



**PERBANDINGAN NILAI EMP LAPANGAN MENGGUNAKAN METODE
TIME HEADWAY DENGAN EMP MKJI 1997
PADA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS: SIMPANG DIENG KOTA MALANG)**

TUGAS AKHIR

Oleh

**Riandhika Aditya
NIM 141910301109**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**PERBANDINGAN NILAI EMP LAPANGAN MENGGUNAKAN METODE
TIME HEADWAY DENGAN EMP MKJI 1997
PADA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS: SIMPANG DIENG KOTA MALANG)**

TUGAS AKHIR

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Riandhika Aditya
NIM 141910301109**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan sebagai wujud terimakasih, bakti dan cintaku untuk:

1. Ayah Muhammad Danyalin dan Mama Setiawati tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, do'a, dan dukungan moril maupun materil;
2. Kakak Angga Riswanda dan adik (alm) Agil Akbar Firmanullah yang selalu menjadi sumber semangat;
3. Guru-guru saya sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
4. Ibu Nunung Nuring Hayati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Willy Kriswardhana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, motivasi, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Bapak Ahmad Hasanuddin, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji 1 dan Ibu Sri Sukmawati, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji 2 Seminar Proposal dan Bapak Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir yang telah memberikan masukan dan arahan untuk menyempurnakan penelitian dan penulisan dalam tugas akhir ini;
6. Ibu Audiananti Meganandi Kartini, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Bapak Sonya Sulistyono, S.T., M.T., yang telah meluangkan waktu, memberi motivasi, arahan, dan masukannya selama proses pengerjaan tugas akhir ini;
8. Bapak Tatang Maulana M., S.T., M.T., yang telah meluangkan waktu untuk berdiskusi dalam proses penyusunan tugas akhir ini;
9. Meilinda Faisovi tercinta yang telah perhatian dan meluangkan waktu untuk membantu selama proses pengerjaan penyusunan tugas akhir ini;

10. Teman-teman seperjuangan satu kelompok Kerja Praktik (KP Barokah), Fahmi, Dedi, Lucky, Yudhik, Mei yang telah memberikan semangat, kerjasama, dan bantuan selama proses pengerjaan tugas akhir ini;
11. Teman-teman saya mahasiswa Teknik Sipil 2014, kakak tingkat, serta adek tingkat yang selalu memberikan semangat dan membantu pengerjaan tugas akhir ini;
12. Teman-teman seperjuangan satu kelompok Kuliah Kerja Nyata (KKN) UMD 42, Hilda, Fia, Riza, Nimas, Ayu, Edwin, Irfan, Mas Jodi, Mas Shenia, yang telah memberikan dukungan, bantuan, kerjasama, dan rasa kekeluargaannya selama ini;
13. Seluruh Dosen pengajar, staff karyawan, serta Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember;
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”

(QS. Al-Insyirah: 5-6)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.”

(QS. Al-Baqarah: 286)

“Barangsiapa yang menempuh perjalanan dalam rangka untuk menuntut ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga.”

(HR. Muslim)

“If the facts do not fit the theory, change the facts.”

(Albert Einstein)

“Imagination is more important than knowledge.”

(Albert Einstein)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Riandhika Aditya

NIM : 141910301109

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah saya yang berjudul “Perbandingan Nilai EMP Lapangan Menggunakan Metode *Time Headway* Dengan EMP MKJI 1997 Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Dieng Kota Malang)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Juni 2018

Yang menyatakan,



Riandhika Aditya
NIM 141910301109

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN NILAI EMP LAPANGAN MENGGUNAKAN
METODE *TIME HEADWAY* DENGAN EMP MKJI 1997
PADA SIMPANG BERSINYAL
(STUDI KASUS: SIMPANG DIENG KOTA MALANG)**

Oleh

Riandhika Aditya
NIM 141910301109

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Nunung Nuring Hayati, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Willy Kriswardhana, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul "Perbandingan Nilai EMP Lapangan Menggunakan Metode *Time Headway* Dengan EMP MKJI 1997 Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Dieng Kota Malang)" : Riandhika Aditya, 141910301109" telah di uji dan di sahkan pada :

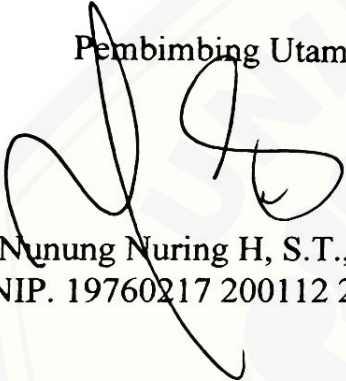
Hari : Kamis

Tanggal : 28 Juni 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

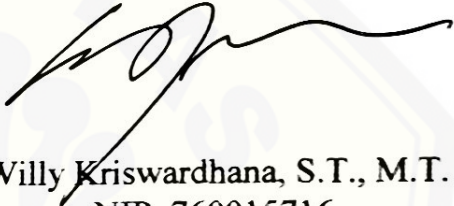
Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama



Nunung Nuring H, S.T., M.T.
NIP. 19760217 200112 2 002


Pembimbing Anggota



Willy Kriswardhana, S.T., M.T.
NIP. 760015716


Tim Penguji:

Penguji I,



Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.
NIP. 19710327 199803 1 003

Penguji II,



Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng
NIP. 19760111 200012 1 002

Mengesahkan,

Dekan,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Perbandingan Nilai EMP Lapangan Menggunakan Metode *Time Headway* Dengan EMP MKJI 1997 Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Dieng Kota Malang); Riandhika Aditya, 141910301109; 2018: 60 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tingginya pertumbuhan jumlah penduduk di Kota Malang akan memicu peningkatan aktifitas penduduk, sehingga berdampak pada meningkatnya arus lalu lintas. Peningkatan arus lalu lintas akan menambah masalah kepadatan lalu lintas pada persimpangan. Dalam mengklasifikasikan arus lalu lintas diperlukan sebuah faktor konversi. Faktor untuk mengkonversikan satuan arus lalu lintas ini dikenal dengan sebutan ekivalensi mobil penumpang (EMP). Nilai emp sangat berpengaruh dalam menganalisis kinerja jalan. Nilai emp untuk Indonesia telah diatur dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. MKJI pada tahun 1997 belum tentu memenuhi karakteristik lalu lintas pada tahun sekarang, karena data yang didapat dari Badan Pusat Statistik menyebutkan jumlah kepemilikan kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2012 sampai 2016 selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya.

Tujuan penelitian ini adalah mencari nilai emp dengan metode *time headway*, setelah itu membandingkan nilai emp hasil analisis di lapangan dengan nilai emp dalam MKJI 1997. Penelitian ini menggunakan metode *time headway* karena cara menentukan besarnya nilai emp berbeda dengan metode MKJI 1997. Menurut Leong (2004), metode *time headway* menghasilkan nilai derajat kejenuhan lebih baik dari pada memakai metode *regresi linier* dalam mencari nilai emp.

Nilai dari metode *time headway* nilainya sangat beragam pada setiap kaki simpangnya. Pada pendekat Jalan Raya Langsep didapatkan emp MC sebesar 0,39 dan emp HV sebesar 1,14. Pada pendekat Jalan Dieng didapatkan emp MC sebesar 0,46 dan emp HV sebesar 1,32. Pada pendekat Jalan Galunggung

didapatkan emp MC sebesar 0,42 dan emp HV sebesar 1,29. Pada pendekatan Jalan Terusan Dieng didapatkan emp MC sebesar 0,43 dan emp HV sebesar 1,21.

Hasil perhitungan kinerja simpang menunjukkan bahwa tundaan pada metode *time headway* lebih besar dari metode MKJI 1997 dan metode regresi linier. Hasil perbandingan panjang antrian yang disurvei di lapangan menunjukkan bahwa metode MKJI 1997 mempunyai nilai panjang antrian yang lebih mendekati panjang antrian di lapangan.



