pergerakan transportasi yang tinggi ini menjadi salah satu penyebab utama kemacetan lalu lintas. Permasalahan lalu lintas berupa kemacetan adalah hal yang memerlukan perhatian lebih.

Permasalahan lalu lintas berupa kemacetan adalah hal yang memerlukan perhatian lebih. Hal ini disebabkan karena dampak negatif dari kemacetan lalu lintas tersebut sangat besar ditinjau dari berbagai aspek. Sehingga berpengaruh pula terhadap kenyamanan masyarakat dalam beraktivitas.

Persimpangan sebagai tempat bertemunya kendaraan dari beberapa ruas jalan dimana kendaraan saling bergerak antara satu dengan 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 penundaan (delay), sehingga penerapan berbagai metode dalam pengaturan persimpangan sangat diperlukan, terutama pada jam-jam sibuk hari kerja.

Di kota Malang sendiri kemacetan lalu lintas sudah menjadi hal biasa di beberapa ruas jalan raya. Kemacetan lalu lintas ini sendiri menimbulkan ketidaknyamanan masyarakat dalam melakukan aktifitas transportasi serta berdampak

negatif di berbagai aspek. Salah satu titik kemacetan di kota Malang terdapat di simpang tiga Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun.

Simpang tak bersinyal Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun, Malang, merupakan simpang tiga yang menghubungkan Jl. Supriadi – Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun. Kawasan ini merupakan pertemuan langsung kendaraan dari kota Malang dan kendaraan dari kabupaten Blitar. Karena pentingnya arti simpang ini bagi pergerakan arus lalu lintas, maka hampir setiap hari persimpangan ini mengalami kemacetan, terutama pada jam-jam puncak pergerakan arus lalu lintas. Hal inilah yang mendorong keinginan penulis melakukan pengamatan, menganalisa dan mengevaluasi mengenai hal-hal yang menyebabkan kemacetan pada daerah tersebut.

Selain itu, adanya traffic light yang sudah lama di non aktifkan membuat kondisi lalu lintas semakin tidak teratur, keselamatan bagi para pengendara pun menjadi terancam. Oleh sebab itu, akan dilakukan penelitian pada persimpangan tersebut termasuk apakah membutuhkan traffic light atau tidak sesuai dengan situasi dan kondisi yang ada saat ini.

Penulis berharap dapat menemukan suatu alternatif yang paling efektif untuk sistem pengaturan atau pengendalian lalu lintas yang sesuai untuk daerah tersebut. Dan dapat diketahui apakah alternatif tersebut merupakan alternatif yang benar benar dapat mengatasi masalah lalu-lintas yang terjadi di simpang Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas menghasilkan identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Kinerja di simpang Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun, Malang.
2. Sistem pengendalian yang belum efektif pada simpang Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun, Malang.

1.3 Rumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang permasalahan di persimpangan tersebut, maka dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas dalam studi ini yaitu :

1. Bagaimana kinerja (volume total, tundaan, panjang antrian, dan derajat kejenuhan) pada simpang tak bersinyal Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun., Malang ?
2. Bagaimana sistem pengendalian apa yang paling efektif serta sesuai dengan lokasi persimpangan antara sistem pengendalian bersinyal dengan sistem pengendalian simpang tidak bersinyal ?

1.4 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari studi ini adalah :

1. Mengetahui kinerja lalu lintas (volume total, tundaan, panjang antrian, dan derajat kejenuhan) pada simpang tak bersinyal Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun., Malang.

2. Mengetahui sistem pengendalian apa yang paling efektif serta sesuai dengan lokasi persimpangan antara sistem pengendalian bersinyal dengan sistem pengendalian simpang tidak bersinyal

1.5 Batasan Masalah

Dengan mempertimbangkan luasnya permasalahan yang timbul, serta keterbatasan waktu, tenaga, dan biaya, maka perlu adanya batasan masalah agar memperjelas dalam menganalisa permasalahan. Studi ini berjudul “Evaluasi Sistem Pengendalian Simpang Tak Bersinyal di Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun, Malang”.

Yang mana batasan masalah dari studi ini adalah sebagai berikut :

1. Survey hanya dilakukan selama 3 (tiga) hari dari 7 hari normal,
2. Dalam 1 hari terdapat 3 periode pencatatan, dimana pada masing-masing periode adalah 3 jam.
3. Hasil analisa didasarkan pada hasil survey selama 3 hari tersebut.
4. Menganalisis data menggunakan buku pedoman MKJI 1997.
5. Analisa antrian dan tundaan menggunakan MKJI 1997.

1.6 Lingkup Bahasan

Lingkup bahasan dari studi ini adalah :

1. Menghitung volume arus lalu lintas di simpang tiga tak bersinyal Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun, Malang.
2. Menghitung kinerja simpang
 - a. Kapasitas

- b. Derajat kejenuhan
 - c. Antrian
 - d. Tundaan
3. Pengukuran geometrik jalan pada simpang tiga tak bersinyal Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun, Malang seperti :
- a. Lebar Pendekat
 - b. Jumlah lajur
 - c. Lebar bahu jalan

1.7 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat studi yang dapat diambil dari penulisan ini yaitu :

1. Manfaat Umum adalah untuk memperlancar pergerakan arus lalu lintas pada simpang tak bersinyal Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun, Malang, sehingga para pengguna jalan bisa melewati simpang dengan aman dan nyaman.
2. Sebagai bahan kajian dan masukan untuk studi selanjutnya
3. Sebagai bahan masukan bagi pemerintah kota Malang dalam mengevaluasi dan memberikan solusi terhadap permasalahan yang terjadi pada simpang tersebut.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

2.1.1 Definisi Persimpangan

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

Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki, oleh karena itu merupakan aspek yang penting dalam pengendalian lalu-lintas. (Dirjen Perhubungan Darat, Rekayasa Lalu-lintas, 1999 : hal 30)

2.2 Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal berlengan 3 dan 4 secara formil dikendalikan oleh aturan dasar lalu-lintas Indonesia yaitu memberi jalan pada kendaraan dari kiri. Ukuran-ukuran kinerja berikut dapat diperkirakan untuk kondisi tertentu sehubungan dengan geometri, lingkungan dan lalu-lintas dengan metode yang diuraikan dalam bab ini diantaranya :

- a. Kapasitas

- b. Derajat kejenuhan
- c. Tundaan
- d. Peluang antrian

Karena metode yang diuraikan dalam manual ini berdasarkan empiris, hasilnya akan selalu diperiksa dengan penilaian teknik lalu-lintas yang baik. Hal ini sangat penting apabila metoda digunakan di luar batas nilai variasi dari variabel dalam data empiris. Batas nilai ini ditunjukkan pada tabel 1, Penggunaan data tersebut akan menyebabkan kesalahan perkiraan kapasitas yang biasanya kurang dari $\pm 20\%$.

Tabel 2.1 Batas nilai variasi dalam data empiris untuk variabel-variabel masukan (berdasarkan perhitungan dalam kendaraan).

Variabel	4-lengan			3-lengan		
	Min	Rata-rata	Maks	Min	Rata-rata	Maks
Lebar masuk	3,50	5,40	9,10	3,50	4,90	7,00
Rasio belok kiri	0,10	0,17	0,29	0,60	0,26	0,50
Rasio belok kiri	0,00	0,13	0,26	0,09	0,29	0,51
Rasio arus jalan samping	0,27	0,38	0,50	0,15	0,29	0,41
% kend ringan	29	56	75	34	56	78
% kend berat	1	3	7	1	5	10
% sepeda motor	19	33	67	15	32	54

Rasio kendaraan tak bermotor	0,01	0,08	0,22	0,01	0,07	0,25
------------------------------	------	------	------	------	------	------

Sumber:

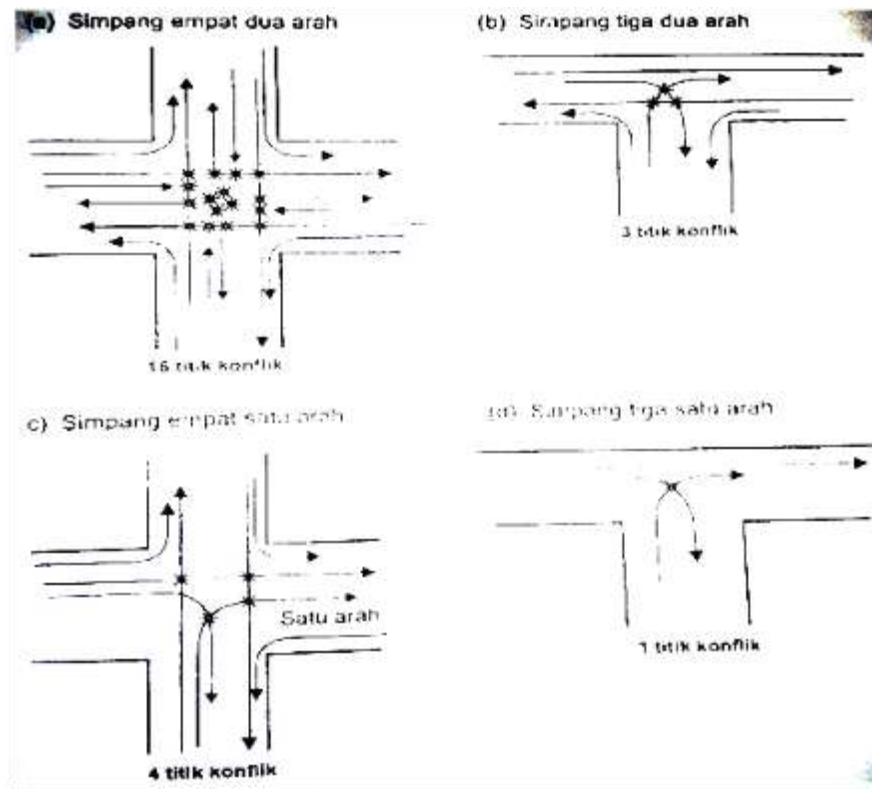
Metoda ini menganggap bahwa simpang jalan berpotongan tegak lurus dan terletak pada alinyemen datar dan berlaku untuk derajat kejenuhan kurang dari 0,8 - 0,9. Pada kebutuhan lalulintas yang lebih tinggi perilaku lalu-lintas menjadi lebih agresif dan ada risiko tinggi bahwa simpang tersebut akan terhalang oleh para pengemudi yang berebut ruang terbatas pada daerah konflik. Metoda ini diturunkan dari lokasi-lokasi, yang mempunyai perilaku lalu-lintas Indonesia yang diamati pada simpang tak bersinyal. Apabila perilaku ini berubah, misalnya karena pemasangan dan pelaksanaan rambu lalu-lintas BERHENTI atau BERI JALAN pada simpang tak bersinyal, atau melalui penegakan aturan hak jalan lebih dulu dari kiri (undang-undang lalu-lintas yang ada), maka metoda ini akan menjadi kurang sesuai.

2.3 Konflik Dan Pergerakan Pada Persimpangan

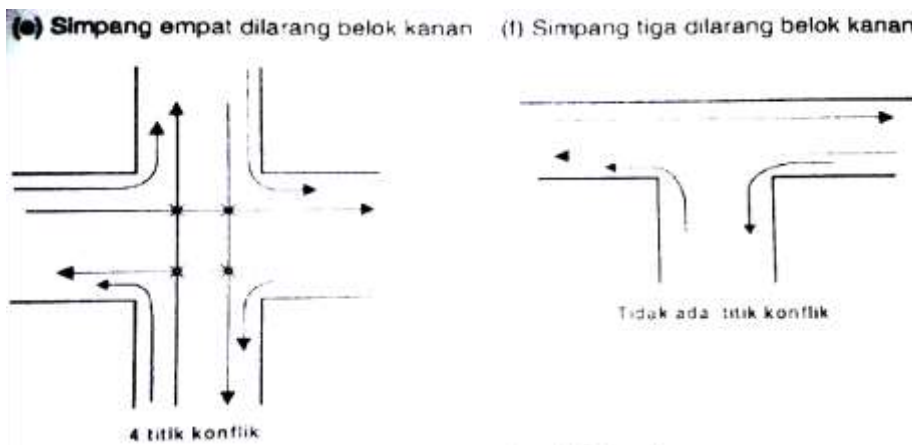
2.3.1 Konflik Pada Persimpangan

Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara kendaraan yang satu dengan kendaraan yang lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki, oleh karena itu merupakan aspek penting dalam pengendalian lalu lintas. Satu penempatan jalan sebidang menghasilkan 16 titik konflik. Upaya memperlancar arus lalu lintas adalah dengan meniadakan titik konflik ini, misalnya dengan membangun pulau lalu lintas atau

bundaran, memasang lampu lalu lintas yang mengatur giliran gerak kendaraan, menerapkan arus searah, menetapkan larangan belok kanan atau membangun simpang susun (Suwardjoko P.Warpani (dalam Robby, 2010:10))



Gambar 2.1 Titik Konflik Dipersimpangan 1



Gambar 2.2 Titik Konflik Dipersimpangan 2

2.4 Data Masukan

Data yang diperlukan dalam pola pengaturan lampu lalu lintas adalah (sumber: MKJI, 1997:2-39) :

1. Arus lalu lintas

Menghitung jumlah kendaraan menurut jenis dan arah pergerakan yang melalui titik pengamatan (memasuki persimpangan), dengan interval waktu 15 menit dan membagi jenis kendaraan menjadi kendaraan berat, kendaraan ringan, sepeda motor dan kendaraan tidak bermotor. Arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok kiri, belok kanan dan lurus) dari setiap jenis kendaraan yang mempunyai karakteristik pergerakan yang berbeda. Karena itu untuk menyamakan satuan dari masing-masing jenis kendaraan agar keluar dari antrian maka dikonversi dari gerakan perjam menjadi satuan mobil penumpang (smp) perjam dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan, besarnya emp sesuai hasil penelitian dalam MKJI yaitu (MKJI, 1997: 2-10).

Tabel 2.2 Faktor Ekivalen Mobil Penumpang (Sumber : MKJI, 1997)

Jenis Kendaraan	Emp Untuk Tiap Pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0
Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3
Sepeda Motor (MC)	0.2	0.4

Keterangan :

LV = Light vehicle (kendaraan ringan)

(meliputi mobil penumpang, oplet, mikrobis, pickup dan truk kecil,
sesuai ketentuan binamarga, MKJI, 1997:1-6)

HV = Heavy vehicle (kendaraan berat)

(meliputi bis, truk 2 as dan truk 3 as sesuai ketentuan binmarga,
MKJI, 1997 : 1-6)

MC = Motor Cycle (sepeda motor)

2. Data Geometrik

Elemen geometrik yang diukur adalah :

a. Tipe lingkungan jalan

- Komersial : tata guna lahan komersial (misalnya : toko, restoran, pasar, dan kantor) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
- Pemukiman : tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan
- Akses terbatas : jalan masuk langsung terbatas atau tidak sama sekali (misalnya karena adanya hambatan fisik, jalan samping dan sebagainya)

b. Lebar jalan

c. Jarak ke kendaraan parkir

Jarak normal antara garis henti dan kendaraan pertama yang diparkir
disebelah hulu pendekat.

2.5 Kapasitas Persimpangan Jalan

Volume kendaraan yang dapat ditampung oleh suatu jalan lebih ditentukan oleh kapasitas persimpangan pada jalan tersebut dibandingkan dengan kapasitas jalan itu sendiri. Diantara dua persimpangan, jalan dibebani lalu lintas yang cukup besar sehingga hampir tidak ada ruang kosong. Pada perempatan ini biasanya lalu lintas diatur oleh lampu lalu lintas, sehingga tanpa lampu lalu lintas ini hampir seluruh lalu lintas akan mengalami kemacetan seperti yang terjadi pada simpang langsep-mergan lori malang ini. Perilaku lalu-lintas pada simpang tak bersinyal dalam hal aturan memberi jalan, disiplin lajur dan aturan antri sangat sulit digambarkan dalam suatu model perilaku seperti model berhenti/beri jalan yang berdasarkan pada pengambilan celah. Perilaku pengemudi berbeda sama sekali dengan yang ditemukan di kebanyakan negara Barat, yang menjadikan penggunaan metode manual kapasitas dari negara Barat menjadi tidak mungkin. Hasil yang paling menentukan dari perilaku lalu-lintas adalah bahwa rata-rata hampir dua pertiga dari seluruh kendaraan yang datang dari jalan minor melintasi simpang dengan perilaku "tidak menunggu celah", dan celah kritis yang kendaraan tidak memaksa lewat adalah sangat rendah yaitu sekitar 2 detik. Metode ini memperkirakan pengaruh terhadap kapasitas dan ukuran-ukuran terkait lainnya akibat kondisi geometri, lingkungan dan kebutuhan lalu-lintas.

2.5.1 Kapasitas

Kapasitas total untuk seluruh lengan simpang adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_0) yaitu kapasitas pada kondisi tertentu (ideal) dan faktor-faktor

penyesuaian (F), dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan terhadap kapasitas. Bentuk model kapasitas menjadi sebagai berikut:

$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \dots\dots\dots (2.1)$$

Variabel-variabel masukan untuk perkiraan kapasitas (smp/jam) dengan menggunakan model tersebut adalah sebagai berikut

Tabel 2.3 Ringkasan variabel-variabel masukan model kapasitas (Sumber : MKJI, 1997)

Tipe Variabel	Uraian variabel dan nama masukan	Faktor model	
Geometri	Tipe simpang	IT	
	Lebar rata-rata pendekat	W _I	F _W
	Tipe median jalan utama	M	F _M
Lingkungan	Kelas ukuran kota	CS	F _{CS}
	Tipe lingkungan jalan,	RE	
	Hambatan samping	SF	
	Rasio kendaraan tak bermotor	P _{UM}	F _{RSU}
Lalu lintas	Rasio belok-kiri	P _{LT}	F _{LT}
	Rasio belok-kanan	P _{RT}	F _{RT}
	Rasio arus jalan minor	Q _{MI} /Q _{TOT}	F _{MI}

2.5.2 Rasio Arus / Rasio Arus Jenuh

Dihitung dengan rumus :

$$FR = \frac{Q}{S} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$IFR = \sum (FR_{crit}) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$PR = \frac{FR_{CRIT}}{IFR} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

IFR = Rasio arus simpang

PR = Rasio fase

a. Tingkat Pelayanan Persimpangan Jalan

2.6.1 Kinerja Simpang

Tingkat pelayanan yang tidak memiliki signal ditetapkan berdasarkan kapasitas cadangan. Kriteria tingkat pelayanan untuk metodologi ini ditetapkan pada kondisi yang sangat umum, dan berhubungan dengan batas-batas tundaan secara umum pula.

Tingkat pelayanan dipengaruhi beberapa factor:

- Kecepatan atau Waktu perjalanan.
- Hambatan atau halangan lalu lintas (misalnya: jumlah berhenti per kilometer < kelambatan–kelambatan kecepatan secara tiba-tiba).
- Kebebasan tiba - tiba.
- Kenyamanan pengemudi

Tetapi semua factor tidak dapat dihitung dengan sebenarnya sehingga dipergunakan dua ukuran dalam menentukan tingkat pelayanan, yaitu:

- Kecepatan, dimana biasa dipakai kecepatan rata-rata.
- Rasio antara volume lalu lintas dengan kapasitas.

Tabel 2.4. kriteria tingkat pelayanan pada persimpangan tidak bersignal.

