

SKRIPSI

STUDI EVALUASI SIMPANG EMPAT GALUNGGUNG KOTA MALANG



Disusun oleh :

**ARDENA ONEY FEDORAVIE
12.21.924**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
M A L A N G
2017**

SKRIPSI

**STUDI EVALUASI SIMPANG EMPAT GALUNGGUNG
KOTA MALANG**



Disusun oleh :

**ARDENA ONEY FEDORAVIE
12.21.924**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2017**

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCA SARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus 1 : Jl. Bendungan Sugura - Gura No.2 Telp. (0341) 551431(Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417364 Malang

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ardena Oney Fedoravic

NIM : 12.21.924

Program studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul :

“STUDI EVALUASI SIMPANG EMPAT GALUNGGUNG KOTA MALANG”

adalah hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari hasil karya orang lain kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Malang, Maret 2017

Yang membuat pernyataan,



(Ardena Oney Fedoravic)

LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI

STUDI EVALUASI SIMPANG EMPAT GALUNGGUNG
KOTA MALANG

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*

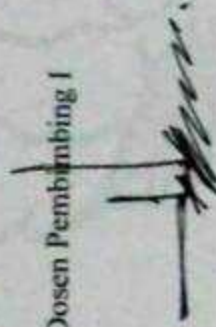
Disusun Oleh :

ARDENA ONEY FEDORAVIE

12.21.924

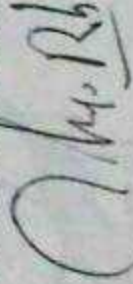
Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



(Ir. Agus Prajitno, MT)

Dosen Pembimbing II



(Drs. Kamidjo Rahardjo, ST., MT)

Mengetahui :



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

2017

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

STUDI EVALUASI SIMPANG EMPAT GALUNGGUNG

KOTA MALANG

Dipertahankan Dihadapan Dewan Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada Hari Rabu, 11 Januari 2017

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil*

Disusun Oleh :

ARDENA ONEY FEDORAVIE

12.21.924

Disahkan Oleh :

Ketua



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

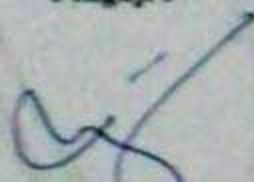
Sekretaris



(Ir. Munasih, MT)

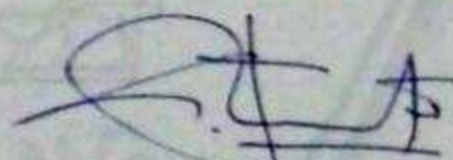
Anggota Penguji :

Penguji I



(Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT)

Penguji II



(Ir. Eding Iskak Imananto, MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2017

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**STUDI EVALUASI SIMPANG EMPAT GALUNGGUNG
KOTA MALANG**

*Dipertahankan Dihadapan Dewan Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)
Pada Hari Rabu, 11 Januari 2017
Dan Diterima Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil*

Disusun Oleh :

ARBI MUCHTAR SUTOPO

11.21.083

Disahkan Oleh :

Ketua

Sekretaris

(Ir. A. Agus Santosa, MT)

(Ir. Munasih, MT)

Anggota Penguji :

Penguji I

Penguji II

(Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT)

(Ir. Eding Iskak Imananto, MT)

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

2016

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**STUDI EVALUASI SIMPANG EMPAT GALUNGGUNG
KOTA MALANG**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

ARBI MUCHTAR SUTOPO

11.21.083

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Ir. Agus Prajitno, MT)

(Drs. Kamidjo Rahardjo, ST., MT)

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang

(Ir. A. Agus Santosa, MT)

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

2016



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCA SARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl.Bendungan Sigura – gura No.2 Telp. (0341) 551431(Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl.Raya Karanglo, Km 2 telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417364 Malang

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ardena Oney Fedoravie

NIM : 12.21.924

Program studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul :

“STUDI EVALUASI SIMPANG EMPAT GALUNGGUNG KOTA MALANG”

adalah hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari hasil karya orang lain kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Malang, Maret 2017

Yang membuat pernyataan,

(Ardena Oney Fedoravie)

ABSTRAK

Ardena Oney Fedoravie, 2017, *Studi Evaluasi Simpang Empat Galunggung Kota Malang*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dosen Pembimbing : Ir. Agus Prajitno, MT dan Drs. Kamidjo Raharjo, ST., MT.

Kata Kunci : Kinerja simpang bersinyal,

Pada beberapa tahun terakhir ini peningkatan arus lalu lintas di Kota Malang meningkat, khususnya di daerah sekitar simpang empat Galunggung Kota Malang, sehingga pada pertemuan jalan tersebut menimbulkan penumpukan kendaraan, pejalan kaki, becak dan lain-lain yang akan memotong arus utama. Di daerah sekitar persimpangan, banyak sekali aktivitas di sekitar simpang yang di mana banyak pusat kegiatan, seperti pertokoan, mall, kampus, dll.

Pengambilan data dilakukan selama 3 hari yakni Pada Hari Senin, Kamis, dan Sabtu pada tanggal 24, 26, 29 Oktober 2016. Survey dilakukan selama 14 jam, dimulai pukul 06.00 WIB - 19.00 WIB. Metode pengambilan data yang dilakukan adalah volume, tundaan, antrian, dan hambatan samping. Analisa kinerja simpang bersinyal ini menggunakan MKJI 1997. kendaraan di hitung dengan mengambil tundaan rata – rata pada setiap pendekatnya. Pada kondisi eksisting, diambil volume lalu lintas tertinggi selama 3 hari waktu pengamatan survey, Volume arus lalu lintas maksimum sebesar 2792,300 smp/jam pada pukul 16:30 – 17:30 WIB, Jumlah antrian kendaraan maksimum sebesar 56 kendaraan dengan panjang antrian 158 m terjadi pada pendekat Timur, Tundaan rata – rata maksimal persimpangan sebesar 69.543 detik/kendaraan pada pendekat selatan. Setelah di analisa menggunakan MKJI 1997, terdapat perbedaan antara kondisi eksisting lapangan dengan kondisi eksisting setelah dianalisa dengan MKJI 1997. sehingga nilai tingkat pelayanan simpang berubah menjadi D dan terus meningkat menjadi F. Ada beberapa Alternatif, yaitu kombinasi dari alternatif pertama dan ke dua terkait optimasi waktu siklus dan larangan belok kiri atau lurus secara langsung (harus mengikuti isyarat lampu lalu lintas) dan juga ditambah dengan alternatif keempat terkait pelebaran kaki simpang, dari alternatif tersebut didapatkan nilai tingkat pelayanan maksimal dengan nilai pelayanan C tapi mengalami kelemahan di pendekat barat mengalami pembengkakan tundaan rata-rata lebih dari seribu sehingga karena pada simpang tersebut padat lalu lintas dan jalannya lebih semping dibanding dengan ruas simpang yang lain. Nilai tingkat pelayanan simpang berubah menjadi C.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, Yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **Studi Evaluasi Simpang Empat Galunggung Kota Malang** dengan baik dan tepat waktu.

Tak lepas dari berbagai hambatan, rintangan, dan kesulitan yang muncul, namun berkat petunjuk dan bimbingan dari semua pihak yang telah membantu saya, sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini. Sehubungan dengan hal itu dalam kesempatan ini saya menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MTA selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT selaku Dekan FTSP.
3. Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1.
4. Ir. Agus Prajitno, MT selaku dosen pembimbing I.
5. Drs. Kamidjo Rahardjo, ST., MT selaku dosen pembimbing II.
6. Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT selaku dosen penguji I.
7. Ir. Eding Iskak Imananto, MT selaku dosen penguji II.
8. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan baik moril maupun materil.
9. Sahabat, teman, dan orang – orang di sekitar yang selalu untuk membantu dan menginspirasi dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat penulis harapkan, akhir kata semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Maret 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR NOTASI	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 Manfaat Penulisan	4
1.6 Batasan Masalah.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Prinsip Umum	5
2.2 Pedoman Penggunaan	14
2.3 Panduan Rekyasa Lalu Lintas	17
2.4 Ringkasan Prosedur Perhitungan	32
2.5 Prosedur Perhitungan	33
BAB III METODOLOGI SURVEY	68
3.1 Umum	68
3.2 Pengumpulan Data Arus Lalu Lintas di Persimpangan.....	71
3.3 Tugas dan Penempatan Surveyor.....	73

3.4 Bagan Alir Metodologi penelitian	74
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA SURVEY.....	75
4.1 Dimensi Geometrik.....	75
4.2 Fase Dan Sinyal Lampu Isyarat Lalu Lintas Simpang	76
4.3 Pengolahan Volume Arus Lalu Lintas.....	78
4.4 Pengolahan Data Antrian	84
4.5 Pengolahan Data Tundaan	89
BAB V ANALISA PEMBAHASAN DAN EVALUASI.....	95
5.1 Umum	95
5.2 Karakteristik Arus Lalu Lintas Simpang	109
5.3 Evaluasi Analisa Antrian dan Tundaan Pada Kondisi Eksisting	117
5.4 Tingkat PelayananSimpang	121
5.5 Alternatif Untuk Perbaikan Kinerja Simpang.....	124
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	128
6.1 Kesimpulan	128
6.2 Saran	131
DAFTAR PUSTAKA	133
LAMPIRAN SKRIPSI.....

DAFTAR TABEL

2.1 Arus Jenuh Yang diamati per selang waktu enam detik	7
2.2 Model Dasar Untuk Arus Jenuh (Akcelik 1989).....	8
2.3 Definisi Jenis – Jenis Simpang Bersinyal	20
2.4 Panduan pemilihan simpang bersinyal yang paling	22
2.5 Perilaku lalu-lintas pada simpang 4 dan 3 lengan	25
2.6 Faktor penyesuaian ukuran kota (FCS).....	51
2.7 Faktor penyesuaian untuk Tipe lingkungan jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan tak bermotor (F_{SF}).....	30
4.1 Data Geometrik Simpang Bersinyal.....	76
4.2 Data Geometrik Fase Waktu Siklus Simpang Bersinyal.....	77
4.3 Emp (Ekivalen Mobil Penumpang).....	79
4.4 Jam Puncak pada Hari Senin ,24 Oktober 2016.....	81
4.5 Jam Puncak pada Hari Rabu ,26 Oktober 2016	82
4.6 Jam Puncak pada Hari Sabtu ,29 Oktober 2016.....	83
4.7 Data Puncak Antrian pada Hari Senin 24 Oktober 2016	86
4.8 Data Puncak Antrian pada Hari Rabu 26 Oktober 2016	87
4.9 Data Puncak Antrian pada Hari Sabtu, 29 Oktober 2016	88
4.10 Data Jam Puncak Tundaan pada Hari Senin, 24 Oktober 2016	91
4.11 Data Jam Puncak Tundaan pada Hari Rabu, 26 Oktober 2016	92
4.12 Data Jam Puncak Tundaan pada Hari Sabtu, 29 Oktober 2016	93

5.1 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})	107
5.2 Faktor Penyesuaian untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{SF})	108
5.3 Selisih Perbedaan Panjang Antrian Di Lapangan Dan MKJI 1997 simpang empat Galunggung Kota Malang, Selama 3 Hari Survey	118
5.5 Selisih Perbedaan Tundaan Kendaraan Di Lapangan Dan MKJI 1997 Persimpangan Jl. Mayor Jenderal MT Haryono – Jl. Gajayana Kota Malang, Selama 3 Hari Survey	140
5.6 Persimpangan Dengan APILL	122
5.7 Nilai Tingkat Pelayanan Simpang.....	122

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dari masa ke masa perkembangan ilmu pengetahuan selalu meningkat pesat. dan melalui teori, kajian, sampai beberapa penelitian dan percobaan telah banyak melahirkan berbagai jenis alat yang memudahkan manusia untuk melakukan aktifitas sehari-hari, namun disetiap hal yang baik tidak selalu 100% sempurna dan seringkali itu juga menimbulkan beberapa dampak yang negative. Indonesia adalah salah satu Negara berkembang yang jumlah penduduknya banyak dibandingkan dengan Negara berkembang yang lainnya, selain itu Indonesia juga merupakan Negara kepulauan yang besar, dan pusat dari Negara Indonesia terletak pada pulau jawa dimana di pulau jawa mempunyai jumlah penduduk yang sangat padat dibandingkan dengan pulau-pulau lain di Indonesia itu dikarenakan pusat perdagangan, pendidikan dan lain-lain sebagainya lebih maju dibandingkan dengan pulau-pulau lain di Indonesia.

Semakin bertambahnya populasi manusia, semakin banyak juga kebutuhan yang harus manusia tersebut penuhi. Salah satu kebutuhan yang sering diperlukan atau digunakan adalah terkait transportasi. Sistem transportasi berfungsi untuk menggerakkan lalu – lintas dari satu tempat ke tempat lain. Transportasi memegang peranan penting dalam perkotaan. Sektor transportasi harus mampu memberikan kemudahan bagi seluruh masyarakat dengan segala kegiatannya di semua lokasi yang berbeda yang tersebar dengan karakteristik fisik yang berbeda pula.

Kota Malang adalah sebagai pusat kota sentral yang dimana begitu pesatnya sebuah perkembangan dan populasi yang terus meningkat di setiap tahunnya. Kota Malang sendiri adalah kota terbesar ke dua setelah Surabaya di Jawa Timur ini. Kota Malang juga dikenal sebagai kota pendidikan yang di mana setiap tahunnya banyak pelajar-pelajar datang dari seluruh Indonesia untuk menempuh pendidikan di kota tersebut. Oleh karena itu maka pemerintah harus menyediakan sarana dan prasarana kota untuk menunjang kelancaran dari pertumbuhan Kota Malang itu sendiri (*sumber* : <https://id.wikipedia.org/wiki/Malang>).

Rencana lokasi studi yang akan saya ambil adalah simpang empat Galunggung Kota Malang, kenapa saya mengambil simpang ini karena saya sudah mengamati simpang ini begitu lama dan terlebih saya tinggal di daerah sini, beberapa faktor alasan saya mengambil simpang ini karena di simpang Galunggung Kota Malang merupakan salah satu simpang yang padat dilalui kendaraan tetapi masih terasa belum optimal karena masih seringnya terjadi kemacetan dan konflik di simpang tersebut.

Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan sebuah Studi dimana akan mengkaji terkait persimpangan dan perbandingan antara perhitungan hasil survey lapangan dan hasil sesuai mkji dengan judul : kajian lalu lintas terhadap operasional traffic light dan geometrik pada simpang empat galunggung kota malang.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas perlu dikemukakan identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Kinerja Operasional Traffic Light di persimpangan Galunggung Malang.
2. Alternatif yang lebih baik pada simpang Galunggung Malang
3. Alternatif Geometrik yang lebih baik pada simpang Galunggung Malang
4. MKJI 1997 sebagai acuan untuk menentukan system lalu lintas di Indonesia dan perhitungan langsung di lapangan

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas perlu dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja simpang dengan waktu sinyal yang ada sekarang (eksisting) ?
2. Berapa perbandingan hasil perhitungan lapangan dan hasil perhitungan MKJI 1997 ?
3. Apa solusi dari permasalahan pada perempatan galunggung ?

1.4 Tujuan Penulisan

Adapun maksud dan tujuan penulis dari analisa simpang bersinyal ini adalah :

1. Mengetahui kinerja simpang dengan waktu sinyal yang ada sekarang (eksisting).
2. Mengetahui perbandingan hasil perhitungan lapangan dan hasil perhitungan MKJI 1997
3. Memberikan solusi dari permasalahan pada perempatan galunggung.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang ingin dicapai penulis dalam menyusun laporan skripsi ini adalah :

1. Secara teori dapat mengetahui dan membedakan realita dilapangan maupun saat berada di bangku kuliah.
2. Secara praktis, memberikan masukan teknik pemecahan masalah dalam bidang transportasi khususnya pada simpang bersinyal pada ruas Jalan galunggung

1.6 Batasan Masalah

Berdasarkan penelitian ini penulis membatasi permasalahan sebagai berikut:

1. Lokasi studi adalah simpang bersinyal galunggung kota malang
2. Karakteristik arus lalu lintas di simpang 4 galunggung kota malang diteliti dan dianalisa dengan mengacu pada perhitungan MKJI 1997 dan hasil survey dari lapangan

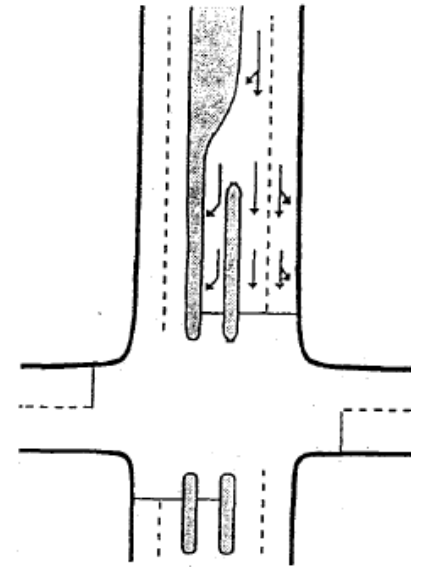
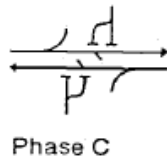
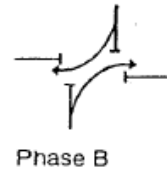
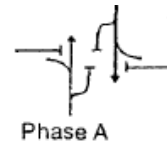
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perinsip umum

2.1.1 Geometri

Perhitungan dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua atau lebih sub-pendekat. Hal ini terjadi jika gerakan belok-kanan dan/atau belok-kiri mendapat sinyal hijau pada fase yang berlainan dengan lalu-lintas yang lurus, atau jika dipisahkan secara fisik dengan pulau-pulau lalu-lintas dalam pendekat.



Untuk masing-masing pendekat atau sub-pendekat lebar efektif (W_e) ditetapkan dengan mempertimbangkan denah dari bagian masuk dan ke luar suatu simpang dan distribusi dari gerakan-gerakan membelok.

2.1.2 Arus Lalulintas

Perhitungan dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu-lintas rencana jam puncak pagi, siang dan sore. Arus lalu-lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok-kiri Q_{LT} , lurus Q_{ST} dan belok kanan Q_{RT}) dikonversi dari kendaraan per-jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per-jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing 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

Contoh : $Q = Q_{LV} + Q_{HV} \times emp_{HV} + Q_{MC} \times emp_{MC}$

2.1.3 Model dasar

Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut

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

(1)

Di mana:

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus Jenuh, yaitu arus berangkat rata-rata dari antrian dalam pendekat selama sinyal hijau (smp/jam hijau = smp per-jam hijau)

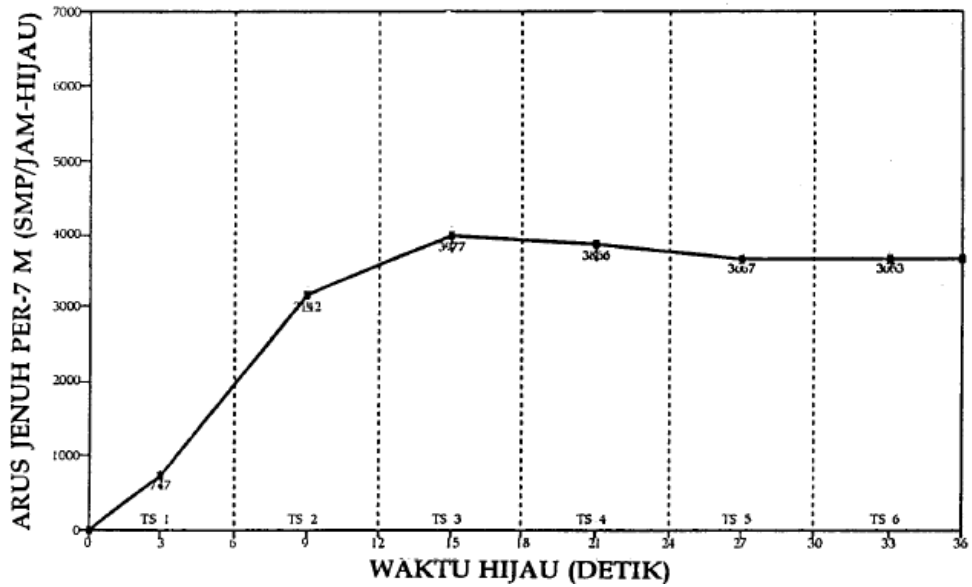
g = Waktu hijau (det).

c = Waktu siklus, yaitu selang waktu untuk urutan perubahan sinyal yang lengkap

(yaitu antara dua awal hijau yang berurutan pada fase yang sama)

Oleh karena itu perlu diketahui atau ditentukan waktu sinyal dari simpang agar dapat menghitung kapasitas dan ukuran perilaku lalu-lintas lainnya.

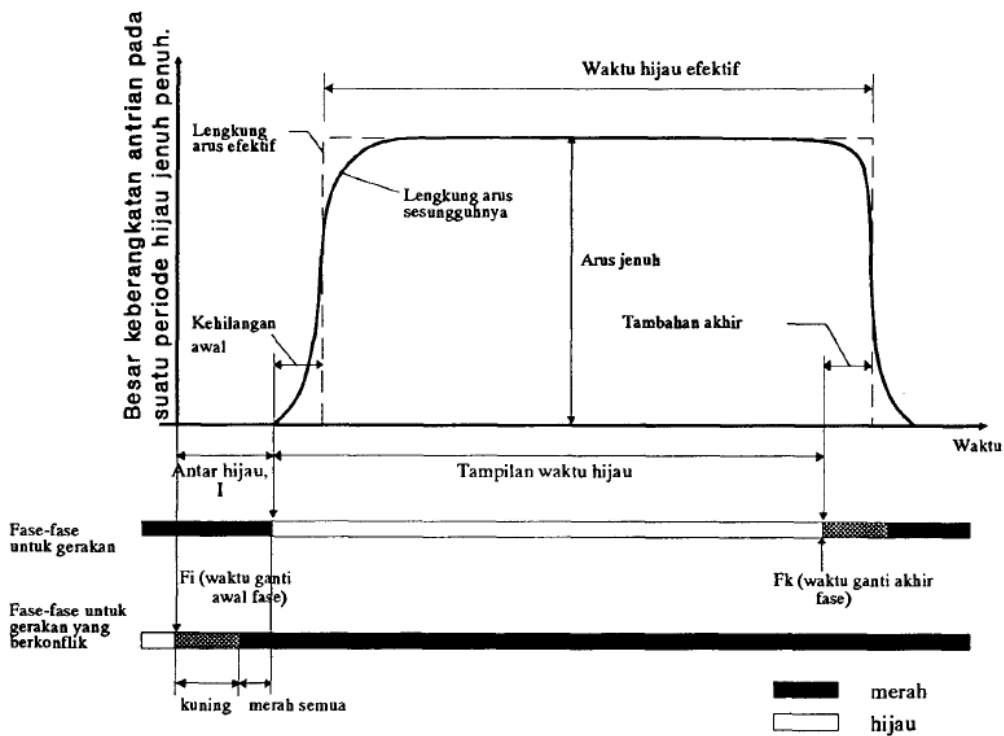
Pada rumus (1) di atas, arus jenuh dianggap tetap selama waktu hijau. Meskipun demikian dalam kenyataannya, arus berangkat mulai dari 0 pada awal waktu hijau dan mencapai nilai puncaknya setelah 10-15 detik. Nilai ini akan menurun sedikit sampai akhir waktu hijau, lihat Gambar 2.1:1 di bawah. Arus berangkat juga terus berlangsung selama waktu kuning dan merah-semua hingga turun menjadi 0, yang biasanya terjadi 5 - 10 detik setelah awal sinyal merah.



Gambar 2.1 Arus Jenuh Yang diamati per selang waktu enam detik

Permulaan arus berangkat menyebabkan terjadinya apa yang disebut sebagai '**Kehilangan awal**' dari waktu hijau efektif, arus berangkat setelah akhir waktu hijau menyebabkan suatu '**Tambahan akhir**' dari waktu hijau efektif, lihat Gambar 2.1 Jadi besarnya waktu hijau efektif, yaitu lamanya waktu hijau di mana arus berangkat terjadi dengan besaran tetap sebesar S, dapat kemudian dihitung sebagai

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Hijau Efektif} &= \text{Tampilan waktu hijau} - \text{Kehilangan awal} + \\
 &\quad \text{Tambahan akhir} \qquad \qquad \qquad (2)
 \end{aligned}$$



Gambar 2.2 Model Dasar Untuk Arus Jenuh (Akcelik 1989)

Melalui analisa data lapangan dari seluruh simpang yang disurvei telah ditarik kesimpulan bahwa rata-rata besarnya Kehilangan awal dan Tambahan akhir, keduanya mempunyai nilai sekitar 4,8 detik. Sesuai dengan rumus (1a) di atas, untuk kasus standard, besarnya waktu hijau efektif menjadi sama dengan waktu hijau yang ditampilkan. Kesimpulan dari analisa ini adalah bahwa tampilan waktu hijau dan besar arus jenuh puncak yang diamati dilapangan untuk masing-masing lokasi, dapat digunakan pada rumus (1) di atas, untuk menghitung kapasitas pendekat tanpa penyesuaian dengan kehilangan awal dan tambahan akhir.

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

$$S = S_0 \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times \dots \times F_n \quad (3)$$

Untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (W_e):

$$S_o = 600 \times W_e \quad (4)$$

Penyesuaian kemudian dilakukan untuk kondisi-kondisi berikut ini

- Ukuran kota CS, jutaan penduduk
- Hambatan samping SF, kelas hambatan samping dari lingkungan jalan dan kendaraan tak
- Kelandaian bermotor G, % naik(+) atau turun (-)
- Parkir P, jarak garis henti - kendaraan parkir pertama.
- Gerakan membelok RT, % belok-kanan
LT, % belok-kiri

Untuk pendekat terlawan, keberangkatan dari antrian sangat dipengaruhi oleh kenyataan bahwa sopir-sopir di Indonesia tidak menghormati "aturan hak jalan" dari sebelah kiri yaitu kendaraan-kendaraan belok kanan memaksa menerobos lalu-lintas lurus yang berlawanan. Model-model dari negara Barat tentang keberangkatan ini, yang didasarkan pada teori "penerimaan celah" (gap - acceptance), tidak dapat diterapkan. Suatu model penjelasan yang didasarkan pada pengamatan perilaku pengemudi telah dikembangkan dan diterapkan dalam manual ini. Apabila terdapat gerakan belok kanan dengan rasio tinggi, umumnya menghasilkan kapasitas-kapasitas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan model Barat yang sesuai. Nilai-nilai smp yang berbeda untuk pendekat terlawan juga digunakan seperti diuraikan diatas.

Arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (W_e) dan arus lalu-lintas belok kanan pada pendekat tersebut dan juga pada pendekat yang berlawanan, karena pengaruh dari faktor-faktor tersebut tidak linier. Kemudian dilakukan penyesuaian untuk kondisi sebenarnya sehubungan dengan Ukuran kota, Hambatan samping, Kelandaian dan Parkir sebagaimana terdapat dalam rumus 2 di atas.

2.1.4 Penentuan waktu sinyal

Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan berdasarkan metoda Webster (1966) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Pertama-tama ditentukan waktu siklus (c), selanjutnya waktu hijau (g_i) pada masing-masing fase (i).

WAKTU SIKLUS

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

Di mana:

C = Waktu siklus sinyal (detik)

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

FR = Arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)

FR_{crit} = Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal.

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

Jika waktu siklus tersebut lebih kecil dari nilai ini maka ada risiko serius akan terjadinya lewat jenuh pada simpang tersebut. Waktu siklus yang terlalu panjang akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. Jika nilai $E(FR_{crit})$ mendekati atau lebih dari 1 maka simpang tersebut adalah lewat jenuh dan rumus tersebut akan menghasilkan nilai waktu siklus yang sangat tinggi atau negatif.

WAKTU HIJAU

$$g_i = (c - LTI) \times FR_{crit} / L(FR_{crit}) \quad (6)$$

Di mana:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (detik)

Kinerja suatu simpang bersinyal pada umumnya lebih peka terhadap kesalahan-kesalahan dalam pembagian waktu hijau daripada terhadap terlalu panjangnya waktu siklus. Penyimpangan kecilpun dari rasio hijau

(g/c) yang ditentukan dari rumus 5 dan 6 diatas menghasilkan bertambah tingginya tundaan rata-rata pada simpang tersebut.

2.1.5 Kapasitas dan derajat kejenuhan

Kapasitas pendekat diperoleh dengan perkalian arus jenuh dengan rasio hijau (g/c) pada masingmasing pendekat, lihat Rumus (1) di atas.

Derajat kejenuhan diperoleh sebagai:

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

2.1.6 Perilaku lalu-lintas (kualitas lalu-lintas)

Berbagai ukuran perilaku lalu-lintas dapat ditentukan berdasarkan pada arus lalu-lintas (Q), derajat kejenuhan (DS) dan waktu sinyal (c dan g) sebagaimana diuraikan di bawah

PANJANG ANTRIAN

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ1) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ2)

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

Dengan

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

jika $DS > 0,5$; selain dari itu $NQ_1 = 0$

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

Dimana:

NQ1 Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya.

NQ2 Jumlah smp yang datang selama fase merah.

DS Derajat kejenuhan

GR Rasio hijau

c Waktu siklus (det)

- C Kapasitas (smp/jam) = arus jenuh kali rasio hijau ($S \times GR$)
 Q Arus lalu-lintas pada pendekat tersebut (smp/det)

Untuk keperluan perencanaan, Manual memungkinkan untuk penyesuaian dari nilai rata-rata ini ketingkat peluang pembebanan lebih yang dikehendaki. Panjang antrian (QL) diperoleh dari perkalian (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20m²) dan pembagian dengan lebar masuk.

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{MASUK}}$$

ANGKA HENTI

Angka henti (NS), yaitu jumlah berhenti rata-rata per-kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang, dihitung sebagai

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

Dimana c adalah waktu siklus (det) dan Q arus lalu-lintas (smp/jam) dari pendekat yang ditinjau.

RASIO KENDARAAN TERHENTI

Rasio kendaraan terhenti PSV, yaitu rasio kendaraan yang harus berhenti akibat sinyal merah sebelum melewati suatu simpang, i dihitung sebagai:

$$PSV = \min (NS, 1)$$

Dimana NS adalah angka henti dan suatu pendekat.

TUNDAAN

Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal:

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

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dihitung sebagai:

$$D_j = DT_j + DG_j$$

Dimana:

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

DT_j = Tundaan lalu-lintas rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

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

Tundaan lalu-lintas rata-rata pada suatu pendekat j dapat ditentukan dari rumus berikut (didasarkan pada Akcelik 1988):

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

Dimana:

DT_j = Tundaan lalu-lintas rata-rata pada pendekat j (det/smp)

GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam)

NQ_1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

(Rumus 8.1 diatas).

Perhatikan bahwa hasil perhitungan tidak berlaku jika kapasitas simpang dipengaruhi oleh faktor-faktor "luar" seperti terhalangnya jalan keluar akibat kemacetan pada bagian hilir, pengaturan oleh polisi secara manual dsb.

Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat j dapat diperkirakan sebagai berikut

$$DG_j = (1 - psv) \times PT \times 6 + (psv \times 4) \quad (14)$$

Dimana:

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

psv = Rasio kendaraan berhenti pada suatu pendekat

PT = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

Nilai normal 6 detik untuk kendaraan belok tidak berhenti dan 4 detik untuk yang berhenti didasarkan anggapan-anggapan: 1) kecepatan = 40

km/jam; 2) kecepatan belok tidak berhenti = 10 km/jam; 3) percepatan dan perlambatan = 1,5 m/det²; 4) kendaraan berhenti melambat untuk meminimumkan tundaan, sehingga menimbulkan hanya tundaan percepatan.

2.2 Pedoman penggunaan

A. Tipe penggunaan manual

Manual dapat memenuhi berbagai macam kebutuhan dan jenis perhitungan untuk simpang bersinyal sebagaimana dicontohkan di bawah:

a) Perancangan

Diketahui : Arus-arus lalu-lintas harian (LHRT).

Tugas : Penentuan denah dan tipe pengaturan.

Contoh:

Penentuan fase dan denah simpang untuk suatu simpang yang dirancang dengan tuntutan lalu-lintas tertentu. Perbandingan dengan cara pengaturan dan tipe fasilitas jalan yang lain, seperti pengaturan tanpa sinyal, bundaran dsb.

b) Perencanaan

Diketahui : Denah dan arus lalu-lintas (per jam atau per hari)

Tugas : Penentuan rencana yang disarankan.