SUMMARY

Comparison of Field PCE Value Using Time Headway Method and PCE Value of IHCM 1997 on Signalised Intersection (Case Study: Dieng Intersection, Malang); Riandhika Aditya, 141910301109; 2018: 60 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

The high population growth in the city of Malang will trigger an increase in the activity of the population, so as to have an impact on the increasing traffic flow. Increasing of traffic will add to the problem of the traffic density on the intersection. In classifying traffic flow requires a conversion factor. A factor to convert the units of traffic flow is known as passenger car equivalence (PCE). The value of pce is strongly related to performance intersection analysis. The value of the pce in Indonesia has been set up in Indonesia Highway Capacity Manual (IHCM) 1997. IHCM 1997 is no longer suitable with the traffic characteristics nowadays, because the data show that the amount of ownership of motor vehicles in Indonesia by the year 2012 to 2016 increased every year. This research was aimed to find PCE value with time headway method, then compared value of PCE result of field analysis with PCE value in IHCM 1997.

This research used time headway method. This method how to determine the value of PCE is different from IHCM 1997 method. According to Leong (2004), the time headway method shows a better degree of saturation rather than using a linear regression method in finding PCE values.

The values of time headway method has vary value on any singnalised intersection approach. PCE value of Langsep approach is 0.39 for motorcycle and 1.14 for heavy vehivles. PCE value of Dieng approach is 0.46 for motorcycle and 1.32 for heavy vehivles. PCE value of Galunggung approach is 0.42 for motorcycle and 1.29 for heavy vehivles. PCE value of Terusan Dieng approach is 0.43 for motorcycle and 1.21 for heavy vehivles.

The result of intersection performance shows that the delay in time headway method is bigger than MKJI 1997 method and linear regression method.

The comparison result of the length of queues that surveyed in the field indicate that MKJI 1997 method had a queue length values closer to queue length in the field.



PRAKATA

Puji Syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perbandingan Nilai EMP Lapangan Menggunakan Metode *Time Headway* Dengan EMP MKJI 1997 Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Dieng Kota Malang)”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Ir. Hernu Suyoso, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
3. Ibu Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
4. Ibu Nunung Nuring Hayati, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Willy Kriswardhana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
5. Bapak Ahmad Hasanuddin, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji 1 dan Ibu Sri Sukmawati, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji 2 Seminar Proposal dan Bapak Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji 2 Ujian Tugas Akhir;
6. Ibu Audiananti Meganandi Kartini, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik;
7. Seluruh Dosen pengajar dan staff karyawan Fakultas Teknik Sipil Universitas Jember;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini untuk pengembangan ilmu pengetahuan. Akhirnya, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menambah pengembangan keilmuan khususnya bidang ketekniksipilan.

Jember, 28 Juni 2018

Penulis

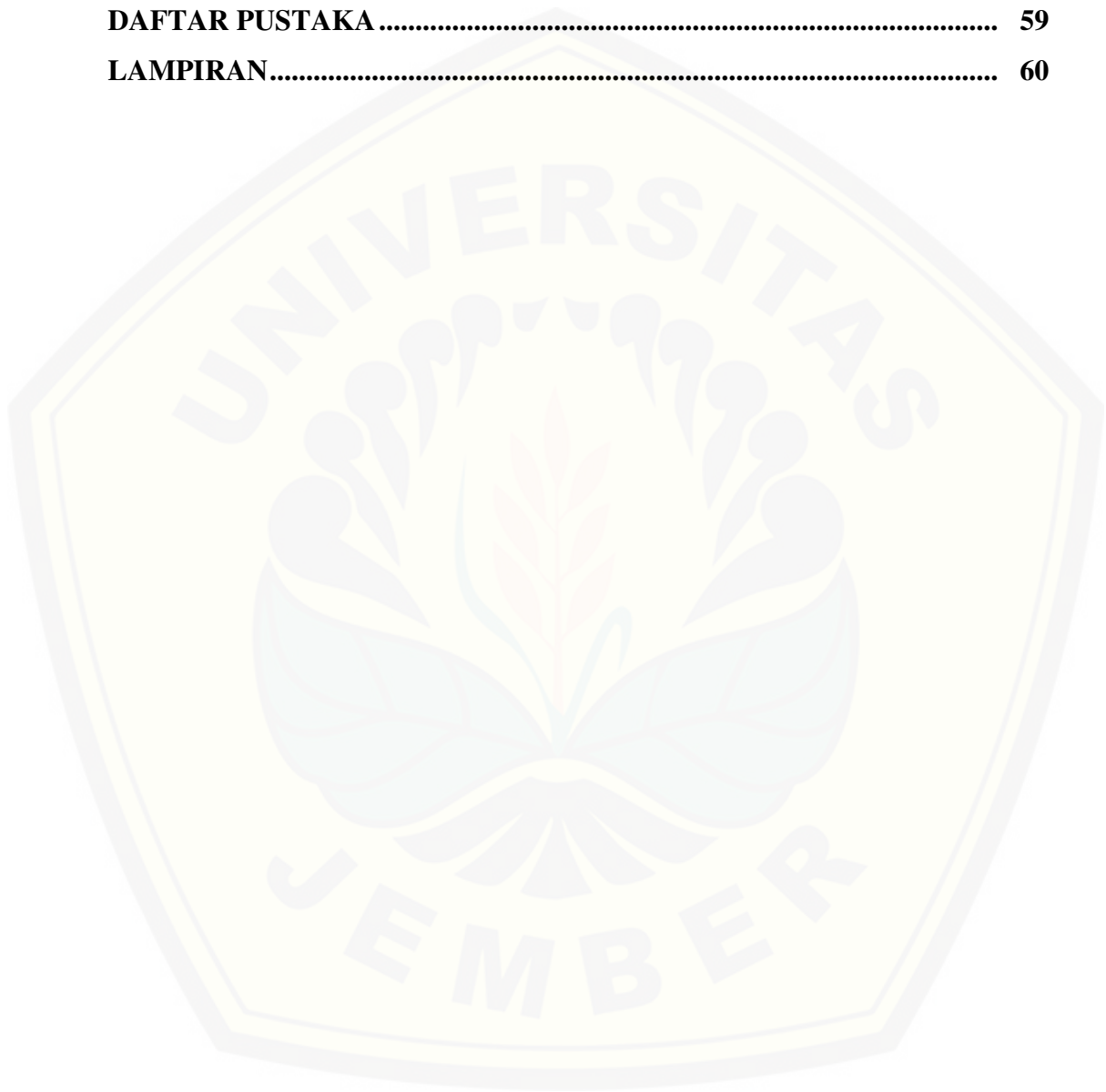


DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERNYATAAN.....	vi
HALAMAN PEMBIMBING	vii
HALAMAN PENGESAHAN.....	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
DAFTAR NOTASI.....	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian Simpang	4
2.2 Simpang Bersinyal.....	4
2.2.1 Arus Lalu Lintas	5
2.2.2 Arus Jenuh.....	8
2.2.3 Rasio Arus	9
2.2.4 Waktu Siklus dan Waktu Hijau	10
2.2.5 Kapasitas Simpang	11

2.2.6 Derajat Kejenuhan	12
2.2.7 Panjang Antrian	12
2.2.8 Tundaan Kendaraan.....	14
2.2.9 Angka Henti.....	14
2.3 Pengertian Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)	15
2.4 Pengertian Metode <i>Time Headway</i>	16
2.5 Tinjauan Statistik Rasio <i>Time Headway</i>	16
2.6 Perhitungan Nilai EMP Metode <i>Time Headway</i>	18
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Lokasi dan waktu Penelitian	24
3.2 Pengumpulan Data Penelitian	25
3.2.1 Data Sekunder	25
3.2.2 Data Primer.....	25
3.3 Pengamatan Data EMP Metode <i>Time Headway</i>	28
3.4. Pengolahan Data Penelitian.....	29
3.4.1 Pengamatan Arus Kondisi Jenuh.....	29
3.4.2 Perhitungan Nilai EMP Metode <i>Time Headway</i>	30
3.4.3 Perhitungan Perbandingan Kinerja Simpang.....	31
3.5 Diagram Alir Penelitian	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Gambaran Umum.....	34
4.2 Kondisi Eksisting	34
4.2.1 Kondisi Geometrik Simpang Dieng	34
4.2.2 Kondisi Arus Lalu Lintas	36
4.2.3 Pengaturan Fase Waktu Siklus	36
4.3 Perhitungan Data Nilai EMP Metode <i>Time Headway</i>	37
4.3.1 Data <i>Time Headway</i>	37
4.3.2 Perhitungan Senjang Rata-rata <i>Time Headway</i>	39
4.4 Pengumpulan Data Penelitian	42
4.4.1 Analisis Statistik Data <i>Time Headway</i>	42
4.4.2 Perhitungan Nilai Data EMP <i>Time Headway</i>	46