LEVEL OF SERVICE (LOS)	KAPASITAS CADANGAN (Cr)
A	≥ 400
B	300 – 399
C	200 – 299
D	100 – 199
E	0 – 99
F	-

(Sumber : Warpani Swardjoko, Rekayasa Lalu Lintas, Brata Karya Aksara, Jakarta 1985)

Tingkat pelayanan ditentukan dalam skala interval yang terdiri dari enam tingkat. Tingkat tingkat ini disebut : A, B, C, D, E, F, dimana A merupakan tingkat pelayanan tertinggi. Apabila volume bertambah maka kecepatan berkurang oleh bertambahnya banyak kendaraan sehingga kecepatan pengemudi menjadi berkurang. Hubungan kapasitas dengan pelayanan dapat dilihat dalam table.

Tabel 2.5 Hubungan kapasitas dengan tingkat pelayanan.

Tingkat Pelayanan	Karakteristik
A	Arus bebas : Volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih jalur yang dikehendakinya
B	Arus stabil : kecepatan sedikit terbatas oleh lalulintas, volume pelayanan yang dipakai untuk design jalur luar kota
C	Arus stabil : kecepatan dikontrol oleh lalulintas, volume pelayanan yang dipakai untuk jalan perkotaan

D	Mendekati arus yang tidak stabil : kecepatan rendah – rendah
Tingkat Pelayanan	Karakteristik
E	Arus yang tidak stabil : kecepatan yang mudah dan berbeda-beda, volume kapasitas
F	Arus yang terhambat : kecepatan rendah volume di atas kapasitas dan banyak berhenti

2.6.2 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan untuk seluruh simpang, (DS), dihitung sebagai berikut:

$$DS = Q_{smp} / C \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana:

Q_{smp} = Arus total (smp/jam) dihitung sebagai berikut:

$$Q_{smp} = Q_{kend} \times F_{smp}$$

F_{smp} = Faktor smp, dihitung sebagai berikut:

$$F_{smp} = (emp_{LV} \times LV\% + emp_{HV} \times HV\% + emp_{MC} \times MC\%) / 100$$

dimana emp_{LV} , $LV\%$, emp_{HV} , $HV\%$, emp_{MC} dan $MC\%$ adalah emp dan komposisi lalu lintas untuk kendaraan ringan, kendaraan berat dan sepeda motor
 C = Kapasitas (smp/jam)

2.6.3 Tundaan

Tundaan pada simpang dapat terjadi karena dua sebab :

- 1) Tundaan Lalu-Lintas (DT) akibat interaksi lalu-lintas dengan gerakan yang lain dalam simpang.

2) Tundaan Geometrik (DG) akibat perlambatan dan percepatan kendaraan yang terganggu dan tak-terganggu. Tundaan lalu-lintas seluruh simpang (DT), jalan minor (DTMI) dan jalan utama (DTMA), ditentukan dari kurva tundaan empiris dengan derajat kejenuhan sebagai variabel bebas. Tundaan geometrik (DG) dihitung dengan rumus :

Untuk $DS < 1,0$:

$$DG = (1-DS) \times (PT \times 6 + (1-PT) \times 3) + DS \times 4 \text{ (det/smp)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Untuk $DS > 1,0$: $DG = 4$

dimana

DS = Derajat kejenuhan.

PT = Rasio arus belok terhadap arus total.

6 = Tundaan geometrik normal untuk kendaraan belok yang tak-terganggu (det/smp).

4 = Tundaan geometrik normal untuk kendaraan yang terganggu (det/smp).

Tundaan lalu-lintas simpang (simpang tak-bersinyal, simpang bersinyal dan bundaran) dalam manual adalah berdasarkan anggapan-anggapan sebagai berikut :

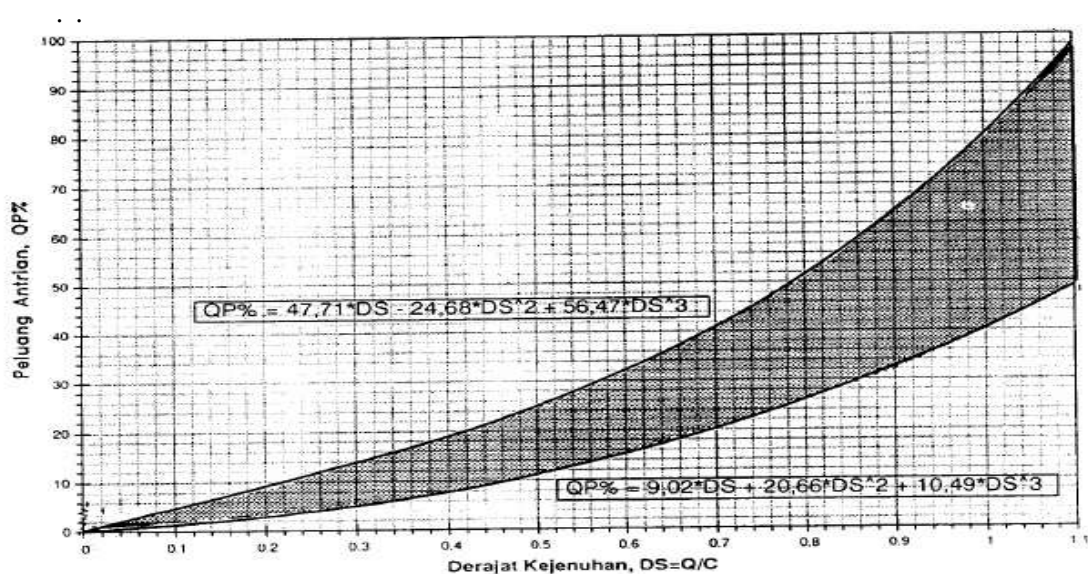
- Kecepatan referensi 40 km/jam.
- Kecepatan belok kendaraan tak-terhenti 10 km/jam.
- Tingkat percepatan dan perlambatan 1.5 m / det^2
- Kendaraan terhenti mengurangi kecepatan untuk menghindari tundaan perlambatan, sehingga hanya menimbulkan tundaan percepatan.

Tundaan meningkat secara berarti dengan arus total, sesuai dengan arus jalan utama dan jalan minor dan dengan derajat kejenuhan. Hasil pengamatan menunjukkan

tidak ada perilaku 'pengambilan-celah' pada arus yang tinggi. Ini berarti model barat yaitu lalu-lintas jalan utama berperilaku berhenti / memberi jalan, tidak dapat diterapkan (di Indonesia). Arus keluar stabil maksimum pada kondisi tertentu yang ditentukan sebelumnya, sangat sukar ditentukan, karena variasi perilaku dan arus keluar sangat beragam. Karena itu kapasitas ditentukan sebagai arus total simpang dimana tundaan lalu lintas rata-rata melebihi 15 detik/smp, yang dipilih pada tingkat dengan probabilitas berarti untuk titik belok berdasarkan hasil pengukuran lapangan; (nilai 15 detik/smp ditentukan sebelumnya). Nilai tundaan yang didapat dengan cara ini dapat digunakan bersama dengan nilai tundaan dan waktu tempuh dengan cara dari fasilitas lalu-lintas lain dalam manual ini, untuk mendapatkan waktu tempuh sepanjang rute jaringan jika tundaan geometrik di koreksi dengan kecepatan ruas sesungguhnya.

2.6.4 Peluang Antrian

Peluang antrian ditentukan dari kurva peluang antrian/derajat kejenuhan secara



Gambar 2.3 Kurva peluang antrian/derajat kejenuhan. (Sumber : MKJI 1997)

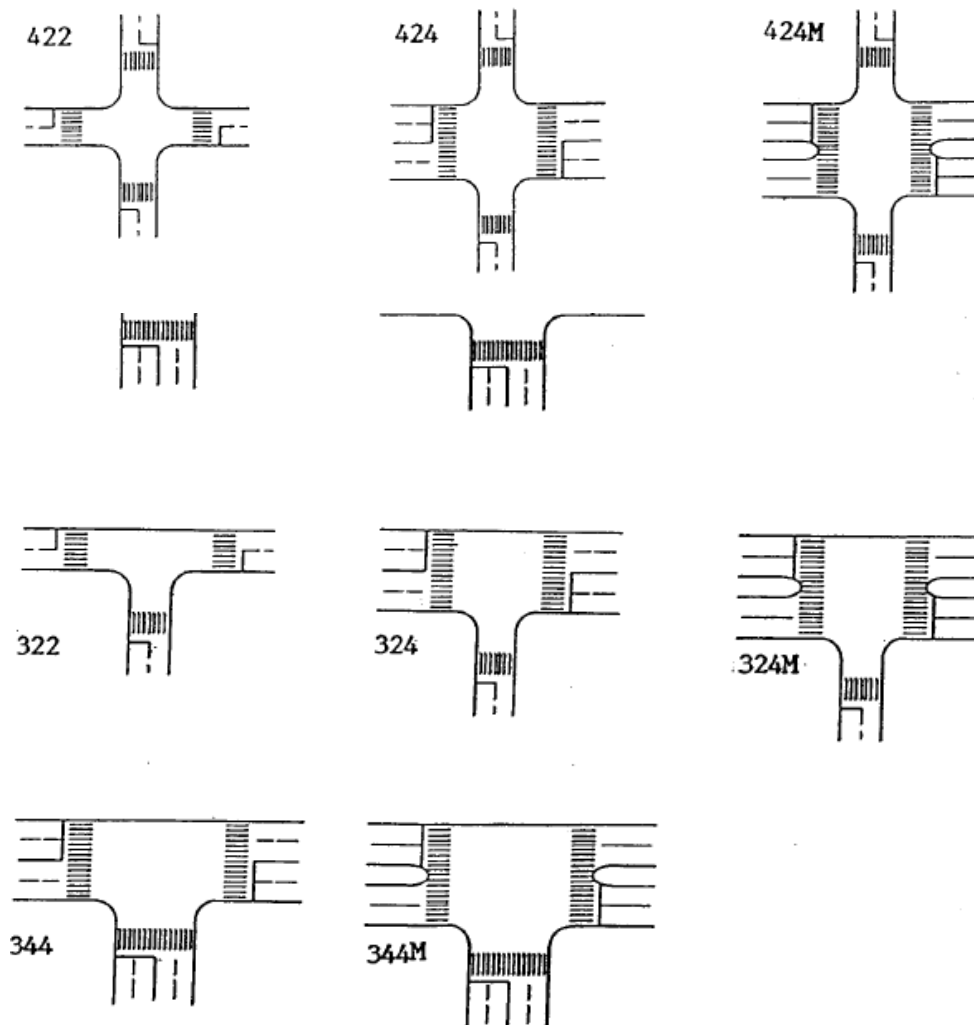
2.7 Berbagai Penerapan

Seperti yang tercantum dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia, manual tersebut dapat digunakan untuk berbagai penerapan seperti perencanaan, perancangan dan analisa operasional. Tujuan perencanaan adalah untuk mendapatkan denah dan ukuran geometrik yang memenuhi sasaran yang ditetapkan untuk kondisi lalu-lintas rencana tersebut. Perancangan berbeda dari perencanaan hanya pada skala waktu. Pada penerapan perencanaan, masukan data lalu-lintas biasanya berhubungan dengan suatu jam puncak. Pada perancangan, informasi data lalu-lintas biasanya dalam bentuk LHRT yang diramalkan, yang kemudian harus dikonversikan ke dalam jam puncak rencana, biasanya dengan menggunakan suatu faktor persentase normal. Analisa operasional biasanya dikerjakan dengan tujuan untuk memperkirakan ukuran kinerja simpang untuk denah, lingkungan dan situasi lalu-lintas tertentu.

2.8 Definisi tipe simpang standar

Buku "Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan" (Direktorat Jenderal Bina Marga, Maret 1992) mencantumkan panduan umum untuk perencanaan simpang sebidang. Informasi lain yang berhubungan terutama tentang marka jalan terdapat pada buku "Produk Standar untuk Jalan Perkotaan" (Direktorat Jenderal Bina Marga, Pebruari 1987). Dokumen ini mencantumkan parameter perencanaan untuk kelas simpang yang berbeda, tetapi tidak menentukan suatu tipe simpang. Karena itu sejumlah tipe simpang ditunjukkan pada Gambar berikut ini. Semua tipe simpang dianggap mempunyai kereb dan trotoar yang sesuai, dan

ditempatkan pada daerah perkotaan dengan hambatan samping sedang. Semua gerakan membelok dianggap diperbolehkan. Metode perhitungan rinci dalam manual ini juga memungkinkan analisa jalan satuarah. Pengaturan "hak jalan" dianggap berlaku untuk semua pendekat yaitu tidak ada pengaturan tanda "beri jalan" dan "berhenti". Apabila pengaturan yang terakhir tidak ada, metode perhitungan kapasitas dengan pengaturan hak jalan yang diterangkan dalam panduan tersebut dapat dipergunakan.



Gambar 2.4 Ilustrasi Tipe Simpang Tak Bersiyal.

(Sumber MKJI : 3-14)

2.9 Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)

Alat pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) adalah perangkat peralatan teknis yang menggunakan isyarat lampu untuk mengatur lalu lintas orang atau kendaraan di persimpangan atau pada ruas jalan.

2.9.1 Kriteria Pemasangan APILL

Kriteria bagi persimpangan yang sudah harus menggunakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) adalah :

1. arus minimal lalu lintas yang menggunakan rata-rata diatas 750 kendaraan/jam selama 8 jam dalam sehari;
2. atau bila waktu menunggu/tundaan rata-rata kendaraan di persimpangan telah melampaui 30 detik;
3. atau persimpangan digunakan oleh rata-rata lebih dari 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam dalam sehari;
4. atau sering terjadi kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan;
5. atau merupakan kombinasi dari sebab- sebab yang disebutkan di atas.

2.9.2 Jenis APILL :

1. lampu tiga warna untuk mengatur kendaraan. Susunan lampu tiga warna adalah cahaya berwarna merah, kuning dan hijau;
2. lampu dua warna, untuk mengatur kendaraan dan / atau pejalan kaki. Susunan lampu dua warna adalah cahaya berwarna merah dan hijau;

3. lampu satu warna, untuk memberikan peringatan bahaya kepada pemakai jalan.

Lampu itu berwarna kuning atau merah.

2.10 Studi Terdahulu

Beberapa studi terdahulu yang serupa yaitu tentang kemacetan dan kinerja simpang yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu diantaranya sebagai berikut :

1. “*Simpang tak bersinyal Jl. Langsep-Mergan Lori, Malang merupakan simpang empat lengan yang menghubungkan Jl. Langsep – Jl. Mergan Lori – Jl. Ir. Rais – Jl. Jupri.*” dengan studi ini diperoleh Arus lalu lintas total persimpangan yang terjadi yaitu sebesar 4291 kendaraan/jam hingga 8194 kendaraan/jam selama 9 jam dalam sehari, hasil tersebut menunjukkan bahwa arus lalu lintas pada simpang tak bersinyal Jl. Langsep – Mergan Lori, Malang sudah melampaui 750 kendaraan/jam selama 8 jam yang merupakan salah satu kriteria pemasangan lampu lalu lintas, dan hasil ini juga menunjukkan bahwa simpang tersebut perlu dilakukan pemasangan traffic light atau lampu pengatur lalu lintas. Derajat kejenuhan persimpangan sebelum dilakukan pemasangan lampu lalu lintas yaitu sebesar 0,985 hingga 1,297 hasil tersebut menunjukkan bahwa derajat kejenuhan persimpangan pada simpang tak bersinyal Jl. Langsep – Mergan Lori, Malang sudah melampaui 0,75, yang seharusnya nilai derajat kejenuhan tidak melebihi 75 % kapasitas. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja simpang sudah tidak mampu melayani arus lalu lintas dengan baik terutama pada periode pagi dan sore hari.

(Ridwan Ramadhoni , 2015 ITN Malang).

BAB III

METODOLOGI STUDI

3.1 Tinjauan Umum

3.1.1 Lokasi dan Obyek Studi

Penulisan tugas akhir ini mengambil lokasi studi yaitu pada Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun, Malang. Pemilihan obyek studi didasarkan karena daerah tersebut terdapat signal tetapi tidak diaktifkan dan sering terjadi penumpukan kendaraan pada hampir setiap hari. Pada lingkungan sekitar umumnya merupakan daerah komersial sehingga menimbulkan kemacetan dan tundaan yang cukup tinggi terutama pada jam-jam sibuk, untuk itu perlu dilakukan penanganan yang lebih serius lagi. Dari obyek studi ini penulis ingin mengevaluasi sistem pengendalian persimpangan tersebut agar tidak terjadi kemacetan.



Gambar 3.1 Lokasi Simpang di Jl. Kebon Sari – Jl. Satsui Tubun, Malang.

3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan indentifikasi kebutuhan data berupa data primer yang diperlukan dalam tahapan analisis lebih lanjut yang meliputi geometrik jalan, volume arus lalu lintas ruas jalan.

3.2.1 Pengumpulan Data Primer

Data primer merupakan data yang didapat dilapangan dengan cara pengamatan secara langsung dilokasi studi. Data primer yang dibutuhkan diantaranya yaitu :

1. Data geometrik jalan
2. Data volume lalu lintas

3.2.2 Pengumpulan Data Sekunder

Cara untuk mendapatkan data sekunder adalah dengan meminta keterangan atau penjelasan atau data dari instansi-instansi pemerintah terkait seperti, Badan Pusat Statistik (BPS) untuk memperoleh data jumlah penduduk kota Malang yang digumakan untuk analisa kapasitas. Data-data ini digunakan untuk pendukung dari data primer.

3.3 Pelaksanaan Survey

3.3.1 Langkah Pengamatan Data (Survey)

Ada beberapa langkah yang perlu dipersiapkan sebelum melaksanakan survey, antara lain :

1. Mempersiapkan formulir yang akan dpergunakan untuk mencatat data survey.
2. Penentuan titik pengamatan dilokasi studi
3. Menetapkan waktu pengambilan data
4. Menyiapkan tenaga surveyor
5. Melaksanakan pengambilan data

3.3.2 Jenis Survey

Dalam pengumpulan data primer perlu dilakukan survey untuk menganalisis kondisi jalan yang ditinjau, jenis survey yang dilakukan meliputi :

1. Survey Geometrik Jalan

Survey ini merupakan pengukuran dimensi beberapa komponen jalan serta penggunaan lahan pada ruas jalan yang dibutuhkan untuk mendukung perhitungan kapasitas maupun kecepatan arus bebas.

- a. Pengumpulan data untuk survey geometric jalan dilakukan dengan cara mengukur langsung di lapangan, seperti :
 - berapa lebar pendekat
 - jumlah lajur
 - lebar bahu jalan dari ruas jalan yang ditinjau
- b. surveyor atau tenaga pengamat yang dibutuhkan minimal 2 (dua) orang untuk mengukur geometric jalan
- c. alat-alat yang digunakan antara lain :
 - alat pengukur panjang (roll meter)
 - alat tulis dan clipboard

2. Survey Volume Lalu Lintas

- a. Survey volume lalu lintas dilakukan untuk mendapatkan data volume lalu lintas jam puncak. Pengumpulan data dilakukan dengan menempatkan surveyor pada suatu titik yang tepat disuatu tepi jalan, hal ini dimaksudkan agar pandangan surveyor tidak terhalang saat mencatat setiap kendaraan yang melintasi titik yang telah ditentukan pada formulir yang sudah disiapkan, kemudia menjumlahkan dan dikonversikan kedalam satuan mobil penumpang (smp)
- b. Surveyor ditempatkan pada tiap kaki persimpangan, 1 (satu) orang tiap kaki untuk tiap arah lalu lintas dan tiap jenis kendaraan. Data yang diamati yaitu jumlah dan jenis kendaraan, hasil pengamatan dicatat dalam formulir yang telah disiapkan.
- c. Alat-alat yang digunakan antara lain :
 - alat penunjuk waktu (stopwatch / arloji)
 - alat tulis dan clipboard
 - alat penghitung (kalkulator)
 - formulir survey

3.3.3 Pengolahan dan Penyajian Data

Pengolahan dan penyajian data menghasilkan data setengah jadi sesuai dengan format-format yang diperlukan dan kemudian untuk diolah dan dianalisis lebih lanjut.