Contoh:

Pemakaian sinyal bagi simpang yang sebelumnya tidak menggunakan sinyal. Peningkatan dari simpang bersinyal yang telah ada, misalnya dengan fase sinyal dan rencana pendekat yang baru. Perencanaan simpang bersinyal yang baru.

c) Pengoperasian

Diketahui : Rencana Geometrik, fase sinyal dan arus lalu-lintas perjam.

Tugas : Perhitungan waktu sinyal dan kapasitas.

Contoh:

Memperhatikan waktu sinyal untuk berbagai perioda dari hari tersebut. Perkiraan kapasitas cadangan dan kebutuhan yang diharapkan bagi peningkatan kapasitas dan/atau perubahan fase sinyal sebagai hasil dari pertumbuhan lalu-lintas tahunan.

Waktu sinyal yang dihitung dengan manual ini disarankan untuk sinyal dengan kendali waktu-tetap bagi kondisi lalu-lintas yang digunakan sebagai data masukan. Untuk keperluan pemasangan di lapangan, supaya berada pada sisi yang aman terhadap fluktuasi lalu-lintas, maka disarankan suatu penambahan waktu hijau sebesar 10% secara proporsional dan penambahan waktu siklus yang sepadan. Jika penentuan waktu digunakan untuk **pengaturan aktuasi lalu-lintas** waktu hijau maksimum sebaiknya ditentukan 25-40% lebih besar dari pada waktu hijau jika menggunakan kendali\ waktu-tetap.

Metoda penentuan waktu sinyal dapat juga digunakan untuk menentukan waktu siklus minimum pada suatu sistem **koordinasi sinyal dengan** waktu tetap (yaitu seluruh sistem akan beroperasi dengan waktu siklus tertinggi yang dibutuhkan untuk salah satu simpangnya).

B. Nilai Normal

Pada tingkat operasional (c di atas) semua data masukan yang diperlukan pada umumnya dapat diperoleh karena perhitungan-perhitungan merujuk ke pada simpang bersinyal yang telah ada. Tetapi untuk keperluan perancangan dan perencanaan sejumlah anggapan harus dibuat agar dapat menerapkan prosedur-prosedur perhitungan yang diuraikan pada Bagian 3. Pedoman awal sehubungan dengan anggapan dan nilai normal untuk digunakan dalam kasus-kasus ini diberikan dibawah

a) Arus lalu-lintas

Jika hanya arus lalu-lintas harian (LHRT) saja yang ada tanpa diketahui distribusi lalu-lintas pada setiap jamnya, maka **arus rencana per jam** dapat diperkirakan sebagai suatu persentase dari LHRT sebagai berikut:

Tipe kota dan jalan	Faktor persen k $k \times \text{LHRT} = \text{ arus rencana/jam}$
Kota-kota > 1 juta penduduk	
- Jalan-jalan pada daerah komersial dan jalan arteri	7-8%
- Jalan pada daerah permukiman	8-9 %
Kota-kota \leq 1 juta penduduk	
- Jalan-jalan pada daerah komersial dan jalan arteri	8 - 10%
- Jalan pada daerah permukiman	9-12%

Jika **distribusi gerakan membelok** tidak diketahui dan tidak dapat diperkirakan, 15% belok-kanan dan 15% belok-kiri dari arus pendekatan tota dapat dipergunakan (kecuali jika ada gerakan membelok tersebut yang akan dilarang):

Nilai-nilai normal untuk **komposisi lalu-lintas** berikut dapat digunakan bila tidak ada taksiran yang lebih baik:

Ukuran kota Juta penduduk	Komposisi lalu-lintas kendaraan bermotor%			Rasio kendaraan
	Kendaraan ringan LV	Kendaraan berat HV	Sepeda motor MC	tak bermotor (UM/MV)
> 3 juta	60	4,5	35,5	0,01
1 - 3 juta	55,5	3,5	41	0,05
0,5 - 1 juta	40	3,0	57	0,14
0,1 - 0,5 juta	63	2,5	34,5	0,05
< 0,1 juta	63	2,5	34,5	0,05

b) Penentuan fase dan waktu sinyal

Jika jumlah dan jenis **fase sinyal** tidak diketahui, maka pengaturan dengan dua-fase sebaiknya digunakan sebagai kasus dasar. Pemisahan gerakan-gerakan belok kanan biasanya hanya dapat dipertimbangkan kalau suatu gerakan membelok melebihi 200 smp/jam.

Waktu antar hijau sebaiknya ditentukan dengan menggunakan metodologi yang diuraikan pada langkah B-2. Untuk keperluan perancangan dan simpang simetris nilai normal berikut dapat digunakan (lihat juga langkah C dibawah):

Ukuran simpang	Lebar jalan rata-rata	Nilai normal waktu antar hijau
Kecil	6 - 9 m	4 det per fase
Sedang	10 - 14 m	5 det per fase
Besar	≥ 15 m	≥ 6 det per fase

c) Lebar pendekat

Panduan rekayasa lalu-lintas pada bagian 2.3 di bawah memberikan saran pemilihan tipe simpang, jumlah lajur dan fase sinyal yang dapat digunakan sebagai anggapan awal dalam analisa rinci. Untuk perencanaan simpang baru, pemilihan sebaiknya didasarkan terutama pada pertimbangan ekonomis (bagian 2.3.3b). Untuk analisa operasional 'simpang yang sudah ada' pemilihan terutama didasarkan pada perilaku lalu-lintas (bagian 2.3.3c), biasanya dengan tujuan untuk memastikan agar derajat kejenuhan pada jam puncak tidak lebih besar dari 0,75.

2.3 Panduan rekayasa lalu-lintas

- Tujuan

Tujuan Bagian ini adalah untuk membantu para pengguna manual dalam memilih penyelesaian yang sesuai dengan masalah-masalah umum perancangan, perencanaan, dan operasional dengan menyediakan saran-saran mengenai tipe dan denah standar simpang bersinyal yang layak dan penerapannya pada berbagai kondisi arus. Disarankan untuk perencanaan **simpang baru** sebaiknya didasarkan pada analisa biaya siklus hidup dari perencanaan yang paling ekonomis pada arus lalu-lintas tahun dasar yang berbeda, lihat bagian 2.3.3b. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar pemilihan asumsi awal tentang denah dan rencana yang diterapkan jika menggunakan metode perhitungan rinci seperti diterangkan pada Bagian 3 dari Bab ini.

Untuk analisa operasional dan peningkatan **simpang yang sudah ada**, saran diberikan dalam bentuk perilaku lalu-lintas sebagai fungsi arus pada keadaan standar, lihat Bagian 2.3.3c. Rencana dan bentuk pengaturan lalu-lintas harus dengan tujuan memastikan derajat kejenuhan tidak

melebihi nilai yang dapat diterima (biasanya 0,75). Saran-saran juga diberikan mengenai masalah berikut yang berkaitan dengan **rencana detail** dan **pengaturan lalu-lintas**:

- Dampak terhadap keselamatan lalu-lintas dan asap kendaraan akibat perubahan perencanaan geometri dan pengaturan lalu-lintas.
- Hal-hal perencanaan rinci terutama yang mengenai kapasitas dan keselamatan.
- Jenis pengaturan lalu-lintas dan alat-alat pengaturan lalu-lintas.

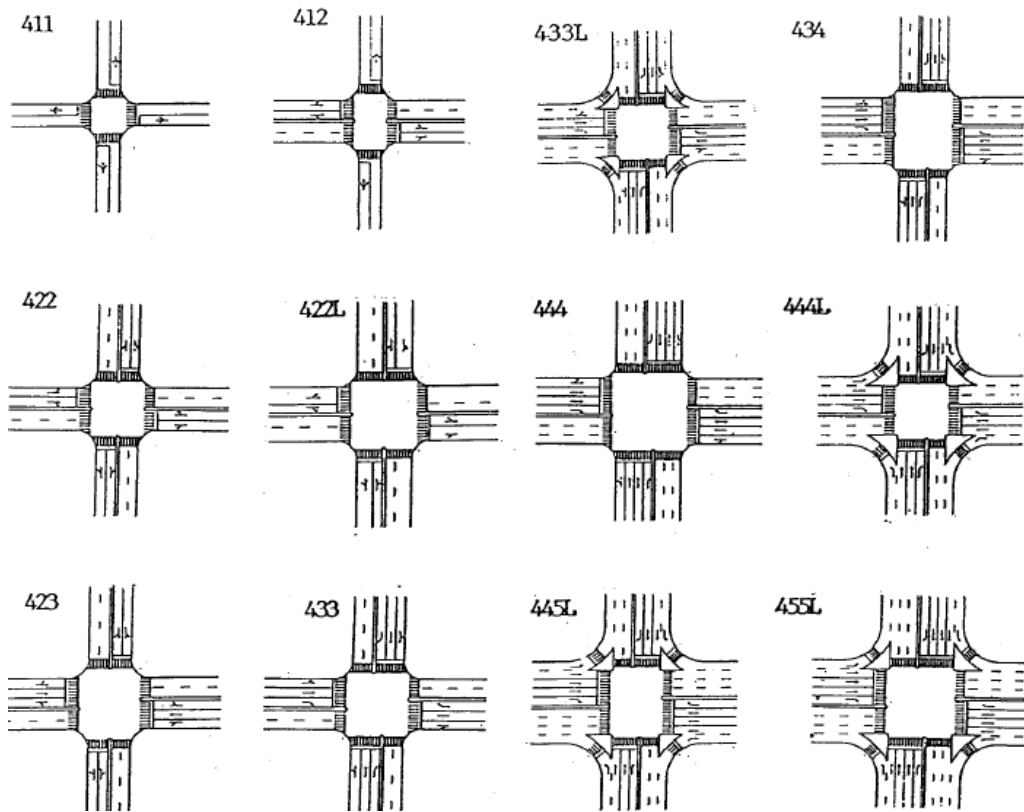
- **Definisi tipe (jenis) simpang standar dan pola-pola fase sinyal**

Buku Standar Spesifikasi 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, Februari 1987).

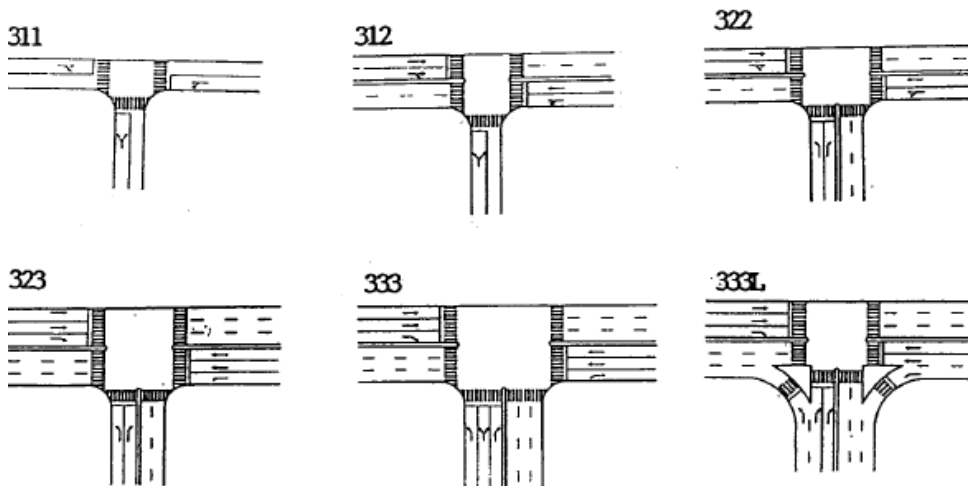
Dokumen ini mencantumkan parameter-parameter perencanaan untuk simpang-simpang berbagai kelas jalan, tetapi tidak menentukan jenis simpang tertentu. Sejumlah jenis jenis simpang ditunjukkan pada Gambar 2.3. dan Tabel 2.4 dibawah untuk penggunaan khusus pada Bagian panduan ini.

Semua jenis simpang dianggap mempunyai kereb dan trotoar yang cukup, dan ditempatkan pada daerah perkotaan dengan hambatan samping yang sedang. Semua gerakan membelok dianggap diperbolehkan dan beberapa gerakan membelok adalah gerakan yang terus menerus (Belok kiri langsung = LTOR) jika ditunjukkan seperti pada Tabel 2.1. Metode perhitungan rinci dalam manual ini juga memungkinkan analisa jalan satu arah.

Pengaturan lalu-lintas (pada simpang terisolir) dengan waktu tetap dianggap menggunakan fase sinyal seperti disarankan dalam Tabel 2.1 (lihat Gambar 2.5). Lihat juga Bagian 2.3.5 untuk penjelasan jenis-jenis pengaturan sinyal.



Gambar 2.3 Jenis – Jenis Simpang Empat Lengan



Gambar 2.4 Jenis – Jenis Simpang Tiga Lengan

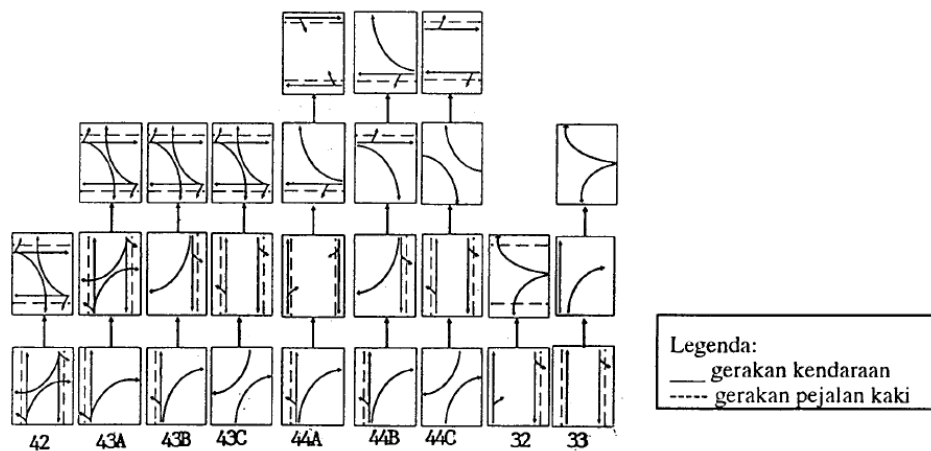
SIMPANG EMPAT LENGAN

Kode jenis	Pendekat jalan utama			Pendekat jalan minor			Jenis fase	
	jumlah lajur	Median	LTOR	jumlah lajur	Median	LTOR	LT/ RT%	
							10/10	25/25
411	1	N	N	1	N	N	42	42
412	2	Y	N	1	N	N	42	42
422	2	Y	N	2	Y	N	42	42
422L	2	Y	Y	2	Y	Y	42	42
423	3	Y	N	2	Y	N	43A	43C
433	3	Y	N	3	Y	N	44C	44B
433L	3	Y	Y	3	Y	Y	44'	44B
434	4	Y	N	3	Y	N	44C	44B
444	4	Y	N	4	Y	N	44C	44B
444L	4	Y	Y	4	Y	Y	44C	448
445L	5	Y	Y	4	Y	Y	44C	44B
455L	5	Y	Y	5	Y	Y	44C	44B

SIMPANG TIGA LENGAN

Kode jenis	Pendekat jalan utama			Pendekat jalan minor			jenis fase	
	jumlah lajur	Median	LTOR	jumlah lajur	Median	LTOR	LT/RT%	
							10/10	25/25
311	1	N	N	1	N	N	32	32
312	2	Y	N	1	N	N	32	32
322	2	Y	N	2	Y	N	32	32
323	3	Y	Y	2	Y	Y	33	33
333	3	Y	N	3	Y	N	33	33
333L	3	Y	Y	3	Y	Y	33	33

Tabel 2.1 Definisi Jenis – Jenis Simpang Bersinyal



Gambar 2.5 Jenis – Jenis Rencana Fase Sinyal

- **Pemilihan jenis simpang**

- a) **Umum**

Pada umumnya sinyal lalu-lintas digunakan dengan satu atau lebih alasan berikut ini:

- Untuk menghindari kemacetan sebuah simpang oleh arus lalu-lintas yang berlawanan, sehingga kapasitas simpang dapat dipertahankan selama keadaan lalu-lintas puncak.
- Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas yang disebabkan oleh tabrakan antara kendaraan-kendaraan yang berlawanan arah. Pemasangan sinyal lalu-lintas dengan alasan keselamatan lalu-lintas umumnya diperlukan bila kecepatan kendaraan yang mendekati simpang sangat tinggi dan/atau jarak pandang terhadap gerakan lalu-lintas yang berlawanan tidak memadai yang disebabkan oleh bangunan-bangunan atau tumbuhtumbuhan yang dekat pada sudut-sudut simpang.
- Untuk mempermudah menyeberangi jalan utama bagi kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan minor.

Pemasangan sinyal lalu-lintas tidak selalu menambah kapasitas dan keselamatan pada sebuah simpang. Penggunaan metoda yang ditunjukkan pada bab ini dan bab-bab lainnya dalam manual ini memungkinkan perkiraan dampak pemasangan sinyal terhadap

- b) **Pertimbangan ekonomi**

Saran mengenai **tipe simpang** yang paling ekonomis (**simpang bersinyal, simpang tak bersinyal atau bundaran**) yang berdasarkan analisa biaya siklus hidup (BSH) ditunjukkan dalam bab 1, bagian 5.2.1 b.

Perencanaan simpang bersinyal baru yang paling ekonomis (empat lengan atau tiga lengan) sebagai fungsi arus total tahun-1 (kend/jam), rasio jalan utama / minor, rasio belok kiri/kanan dan ukuran kota ditunjukkan pada Tabel 2.3.3:1 dibawah.

Gambar 2.3.3:1 menunjukkan informasi yang sama sebagai fungsi arus lalu-lintas tahun-1 pada jalan yang perpotongan (dua-arah) untuk keadaan dengan ukuran kota 1-3 juta dan rasio arus belok kiri dan kanan 10 %. Gambar menunjukkan bahwa simpang empat lengan yang simetris dengan 1 lajur tiap pendekat adalah yang paling ekonomis untuk arus dibawah 2.000 kend/jam (1.000 kend/jam pada masing-masing jalan). Untuk arus antara 2.000 dan 3.400 kend/jam, simpang sebaiknya mempunyai 2 lajur per pendekat. Untuk arus antara 3.400 dan 3.800 kend/jam, diperlukan 3 lajur per pendekat, untuk arus antara 4.000 dan 4.600 kend/jam, diperlukan empat lajur per pendekat dan seterusnya.

Diluar daerah perkotaan harga pembebasan tanah lebih rendah, yang memungkinkan simpang yang lebih besar, tetapi kecepatan rencana biasanya lebih tinggi, yang menyebabkan rencana simpang yang lebih luas untuk tipe yang sama menurut pedoman standar Bina Marga.

Kondisi			Ambang arus lalu-limas, arus simpang total (kend/jam)												
Ukuran kota (juta)	Rasio (Q_{max}/Q_{min})	LT/RT	Jenis simpang												
			411	412	422	422L	423	433	433L	434L	444	444L	445L	455L	
1,0-3,0	1/1	10/10	<2050		2.050	2.850			3.100	3.350		3.900	-		4.600-5.050
		25/25	<1.800	1.800	-			2.300	2.700		-	-	-	4.100-5.850	
	1.5/1	10/10	<1.900	1.900	2.400	3.000	-	3.250	3.400	3.900	4.100	-	-	4.750-5.050	
0,5-1,0	2/1	10/10	<1.900	1.900	2.300	2.950	-	3.100	3.500	3.900	4.300	-	-	4.750-5.250	
	1/1	10/10	<2.050		2.050	2.850		3.100	3.900		4.100			5.050-5.700	
0,1-0,5	1/1	10/10	<2.050		2.050	3.100		-	3.350		3.900			4.600-5.050	
1,0-3,0	1/1	10/10	311	312	322	323	333L	333							
		25/25	<1.500	1.500			2.550-3.900	-							
	1.5/1	10/10	<1.350	1.350			1.900-3.650	-							
	2/1	10/10	<1.350	1.500	2.200	2.550	3.000	3.800-4.100							
0,5-1,0	1/1	10/10	<1.600	1.600	2.200	2.550	3.150	3.900-4.100							
	1/1	10/10	<1.500	1.500			2.550-4.300								
0,1-0,5	1/1	10/10	<1.500	1.500			2.550-3.900								

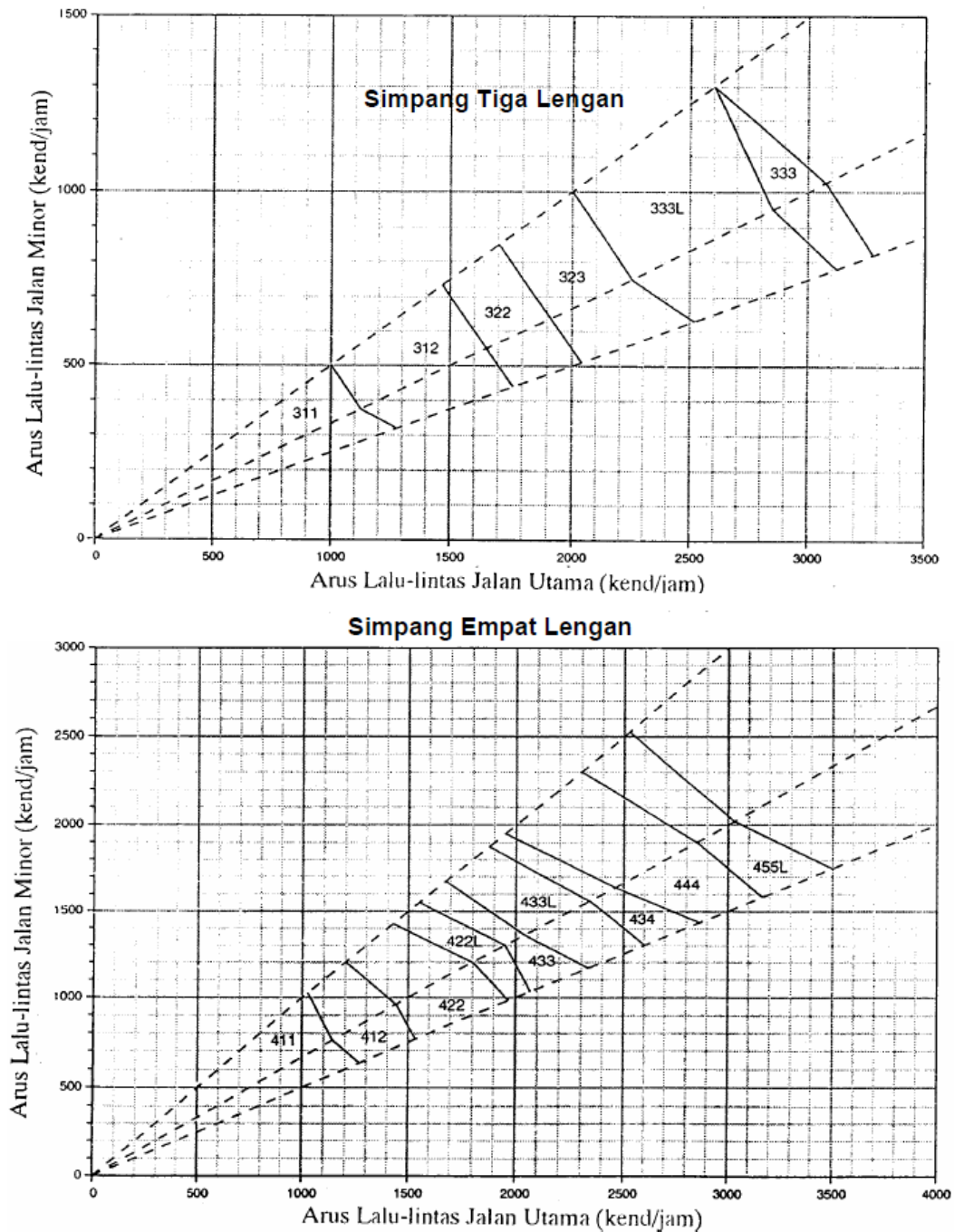
Penjelasan:

Rasio Rasio arus antara jalan utama dan jalan minor

LT/RT Persen arus belok kiri dan kanan (10/10 artinya pada masing- Masing pendekat 10% belok kiri dan 10% belok kanan)

Tipe simpang Jumlah lengan simpang/jumlah lajur per pendekat jalan minor/jumlah lajur per pendekat jalan utama. Contoh 412 artinya simpang4-lengan dengan 1 lajur pada pendekat minor dan 2 lajur pada pendekat utama.

Tabel 2.3.3:1 Panduan pemilihan simpang bersinyal yang paling ekonomis di daerah perkotaan, konstruksi baru



Gambar 2.6 Panduan untuk memilih simpang bersinyal yang paling ekonomis pada daerah perkotaan. konstruksi baru. Ukuran kota 1 - 3 juta, rasio belok kiri dan kanan 10%

c) Perilaku lalu-lintas (kualitas lalu-lintas)

Tujuan **analisa perencanaan dan operasional (untuk meningkatkan) simpang bersinyal yang sudah ada**, biasanya untuk penyesuaian waktu sinyal dan untuk perbaikan kecil pada geometri simpang

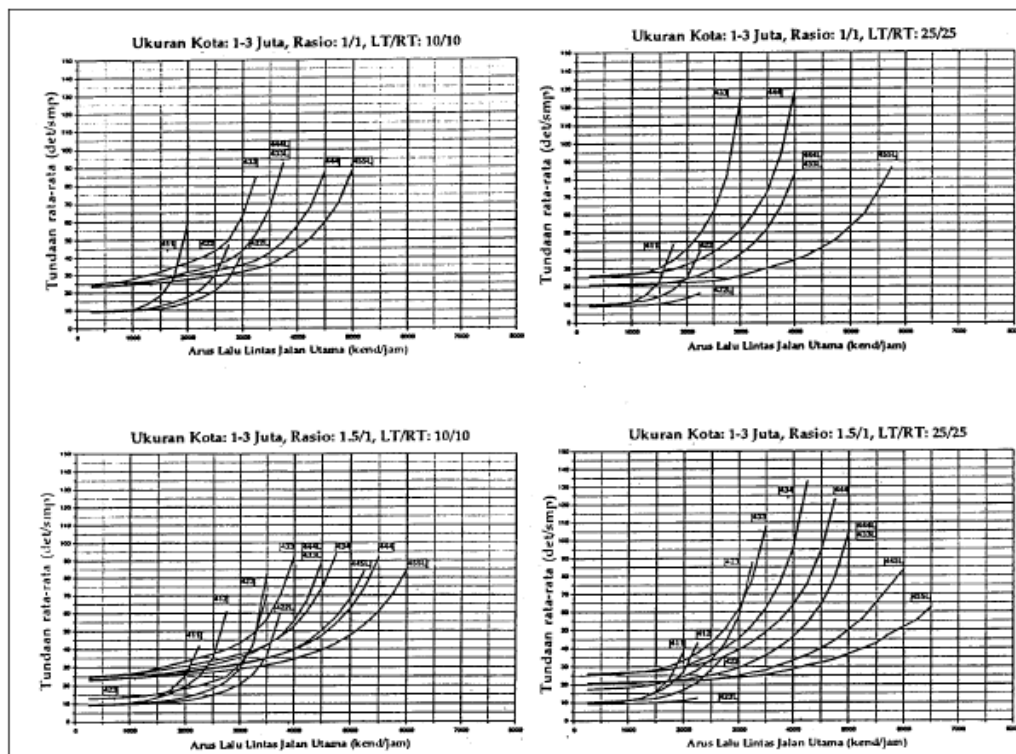
agar perilaku lalu-lintas yang diinginkan dapat dipertahankan baik pada ruas jalan maupun pada jaringan jalan bersinyal. Tundaan rata-rata (det/smp) sebagai fungsi rasio arus/kapasitas simpang bersinyal diberikan dalam Tabel 2.3.3:2 dan Gambar 2.3.3:2-3 dibawah, dengan anggapan fase sinyal dan pengendalian waktu tetap yang terisolir seperti diterangkan pada bagian 2.3.2.

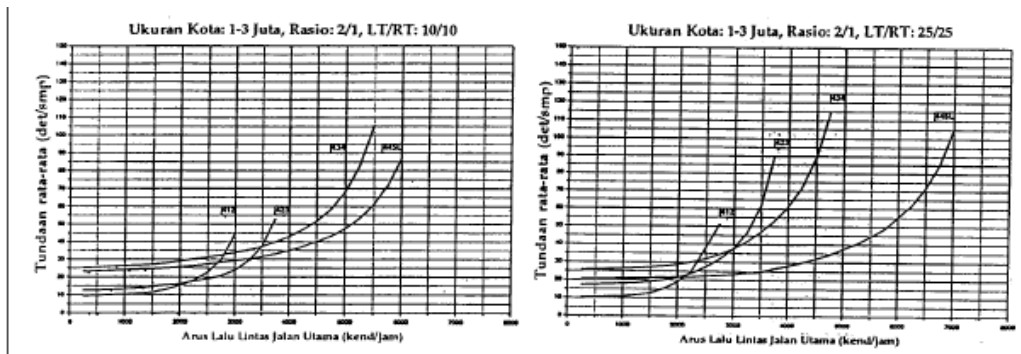
Hasilnya menunjukkan kapasitas kirakira, faktor-smp, dan rentang perilaku lalu-lintas masing masing tipe simpang. Hasil tersebut dapat digunakan untuk perancangan atau untuk pemilihan anggapan; misalnya dalam analisa perencanaan dan operasional untuk peningkatas simpang yang sudah ada. Dalam hal demikian sebaiknya perlu berhati-hati untuk tidak melewati rasio arus/kapasitas = 0,75 selama jam puncak tahun rencana.