4.5 Perbandingan Kinerja Simpang.....	54
BAB 5. PENUTUP.....	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	60



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Konversi Jenis Kendaraan Terhadap Nilai (emp).....	5
Tabel 2.2 Tabel Karakteristik Kendaraan	6
Tabel 2.3 Waktu Siklus yang Disarankan	10
Tabel 4.1 Kondisi Geometrik Lokasi Penelitian	35
Tabel 4.2 Kondis Arus Lalu Lintas Lapangan (kend/jam)	36
Tabel 4.3 Kondis Arus Lalu Lintas Lapangan (smp/jam).....	36
Tabel 4.4 Pengaturan Fase Waktu Siklus.....	37
Tabel 4.5 Formulir Survei Nilai Data <i>Time Headway</i> (detik).....	38
Tabel 4.6 Perhitungan Senjang Rata-rata <i>Time Headway</i> Jalan Raya Langsep	40
Tabel 4.7 Perhitungan Senjang Rata-rata <i>Time Headway</i> Jalan Dieng.....	41
Tabel 4.8 Perhitungan Senjang Rata-rata <i>Time Headway</i> Jalan Galunggung..	41
Tabel 4.9 Perhitungan Senjang Rata-rata <i>Time Headway</i> Jalan Terusan Dieng	42
Tabel 4.10 Rekapitulasi Nilai emp MC dan HV Pada Simpang Dieng	52
Tabel 4.11 Rekapitulasi Nilai EMP Tiga Metode	53
Tabel 4.12 Rekapitulasi Kinerja Simpang Metode <i>Time Headway</i>	54
Tabel 4.13 Rekapitulasi Kinerja Simpang Metode MKJI 1997	54
Tabel 4.14 Rekapitulasi Kinerja Simpang Metode <i>Regresi Linier</i>	55
Tabel 4.15 Perbandingan Panjang Antrian	55

DAFTAR GAMBAR

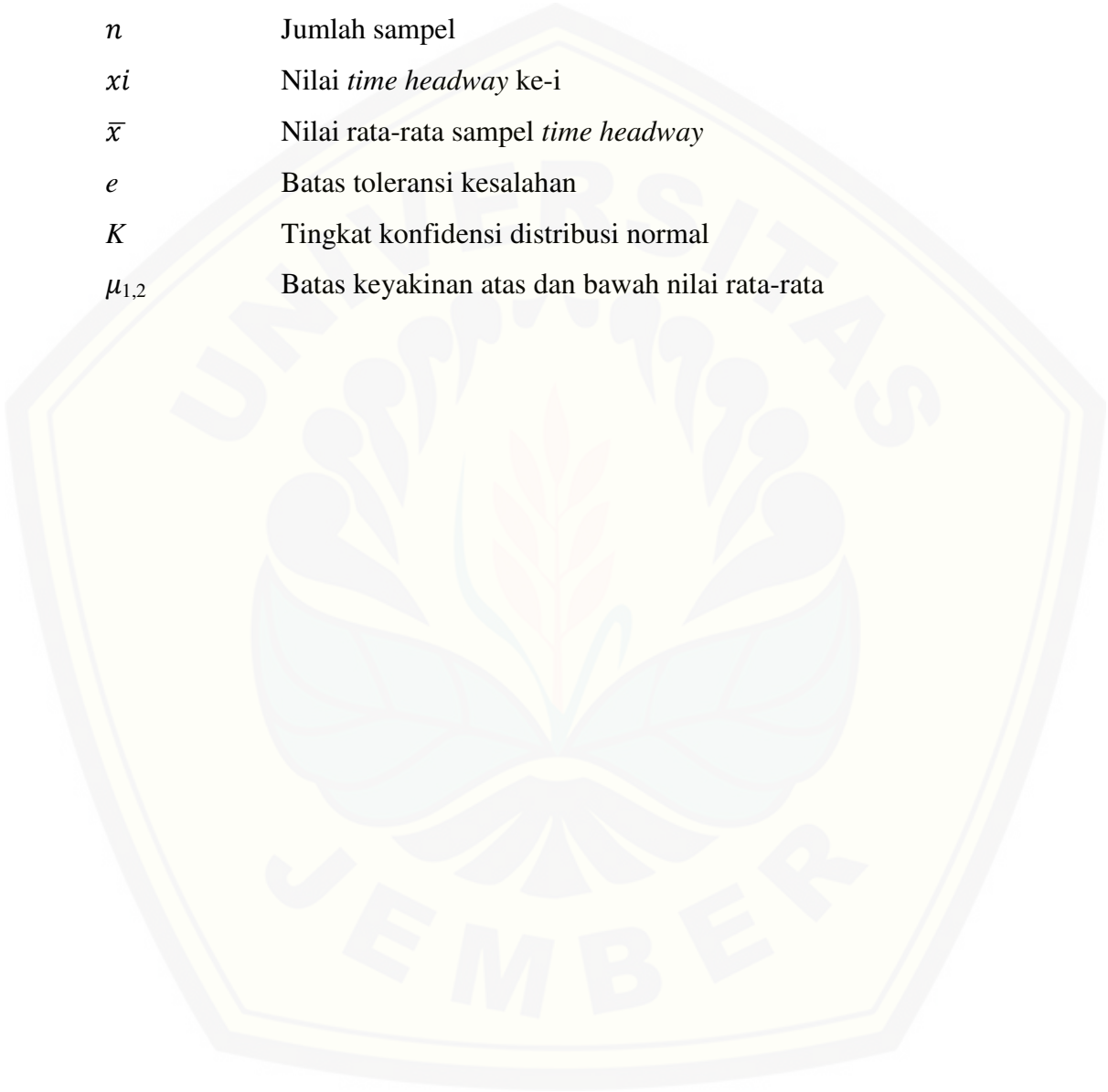
	Halaman
Gambar 2.1 Diagram Dasar Kurva Arus Jenuh	8
Gambar 2.2 Kombinasi Pasangan Kendaraan yang Ditinjau	18
Gambar 2.3 Contoh Cara Pencatatan <i>Time Headway</i> LV-LV	19
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	24
Gambar 3.1 Detai Lokasi Penelitian	25
Gambar 3.2 Letak Kamera Pada Survei Arus Kondisi Jenuh	28
Gambar 3.3 Gambar Diagram Alir	32
Gambar 4.1 Kondisi Geometrik Tampak Atas.....	35
Gambar 4.2 Uji Normalitas LV-MC Raya Langsep Tahap 1	43
Gambar 4.3 Uji <i>Outlier Boxplot</i> LV-MC Raya Langsep Tahap 1	43
Gambar 4.4 Uji Normalitas LV-MC Raya Langsep Tahap 2	44
Gambar 4.5 Uji <i>Outlier Boxplot</i> LV-MC Raya Langsep Tahap 2	44
Gambar 4.6 Normalitas LV-MC Raya Langsep Tahap 3	45
Gambar 4.7 Uji <i>Outlier Boxplot</i> LV-MC Raya Langsep Tahap 3	45