1. Pengolahan data geometrik.

Hasil pengolahan data geometrik adalah merupakan gambaran dimensi data geometrik jalan serta aktivitas penggunaan lahan secara terperinci.

2. Pengolahan data volume lalu lintas.

Dari hasil survey ini akan dicari volume lalu lintas pada jam puncak serta diluar jam puncak. Volume kendaraan pada jam puncak dan diluar jam puncak tersebut ditentukan dari volume kendaraan yang terbesar dan terkecil dalam interval waktu 15 menit. Dari hasil yang didapat kemudian dikonversikan ke dalam satuan jam. Hasil yang diperoleh tersebut dikategorikan berdasarkan jenis kendaraannya yaitu kendaraan berat, kendaraan ringan, sepeda motor, truk besar dan bis besar. Penggolongan ini berfungsi untuk penyesuaian karakteristik keadaan dengan cara mengalikan jumlah kendaraan yang didapat sesuai kategorinya dengan nilai equivalen kendaraan masing- masing sesuai dengan ketentuan yang berlaku sehingga hasil yang didapat berupa satuan mobil penumpang (smp).

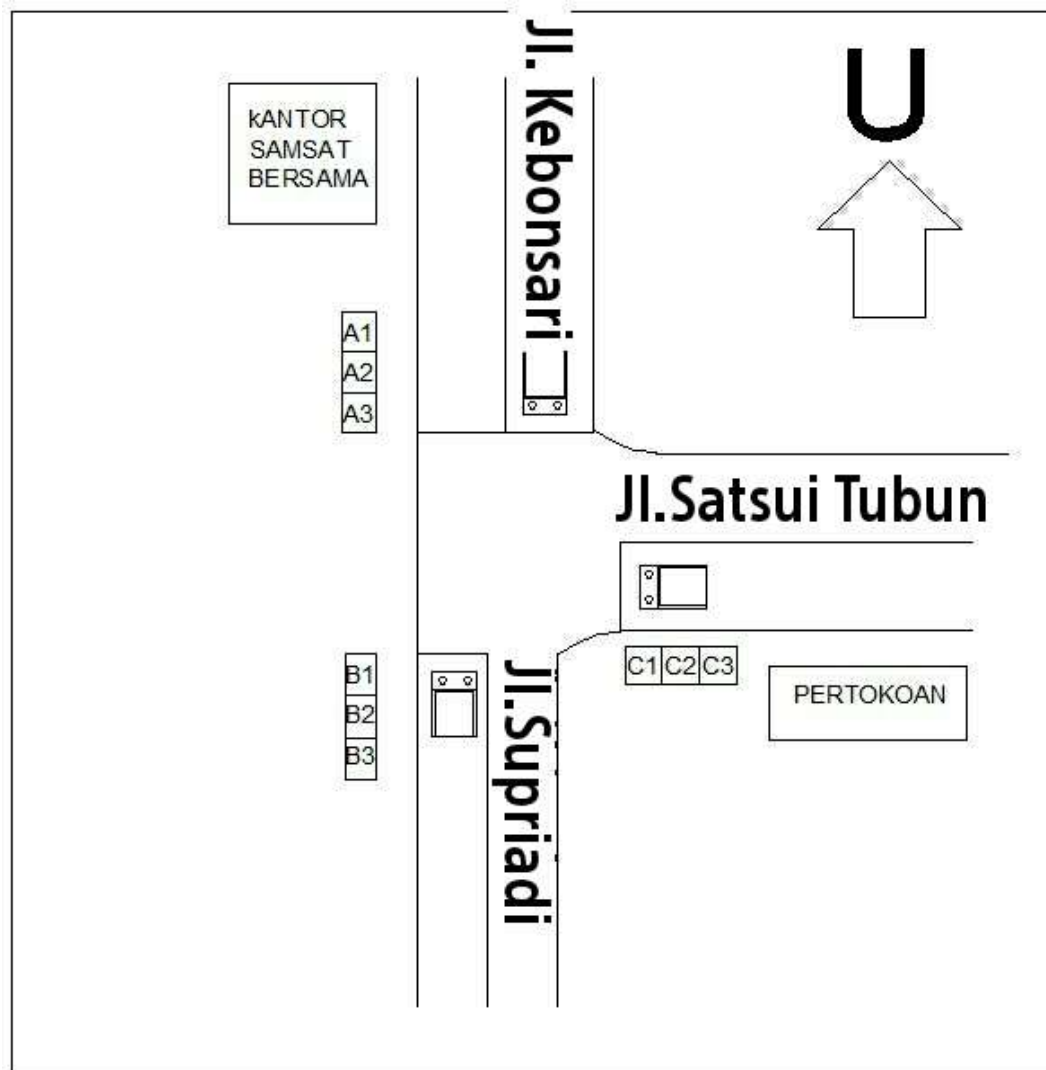
3.3.4 Waktu Pengambilan Data

Waktu pengambilan data lalu lintas dilakukan selama 1 hari penuh sesuai dengan pedoman survey lalu lintas yaitu selama 12 jam. Survey dimulai pada pukul 06.00 sampai pukul 18.00.

3.4 Titik Penempatan Surveyor

Pada tiap sisi masing-masing simpang ditempatkan orang surveyor untuk mengumpulkan dan mencatat hasil survey :

- a. Data volume lalu lintas



Gambar 3.1 Denah Penempatan Surveyor

Keterangan gambar 3.1 :

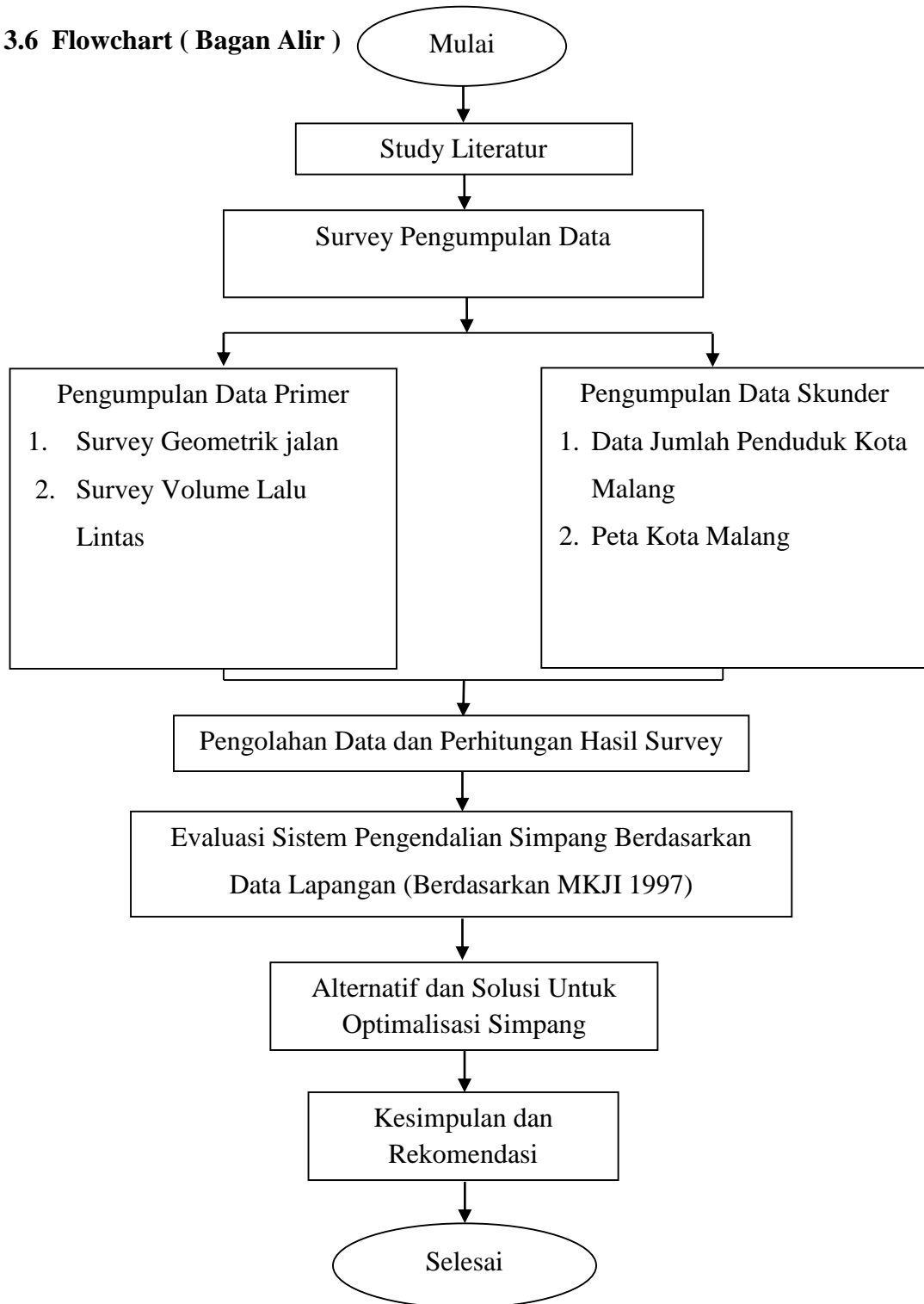
- a. Pengumpulan data arus lalu lintas.

Setiap surveyor mencatat data jumlah kendaraan ringan, kendaraan berat, sepeda motor, dan kendaraan tak bermotor pada masing-masing persimpangan tiap 15 menit, berdasarkan arah :

- A1 untuk simpang utara dengan pergerakan belok kiri.

- A2 untuk simpang barat dengan pergerakan lurus.
- B1 untuk simpang utara dengan pergerakan belok kanan.
- B2 untuk simpang barat dengan pergerakan lurus.
- C1 untuk simpang utara dengan pergerakan belok kiri.
- C2 untuk simpang barat dengan pergerakan belok kanan.

3.6 Flowchart (Bagan Alir)



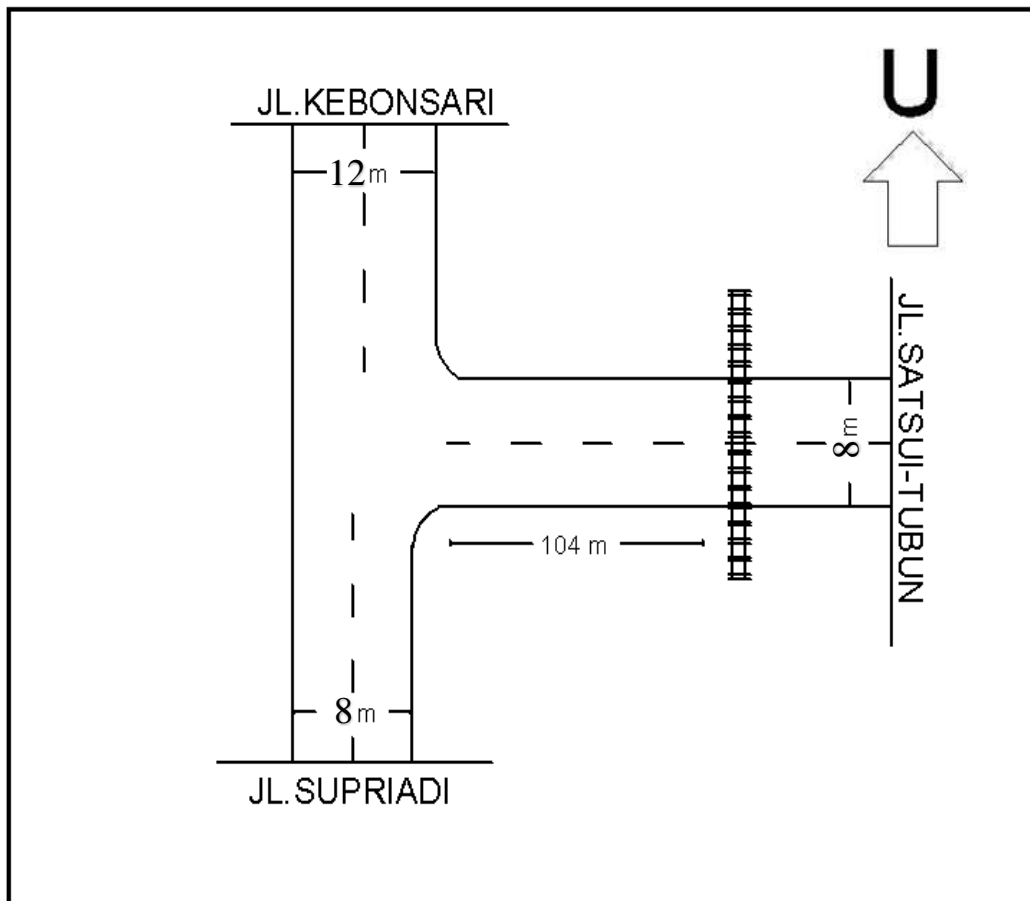
BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang di dapat dengan cara pengamatan secara langsung dilokasi studi. Berikut adalah hasil pengumpulan data primer di lokasi studi :

2.1.1.Data Geometrik



Gambar 4.1 Geometrik Simpang Tak Bersinyal simpang tiga kaku, Kota Malang

Jl. Kebonagung (Lengan Utara)

Lebar Jalan : 12 m
Jumlah Lajur : 2 Lajur
Lebar per Lajur : 6 meter

Jl. Supriadi (Lengan Selatan)

Lebar Jalan : 8 meter
Jumlah Lajur : 2 Lajur
Lebar per Lajur : 4 meter

Jl. Satsui Tubun (Lengan Timur)

Lebar Jalan : 8 meter
Jumlah Lajur : 2 Lajur
Lebar per Lajur : 4 meter

2.1.2. Data Survey Pendahuluan.

Survey ini bertujuan untuk mengetahui dimana letak jam-jam sibuk pada kondisi simpang tersebut. Pengambilan data survey pendahuluan yaitu berupa volume lalu lintas, pengambilan data dilakukan selama 14 jam, dari jam 06.00 WIB - 20.00 WIB. Dalam menentukan arus lalu lintas puncak untuk periode jam - jam sibuk, data perolehan dari pencacahan pada tiap lengan dijumlah untuk waktu setiap satu jam dengan periode penjumlahan setiap 15 menit sesuai dengan tipe kendaraan bermotor tanpa mengikutkan kendaraan tak bermotor (UM). Penjumlahan sesuai dengan tipe kendaraan ini dalam satuan kend/jam, belum bisa digunakan untuk menentukan arus lalu lintas jam jam sibuk.

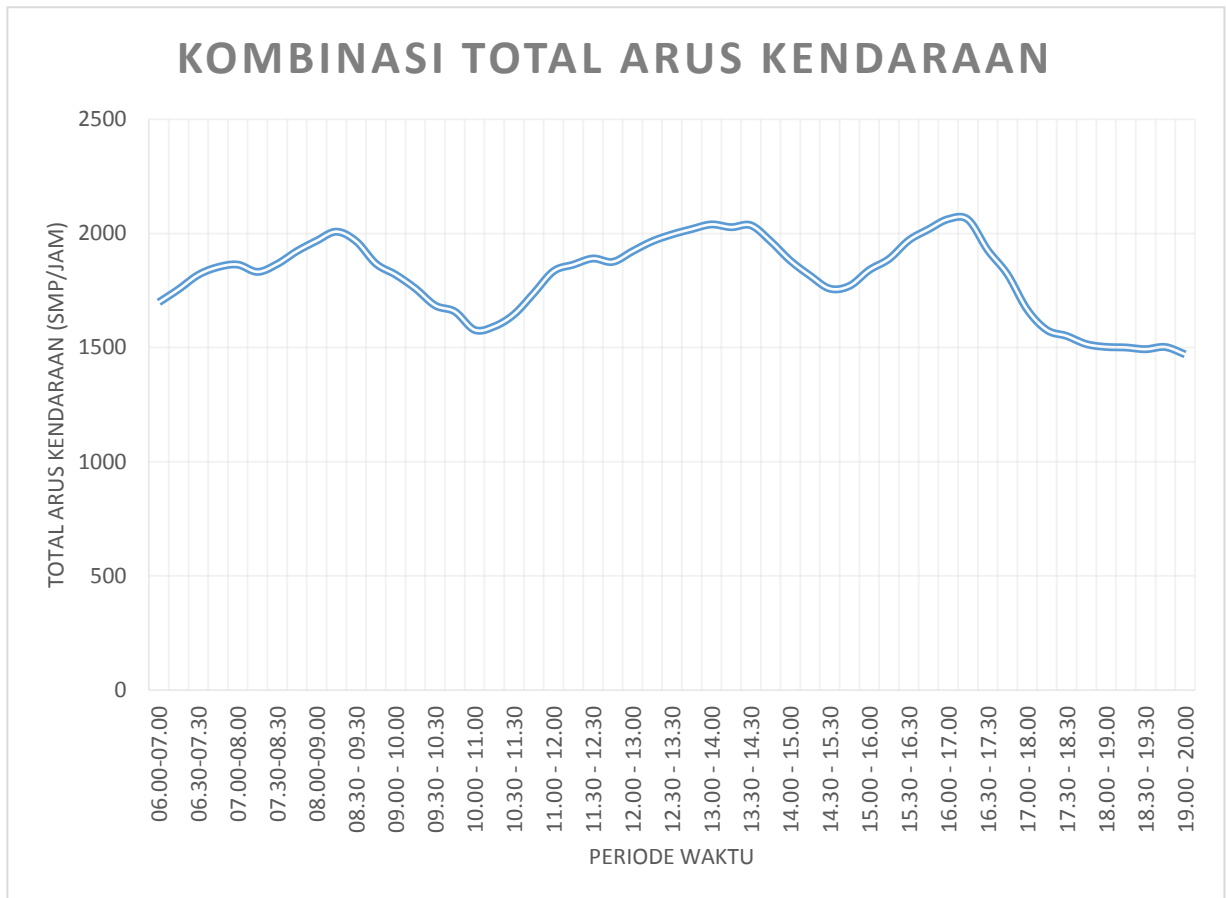
Langkah yang berikutnya adalah merubah satuan kend/jam menjadi smp/jam dengan cara mengalikan jumlah kendaraan dengan Faktor Ekivalen Mobil Penumpang berdasarkan tipe kendaraan. Hasil yang diperoleh dijumlahkan tanpa mengikutkan kendaraan tak bermotor. Jumlah total smp/jam tiap lengan inilah yang digunakan untuk menentukan jam-jam sibuk maupun jam puncak nantinya pada simpang tersebut.

Tabel 4.1 Perhitungan volume arus satu hari dan penentuan jam-jam sibuk.