Keadaan		Tundaan rata-rata (det/smp)												
LT/RT	Q/C	Tipe simpang / Kapasitas (smp/lam)/ Faktor-SMP (F_{SMP})												
		411	412	422	422L	423	433	433L	434	444	444L	445L	455L	
10/10		2700	3500	4200	4500	4300	4400	5100	5400	6100	5100	6000	6800	
		0,7645	0,7645	0,7645	0,7645	0,7372	0,6825	0,6825	0,6825	0,6825	0,6825	0,6825	0,6825	
	0	9	9	9	9	13	25	23	25	24	23	23	24	
	0,25	9	10	10	9	13	26	24	27	26	24	24	25	
	0,50	10	13	12	11	17	34	31	33	31	31	30	29	
	0,75	18	19	17	17	25	43	38	42	42	38	40	40	
1	59	61	47	42	70	84	93	94	87	93	84	88		
25/25		2300	2900	3400	4400	3900	4100	5400	4800	5400	5400	6800	8200	
		0,7645	0,7645	0,7645	0,7645	0,7098	0,6825	0,6825	0,6825	0,6825	0,6825	0,6825	0,6825	
	0	10	10	10	9	17	25	20	25	26	20	20	21	
	0,25	10	10	10	9	18	26	21	26	27	21	21	22	
	0,50	11	12	12	10	22	30	24	33	32	24	25	26	
	0,75	15	19	18	11	14	49	38	52	51	38	40	37	
1	43	43	39	60	88	124	82	133	128	82	83	83		

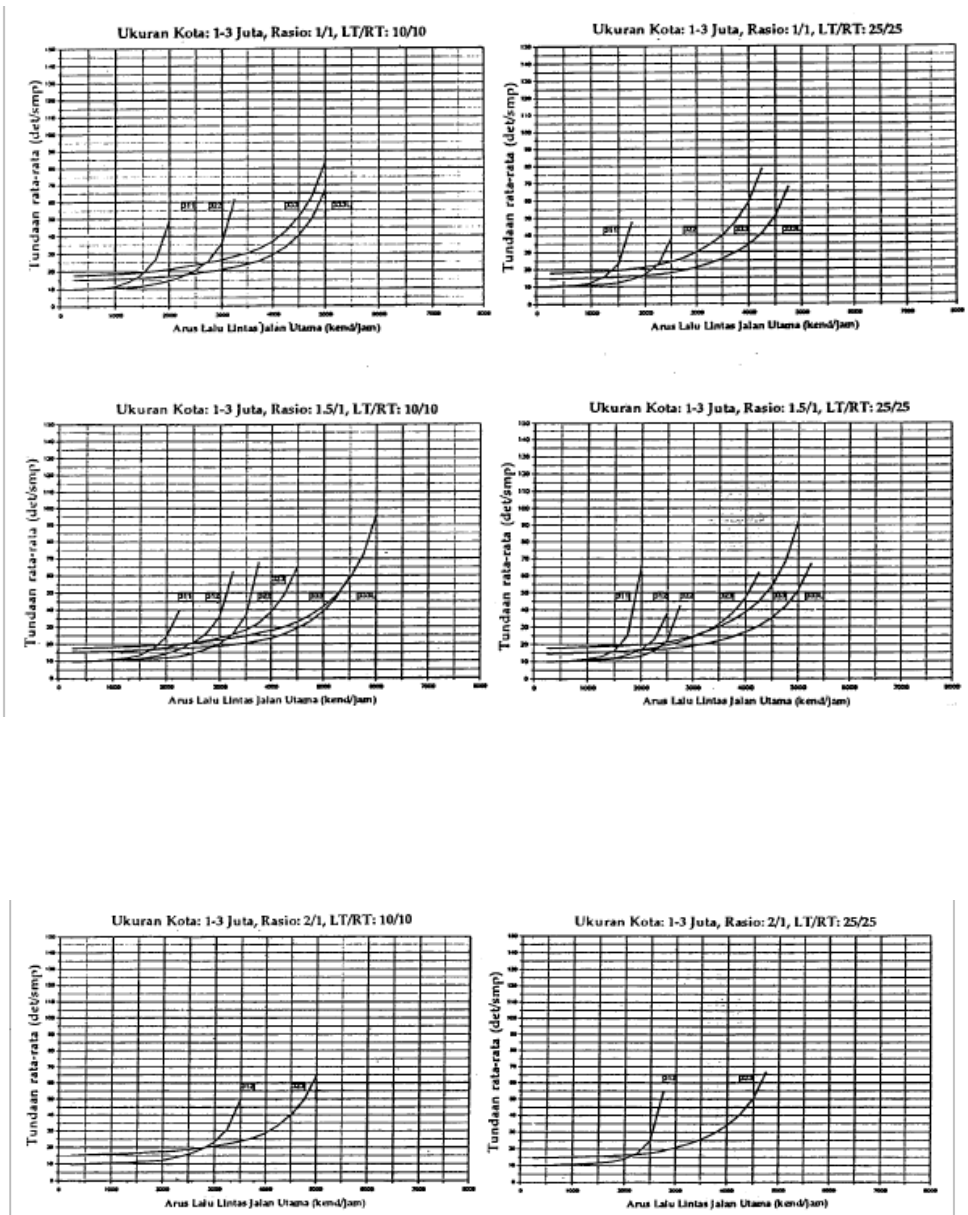
10/10		311	312	322	323	333	333L
		2200	3200	3600	4100	5100	5100
		0,7235	0,7235	0,7235	0,6825	0,6825	0,6825
	0	9	10	10	15	17	15
	0,25	10	10	10	16	19	16
	0,50	11	12	13	19	23	18
0,75	18	20	20	28	33	26	
1	48	63	62	65	83	66	
25/25		1900	2500	2800	3900	4400	4900
		0,7235	0,7235	0,7235	0,6825	0,6825	0,6825
	0	10	10	10	14	18	14
	0,25	10	10	11	15	18	15
	0,50	2	11	11	18	22	18
	0,75	16	17	17	27	34	26
1	48	38	38	62	78	68	

Tabel 2.7 Perilaku lalu-lintas pada simpang 4 dan 3 lengan, ukuran kota 1-3 juta rasio arus utama/minor = 1/1





Gambar 2.8 Perilaku Lalu-lintas Pada Simpang Empat Lengan



Gambar 2.9 Perilaku Lalu-lintas Pada Simpang Tiga Lengan

d) Pertimbangan keselamatan lalu-lintas

Angka kecelakaan lalu-lintas pada simpang bersinyal diperkirakan sebesar 0,43 kecelakaan/juta kendaraan dibandingkan dengan 0,60 pada simpang tak bersinyal dan 0,30 pada bundaran.

DAMPAK PERENCANAAN GEOMETRI

- Sinyal lalu-lintas mengurangi jumlah kecelakaan pada simpang dengan empat lengan dibandingkan dengan simpang dengan tiga lengan
- Kanalisasi gerakan membelok (lajur terpisah dan pulau-pulau) juga mengurangi jumlah kecelakaan

DAMPAK KESELAMATAN AKIBAT PENGATURAN SINYAL

- Hijau awal dapat menambah jumlah kecelakaan
- Arus berangkat terlindung akan mengurangi jumlah kecelakaan dibandingkan dengan arus berangkat terlawan
- Penambahan antar hijau akan mengurangi jumlah kecelakaan

e) Pertimbangan lingkungan

Tidak ada data empiris dari Indonesia tentang emisi kendaraan pada saat pembuatan manual ini. Asap kendaraan dan emisi kebisingan umumnya berkurang dalam keadaan-keadaan berikut:

- Pengaturan sinyal terkoordinasi dan/atau sinyal aktuasi kendaraan akan mengurangi asap kendaraan dan emisi kebisingan bila dibandingkan dengan pengaturan sinyal waktu tetap untuk simpang terisolir.
- Waktu sinyal yang efisien akan mengurangi emisi.

• Perencanaan rinci

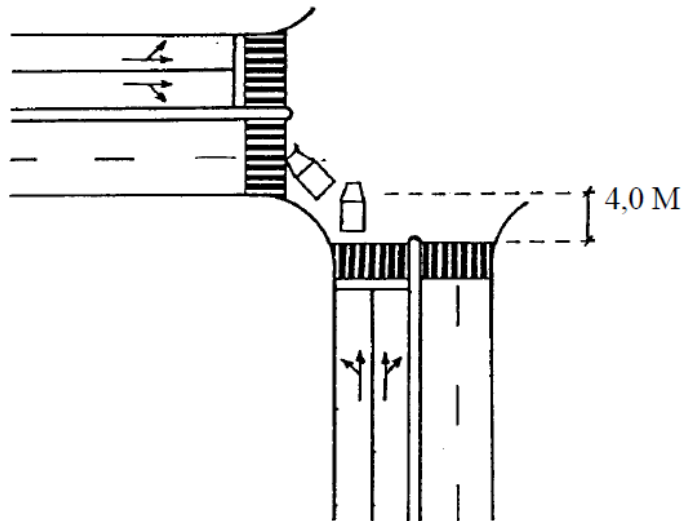
Sebagai prinsip umum, simpang bersinyal bekerja paling efektif apabila simpang tersebut dapat beroperasi dengan moda dua fase (jenis fase 42 dan 32) dan bila keadaan-keadaan berikut dipenuhi:

- Daerah konflik didalam daerah simpang adalah kecil

- Simpang tersebut simetris, artinya jarak dari garis stop terhadap titik perpotongan untuk gerakan lalu-lintas yang berlawanan adalah simetris
- Lajur bersama untuk lalu-lintas lurus dan membelok digunakan sebanyak mungkin dibandingkan dengan lajur terpisah untuk lalu-lintas membelok.

Saran umum lain mengenai perencanaan:

- Lajur terdekat dengan kerib sebaiknya dibuat lebih lebar daripada lebar standar untuk lalulintas kendaraan tak bermotor.
- Lajur membelok yang terpisah sebaiknya direncanakan menjauhi garis utama lalu-lintas, dan panjang lajur membelok harus mencukupi sehingga arus membelok tidak menghambat pada lajur terus.
- Median harus digunakan bila lebar jalan lebih dari 10 m untuk mempermudah penyeberangan pejalan kaki dan penempatan tiang sinyal kedua (lihat dibawah).
- Marka penyeberangan pejalan kaki sebaiknya ditempatkan 3-4 m dari garis lurus perkerasan untuk mempermudah kendaraan yang membelok mempersilahkan pejalan kaki menyeberang dan tidak menghalangi kendaraan-kendaraan yang bergerak lurus, lihat Gambar 2.3.4:1.
- Perhentian bis sebaiknya diletakkan setelah simpang, yaitu ditempat keluar dan bukan ditempat pendekat.



Gambar 2.10 Penempatan Zebra-Cross pada Simpang Bersinyal

- **Pengaturan lalu-lintas dan alat pengatur lalu-lintas**

Pengaturan waktu tetap umumnya dipilih bila simpang tersebut merupakan bagian dari sistim sinyal lalulintas terkoordinasi.

Peraturan sinyal semi aktuasi (detektor hanya dipasang pada jalan minor atau tombol penyeberangan pejalan kaki) umumnya dipilih bila simpang tersebut terisolir dan terdiri dari sebuah jalan minor atau penyeberangan pejalan kaki dan berpotongan dengan sebuah jalan arteri utama. Pada keadaan ini sinyal selalu hijau untuk jalan utama bila tidak ada kebutuhan dari jalan minor.

Pengaturan sinyal aktuasi penuh adalah moda pengaturan yang paling efisien untuk simpang terisolir diantara jalan-jalan dengan kepentingan dan kebutuhan lalu-lintas yang sama atau hampir sama.

Pengaturan sinyal terkoordinasi umumnya diperlukan bila jarak antara simpang bersinyal yang berdekatan adalah kecil (kurang dari 200 m). Manual ini tidak dapat digunakan pada koordinasi simpang. Meskipun waktu sinyal untuk simpang tunggal pada sistim terkoordinasi umumnya berdasarkan waktu sinyal dari pengaturan waktu tetap.

Fase sinyal umumnya mempunyai dampak yang besar pada tingkat kinerja dan keselamatan lalu-lintas sebuah simpang daripada jenis

pengaturan. Waktu hilang sebuah simpang bertambah dan rasio hijau untuk setiap fase berkurang bila fase tambahan diberikan. Maka sinyal akan efisien bila dioperasikan hanya pada dua fase, yaitu hanya waktu hijau untuk konflik utama yang dipisahkan. Tetapi dari sudut keselamatan lalu-lintas, angka kecelakaan umumnya berkurang bila konflik utama antara lalulintas belok kanan dipisahkan dengan lalu-lintas terlawan, yaitu dengan fase sinyal terpisah untuk lalu-lintas belok kanan.

Jika arus belok kanan terlalu besar untuk dilayani dengan sistem 2 fase, langkah selanjutnya adalah menerapkan hijau awal untuk pendekat ini (dan hijau akhir untuk pendekat lawannya) Fase (dan lajur) terpisah untuk lalu-lintas belok kanan disarankan terutama pada keadaan-keadaan berikut:

- Pada jalan-jalan arteri dengan batas kecepatan diatas 50 km/jam, kecuali bila jumlah kendaraan belok kanan kecil sekali (kurang dari 50 kendaraan/jam per arah)
- Bila terdapat lebih dari satu lajur terpisah untuk lalu-lintas belok kanan pada salah satu pendekat.
- Bila arus belok kanan selama jam puncak melebihi 200 kendaraan/jam dan keadaan-keadaan berikut dijumpai:
 - Jumlah lajur mencukupi kebutuhan kapasitas untuk lalu-lintas lurus dan belok kiri sehingga lajur khusus lalu-lintas belok kanan tidak diperlukan
 - Jumlah kecelakaan untuk kendaraan belok kanan diatas normal dan usaha-usaha keselamatan lainnya tidak dapat diterapkan

Belok kiri langsung sedapat mungkin digunakan bila ruang jalan yang tersedia mencukupi untuk kendaraan belok kiri melewati antrian lalu-lintas lurus dari pendekat yang sama, dan dengan aman bersatu dengan lalu-lintas lurus dari fase lainnya yang masuk ke lengan simpang yang sama.

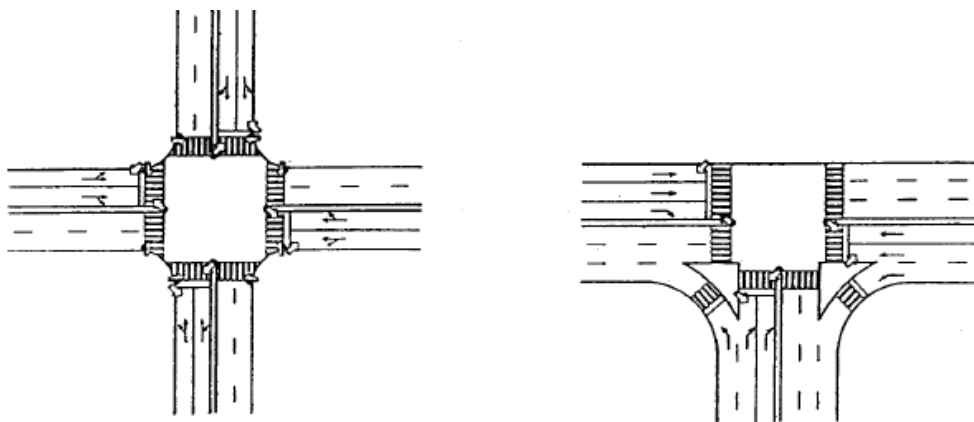
Pemeriksaan ulang waktu sinyal yang sering (menggunakan program KAJI) adalah tidak mahal bila untuk menurunkan tundaan dan gas buangan.

Waktu kuning sebaiknya dijadikan 5 detik pada sinyal di jalan kecepatan tinggi.

Penempatan tiang sinyal dilakukan sedemikian rupa sehingga setiap gerakan lalu-lintas pada simpang mempunyai dua tiang sinyal:

- sebuah sinyal utama ditempatkan dekat garis stop pada sisi kiri pendekat
- sebuah sinyal kedua ditempatkan pada sisi kanan pendekat

Denah-denah khas dan penempatan sinyal ditunjukkan pada Figure 2.11 dibawah.

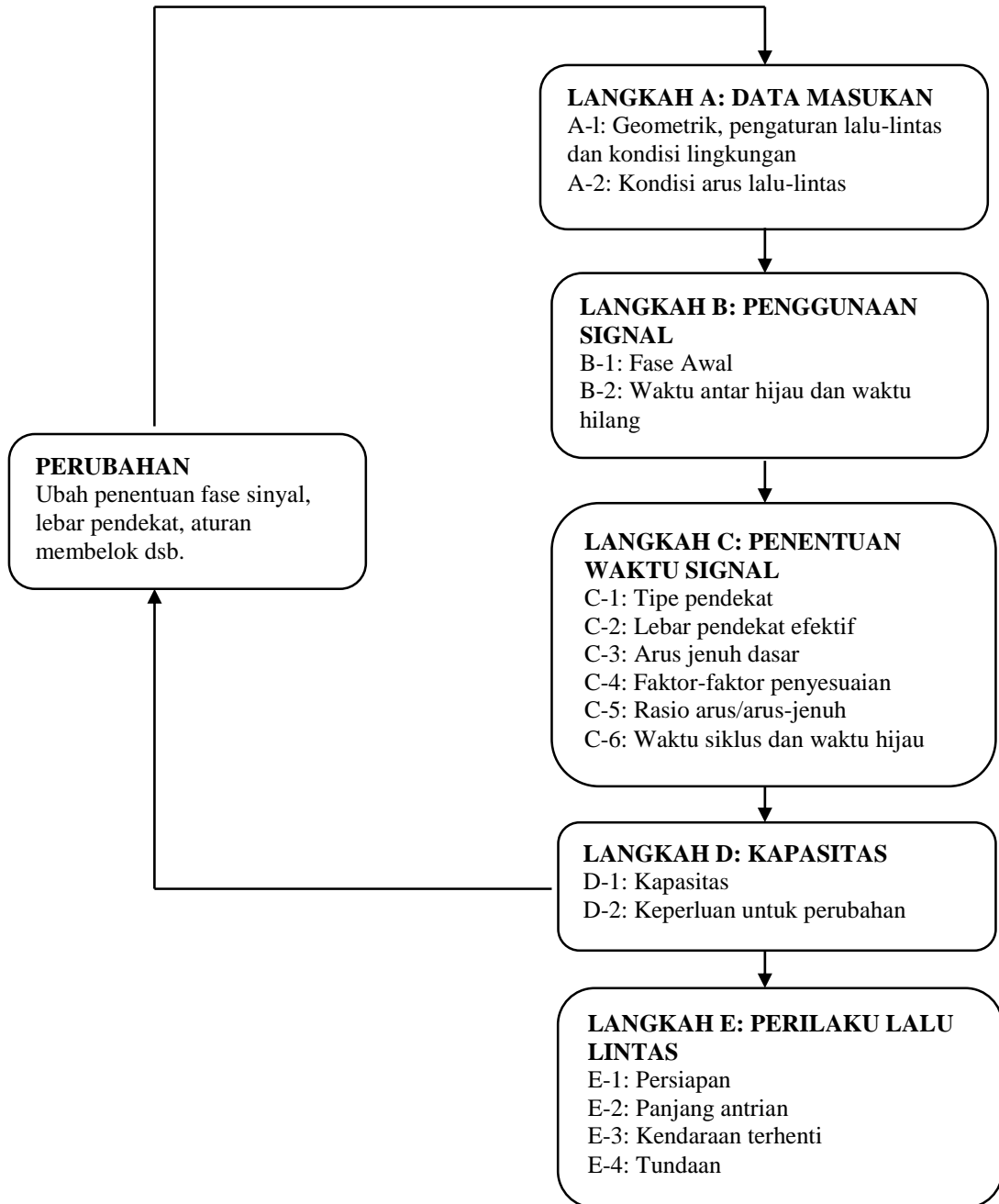


- Sinyal kendaraan
- ▣ Sinyal kendaraan dengan panah
- Sinyal pejalan kaki

Gambar 2.11 Contoh penempatan sinyal utama dan sinyal kedua pada simpang besinyal

2.4 RINGKASAN PROSEDUR PERHITUNGAN

Bagan alir prosedur perhitungan digambarkan seperti dibawah.
Berbagai langkah yang berbeda diuraikan secara rinci dalam Bagian 3.



Gambar 2.12 Bagan alir analisa simpang bersinyal

Formulir-formulir berikut ini digunakan untuk perhitungan :

SIG-I GEOMETRIK, PENGATURAN LALU-LINTAS,
LINGKUNGAN

SIG-II ARUS LALU-LINTAS

SIG-III WAKTU ANTAR HIJAU, WAKTU HILANG

SIG-IV PENENTUAN WAKTU SINYAL, KAPASITAS

SIG-V TUNDAAN, PANJANG ANTRIAN, JUMLAH
KENDARAAN

TERHENTI

Formulir-formulir tersebut diberikan dalam lampiran 2 :1 pada akhir bab mengenai simpang bersinyal.

2.5 PROSEDUR PERHITUNGAN

Prosedur yang diperlukan untuk perhitungan waktu sinyal, kapasitas dan ukuran kinerja diuraikan di bawah, langkah demi langkah dalam urutan berikut (lihat juga bagan alir pada gambar 2.2:1 di atas):

LANGKAH A: DATA MASUKAN

A-1: Geometrik, pengaturan lalu-lintas dan kondisi lingkungan.

A-2: Kondisi arus lalu-lintas

LANGKAH B: PENGGUNAAN SINYAL

B-1: Fase sinyal

B-2: Waktu antar hijau dan waktu hilang

LANGKAH C: PENENTUAN WAKTU SINYAL

C-1: Tipe pendekat

C-2: Lebar pendekat efektif

C-3: Arus jenuh dasar

C-4: Faktor-faktor penyesuaian

C-5: Rasio arus/arus-jenuh

C-6: Waktu siklus dan waktu hijau

LANGKAH D:	KAPASITAS
D-1:	Kapasitas
D-2:	Keperluan untuk perubahan
LANGKAH E:	PERILAKU LALU-LINTAS
E-1:	Persiapan
E-2:	Panjang antrian
E-3:	Kendaraan terhenti
E-4:	Tundaan

Formulir-formulir kosong untuk perhitungan diberikan pada Lampiran 2:1, dan contoh-contoh perhitungan dapat dilihat pada Bagian 4. Pada dasarnya prosedur yang sama diikuti untuk seluruh jenis penggunaan sebagaimana diuraikan dalam Bagian 2.12, dengan perbedaan utama hanya pada tingkat rincian dari data masukan.

1.1 LANGKAH A: DATA MASUKAN

LANGKAH A-1 : GEOMETRIK, PENGATURAN LALU-LINTAS DAN KONDISI

LINGKUNGAN (Formulir SIG-I).

Informasi untuk diisi pada bagian atas Form SIG-1:

- **Umum :**
Isilah tanggal, Dikerjakan oleh, Kota, Simpang, Hal (mis.Alt.1) dan Waktu (mis. puncak pagi 1996) pada judul formulir.
- **Ukuran kota :**
Masukkan jumlah penduduk perkotaan (ketelitian 0,1 jt penduduk)
- **Fase dan waktu sinyal :**
Gunakan kotak-kotak di bawah judul Formulir SIG-1 untuk menggambar diagram diagram fase yang ada (jika ada). Masukkan waktu hijau (g) dan waktu antar hijau (IG) yang ada pada setiap kotak, dan masukkan waktu siklus dan waktu hilang total ($LTI = \sum IG$) untuk kasus yang ditinjau (jika ada).

○ **Belok kiri langsung :**

Tunjukkan dalam diagram-diagram fase dalam pendekat-pendekat mana gerakan belok kiri langsung diijinkan (gerakan membelok tersebut dapat dilakukan dalam semua fase tanpa memperhatikan sinyal)

Gunakan ruang kosong pada bagian tengah dari formulir untuk membuat sketsa simpang tersebut dan masukkan semua data masukan geometrik yang diperlukan:

- Denah dan posisi dari pendekat-pendekat, pulau-pulau lalu-lintas, garis henti, penyeberangan pejalan kaki, marka lajur dan marka panah.
- Lebar (ketelitian sampai sepersepuluh meter terdekat) dari bagian pendekat yang diperkeras, tempat masuk dan ke luar. Informasi ini juga dimasukkan dibagian bawah formulir.
- Panjang lajur dengan panjang terbatas (ketelitian sampai meter terdekat)
- Gambar suatu panah yang menunjukkan arah Utara pada sketsa.

Jika denah dan rencana dari simpang tersebut tidak diketahui, lihat Bagian 2.2 diatas untuk anggapan-anggapan awal analisa.

Masukkan data kondisi dari lokasi lainnya yang berhubungan dengan kasus yang sedang dipelajari pada tabel di bagian bawah dari formulir:

○ **Kode pendekat (kolom 1)**

Gunakan Utara, Selatan, Timur, Barat atau tanda lainnya yang jelas untuk menamakan pendekat-pendekat tersebut. Perhatikan bahwa lengan simpang dapat dibagi oleh pulau lalu lintas menjadi dua pendekat atau lebih. misal N(LT+ST), N(RT). Cara yang sama digunakan jika gerakan-gerakan lalu-lintas pada pendekat tersebut mempunyai lampu hijau yang berbeda fase.

- **Tipe lingkungan jalan (kolom 2)**
Masukkan tipe lingkungan jalan (COM = Komersial; RES = Permukiman; RA = Akses terbatas) untuk setiap pendekat (definisi lihat Bagian 1.3).
- **Tingkat hambatan samping (kolom 3)**
Masukkan tingkat hambatan samping:
Tinggi : Besar arus berangkat pada tempat masuk dan ke luar berkurang oleh karena aktivitas disamping jalan pada pendekat seperti angkutan umum berhenti, pejalan kaki berjalan sepanjang atau melintas pendekat, keluar-masuk halaman disamping jalan dsb.
Rendah : Besar arus berangkat pada tempat masuk dan keluar tidak berkurang oleh hambatan samping dari jenis-jenis yang disebut di atas
- **Median (Kolom 4)**
Masukkan jika terdapat median pada bagian kanan dari garis henti dalam pendekat (Ya/Tidak)
- **Kelandaian (kolom 5)**
Masukkan kelandaian dalam % (naik = + %; turun = - %)
- **Belok kiri langsung (kolom 6)**
Masukkan jika belok kiri langsung (LTOR) diijinkan (Ya/Tidak) pada pendekat tsb (tambahan untuk menunjukkan hal ini dalam diagram fase sebagaimana digunakan di atas).
- **Jarak ke kendaraan parkir kolom 7**
Masukkan jarak normal antara garis-henti dan kendaraan pertama yang diparkir disebelah hulu pendekat, untuk kondisi yang dipelajari.
- **Lebar pendekat (kolom 8-11)**
Masukkan, dari sketsa, lebar (ketelitian sampai sepersepuluh meter terdekat) bagian yang diperkeras dari masing masing pendekat (hulu dari titik belok untuk LTOR), Belok-Kiri Langsung, Tempat masuk (pada garis henti, lihat juga Gambar C-2:1) dan Tempat Keluar (bagian tersempit setelah melewati jalan melintang).

- **Catatan**

catat pada lembar terpisah informasi lainnya yang anda pikir dapat mempengaruhi kapasitas pendekat tersebut.

LANGKAH A-2: KONDISI ARUS LALU LINTAS (Formulir SIG-II)

Jika data lalu-lintas rinci dengan distribusi jenis kendaraan untuk masing-masing gerakan beloknya tersedia, maka Formulir SIG-II dapat digunakan. Masukkan data arus lalu lintas untuk masing-masing jenis kendaraan bermotor dalam kend./jam pada Kolom 3,6,9 dan arus kendaraan tak bermotor pada Kolom 17. Pada keadaan lainnya mungkin lebih baik untuk menggunakan formulir penyajian data yang lebih sederhana, dan memasukkan hasilnya langsung kedalam Formulir SIG-IV. (Nilai normal data masukan lalu-lintas: Lihat Bagian 2.2.2 diatas).

Beberapa kumpulan data arus lalu-lintas mungkin diperlukan untuk menganalisa periode-periode lainnya, seperti jam-puncak pagi, jam-puncak siang, jam-puncak sore, jam-lewat puncak dsb.

Perhatian: Semua gerakan lalu-lintas didalam simpang harus dicatat pada Formulir SIG-II, juga untuk belok kiri langsung (LTOR). Tetapi gerakan LTOR tidak dimasukkan dalam perhitungan waktu sinyal seperti diuraikan dalam langkah C, (tetapi sudah diperhitungkan dalam perhitungan perilaku lalu-lintas dalam langkah E).

- Hitung arus lalu-lintas dalam smp/jam bagi masing-masing jenis kendaraan untuk kondisi terlindung dan atau terlawan (yang sesuai tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan yang diijinkan) dengan menggunakan emp berikut:

Tipe Kendaraan	emp	
	Pendekat terlindung	Pendekat terlawan
LV	1,0	0,1
HC	1,3	1,3
MC	0,2	0,4

- Masukkan hasilnya pada Kolom (4)-(5), (7)-(8), (10)-(11).
- Hitung arus lalu-lintas total QMV dalam kend./jam dan smp/jam pada masing-masing pendekat untuk kondisi-kondisi arus berangkat terlindung dan/atau terlawan (yang sesuai tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan yang diijinkan). Masukkan hasilnya pada Kolom (12)-(14).
- Hitung untuk masing-masing pendekat rasio kendaraan belok kiri PLT, dan rasio belok kanan PRT dan masukkan hasilnya kedalam Kolom (15) dan (16) pada baris yang sesuai untuk arus LT dan RT:

$$P_{LT} = \frac{LT(smp/jam)}{Total(smp/jam)} \quad (13) \quad P_{RT} = \frac{RT(smp/jam)}{Total(smp/jam)}$$

- Hitung rasio kendaraan tak bermotor dengan membagi arus kendaraan tak bermotor QUM kend./jam pada Kolom (17) dengan arus kendaraan bermotor QMV kend./jam pada Kolom (12):

$$PUM=QUM/QMV$$

A. LANGKAH B: PENGGUNAAN SINYAL

LANGKAH B-1: PENENTUAN FASE SINYAL (Formulir SIG-IV).

Jika perhitungan akan dikerjakan untuk rencana fase sinyal yang lain dari yang digambarkan pada Formulir SIG-1, maka rencana fase sinyal harus dipilih sebagai alternatif permulaan untuk keperluan evaluasi. Berbagai tipe fase sinyal telah ditunjukkan pada bagian 1, Gambar 1.2:3.

PROSEDUR

- **Pilih fase sinyal.**

Lihat saran pada Bagian 2.2.2 dan bagian 2.3 diatas. Biasanya pengaturan dua fase dicoba sebagai kejadian dasar, karena biasanya menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan tundaan rata-rata lebih rendah daripada tipe fase sinyal lain dengan pengatur fase yang biasa dengan pengatur fase konvensional. Arus berangkat belok-kanan pada fase yang berbeda dari gerakan lurus-langsung memerlukan lajur (-lajur RT) terpisah. Pengaturan terpisah gerakan belok kanan biasanya hanya dilakukan berdasarkan pertimbangan kapasitas jika arus melebihi 200 smp/jam. Walau demikian, mungkin diperlukan demi keselamatan lalu-lintas dalam keadaan tertentu.

- Gambarkan fase sinyal yang dipilih dalam kotak yang disediakan pada Formulir SIG-IV. Masing-masing rencana fase yang akan dicoba memerlukan formulir SIG-IV dan SIG-V tersendiri.

LANGKAH B-2: WAKTU ANTAR HIJAU DAN WAKTU HILANG (Formulir SIG-III)

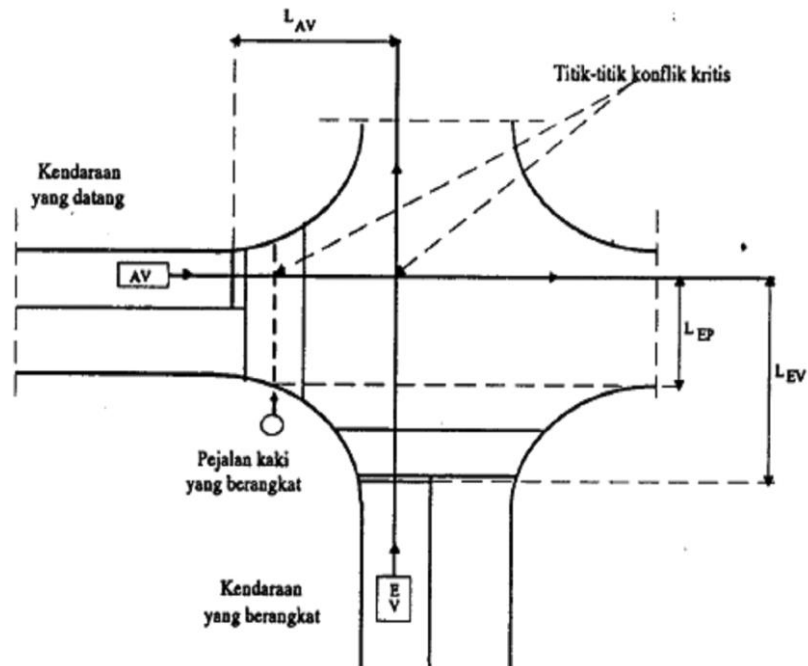
- Tentukan waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada setiap akhir fase dan hasil waktu antar hijau (IG) per fase.
- Tentukan waktu hilang (LTI) sebagai jumlah dari waktu antar hijau per siklus, dan masukkan hasilnya kedalam bagian bawah Kolom 4 pada Formulir SIG-IV.

Untuk analisa operasional dan perencanaan, disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau untuk waktu pengosongan dan waktu hilang dengan Formulir SIG-III seperti diuraikan di bawah. Pada analisa yang dilakukan bagi keperluan perancangan, waktu antar hijau berikut (kuning + merah semua) dapat dianggap sebagai nilai normal:

Ukuran Simpang	Lebar jalan rata-rata	Nilai normal waktu antar - hijau
Kecil	6 – 9 m	4detik / fase
Sedang	10 – 14 m	5detik / fase
Besar	> 15 m	> 6 detik

PROSEDUR UNTUK PERHITUNGAN RINCI

Waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase harus memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang datang pertama dari fase berikutnya (melewati garis henti pada awal sinyal hijau) pada titik yang sama. Jadi merah semua merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan yang datang dari garis henti sampai ke titik konflik, dan panjang dari kendaraan yang berangkat, lihat Gambar B-2:1 dibawah.



Gambar 2.13 Titik konflik kritis dan jarak untuk keberangkatan dan kedatangan

Titik konflik kritis pada masing-masing fase (i) adalah titik yang menghasilkan WAKTU MERAH-SEMUA terbesar:

$$MERAH\ SEMUA_i = \left[\frac{(L_{EV} + l_{ev})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]_{MAX}$$

Dimana:

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

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

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

Gambar B-2:1 Menggambarkan kejadian dengan titik-titik konflik kritis yang diberi tanda bagi kendaraan-kendaraan maupun para pejalan kaki yang memotong jalan.

Nilai-nilai yang dipilih untuk \$V_{EV}\$, \$V_{AV}\$, dan \$l_{EV}\$ tergantung dari komposisi lalu-lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Nilai-nilai

sementara berikut dapat dipilih dengan ketiadaan aturan di Indonesia akan hal ini.