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Formulir SIG I Metode MKJI 1997.....	1
Lampiran 2. Formulir SIG II Metode MKJI 1997	2
Lampiran 3. Formulir SIG III Metode MKJI 1997	3
Lampiran 4. Formulir SIG IV Metode MKJI 1997	4
Lampiran 5. Formulir SIG V Metode MKJI 1997	5
Lampiran 6. Formulir SIG I Metode <i>Time Headway</i>	6
Lampiran 7. Formulir SIG II Metode <i>Time Headway</i>	7
Lampiran 8. Formulir SIG III Metode <i>Time Headway</i>	8
Lampiran 9. Formulir SIG IV Metode <i>Time Headway</i>	9
Lampiran 10. Formulir SIG V Metode <i>Time Headway</i>	10
Lampiran 11. Formulir SIG I Metode <i>Regresi Linier</i>	11
Lampiran 12. Formulir SIG II Metode <i>Regresi Linier</i>	12
Lampiran 13. Formulir SIG III Metode <i>Regresi Linier</i>	13
Lampiran 14. Formulir SIG IV Metode <i>Regresi Linier</i>	14
Lampiran 15. Formulir SIG V Metode <i>Regresi Linier</i>	15
Lampiran 16. Gambar Geometrik Simpang Dieng	16
Lampiran 17. Dokumentasi Survei Arus Kondisi Jenuh.....	17
Lampiran 18. Dokumentasi Survei Panjang Antrian di Lapangan	18

DAFTAR NOTASI

E	<i>Standard error</i>
S	Standard deviasi
n	Jumlah sampel
x_i	Nilai <i>time headway</i> ke- i
\bar{x}	Nilai rata-rata sampel <i>time headway</i>
e	Batas toleransi kesalahan
K	Tingkat konfidensi distribusi normal
$\mu_{1,2}$	Batas keyakinan atas dan bawah nilai rata-rata



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persimpangan merupakan salah satu tempat terjadinya suatu konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki. Dalam sistem jaringan jalan kota, persimpangan merupakan titik pertemuan dari beberapa ruas jalan yang mempunyai peranan penting dalam menjamin kelancaran lalu lintas. Keberadaan persimpangan tidak bisa dihindari pada suatu sistem transportasi di perkotaan. Hal inilah yang terjadi di Kota Malang. Permasalahan terjadi pada saat semua orang bergerak bersamaan menuju persimpangan. Persimpangan pun menjadi bagian yang harus diperhatikan dengan baik dalam rangka melancarkan arus transportasi di perkotaan. Kemacetan sering terjadi pada persimpangan akibat ketidaksabaran para pengguna jalan maupun manajemen pengaturan lalu lintas yang kurang baik, maka dibutuhkan suatu pengaturan lalu lintas untuk mengurangi terjadinya konflik untuk kelancaran dan keamanan dalam berkendara (Tamin, 2000).

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terjadi dari beberapa lengan yang pergerakannya diatur oleh sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*) untuk melewati persimpangan secara bergantian. Parameter yang digunakan untuk menilai kinerja simpang bersinyal yaitu mencakup kapasitas, tundaan, derajat kejenuhan, dan panjang antrian dengan berpedoman pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Peningkatan kendaraan bermotor akan sangat berpengaruh pada analisis simpang bersinyal.

Dalam mengklasifikasikan arus lalu lintas diperlukan sebuah faktor konversi sehingga berbagai jenis kendaraan (kend) di dalam arus lalu lintas setara dengan satuan mobil penumpang (smp). Faktor untuk mengkonversikan satuan arus lalu lintas ini dikenal dengan sebutan ekivalensi mobil penumpang (emp). Nilai emp tersebut fungsinya sangat berpengaruh dalam hal analisis kinerja jalan, menentukan kelas jalan pada perencanaan geometrik jalan, dan studi kelayakan jalan. Nilai emp untuk Indonesia telah diatur dalam MKJI 1997. MKJI pada tahun 1997 belum tentu memenuhi karakteristik lalu lintas pada tahun sekarang, karena

data yang didapat dari Badan Pusat Statistik menyebutkan jumlah kepemilikan kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2012 sampai 2016 selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Peningkatan kendaraan bermotor terutama sepeda motor menjadi salah satu jenis kendaraan yang memiliki proporsi dominan dalam arus lalu lintas yang setiap tahun pertumbuhannya mengalami peningkatan. Sama halnya dengan kendaraan roda 4 (empat) atau lebih yang mengalami peningkatan tiap tahunnya.

Berdasarkan pada kondisi di atas perlu ditinjau kembali nilai emp pada persimpangan yang disesuaikan dengan kondisi saat ini dan karakteristik arus masing-masing daerah di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan melakukan evaluasi nilai emp sepeda motor, kendaraan ringan, dan kendaraan berat pada setiap kaki simpang di simpang bersinyal di Kota Malang yaitu simpang 4 (empat) Dieng dengan menggunakan metode *time headway*, serta membandingkan nilai emp hasil analisis di lapangan menggunakan metode *time headway* dengan nilai emp dalam MKJI 1997. Penelitian ini menggunakan metode *time headway* karena cara menentukan besarnya nilai emp berbeda dengan metode MKJI 1997. Menurut Leong (2004), metode *time headway* menghasilkan nilai derajat kejenuhan lebih baik dari pada memakai metode regresi linier dalam mencari nilai emp. Perhitungan metode *time headway* menggunakan faktor emp sebagai pembanding antara kondisi eksisting dengan nilai emp yang telah ditetapkan MKJI 1997.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka perumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah nilai emp di lapangan dengan menggunakan metode *time headway*?
2. Bagaimana perbandingan kinerja simpang yang diperoleh di lapangan menggunakan metode *time headway* dengan nilai emp Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan regresi linier?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan nilai emp yang dihitung menggunakan metode *time headway*.
2. Untuk mengetahui perbandingan kinerja simpang yang diperoleh di lapangan menggunakan emp metode *time headway* dengan nilai emp Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan regresi linier.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadi bahan masukan pada MKJI 1997 untuk penentuan nilai emp dari hasil analisis.
2. Menjadi bahan masukan bagi instansi terkait sebagai upaya peningkatan kinerja simpang yang lebih baik.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah bertujuan untuk membatasi ruang lingkup pembahasan agar tidak terlalu luas tinjauannya. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk membatasi masalah di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada simpang bersinyal 4 (empat) Dieng Kota Malang.
2. Metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai emp adalah metode *time headway*. Untuk emp metode regresi linier telah didapatkan dari penelitian terdahulu yang dilakukan di tempat yang sama.
3. Nilai emp yang dihitung adalah emp MC (*Motorcycle*) dan emp HV (*Heavy Vehicle*).
4. Perhitungan kinerja simpang berdasarkan pada MKJI 1997.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Simpang

Persimpangan merupakan salah satu tempat terjadinya suatu konflik antara suatu kendaraan dengan kendaraan lain. Dalam sistem jaringan jalan kota, persimpangan merupakan titik pertemuan kendaraan dari beberapa arah. Kemacetan sering terjadi pada persimpangan jalan akibat ketidaksabaran para pengguna jalan maupun manajemen pengaturan lalu lintas yang kurang baik, oleh karena itu dibutuhkan pengaturan lalu lintas untuk mengurangi terjadinya konflik untuk kelancaran dan keamanan dalam berkendara (Tamin, 2000).

Keberadaan persimpangan pun menjadi salah satu bagian yang harus diperhatikan dalam rangka melancarkan arus transportasi di perkotaan. Persimpangan merupakan salah satu tempat sumber konflik yang bisa terjadi antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki. Persimpangan merupakan faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan khususnya pada daerah perkotaan. Oleh karena itu, keberadaannya harus dikelola sebaik mungkin dengan prasarana yang memadai sehingga didapatkan kelancaran pergerakan yang diharapkan. Masalah utama yang sering terjadi pada persimpangan adalah:

1. Volume dan kapasitas, secara langsung mempengaruhi hambatan.
2. Desain geometrik dan kebebasan pandang
3. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, lampu jalan
4. Parkir, akses dan pembangunan umum
5. Pejalan kaki
6. Jarak antar simpang

2.2 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*).

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), tujuan dari penggunaan sinyal lampu lalu lintas (*traffic light*) pada persimpangan antara lain:

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu-lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu-lintas jam puncak.
2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas akibat tabrakan antara kendaraan dari arah yang bertentangan.