KOMBINASI TOTAL ARUS KENDARAAN

JAM	LENGAN TIMUR		LENGAN UTARA		LENGAN SELATAN		TOTAL
	KANAN	KIRI	LURUS	KIRI	LURUS	KANAN	
06.00-07.00	363.4	161.8	411.6	254.3	504.6	253.6	1949.3
06.15-07.15	388.7	177.7	426.5	270.4	547.6	261.5	2072.4
06.30-07.30	412.3	197.7	445.6	291.8	594.2	271.4	2213
06.45-07.45	414.7	214.8	468.8	297.8	628.2	278.7	2303
07.00-08.00	415.2	218.7	463.7	287.9	649.3	281.8	2316.6
07.15-08.15	398.4	218.4	478.1	271.8	658.2	274.5	2299.4
07.30-08.30	389.6	225	483.3	283.7	687.9	292.8	2362.3
07.45-08.45	386.2	244.6	483.4	302.1	700.3	312.9	2429.5
08.00-09.00	379.5	241	523.9	336.3	720.1	340.9	2541.7
08.15 - 09.15	381	247.1	534.6	372.8	729.7	356.9	2622.1
08.30 - 09.30	352.3	228.7	511.5	354.4	693.1	359.3	2499.3
08.45 - 09.45	348.3	189.1	517.6	349.4	651.6	332.1	2388.1
09.00 - 10.00	324.4	183.1	494.3	352.3	606.4	322.9	2283.4
09.15 - 10.15	301.1	164.1	481	341.7	558.8	313.9	2160.6
09.30 - 10.30	302.1	159.6	488.9	341.9	535.4	278.5	2106.4
09.45 - 10.45	279.8	160.4	473.1	330	528.6	275.8	2047.7
10.00 - 11.00	271.3	158.8	463.7	293.8	548.7	240.7	1977
10.15 - 11.15	283	182	481.5	295.8	614.6	230.9	2087.8
10.30 - 11.30	296.6	198.7	497.3	304.1	713	242.3	2252
10.45 - 11.45	312.6	226	516.4	318.2	821.3	267	2461.5
11.00 - 12.00	354.8	240.8	527.6	340.7	890.4	286.7	2641
11.15 - 12.15	352.4	233.9	537.8	345.1	911.2	310.6	2691
11.30 - 12.30	346.1	250	523.5	349.1	937.5	319.1	2725.3
11.45 - 12.45	331.5	256.3	500.9	355.8	910.9	315.9	2671.3
12.00 - 13.00	322.1	287.5	491.2	358.8	956.8	330.4	2746.8
12.15 - 13.15	333.6	301.9	459.1	360	993.9	334.3	2782.8
12.30 - 13.30	352.3	308.1	443.3	358.8	966.1	336.9	2765.5
12.45 - 13.45	368.7	293.3	459.8	364.5	959.1	347.8	2793.2
13.00 - 14.00	369.6	287.8	463	449.9	915.6	358.1	2844
13.15 - 14.15	373.9	286.4	453.1	487.5	890.4	350.6	2841.9
13.30 - 14.30	385.8	269.8	454.2	495.2	895.7	357.1	2842.8
13.45 - 14.45	391.3	267.7	416.4	502.7	933.6	320.4	2832.1
14.00 - 15.00	385.2	251.5	370.3	416.7	967.4	289	2680.1
14.15 - 15.15	386.1	235.4	350.9	379.3	1004.5	263.8	2620
14.30 - 15.30	369.3	252	419.2	369.4	1071.5	235.5	2716.9
14.45 - 15.45	362.7	271.6	477.7	356.5	1113.8	235.1	2817.4
15.00 - 16.00	367.6	306.6	606.9	363.9	1176.5	249.9	3071.4
15.15 - 16.15	349.9	339.6	748.1	399.6	1222.7	266.5	3326.4
15.30 - 16.30	363.8	338.6	782.9	443.3	1236	300.8	3465.4
15.45 - 16.45	361	341.3	824.8	477.9	1268.1	325	3598.1
16.00 - 17.00	387.3	352.7	843.9	508.2	1285.8	328.5	3706.4
16.15 - 17.15	410.8	347.5	785.3	489.1	1240.5	318.2	3591.4
16.30 - 17.30	403.3	319.4	691	437.7	1152.3	269.3	3273
16.45 - 17.45	396.7	299.5	597.1	392.6	1044.5	229.3	2959.7
17.00 - 18.00	347.4	242.1	440.1	337.2	916.9	205.5	2489.2
17.15 - 18.15	320.7	202.1	350.8	309.9	847.3	194	2224.8
17.30 - 18.30	296.8	206.5	313.9	302.7	824.9	190.8	2135.6
17.45 - 18.45	262.1	200.6	291	314	811.2	193.3	2072.2
18.00 - 19.00	249.3	194.7	288.5	318.3	800.9	196.5	2048.2
18.15 - 19.15	231.2	198.8	274.6	314.4	806.8	202.3	2028.1
18.30 - 19.30	221.8	184.3	267.1	302.9	794.2	210.5	1980.8
18.45 - 19.45	224.4	175.7	258.2	277.2	797.1	218.2	1950.8
19.00 - 20.00	213	172.3	254.7	270.8	793.9	209.7	1914.4

Perhitungan survey diambil 3 jam pada pagi, siang, dan sore



Gamabar 4.2 Grafik kombinasi total arus kendaraan.

Dari hasil survey Pendahuluan ini digunakan sebagai acuan untuk survey selanjutnya, dari hasil survey didapatkan volume arus kendaraan pada jam-jam sibuk sesi pagi, siang, sore hari, masing-masing 3 jam, jam-jam sibuk pagi pada pukul 06.00 WIB- 09.00 WIB, jam-jam sibuk siang 11.00-14.00WIB, jam-jam sibuk sore pada 16.00 WIB – 19.00WIB.

4.2.3. Data Volume Lalu Lintas

Data ini diperoleh dari hasil survey yang dilakukan selama 3 hari dari 7 hari normal yaitu pada hari 2 hari istimewa (hari libur), Sabtu, 4 Juni 2016 dan Minggu, 5 Juni 2016 dan 1 hari kerja yaitu Kamis, 2 Juni 2016. Setiap kali survey dalam satu hari dibagi 3 sesi waktu (periode) yaitu sesi pagi pukul 06.00-09.00 WIB, sesi siang pukul 11.00-14.00 WIB, dan sesi sore yaitu pukul 15.00-18.00 WIB. Komposisi lalu lintas kendaraan yang disurvei pada simpang dikelompokkan atas 4 jenis, yaitu:

1. Kendaraan Berat (*Heavy Vehicles, HV*)

Kendaraan berat yang melewati simpang antara lain : Bus Angkutan, Bus besar, Truk Minyak, Truk Angkutan.

2. Kendaraan Ringan (*Light vehicles, LV*)

Kendaraan ringan yang melalui simpang antara lain: mobil pribadi (Pick up, colt, kijang, sedan, jeep).

3. Sepeda Motor (*Motor cycles, MC*)

Kendaraan yang dikategorikan sepeda motor yang melewati simpang adalah sepeda motor dan scoter.

4. Kendaraan Tak Bermotor (*Unmototorized, UM*)

Kendaraan yang dikatrgorikan tak bermotor yang melewati simpang adalah sepeda, gerobak dorong dan becak.

Dalam menentukan arus lalu lintas puncak untuk periode jam puncak pagi, siang dan sore, data perolehan dari pencacahan pada tiap lengan dijumlah untuk waktu setiap satu jam dengan periode penjumlahan setiap 15 menit sesuai

dengan tipe kendaraan bermotor tanpa mengikutkan kendaraan tak bermotor (UM). Penjumlahan sesuai dengan tipe kendaraan ini dalam satuan kend/jam, belum bias digunakan untuk menentukan arus lalulinyas jam puncak.

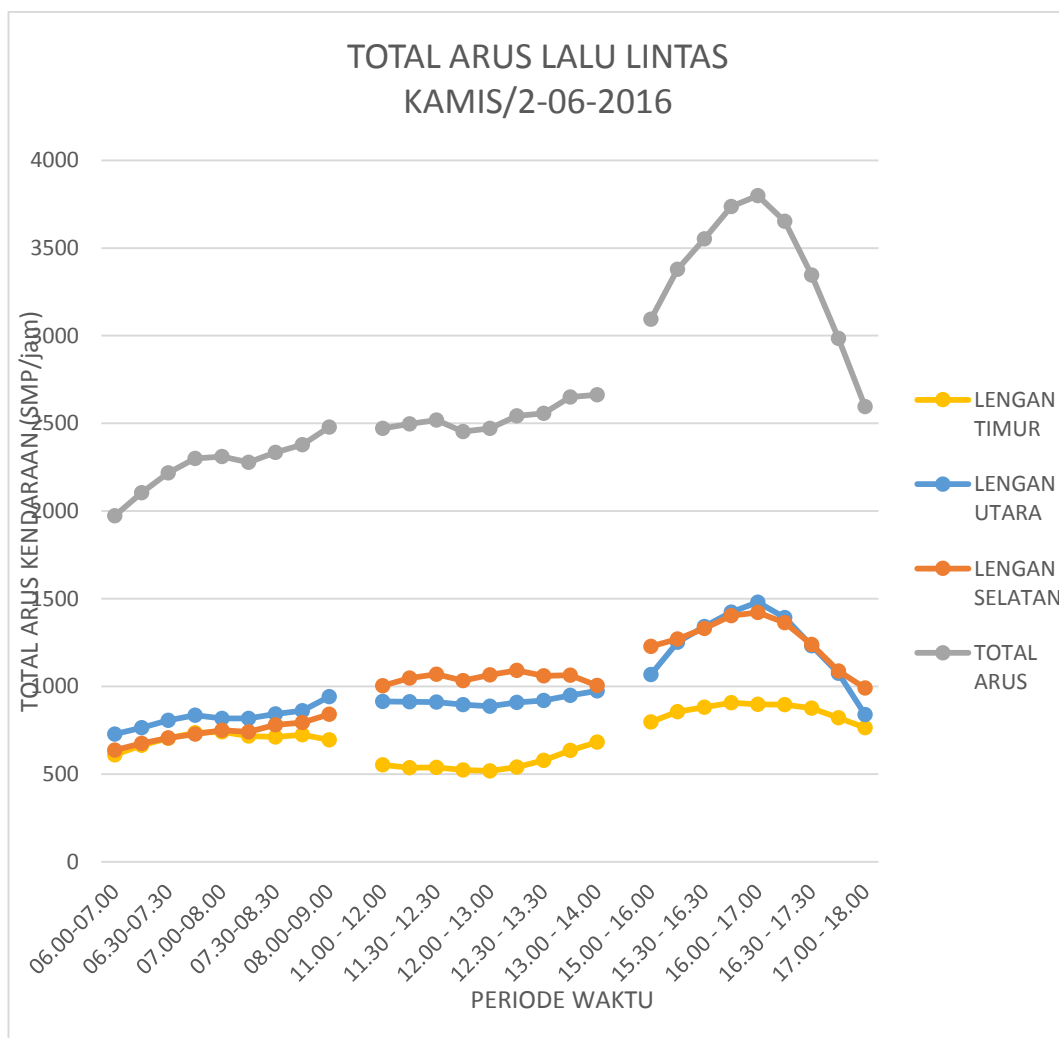
Langkah yang berikutnya adalah merubah satuan kend/jam menjadi smp/jam dengan cara mengalikan jumlah kendaraan dengan faktor konversi berdasarkan tipe kendaraan. Hasil yang diperoleh dijumlahkan tanpa mengikutkan kendaraan tak bermotor. Jumlah total smp/jam tiap lengan inilah yang digunakan untuk menentukan jam puncak untuk periode jam sibuk pagi, siang dan sore. Pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.3 di bawah ini dijelaskan hasil survei arus lalulintas yang didapat :

Tabel 4.2 Total arus kendaraan per simpang hari Kamis, 02 Juni 2016

Periode Waktu	LENGAN TIMUR	LENGAN UTARA	LENGAN SELATAN	TOTAL ARUS (SMP/jam)
06.00-07.00	609.4	727.3	637.3	1974
06.15-07.15	664.3	763.9	675.8	2104
06.30-07.30	704.5	806.9	706.5	2217.9
06.45-07.45	735.5	836.1	727.5	2299.1
07.00-08.00	741.8	818.4	750.8	2311
07.15-08.15	717.9	818.5	741.8	2278.2
07.30-08.30	711.4	842.8	781	2335.2
07.45-08.45	723.9	861.4	793.9	2379.2
08.00-09.00	696.1	942.5	840.7	2479.3
11.00 - 12.00	553.2	914.1	1004.7	2472
11.15 - 12.15	536.4	913.1	1047.9	2497.4
11.30 - 12.30	538.5	910	1070.3	2518.8
11.45 - 12.45	524.5	895.6	1033.4	2453.5
12.00 - 13.00	518.1	887.4	1066.2	2471.7
12.15 - 13.15	540.6	909.3	1092.3	2542.2
12.30 - 13.30	577.6	919.7	1059.6	2556.9
12.45 - 13.45	635.5	949.2	1064.8	2649.5
13.00 - 14.00	682.8	974.2	1005.5	2662.5
15.00 - 16.00	798.2	1067.3	1229.2	3094.7
15.15 - 16.15	856.5	1252	1270.4	3378.9
15.30 - 16.30	880.6	1341.3	1331.2	3553.1
15.45 - 16.45	907.9	1424.5	1404.5	3736.9
16.00 - 17.00	897.4	1479.6	1421.7	3798.7
16.15 - 17.15	896.6	1392.3	1363	3651.9
16.30 - 17.30	875.7	1231.4	1239.3	3346.4
16.45 - 17.45	821.8	1074.4	1088.5	2984.7
17.00 - 18.00	765.2	839.1	990.8	2595.1

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan.

Pada tabel di atas didapatkan total arus kendaraan pada hari Kamis, 02 Juni 2016 dimana pada lengan selatan merupakan lengan simpang yang paling tinggi jumlah kendaraannya. Jumlah total arus kendaraan pada semua lengan simpang adalah 2479,3 smp/jam pukul 08.00 – 09.00 WIB, 2662,5 smp/jam pada pukul 13.00 – 14.00 WIB, dan 3798,7 smp/jam pada pukul 16.00 – 17.00 WIB. Berikut ini adalah grafik dari arus total kendaraan per simpang pada hari Kamis, 02 Juni 2016



Gambar 4.3 Grafik arus total kendaraan hari Kamis, 02 Juni 2016

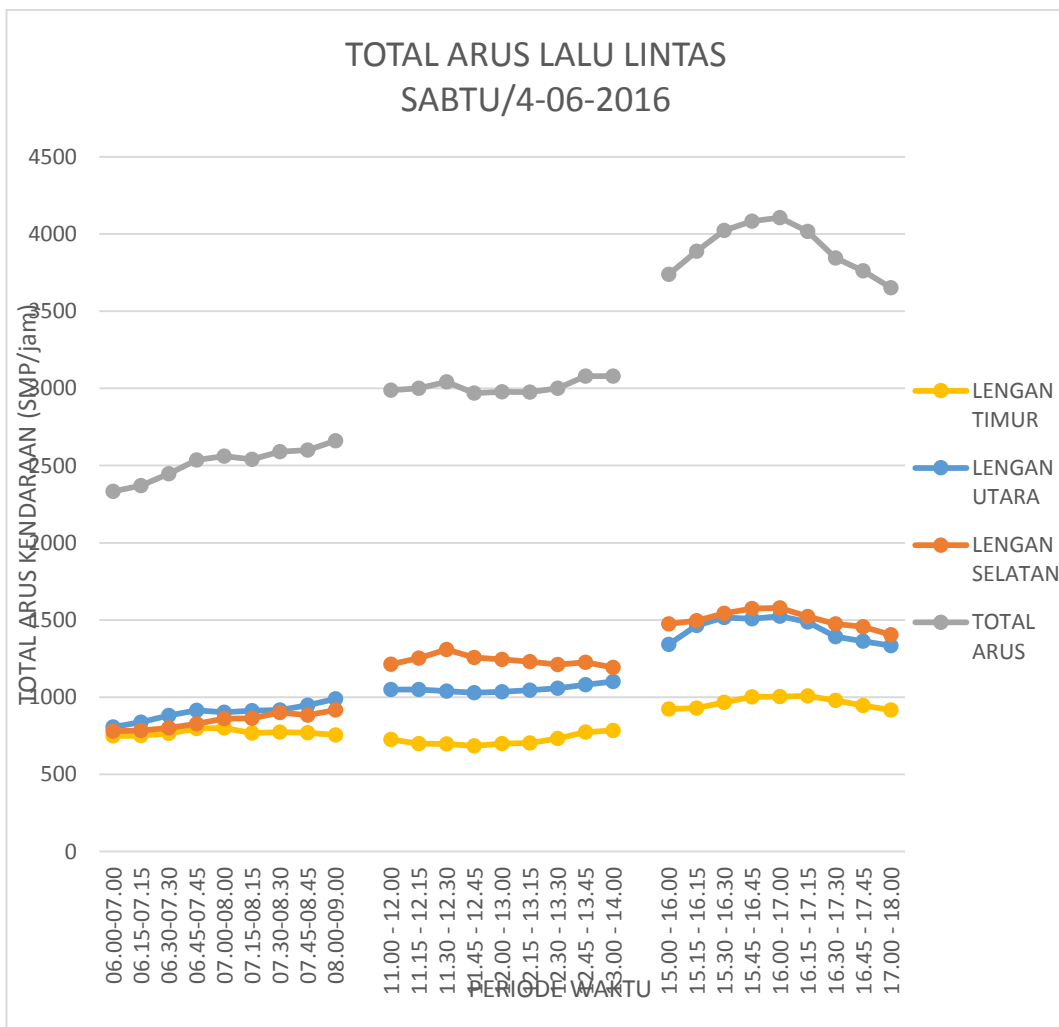
Untuk total arus kendaraan pada hari Sabtu, 04 Juni 2016 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.3 Total arus kendaraan per simpang hari Sabtu, 04 Juni 2016

Periode Waktu	LENGAN TIMUR	LENGAN UTARA	LENGAN SELATAN	TOTAL ARUS (SMP/jam)
06.00-07.00	747.7	806.8	778.7	2333.2
06.15-07.15	749.8	837.1	784.3	2371.2
06.30-07.30	765.4	881.9	800.7	2448
06.45-07.45	795.3	913.4	826.7	2535.4
07.00-08.00	800.1	901.1	859.9	2561.1
07.15-08.15	766.4	911.6	861.7	2539.7
07.30-08.30	772.7	917.1	900.1	2589.9
07.45-08.45	769.2	947.8	883.4	2663.9
08.00-09.00	754.8	990	915.7	2660.5
11.00 - 12.00	725.7	1048.6	1214	2988.3
11.15 - 12.15	698.9	1048.5	1253.2	3000.6
11.30 - 12.30	696.6	1038.7	1307.6	3042.9
11.45 - 12.45	685.1	1027.9	1256.5	2969.5
12.00 - 13.00	698.7	1035	1244.3	2978
12.15 - 13.15	702.1	1044.4	1229.4	2975.9
12.30 - 13.30	732.8	1056.8	1210.3	2999.9
12.45 - 13.45	774.4	1079.6	1224.7	3078.7
13.00 - 14.00	784.1	1102.1	1193	3079.2
15.00 - 16.00	922.3	1342.5	1475.4	3740.2
15.15 - 16.15	929.8	1464.7	1494.2	3888.7
15.30 - 16.30	965.6	1515.1	1543.1	4023.8
15.45 - 16.45	1001	1507.8	1574.1	4082.9
16.00 - 17.00	1003.5	1524.8	1578.9	4107.2
16.15 - 17.15	1008.7	1487.8	1521.2	4017.7
16.30 - 17.30	979.1	1390.7	1474.2	3844
16.45 - 17.45	945	1361.4	1454.9	3761.3
17.00 - 18.00	915.5	1333.1	1404.5	3653.1

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan.