Kecepatan kendaraan yang datang VAV : 10 m/det (kend. bermotor)

Kecepatan kendaraan yang berangkat VEV : 10 m/det (kend. bermotor)

: 3 m/det (kend. tak bermotor misalnya sepeda)

: 1,2 m/det (pejalan kaki)

Panjang kendaraan yang berangkat IEV : 5 m (LV atau HV)

: 2 m (MC atau UM)

Perhitungan dilakukan dengan Formulir SIG-III untuk semua gerak lalu-lintas yang bersinyal (tidak termasuk LTOR). Apabila periode merah-semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau:

$$LTI = \Sigma (\text{MERAH SEMUA} + \text{KUNING})_i = \Sigma IG_i \quad (17)$$

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu-lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah 3,0 detik.

B. LANGKAH C: PENENTUAN WAKTU SINYAL

Langkah C meliputi penentuan faktor-faktor berikut ini :

C-1: Tipe pendekat

C-2: Lebar pendekat efektif

C-3: Arus jenuh dasar

C-4: Faktor penyesuaian

C-5: Rasio arus/arus jenuh

C-6: Waktu siklus dan waktu hijau.

Perhitungan-perhitungan dimasukkan kedalam Formulir SIG-IV PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS.

LANGKAH C- 1: TIPE PENDEKAT

- Masukkan identifikasi dari setiap pendekat dalam baris pada Formulir SIG-IV kolom 1. Apabila dua gerakan lalu-lintas pada suatu pendekat diberangkatkan pada fase yang berbeda (misal. lalu-lintas lurus dan lalu-lintas belok-kanan dengan lajur terpisah), harus dicatat pada baris

terpisah dan diperlakukan sebagai pendekat-pendekat terpisah dalam perhitungan selanjutnya. Apabila suatu pendekat mempunyai nyala hijau pada dua fase, dimana pada keadaan tersebut, tipe lajur dapat berbeda untuk masing-masing fase, satu baris sebaiknya digunakan untuk mencatat data masing masing fase, dan satu baris tambahan untuk memasukkan hasil gabungan untuk pendekat tersebut. (Langkah C-4 dan selanjutnya).

- Masukkan nomor dari fase yang masing-masing pendekat/gerakannya mempunyai nyala hijau pada kolom 2.
- Tentukan tipe dari setiap pendekat terlindung (P) atau terlawan (0) dengan bantuan Gambar C-1:1 di bawah, dan masukkan hasilnya pada kolom 3
- Buatlah sketsa yang menunjukkan arus-arus dengan arahnya (Formulir SIG-II kolom 13-14) dalam smp/jam pada kotak sudut kiri atas Formulir SIG-IV (pilih hasil yang sesuai untuk kondisi terlindung (Tipe P) atau terlawan (Tipe 0) sebagaimana tercatat pada kolom 3)
- Masukkan rasio kendaraan berbelok (PLOTTR atau PLT, PRT) untuk setiap pendekat (dari Formulir SIG-II kolom 15-16) pada Kolom 4-6.
- Masukkan dari sketsa arus kendaraan belok kanan dalam smp/jam, dalam arahnya sendiri (QRT) pada kolom 7 untuk masing-masing pendekat (dari Formulir SIG-II kolom 14). Masukkan juga untuk pendekat tipe 0 arus kendaraan belok kanan, dalam arah yang berlawanan (QRTO) pada kolom 8 (dari Formulir SIG-II Kolom 14).

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola-pola pendekatan		
Terlindung P	Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang T
		Jalan dua arah, gerakan belok kanan terbatas		
		Jalan dua arah, fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah.		
		Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas.		
Terlawan O	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas.		

Gambar 2.14 C-1: Penentuan Tipe Pendekat

LANGKAH C-2: LEBAR PENDEKAT EFEKTIF

Tentukanlah lebar efektif (W_e) dari setiap pendekat berdasarkan informasi tentang lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{MASUK}) dan lebar keluar (W_{KELUAR}) dari Formulir SIG-I (sketsa dan Kolom 8-11) dan rasio lalu-lintas berbelok dari formulir SIG-IV Kolom 4-6 sebagai berikut, dan masukkan hasilnya pada kolom 9 pada Formulir SIG-IV

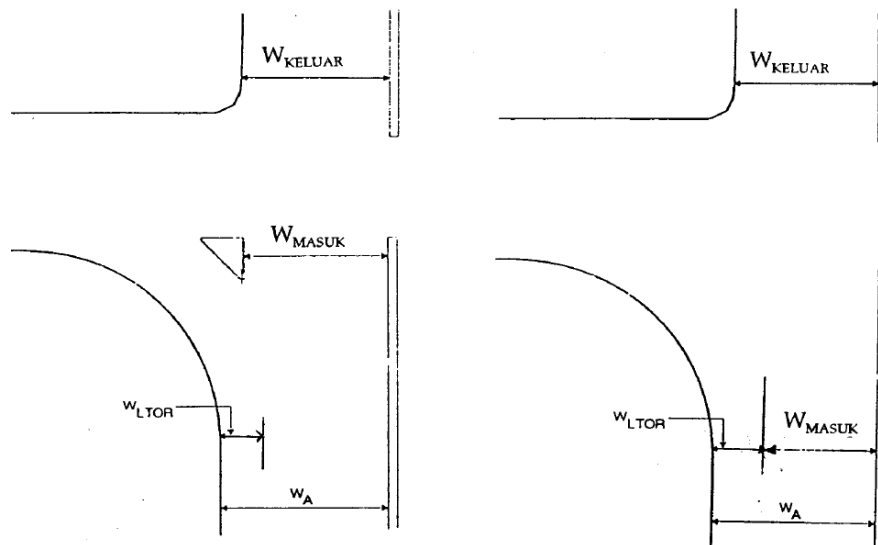
PROSEDUR UNTUK PENDEKAT TANPA BELOK-KIRI LANGSUNG (LTOR)

Periksa lebar keluar (hanya untuk pendekat tipe P)

Jika $W_{KELUAR} < W_e \times (1 - PRT - PLTOR)$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{KELUAR} dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu-lintas lurus saja (yaitu $Q = Q_{ST}$ pada Formulir SIG-IV kolom 18).

PROSEDUR UNTUK PENDEKAT DENGAN BELOK-KIRI LANGSUNG (LTOR).

Lebar efektif (W_e) dapat dihitung untuk pendekat dengan pulau lalu-lintas, penentuan lebar masuk (W_{MASUK}) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar C-2:1, atau untuk pendekat tanpa pulau lalu-lintas yang ditunjukkan pada bagian kanan dari Gambar. Pada keadaan terakhir $W_{MASUK} = W_A - W_{LTOR}$. Persamaan dibawah dapat digunakan untuk kedua keadaan tersebut.



Gambar 2.15 C-2:1 Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau lalu lintas

Jika $W_{LTOR} \geq 2m$: Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah

Langkah A:1 :Keluarkan lalu-lintas belok-kiri langsung QLTOR dari perhitungan selanjutnya pada Formulir SIG-IV (yaitu $Q = Q_{ST} + Q_{RT}$) Tentukan lebar pendekat efektif sebagai berikut:

$$W_e = \text{Min} \begin{cases} W_A - W_{LTOR} \\ W_{MASUK} \end{cases}$$

Langkah A:2 : Periksa lebar keluar (**hanya untuk pendekat tipe P**)

Jika $W_{KELUAR} < W_e \times (1 - P_{RT})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru sama dengan W_{KELUAR} , dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu-lintas lurus saja (yaitu $Q = Q_{ST}$ pada Formulir SIG-IV kolom 18).

$W_{LTOR} < 2m$: Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya dalam pendekat selama sinyal merah.

Langkah B:1 : Sertakan Q_{LTOR} pada perhitungan selanjutnya.

$$W_e = \text{Min.} \begin{cases} W_A \\ W_{MASUK} + W_{LTOR} \\ W_A \times (1 + P_{LTOR}) - W_{LTOR} \end{cases}$$

Langkah B:2 :Periksa lebar keluar (hanya untuk pendekat tipe P)

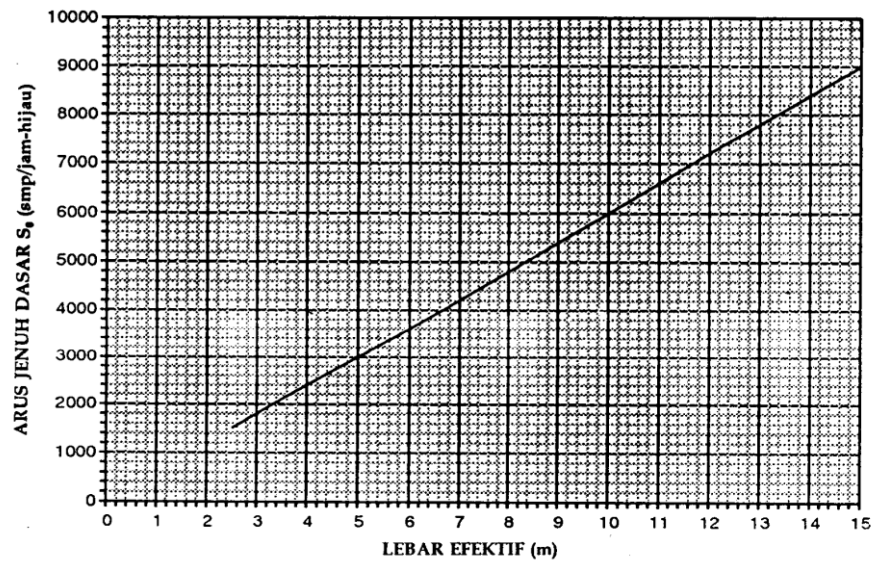
Jika $W_{KELUAR} < W_e \times (1 - P_{RT} - P_{LTOR})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{KELUAR} , dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu-lintas lurus saja (yaitu $Q = Q_{ST}$ pada Formulir SIG-IV kolom 18).

LANGKAH C-3: ARUS JENUH DASAR

- Tentukan arus jenuh dasar (S_0) untuk setiap pendekat seperti diuraikan dibawah, dan masukkan hasilnya pada kolom 10:

a) Untuk pendekat tipe P (arus terlindung):

$$S_{d,} = 600 \times We \text{ smp/jam hijau}$$



Gambar 2.16 C-3:1 Arus jenuh dasar untuk pendekat tipe P.

b) Untuk pendekat tipe 0 (arus berangkat terlawan):

So ditentukan dari Gambar C-3:2 (untuk pendekatan tanpa lajur belok-kanan terpisah) dan dari Gambar C-3:3 (untuk pendekat dengan lajur belok kanan terpisah) sebagai fungsi dari We , QRT dan $QRTO'$

Gunakanlah gambar-gambar tersebut untuk mendapatkan nilai arus jenuh pada keadaan di mana lebar pendekat lebih besar dan lebih kecil daripada W , sesungguhnya dan hitung hasilnya dengan interpolasi.

Lihat saran dibawah sehubungan dengan penanganan keadaan yang mempunyai arus belok kanan lebih besar daripada yang terdapat dalam diagram.

Contoh:

Tanpa lajur belok kanan terpisah : $QRT = 125$ smp/jam; $QRTO = 100$ smp/jam

We sesungguhnya = 5,4 m

Dari Gambar C-3:2 diperoleh

$$S_{6,0} = 3000; S_{5,0} = 2440$$

Hitung

$$\begin{aligned} S_{5,4} &= (5,4-5,0) \times (S_{6,0}-S_{5,0}) + S_{5,0} = 0,4(3000-2440) + 2440 \\ &= 2664 \approx 2660 \end{aligned}$$

Jika gerakan belok kanan lebih besar dari 250 smp/jam, fase sinyal terlindung harus dipertimbangkan, artinya rencana fase sinyal harus diganti. Cara pendekatan berikut dapat digunakan untuk tujuan analisa operasional misalnya peninjauan kembali waktu sinyal suatu simpang.

Lajur belok kanan tidak terpisah.

a. Jika $QRTO > 250$ smp/jam:

- $QRT < 250$: 1. Tentukan S_{prov} pada $QRTO = 250$

2. Tentukan S sesungguhnya sebagai

$$S = S_{prov} - \{(QRTO - 250) \times 8\} \text{ smp/jam}$$

- $QRT > 250$: 1. Tentukan S_{prov} pada $QRTO$ and $QRT = 250$

2. Tentukan S sesungguhnya sebagai

$$S = S_{prov} - \{(QRTO + QRT - 500) \times 2\} \text{ smp/jam}$$

b. Jika $QRTO < 250$ dan $QRT > 250$ smp/jam: Tentukan S seperti pada $QRT = 250$.

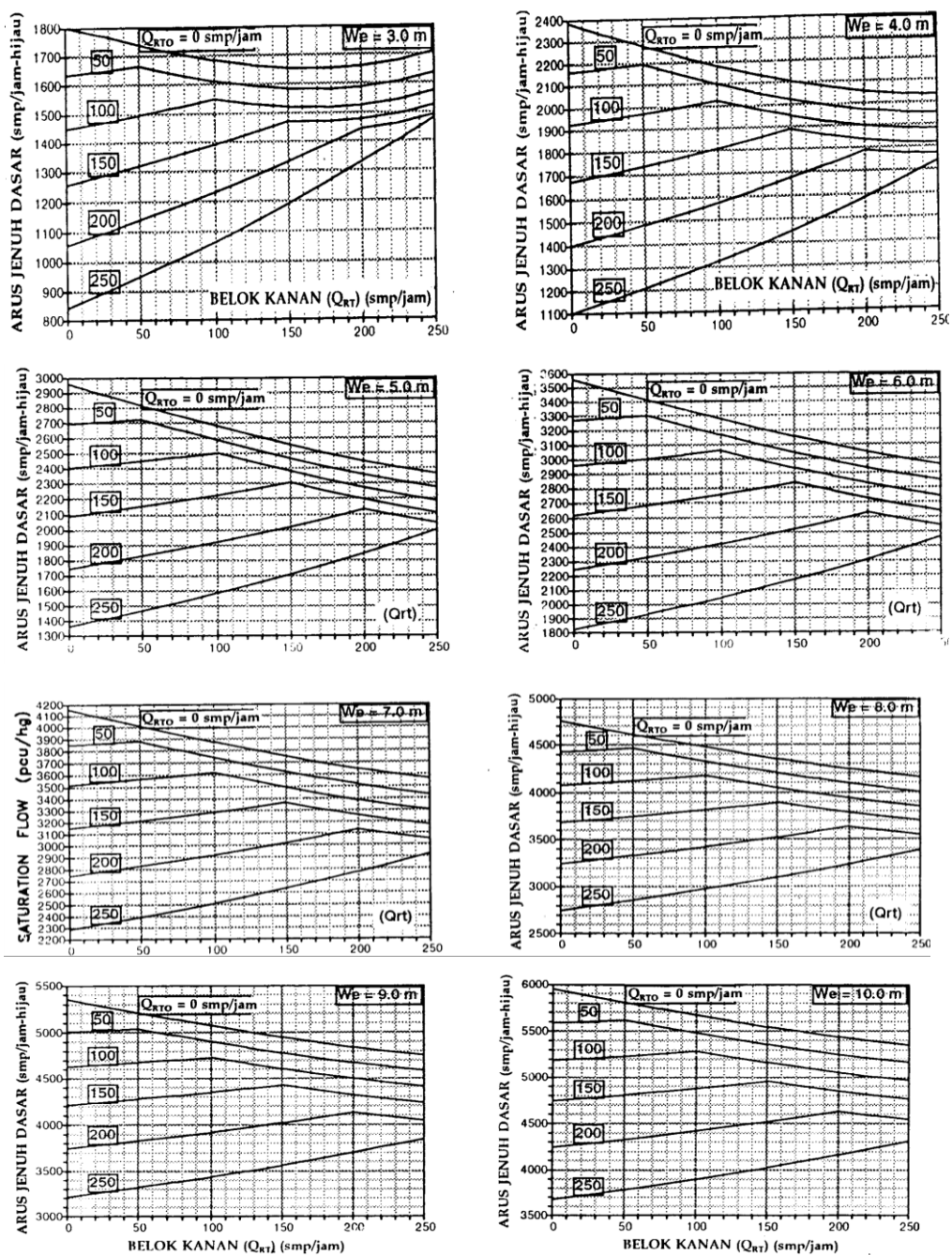
Lajur belok kanan terpisah

a. Jika $QRTO > 250$ smip/jam:

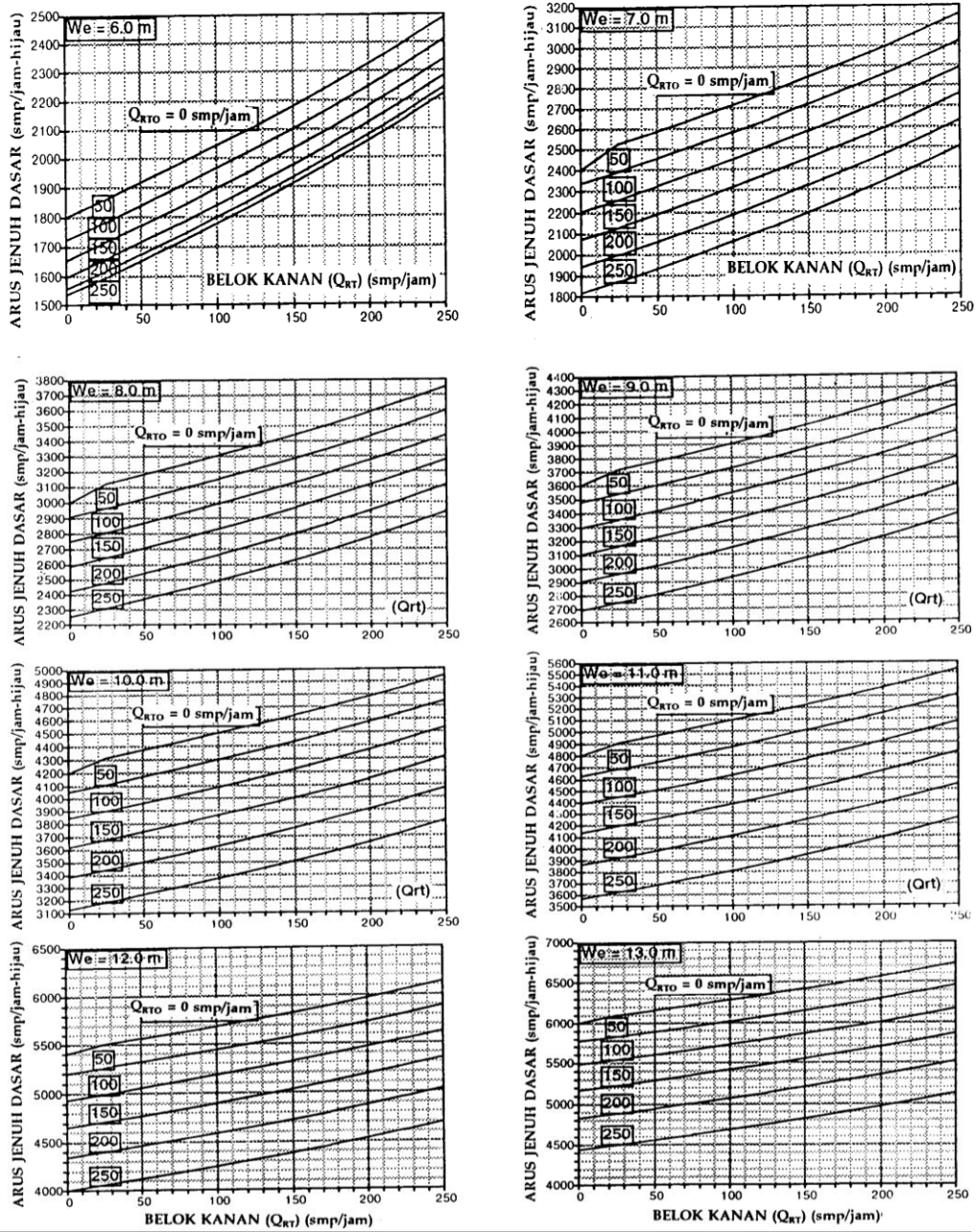
- $QRT < 250$: 1. Tentukan S dari Gambar C-3:3 dengan extrapolasi.

- $QRT > 250$: 1. Tentukan S_{prov} pada $QRTO$ and $QRT = 250$

b. Jika $QRTO < 250$ dan $QRT > 250$ smp/jam: Tentukan S dari Gambar C-3:3 dengan extrapolasi.



Gambar 2.17 C-3:3 S. Untuk Pendekat-Pendekat Tipe 0 Tanpa Lajur Belok Kanan Terpisah



Gambar 2.4. Untuk Pendekat-Pendekat Tipe 0 Dengan Lajur Belok Kanan Terpisah

LANGKAH C-4: FAKTOR PENYESUAIAN

- a) Tentukan faktor penyesuaian berikut untuk nilai arus jenuh dasar untuk kedua tipe pendekat P dan 0 sebagai berikut

Faktor penyesuaian ukuran kota Ditentukan dari Tabel C-4:3 sebagai fungsi dari ukuran kota yang tercatat pada Formulir SIG-I. Hasilnya dimasukkan kedalam kolom 11.

Penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota (FCS)
> 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

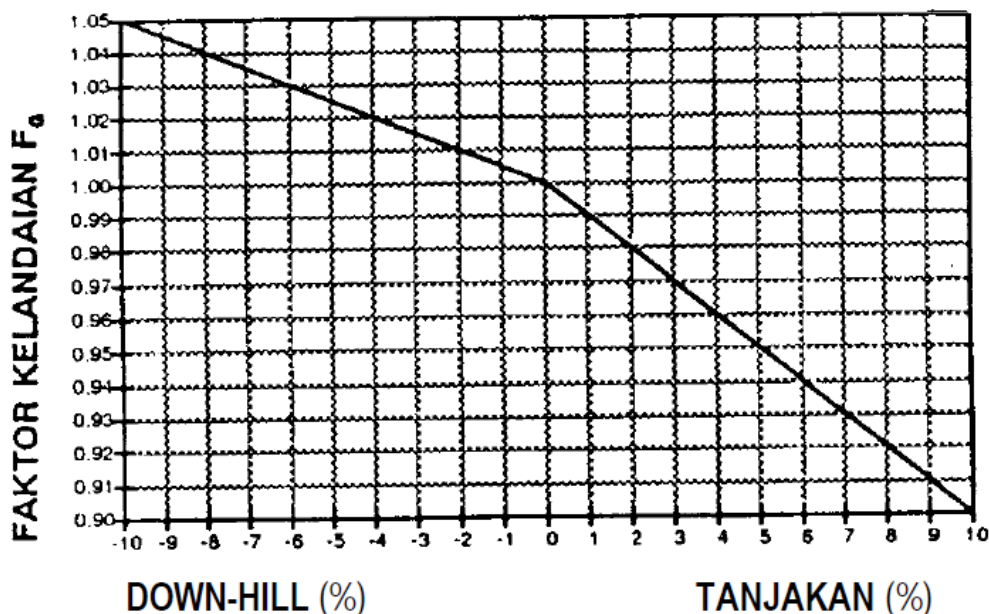
Tabel C-4:3 Faktor penyesuaian ukuran kota (FCS)

Faktor penyesuaian Hambatan Samping. Ditentukan dari Tabel C-4:4 sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping (tercatat dalam Formulir SIG-I), dan rasio kendaraan tak bermotor (dari Formulir SIG-II Kolom (18)). Hasilnya dimasukkan kedalam Kolom 12. Jika hambatan samping tidak diketahui, dapat dianggap sebagai tinggi agar tidak menilai kapasitas terlalu besar.

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
Permukiman (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

Tabel 2.1 C-4:4 Faktor penyesuaian untuk Tipe lingkungan jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan tak bermotor (F_{SF})

Faktor penyesuaian kelandaian. Ditentukan dari Gambar C-4:1 sebagai fungsi dari kelandaian (GRAD) yang tercatat pada Formulir SIG-I, dan hasilnya dimasukkan ke dalam Kolom 13 pada Formulir SIG-IV.



Gambar 2.18 C-4:1 Faktor penyesuaian untuk kelandaian (FG)

Faktor penyesuaian parker. Ditentukan dari Gambar C-4:2 sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama (Kolom 7 pada Formulir SIG-I) dan lebar pendekat (WA, Kolom 9 pada Formulir SIG-IV). Hasilnya dimasukkan ke dalam Kolom 14. Faktor ini dapat juga

diterapkan untuk kasus-kasus dengan panjang lajur belok kiri terbatas. Ini tidak perlu diterapkan jika lebar efektif ditentukan oleh lebar keluar.

F_p dapat juga dihitung dari rumus berikut, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau :

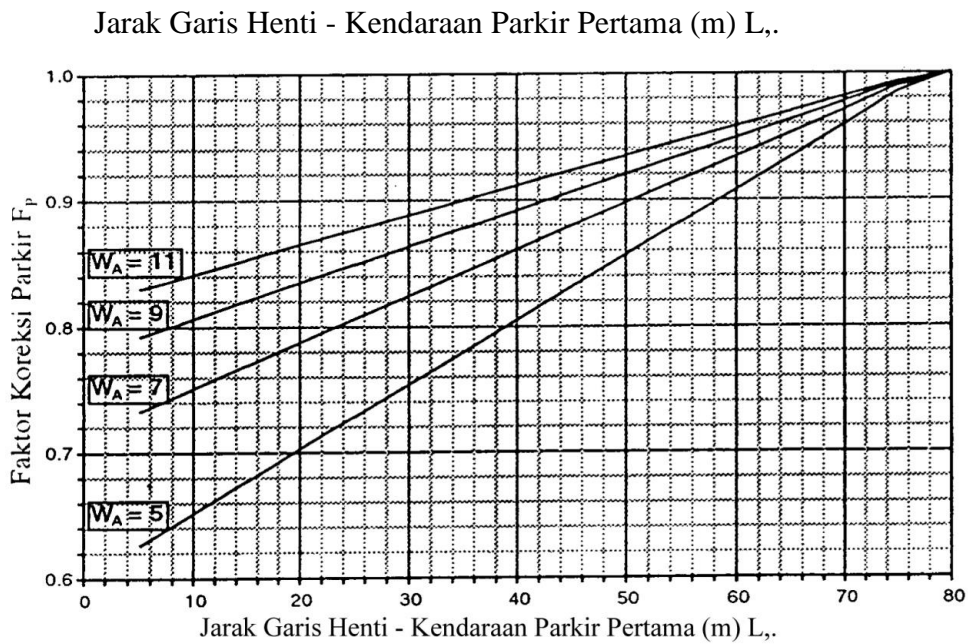
$$F_p = [L_p/3 - (W_A - 2) \times (L_p/3 - g) / W_A] / g$$

Dimana:

L_p = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)
(atau panjang dari lajur pendek).

W_A = Lebar pendekat (m).

G = Waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 det).



Gambar 2.19 C-4:2 Faktor Penyesuaian Untuk Pengaruh Parkir Dan Lajur Belok Kiri Yang Pendek (F_p)

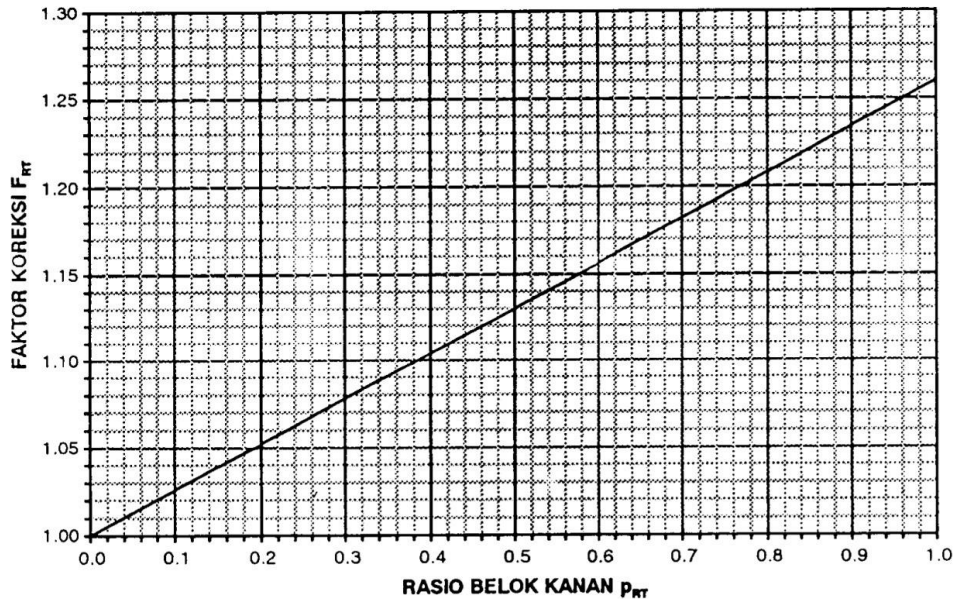
b) Tentukan faktor penyesuaian berikut untuk nilai arus jenuh dasar hanya untuk pendekat tipe P sebagai berikut :

Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}). Ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan PRT (dari Kol. 6) sebagai berikut, dan hasilnya dimasukkan ke dalam kolom 15.

Perhatikan: Hanya untuk pendekat tipe P; Tanpa median; jalan dua arah; lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk:

Hitung $FRT = 1,0 + PRT \times 0,26,$

atau dapatkan nilainya dari Gambar C-4:3 dibawah



Gambar 2.20 C-4:3 Faktor penyesuaian untuk belok kanan (FRT)
(hanya berlaku untuk pendekat tipe P, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk)

Penjelasan:

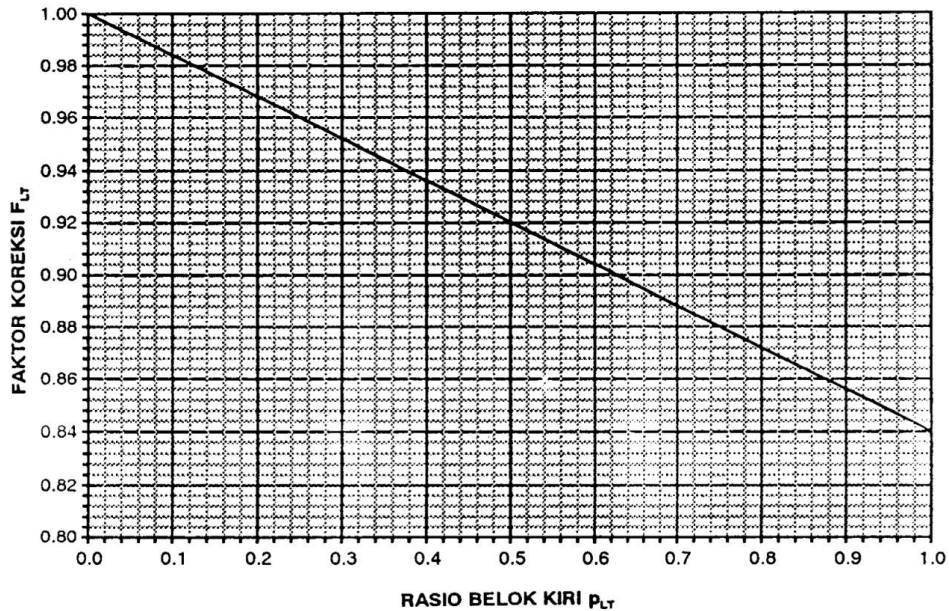
Pada jalan dua arah tanpa median, kendaraan belok-kanan dari arus berangkat terlindung (pendekat tipe P) mempunyai kecenderungan untuk memotong garis tengah jalan sebelum meliwati garis henti ketika menyelesaikan belokannya. Hal ini menyebabkan peningkatan rasio belok kanan yang tinggi pada arus jenuh.

Faktor penyesuaian belok kiri (FLT). Ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri PLT seperti tercatat pada kolom 5 pada Formulir SIG-IV, dan hasilnya dimasukkan ke dalam kolom 16.

Perhatikan : Hanya untuk pendekat tipe P tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk:

Hitung $FLT = 1,0 - PLT \times 0,16, (23)$

atau dapatkan nilainya dari Gambar C-4:4 di bawah



Gambar 2.21 C-4:4 Faktor penyesuaian untuk pengaruh belok kiri (FLT) (hanya berlaku untuk pendekat tipe P tanpa belok kiri langsung, lebar efektif ditentukan oleh lebar- masuk:)

Penjelasan

Pada pendekat-pendekat terlindung tanpa penyediaan belok kiri langsung, kendaraan-kendaraan belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pendekat tersebut. Karena arus berangkat dalam pendekat-pendekat terlawan (tipe 0) pada umumnya lebih lambat, maka tidak diperlukan penyesuaian untuk pengaruh rasio belok kiri.

c) Hitung nilai arus jenuh yang disesuaikan

Nilai arus jenuh yang disesuaikan dihitung sebagai

$S = S_0 \times FCS \times FSF \times FG \times FP \times FRT \times FLT$ smp/jam hijau (24) Masukkan nilai ini ke dalam Kolom 17.