2.2.1 Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas (Q) untuk setiap arus gerakan kendaraan ringan, kendaraan berat, dan sepeda motor (QLV, QHV, dan QMC) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekuivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan. Menurut (Abubakar, 1995), karakteristik arus lalu lintas terdiri dari:

1. Karakteristik Primer

Karakteristik primer dari arus lalu lintas ada tiga macam, yaitu volume, kecepatan, dan kepadatan.

2. Karakteristik Sekunder

Karakteristik sekunder yang terpenting adalah jarak-antara. Ada dua parameter jarak-antara yaitu waktu-antara kendaraan dan jarak-antara kendaraan. Konversi kendaraan berat, kendaraan ringan, dan sepeda motor terhadap satuan mobil penumpang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Konversi Jenis Kendaraan Terhadap Nilai (emp)

Jenis Kendaraan	Tipe pendekatan (emp)	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber: (MKJI, 1997)

Dalam MKJI 1997, kendaraan yang ada di Indonesia dapat diklasifikasikan sesuai dengan jenis kendaraan dalam sistem transportasi jalan raya, dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tabel Karakteristik Kendaraan

Klasifikasi Kendaraan	Definisi	Jenis-Jenis Kendaraan
Kendaraan Ringan	Kendaraan ringan (LV= <i>Light Vehicle</i>) Kendaraan bermotor 2 as beroda 4 dengan jarak as 2-3m	Mobil pribadi, oplet, mikrobis, pick up, truk kecil
Kendaraan Umum	Kendaraan umum (HV= <i>Heavy Vehicle</i>) Kendaraan bermotor beroda lebih dari 4	Bus, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga
Sepeda Motor	Sepeda motor (MC= <i>Motorcycle</i>) Kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda	Sepeda motor dan kendaraan beroda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga
Kendaraan tak Bermotor	Kendaraan tak bermotor (UM= <i>Un-Motorised</i>) kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan	Sepeda, becak, kereta kuda, kereta dorong

Sumber: MKJI 1997

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai ekivalensi kendaraan (Hadiuzzaman, 2008), antara lain :

1. Karakteristik kendaraan: Fisik dan mekanik seperti dimensi panjang, lebar, tenaga mesin, kemampuan akselerasi dalam bergerak, dan karakteristik kendaraan.

2. Karakteristik arus lalu lintas:
 - a. Distribusi arus sesuai luas ruang jalan yang diizinkan
 - b. Karakteristik kecepatan aliran lalu lintas
 - c. Persentase komposisi kelas kendaraan yang berbeda
3. Karakteristik jalan:
 - a. Alinyemen horizontal, kelandaian dan lokasi
 - b. Kondisi permukaan perkerasan, jenis perkerasan, lebar perkerasan
 - c. Pengendalian simpang: *priority*, *roundabout*, blok tengah, simpang bersinyal.
 - d. Kondisi lingkungan : hambatan samping, radius lengkung untuk belok kiri.
 - e. Kondisi iklim
 - f. Kondisi sinyal
4. Kondisi geometik simpang
 Kondisi geometrik juga mempengaruhi nilai emp diantaranya panjang landai jalur pendekat, kondisi simpang (simetris atau asimetris), jumlah lajur dan lebar lengan simpang efektif, lebar per lajur lalu lintas, jarak garis henti dari area konflik, dimensi area konflik simpang, dan keberadaan jalur kiri langsung.

Untuk menghitung nilai arus lalu lintas menggunakan persamaan 2.1.

$$Q = Q_{LV} + Q_{HV} \times emp_{HV} + Q_{MC} \times emp_{MC} \quad (2.1)$$

keterangan:

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Q_{LV} = Arus kendaraan ringan (kendaraan/jam)

Q_{HV} = Arus kendaraan berat (kendaraan/jam)

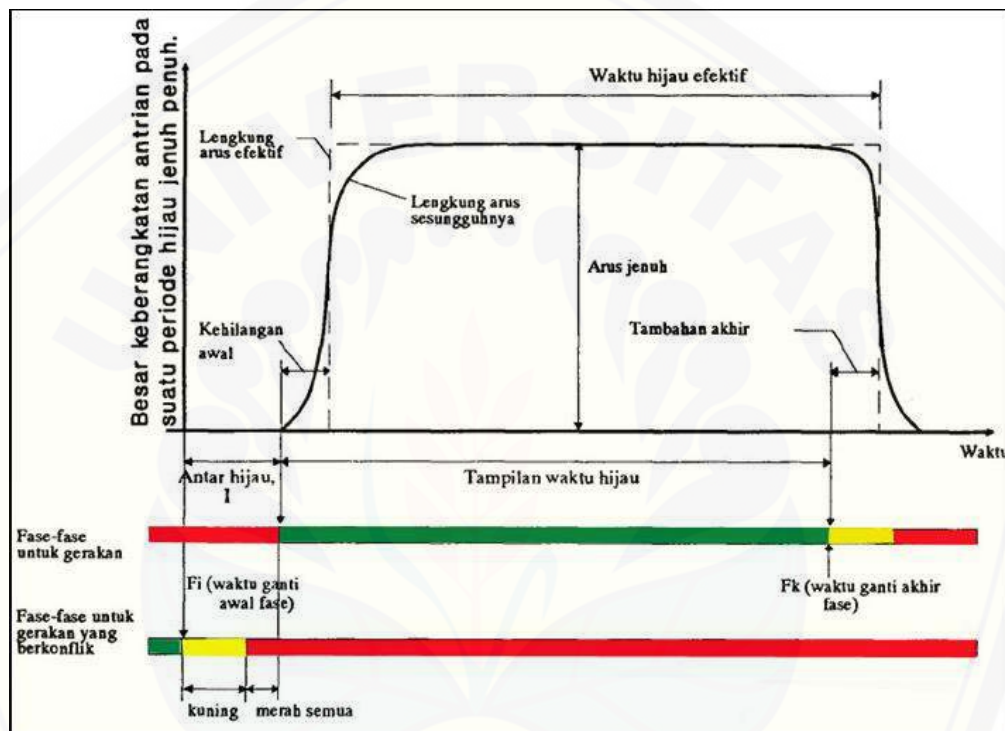
Q_{MC} = Arus sepeda motor (kendaraan/jam)

emp_{HV} = emp kendaraan berat

emp_{MC} = emp sepeda motor

2.2.2 Arus Jenuh

Arus jenuh berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) didefinisikan sebagai besarnya keberangkatan rata-rata antrian di dalam suatu pendekatan simpang selama sinyal hijau yang besarnya dinyatakan dalam satuan smp per jam hijau (smp/jam hijau). Prinsip dasar metode ini mengacu pada diagram dasar kurva arus jenuh seperti pada gambar 2.1.



Sumber: Balai Teknik Lalu Lintas dan Lingkungan Jalan (2012)

Gambar 2.1 Diagram Dasar Kurva Arus Jenuh

Arus jenuh untuk simpang bersinyal dapat dihitung dengan persamaan 2.2.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{LT} \times F_{RT} \quad (2.2)$$

keterangan:

S = Arus jenuh (smp/waktu hijau efektif)

S_0 = Arus jenuh dasar (smp/waktu hijau efektif)

F_{CS} = Faktor koreksi arus jenuh akibat ukuran kota (jumlah penduduk)

F_{SF} = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya gangguan samping

F_G = Faktor koreksi arus jenuh akibat kelandaian jalan

F_P = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya kegiatan perparkiran dekat dengan lengan persimpangan

F_{LT} = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya pergerakan belok kiri

F_{RT} = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya pergerakan belok kanan

Tipe persimpangan mempengaruhi nilai besarnya setiap faktor koreksi arus jenuh. Penjelasan lebih rinci mengenai setiap faktor koreksi arus jenuh dapat ditemukan dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997).