Pada tabel di atas didapatkan total arus kendaraan pada hari Sabtu, 04 Juni 2016 dimana pada lengan selatan merupakan lengan simpang yang paling tinggi jumlah kendaraannya. Jumlah total arus kendaraan pada semua lengan simpang adalah 2663,9 smp/jam pukul 07.45 – 08.45 WIB, 3079,2 smp/jam pada pukul 13.00 – 14.00 WIB, dan 4107,2 smp/jam pada pukul 16.00 – 17.00 WIB. Berikut ini adalah grafik dari arus total kendaraan per simpang pada hari Sabtu, 04 Juni 2016



Gambar 4.4 Grafik arus total kendaraan hari Sabtu, 04 Juni 2016

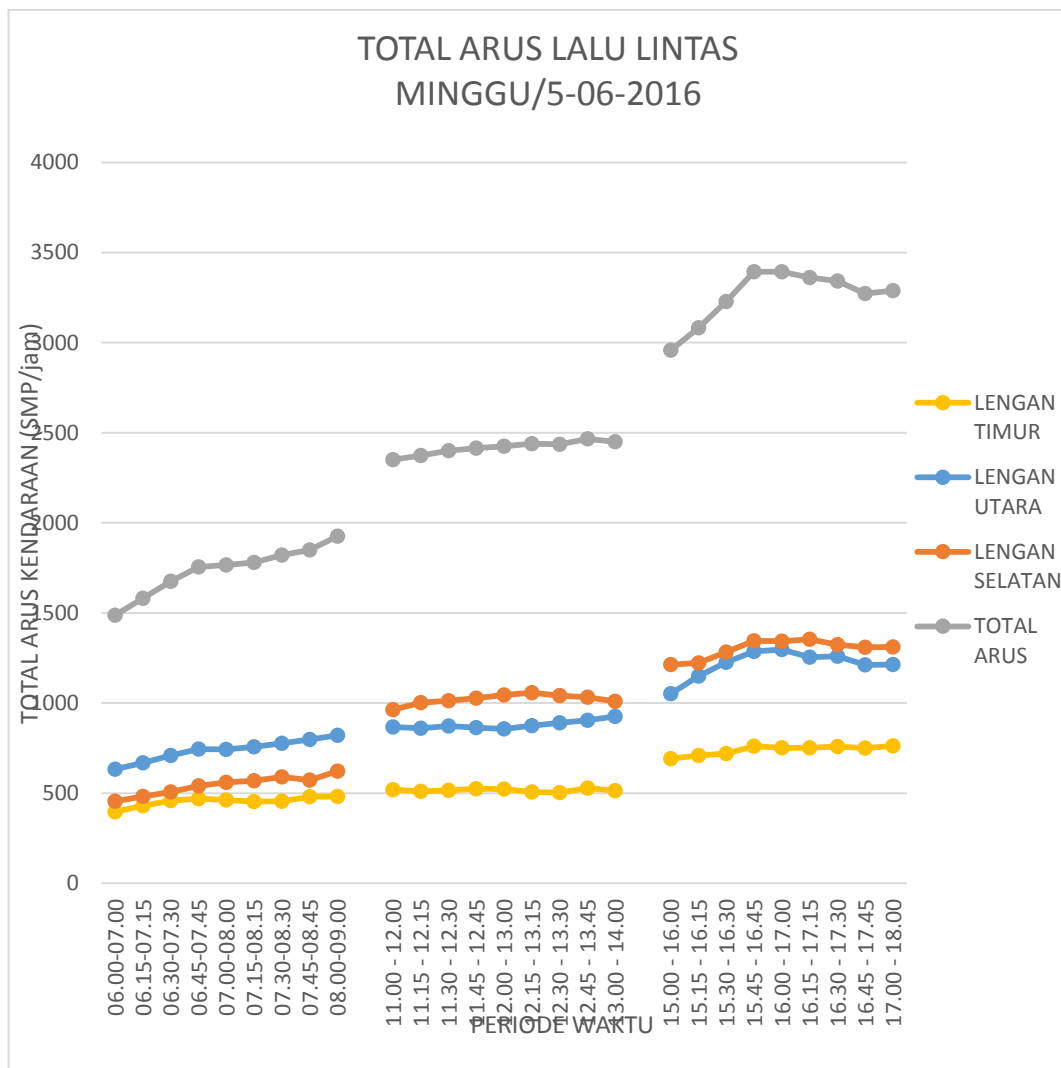
Untuk total arus kendaraan pada hari Minggu, 05 Juni 2016 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.4 Total arus kendaraan per simpang hari Minggu, 05 Juni 2016

Periode Waktu	LENGAN TIMUR	LENGAN UTARA	LENGAN SELATAN	TOTAL ARUS (SMP/jam)
06.00-07.00	397.1	633.5	456.3	1486.9
06.15-07.15	430.7	668.8	481.8	1581.3
06.30-07.30	459.7	709.2	507.3	1676.2
06.45-07.45	468.8	744.9	541.3	1755
07.00-08.00	463.4	742.8	559.7	1765.9
07.15-08.15	454.3	757.3	569.5	1781.1
07.30-08.30	454.6	776.3	590.2	1821.1
07.45-08.45	479.8	798.8	571.8	1850.4
08.00-09.00	482.6	821.1	623.1	1926.8
11.00 - 12.00	518.5	867.7	964	2350.2
11.15 - 12.15	510.8	860.2	1002.4	2373.4
11.30 - 12.30	515.5	872.4	1013.1	2401
11.45 - 12.45	524	864.7	1026.8	2415.5
12.00 - 13.00	523.7	856.2	1045.1	2425
12.15 - 13.15	507.3	874	1057.6	2438.9
12.30 - 13.30	503.5	890.2	1042.2	2435.9
12.45 - 13.45	527.8	904.9	1032.9	2465.6
13.00 - 14.00	514.6	927	1009.5	2451.1
15.00 - 16.00	692.2	1051.7	1213.5	2957.4
15.15 - 16.15	710.2	1150.3	1222	3082.5
15.30 - 16.30	720.3	1225.6	1282.4	3228.3
15.45 - 16.45	760.5	1287.6	1345.4	3393.5
16.00 - 17.00	752.6	1296.7	1344.4	3393.7
16.15 - 17.15	752.3	1255.2	1353.9	3361.4
16.30 - 17.30	758.5	1259.4	1324.4	3342.3
16.45 - 17.45	750.6	1212	1310	3272.6
17.00 - 18.00	762.9	1213.8	1312.4	3289.1

Sumber : Pengolahan data arus kendaraan.

Pada tabel di atas didapatkan total arus kendaraan pada hari Minggu, 05 Juni 2016 dimana pada lengan selatan merupakan lengan simpang yang paling tinggi jumlahnya. Jumlah total arus kendaraan pada semua lengan simpang adalah 1926,8 smp/jam pukul 08.00 – 09.00 WIB, 2466,6 smp/jam pada pukul 13.00 – 14.00 WIB, dan 3393,7 smp/jam pada pukul 16.00 – 17.00 WIB. Berikut ini adalah grafik dari arus total kendaraan per simpang pada hari Minggu, 05 Juni 2016



Gambar 4.5 Grafik arus total kendaraan hari Minggu, 05 Juni 2016

Tabel dibawah ini merupakan jam puncak arus lalu lintas total per hari. Data ini diperoleh dari total arus kendaraan per simpang yang telah dijelaskan pada tabel-tabel diatas.

Tabel 4.5 Tabel puncak Kamis 2 Juni 2016.

Arus lalu lintas persimpang pada saat jam puncak Kamis, Kamis 2 Juni 2016

jam puncak	lengan timur smp/jam	lengan utara smp/jam	lengan selatan smp/jam
08.00-09.00	696.1	942.5	840.7
persen	28.08	38.01	33.91
13.00 - 14.00	682.80	974.20	1005.50
persen	25.65	36.59	37.77
16.00 - 17.00	897.40	1479.60	1421.70
persen	23.62	38.95	37.43

Tabel 4.6 Tabel puncak Sabtu 4 Juni 2016.

Arus lalu lintas persimpang pada saat jam puncak Kamis, Sabtu 4 Juni 2016

jam puncak	lengan timur smp/jam	lengan utara smp/jam	lengan selatan smp/jam
07.45-08.45	769.2	947.8	883.4
persen	28.87	35.58	33.16
13.00 - 14.00	784.1	1102.1	1193
persen	25.46	35.79	38.74
16.00 - 17.00	1003.5	1524.8	1578.9
persen	24.43	37.13	38.44

Tabel 4.7 Tabel puncak Minggu 5 Juni 2016

Arus lalu lintas persimpang pada saat jam puncak Kamis, Minggu 5 Juni 2016

jam puncak	lengan timur smp/jam	lengan utara smp/jam	lengan selatan smp/jam
08.00-09.00	482.6	821.1	623.1
persen	25.05	42.61	32.34
12.45 - 13.45	527.8	904.9	1032.9
persen	21.41	36.70	41.89
16.00 - 17.00	752.6	1296.7	1344.4
persen	22.18	38.21	39.61

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Simpang Tak Bersinyal

Data jam puncak yang dikumpulkan dari lapangan dilakukan selama tiga hari, yakni hari Kamis, Sabtu, dan Minggu. Untuk keperluan perhitungan digunakan data yang memiliki jam puncak tertinggi diantara periode jam sibuk dari ketiga hari tersebut. Pada perhitungan analisis simpang ini digunakan metode MKJI 1997 dan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 KM 2015 untuk menentukan kinerja lalu lintas.

5.1.1 Analisis Simpang Tak Bersinyal Menurut MKJI 1997

Pada analisis ini menggunakan rumus MKJI 1997 dan terdapat dua formulir yang harus diisi, yakni USIG-I dan USIG-II. Pada formulir USIG-I merupakan isian data volume yang diambil dari jam puncak pada masing-masing periode pengamatan, yakni pagi, siang, dan sore. Sedangkan untuk formulir USIG-II terdapat tiga tabel perhitungan. Untuk tabel yang pertama merupakan tabel lebar pendekat tipe simpang. Pada tabel ini akan diketahui lebar pendekat rata-rata. Kemudian untuk tabel kedua dari formulir USIG-II adalah kapasitas. Dengan mendapatkan data faktor penyesuaian kapasitas (F), maka kapasitas dapat dihitung. Sedangkan untuk tabel ketiga adalah perilaku lalu lintas. Pada tabel ini akan diperoleh nilai derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian.

Berikut ini digunakan data pada hari Kamis 02 juli 2016. Untuk data pada hari berikutnya dapat dilihat pada Formulir USIG-I dan USIG-II.

A. Formulir USIG-I

Kota : Malang
Propinsi : Jawa Timur
Ukuran kota : Sedang
Hari : Kamis, 02 juli 2016
Periode : 08.00 – 09.00 WIB
Nama Simpang : Simpang Tiga Kacuk

1. Data lalulintas berikut diperlukan untuk perhitungan dan harus diisikan ke dalam bagian lalu lintas pada formulir USIG-I

Pendekat D

-	LV	=	218	smp/jam
	HV	=	31.2	smp/jam
	MC	=	119.4	smp/jam
	UM	=	3	smp/jam
	Jumlah (LT)	=	<u>371.6</u>	smp/jam
-	LV	=	337	smp/jam
	HV	=	32.5	smp/jam
	MC	=	204.4	smp/jam
	UM	=	8	smp/jam
	Jumlah (ST)	=	<u>581.9</u>	smp/jam

Pendekat A

-	LV	=	101146	smp/jam
	HV	=	50.7	smp/jam

MC	=	59.2	smp/jam
UM	=	1	smp/jam
Jumlah (LT)	=	<u>256.9</u>	smp/jam
- LV	=	261	smp/jam
HV	=	39	smp/jam
MC	=	140.2	smp/jam
UM	=	3	smp/jam
Jumlah (RT)	=	<u>443.2</u>	smp/jam

Pendekat B

- LV	=	217	smp/jam
HV	=	20.8	smp/jam
MC	=	193.8	smp/jam
UM	=	7	smp/jam
Jumlah (ST)	=	<u>438.6</u>	smp/jam
- LV	=	167	smp/jam
HV	=	2.6	smp/jam
MC	=	242.4	smp/jam
UM	=	0	smp/jam
Jumlah (RT)	=	<u>412</u>	smp/jam

Menghitung arus jalan minor total Q_{MI} yaitu jumlah seluruh arus pada pendekat A dalam smp/jam dan kemudian hasilnya dimasukkan pada :

- Arus jalan minor total

$$Q_{MI} = 700.1 \text{ smp/jam}$$

Menghitung arus jalan utama total Q_{MA} yaitu jumlah seluruh arus pada pendekat B dan D dalam smp/jam dan hasilnya dimasukkan pada :

- Arus jalan utama total

$$\begin{aligned} Q_{MA} &= \text{Pendekat B} + \text{Pendekat D} \\ &= 975.1 + 909 \\ &= 1804.1 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Menghitung rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor dinyatakan dalam kend/jam, dan hasilnya dimasukkan pada:

- Arus kendaraan tak bermotor

$$\begin{aligned} Q_{UM} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat D} \\ &= 4 + 7 + 11 \\ &= 22 \text{ kend/jam} \end{aligned}$$

- Arus kendaraan bermotor

$$\begin{aligned} Q_{MV} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat D} \\ &= 700.1 + 975.1 + 909 \\ &= 2504.2 \text{ kend/jam} \end{aligned}$$

- Rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor

$$\begin{aligned} P_{UM} &= \frac{Q_{UM}}{Q_{MV}} \\ P_{UM} &= \frac{22}{2504.2} \\ &= 0.00879 \text{ kend/jam} \end{aligned}$$

Menghitung arus jalan minor + utama total untuk masing-masing gerakan (Belok kiri Q_{LT} , Lurus Q_{ST} dan Belok-kanan Q_{RT}) demikian juga Q_{TOT} secara keseluruhan dan masukkan hasilnya pada :

- Arus belok kiri

$$\begin{aligned}Q_{LT} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat D} \\ &= 255.9 + 368.6 \\ &= 628.5 \text{ smp/jam}\end{aligned}$$

- Arus lurus

$$\begin{aligned}Q_{ST} &= \text{Pendekat B} + \text{Pendekat D} \\ &= 431.6 + 573.9 \\ &= 1020.5 \text{ smp/jam}\end{aligned}$$

- Arus belok kanan

$$\begin{aligned}Q_{RT} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} \\ &= 440.2 + 412 \\ &= 855.2 \text{ smp/jam}\end{aligned}$$

- Arus jalan minor+utama total

$$\begin{aligned}Q_{TOT} &= \text{Pendekat A} + \text{Pendekat B} + \text{Pendekat D} \\ &= 628.5 + 1020.5 + 855.2 \\ &= 2504.2 \text{ kend/jam}\end{aligned}$$

Menghitung rasio arus jalan minor P_{MI} yaitu arus jalan minor dibagi dengan arus total, dan hasilnya dimasukkan pada :

- Rasio arus jalan minor

$$P_{MI} = \frac{Q_{MI}}{Q_{TOT}}$$

$$P_{MI} = \frac{696.1}{2482.2}$$

$$= 0.279 \text{ smp/jam}$$

Menghitung rasio arus belok-kiri dan kanan total (P_{LT} , P_{RT}) dan hasilnya dimasukkan pada :

- Rasio arus belok kiri dan kanan total

$$P_{LT} = \frac{Q_{LT}}{Q_{TOT}}$$

$$P_{LT} = \frac{624.5}{2482.2}$$

$$= 0.251 \text{ smp/jam}$$

$$P_{RT} = \frac{Q_{RT}}{Q_{TOT}}$$

$$P_{RT} = \frac{852.2}{2482.2}$$

$$= 0.341 \text{ smp/jam}$$

Hitung rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor dinyatakan dalam kend/jam, dan masukkan hasilnya pada :

- Rasio antara arus kendaraan tak bermotor dengan kendaraan bermotor

$$P_{UM} = \frac{Q_{UM}}{Q_{MV}}$$

$$P_{UM} = \frac{22}{3482.2}$$

$$= 0.008 \text{ kend/jam}$$

B. Formulir USIG-II

1. Menentukan lebar pendekat dan tipe simpang

a. Lebar pendekat jalan minor

Lebar pendekat jalan minor adalah W_A 8 m. Lebar rata-rata pendekat minor adalah W_{AC} 4 m \leq 5.5 m. Dari tabel 2.6 didapat jumlah lajur total kedua arah adalah 2 (USIG-II, baris 14, kolom 4)

a. Lebar pendekat jalan utama

Lebar pendekat jalan utama adalah $W_B = 12$ m dan $W_D = 6$ m. Lebar rata-rata pendekat utama adalah W_{BD} 6 m \leq 5.5 m. Dari tabel 2.6 didapat jumlah lajur total kedua arah adalah 2. Diisi pada formulir baris 14, kolom 7.

b. Lebar pendekat rata-rata untuk jalan utama dan minor adalah $W_1 = (W_{utama} + W_{minor})/2 = (4 + 6)/2 = 5$ m. Diisi pada formulir baris 14, kolom 8.

c. Tipe simpang untuk lengan simpang = 3, jumlah lajur pada pendekat jalan utama dan jalan minor masing-masing = 2, maka dari tabel 2.7 diperoleh IT = 322. Diisi pada formulir baris 14, kolom 11.

2. Menentukan Kapasitas

a. Kapasitas dasar (C_0)

Variabel masukan adalah tipe IT = 422, dari Tabel 2.8 diperoleh kapasitas dasar $C_0 = 2700$ smp/ja. Diisi pada formulir baris 27, kolom 20.

b. Faktor penyesuaian kapasitas

1. Lebar pendekat rata-rata (F_w)

Variabel masukan adalah lebar rata-rata semua pendekat $W_1 = 5$ m dan tipe simpang $IT = 322$. Batas nilai yang diberikan adalah grafik atau dapat digunakan rumus untuk klasifikasi IT yaitu :

Untuk tipe simpang $IT = 322$:

$$\begin{aligned}F_w &= 0.73 + 0.076 \times W_1 \\ &= 0.73 + 0.076 \times 5 \\ &= 1.11\end{aligned}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 21

2. Faktor penyesuaian median jalan utama (F_M)

Pertimbangan teknik lalu-lintas diperlukan untuk menentukan faktor median. Median disebut lebar jika kendaraan ringan standar dapat berlindung pada daerah median tanpa mengganggu arus berangkat pada jalan utama. Hal ini mungkin terjadi jika lebar median 3 m atau lebih. Pada beberapa keadaan, misalnya jika pendekat jalan utama lebar, hal ini mungkin terjadi jika median lebih sempit. Dari tabel 2.8 didapat nilai median jalan utama adalah 1. Diisi pada formulir baris 27, kolom 22.

3. Faktor penyesuaian ukuran kota

Berdasarkan variabel jumlah penduduk Kota Malang tahun 2010-2015 yaitu $\pm 2.899.805$ jiwa didapat nilai $F_{CS} = 1$ dari tabel 2.10. Diisi pada formulir baris 27, kolom 23.

4. Hambatan samping (F_{RSU})

Berdasarkan data survei, variabel kelas tipe lingkungan jalan Raden Intan-Panjisuroso adalah komersil, kelas hambatan samping (SF) adalah tinggi, akibat dari kendaraan bermotor dan rasio kendaraan tak bermotor (UM/MV) = 0.00 (USIG-I, baris 24, kolom 12). Didapat nilai $F_{RSU} = 0.94$ dihitung dengan menggunakan interpolasi linier pada tabel 2.11. Diisi pada formulir baris 27, kolom 24.

5. Faktor penyesuaian belok kiri

Variabel masukan adalah rasio belok kiri $P_{LT} = 0.251$ (USIG-I, baris 41, kolom 11). Batas nilai yang diberikan adalah pada gambar 2.3

Digunakan rumus :

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 0.84 + 1.61 \times P_{LT} \\ &= 0.84 + 1.61 \times 0.251 \\ &= 1.244 \end{aligned}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 25.