Jika suatu pendekat mempunyai sinyal hijau lebih dari satu fase, yang arus jenuhnya telah ditentukan secara terpisah pada baris yang berbeda dalam tabel, maka nilai arus jenuh kombinasi harus dihitung secara proporsional terhadap waktu hijau masing-masing fase.

Contoh jika suatu pendekat bersinyal hijau pada kedua fase 1 dan 2 dengan waktu hijau g_1 dan g_2 dan arus jenuh S_1 dan S_2 , nilai kombinasi S_{1+2} dihitung sebagai berikut:

Jika salah satu dari fase tersebut adalah fase pendek, misalnya "waktu hijau awal", dimana satu pendekat menyala hijau beberapa saat sebelum mulainya hijau pada arah yang berlawanan, disarankan untuk menggunakan hijau awal ini antara $1/4$ sampai $1/3$ dari total hijau pendekat yang diberi hijau awal. Perkiraan yang sama dapat digunakan untuk "waktu hijauakhir" dimana nyala hijau pada satu pendekat diperpanjang beberapa saat setelah berakhirnya nyala hijau pada arah yang berlawanan. Lama waktu hijau awal dan akhir harus tidak lebih pendek dari 10 det.

Contoh : Waktu hijau awal sama dengan $1/3$ dari total waktu hijau dari pendekat dengan waktu hijau awal:

$$S_{1+2} = 0,33 \times S_1 + 0,67 \times S_2$$

Masukkan nilai kombinasi S_{1+2} kedalam Kolom 17 pada baris terpisah untuk fase gabungan, lihat Contoh 1A.

LANGKAH C-5: RASIO ARUS/RASIO ARUS JENUH

- Masukkan arus lalu-lintas masing-masing pendekat (Q) dari Formulir SIG-II Kolom 13 terlindung) atau Kolom 14 (terlawan) ke dalam Kolom 18 pada Formulir SIG-IV.

Perhatikan:

- a) Jika LTOR harus dikeluarkan dari analisa (lihat langkah C-2, perihal 1-a) hanya gerakan-gerakan lurus dan belok-kanan saja yang dimasukkan dalam nilai Q untuk diisikan ke dalam Kolom 18.
- b) Jika $W_e = WKELUAR$ (lihat langkah C-2, perihal 2) hanya gerakan lurus saja yang dimasukkan dalam nilai Q dalam Kolom

18

- c) Jika suatu pendekat mempunyai sinyal hijau dalam dua fase, yang satu untuk arus terlawan (0) dan yang lainnya arus terlindung (P), gabungan arus lalu-lintas sebaiknya dihitung sebagai smp rata-rata berbobot untuk kondisi terlawan dan terlindung dengan cara yang sama seperti pada perhitungan arus jenuh sebagaimana diuraikan dalam Langkah C-4 diatas. Hasilnya dimasukkan kedalam baris untuk fase gabungan tersebut.
- Hitung Rasio Arus (FR) masing masing pendekat dan masukkan hasilnya dalam Kolom 19. $FR = Q / S$
(26)
 - Beri tanda rasio arus kritis (FR_{crit}) (=tertinggi) pada masing-masing fase dengan melingkarinya pada Kolom 19.
 - Hitung rasio arus simpang (IFR) sebagai jumlah dari nilai-nilai FR yang dilingkari (=kritis) pada Kolom 19, dan masukkan hasilnya ke dalam kotak pada bagian terbawah Kolom 19.
 $IFR = \sum (FR_{crit})$
(27)
 - Hitung Rasio Fase(PR) masing-masing fase sebagai rasio antara FR_{crit} dan IFR, dan masukkan hasilnya pada Kolom 20.
 $PR = FR_{crit} / IFR$
(28)

LANGKAH C-6: WAKTU SIKLUS DAN WAKTU HIJAU

a) Waktu siklus sebelum penyesuaian

- Hitung waktu siklus sebelum penyesuaian (cua.) untuk pengendalian waktu tetap, dan masukkan hasilnya kedalam kotak dengan tanda "waktu siklus" pada bagian terbawah Kolom 11 dari Formulir SIG-IV.

$$cua = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (29)$$

Dimana:

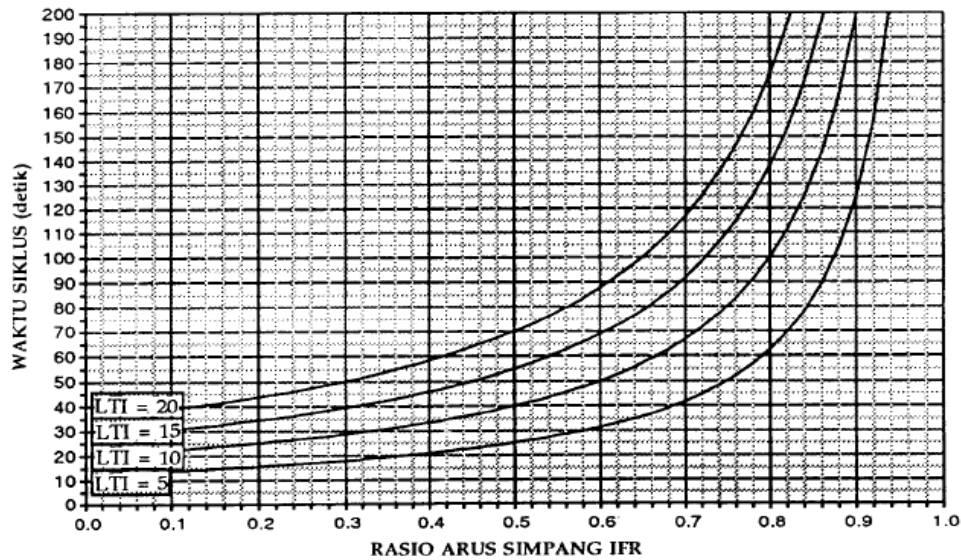
cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

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

IFR = Rasio arus simpang $\Sigma(\text{FRCRIT})$.

(Dari bagian terbawah Kolom 19)

Waktu siklus sebelum penyesuaian juga dapat diperoleh dari Gambar C-6:1 dibawah.



Gambar 2.22 C-6:1 Penetapan Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

Jika alternatif rencana fase sinyal dievaluasi, maka yang menghasilkan nilai terendah dari $(\text{IFR} + \text{LTI}/c)$ adalah yang paling efisien.

Tabel dibawah memberikan waktu siklus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda

Tipe pengaturan	Waktu siklus yang layak (det)
Pengaturan dua-fase	40 - 80
Pengaturan tiga-fase	50-100
Pengaturan empat-fase	80- 130

Nilai-nilai yang lebih rendah dipakai untuk simpang dengan lebar jalan <10 m, nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang lebih lebar. Waktu siklus lebih rendah dari nilai yang disarankan, akan

menyebabkan kesulitan bagi para pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Waktu siklus yang melebihi 130 detik harus dihindari kecuali pada kasus sangat khusus (simpang sangat besar), karena hal ini sering kali menyebabkan kerugian dalam kapasitas keseluruhan.

Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi daripada batas yang disarankan, maka hal ini menandakan bahwa kapasitas dari denah simpang tersebut adalah tidak mencukupi. Persoalan ini diselesaikan dengan langkah E di bawah.

b) Waktu hijau

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

$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR_i$$

Dimana:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

c_{ua} = 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.

$$C = \Sigma g + LTI$$

(31)

C. LANGKAH D: KAPASITAS.

Langkah D meliputi penentuan kapasitas masing-masing pendekat, dan pembahasan mengenai perubahan-perubahan yang harus dilakukan jika kapasitas tidak mencukupi. Perhitungan-perhitungan dimasukkan ke dalam Formulir SIG-IV.

LANGKAH D-1: KAPASITAS

- Hitung kapasitas masing-masing pendekat dan masukkan hasilnya pada Kolom 22: $C = S \times g/c$ (32) di mana nilai-nilai S didapat dari Kolom 17, g dan c dari Kolom 11 (bagian terbawah)
- Hitung derajat kejenuhan masing-masing pendekat, dan masukkan hasilnya kedalam Kolom 23: $DS = Q/C$ (33) di mana nilai-nilai Q dan C didapat dari Kolom 18 dan 22.

Jika penentuan waktu sinyal sudah dikerjakan secara benar, derajat kejenuhan akan hampir sama dalam semua pendekat-pendekat kritis.

LANGKAH D-2: KEPERLUAN UNTUK PERUBAHAN

Jika waktu siklus yang dihitung pada langkah C-6 lebih besar dari batas atas yang disarankan pada bagian yang sama, derajat kejenuhan (DS) umumnya juga lebih tinggi dari 0,85. Ini berarti bahwa simpang tersebut mendekati lewat-jenuh, yang akan menyebabkan antrian panjang pada kondisi lalu-lintas puncak. Kemungkinan untuk menanmhah kapasitas simpang melalui salah satu dari tindakan herikut, oleh karenanya harus dipertimbangkan:

a) **Penambahan lebar pendekat**

Jika mungkin untuk menambah lebar pendekat, pengaruh terbaik dari tindakan seperti ini akan diperoleh jika pelebaran dilakukan pada pendekat-pendekat dengan nilai FR kritis tertinggi (Kolom 19).

b) **Perubahan Fase Sinyal**

Jika pendekat dengan arus berangkat terlawan (tipe 0) dan rasio belok kanan (PRT) tinggi menunjukkan nilai FR kritis yang tinggi ($FR > 0,8$), suatu rencana fase alternatif dengan fase terpisah untuk lalu-lintas

belok-kanan mungkin akan sesuai. Lihat Bagian 1.2 di atas untuk pemilihan fase sinyal. Penerapan fase terpisah untuk lalu-lintas belok kanan mungkin harus disertai dengan tindakan pelebaran juga.

Jika simpang dioperasikan dalam empat fase dengan arus berangkat terpisah dari masing-masing pendekat, karena rencana fase yang hanya dengan dua fase mungkin memberikan kapasitas lebih tinggi, asalkan gerakan-gerakan belok kanan tidak terlalu tinggi (< 200 smp/jam)

c) **Pelarangan gerakan(-gerakan) belok-kanan.**

Pelarangan bagi satu atau lebih gerakan belok-kanan biasanya menaikkan kapasitas, terutama jika hal itu menyebabkan pengurangan jumlah fase yang diperlukan. Walaupun demikian perancangan manajemen lalu-lintas yang tepat, perlu untuk memastikan agar perjalanan oleh gerakan belok kanan yang akan dilarang tersebut dapat diselesaikan tanpa jalan pengalih yang terlalu panjang dan mengganggu simpang yang berdekatan.

D. LANGKAH E: PERILAKU LALU-LINTAS

Langkah E meliputi penentuan perilaku lalu-lintas pada simpang bersinyal berupa panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan. Perhitungan-perhitungan dikerjakan dengan menggunakan Formulir SIG-V.

LANGKAH E-1: PERSIAPAN

- Isikan informasi-informasi yang diperlukan ke dalam judul dari Formulir SIG-V.
- Masukkan kode pendekat pada Kolom I (sama seperti Kolom 1 pada Formulir SIG-IV). Untuk pendekat dengan keberangkatan lebih dari satu fase hanya satu baris untuk gabungan fase yang dimasukkan.
- Masukkan arus lalu-lintas (Q , smp/jam) masing masing pendekat pada Kolom 2 (dari Formulir SIG-IV Kolom 18).
- Masukkan kapasitas (C , smp/jam) masing masing pendekat pada Kolom 3 (dari Kolom 22 pada Formulir SIG-IV).

- Masukkan derajat kejenuhan (DS) masing masing pendekat pada Kolom 4 (dari Formulir SIG-IV Kolom 23).
- Hitung rasio hijau (GR = g/c) masing-masing pendekat dari hasil penyesuaian pada Formulir SIG-IV (Kolom 11 terbawah dan Kolom 21), dan masukkan hasilnya pada Kolom 5.
- Masukkan arus total dari seluruh gerakan LTOR dalam smp/jam yang diperoleh sebagai jumlah dari seluruh gerakan LTOR pada Formulir SIG-II, Kolom 13 (terlindung), dan masukkan hasilnya pada Kolom 2 pada baris untuk gerakan LTOR pada Formulir SIG-V.
- Masukkan dalam kotak dibawah Kolom2, perbedaan antara arus masuk dan keluar (Qadj) pendekat yang lebar keluarnya telah menentukan lebar efektif pendekat.

LANGKAH E-2: PANJANG ANTRIAN

- Gunakan hasil perhitungan derajat kejenuhan (kolom 5) untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Gunakan rumus atau Gambar E-2:1 dibawah, dan masukkan hasilnya pada Kolom 6.

Untuk DS > 0,5:

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

Untuk DS < 0,5: NQ1 = 0 (34.2)

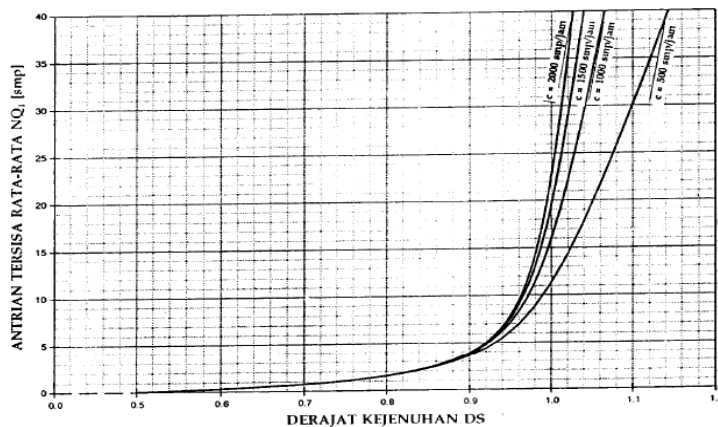
dimana :

NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

C kapasitas (smp/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau (S×GR)



Gambar 2.23 E-2:1 Jumlah Kendaraan Antri (Smp) Yang Tersisa Dari Fase Hijau Sebelumnya (NQ1)

- Hitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ2), dan masukkan hasilnya pada Kolom 7.

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

Dimana :

NQ2 = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

C = waktu siklus (det)

Qmasuk = arus lalu-lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)

Catatan: Jika lebar keluar jalur lalu-lintas dan arus lalu-lintas telah

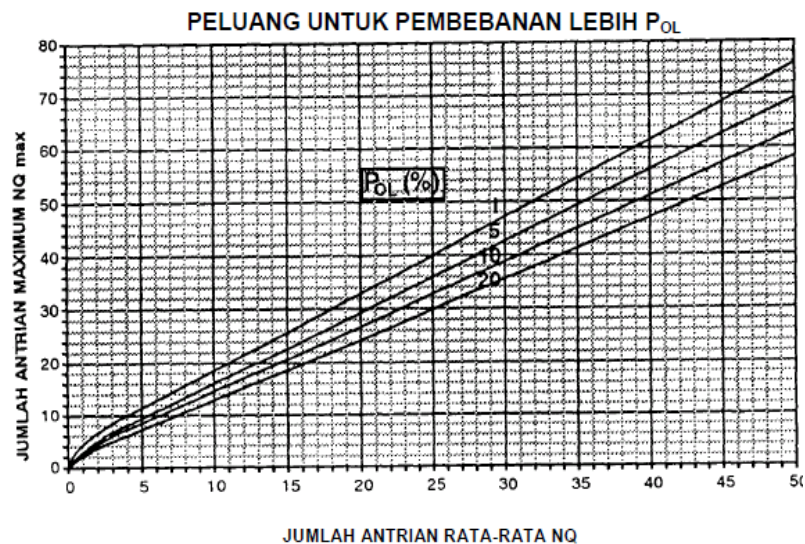
digunakan pada penentuan waktu sinyal (lihat Langkah C:2 dan C:5), arus yang dicatat pada Kolom 2 pada Formulir SIG-V adalah = Qkeluar Nilai Qmasuk yang digunakan pada persamaan 8.2 diatas harus diperoleh dengan bantuan Formulir SIG-II. Lebih lanjut, agar didapat nilai arus simpang total yang benar, penyesuaian terhadap arus tercatat pada Kolom 2 untuk seluruh pendekat semacam itu harus dihitung dan jumlah dari penyesuaian ini dimasukkan pada baris yang sesuai pada bagian terbawah Kolom 2:

Penyesuaian arus: $Q_{\text{peny}} = \Sigma (Q_{\text{masuk}} - Q_{\text{keluar}})$ (36)

untuk seluruh pendekat dimana arus lalu-lintas keluaranya telah digunakan dalam analisa waktu.

- Dapatkan jumlah kendaraan antri dan masukkan hasilnya pada Kolom 8:
- $NQ = NQ1 + NQ2$ (37)
- Gunakan Gambar E-2:2 di bawah, untuk menyesuaikan NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih POL(%), dan masukkan hasil nilai NQMAX pada Kolom 9. Untuk perancangan dan perencanaan disarankan $POL \leq 5 \%$, untuk operasi suatu nilai $POL = 5 - 10 \%$ mungkin dapat diterima.
- Hitung panjang antrian (QL) dengan mengalikan NQMAX dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m²) kemudian bagilah dengan lebar masuknya, dan masukkan hasilnya pada Kolom 10.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}}$$



Gambar 2.24 E-2 : 2 Perhitungan Jumlah antrian (NQ_{Max}) dalam smp

LANGKAH E-3: KENDARAAN TERHENTI

- Hitung angka henti (NS) masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) dengan rumus dibawah atau gunakan Gambar E-3:1. NS adalah fungsi dari NQ (Kolom 8) dibagi dengan waktu siklus (dari Formulir SIG-IV). Masukkan hasilnya pada Kolom 11.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

Dimana:

c = waktu siklus (det)

Q = arus lalu-lintas (smp/jam)

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

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

(40)

- Hitung angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend./jam, dan masukkan hasilnya pada bagian terbawah Kolom (12) :

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{TOT}}$$

LANGKAH E-4: TUNDAAN

1. Hitung tundaan lalu-lintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang sebagai berikut (berdasarkan pada Akcelik 1988), dan masukkan hasilnya pada Kolom 13:

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

dimana:

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

c = waktu siklus yang disesuaikan (det) dari Form SIG-IV

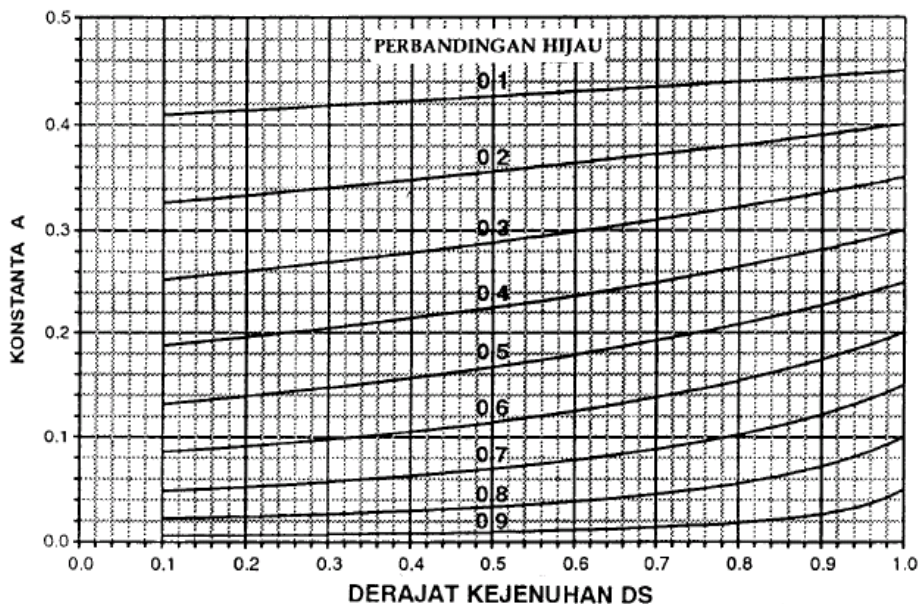
A = $\frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$ lihat Gambar E-4:1 dibawah.

GR = rasio hijau (g/c) dari Kolom 5

DS = derajat kejenuhan dari Kolom 4

NQ₁ = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya dari Kolom 6

C = kapasitas (smp/jam) dari Kolom 3



Gambar 2.25 E-4:1 Penetapan Tundaan Lalu-Lintas Rata-Rata (DT)

2. Tentukan 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:

$$DG_j = (1 - PSV) \times PT \times 6 + (PSV \times 4) \quad (43)$$

Dimana:

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

PSV = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = Min (NS, 1)
PT = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat dari Formulir
SIG-IV

Masukkan hasil tundaan geometri rata-rata pada Kolom (14)

3. Hitung tundaan geometrik gerakan lalu-lintas dengan belok kiri langsung (LTOR) sebagai berikut:
 - Masukkan arus total dari gerakan LTOR dalam smp/jam pada Kolom 2 (dari Formulir SIG-II, gerakan terlindung) pada baris khusus untuk keperluan ini.
 - Masukkan tundaan geometrik rata-rata = 6 detik pada Kolom 14.
4. Hitung tundaan rata-rata (det/smp) sebagai jumlah dari Kolom 13 dan 14 dan masukkan hasilnya pada Kolom 15.
5. Hitung tundaan total dalam detik dengan mengalikan tundaan rata-rata (Kolom 15) dengan arus lalu-lintas (Kolom 2), dan masukkan hasilnya pada Kolom 16.
6. Hitung tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_I) dengan membagi jumlah nilai tundaan pada Kolom 16 dengan arus total (Q_{TOT}) dalam smp/jam yang dicatat dibagian bawah Kolom 2 pada Formulir SIG-V:

$$D_I = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}}$$

Masukkan nilai tersebut kedalam kotak paling bawah pada Kolom 16.

Tundaan rata-rata dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan dari masing-masing pendekat demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan.

BAB III

METODOLOGI SURVEY

3.1 Umum

Pengumpulan Data arus Lalu lintas dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kepadatan arus lalu lintas pada ruas jalan dan persimpangan pada satuan waktu tertentu guna menentukan tingkat pelayanan jalan dan persimpangan. Hasil dari pengumpulan Data ini merupakan masukan untuk pelaksanaan manajemen dan rekayasa lalu lintas di ruas jalan maupun persimpangan.

Jenis Kegiatan pengumpulan data arus lalu lintas terdiri atas :

1. Pengumpulan data volume arus lalulintas di persimpangan
2. Pengumpulan data antrian arus Lalu lintas dipersimpangan.
3. Pengumpulan data tundaan arus lalu lintas di persimpangan.
4. Pengumpulan data arah tujuan pada ruas jalan

3.2 Pengumpulan data arus lalu lintas di persimpangan

a) Pendahuluan

Pengumpulan data ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kepadatan lalu lintas pada suatu persimpangan berdasarkan volume lalu lintas terklasifikasi yang mencakup jenis kendaraan dan arah gerakan kendaraan. Dengan melakukan pengamatan dan pencacahan langsung pada tiap-tiap kaki persimpangan dalam periode waktu yang telah ditentukan.

b) Asumsi dan batasan

- Pengumpulan data ini dilakukan menyeluruh dan rinci serta secara manual.
- Pengamatan dilakukan dengan jarak maksimum 25 m dari garis henti.
- Kendaraan bermotor dibagi atas 3 (tiga) jenis yaitu kendaraan ringan, kendaraan berat dan sepeda motor.

c) Data yang diamati dan dikumpulkan

- Jumlah dan jenis / klasifikasi kendaraan
- Arah arus lalu lintas
- Antrian kendaraan per siklus
- Tundaan kendaraan

d) Tenaga pelaksana

Untuk survey arus lalu lintas memerlukan :

- Tiap 1 pos membutuhkan 4 surveyor
- Total pos : 4
- Total surveyor : 16 surveyor

e) Peralatan / perlengkapan

Untuk 1 (satu) orang pengamat memerlukan :

- Alat penghitung (counter)
- Alat tulis (clip board, pensil, dll)
- Formulir V-1 dan V-2.
- Pita ukur / rol meter

f) Waktu pelaksanaan pengamatan

Pelaksanaan pengamatan dilakukan selama :

- **Senin** :
 - **Pagi** : 06.00 – 09.00
 - **Siang** : 11.00 – 14.00
 - **Sore** : 16.00 – 19.00
- **Rabu** :
 - **Pagi** : 06.00 – 09.00
 - **Siang** : 11.00 – 14.00
 - **Sore** : 16.00 – 19.00
- **Sabtu** :
 - **Pagi** : 06.00 – 09.00
 - **Siang** : 11.00 – 14.00

○ **Sore : 16.00 – 19.00**

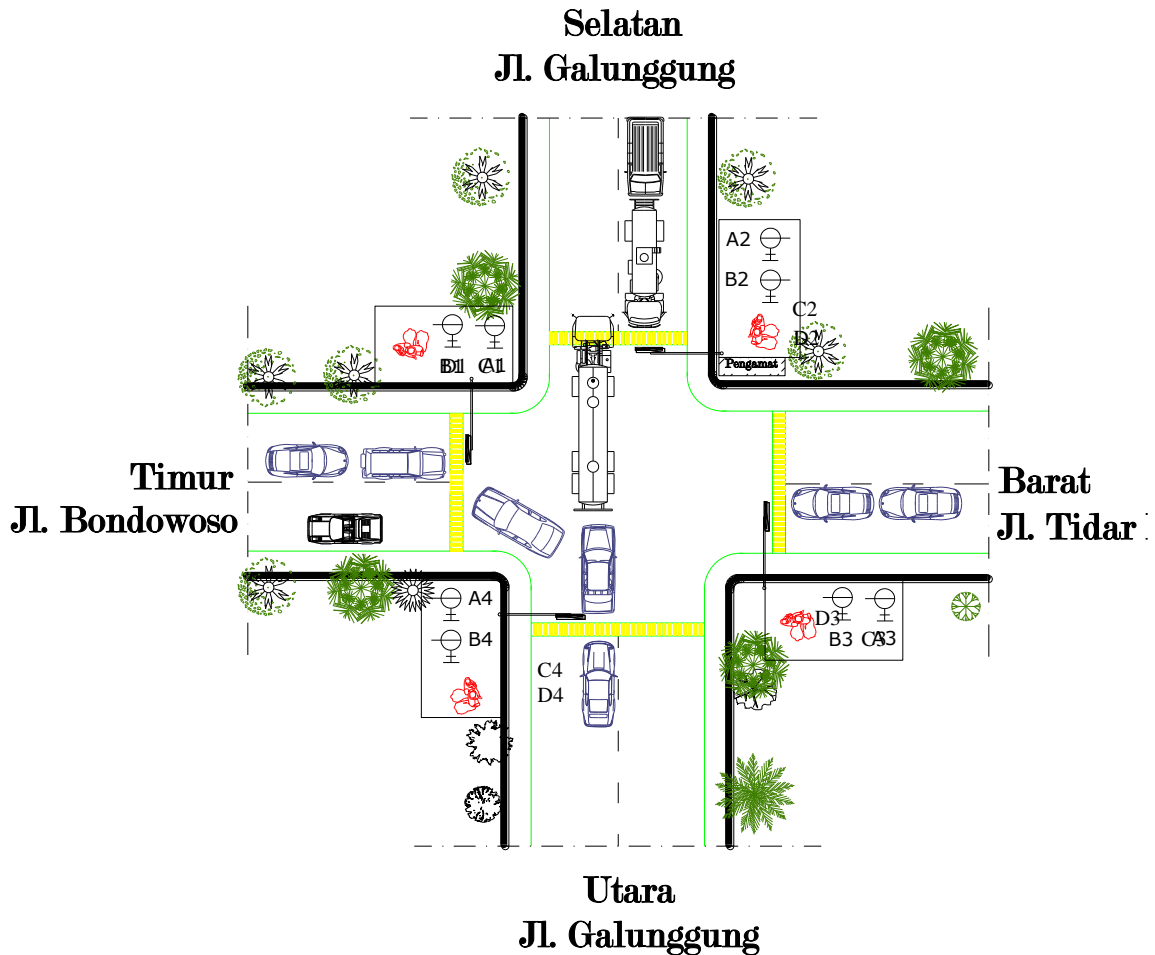
Penentuan waktu berdasarkan jam puncak dari hasil praktikum Rekayasa Lalu Lintas ITN Malang tahun 2014 (studi kasus sipang empat galunggung). Nomor surat persetujuan laboratorium Bahan Kontruksi : 02.02.06/LBK/2014.

1. Persiapan.
 - a. Tentukan Lokasi persimpangan yang akan diamati.
 - b. Tenaga pelaksana dibagi sesuai dengan jumlah kaki persimpangan, arah lalu lintas dan jenis kendaraan.
 - c. Gambarkan sketsa persimpangan untuk menentukan titik-titik untuk penempatan tenaga pengamat.

2. Pelaksanaan
 - a. Pengamat harus menempati posisi pada titik-titik pengamatan yang telah ditentukan yaitu di tepi jalan pada tiap-tiap kaki persimpangan;
 - b. Pandangan pengamat kearah persimpangan dan menghadap arah datangnya kendaraan;
 - c. Setiap pengamat menghitung kendaraan dengan interval pencatatan antara 5 s/d 15 menit sepanjang waktu pengumpulan data.
 - d. Hasil pengamatan dicatat dalam formulir yang telah disediakan.

3.3 Tugas dan penempatan surveyor

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



Gambar 3.1. Gambar Rencana Penempatan Surveyor

a. Pengumpulan volume 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 jenis dan jumlah kendaraan :

- A1 untuk simpang timur
- A2 untuk simpang selatan
- A1 untuk simpang barat
- A1 untuk simpang utara

b. 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 :

- B1 untuk simpang timur dengan pergerakan belok kanan, belok kiri dan lurus
- B2 untuk simpang selatan dengan pergerakan belok kanan, belok kiri dan lurus
- B3 untuk simpang barat dengan pergerakan belok kanan, belok kiri dan lurus
- B4 untuk simpang utara dengan pergerakan belok kanan, belok kiri dan lurus

c. Pengumpulan data antrian

Setiap surveyor mencatat data tundaan dan panjang antrian serta antrian sisa pada masing-masing simpang tiap satu siklus berdasarkan arah :

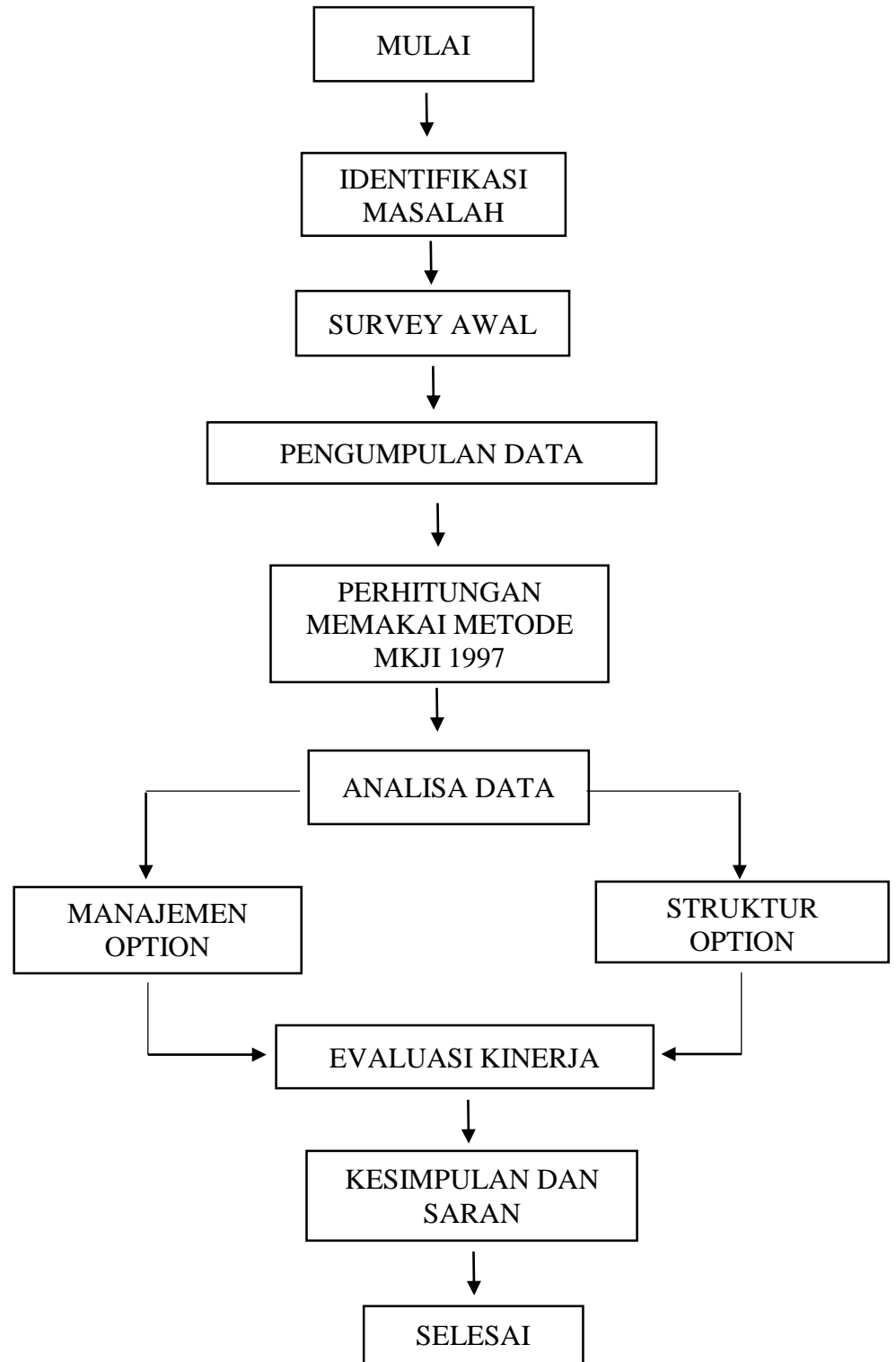
- C1 Untuk simpang Timur
- C2 Untuk simpang selatan
- C3 Untuk simpang barat
- C4 Untuk simpang utara

d. Pengumpulan data tundaan.