2.2.3 Rasio Arus

Ada beberapa langkah dalam menentukan rasio arus jenuh yaitu:

1. Arus lalu lintas masing-masing pendekat (Q)
 - a. Jika $W_e = W_{keluar}$, maka hanya gerakan lurus saja yang dimasukkan dalam nilai Q
 - b. Jika suatu pendekat mempunyai sinyal hijau dalam dua fase, yang satu untuk arus terlawan (Q) dan yang lainnya arus terlindung (P), maka gabungan arus lalu lintas sebaiknya dihitung sebagai smp rata-rata berbobot untuk kondisi terlawan dan terlindung dengan cara yang sama seperti pada perhitungan arus jenuh.
2. Rasio arus (FR) masing-masing pendekat, dihitung dengan persamaan 2.3.

$$FR = Q / S \quad (2.3)$$

3. Menentukan tanda rasio arus kritis (FR_{CRLT}) tertinggi pada masing-masing fase.
4. Rasio arus simpang (IFR) sebagai jumlah dari nilai-nilai FR_{CRLT} , dihitung dengan persamaan 2.4.

$$IFR = \Sigma (FR_{CRLT}) \quad (2.4)$$

5. Rasio fase (PR) masing-masing fase sebagai rasio antara FR_{CRLT} dan IFR , dihitung dengan persamaan 2.5.

$$PR = FR_{CRLT} / IFR \quad (2.5)$$

2.2.4 Waktu Siklus Sinyal Lampu Lalu Lintas

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

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) untuk pengendalian waktu tetap, dihitung dengan persamaan 2.6.

$$C_{ua} = (1.5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (2.6)$$

keterangan:

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

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

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

Waktu siklus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda, dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Waktu Siklus yang Disarankan

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (detik)
Pengaturan dua fase	40 – 80
Pengaturan tiga fase	50 – 100
Pengaturan empat fase	80 – 130

Sumber: (MKJI, 1997)

2. Waktu hijau

Waktu hijau (g) untuk masing-masing fase, dihitung dengan persamaan 2.7.

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \quad (2.7)$$

keterangan:

- g_i = Tampilan waktu hijau pada fase I (det)
 C_{ua} = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)
 LTI = Waktu hilang total per siklus
 PR_i = Rasio fase $FR_{CRLT} / \Sigma (FR_{CRLT})$

3. Waktu siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) sesuai waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang (LTI), dihitung dengan persamaan 2.8.

$$c = \Sigma g + LTI \quad (2.8)$$

keterangan:

- C = Waktu siklus yang disesuaikan
 Σg = Jumlah waktu hijau
 LTI = Waktu hilang total per siklus

Komponen-komponen waktu siklus meliputi:

- Waktu hijau, yaitu waktu nyala hijau pada suatu periode pendekat (detik).
- Waktu kuning (*amber*) adalah waktu kuning dinyalakan setelah hijau dari suatu pendekat (detik).
- Waktu merah semua (*all red*) adalah waktu dimana sinyal merah menyala bersamaan dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh fase sinyal yang berlawanan.
- Waktu antar hijau (*intergreen*) adalah periode kuning dan waktu merah semua (*all red*) yang merupakan transisi dari hijau ke merah untuk setiap fase sinyal.

2.2.5 Kapasitas Simpang

Kapasitas adalah kemampuan simpang untuk menampung arus lalu lintas maksimum per satuan waktu dinyatakan dalam smp/jam hijau. Kapasitas pada

simpang dihitung pada setiap pendekat ataupun kelompok lajur di dalam suatu pendekat. Menghitung kapasitas masing-masing pendekat, dengan persamaan 2.9.

$$C = S \times g/c \quad (2.9)$$

keterangan:

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh (smp/jam)

g = Waktu hijau (detik)

c = Waktu siklus (detik)

2.2.6 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio volume (Q) terhadap kapasitas (C). Menghitung derajat kejenuhan masing-masing pendekat, dengan persamaan 2.10.

$$DS = Q / C \quad (2.10)$$

keterangan:

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

2.2.7 Panjang Antrian

Panjang antrian adalah banyaknya kendaraan yang berada pada simpang tiap jalur saat nyala lampu merah (Departemen P.U., 1997).

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

Untuk $DS > 0.5$; dilihat dengan persamaan 2.11.

$$NQ_1 = 0.25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0.5)}{C}} \right] \quad (2.11)$$

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

keterangan:

- NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
 DS = Derajat kejenuhan
 C = Kapasitas (smp/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau ($S \times GR$)

2. Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2), dihitung dengan persamaan 2.12.

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (2.12)$$

keterangan:

- NQ_2 = Jumlah smp yang tersisa dari fase merah
 DS = Derajat kejenuhan
 GR = Rasio hijau (g/c)
 c = Waktu siklus
 Q_{masuk} = Arus lalu lintas di luar LTOR (*Left Turn On Red*) (smp/jam)

3. Jumlah kendaraan antri, dihitung dengan persamaan 2.13.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (2.13)$$

keterangan:

- NQ = Jumlah kendaraan antri
 NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
 NQ_2 = Jumlah smp yang tersisa dari fase merah

4. Panjang antrian (QL) dengan mengalikan NQ_{max} dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m) kemudian bagilah dengan lebar masuknya, seperti pada persamaan 2.14.

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{masuk}} \quad (2.14)$$

2.2.8 Tundaan Kendaraan

Tundaan, terdapat dua tundaan pada suatu simpang yaitu tundaan geometri (DG) dan tundaan lalu lintas (DT). Sehingga tundaan rata-rata adalah, seperti pada persamaan 2.15, 2.16, dan 2.17.

$$D = DG + DT \quad (2.15)$$

keterangan:

$$DT = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \quad (2.16)$$

$$DG = (1 - Psv) \times PT \times 6 + (Psv \times 4) \quad (2.17)$$

keteranga:

DG = Tundaan geometri (det/smp)

DT = Tundaan lalu lintas (det/smp)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

$$A = \frac{0,5x(1 - GR)2}{(1 - GR \times DS)}$$

GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat kejenuhan

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)

PT = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

Psv = Rasio kendaraan berhenti pada suatu pendekat

2.2.9 Angka Henti

Angka henti (NS) pada masing-masing pendekatan adalah jumlah rata-rata kendaraan berhenti per smp, ini termasuk henti berulang sebelum melewati garis henti simpang.

1. Untuk memperoleh nilai angka henti dapat digunakan rumus 2.18.

$$NS = 0,9x \frac{NQ}{Qxc} \times 3600 \quad (2.18)$$

keterangan:

C = Waktu siklus (det)

Q = Arus lalu lintas(smp/jam)

2. Hitung jumlah kendaraan terhenti (NSV) masing-masing pendekat, dengan persamaan 2.19.

$$N_{sv} = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \quad (2.19)$$

3. Hitung angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend/jam, dengan persamaan 2.20.

$$N_{Stot} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{tot}} \quad (2.20)$$

2.3 Pengertian Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

Ekivalen Mobil Penumpang merupakan faktor dari berbagai jenis kendaraan bermotor sehubungan dengan keperluan waktu hijau untuk keluar dari antrian apabila dibandingkan dengan sebuah kendaraan ringan. Untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan yang sasisnya sama nilai emp adalah 1,0 (MKJI,1997).

Istilah ekivalensi mobil penumpang (emp) telah diperkenalkan oleh *Highway Capacity Manual* (HCM) versi 1965 dalam Ingle (2004), untuk digunakan dalam bentuk menganalisis arus lalu lintas setelah itu banyak sekali tafsiran nilai ekivalensi mobil penumpang yang dihasilkan para peneliti untuk membuat persamaan mengenai nilai tersebut. MKJI 1997 memberikan angka ekivalensi mobil penumpang (emp) pada simpang bersinyal dapat dilihat seperti pada tabel 2.1.

2.4 Pengertian Metode *Time Headway*

Time headway merupakan salah satu variabel dasar yang digunakan untuk menjelaskan tentang pergerakan lalu lintas. *Time headway* itu sendiri adalah interval waktu antara dua kendaraan yang melintasi suatu titik pengamatan pada jalan raya secara berurutan dalam arus lalu lintas. Pengukuran dilakukan dari waktu antar bumper depan mobil yang berada di depan dengan bumper depan mobil yang berurutan/beriringan di belakangnya ketika kendaraan melewati suatu titik pengamatan yang telah ditentukan (garis henti). Data untuk *time headway* tersebut dapat diukur menggunakan bantuan *stopwatch*.