6. Faktor penyesuaian belok kanan

Variabel masukan adalah rasio arus belok kanan $P_{RT} = 0.343$ (USIG-I, baris 43, kolom 11) dan tipe simpang $IT = 322$. Batas nilai yang diberikan untuk F_{MI} adalah gambar 2.4

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1.1 - 0.922 \times P_{RT} \\ &= 1.09 - 0.922 \times 0.341 \\ &= 0.775 \end{aligned}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 26.

7. Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (F_{MI})

Variabel masukan adalah rasio arus jalan minor $P_{MI} = 0.280$ (USIG-I, baris 44, kolom 11) dan tipe simpang $IT = 322$. Batas nilai yang diberikan untuk F_{MI} adalah gambar 2.4

Dari tabel 2.12 didapatkan rumus :

$$\begin{aligned} F_{MI} &= 1.19 \times P_{MI}^2 - 1.19 \times P_{MI} + 1.19 \\ &= 1.19 \times 0.279^2 - 1.19 \times 0.279 + 1.19 \\ &= 0.950 \end{aligned}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 27.

8. Kapasitas (C)

Kapasitas, dihitung dengan menggunakan rumus berikut, dimana berbagai faktornya telah dihitung di atas:

$$\begin{aligned} C &= C_o \times F_w \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \\ &= 2700 \times 1.15 \times 1 \times 0.94 \times 0.94 \times 1.244 \times 0.775 \times 0.950 \\ &= 2014.25 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

Hasilnya diisi pada formulir baris 27, kolom 28.

3. Perilaku Lalulintas

a. Arus lalulintas (Q)

Arus lalulintas total $Q_{MV} = 2482.2$ smp/jam diperoleh dari formulir (USIG-I, baris 44, kolom 10)

b. Derajat kejenuhan (DS)

Setelah diperoleh nilai kapasitasnya $C = 2014.25$ smp/jam, maka dihitung derajat kejenuhannya dengan rumus :

$$DS = \frac{Q_{MV}}{C}$$

$$DS = \frac{2482,2}{2014,25}$$

$$= 1.232$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Table 5.1 Hasil Pengolahan Data Kondisi Eksisting Pada Hari Kamis

Hari	Jam Puncak	Kapasitas (smp/jam)	Arus Lalulintas	Derajat Kejenuha	Tundaan Rata-rata	Tingkat Pelayanan	Tingkat Pelayanan
					det/kend		Minimal
Senin	Pagi	2014.25	2482.2	1.232	20.17107059	C	B
	Siang	2132.36	2705.3	1.269	32.49492941	D	B
	Sore	2971.80	3798.7	1.278	33.52782167	D	B

Tabel 5.2 Hasil Pengolahan Data Kondisi Eksisting Pada Hari Sabtu

Hari	Jam Puncak	Kapasitas (smp/jam)	Arus Lalulintas	Derajat Kejenuha	Tundaan Rata-rata	Tingkat Pelayanan	Tingkat Pelayanan
					det/kend		Minimal
Kamis	Pagi	2039.93	2727.5	1.337	25.60259	D	B
	Siang	2124.83	2932.5	1.380	34.72085346	D	B
	Sore	2790.36	4194.4	1.503	33.75965144	D	B

Tabel 5.3 Hasil Pengolahan Data Kondisi Eksisting Pada Hari Minggu

Hari	Jam Puncak	Kapasitas (smp/jam)	Arus Lalulintas	Derajat Kejenuha	Tundaan Rata-rata	Tingkat Pelayanan	Tingkat Pelayanan
					det/kend		Minimal
Sabtu	Pagi	1801.22	2086.8	1.159	21.66671446	C	B
	Siang	1959.17	2472.1	1.262	30.78780735	D	B
	Sore	2702.83	3809.5	1.409	36.75324553	D	B

5.2 Alternatif untuk Perbaikan Kinerja Simpang

Dari evaluasi yang telah dilakukan sebelumnya didapatkan hasil tundaan rata-rata 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 Perhubungan No.tahun 2015, Sehingga langkah selanjutnya yang dilakukan adalah merencanakan perbaikan.

5.2.1 Alternatif 1 Perencanaan menggunakan lampu lalu lintas.

Kriteria untuk suatu persimpangan sudah harus dipasang alat pemberi isyarat lalulintas adalah (Departemen Perhubungan. I-3)

1. Arus minimal lalu lintas yang menggunakan rata-rata diatas 750 kendaraan/jam selama 8 jam dalam sehari;
2. Atau bila waktu menunggu/tundaan rata-rata kendaraan di persimpangan telah melampaui 30 detik;
3. Atau persimpangan digunakan oleh rata-rata lebih dari 175 pejalan kaki/jam selama 8 jam dalam sehari;
4. Atau sering terjadi kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan;
5. Atau merupakan kombinasi dari sebab- sebab yang disebutkan di atas.

Berikut adalah tabel arus kendaraan sselama 9 jam.

5.2 Tabel arus kendaraan selama 9 jam.

	waktu		timur	utara	selatan	total
			kend/jam	kend/jam	kend/jam	
Kamis, 2 Juni 2016	06.00-07.00	pagi	1396	1754	1739	4889
	07.00-08.00		1552	1967	1983	5502
	08.00-09.00		1473	2223	2189	5885
	11.00-12.00	siang	1160	2017	2369	5546
	12.00-13.00		1079	2017	2412	5508
	13.00-14.00		1306	2008	2360	5674
	15.00-16.00	sore	1677	2847	2898	7422
	16.00-17.00		1994	4179	3372	9545
	17.00-18.00		1682	2129	2480	6291
Sabtu, 4 Juni 2016	waktu		timur	utara	selatan	total
			kend/jam	kend/jam	kend/jam	
	06.00-07.00	pagi	1651	1920	1946	5517
	07.00-08.00		1691	2161	2166	6018
	08.00-09.00		1611	2436	2389	6436
	11.00-12.00	siang	1536	1968	2755	6259
	12.00-13.00		1421	1968	2792	6181
	13.00-14.00		1681	1993	2723	6397
	15.00-16.00	sore	1923	3190	3273	8386
16.00-17.00	2272		4579	3817	10668	
17.00-18.00	1918		2376	2779	7073	
Minggu 5 Juni 2016	waktu		timur	utara	selatan	total
			kend/jam	kend/jam	kend/jam	
	06.00-07.00	pagi	917	1384	1065	3366
	07.00-08.00		1076	1611	1242	3929
	08.00-09.00		1000	1871	1244	4115
	11.00-12.00	siang	953	1734	2358	5045
	12.00-13.00		863	1734	2377	4974
	13.00-14.00		1034	1647	2400	5081
	15.00-16.00	sore	1694	2802	3490	7986
16.00-17.00	1954		4219	3653	9826	
17.00-18.00	2054		2594	3266	7914	

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa arus lalu lintas total persimpangan yaitu berkisar antara 3366 – 10668 kendaraan per jam, hasil tersebut menunjukkan bahwa arus lalu lintas pada simpang tak bersinyal Jl Kebonsari – Jl Satsui Tubun, Kota Malang sudah melampaui 750 kendaraan/jam selama 9 jam yang merupakan salah satu kriteria pemasangan lampu lalu lintas, dan hasil ini juga menunjukkan bahwa simpang tersebut perlu dilakukan pemasangan traffic light atau lampu pengatur lalu lintas.

5.3 Alternatif 1 Perencanaan menggunakan lampu lalu lintas.

5.3.1 Skenario 1

- **Menggunakan 3 fase eksisting.**

Perencanaan pemasangan lampu sinyal 3 fase tanpa perencanaan geometrik. Untuk contoh perhitungan yang digunakan adalah hari Sabtu, 14 Mei 2016 pada jam puncak pagi. Analisis yang digunakan menggunakan metode MKJI 1997. Pada perhitungan MKJI 1997 simpang bersinyal terdapat 5 formulir yang harus diisi, yakni:

1. Formulir SIG – I : geometri, pengaturan lalulintas dan lingkungan
2. Formulir SIG – II : arus lalulintas
3. Formulir SIG – III : waktu antar hijau dan waktu hilang
4. Formulir SIG – IV : penentuan waktu sinyal dan kapasitas
5. Formulir SIG – V : panjang antrian, jmlah kendaraan terhenti dan tundaan.

A. Formulir SIG – I

Pada formulir SIG – I data-data yang tersaji adalah data geometri, pengaturan lalulintas dan lingkungan. Data-data pada formulir SIG – I adalah sebagai berikut

Kota : Kota Malang

Ukuran kota : kota sedang

Hari/tanggal : Kamis 2 Juni 2016

Pada analisis perencanaan lampu sinyal ini, kondisi geometri dan lingkungan dari simpang ini adalah sebagai berikut :

1. Tipe lingkungan jalan :

- a. Jl. Kebonsari (utara) : akses
- b. Jl. Satsui Tubun (timur) : akses
- c. Jl. Supriadi (barat) : akses

2. Hambatan samping

- a. Jl. Kebonsari (utara) : Sedang
- b. Jl. Satsui Tubun (timur) : Tinggi
- c. Jl. Supriadi (barat) : Tinggi

3. Median

Pada simpang ini tidak direncanakan median

4. Kelandaian

Kelandaian 0

5. Belok kiri langsung

Pada simpang ini tidak direncanakan belok kiri langsung.

6. $LB : W_A = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 6 \text{ m}$

$LU : W_A = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 4 \text{ m}$

$LT : W_A = W_{MASUK} = W_{KELUAR} = 6 \text{ m}$

B. Formulir SIG – II

Formulir SIG – II berisikan data arus lalulintas dan rasio belok simpang tiga gajayana. Berikut ini perhitungan arus lalulintas dan rasio belok simpang. Untuk perhitungan lalulintas dikonversi menjadi satuan mobil penumpang (smp) sehingga dikalikan dengan ekivalen mobil penumpang (emp). Nilai emp dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.3 Nilai emp untuk tipe pendekat terlindung dan terlawan

Jenis Kendaraan	emp untuk tipe pendekat:	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber : Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Bersinyal, 1997, hal 2-10

- Arus kendaraan bermotor pada kaki simpang Jl.Kebonsari (utara) pada jam puncak pagi:

Kamis 2 juni 2016

Penjumlahan jumlah kendaraan yang lurus:

Penjumlahan jumlah kendaraan yang lurus:

- Sepeda Motor : 204.4 smp/jam
- Kendaraan Ringan : 337 smp/jam
- Kendaraan Berat : 32.5 smp/jam
- Jumlah (ST) : 573.9 smp/jam

Penjumlahan jumlah kendaraan yang belok kiri :

- Sepeda Motor : 119.4 smp/jam
- Kendaraan Ringan : 218 smp/jam
- Kendaraan Berat : 31.2 smp/jam
- Jumlah (RT) : 368.6 smp/jam

Total kendaraan bermotor (MV) smp/jam

Σ Sepeda Motor	:	204.4	+	119.4	=	323.8	smp/jam
Σ Kendaraan Ringan	:	337	+	218	=	555	smp/jam
Σ Kendaraan Berat	:	32.5	+	31.2	=	63.7	smp/jam
Jumlah (Total)					=	<u>942.5</u>	smp/jam

Total kendaraan bermotor (MV) kend/jam

Σ Sepeda motor	:	597	+	1022	=	1619	ked/jam
Σ Kendaraan Ringan	:	218	+	337	=	555	kend/jam
Σ Kendaraan Berat	:	24	+	25	=	49	kend/jam
Jumlah (Total)					=	<u>2223</u>	kend/jam

- Arus kendaraan tak bermotor pada kaki simpang ir Soekarno (timur) pada jam puncak pagi

- Belok Kiri	=	3	kend/jam
- Lurus	=	8	kend/jam
- Belok kanan	=	0	kend/jam
- Jumlah (QUM)	=	<u>11</u>	kend/jam

- Rasio kendaraan tak bermotor

$$PUM = \frac{QUM}{QMV}$$

$$PUM = \frac{11}{2223}$$

$$= 0.005$$

- Rasio kendaraan belok kanan

$$PRT = \frac{RT}{\text{Total}}$$

$$PRT = \frac{0}{942.5}$$

$$= 0$$

C. Formulir SIG – III

1. Menentukan waktu hijau dan waktu hilang

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]$$

Dimana :

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 (kend.bermotor)

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

: 3 m/det (kend.tak bermotor

misalnya sepeda)

: 1.2 m/det (pejalan kaki)

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

: 2 m (MC atau UM)

Langkah – Langkah menentukan waktu antar hijau dan waktu hilang

1. Menentukan jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk

kendaraan yang berangkat dan yang datang (LEV dan LAV). Penentuan ini dilakukan dengan menggambar kejadian dengan titik konflik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :

2. Penentuan waktu merah semua dari fase 1 dan fase 2 adalah pembulatan ke nilai yang lebih besar dari perhitungan waktu merah

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

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

Panjang kendaraan yang berangkat I_{EV} : 5 m

Untuk panjang L_{AV} dan L_{EV} dapat dilihat pada perhitungan berikut:

Simpang utara

$$L_{EV} = 7.4 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 8.8 \text{ m}$$

$$V_{EV} = 10 \text{ m/det}$$

$$V_{AV} = 10 \text{ m/det}$$

$$I_{EV} = 5 \text{ m}$$

Fase 1 simpang barat

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]$$

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(8,66 + 5)}{10} - \frac{7,55}{10} \right]$$

$$= 0.61 \text{ det}$$

Simpang utara

$$L_{EV} = 6,55 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 5,41 \text{ m}$$

$$V_{EV} = 10 \text{ m/det}$$

$$V_{AV} = 10 \text{ m/det}$$

$$I_{ev} = 5 \text{ m}$$

Fase 2 simpang utara

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{Merah semua} &= \left[\frac{(7.4 + 5)}{10} - \frac{8.8}{10} \right] \\ &= 0.61 \text{ de} \end{aligned}$$

Simpang timur

$$L_{EV} = 7.3 \text{ m}$$

$$L_{AV} = 9.3 \text{ m}$$

$$V_{EV} = 10 \text{ m/det}$$

$$V_{AV} = 10 \text{ m/det}$$

$$I_{ev} = 5 \text{ m}$$

Fase 3 simpang utara

$$\text{Merah semua} = \left[\frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{Merah semua} &= \left[\frac{(7.3 + 5)}{10} - \frac{9.3}{10} \right] \\ &= 0,68 \text{ det} \end{aligned}$$

3. Waktu kuning hilang total didapat dari 3 detik dikalikan 3 fase maka diperoleh 9 detik.
4. Waktu hilang total (LTI)

$$LTI = \Sigma (\text{merah semua} + \text{waktu hilang})$$

$$= \Sigma (3 + 9)$$

$$= 12 \text{ detik}$$

D. Formulir SIG - IV

1. Kode pendekat

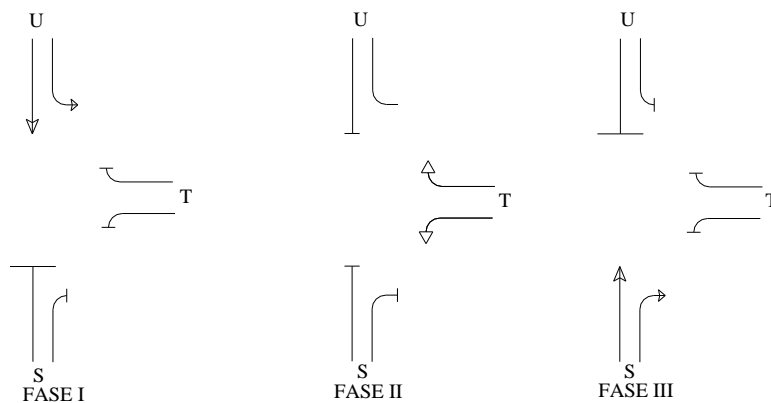
Kode pendekat ditujukan berdasarkan mata angin

2. Hijau fase no.

Untuk urutan yang pertama adalah arah selatan, barat, kemudian utara.

3. Tipe pendekat

Tipe pendekat dibagi menjadi 2 yakni terlindung dan terlawan. Pada simpang ini direncanakan fase terlindung untuk semua pendekat.



Gambar 5.1 Perencanaan 3 fase skenario 1 pada simpang tiga kaca

4. Rasio kendaraan berbelok (PLTOR)

Merupakan rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kiri langsung.

5. Rasio kendaraan berbelok (PLT)

Merupakan rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kiri.

Pendekat utara = 0,391

Pendekat timur = 0,368

6. Rasio kendaraan berbelok (PRT)

Merupakan rasio kendaraan berbelok untuk tiap pendekat yang belok ke kanan

Pendekat timur = 0,632

Pendekat selatan = 0,488

7. Arus RT smp/jam (QRT)

Arus kendaraan belok kanan dalam smp/jam dalam arahnya sendiri

Pendekat timur = 440.2 smp/jam

Pendekat selatan = 412 smp/jam

8. Arus RT smp/jam (QRTO)

Arus kendaraan belok kanan dalam smp/jam dalam arah berlawanan. Karena pada simpang ini tipe pendekatnya terlindung sehingga untuk QRTO tidak ada.