Setiap surveyor mencatat data jumlah kendaraan berhenti di kaki simpang tiap 15 detik, serta jumlah kendaraan berhenti dan kendaraan menerus pada masing-masing simpang tiap satu siklus berdasarkan arah

- D1 Untuk simpang Timur
- D2 Untuk simpang selatan
- D3 Untuk simpang barat
- D4 Untuk simpang utara

3.4 Bagan Alir Metodologi Penelitian



3.5 Rencana metode penyelesaian dari hasil Analisa Data

Melihat dari latar belakang masalah yang cukup signifikan akhirnya penulis mengerucutkan ke dalam identifikasi masalah yang terbagi menjadi 2 masalah :

1. Akibat kemacetan kemungkinan besar disebabkan oleh pengaturan lampu lalu lintas yang sudah tidak beroperasi lagi secara efisien yang disebabkan oleh semakin padatnya arus lalu lintas
2. Fakta bahwa dari arah tidar diberlakukan belok kiri jalan terus itu membuat kinerja simpang tak bekerja dengan baik, karena ketika ada 2 mobil maka akan menyebabkan kemacetan dikarenakan jalan yang sempit atau tidk memadai dilewati kendaraan roda empat untuk belok kiri terus

Dari dua permasalahan diatas bisa didapatkan 2 kemungkinan solusi

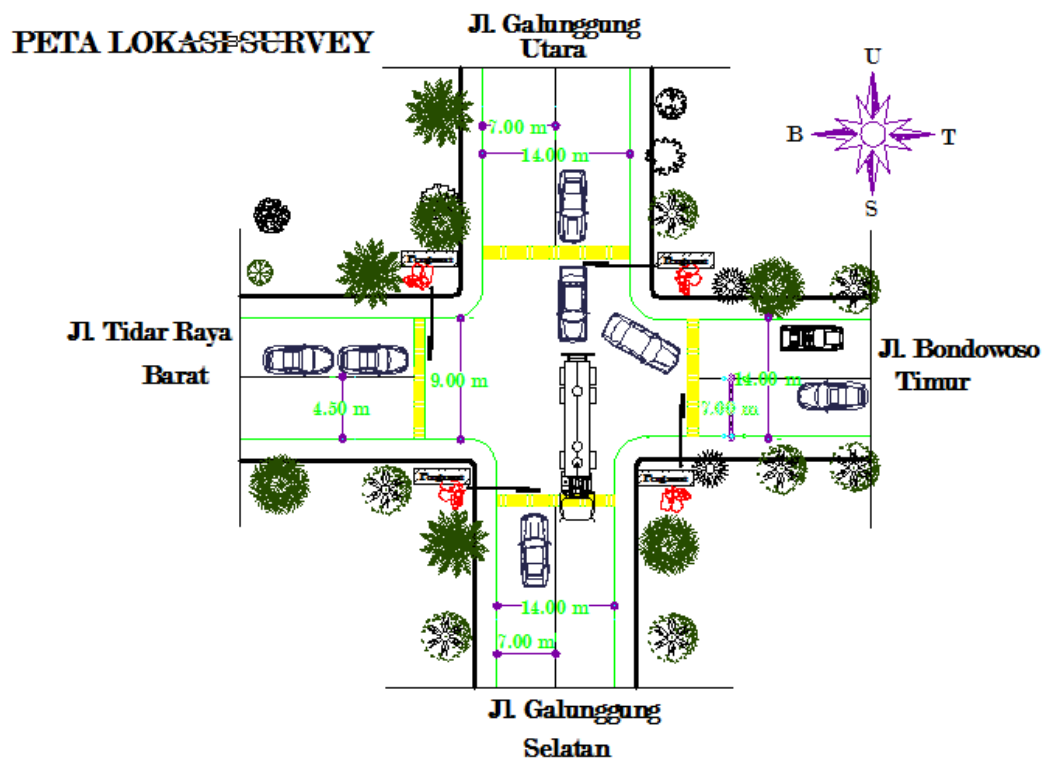
- a. Struktur option yaitu mengubah geometrik jalan seperti mengadakan pelebaran jalan atau penambahan bangunan pelengkap jalan
- b. Manajemen option yaitu dengan mengubah pengaturan lampu lalu lintas atau mengganti perintah lalu lintas yang ada berdasarkan hasil survey lalu lintas

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA SURVEY

4.1 Dimensi Geometrik

Pada simpang empat Galunggung Kota Malang ini merupakan simpang bersinyal yang memiliki 4 lengan. Bentuk geometrik pada masing-masing lengan tidak sama. Lebar Jalan pada lengan Jalan Tidar lebih kecil daripada lengan Jalan yang lain. Survei yang dilakukan meliputi pengukuran lebar tiap kaki simpang, penentuan lebar pendekatan, dan pencatatan fasilitas lain. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut dan Tabel.4.1 :



Gambar 4.1 Lokasi Survey Simpang empat Galunggung Kota Malang

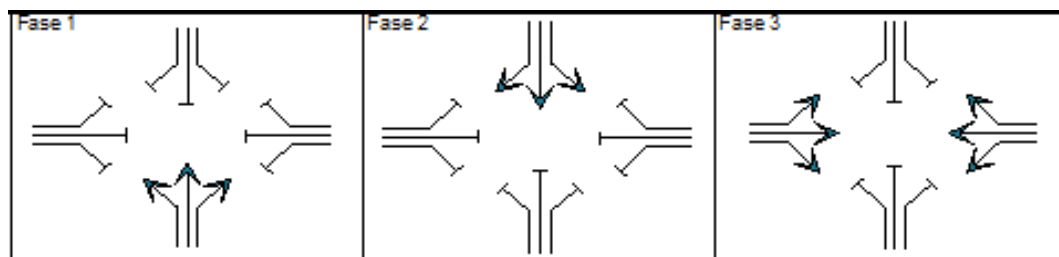
Tabel 4.1 Data Geometrik Simpang Bersinyal

No	Data	Pendekat Jalan Bondowoso	Pendekat Jalan Galunggung Selatan	Pendekat Jalan Tidar	Pendekat Jalan Galunggung Utara
1	Kode Pendekat	T (timur)	S (Selatan)	B (barat)	U (Utara)
2	Jumlah Lajur	1	1	1	1
3	Jumlah Jalur	2	2	2	2
4	Lebar Jalan	14	14	9	14
5	Lebar Pendekat	7.0	7.0	4.5	7.0
6	Median	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada

Sumber : Pengamatan di lapangan

4.2 Fase dan Sinyal Lampu Isyarat Lalu Lintas Simpang

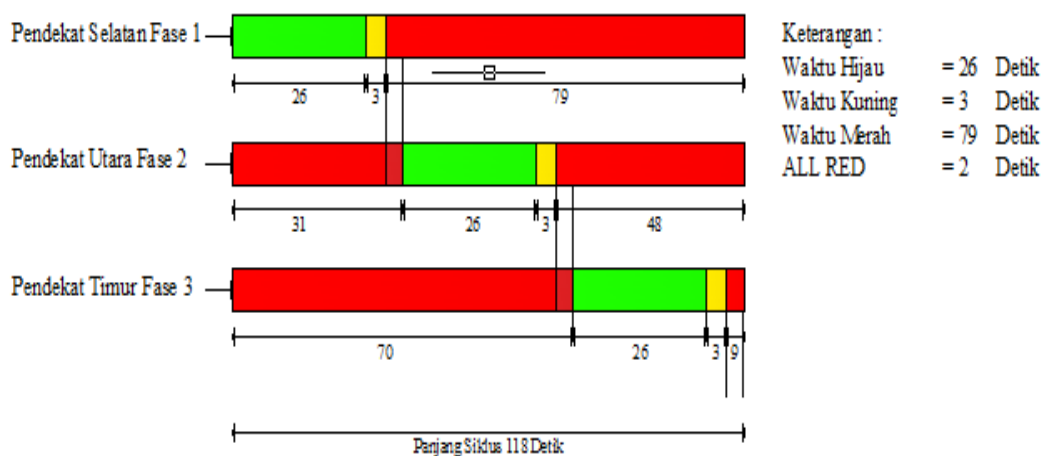
Pemisahan – pemisahan pergerakan aruk kendaraan pada simpang menggunakan fase tertentu. Fase (*phase*), adalah bagian dari suatu siklus yang dialokasikan untuk kombinasi pergerakan secara bersamaan mengikuti isyarat lampu lalu lintas. Lampu lalu lintas merupakan peralatan yang dioperasikan secara mekanis,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



Gambar 4.2 Kombinasi Pergerakan Fase Lalu Lintas Pada Lokasi Studi

Sumber : Hasil Survey Lapangan

DIAGRAM WAKTU SINYAL LAMPU LALU LINTAS



Gambar 4.3 Diagram Sinyal Waktu Kondisi Eksisting

Sumber : Hasil Survey Lapangan

Tabel 4.2 Data Geometrik Fase Waktu Siklus Simpang Bersinyal

No	Data	Fase 1	Fase 2	Fase 3
1	Lampu Hijau	26	26	26
2	Lampu Merah	79	79	79
3	Lampu Kuning	3	3	3
4	Waktu Siklus	118	118	118

Sumber : Hasil Survey Lapangan

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

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

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

4.3 Pengolahan Volume Arus Lalulintas

Pengamatan volume arus lalu lintas di lokasi studi dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung di lapangan. Pengamatan terhadap pengaruh simpang bersinyal kepada besarnya volume arus lalu lintas pada Simpang empat Galunggung Kota Malang dilakukan selama 3 (tiga) hari masing-masing selama 13 jam dimulai pukul 06:00-19:00 WIB, dengan interval per lima belas menit. Survey volume lalu lintas dilakukan pada setiap lengan simpang dengan 4 pendekatan simpang yaitu pendekatan Jl. Bondowoso, Pendekat Galunggung Selatan, Pendekat Galunggung Utara dan Pendekat Tidar. Data yang dicatat pada survey volume lalu lintas jumlah setiap jenis kendaraan (kendaraan tak bermotor, kendaraan bermotor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat) dengan arah pergerakan belok kiri, belok kanan dan lurus seperti pada tabel dibawah dengan interval 15 menit.

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

Tabel 4.3 Emp (Ekivalen Mobil Penumpang)

No	Jenis Kendaraan	EMP	
		Pendekat Terlindung	Pendekat Terlawan
1	Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0
2	Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3
3	Sepeda Motor (MC)	0.2	0.4

Sumber : (MKJI 1997, Simpang Bersinyal : 2-10)

Contoh pengolahan volume lalu lintas kendaraan Pagi hari Senin, 16 November 2015 (Belok Kanan) pukul 06:00 – 07:00 WIB pada pendekat Selatan.

Contoh Perhitungan Pengolahan Volume Senin Pendekat

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

Total kendaraan tak bermotor interval 1 (satu) jam = 3 kend/jam

$$\begin{aligned} \text{MC} &= 1 \times 3 \\ &= 3 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

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

Total sepeda motor interval 1 (satu) jam = 853 kend/jam

$$\begin{aligned} \text{MC} &= 0.2 \times 853 \\ &= 170.6 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

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

Total kendaraan ringan interval 1 (satu) jam = 84 kend/jam

$$\begin{aligned} \text{LV} &= 1.0 \times 84 \\ &= 84 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

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

Total Kendaraan Berat interval 1 (satu) jam = 4 kend/jam

$$\text{HV} = 1.3 \times 4$$

$$= 5.2 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total arus kendaraan} = 3 + 170.6 + 84 + 5.2$$

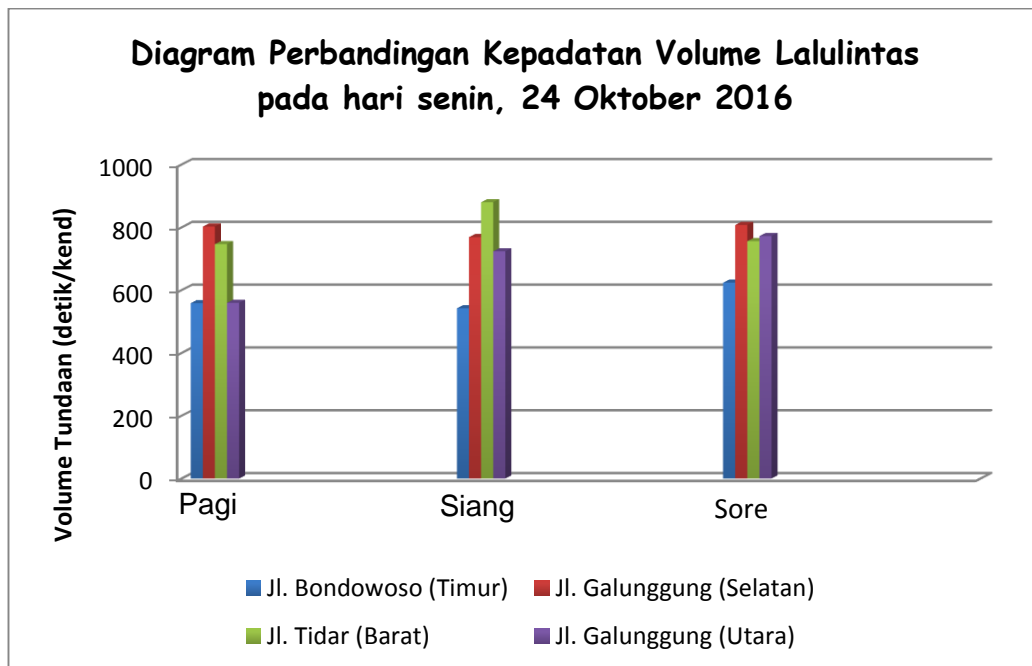
$$= 262.8 \text{ smp/jam}$$

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

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

Tabel 4.4 Jam Puncak pada Hari Senin ,24 Oktober 2016

Pendekat	Pagi	Siang	Sore	Jumlah (Smp/jam)
	07.30-08.30	11.45-12.45	16.30-17.30	
Jl. Bondowoso (Timur)	553.300	535.200	623.800	1712.300
Jl. Galunggung (Selatan)	795.700	676.600	745.800	2218.100
Jl. Tidar (Barat)	736.800	800.800	737.800	2275.400
Jl. Galunggung (Utara)	484.300	674.500	684.900	1843.700
Total	2570.100	2687.100	2792.300	8049.500



Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per hari

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

Pagi hari, pukul 07.30-08.30 dengan jumlah kendaraan sebesar : 2570.100 smp/jam

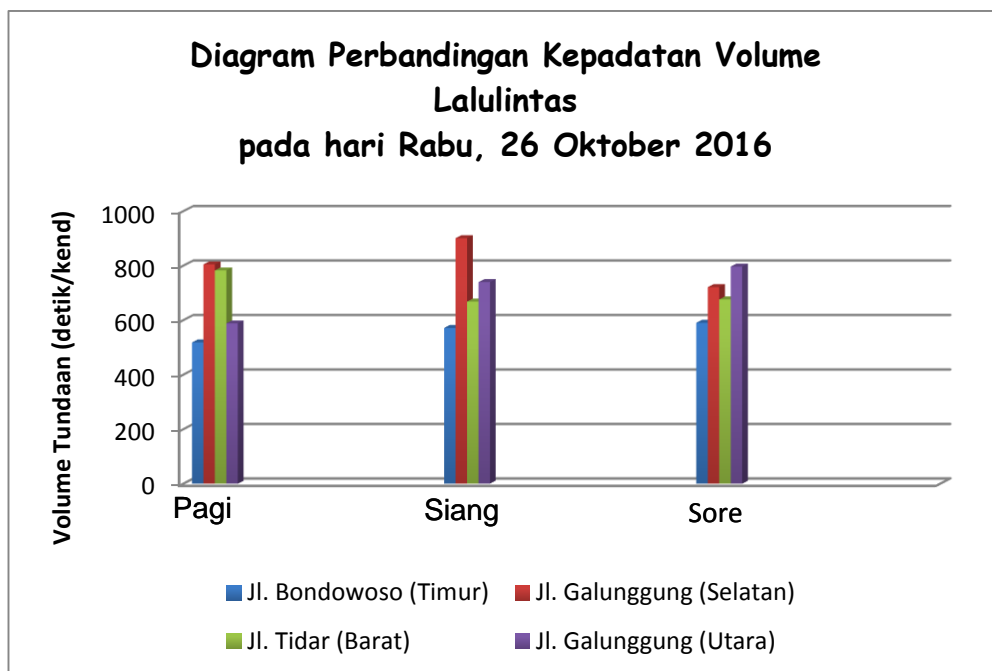
Siang hari, pukul 11.45-12.45 dengan jumlah kendaraan sebesar : 2687.100 smp/jam

Sore hari, pukul 16.30-17.30 dengan jumlah kendaraan sebesar : 2792.300 smp/jam

Dari keempat kaki simpang pada perempatan galunggung tersebut yang memiliki jumlah kendaraan terbanyak atau arus kendaraan terpadat terjadi pada simpang Jl. Tidar dengan jumlah kendaraan 2275,400 smp/jam.

Tabel 4.5 Jam Puncak pada Hari Rabu ,26 Oktober 2016

Pendekat	Pagi	Siang	Sore	Jumlah (Smp/jam)
	07.45-08.45	12.15-13.15	16.00-17.00	
Jl. Bondowoso (Timur)	518.300	571.400	590.400	1680.100
Jl. Galunggung (Selatan)	745.900	821.900	674.800	2242.600
Jl. Tidar (Barat)	782.500	663.500	654.500	2100.500
Jl. Galunggung (Utara)	588.000	733.700	796.600	2118.300
Total	2634.700	2790.500	2716.300	8141.500



Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per hari

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

Pagi hari, pukul 07.45-08.45 dengan jumlah kendaraan sebesar : 2634.700 smp/jam

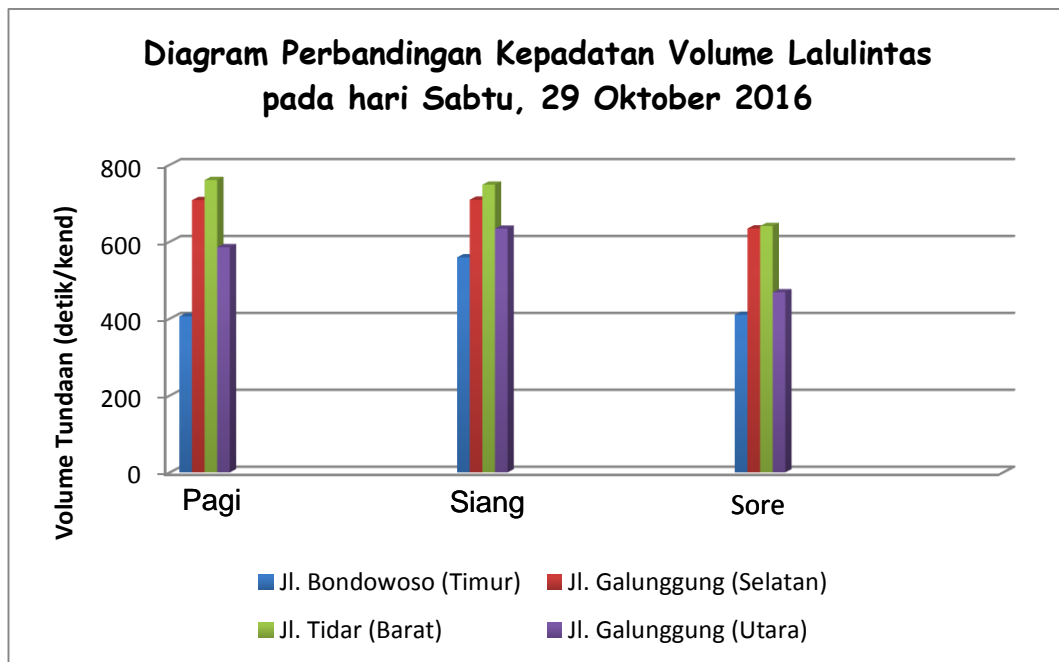
Siang hari, pukul 12.15-13.15 dengan jumlah kendaraan sebesar : 2790.500 smp/jam

Sore hari, pukul 16.00-17.00 dengan jumlah kendaraan sebesar : 2716.300 smp/jam

Dari keempat kaki simpang pada perempatan galunggung tersebut yang memiliki jumlah kendaraan terbanyak atau arus kendaraan terpadat terjadi pada simpang Jl. Galunggung Selatan dengan jumlah kendaraan 2242.600 smp/jam.

Tabel 4.6 Jam Puncak pada Hari Sabtu ,29 Oktober 2016

Pendekat	Pagi	Siang	Sore	Jumlah (Smp/jam)
	07.45-08.45	11.15-12.15	17.45-18.45	
Jl. Bondowoso (Timur)	386.700	559.500	397.900	1344.100
Jl. Galunggung (Selatan)	708.100	680.200	634.400	2022.700
Jl. Tidar (Barat)	760.300	684.400	640.800	2085.500
Jl. Galunggung (Utara)	585.500	632.500	413.100	1631.100
Total	2440.600	2556.600	2086.200	7083.400



Sumber : Pengolahan data arus kendaraan per hari

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

Pagi hari, pukul 07.45-08.45 dengan jumlah kendaraan sebesar : 2440.600 smp/jam

Siang hari, pukul 11.15-12.15 dengan jumlah kendaraan sebesar : 2556.600 smp/jam

Sore hari, pukul 17.45-18.45 dengan jumlah kendaraan sebesar : 2086.200 smp/jam

Dari keempat kaki simpang pada perempatan galunggung tersebut yang memiliki jumlah kendaraan terbanyak atau arus kendaraan terpadat terjadi pada simpang Jl. Tidar dengan jumlah kendaraan 2085.500 smp/jam.

4.4 Pengolaha Data Antrian

Antrian adalah jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (kend; smp). Sedangkan, panjang antrian yaitu panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat (m). Berdasarkan data survey diperoleh dari lokasi studi, jumlah kendaraan dan panjang antrian yang terjadi pada saat jam puncak pada simpang empat Galunggung Kota Malang dibagi dalam 3 (tiga) kondisi yaitu :

- a. Pagi jam 06:00-09:00 WIB, dimana pada jam- jam tersebut aktifitas di pagi hari sudah dimulai, misalnya ke sekolah, kampus, kantor, pasar, dan lain- lain.
- b. Siang jam 11.00 – 14.00 WIB, dimana pada waktu ini merupakan jam makan siang selain itu pada jam – jam tersebut kegiatan sudah berakhir, terutama pelajar dan mahasiswa yang melewati ruas jalan tersebut.
- c. Sore hari 16.00 – 19.00 WIB, dimana jam – jam tersebut merupakan waktu untuk pulang setelah seharian beraktifitas di kantor, sekolah, dan lain- lain, kemudian dilanjutkan kembali aktifitas pada malam hari.

Survey dilaksanakan bersamaan dengan pengumpulan data arus lalu lintas selama 3 (tiga) hari, yaitu pada pukul 06:00 - 19:00 WIB. Survey volume lalu lintas dilakukan pada setiap lengan simpang dengan 4 pendekat simpang yaitu pendekat Jl. Bondowoso, Pendekat Galunggung Selatan, Pendekat Galunggung Utara dan Pendekat Tidar. Semua pendekat memiliki waktu sinyal merah 79 detik, kuning 3 detik, hijau 26 detik, sehingga untuk waktu sinyal satu siklus 118 detik.

Surveyor mencatat jumlah kendaraan untuk setiap jenis kendaraan (sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat) yang berhenti pada waktu sinyal merah dan pajang antrian kendaraan (m). Kemudian, dicatat sisa antrian setiap jenis

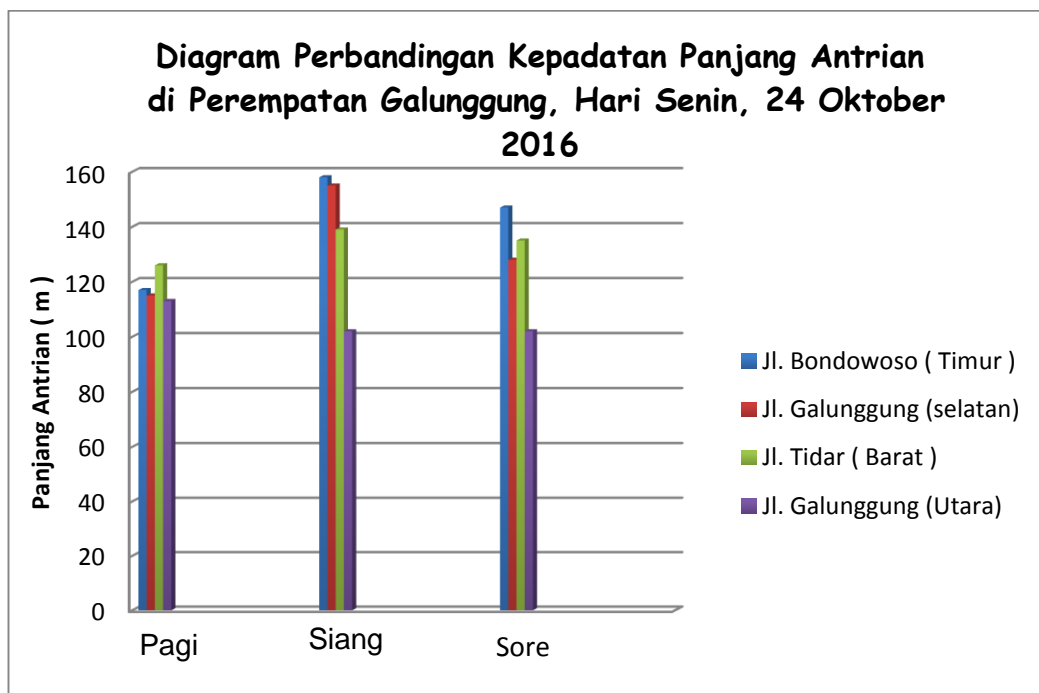
kendaraan (sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat) yang tidak lolos pada waktu sinyal hijau pertama dan sisa pajang antrian kendaraan (m). Untuk lebih jelasnya formulir survey data antrian bisa dilihat pada lampiran dan berikut adalah data panjang antrian maksimal setiap siklus waktu dan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

Tabel 4.7 Data Puncak Antrian pada Hari Senin 24 Oktober 2016

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	meter	meter	meter
Jl. Bondowoso	117.000	158.000	147.000
Jl. Galunggung (Selatan)	115.000	155.000	128.000
Jl. Tidar	126.000	139.000	135.000
Jl. Galunggung (Utara)	113.000	102.000	102.000

Volume tundaan maksimal = 158.000 meter

Terjadi pada simpang = Jl.Bondowoso

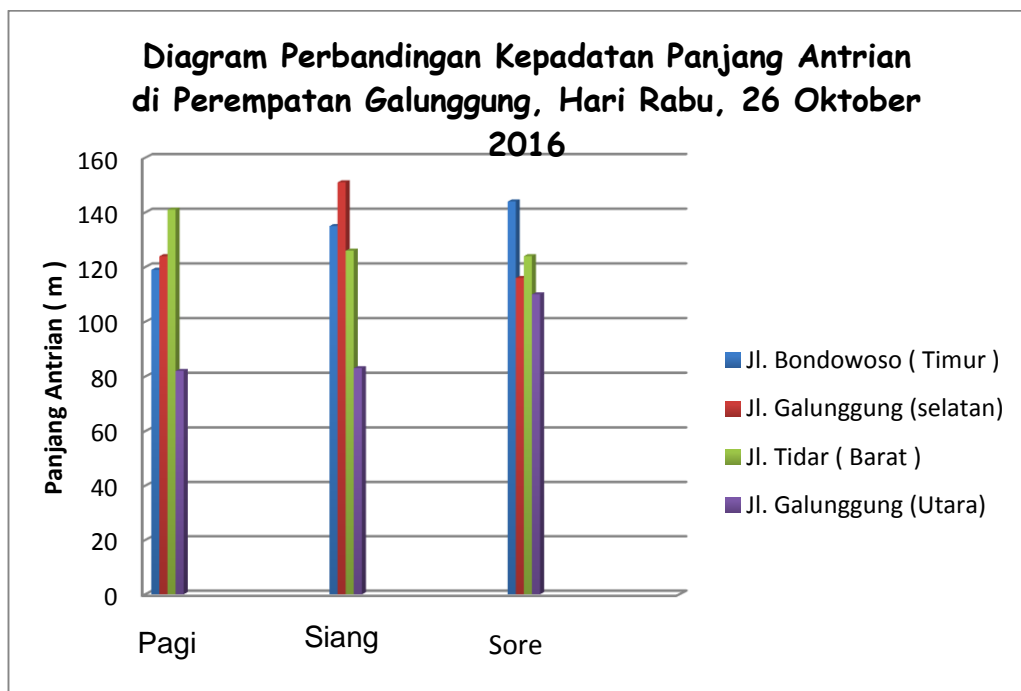


Hasil data survey panjang antrian pada Simpang empat Galunggung Kota Malang pada hari Senin 24 Oktober 2016 maka dapat disimpulkan, pada pagi hari antrian terpanjang berada pada ruas Jl. Tidar dengan panjang antrian 126 meter, dan pada siang hari berada pada ruas Jl.Bondowoso dengan panjang antrian 158 meter, dan pada sore hari berada pada ruas Jl.Bondowoso dengan panjang antrian 147 meter. Dari table di atas dapat disimpulkan bahwa antrian terpanjang terjadi pada hari senin siang berada pada ruas Jl.Bondowoso dengan panjang 158 meter.