2.5 Tinjauan Statistik Rasio *Time Headway*

Interaksi elemen hasil pengamatan arus lalu lintas jalan raya seperti perilaku pengemudi mempunyai nilai yang tetap, namun tidak demikian halnya dengan kondisi jalan maupun cuaca. Untuk itu diperlukan teori peluang untuk menggambarkan dan memperoleh nilai dalam analitis lalu lintas. Sebaran statistik berguna untuk menggambarkan segala kemungkinan kejadian yang bernilai acak.

Distribusi normal atau distribusi Gaussian adalah salah satu distribusi teoritis dengan variabel random kontinyu. Uji distribusi normal atau bisa disebut uji normalitas adalah uji untuk mengukur apakah data yang didapatkan memiliki distribusi normal sehingga dapat dipakai dalam statistik parametrik (statistik inferensial). Kemudian hasil dari perhitungan nilai data emp metode *time headway* selanjutnya dianalisis dengan uji normalitas dan uji *outlier* dengan program SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) untuk mendapatkan data-data yang memenuhi persyaratan statistik. Untuk sejumlah sampel yang dianggap berdistribusi normal maka nilai rata-rata dianggap sebagai \bar{x} dan varian dinyatakan δ^2 . Distribusi normal digunakan bila jumlah sampel lebih besar atau sama dengan 30 ($n \geq 30$).

Karena sampel dipilih acak maka dimungkinkan adanya suatu kesalahan standar deviasi dari distribusi yang dinyatakan sebagai *standard error* (E), dengan persamaan 2.21.

$$E = \frac{S}{n^{0,5}} \quad (2.21)$$

keterangan:

E = *standard error*

S = *standard deviasi*

n = *jumlah sampel*

Dan S adalah *standard deviasi* yang dapat dihitung dengan persamaan 2.22.

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.22)$$

keterangan:

n = *jumlah sampel*

x_i = *nilai time headway ke-i*

\bar{x} = *nilai rata-rata sampel time headway*

Untuk perkiraan nilai rata-rata *time headway* seluruh pasangan kendaraan (μ) dapat disesuaikan dengan tingkat *kepercayaan* atau *keyakinan* yang diinginkan (*desired level of confidence*). Perkiraan ini terletak dalam suatu interval yang disebut *interval keyakinan* (*confidence interval*) yang mempunyai *batas toleransi kesalahan* sebesar e , dihitung dengan persamaan 2.23.

$$e = K \cdot E \quad (2.23)$$

keterangan:

e = *batas toleransi kesalahan*

K = *tingkat kepercayaan distribusi normal*

E = *standard error*

Nilai rata-rata *time headway* untuk distribusi normal ($n \geq 30$) ; dihitung dengan persamaan 2.24.

$$\mu_{1,2} = \bar{x} \pm e \quad (2.24)$$

keterangan:

$\mu_{1,2}$ = *batas keyakinan atas dan bawah nilai rata-rata*

\bar{x} = nilai rata-rata *time headway*

e = batas toleransi kesalahan

Pada sampel kurang dari 30 ($n < 30$) maka perkiraan rata-rata *time headway* pasangan kendaraan secara keseluruhan sebaiknya dilakukan dengan distribusi t atau disebut juga distribusi student.

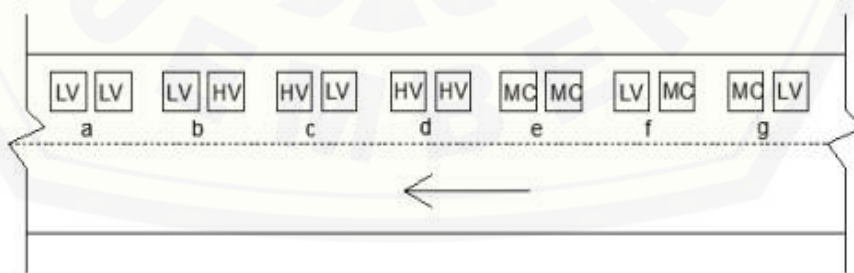
2.6 Perhitungan Nilai EMP Metode *Time Headway*

Time Headway dilakukan dengan mencatat waktu antara kendaraan yang berurutan saat kendaraan melewati suatu titik pengatan yang ditentukan.

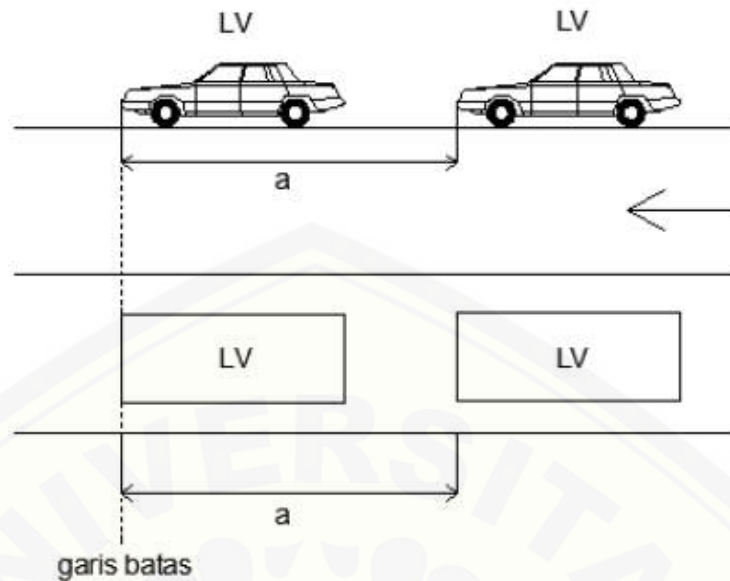
Rasio *headway* yang diperlukan mencakup 9 macam kombinasi kendaraan, yaitu:

1. *Motorcycle* (MC) diikuti *Motorcycle* (MC)
2. *Motorcycle* (MC) diikuti *Light Vehicle* (LV)
3. *Motorcycle* (MC) diikuti *Heavy Vehicle* (HV)
4. *Light Vehicle* (LV) diikuti *Light Vehicle* (LV)
5. *Light Vehicle* (LV) diikuti *Motorcycle* (MC)
6. *Light Vehicle* (LV) diikuti *Heavy Vehicle* (HV)
7. *Heavy Vehicle* (HV) diikuti *Heavy Vehicle* (HV)
8. *Heavy Vehicle* (HV) diikuti *Motorcycle* (MC)
9. *Heavy Vehicle* (HV) diikuti *Light Vehicle* (LV)

Kombinasi iring-iringan kendaraan dapat dilihat seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kombinasi pasangan kendaraan yang ditinjau



Gambar 2.3 Contoh cara pencatatan *time headway* LV-LV

Keterangan:

LV = *Light Vehicle*/ kendaraan ringan.

HV = *Heavy Vehicle*/ kendaraan berat.

MC = *Motorcycle*/ sepeda motor

a = Pencatatan *time headway* antara *Light Vehicle* dengan *Light Vehicle* yang berurutan.

b = *Time headway* antara *Light Vehicle* dengan *Heavy Vehicle* yang berurutan.

c = *Time headway* antara *Heavy Vehicle* dengan *Light Vehicle* yang berurutan.

d = *Time headway* antara *Heavy Vehicle* dengan *Heavy Vehicle* yang berurutan.

e = *Time headway* antara *Motorcycle* dengan *Motorcycle* yang berurutan.

f = *Time headway* antara *Light Vehicle* dengan *Motorcycle* yang berurutan.

g = *Time headway* antara *Motor Cycle* dengan *Light Vehicle* yang berurutan.