9. Lebar pendekat (m)

Pendekat utara :

W_A = Lebar pendekat = 6,0 m

W_{MASUK} = Lebar masuk = 6,0 m

W_{LATOR} = Kiri = 0 m

W_e = $W_A + W_{LATOR}$ = 6,0 m

$W_{KELUAR} < W_e \times (1 - PRT)$ = 6,0 m

Pendekat timur:

$$W_A = \text{Lebar pendekat} = 4 \text{ m}$$

$$W_{\text{MASUK}} = \text{Lebar masuk} = 4 \text{ m}$$

$$W_{\text{LATOR}} = \text{Kiri} = 0 \text{ m}$$

$$W_e = W_A + W_{\text{LATOR}} = 4 \text{ m}$$

$$W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - \text{PRT}) = 4 \text{ m}$$

Pendekat selatan:

$$W_A = \text{Lebar pendekat} = 4 \text{ m}$$

$$W_{\text{MASUK}} = \text{Lebar masuk} = 4 \text{ m}$$

$$W_{\text{LATOR}} = \text{Kiri} = 0 \text{ m}$$

$$W_e = W_A + W_{\text{LATOR}} = 4 \text{ m}$$

$$W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - \text{PRT}) = 4 \text{ m}$$

10. Nilai dasar smp/jam (hijau)

Menghitung arus jenuh dengan rumus :

$$S_o = 600 \times W_e$$

$$\text{Pendekat utara} = 600 \times 6 = 3600 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Pendekat timur} = 600 \times 4 = 2400 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Pendekat selatan} = 600 \times 4 = 2400 \text{ smp/jam.}$$

11. Faktor-faktor penyesuaian semua tipe pendekat (Ukuran kota Fcs)

Tabel 5.4 Faktor penyesuaian ukuran kota

Penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota (F _{cs})
> 3,0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5- 1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
< 0,1	0,82

Sumber :Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Bersinyal, 1997, hal 2-53

Karena kota Malang memiliki masyarakat 1 -3 juta jiwa maka faktor penyesuaian ukuran kota menggunakan 1

12 Hambatan samping (F_{FS})

Tabel 5.5 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	0,20	≥0,25
Komersial (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
Perumahan (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	0,90	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 (RA)	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 :Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Bersinyal, 1997, hal 2-53

Pada simpang tiga gajayana tipe lingkungan jalan,hambatan samping, tipe fase, dan rasio kendaraan tak bermotordengan rincian sebagai berikut:

Pendekat utara

Tipe lingkungan jalan = akses

Hambatan samping = sedang

Tipe fase = terlindung

Rasio kendaraan tak bermotor = 0.003

Sehingga nilai rasio yang digunakan adalah 1

Pendekat timur dan selatan

Tipe lingkungan jalan = akses

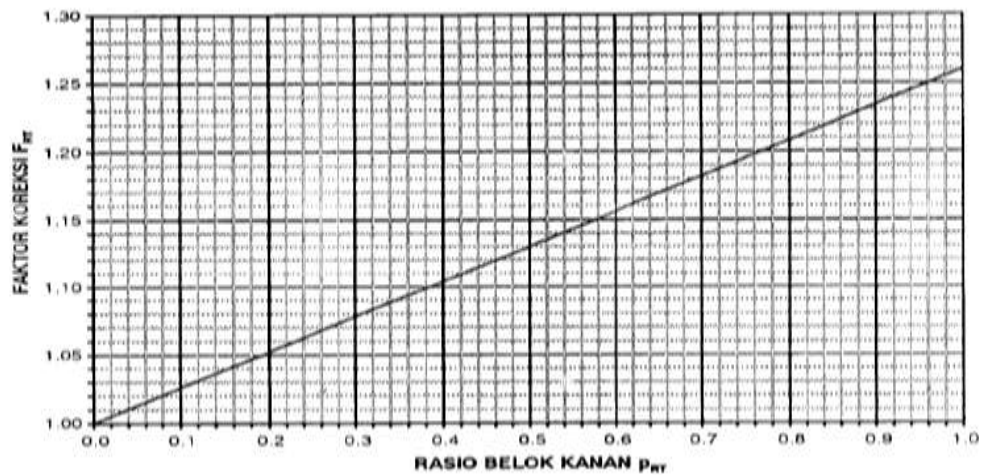
Hambatan samping = tinggi

Tipe fase = terlindung

Rasio kendaraan tak bermotor = 0.002

Sehingga nilai rasio yang digunakan adalah 1

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



Gambar 5.2 Grafik faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT})

Sumber :Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Tak Bersinyal, 1997, hal 2-54

Untuk menentukan faktor penyesuaian belok kanan bisa menggunakan rumus $F_{RT} = 1.0 + P_{RT} \times 0.26$ atau dengan gambar grafik 5.4 di atas. Berikut ini perhitungan untuk mencari rasio belok kanan :

Perhitungan Untuk kaki simpang Jl. Kebonsari (utara) :

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1.000 + P_{RT} \times 0.26 \\ &= 1.000 + 0.000 \times 0.26 \\ &= 1.000 \end{aligned}$$

Perhitungan Untuk kaki simpang Jl. Satsui Tubun

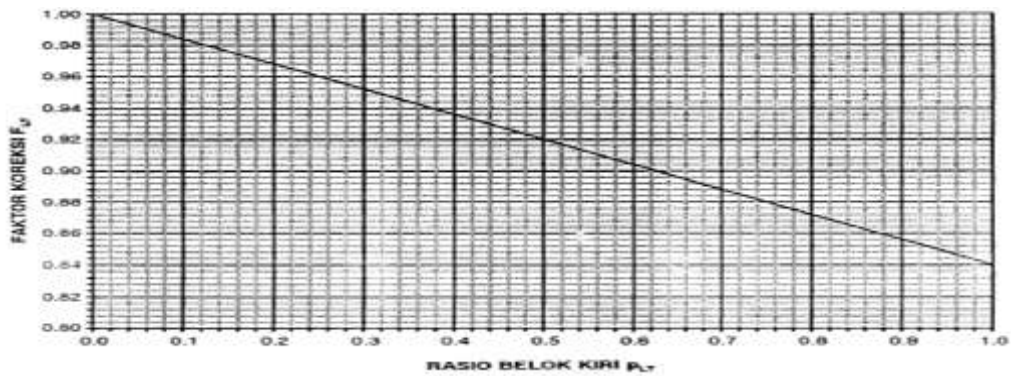
(timur):

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1.000 + P_{RT} \times 0.26 \\ &= 1.000 + 0,632 \times 0.26 \\ &= 1,164 \end{aligned}$$

Perhitungan Untuk kaki simpang Jl. Supriadi (selatan) :

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1.000 + P_{RT} \times 0.26 \\ &= 1.000 + 0,488 \times 0.26 \\ &= 1,127 \end{aligned}$$

15. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT})



Gambar 5.3 Grafik penyesuaian belok kiri (F_{LT})

Sumber :Dirjen. Bina Marga, MKJI : Simpang Tak Bersinyal, 1997, hal 2-55

Untuk menentukan faktor penyesuaian belok kiri bisa menggunakan rumus $F_{RT} = 1.0 + P_{LT} \times 0.16$ atau dengan gambar grafik 5.5 diatas. Berikut ini perhitungan untuk mencari rasio belok kiri :

Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Kebonsari (utara) :

$$\begin{aligned}
 F_{LT} &= 1.000 - P_{LT} \times 0.16 \\
 &= 1.000 - 0.391 \times 0.16 \\
 &= 0.937
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk kaki simpang Jl. Satsui Tubun(timur)

$$\begin{aligned}
 F_{LT} &= 1.000 - P_{LT} \times 0.16 \\
 &= 1.000 - 0.368 \times 0.16 \\
 &= 0.941
 \end{aligned}$$

Perhitungan Untuk kaki simpang Jl. Supriadi (selatan)

$$\begin{aligned} \text{FLT} &= 1.000 - \text{PLT} \times 0.16 \\ &= 1.000 - 0.000 \times 0.16 \\ &= 1.000 \end{aligned}$$

16. Menghitung arus jenuh yang disesuaikan

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ smp/jam hijau}$$

Contoh perhitungan diambil dari kaki simpang Jl. Kebonsari (utara)

$$\begin{aligned} S &= S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \\ &= 3600 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0.937 \\ &= 3196 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

17. Arus lalulintas (Q)

Data arus lalu lintas diambil dari formulir SIG-I kolom 13 pada masing-masing pendekat. Sebagai contoh arus lalulintas pendekat selatan pada jam puncak pagi, yakni 942.5 smp/jam.

18. Rasio arus (FR)

Menghitung rasio arus dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{FR} &= Q/S \\ &= 942.5/3196 \end{aligned}$$

$$= 0,295$$

19. Rasio fase (PR)

$$PR = FR_{crit} / IFR$$

$$PR = 0.295 / 0.797$$

$$= 0.0.370$$

Dimana IFR adalah jumlah dari rasio FR pada seluruh kaki simpang

20. Waktu siklus dan waktu hijau (detik)

a. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Menghitung waktu siklus sebelum penyesuaian (cua.) untuk pengendalian waktu tetap, dan masukkan hasilnya kedalam kotak dengan tanda "waktu siklus" pada bagianterbawah Kolom 11 dari Formulir SIG-IV. Berikut ini contoh perhitungan pada pendekatan selatan.

$$cua = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR)$$

$$= (1,5 \times 12 + 5) / (1 - 0.797)$$

$$= 113.51 \text{ det} \approx 114 \text{ det}$$

dimana:

cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det) (Dari sudut kiri bawah pada Formulir SIGIV)

IFR = Rasio arus simpang $\Sigma(FRCRIT)$ (Dari bagian terbawah Kolom 19)

b. Waktu hijau

Menghitung waktu hijau (g) untuk masing-masing fase:

$$\begin{aligned} g_i &= (cua - LTI) \times PR_i \\ &= (70 - 12) \times (0.370) \\ &= 38 \text{ det} \end{aligned}$$

di mana:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det) \ LTI = Waktu hilang total per siklus (bagian terbawah Kolom 4)

PR_i = Rasio fase $FR_{crit} / \Sigma(FR_{crit})$ (dari Kolom 20)

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Masukkan hasil waktu hijau yang telah dibulatkan keatas tanpa pecahan (det) ke dalam Kolom 21.

c. Waktu siklus yang disesuaikan

Hitung waktu siklus yang disesuaikan (c) berdasar pada waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang (LTI) dan masukkan hasilnya pada bagian terbawah Kolom 11 dalam kotak dengan tanda waktu siklus yang disesuaikan.

$$\begin{aligned} C &= \Sigma g + LTI \\ &= 101.508 + 12 \\ &= 113.508 \text{ det} \end{aligned}$$

21. Kapasitas

Menghitung kapasitas masing-masing pendekat dan masukkan hasilnya pada

Kolom 22 dengan rumus :

$$C = S \times g/c(\text{smp/jam})$$

Berikut ini contoh perhitungan kapasitas pada pendekat barat.

$$\begin{aligned} C &= g/c \times S \\ &= 38/113.508 \times 3196. \\ &= 1057 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

22. Derajat Kejenuhan

Menghitung derajat kejenuhan masing-masing pendekat dengan rumus :

$$DS = Q/C$$

Berikut ini contoh perhitungan derajat kejenuhan pada pendekat selatan.

$$\begin{aligned} DS &= Q/C \\ &= 942.5/1057 \\ &= 0.892 \end{aligned}$$

E. Formulir SIG-V

1. Panjang antrian

Gunakan hasil perhitungan derajat kejenuhan (kolom 5) untuk menghitung jumlah antrian smp (NQL) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Untuk hasil perhitungan NQL dimasukkan pada kolom 6.

Untuk $DS > 0.5$, menggunakan rumus :

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

Dimana :

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

C = kapasitas (smp/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau ($S \times GR$)

$$NQ_1 = 0.25 \times 1057 \left[(0.892-1) + \sqrt{(0.892-1)^2 + \frac{8 \times (0.892-0.5)}{1057}} \right]$$

$$= 3.411 \text{ smp}$$

Hitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2), dan masukkan hasilnya pada Kolom 7.

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

dimana

NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

c = waktu siklus (det)

Q_{masuk} = arus lalu-lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)

$$NQ_2 = 113.508 \times \frac{1-0.331}{1-0.331 \times 0.892} \times \frac{942.5}{3600}$$

$$= 33.440 \text{ smp (kolom 7)}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$= 3.411 + 33.440$$

$$= 36.851 \text{ smp (kolom 8)}$$

- Panjang antrian

$$QL = \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{masuk}}}$$

$$= \frac{33.440 \times 20}{6}$$

$$= 111.466 \text{ m}$$

- Kendaraan terhenti

Menghitung angka henti (NS) masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) dengan rumus dibawah ini:

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

dimana:

c = waktu siklus (det)

Q = arus lalu-lintas (smp/jam)

$$NS = 0.9 \times \frac{36.851}{942.5 \times 113.508} \times 3600$$

$$= 1,116 \text{ smp/jam (kolom 11)}$$

Menghitung jumlah kendaraan terhenti (NSV) masing-masing pendekat dan masukkan hasilnya pada Kolom (12).

$$NS V = Q \times NS \text{ (smp/jam)}$$

$$= 942.5 \times 1.116$$

$$= 1051.879 \text{ smp/jam}$$

- Tundaan

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

Dimana:

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

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 (smp/jam) dari kolom 3

$$DT = 113.508 \times \frac{0.5 \times (1-0.331)^2}{(1-0.331 \times 0.892)} + \frac{1,789 \times 3600}{1057.05}$$

$$= 47.669 \text{ detik/smp (kolom 13)}$$

Menentukan tundaan geometri rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah:

$$DG_j = (1 - PSV) \times PT \times 6 + (PSV \times 4)$$

dimana:

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

PSV = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = $\text{Min}(NS, 1)$

PT = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat dari Formulir SIG-IV

$$DG_j = (1 - 1,208) \times 0,361 \times 6 + (0,361 \times 4)$$

$$= 4.192 \text{ detik/smp}$$

$$\text{Tundaan rata - rata (D)} = DT + DG$$

$$= 4.192 + 4.192$$

$$= 51.861 \text{ detik/smp (kolom 15)}$$

Untuk seluruh perhitungan selama waktu pengamatan, yakni hari Sabtu 14 Mei 2016, Minggu, 15 Mei 2016, dan Senin Mei 2016 di semua pendekat dapat dilihat pada Formulir SIG – I sampai SIG – V. Berikut ini adalah hasil perhitungan alternatif pertama selama 3 hari pengamatan.

Tabel 5.6 Kinerja persimpangan bersinyal kamis, 2 juni 2016

<i>Kinerja persimpangan 3 fase pada hari Kamis</i>							
Jam puncak	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Pagi	U	942.5	38	114	21.988	1057.048	0.892
	T	696.1	36		26.558	780.701	0.892
	S	843.6	28		19.111	946.128	0.892
Siang	U	974.2	57	175	34.302	1044.699	0.933
	T	725.6	55		41.450	778.109	0.933
	S	1005.5	51		35.472	1078.264	0.933
Sore	U	1479.6	43	127	256.225	1084.869	1.364
	T	897.4	36		309.085	668.815	1.342
	S	1421.7	36		300.634	1048.418	1.356

Sumber :Perhitungan alternatif perbaikan

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil waktu siklus pada hari Kamis, hingga mencapai angka minus besar, hal ini disebabkan karena nilai arus rasio total mencapai 0.797 hal ini berpengaruh terhadap penentuan waktu siklus, apabila nilai arusnya hanya melebihi lebih sedikit (0.797) maka akan terjadi minus besar terhadap waktu siklusnya. Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa waktu siklus yang dihasilkan tidak layak untuk diterapkan, Sedangkan untuk nilai derajat kejenuhan maksimum terjadi pada sore hari, nilai derajat kejenuhannya melebihi 0.75, yakni sebesar 1,097.

Tabel 5.7 Kinerja persimpangan bersinyal sabtu 4 juni 2016

Kinerja persimpangan 3 fase pada hari Sabtu

Jam puncak	Pendekat	Arus lahulintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Pagi	U	1030	49	140	40.995	1126.880	0.914
	T	664.6	41		29.983	727.111	0.914
	S	938.7	37		43.622	1026.993	0.914
Siang	U	980.4	129	403	78.546	1008.803	0.972
	T	781.1	133		82.895	803.729	0.972
	S	1171	129		78.036	1204.925	0.972
Sore	U	1615	28	89	394.172	1018.433	1.586
	T	1003.5	24		72.262	650.457	1.543
	S	1575.9	24		79.519	1006.922	1.565

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil waktu siklus pada hari Minggu, hingga mencapai angka minus, hal ini disebabkan karena nilai arus rasio total mencapai 1,354, hal ini berpengaruh terhadap penentuan waktu siklus. Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa waktu siklus yang dihasilkan tidak layak untuk diterapkan, Sedangkan untuk nilai derajat kejenuhan maksimum terjadi pada sore hari,

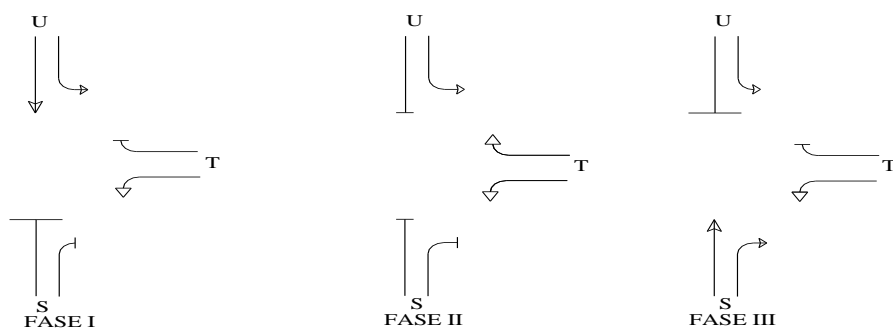
Tabel 5.8 Kinerja persimpangan bersinyal minggu 5 2016

Kinerja persimpangan 3 fase pada hari Minggu

Jam puncak	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
Pagi	U	872.1	24	140	15.094	1065.410	0.819
	T	591.6	22		21.413	722.735	0.819
	S	624.4	37		39.268	762.805	0.819
Siang	U	927	129	403	21.395	1055.185	0.879
	T	553.6	133		30.697	630.152	0.879
	S	992.8	129		34.249	1130.084	0.879
Sore	U	1488.7	47	133	228.921	1126.006	1.322
	T	836.6	36		280.865	632.508	1.323
	S	1484.2	39		85.364	1103.110	1.345

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil waktu siklus pada hari Senin, hingga mencapai angka hijau yang panjang, yakni mencapai 413 det pada sore hari. Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa waktu siklus yang dihasilkan tidak layak untuk diterapkan, Sedangkan untuk nilai derajat kejenuhan maksimum terjadi pada sore hari, nilai derajat kejenuhannya melebihi 0.75, yakni sebesar 1,090.



Gambar 5.3 Perencanaan 3 fase skenario 2 pada simpang tiga kacu

Untuk seluruh perhitungan selama waktu pengamatan, yakni hari Kamis 2 juni 2016, Sabtu 4 juni 2016, dan Minggu 5 juni 2016 di semua pendekat setelah pelebaran geometrik skenario 1 dapat dilihat pada Formulir SIG – I sampai SIG – V. Berikut ini adalah hasil perhitungan alternatif kedua selama 3 hari pengamatan

Tabel 5.9 Kinerja persimpangan bersinyal 3 fase pada pagi hari

Kinerja persimpangan 3 fase pada pagi hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang Antrian (m)	Derajat Kejenuhan
Sabtu	U	573.9	26	80	6.737	88.823	0.500
	T	787.1	28		18.923	105.279	0.839
	S-ST	641.6	26		21.247	85.882	0.839
	S-RT	385	14		14.438	42.884	0.839
Minggu	U	624.3	26	80	9.910	143.713	0.502
	T	664.6	28		12.547	193.763	0.406
	S-ST	992.4	26		19.490	75.043	2.604
	S-RT	414.5	14		19.111	62.341	0.758
Senin	U	538.7	26	80	8.635	97.500	0.433
	T	591.6	28		13.972	189.232	0.371
	S-ST	347.6	26		16.134	89.589	0.454
	S-RT	252.1	14		13.160	66.637	0.461

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Tabel 5.10 Kinerja persimpangan bersinyal 3 fase pada siang hari

Kinerja persimpangan 3 fase pada siang hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang Antrian (m)	Derajat Kejenuhan
Sabtu	U	538.7	28	67	5.711	110.329	0.326
	T	725.6	14		11.459	96.343	0.718
	S-ST	686.4	28		12.018	95.803	0.675
	S-RT	319.1	12		15.222	53.661	0.588
Minggu	U	538.7	28	67	5.709	102.629	0.348
	T	781.1	14		15.663	92.233	0.799
	S-ST	763.5	28		14.589	89.289	0.799
	S-RT	407.5	12		18.385	48.326	0.799
Senin	U	576.1	28	67	6.597	100.626	0.543
	T	553.6	14		14.668	100.626	0.543
	S-ST	632.5	28		8.738	96.258	0.622
	S-RT	342.1	12		6.972	51.334	0.630

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Tabel 5.11 Kinerja persimpangan bersinyal 3 fase pada sore hari

Kinerja persimpangan 3 fase pada sore hari

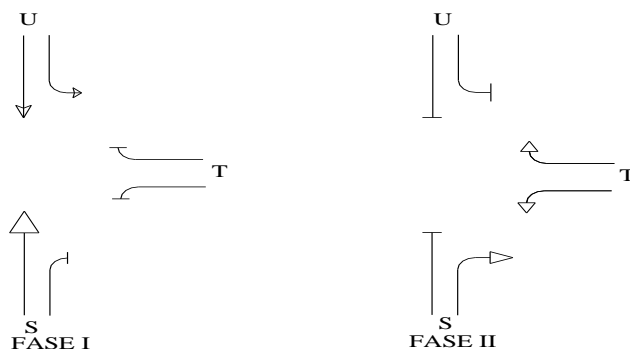
Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang Antrian (m)	Derajat Kejenuhan
Sabtu	U	925.4	35	71	4.367	130.899	0.483
	T	897.4	14		44.827	88.409	1.006
	S-ST	717.04	35		14.237	118.301	0.613
	S-RT	308.66	10		21.650	45.239	0.708
Minggu	U	809.6	35	71	7.423	132.094	0.422
	T	779.3	14		22.086	96.501	0.815
	S-ST	953.8	35		13.792	116.874	0.815
	S-RT	355.2	10		19.399	44.316	0.815
Senin	U	929.3	35	71	4.322	121.170	0.521
	T	836.6	14		39.254	83.294	0.996
	S-ST	916.1	35		12.249	110.801	0.833
	S-RT	568.1	10		26.344	107.892	1.386

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

5.3.3 Skenario 3

- **Menggunakan 2 fase skenario 3**

Untuk alternatif selanjutnya direncanakan 2 fase skenario 3, dimana pada alternatif ini direncanakan kendaraan pada pendekat selatan yang akan ke arah utara jalan terus. Berikut ini adalah gambar perencanaan 2 fase skenario 3 dan hasil perhitungan dari alternatif 2 fase skenario 3.