Tabel 4.8 Data Puncak Antrian pada Hari Rabu 26 Oktober 2016

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	meter	meter	meter
Jl. Bondowoso	119.000	135.000	144.000
Jl. Galunggung (Selatan)	124.000	151.000	116.000
Jl. Tidar	141.000	126.000	124.000
Jl. Galunggung (Utara)	82.000	83.000	110.000

Volume tundaan maksimal = 151.000 meter
 Terjadi pada simpang = Jl. Galunggung(Selatan)

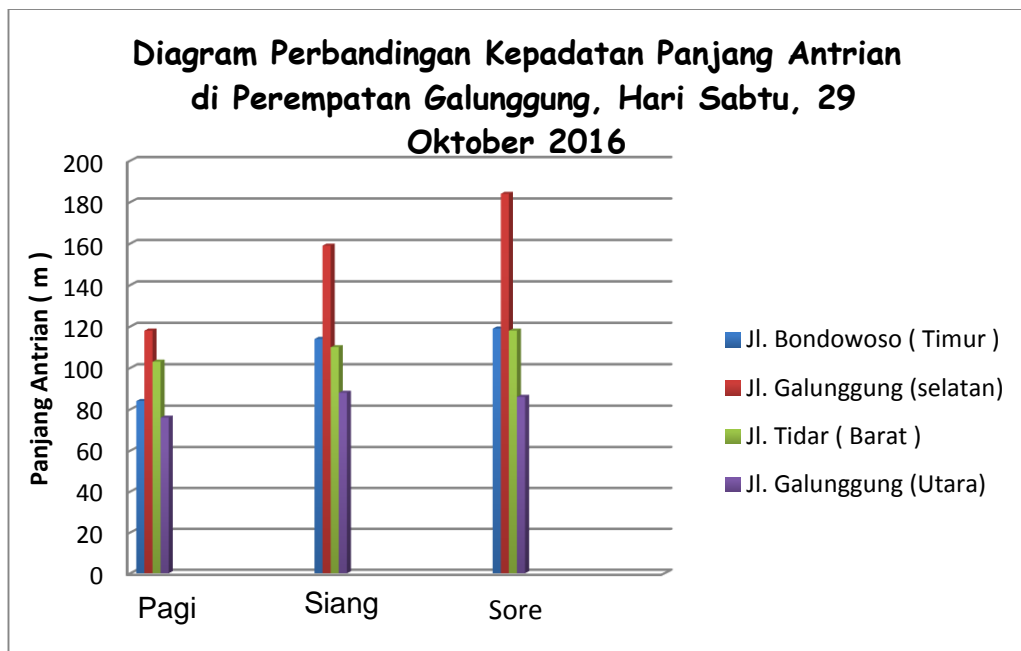


Hasil data survey panjang antrian pada Simpang empat Galunggung Kota Malang pada hari Rabu 26 Oktober 2016 maka dapat disimpulkan, pada pagi hari antrian terpanjang berada pada ruas Jl. Tidar dengan panjang antrian 141 meter, dan pada siang hari berada pada ruas Jl. Galunggung Selatan dengan panjang antrian 151 meter, dan pada sore hari berada pada ruas Jl. Bondowoso dengan panjang antrian 144 meter. Dari table di atas dapat disimpulkan bahwa antrian terpanjang terjadi pada hari Rabu siang berada pada ruas Jl. Galunggung Selatan dengan panjang 151 meter.

Tabel 4.9 Data Puncak Antrian pada Hari Sabtu, 29 Oktober 2016

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	meter	meter	meter
Jl. Bondowoso	84.000	114.000	119.000
Jl. Galunggung (Selatan)	118.000	159.000	184.000
Jl. Tidar	103.000	110.000	118.000
Jl. Galunggung (Utara)	76.000	88.000	86.000

Volume tundaan maksimal = 184.000 meter
 Terjadi pada simpang = Jl.Galunggung(Selatan)



Hasil data survey panjang antrian pada Simpang empat Galunggung Kota Malang pada hari Sabtu 29 Oktober 2016 maka dapat disimpulkan, pada pagi hari antrian terpanjang berada pada ruas Jl. Galunggung Selatan dengan panjang antrian 118 meter, dan pada siang hari berada pada ruas Jl.Galunggung Selatan dengan panjang antrian 159 meter, dan pada sore hari berada pada ruas Jl.Galunggung Selatan dengan panjang antrian 184 meter. Dari table di atas dapat disimpulkan bahwa antrian terpanjang terjadi pada hari Sabtu sore berada pada ruas Jl.Galunggung Selatan dengan panjang 184 meter.

4.5 Pengolahan Data Tundaan

Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal:

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

Waktu sinyal per satu siklus Senin, 24 Oktober 2016 adalah 118 detik di mana untuk waktu merah adalah 79 detik, waktu hijau 26 detik, dan waktu kuning adalah 3 detik. Surveyor mencatat jumlah kendaraan henti setiap 1 menit pada saat lampu merah dan dicatat setiap periode 15 detik dan pada akhirnya sampai pada 60 detik. Kemudian, dicatat kendaraan total berhenti dan dicatat juga kendaraan yang menerus atau yang rata-rata kendaraan yang berbelok kiri tanpa mengikuti isyarat lampu merah dan juga kendaraan yang tidak kena lampu merah tapi langsung jalan.

Contoh pengisian untuk pendekat pada kaki simpang Timur, Jl. Bondowoso, hari senin, 24 Oktober 2016. pengisian selanjutnya dapat dilihat pada hasil perhitungan.

Perhitungan tundaan pada menit ke- 1

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

$$\begin{aligned}
\text{➤ Tundaan} &= \text{Kendaraan terhenti} \times (\text{waktu sinyal} - (\text{waktu} \\
&\quad \text{Kendaraan berhenti} / 2)) \\
&= 3 \times (54 - 7.5) + 4 \times (54 - 7.5) + 3 \times (54 - 7.5) \\
&\quad + 3 \times (54 - 7.5) \\
&= 604.5 \text{ detik/kend} \\
\text{➤ Tundaan rata – rata} &= \text{Tundaan} / (\text{kend. terhenti} + \text{kend. menerus}) \\
&= 604.5 / (13 + 11) \\
&= 25.188 \text{ detik/kend}
\end{aligned}$$

Perhitungan pada menit berikutnya dan pada hari berikutnya dapat dihitung dengan cara dan rumus yang sama, dan hasil perhitungan dapat dilihat pada table lampiran

Tabel 4.10 Data Jam Puncak Tundaan pada Hari Senin, 24 Oktober 2016

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	(dtik.kend)	(dtik.kend)	(dtik.kend)
Jl. Bondowoso	3059.500	2372.500	2693.500
Jl. Galunggung (Selatan)	4711.500	3736.000	4277.000
Jl. Tidar	2215.500	2109.000	2452.500
Jl. Galunggung (Utara)	3983.000	3840.000	3764.500

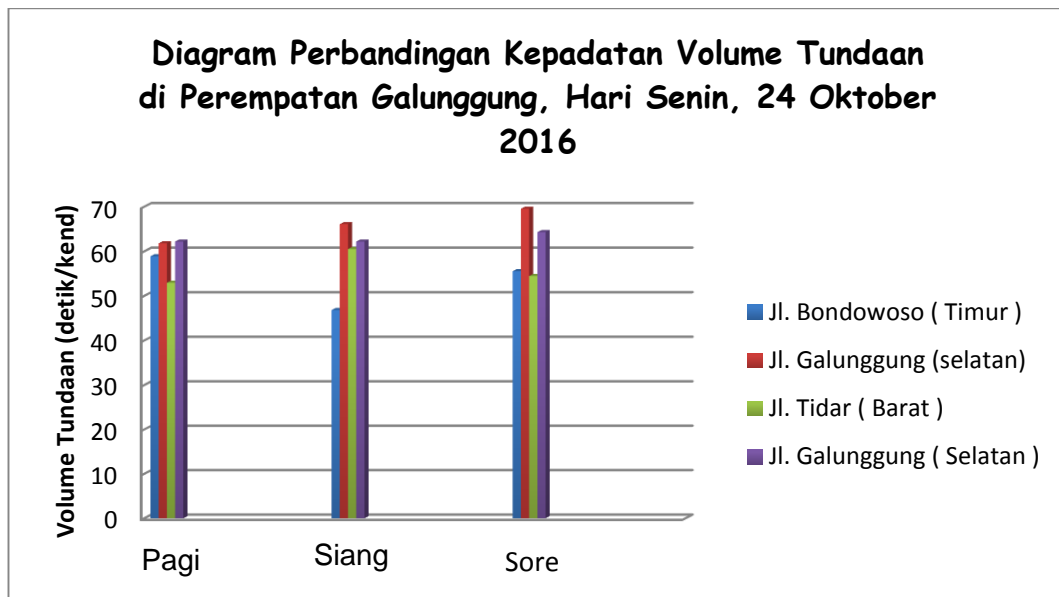
Volume tundaan Maksimal = 4711,500 dtik.kend

Terjadi pada simpang = Jl. Galunggung Selatan

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	(dtik/kend)	(dtik/kend)	(dtik/kend)
Jl. Bondowoso	58.893	46.838	55.532
Jl. Galunggung (Selatan)	61.792	66.094	69.543
Jl. Tidar	52.938	60.500	54.450
Jl. Galunggung (Utara)	62.174	62.174	64.300

Volume tundaan Maksimal = 69.543 dtik.kend

Terjadi pada simpang = Jl. Galunggung Selatan



Dari tabel dan diagram diatas dapat kita lihat bahwa volume tundaan puncak pada hari Senin, 24 Oktober 2016 di Jl. Bondowoso (Timur) di pagi hari dengan jumlah volume tundaan 56,893 detik/kend, di Jl. Galunggung (Selatan) terjadi disore hari dengan volume tundaan 69,543 detik/kend, di Jl.Tidar (Barat) terjadi di siang hari dengan volume tundaan 60,500 dtk/kend dan di Jl. Galunggung (utara) terjadi di sore hari dengan volume tundaan 64,300 detik/kend.

Maka dengan volume tundaan puncak perkaki simpang tersebut dapat disimpulkan bahwa volume tundaan tertinggi yang terjadi pada hari senin, 24 Oktober 2016 terjadi pada kaki simpang Jl. Galunggung (Selatan) dengan volume tundaan maksimal 69,543 detik/kend.

Tabel 4.11 Data Jam Puncak Tundaan pada Hari Rabu, 26 Oktober 2016

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	(dtik.kend)	(dtik.kend)	(dtik.kend)
Jl. Bondowoso	2648.500	2178.000	2625.000
Jl. Galunggung (Selatan)	4443.500	4425.000	59.850
Jl. Tidar	2196.500	1860.000	2259.500
Jl. Galunggung (Utara)	3207.500	70.818	3608.000

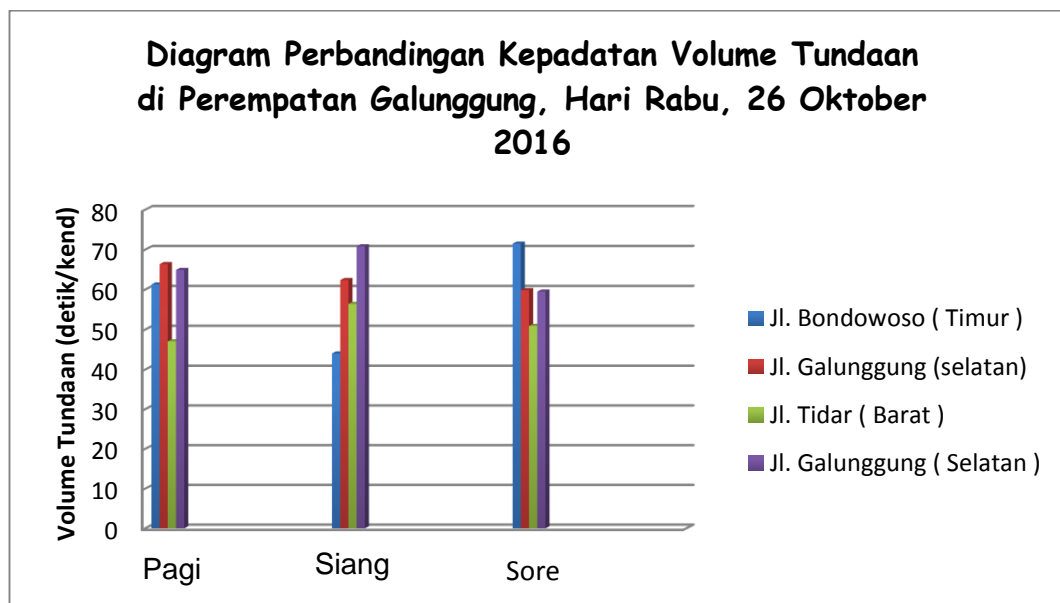
Volume tundaan Maksimal = 4443.500 dtik.kend

Terjadi pada simpang = Jl. Bondowoso

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	(dtik/kend)	(dtik/kend)	(dtik/kend)
Jl. Bondowoso	61.286	44.000	71.500
Jl. Galunggung (Selatan)	66.375	62.389	59.850
Jl. Tidar	47.018	56.409	50.900
Jl. Galunggung (Utara)	64.917	70.818	59.500

Volume tundaan Maksimal = 71.500 dtik.kend

Terjadi pada simpang = Jl. Bondowoso



Dari tabel dan disgram diatas dapat kita lihat bahwa volume tundaan puncak pada hari Rabu, 26 Oktober 2016 di Jl. Bondowoso (Timur) di sore hari dengan jumlah volume tundaan 71,500 detik/kend, di Jl. Galunggung (Selatan) terjadi dipagi hari dengan volume tundaan 66,375 detik/kend, di Jl. Tidar (Barat) terjadi di siang hari dengan volume tundaan 56,409 dtk/kend dan di Jl. Galunggung (utara) terjadi di siang hari dengan volume tundaan 70,818 detik/kend.

Maka dengan volume tundaan puncak perkaki simpang tersebut dapat disimpulkan bahwa volume tundaan tertinggi yang terjadi pada hari Rabu, 26 Oktober 2016 terjadi pada kaki simpang Jl. Bondowoso (Timur) dengan volume tundaan maksimal 71,500 detik/kend.

Tabel 4.12 Data Jam Puncak Tundaan pada Hari Sabtu, 29 Oktober 2016

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	(dtik.kend)	(dtik.kend)	(dtik.kend)
Jl. Bondowoso	2498.000	1926.000	2780.500
Jl. Galunggung (Selatan)	3382.500	3907.000	6039.500
Jl. Tidar	1516.500	1626.000	2258.500
Jl. Galunggung (Utara)	2938.000	2663.000	3538.000

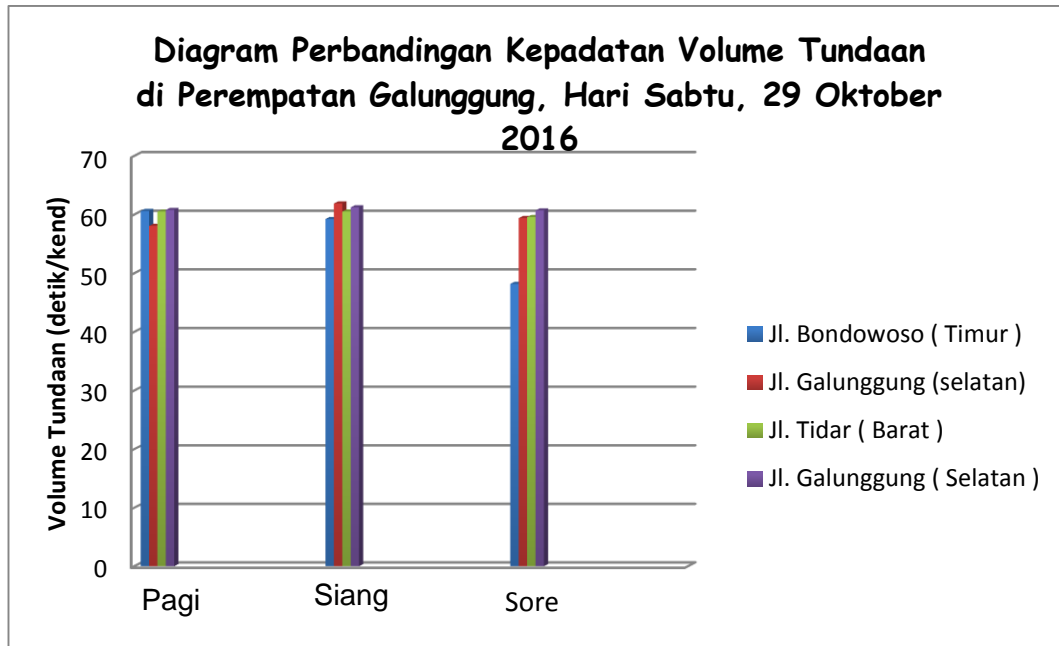
Volume tundaan Maksimal = 6039.500 dtik.kend

Terjadi pada simpang = Jl. Galunggung (Selatan)

Pendekat	Pagi	Siang	Sore
	(dtik/kend)	(dtik/kend)	(dtik/kend)
Jl. Bondowoso	60.597	59.220	48.167
Jl. Galunggung (Selatan)	58.058	61.870	59.388
Jl. Tidar	60.500	60.500	59.563
Jl. Galunggung (Utara)	60.775	61.217	60.688

Volume tundaan Maksimal = 61.870 dtik.kend

Terjadi pada simpang = Jl. Galunggung (Selatan)



Dari tabel dan diagram diatas dapat kita lihat bahwa volume tundaan puncak pada hari Sabtu, 29 Oktober 2016 di Jl. Bondowoso (Timur) dipagi hari dengan jumlah volume tundaan 60,597 detik/kend, di Jl. Galunggung (Selatan) terjadi disiang hari dengan volume tundaan 61,870 detik/kend, di Jl. Tidar (Barat) terjadi disore hari dengan volume tundaan 59,563 dtk/kend dan di Jl. Galunggung (utara) terjadi di siang hari dengan volume tundaan 61,217 detik/kend.

Maka dengan volume tundaan puncak perkaki simpang tersebut dapat disimpulkan bahwa volume tundaan tertinggi yang terjadi pada hari Sabtu, 29 Oktober 2016 terjadi pada kaki simpang Jl. Galunggung (Selatan) dengan volume tundaan maksimal 61,870 detik/kend.

BAB V

ANALISA, PEMBAHASAN, DAN EVALUASI

5.1 Umum

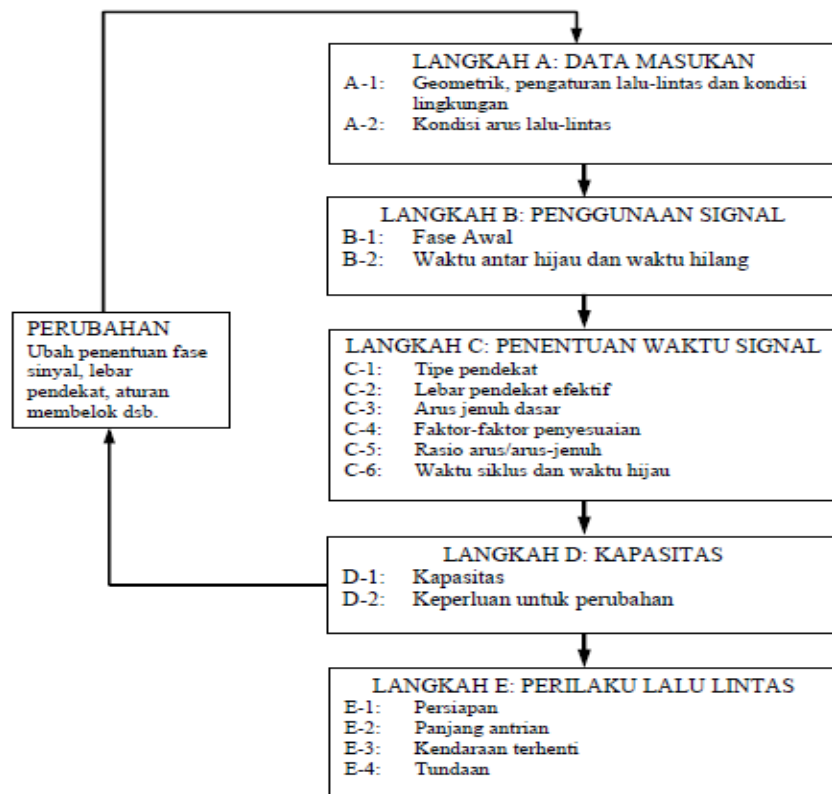
Pada bab ini akan dilakukan analisa dan pembahasan dari data perhitungan hasil survey pada simpang empat Galunggung Kota Malang. Untuk melihat karakteristik kinerja simpang dan karakteristik kinerja ruas jalan dalam menentukan tingkat pelayanan jalan kondisi saat ini. Untuk menentukan kinerja simpang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

Dalam menganalisa data perhitungan hasil survey, akan menggunakan metode perhitungan yang terdapat pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 96 Tahun 2015. Hasil analisa yang didapatkan akan dievaluasi dan dibandingkan antara analisa dilapangan dan analisa menggunakan MKJI 1997 agar dapat memberikan alternative penyelesaian masalah dan prediksi kinerja simpang empat Galunggung Kota Malang. jika, solusi yang didapatkan dari penelitian ini diterapkan.

5.2 Karakteristik Arus Lalu Lintas Simpang

5.2.1 Analisa Kinerja Simpang Kondisi Eksisting

Simpang empat Galunggung Kota Malang merupakan simpang yang pergerakan arus kendaraannya sangat berpengaruh kegiatan sehari hari di kota MALang. Untuk melihat pengaruh simpang bersinyal terhadap kinerja simpang empat Galunggung Kota Malang besarnya pengaruh volume lalu lintas terhadap kelancaran yang lewat akan mempengaruhi kondisi lalu lintas. Analisa kinerja simpang kondisi eksisting akan dianalisa mengacu pada MKJI 1997 untuk menentukan langkah langkah perencanaan simpang bersinyal.



Gambar 5.1 Bagan Alir Perhitungan Simpang Bersinyal

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

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

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

1. Kode Pendekat,
kode pendekat ditunjukkan berdasarkan arah mata angin.
2. Tipe Lingkungan Jalan,
tipe lingkungan jalan untuk tiap- tiap pendekat pada daerah Simpang empat Galunggung Kota Malang adalah komersil (COM).
3. Hambatan Samping,
hambatan samping tiap – tiap pendekat pada daerah Simpang empat Galunggung Kota Malang termasuk tipe dengan hambatan sedang.
4. Median,
pada Simpang empat Galunggung Kota Malang setiap lengan tidak memiliki median sama sekali.
5. Kelandaian,
kelandaian pada Simpang empat Galunggung Kota Malang adalah $\pm 1\%$
6. Belok Kiri Diperbolehkan,
pada Simpang empat Galunggung Kota Malang keempat simpangnya diperbolehkan untuk belok kiri langsung.
7. Jarak Ke kendaraan Parkir,
Pada simpang empat Galunggung Kota Malang jarak Kendaraan parkir diasumsikan 10 m

8. Pendekat WA,

lebar pendekat pada kaki simpang Jl. Bondowoso, Jl. Galunggung selatan dan Jl. Galunggung Utara 7,00 m sedangkan lebar pendekat pada kaki simpang Jl. Tidar 4,50 m

9. Masuk W Masuk,

lebar masuk pada Jl. Bondowoso, Jl. Galunggung selatan dan Jl. Galunggung Utara adalah 5.00 m dan Jl. Tidar adalah 3.0 m.

10. Keluar W Keluar,

lebar keluar pada kaki simpang Jl. Bondowoso, Jl. Galunggung selatan dan Jl. Galunggung Utara adalah 5.00 m, dan Jl. Tidar adalah 3.00 m.

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

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

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

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

Contoh perhitungan mencari P_{LT} dan P_{RT} untuk pengisian formulir SIG-II. Perhitungan arus kendaraan pada kaki simpang Jl. Gajayana Malang, Senin 24 Oktober 2016 pada jam puncak pagi hari .

- Arus kendaraan Belok Kiri :
 - a. Sepeda Motor : 76,400 smp/jam = 191 kend/jam
 - b. Kendaraan Ringan : 83 smp/jam = 83 kend/jam
 - c. Kendaraan Berat : 6,5 smp/jam = 5 kend/jam
 - d. Jumlah (LT) : 165,900 smp/jam = 279 kend/jam
- Arus kendaraan Lurus
 - a. Sepeda Motor : 214,000 smp/jam = 533 kend/jam
 - b. Kendaraan Ringan : 194,000 smp/jam = 194 kend/jam
 - c. Kendaraan Berat : 117,0 smp/jam = 9 kend/jam
 - d. Jumlah : 419,700 smp/jam = 738 kend/jam
- Arus kendaraan Belok Kanan
 - a. Sepeda Motor : 54,800 smp/jam = 137 kend/jam
 - b. Kendaraan Ringan : 54,700 smp/jam = 54 kend/jam
 - c. Kendaraan Berat : 7,800 smp/jam = 6 kend/jam
 - d. Jumlah : 116,600 smp/jam = 197 kend/jam
- Total Arus Kendaraan smp/jam
 - a. Sepeda Motor : 76,400 + 214,000 + 54,800 = 345,200
 - b. Kendaraan Ringan : 83,300 + 194,000 + 54,000 = 331,000
 - c. Kendaraan Berat : 6,500 + 11,700 + 7,800 = 26,000
 - d. Jumlah = 702,200 smp/jam

➤ Total Arus Kendaraan kend/jam

a. Sepeda Motor : $191 + 535 + 6 = 863$

b. Kendaraan Ringan : $83 + 194 + 54 = 331$

c. Kendaraan Berat : $5 + 9 + 6 = 20$

d. Jumlah : $= 1214$ kend/jam

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

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

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

LT : Arus kendaraan belok kiri (kend/jam)

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

➤ Rasio Kendaraan Belok Kiri :

$$P_{LT} = 165,900 / 702,200 = 0.236 \text{ kend/jam}$$

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

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

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

RT : Arus kendaraan belok kanan (kend/jam)

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

➤ Rasio Kendaraan Belok Kanan :

$$P_{RT} = 116,600 / 702,200 = 0.166$$

17. Arus UM (Kend/ jam), arus kendaraan tak bermotor pada kaki simpang Jl. Gajayana Malang pada jam puncak pagi.

- Kendaraan Belok kiri = 4 kend/jam
- Kendaraan Lurus = 7 kend/jam
- Kendaraan belok kanan = 4 kend/jam
- Total kendaraan tak bermotor (QUM) = 15 kend/jam

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

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

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

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

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

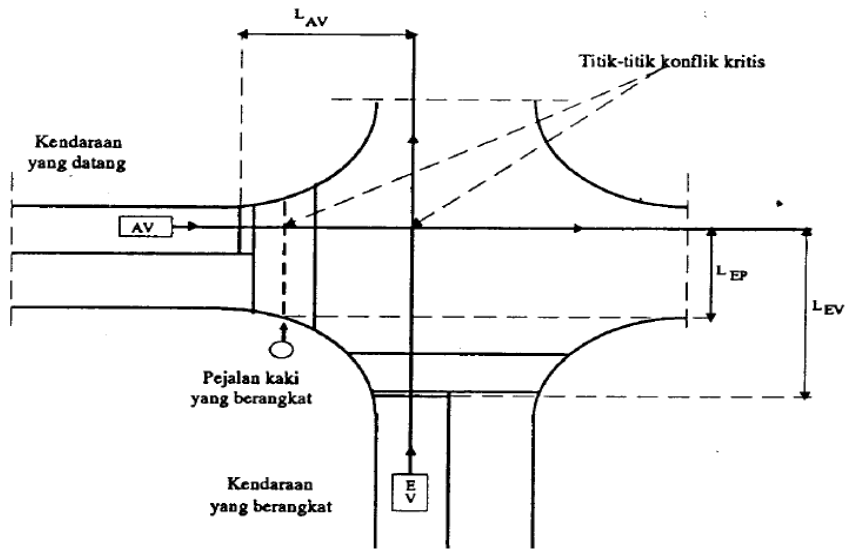
Q_{MV} : Total arus kendaraan per lengan simpang (kend/jam)

➤ Rasio Kendaraan:

$$P_{UM} = 15 / 1214.000 = 0,012$$

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

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



Gambar B-2:1 Titik konflik kritis dan jarak untuk keberangkatan dan kedatangan

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

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

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

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

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

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

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

2 m (MC atau UM)

Contoh untuk menentukan titik konflik dan jarak kendaraan berangkat kendaraan datang pada Simpang empat Galunggung Kota Malang yaitu :

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

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

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

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

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

SIMPANG TIMUR

L_{ev} = 11.000 m
 L_{AV} = 4.500 m
 V_{EV} = 10.000 m/dtk
 V_{AV} = 10.000 m/dtk
 I_{ev} = 5.000 m

Fase 1 Simpang Timur

$$\begin{aligned} \text{Merah Semua} &= \frac{L_{ev} + I_{ev}}{V_{ev}} - \frac{L_{av}}{V_{av}} \\ &= 1.100 \text{ dtk} \end{aligned}$$

SIMPANG SELATAN

L_{ev} = 8.000 m
 L_{AV} = 6.000 m
 V_{EV} = 10.000 m/dtk
 V_{AV} = 10.000 m/dtk
 I_{ev} = 5.000 m

Fase 1 Simpang Selatan

$$\begin{aligned} \text{Merah Semua} &= \frac{L_{ev} + I_{ev}}{V_{ev}} - \frac{L_{av}}{V_{av}} \\ &= 0.800 \text{ dtk} \end{aligned}$$

SIMPANG barat

L_{ev} = 11.000 m
 L_{AV} = 4.500 m
 V_{EV} = 10.000 m/dtk
 V_{AV} = 10.000 m/dtk
 I_{ev} = 5.000 m

Fase 1 Simpang Barat

$$\begin{aligned} \text{Merah Semua} &= \frac{L_{ev} + I_{ev}}{V_{ev}} - \frac{L_{av}}{V_{av}} \\ &= 1.100 \text{ dtk} \end{aligned}$$

SIMPANG utara

L_{ev} = 8.000 m
 L_{AV} = 6.000 m
 V_{EV} = 10.000 m/dtk
 V_{AV} = 10.000 m/dtk
 I_{ev} = 5.000 m

Fase 1 Simpang Utara

$$\begin{aligned} \text{Merah Semua} &= \frac{L_{ev} + I_{ev}}{V_{ev}} - \frac{L_{av}}{V_{av}} \\ &= 0.800 \text{ Dtk} \end{aligned}$$

3. Penentuan waktu merah semua dari fase 1 ke fase 2 adalah pembulatan ke nilai yang lebih besar dari perhitungan waktu merah semua.
4. Waktu kuning total didapatkan dari 3 detik dikasih 3 fase maka diperoleh 9 detik.
5. Waktu hilang total (LTI)
$$= \sum (\text{Merah semua} + \text{waktu kuning})$$
$$= (6 + 12)$$
$$= 18.00 \text{ detik}$$

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

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

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

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

Contoh untuk menentukan lebar efektif pada simpang empat Galunggung

Kota Malang seperti yang terlihat pada perhitungan dibawah:

Simpang Timur :

WA	= Lebar pendekat	=	7.000	m
WMASUK	= Lebar masuk	=	5.000	m
	= Lebar arah belok			
WLTOR	= Kiri	=	2.000	m
WLTOR	≥ 2 m			
	= Lebar efektif			
We	= WMASUK + WLTOR	=	7.000	m
WKELUAR	$< We \times (1 - PRT - PLTOR)$	=	4.403	m

Simpang Selatan :

WA	= Lebar pendekat	=	7.000	m
WMASUK	= Lebar masuk	=	5.000	m
	= Lebar arah belok			
WLTOR	= Kiri	=	2.000	m
WLTOR	≥ 2 m			
	= Lebar efektif			
We	= WMASUK + WLTOR	=	7.000	m
WKELUAR	$< We \times (1 - PRT - PLTOR)$	=	6.143	m

Simpang Barat :

WA	= Lebar pendekat	=	4.500	m
WMASUK	= Lebar masuk	=	3.000	m
	= Lebar arah belok			
WLTOR	= Kiri	=	1.500	m
WLTOR	≥ 2 m			
	= Lebar efektif			
We	= WMASUK + WLTOR	=	4.500	m
WKELUAR	$< We \times (1 - PRT - PLTOR)$	=	2.993	m

Simpang Utara

WA	= Lebar pendekat	= 7.000	m
WMASUK	= Lebar masuk	= 5.000	m
	= Lebar arah belok		
WLTOR	= Kiri	= 2.000	m
WLTOR	≥ 2 m		
	= Lebar efektif		
We	= WMASUK + WLTOR	= 7.000	m
WKELUAR	< We × (1 - PRT - PLTOR)	= 4.867	m

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

$$So = 600 \times We$$

Contoh perhitungan untuk menentukan nilai dasar pada Persimpangan Jalan

Mayor Jenderal MT Haryono – Jalan Gajayana Malang Malang seperti dibawah.

- a. Jalan Bondowoso = 600 x 7 = 4200 kend/jam
- b. Jalan Galunggung Selatan = 600 x 7 = 4200 kend/jam
- c. Jalan Galunggung Utara = 600 x 7 = 4200 kend/jam
- d. Jalan Tidar = 600 x 3.5 = 600 x 4,5 = 2700 kend/jam

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

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

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

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

Berdasarkan sumber dari buku Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Malang Tahun 2010 - 2015, perkembangan penduduk kota Malang ± 2.899.805 jiwa. Sehingga, digunakan nilai F_{CS} = 1,00

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

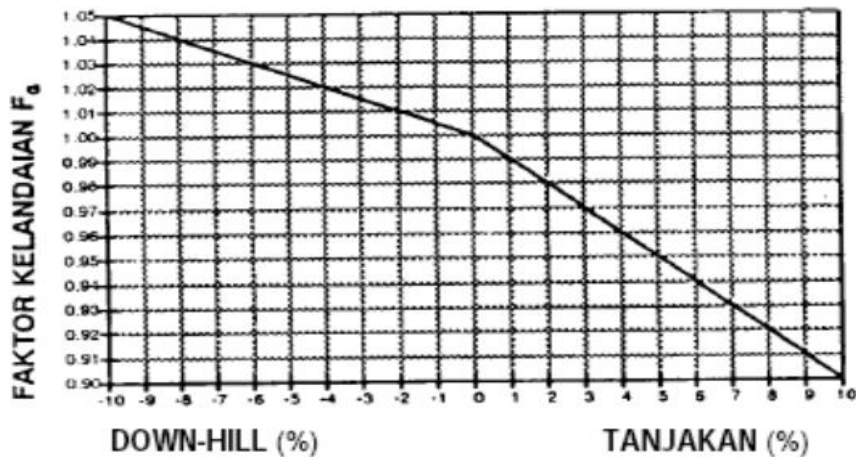
Tabel 5.2 Faktor Penyesuaian untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{SF})

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

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

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

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



Gambar 5.2 Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian (F_G)

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

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

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

Untuk menentukan faktor penyesuaian parkir digunakan rumus seperti dibawah :

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

dimana :

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

W_A = Lebar pendekat (m)

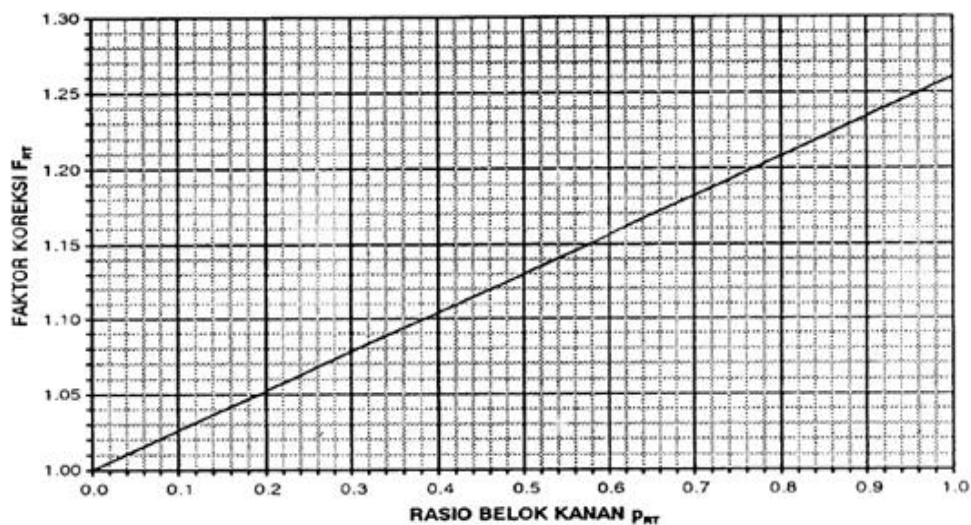
G = Waktu hijau pada pendekat.

$$\begin{aligned} \text{maka, } F_P &= (1/3 - (2 - 2) \times (1/3 - 20) / 2) / 20 \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

Digunakan nilai $F_P = 0,75$

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

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



Gambar 5.3 Grafik Faktor Penyesuaian Untuk Belok Kanan (FRT)

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

Contoh perhitungan mencari faktor penyesuaian belok kanan sebagai berikut:

- Perhitungan Untuk kaki simpang Jl. Bondowoso :

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1.000 + P_{RT} \times 0.26 \\ &= 1.000 + 0.153 \times 0.26 \\ &= 1.040 \end{aligned}$$

- Perhitungan Untuk kaki simpang Jl. Galunggung (Selatan) :

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1.000 + P_{RT} \times 0.26 \\ &= 1.000 + 0.072 \times 0.26 \\ &= 1.019 \end{aligned}$$

- Perhitungan Untuk kaki simpang Jl. Tidar :

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1.000 + P_{RT} \times 0.26 \\ &= 1.000 + 0.225 \times 0.26 \\ &= 1.059 \end{aligned}$$

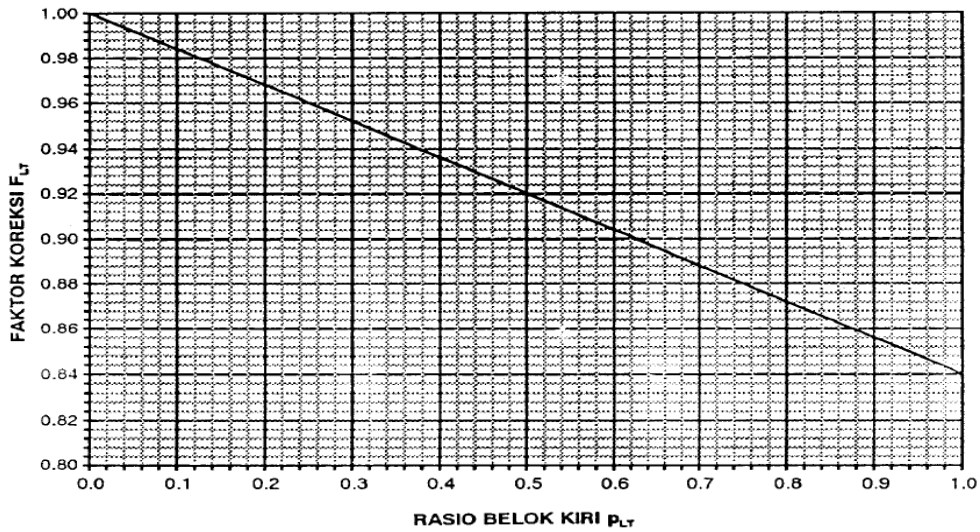
- Perhitungan Untuk kaki simpang Jl. Galunggung (Utara) :

$$\begin{aligned} F_{RT} &= 1.000 + P_{RT} \times 0.26 \\ &= 1.000 + 0.123 \times 0.26 \\ &= 1.032 \end{aligned}$$

16. Faktor –faktor penyesuaia Belok Kiri (FLT)

Menentukan faktor penyesuaian untuk belok kiri bisa menggunakan rumus:

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



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

Sumber : Sumber: (MKJI 1997 , Simpang Bersinyal :2-56)

Contoh perhitungan mencari faktor penyesuaian belok kiri sebagai berikut:

* Perhitungan Untuk kaki simpang Jl. Bondowoso :

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1.000 - P_{LT} \times 0.16 \\ &= 1.000 - 0.218 \times 0.16 \\ &= 0.965 \end{aligned}$$

* Perhitungan Untuk kaki simpang Jl. Galunggung (Selatan) :

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1.000 - P_{LT} \times 0.16 \\ &= 1.000 - 0.051 \times 0.16 \\ &= 0.992 \end{aligned}$$

* Perhitungan Untuk kaki simpang Jl. Tidar :

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1.000 - P_{LT} \times 0.16 \\ &= 1.000 - 0.110 \times 0.16 \\ &= 0.982 \end{aligned}$$

* Perhitungan Untuk kaki simpang Jl. Galunggung (Utara) :

$$\begin{aligned} F_{LT} &= 1.000 - P_{LT} \times 0.16 \\ &= 1.000 - 0.181 \times 0.16 \\ &= 0.971 \end{aligned}$$

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

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

Contoh Perhitungan Arus jenuh yang disesuaikan pada kaki Jl. Bondowoso,
24 Oktober 2016 jam puncak pagi :

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

$$S = 4200 \times 1 \times 0.94 \times 1 \times 0.75 \times 1.040 \times 0.965$$

$$= 2971,558 \text{ kend/jam}$$

18. Arus lalu lintas smp/ jam (Q) , masukan arus lalu lintas masing – masing pendekat. Arus lalu lintas diambil dari data volume, misalnya pada kaki Jl. Bondowoso Senin, 24 Oktober 2016 jam puncak pagi adalah 623,800 smp/jam.

19. Rasio arus (FR), menghitung rasio arus lengan selatan Jalan Gajayana Senin, 16 November 2015 jam puncak pagi dengan menggunakan rumus :

$$FR = Q / S$$

$$FR = 623,800 / 2971,558$$

$$= 0.210$$

IFR = Jumlah dari rasio FR pada seluruh kaki simpang.

$$\text{Rasio fase (PR)} = FR_{crit} / IFR$$

$$PR = 0.210 / 1,185$$

$$= 0.177$$

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

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

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

❖ Waktu hilang pada simpang :

$$\begin{aligned} LTI &= \sum (\text{merah semua} + \text{kuning}) \\ &= 11,700 \text{ detik} \end{aligned}$$

❖ Waktu Siklus = 115,700 detik

$$CS = g/c \times S = 26 / 115,700 \times 2971,558 = 667,766 \text{ kend/det}$$

$$CB = g/c \times S = 26 / 115,700 \times 2991,512 = 672,250 \text{ kend/det}$$

$$CT = g/c \times S = 26 / 115,700 \times 2967,311 = 666,811 \text{ kend/det}$$

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

$$DS = Q / C$$

Contoh perhitungan derajat kejenuhan pada Simpang empat Galunggung Kota

Malang Senin, 24 Oktober 2016 Jam Puncak Pagi :

$$DSS = Q/C = 623,8 / 667,766 = 0,934$$

$$DSB = Q/C = 807,5 / 672,250 = 1,201$$

$$DST = Q/C = 772,3 / 666,811 = 1,158$$

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

➤ **Langkah Menentukan Kinerja Simpang Bersinyal**

❖ Panjang Antrian .

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

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

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

DS = Derajat kejenuhan

Gr = Rasio hijau

C = Kapasitas smp/jam

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

Dimana :

$NQ2$ = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

Gr = Rasio hijau

C = Kapasitas smp/jam

Q_{masuk} = Arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR

Antrian pada kaki simpang lengan Jl.Bondowoso pada jam puncak pagi :

$$\begin{aligned} NQ1 &= 0.25 \times 667.8 \times \left[(0.934 - 1) + \sqrt{(0.934 - 1)^2 + \frac{8 \times (0.93 - 0.5)}{667.766}} \right] \\ &= 166.941 \left[-0.066 + \sqrt{0.0043 + 0.005201} \right] \\ &= 5.31102 \text{ smp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NQ2 &= 115.70 \times \frac{1 - 0.26}{1 - 0.26 \times 0.934} \times \frac{623.800}{3600} \\ &= 21.522 \text{ smp} \end{aligned}$$

❖ Jumlah Kendaraan Terhenti

$$\begin{aligned} NQ &= NQ1 + NQ2 \\ &= 5.31102 + 21.522 \\ &= 26.833 \text{ smp} \end{aligned}$$

❖ Perhitungan Panjang Antrian

$$QL = \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{masuk}}} = \frac{21,522 \times 20}{5.000} = 86,088 \text{ m}$$

Untuk mencari nilai NS digunakan rumus :

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

dimana ,

C = Waktu siklus (detik)

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

$$\begin{aligned} NS &= 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \\ &= 0.9 \times \frac{26,833}{623,800 \times 115,700} \times 3600 \\ &= 1.205 \text{ stop/jam} \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai N_{SV} digunakan rumus:

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

$$\begin{aligned} N_{SV} &= Q \times NS \\ &= 623,800 \times 1.205 \\ &= 751,415 \text{ det/kend} \end{aligned}$$

❖ Tundaan

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

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

c = waktu siklus yang disesuaikan

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

DS = derajat kejenuhan dari kolom 4

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

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

C = Kapasitas (kedn/jam) dari kolom 3

$$DT = 115,700 \times \frac{0,5 \times (1 - 0.22)^2}{(1 - 0.2247 \times 0.934)} + \frac{5,311 \times 3600}{667,766}$$

$$= 72,642 \text{ detik / kend}$$

Perhitungan selengkapnya bisa dilihat pada formulir SIG - 1 sampai dengan formulir SIG – V untuk semua lengan simpang pada simpang empat Galunggung Kota Malang, mulai hari Senin 24 Oktober 2016, Kamis 26 Oktober 2016, dan Sabtu 29 Oktober 2016 pada semua jam puncak baik jam puncak pagi, siang, dan sore.

5.3 Evaluasi Analisa Antrian dan Tundaan Pada Kondisi Eksisting

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

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 nilai panjang antrian diperoleh dari kendaraan yang tersisa pada fase sebelumnya (NQ1) ditambah dengan jumlah kendaraan yang datang selama waktu merah (NQ2). Nilai NQ1 ditentukan oleh besarnya derajat kejenuhan (DS). Untuk $DS \leq 0.5$ nilai NQ1 = 0, sedangkan untuk $DS > 0.5$ maka nilai NQ1 dapat dihitung.

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

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

Tabel 5.3 Selisih Perbedaan Panjang Antrian dan Tundaan Di Lapangan Dan MKJI 1997 simpang empat Galunggung Kota Malang, Selama 3 Hari Survey

* Hari Senin, 24 Oktober 2016

PENDEKAT	LAPANGAN		MKJI	
	ANTRIAN (M)	TUNDAAN dtk/kend	ANTRIAN (M)	TUNDAAN dtk/kend
Jl. Bondowoso (Timur)	158.000	58.893	115.866	57.149
Jl. Galunggung (Selatan)	155.000	69.543	115.292	106.302
Jl. Tidar (Barat)	139.000	60.500	392.208	330.386
Jl. Galunggung (selatan)	113.000	64.300	114.531	84.695

* Hari Rabu, 26 Oktober 2016

PENDEKAT	LAPANGAN		MKJI	
	ANTRIAN (M)	TUNDAAN dtk/kend	ANTRIAN (M)	TUNDAAN dtk/kend
Jl. Bondowoso (Timur)	144.000	71.500	116.369	55.409
Jl. Galunggung (Selatan)	151.000	66.375	166.734	240.096
Jl. Tidar (Barat)	141.000	56.409	181.158	128.710
Jl. Galunggung (selatan)	110.000	70.818	113.853	105.714

* Hari Sabtu, 29 Oktober 2016

PENDEKAT	LAPANGAN		MKJI	
	ANTRIAN (M)	TUNDAAN dtk/kend	ANTRIAN (M)	TUNDAAN dtk/kend
Jl. Bondowoso (Timur)	119.000	60.597	123.544	53.172
Jl. Galunggung (Selatan)	184.000	61.870	116.110	64.504
Jl. Tidar (Barat)	118.000	60.500	175.736	131.564
Jl. Galunggung (selatan)	88.000	61.217	115.727	57.833

Sumber : Hasil Data Perhitungan dilapangan dan MKJI 1997

Dari tabel perbandingan perhitungan panjang antrian dan volume tundaan lapangan dengan perhitungan yang menggunakan rumus Manual Kapasitas

Jalan Indonesia (MKJI) di atas memiliki perbedaan yang sangat signifikan, misalnya pada hari senin, 24 Oktober 2016 di kaki simpang jl. Bondowoso (Timur). Hasil yang diperoleh dari survey langsung dilapangan di dapatkan hasil antrian sepanjang 100 m dan tundaan sebesar 100 dtk/kend, sedangkan dalam perhitungan yang menggunakan rumus Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) didapatkan hasil antrian sepanjang 107 m dan tundaan sebanyak 48,215 dtk/kend, perbedaanya mencapai, antrian 6,54% lebih tinggi hasil perhitungan MKJI, dan tundaan 51,78% lebih tinggi hasil perhitungan lapangan. Yang mana harusnya antara perhitungan langsung di lapangan dengan perhitungan menggunakan rumus (MKJI) harus sama, atau paling tidak mendekati, namun pada survey yang kami lakukan di perempatan galunggung ini sangat jauh berbeda. perbedaan ini di sebabkan oleh banyak faktor diantaranya sebagai berikut :

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

1. Perilaku pengendara kendaraan sangat mempengaruhi perbedaan perhitungan dilapangan dengan MKJI 1997 karena, banyak pengendara kendaraan yang tidak mematuhi peraturan lalu lintas. Misalnya, saat lampu merah, waktu pengosongan (All Red) masih digunakan untuk menerobos dan pada waktu lampu menyala hijau kurang dari 5 detik, pengendara sudah mulai berjalan. Sehingga kendaraan yang belum habis melintas kendaraan berikutnya sudah masuk dan menyebabkan terjadinya macet ditengah tengah perempatan.
2. Geometri dilapangan juga mempengaruhi perbedaan perhitungan yang signifikan karena, bentuk simpang yang tidak sempurna dan terlihat tikungan yang sangat pata pada lengan selatan.. Selain itu, diberlakukannya belok kiri

langsung jalan akan sangat berpengaruh pada jalan yang lebar jalannya kecil karena, kendaraan yang belok kiri harus berhenti dan tetap harus menunggu lampu hijau sehingga, menyebabkan kemacetan bagi pengendara yang arah pergerakannya lurus jika berada dibelakang kendaraan yang pergerakannya belok kiri.

3. pada perempatan galunggung tersebut hanya menggunakan 3 fase, sehingga antara arah dari timur dan dari barat menyala lampu hijau bersamaan sehingga sering kali terjadi kemacetan di tengah persimpangan yang menyebabkan arus pergerakan lalulintas tidak lancar.
4. Pengaruh lain yang dapat menyebabkan ketidak cocokan antara perhitungan lapangan dengan perhitungan MKJI adalah dari rumus MKJI sendiri. Rumus MKJI bukan di turunkan dari rumus yang pasti melainkan dari beberapa percobaan/survey di beberapa kota besar di indonesia, dan rumus serta survey tersebut dilakukan pada tahun 1997. sehingga umur dari MKJI itu sendiri sudah hampir mencapai 20 tahu, maka wajar jika saja hasil analisisnya tidak sesuai lagi dengan kondisi sekarang, karena perilaku masyarakat pengguna jalan pada tahun 1997 an sudah sangat berbeda di tahun ini.
5. Ketelitian surveyor juga merupakan faktor penting dalam pengambilan data dilapangan.

5.4 Tingkat Pelayanan Simpang

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

Indikator tingkat pelayanan, sebagaimana dimaksud di atas mencakup antara lain:

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

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

Tabel 5.6 Persimpangan Dengan APILL

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

Sumber : (Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 96 Tahun 2015, Lampiran peraturan)

Tabel 5.7 Nilai Tingkat Pelayanan Simpang

* Hari Senin, 24 Oktober 2016

PENDEKAT	LAPANGAN		MKJI	
	TUNDAAN dtk/kend	TINGKAT pelayanan	TUNDAAN dtk/kend	TINGKAT pelayanan
Jl. Bondowoso (Timur)	58.893	E	57.149	E
Jl. Galunggung (Selatan)	69.543	F	106.302	F
Jl. Tidar (Barat)	60.500	F	330.386	F
Jl. Galunggung (selatan)	64.300	F	84.695	F

* Hari Rabu, 26 Oktober 2016

PENDEKAT	LAPANGAN		MKJI	
	TUNDAAN dtk/kend	TINGKAT pelayanan	TUNDAAN dtk/kend	TINGKAT pelayanan
Jl. Bondowoso (Timur)	71.500	F	55.409	E
Jl. Galunggung (Selatan)	66.375	F	240.096	F
Jl. Tidar (Barat)	56.409	E	128.710	F
Jl. Galunggung (selatan)	70.818	F	105.714	F

* Hari Sabtu, 29 Oktober 2016

PENDEKAT	LAPANGAN		MKJI	
	TUNDAAN dtk/kend	TINGKAT pelayanan	TUNDAAN dtk/kend	TINGKAT pelayanan
Jl. Bondowoso (Timur)	60.597	F	53.172	E
Jl. Galunggung (Selatan)	61.870	F	64.504	F
Jl. Tidar (Barat)	60.500	F	131.564	F
Jl. Galunggung (selatan)	61.217	F	57.833	F

Sumber : Hasil Data Perhitungan dilapangan dan MKJI 1997

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

Dari hasil evaluasi tundaan di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa Simpang empat Galunggung Kota Malang perlu direncanakan suatu perbaikan agar tingkat pelayanan simpang yang dihasilkan sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 96 Tahun 2015.

Untuk simpang empat Galunggung Kota Malang sesuai hasil pengamatan survey selama 3 hari dan setelah dianalisa menggunakan MKJI 1997, nilai tingkat pelayanan simpang cenderung dengan nilai tingkat pelayanan simpang paling kecil D hingga yang palig besar dengan nilai F. Oleh karena itu sesuai keputusan menteri sekurang – kurangnya nilai tingkat pelayanan simpang adalah C.

5.5 Alternatif Untuk Perbaikan Kinerja Simpang

Dari evaluasi yang telah dilakukan sebelumnya didapatkan hasil yang melebihi dari syarat yang telah ditentukan baik itu derajat kejenuhan (DS), maupun tundaan yang mengacu pada syarat yang telah ditentukan didalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997) dan Peraturan Menteri Pehubungan No. 96 PM 2015. Dari nilai derajat kejenuhan (DS) dan tundaan yang dihasilkan. Sehingga langkah selanjutnya yang dilakukan adalah merencanakan perbaikan dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja simpang empat Galunggung Kota Malang. Ada 2 skenario alternatif perbaikan yang akan dilakukan dan pada akhirnya akan dipilih satu alternatif terbaik untuk perbaikan kinerja simpang ini. Pemilihan alternatif terbaik mengacu pada nilai derajat kejenuhan dan nilai tundaan yang dihasilkan. Akan tetapi selain itu akan ditinjau kembali alternatif mana yang paling efektif untuk direncanakan dengan kondisi eksisting di lapangan.

❖ Alternatif 1 : Dengan menggunakan 4 fase :

Kondisi Eksisting :

Fase 1 untuk Jl. Galunggung Selatan (ST, RT, LT)

Fase 2 untuk Jl. Galunggung Utara (ST, RT, LT)

Fase 3 untuk Jl. Tidar dan Jl. Bondowoso (ST, RT, LT)

Kondisi Optimasi :

Fase 1 untuk Jl. Galunggung Selatan (ST, RT, LT)

Fase 2 untuk Jl. Galunggung Utara (ST, RT, LT)

Fase 3 untuk Jl. Tidar (ST, RT, LT)

Fase 1 untuk Jl. dan Jl. Bondowoso (ST, RT, LT)

Pengoptimalan fase bertujuan untuk mengurangi titik konflik.

❖ Alternatif 2 : Optimasi Waktu Siklus

Optimasi waktu siklus dilakukan dengan penentuan waktu siklus (c) dan waktu hijau (g_i) pada masing- masing fase dan waktu yang diambil sebagai pengoptimalan adalah volume tertinggi selama 3 hari pengamatan'

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

➤ Waktu Hijau

Kinerja suatu simpang bersinyal pada umumnya lebih terkait terhadap kesalahan-kesalahan dalam pembagian waktu hijau dari pada panjangnya waktu siklus. Dalam menentukan waktu hijau menggunakan hitungann mkji

Contoh Senin, 24 Oktober 2016		
KONDISI EKSISITING		
Pendekat	Waktu Hijau	Tundaan Lalu Lintas Rata-rata det/smp
S	26	101,650
U	26	80,382
T	26	52,561
B	37	323,236
KONDISI OPTIMASI SEMUA +5		
S	31	89,972
U	31	77,589
T	31	58,286
B	42	371,189
KONDISI OPTIMASI SEMUA -5		
S	21	140,487
U	21	100,239
T	21	47,694
B	32	263,713
KONDISI OPTIMASI BARAT JADI = 20		
S	26	49,046
U	26	46,624
T	26	39,802
B	20	1560,351

❖ Alternatif 3 : Larangan Belok Kiri atau Lurus Secara Langsung (Harus Mengikuti Isyarat Lampu Lalu Lintas)

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

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

❖ Alternatif 3 : Meningkatkan kapasitas geometric pada persimpangan dengan cara memperlebar kaki persimpangan

Untuk meningkatkan kapasitas geometrik pada kaki persimpangan dengan memperlebar jalan yang menggunakan rumus rencana rumus MKJI

DAFTAR NOTASI

Simbol	Pengertian	Keterangan
emp	Ekivalen Mobil Penumpang	Faktor dari berbagai tipe kendaraan sehubungan dengan keperluan waktu hijau untuk keluar dariantrian apabila dibandingkan dengan sebuah kendaraan ringan (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan yang sasisnya sama, $emp=1,0$)
smp	Satuan Mobil Penumpang	Satuan arus lalu-lintas dari berbagai tipe kendaraan yang diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan faktor emp.
Type 0	Arus Berangkat Terlawan	Keberangkatan dengan konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus/belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama.
Type P	Arus Berangkat Ter Lindung	Keberangkatan tanpa konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus.
LT	Belok Kiri	Indeks untuk lalu-lintas yang belok kiri.
LTOR	Belok Kiri Langsung	Indeks untuk lalu-lintas belok kiri yang diijinkan lewat pada saat sinyal merah.
ST	Lurus	Indeks untuk lalu-lintas yang lurus.
RT	Belok Kanan	Indeks untuk lalu-lintas yang belok kekanan.
T	Pembelokan	Indeks untuk lalu-lintas yang berbelok.
PRT	Rasio Belok Kanan	Rasio untuk lalu-lintas yang belok kekanan.
Q	Arus Lalu Lintas	Jumlah unsur lalu-lintas yang melalui titik tak terganggu di hulu, pendekat per satuan waktu (sbg. contoh: kebutuhan lalu-lintas kend./jam; smp/jam).

Q0	Arus Melawan	Arus lalu-lintas dalam pendekat yang berlawanan,yang berangkat dalam fase hijau yang sama.
QRT0	Arus Melawan, Belok Kanan	Arus dari lalu-lintas belok kanan dari pendekat yang berlawanan (kend./jam; smp/jam).
S	Arus Jenuh	Besarnya keberangkatan antrian didalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau).
S0	Arus Jenuh Dasar	Besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau).
DS	Derajat Kejenuhan	Rasio dari arus lalu-lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat ($Q \times c / S \times g$).
FR	Rasio Arus	Rasio arus terhadap arus jenuh (Q/S) dari suatu pendekat.
IFR	Rasio Arus Simpang	fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus ($IFR = \sum(Q/S)CRIT$)
PR	Rasio Fase	Rasio untuk kritis dibagi dengan rasio arus simpang(sbg contoh: untuk fase i : $PR = FR_i / IFR$).
C	Kapasitas	Arus lalu-lintas maksimum yang dapat dipertahankan.(sbg.contoh, untuk bagian pendekat j: $C_j = S_j \times g_j // c$; kend./jam, smp/jam)
F	Faktor Penyesuaian	Faktor koreksi untuk penyesuaian dari nilai ideal kenilai sebenarnya dari suatu variabel.
D	Tundaan	Waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang. Tundaan terdiri dari TUNDAAN LALU LINTAS(DT) dan TUNDAAN GEOMETRI (DG). DT adalah waktu menunggu yang disebabkan interaksi

		lalu-lintas dengan gerakan lalu-lintas yang bertentangan. DG adalah disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelokdisimpangan dan/atau yang terhenti oleh lampu merah.
QL	PANJANG ANTRIAN	Panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat (m).
NQ	ANTRIAN	Jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat(kend; smp).
NS	ANGKA HENTI	Jumlah rata-rata berhenti per kendaraan (termasukberhenti berulang-ulang dalam antrian)
Psv	RASIO KENDARAAN TERHENTI	Rasio dari arus lalu-lintas yang terpaksa berhentisebelum melewati garis henti akibat pengendalian sinyal.

KONDISI DAN KARAKTERISTIK GEOMETRIK

Simbol	Pengertian	Keterangan
	Pendekat	Daerah dari suatu lengan persimpangan jalan untukkendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti. (Bila gerakan lalu-lintas kekiri atau kekanan dipisahkan dengan pulau lalu-lintas, sebuah lengan persimpangan jalan dapat mempunyai dua pendekat.)
WA	Lebar Pendekat	Lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yangdigunakan oleh lalu-lintas buangan setelah melewati persimpangan jalan (m).
WMASU K	Lebar Masuk	Lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, diukurpada garis henti (m).

WKELUAR	Lebar Keluar	Lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan oleh lalu-lintas buangan setelah melewati persimpangan jalan (m).
We	Lebar Efektif	Lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan dalam perhitungan kapasitas (yaitu dengan pertimbangan terhadap W_A , W_{MASUK} dan W_{KELUAR} dan gerakan lalu-lintas membelok; m).
L	Jarak	Panjang dari segmen jalan (m).
GRAD	Grad	Kemiringan dari suatu segmen jalan dalam arah perjalanan (+/-%).

KONDISI LINGKUNGAN

Simbol	Pengertian	Keterangan
COM	Komersial	Tata guna lahan komersial (sbg. contoh: toko, restoran, kantor) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
RES	Permukiman	Tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan
RA	Akses Terbatas	Jalan masuk langsung terbatas atau tidak ada sama sekali (sbg. contoh, karena adanya hambatan fisik, jalan samping db.).
CS	Ukuran Kota	Jumlah penduduk dalam suatu daerah perkotaan.
SF	Hambatan Samping	Interaksi antara arus lalu-lintas dan kegiatan di samping jalan yang menyebabkan pengurangan terhadap arus jenuh di dalam pendekat.

PARAMETER PENGATURAN SINYAL

Simbol	Pengertian	Keterangan
i	Fase	Bagian dari siklus-sinyal dengan lampu-hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas (i = indeks untuk nomor fase.
c	Waktu Siklus	Waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (sbg.contoh, diantara dua saat permulaan hijau yang berurutan di dalam pendekat yang sama; det.)
g	Waktu Hijau	fuse untuk kendali lalu-lintas aktuasi kendaraan (det.)
gmax	Waktu Hijau Maksimum	Waktu hijau maksimum yang diijinkan dalam suatu fuse untuk kendali lalu-lintas aktuasi kendaraan (det.)
gmin	Waktu Hijau Minimum	Waktu hijau minimum yang diperlukan (sbg.contoh, karena penyeberangan pejalan kaki, det.).
GR	Rasio Hijau	Dalam suatu pendekat ($GR = g/c$).
ALL RED	Waktu Merah Semua	Waktu di mana sinyal merah menyala bersamaan dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berturutan (det.)
AMBER	Waktu Kuning	Waktu di mana lampu kuning dinyalakan setelah hijau dalam sebuah pendekat (det.).
IG	Antar Hijau	Periode kuning+merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan (det.).
LTI	Waktu Hilang	Jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap (det). Waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan

		jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan.
--	--	---

DAFTAR PUSTAKA

Bina Marga, Direktorat Jendral. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. PT. Bina Karya, Jakarta.

Morlok, Edward K. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Erlangga, Jakarta.

Ofyar, Z Tamin. 2000. *Perencanaan dan Permodelan Transportasi*, Edisi Kedua, ITB, Bandung.

Mustika, Mayang. 2015. *Studi Evaluasi Pengaruh Simpang Bersinyal Terhadap Kemacetan Di Ruas Jalan Bendungan Sigura Gura Depan Kampus Institut Teknologi Nasional Malang*, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional, Malang.

Permana, Whisnu Sukma Adi. 2003. *Pengaruh Parkir Terhadap Kinerja Simpang MT. Haryono – Gajayana Malang*, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional, Malang.

Perwitasari, Astri Wida. 2015. *Evaluasi Kinerja Persimpangan Jalan Gajayana – Jalan Simpang Gajayana Kota Malang*, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional, Malang.

Sumardika, I Made. 2005. *Studi Pengendalian Kemacetan Lalu Lintas Pada Jalan Kolektro MT. Haryono (Antara Pertigaan Jl. Gajayana – Tlogomas)*, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional, Malang.

Utomo, Prasetya Adhie. 2005. *Analisa Kerugian Biaya Akibat Kemacetan Di Persimpangan Jalan Panglima Sudirman Jalan Urip Sumoharjo – Jalan Pattimura Kota Malang*, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional, Malang.

<http://id.wikipedia.org/wiki/Persimpangan>

<http://www.bagus-group.co.id/hse/5-biaya-transportasi.html>

http://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCYQFjAC&url=http%3A%2F%2F118.97.35.230%2Flibrary-2%2Ffiles%2Fendo%2FTeknik%2520perencanaan%2520lalu%2520lintas.doc&ei=soAtVYjflYqSuASXrIH4Dw&usg=AFQjCNGPrs_CTF-XKcRQT3E380jkmzudQ