Gambar 5.4 Perencanaan 2 fase skenario 3 pada simpang tiga kacu, Malang

Tabel 5.12 Kinerja persimpangan bersinyal pada pagi hari 2 fase skenario 3

Kinerja persimpangan 2 fase pada pagi hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan
KAMIS	U	942.5	22	58	9.485	71.284	0.725
	T	927.3	26		21.393	104.845	0.725
	S-ST	641.6	22		42.625	70.362	0.982
	S-RT	385	26		3.043	114.567	0.386
SABTU	U	1030	22	58	18.465	68.403	0.792
	T	912.8	26		19.182	99.110	1.197
	S-ST	1992.4	22		12.762	4471.563	3.049
	S-RT	414.5	26		33.669	103.887	0.415
MINGGU	U	872.1	22	58	9.923	71.792	0.669
	T	656.6	26		10.339	103.441	0.531
	S-ST	347.6	22		15.554	76.641	0.532
	S-RT	252.1	26		14.923	148.762	0.253

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Tabel 5.13 Kinerja persimpangan bersinyal pada siang hari 2 fase skenario 3

Kinerja persimpangan 2 fase pada siang hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan
KAMIS	U	974.2	32	67	7.724	104.574	0.589
	T	865.8	25		16.545	98.310	0.824
	S-ST	686.4	32		10.330	103.708	0.824
	S-RT	319.1	25		12.715	108.547	0.389
SABTU	U	958.3	32	67	7.882	103.294	0.587
	T	812	25		12.535	99.887	0.763
	S-ST	763.5	32		15.465	103.247	0.916
	S-RT	407.5	25		8.471	105.901	0.497
MINGGU	U	927	32	67	8.158	105.447	0.533
	T	553.6	25		10.989	99.885	0.533
	S-ST	632.5	32		10.960	104.059	0.759
	S-RT	342.1	25		4.040	107.713	0.417

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Tabel 5.14 Kinerja persimpangan bersinyal pada sore hari 2 fase skenario 3

Kinerja persimpangan 2 fase pada sore hari

	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang antrian (m)	Derajat Kejenuhan
KAMIS	U	1479.6	38	80	10.715	124.562	0.887
	T	897.4	32		15.598	117.359	0.858
	S-ST	717.04	38		23.614	124.911	0.858
	S-RT	308.66	32		13.989	138.043	0.354
SABTU	U	1539.6	38	80	19.738	123.613	0.928
	T	852.5	32		18.768	125.600	0.765
	S-ST	1132.2	38		396.055	1003.566	1.355
	S-RT	484.8	32		12.513	133.327	0.555
MINGGU	U	1488.7	38	80	10.869	124.513	0.892
	T	836.6	32		13.081	117.873	0.798
	S-ST	916.1	38		104.927	303.850	1.096
	S-RT	568.1	32		6.944	132.167	0.651

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

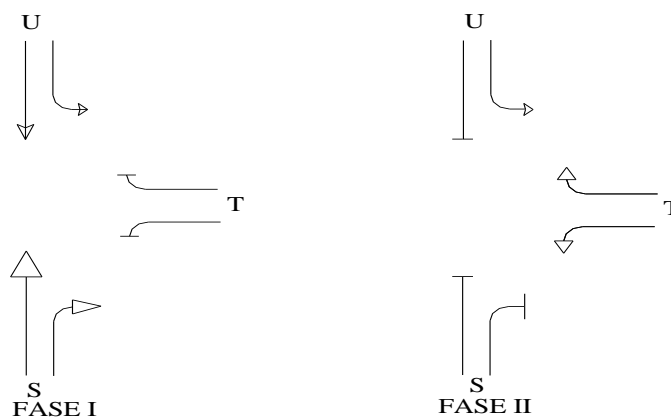
- Skenario 3 dengan 2 fase perencanaan geometrik.

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai dari waktu siklus, yakni sebesar 43 detik pada pagi hari, 67 detik siang hari dan 80 detik pada sore hari, , derajat kejenuhan maksimum sebesar 1,197. Tundaan rata-rata maksimum yang diperoleh mencapai 23,614 det/kend dengan tingkat pelayanan D, karena tundaan rata-rata yg diperoleh begitu besar, maka direncanakan 2 fase dengan skenario arah pergerakan arus yang lain.

5.3.4 Skenario 4

- Menggunakan 2 fase skenario 4

Selanjutnya dengan menggunakan perencanaan lampu lalu lintas menggunakan 2 fase skenario 4 pada scenario ini direncanakan LTOR pada pendekat utara. Berikut ini adalah gambar perencanaan 2 fase skenario 4 dan hasil perhitungan.



Gambar 5.5 Perencanaan 2 Fase Skenario 4 pada simpang tiga kaku

Tabel 5.15 Kinerja persimpangan alternatif 2 fase skenario 4 setelah pada pagi hari.

Kinerja persimpangan 2 fase pada pagi hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang Antrian (m)	Derajat Kejenuhan
Sabtu	U	573.9	15	42	5.128	52.561	0.659
	T	675.4	17		7.415	67.524	0.608
	S	843.6	15		5.800	56.644	0.608
Minggu	U	624.3	15	42	8.058	51.835	0.716
	T	758.8	17		7.586	66.080	0.684
	S	938.7	15		11.084	54.771	0.684
Senin	U	538.7	15	42	5.389	52.791	0.618
	T	591.6	17		8.279	66.821	0.541
	S	624.4	15		14.643	56.972	0.462

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Tabel 5.16 Kinerja persimpangan alternatif 2 fase skenario 4 setelah pada siang hari.

Kinerja persimpangan 2 fase pada siang hari

Hari	Pendekat	Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang Antrian (m)	Derajat Kejenuhan
Sabtu	U	576.1	16	42	4.519	58.520	0.606
	T	725.6	16		8.210	63.714	0.692
	S	1005.5	16		7.374	58.839	0.692
Minggu	U	526.9	16	42	4.260	59.141	0.554
	T	781.1	16		8.909	62.199	0.757
	S	1171	16		12.531	58.505	0.800
Senin	U	576.1	16	42	5.069	58.520	0.606
	T	553.6	16		7.624	66.360	0.523
	S	992.8	16		12.208	59.336	0.679

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan.

Tabel 5.17 Kinerja persimpangan alternatif 2 fase skenario 4 pada sore hari.

Kinerja persimpangan 2 fase pada sore hari

Hari	Pendekat	Arus lalulintas (Q) (smp/jam)	Waktu hijau (detik)	Waktu siklus (c)	Tundaan rata-rata (det/kend)	Panjang Antrian (m)	Derajat Kejenuhan
Sabtu	U	925.4	25	75	6.713	154.465	0.794
	T	897.4	20		7.586	147.925	0.804
	S	1421.7	25		11.084	155.843	0.806
Minggu	U	1005.5	25	75	7.640	154.109	0.863
	T	1003.5	20		10.744	148.163	0.895
	S	1475.6	25		13.235	155.069	0.895
Senin	U	929.3	25	75	6.712	154.446	0.797
	T	836.6	20		13.031	148.507	0.749
	S	1484.2	25		14.786	159.797	0.820

Sumber : Perhitungan alternatif perbaikan

Perbandingan Nilai Derajat Kejenuhan (DS) Dengan Perencanaan Lampu Lalulintas Eksiting

no	kondisi	waktu	derajat	panjang	tundaan	kolerasi	keterangan
			kejenuhan	antrian	det/kend		
1	eksisting	sabtu sore	1.503	231.082	36.75	nilai DS eksiting	tidak layak
2	alternatif 1 perencanaan lampu lalulintas 3 fase skenario 1	sabtu sore	1.143	514.461	86.741	nilai DS lebih kecil dari eksisting tetapi lebih dari 0.85 dan tundaan rata-rata 86.741 dengan tingkat pelayanan F	tidak layak
3	alternatif 1 perencanaan lampu lalulintas 3 fase skenario 2	minggu sore	1.386	107.892	39.254	nilai DS lebih kecil dari eksisting tetapi lebih dari 0.85 dan tundaan rata-rata 39.254 dengan tingkat pelayanan E	tidak layak
4	alternatif 1 perencanaan lampu lalulintas 2 fase skenario 3	sabtu sore	1.355	103.566	24.055	nilai DS lebih kecil dari eksisting tetapi lebih dari 0.85 dan tundaan rata-rata 24.055 dengan tingkat pelayanan C	tidak layak
5	alternatif 1 perencanaan lampu lalulintas 2 fase skenario 4	minggu sore	0.845	155.446	14.786	nilai DS lebih kecil dari eksisting dan lebih kecil dari 0.85 dan tundaan rata-rata 14.786 dengan tingkat pelayanan B	layak

5.4 Analisa untuk Alternatif yang Direkomendasikan

Setelah mengetahui kinerja dari simpang tersebut, langkah selanjutnya adalah merencanakan alternatif perbaikan seperti yang telah dilakukan pada pembahasan sebelumnya. Dari perhitungan-perhitungan tersebut didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Menggunakan lampu isyarat lalu lintas skenario 1 dengan 3 fase

- Skenario 1 dengan 3 fase ekisisting.

Dilihat dari keadaan yang terjadi di lapangan, persimpangan tiga pendem perlu dipasang lampu lalu lintas karena banyaknya titik konflik yang terjadi pada simpang tersebut. Perencanaan awal simpang bersinyal ini menggunakan 3 fase eksisting dengan skenario pergerakan arus yang dapat dilihat pada Gambar 5.2. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai dari waktu siklus mencapai minus, yakni sebesar 8269 detik. Hal ini terjadi karena nilai dari rasio arus melebihi angka 1 dimana rasio arus mencapai angka 1,003 sehingga waktu hijau yang dihasilkan minus sangat besar karena rasio 1,003. Sehingga direncanakan untuk pelebaran geometrik pada alternatif skenario 1 dengan 3 fase.

2. Menggunakan lampu isyarat lalu lintas skenario 2 dengan 3 fase

- Skenario 2 dengan 3 fase

Pada skenario 2 ini direncanakan kendaraan dari arah selatan jalan terus. Pada alternatif ini diperoleh hasil waktu siklus pada pagi hari sebesar 80 detik, siang hari 67 detik, dan sore hari 71 detik. Panjang antrian maksimum yang diperoleh adalah 193,793 m dan tundaan rata-rata maksimum adalah 35 det/kend dengan tingkat pelayanan D, untuk derajat kejenuhan maksimum sebesar 0,972. Hasil dari tingkat

pelayanan tersebut menunjukkan bahwa kinerja simpang tersebut masih kurang baik.

3. Menggunakan lampu isyarat lalu lintas skenario 3 dengan 2 fase

- Skenario 3 dengan 2 Fase eksisting.

Pada skenario 3 dengan 2 fase eksisting, skenario 3 dengan 2 fase ini direncanakan direncanakan LTOR pada pendekat barat. Pada alternatif ini diperoleh hasil waktu siklus pada pagi hari sebesar 43 detik, siang hari 67 detik, dan sore hari 80 detik. Panjang antrian maksimum yang diperoleh adalah 126,570m dan tundaan rata-rata maksimum adalah 14,819 det/kend dengan tingkat pelayanan B, sedangkan untuk derajat kejenuhan maksimum sebesar 0,848.

4. Menggunakan lampu isyarat lalu lintas skenario 4 dengan 2 fase

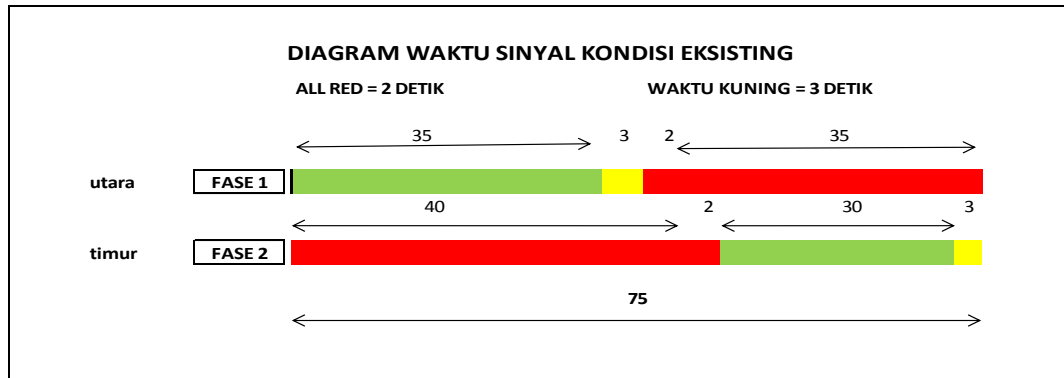
- Skenario 4 dengan 2 fase

Pada alternatif ini diperoleh hasil waktu siklus pada pagi hari sebesar 42 detik, siang hari 42 detik, dan sore hari 75 detik. Panjang antrian maksimum yang diperoleh adalah 159.797 m dan tundaan rata-rata maksimum adalah 14.786 det/kend dengan tingkat pelayanan B, Hasil dari tingkat pelayanan tersebut menunjukkan bahwa kinerja simpang tersebut baik tetapi hasil panjang antrian sangatlah panjang,

5.5 Rekomendasi yang Dipilih

Setelah direncanakan alternatif perbaikan untuk meningkatkan kinerja simpang tiga kaku, selanjutnya adalah merekomendasikan alternatif yang terbaik dari alternatif alternatif tersebut. pada alternatif ini direncanakan LTOR pada

pendekat utara. Dengan menggunakan 2 fase, maka waktu siklus yang dihasilkan lebih pendek dibandingkan dengan fase 3. Hal ini dapat mempengaruhi panjang antrian dan tundaan. Berikut ini merupakan perencanaan waktu sinyal dari alternatif skenario 4 dengan 2 fase.



Gambar 5.8 Diagram waktu sinyal lalu lintas

Sumber: Perhitungan siklus untuk lampu isyarat lalu lintas

Tabel 5.19 Hasil perhitungan waktu sinyal lampu isyarat lalu lintas

NO	DATA	FASE 1	FASE 2
1	LAMPU HIJAU	35	30
2	LAMPU MERAH	37	42
3	LAMPU KUNING	3	3
4	WAKTU SIKLUS	75	75

Sumber : Perhitungan waktu sinyal lampu isyarat lalu lintas

Data diatas merupakan data hasil dari perhitungan waktu sinyal lampu isyarat lalu lintas yang telah direncanakan pada masing-masing fase. Untuk diagram waktu sinyal lalu lintas diatas merupakan pengaturan waktu hijau, merah dan kuning. Untuk waktu kuning direncanakan 3 detik. Sedangkan untuk waktu merah semua (*allred*) 2 detik dimana waktu *all red* ini didapatkan dari hasil perhitungan SIG-III.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan lalulintas kondisi saat ini (eksisting) dan hasil perhitungan alternatif perbaikan dapat diperoleh kesimpulan :

1. Arus lalu lintas total persimpangan yaitu berkisar antara 3366 – 10668 kendaraan per jam, hasil tersebut menunjukkan bahwa arus lalu lintas pada simpang tak bersinyal Jl kebonsari – JL satsui tubun, kota Malang sudah melampaui 750 kendaraan/jam selama 9 jam yang merupakan salah satu kriteria pemasangan lampu lalu lintas, dan hasil ini juga menunjukkan bahwa simpang tersebut perlu dilakukan pemasangan traffic light atau lampu pengatur lalu lintas.
2. Derajat kejenuhan persimpangan sebelum dilakukan pemasangan lampu lalu lintas yaitu sebesar 0,662 hingga 1,492 hasil tersebut menunjukkan bahwa derajat kejenuhan persimpangan pada simpang tak bersinyal Jl. Kebonsari – JL Satsui Tubun sudah melampaui 0,85 yang seharusnya nilai derajat kejenuhan tidak melebihi 85 % kapasitas. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja simpang sudah tidak mampu melayani arus lalu lintas dengan baik terutama pada periode siang dan sore hari.
3. Tundaan rata-rata maksimum yang terjadi pada simpang tersebut sebelum dilakukan pemasangan lampu lalu lintas yaitu sebesar 27,285 det/kend yang berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : PM 96 Tahun 2015,

tundaan sebesar 27,285 det/kend termasuk dalam kategori D yaitu diantara 21 sampai 30 det/kend, yang berarti bahwa kondisi tingkat pelayanan kategori D arus tidak stabil dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sangat rendah, kepadatan lalu lintas tinggi, pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan pendek

4. Sistem pengendalian yang paling efektif dari simpang tiga kacuk adalah system pengendalian dengan menggunakan sinyal dengan alternative yang direncanakan, dipilih alternative pemasangan lampu isyarat lalu lintas skenario 4 dengan 2 fase. Tundaan maksimum yang diperoleh dari perhitungan pada alternatif ini sebesar 14,786 det/kend, dan panjang antrian maksimum 159.797 m pada alternative ini dipilih karena tingkat pelayanan yang diperoleh B, dan nilai derajat kejenuhan kurang dari 0,85, pada pertigaan kacuk ini merupakan jalan arteri primer, dimana tingkat pelayanan yang diminimalkan menurut PM NO 96 adalah B. Dari hasil perhitungan diperoleh waktu siklus pada pagi hari 42 detik, siang hari 42 detik, dan sore hari 75 detik.

6.2 Saran

Dari beberapa kesimpulan yang sudah di peroleh, maka dapat diberikan saran yaitu sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan pemasangan traffic light dengan setting lampu yang sudah direkomendasikan.
2. 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.
3. Untuk para pengendara diharapkan memiliki kesadaran untuk disiplin dalam mematuhi peraturan lalulintas demi keselamatan dan kelancaran berlalulintas.
4. Untuk Pemerintah Kota Malang agar tidak memperpanjang ijin tempat usaha/toko di lokasi simpang.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim .(1996). *Pedoman Teknis Pengaturan Lalu Lintas Dipersimpangan Berdiri Sendiri Dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)*. Jakarta : Departemen PU. I-3, VII-7

Anonim .(2006). *Peraturan Menteri Perhubungan PM NO 96 tahun 2015 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan*. Jakarta : Departemen PU. 4, 16

Departemen Pekerjaan Umum (PU) .(1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Jakarta : Sweroad dan PT. Bina Karya 3-10 : 3-44

Oglesby Clarkson H dan R. Gary Hick. (1999). *Teknik Jalan Raya Jilid I*. Alih bahasa oleh purwosetyanto. Jakarta : Erlangga

Ramadhoni, Ridwan. (2015). *“Simpang tak bersinyal Jl. Langsep-Mergan Lori, Malang merupakan simpang empat lengan yang menghubungkan Jl. Langsep-Jl. Mergan Lori – Jl. Ir. Rais – Jl Jupri”*.ITN Malang.