Nilai t_{emp} HV dihitung dengan cara membagi nilai rata-rata *time headway* HV diikuti HV dengan nilai rata-rata *time headway* LV diikuti LV. Hasil akan benar jika *time headway* HV tidak tergantung pada kendaraan yang mendahului maupun mengikutinya. Kondisi ini didapat jika jumlah rata-rata *time headway* LV diikuti LV ditambah rata-rata *time headway* HV diikuti HV sama dengan jumlah rata-rata *time headway* LV diikuti HV ditambah rata-rata *time headway* HV diikuti LV. Hal tersebut dapat ditulis dengan persamaan 2.25.

$$t_a + t_d = t_b + t_c \quad (2.25)$$

keterangan:

t_a = nilai rata-rata *time headway* LV diikuti LV

t_b = nilai rata-rata *time headway* HV diikuti HV

t_c = nilai rata-rata *time headway* LV diikuti HV

t_d = nilai rata-rata *time headway* HV diikuti LV

Keadaan yang dapat memenuhi persamaan diatas sulit diperoleh karena tiap kendaraan mempunyai karakteristik yang berbeda. Demikian juga pengemudi memiliki kemampuan berbeda dalam mengemudi. Oleh karena itu diperlukan koreksi terhadap nilai rata-rata *time headway* dengan persamaan 2.26 dan persamaan 2.27.

$$\left[t_a - \frac{k}{n_a} \right] + \left[t_d - \frac{k}{n_d} \right] = \left[t_b + \frac{k}{n_b} \right] + \left[t_c + \frac{k}{n_c} \right] \quad (2.26)$$

$$k = \frac{n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d [t_a + t_d - t_b - t_c]}{n_d \cdot n_b \cdot n_c + n_a \cdot n_b \cdot n_c + n_a \cdot n_d \cdot n_c + n_a \cdot n_d \cdot n_b} \quad (2.27)$$

(R.J.Salter,1980)

keterangan:

n_a = jumlah data *time headway* LV diikuti LV

n_b = jumlah data *time headway* HV diikuti HV

n_c = jumlah data *time headway* LV diikuti HV

n_d = jumlah data *time headway* HV diikuti LV

Selanjutnya nilai rata-rata *time headway* pasangan kendaraan tersebut dikoreksi dengan persamaan 2.28.

$$ta_k = ta - \frac{k}{na} \quad (2.28a)$$

$$tb_k = tb + \frac{k}{nb} \quad (2.28b)$$

$$tc_k = tc + \frac{k}{nc} \quad (2.28c)$$

$$td_k = td - \frac{k}{nd} \quad (2.28d)$$

Dengan menggunakan nilai rata-rata *time headway* yang sudah dikoreksi dapat dihitung dengan persamaan 2.29.

$$ta_k + td_k = tb_k + tc_k \quad (2.29)$$

(R.J. Salter, 1980)

keterangan:

ta_k = nilai rata-rata *time headway* LV-LV terkoreksi

tb_k = nilai rata-rata *time headway* HV-HV terkoreksi

tc_k = nilai rata-rata *time headway* LV-HV terkoreksi

td_k = nilai rata-rata *time headway* HV-LV terkoreksi

Apabila persyaratan tersebut memenuhi syarat, maka nilai EMP HV dapat dihitung dengan persamaan 2.30.

$$Emp\ HV = \frac{td_k}{ta_k} \quad (2.30)$$

keterangan:

Emp HV = nilai emp HV

td_k = nilai rata-rata *time headway* HV-LV terkoreksi

ta_k = nilai rata-rata *time headway* LV-LV terkoreksi

Sedangkan rumus untuk mencapai emp MC adalah sama dengan rumus emp HV namun variabel HV diganti dengan variabel MC. Hal tersebut dapat ditulis dengan persamaan 2.31.

$$ta + td = tb + tc \quad (2.31)$$

keterangan:

ta = nilai rata-rata *time headway* LV diikuti LV

tb = nilai rata-rata *time headway* MC diikuti MC

tc = nilai rata-rata *time headway* LV diikuti MC

td = nilai rata-rata *time headway* MC diikuti LV

Nilai koreksi pada nilai rata-rata *time headway* dicari dengan persamaan (2.32) dan faktor koreksi k dicari dengan persamaan (2.33).

$$\left[ta - \frac{k}{na} \right] + \left[td - \frac{k}{nd} \right] = \left[tb + \frac{k}{nb} \right] + \left[tc + \frac{k}{nc} \right] \quad (2.32)$$

$$k = \frac{na.nb.nc.nd[ta+td-tb-tc]}{nd.nb.nc+na.nb.nc+na.nd.nc+na.nd.nb} \quad (2.33)$$

(R.J.Salter,1980)

keterangan:

na = jumlah data *time headway* LV diikuti LV

nb = jumlah data *time headway* MC diikuti MC

nc = jumlah data *time headway* LV diikuti MC

nd = jumlah data *time headway* MC diikuti LV

Selanjutnya nilai rata-rata *time headway* pasangan kendaraan tersebut dikoreksi dengan persamaan (2.34).

$$ta_k = ta - \frac{k}{na} \quad (2.34a)$$

$$tb_k = tb + \frac{k}{nb} \quad (2.34b)$$

$$tc_k = tc + \frac{k}{nc} \quad (2.34c)$$

$$td_k = td - \frac{k}{nd} \quad (2.34d)$$

keterangan:

ta_k = nilai rata-rata *time headway* LV-LV terkoreksi

tb_k = nilai rata-rata *time headway* MC-MC terkoreksi

tc_k = nilai rata-rata *time headway* LV-MC terkoreksi

td_k = nilai rata-rata *time headway* MC-LV terkoreksi

Dengan menggunakan nilai rata-rata *time headway* yang sudah dikoreksi dapat dihitung dengan persamaan 2.35.

$$ta_k + td_k = tb_k + tc_k \quad (2.35)$$

(R.J. Salter, 1980)

keterangan:

ta_k = nilai rata-rata *time headway* LV-LV terkoreksi

tb_k = nilai rata-rata *time headway* MC-MC terkoreksi

tc_k = nilai rata-rata *time headway* LV-MC terkoreksi

td_k = nilai rata-rata *time headway* MC-LV terkoreksi

Apabila persyaratan tersebut memenuhi syarat, maka nilai emp MC dapat dihitung dengan persamaan 2.36.

$$Emp\ MC = \frac{td_k}{ta_k} \quad (2.36)$$

keterangan:

Emp MC = nilai emp MC

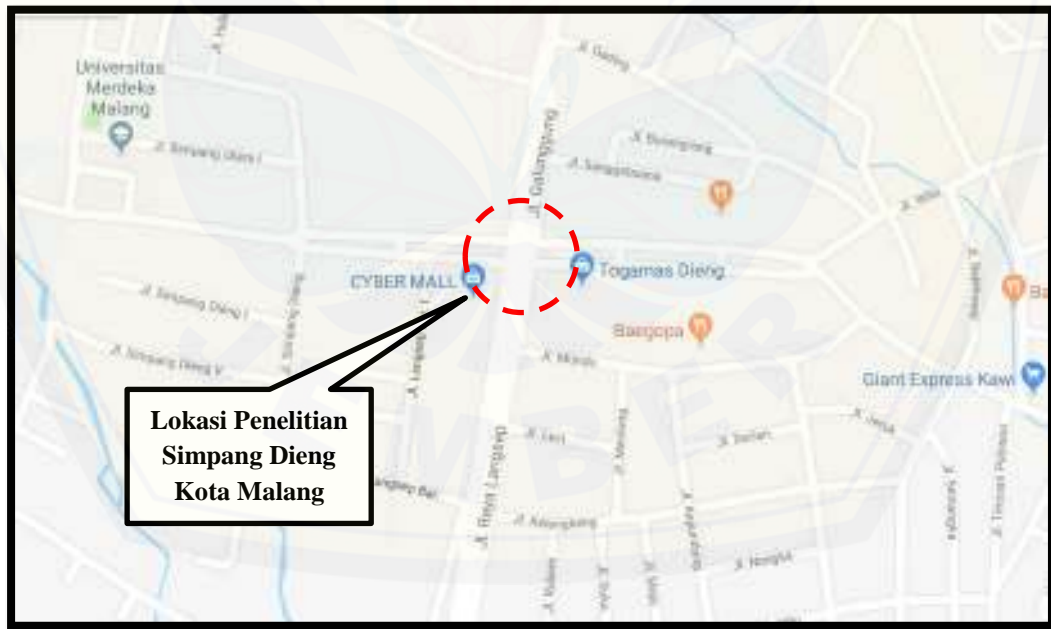
td_k = nilai rata-rata *time headway* MC-LV terkoreksi

ta_k = nilai rata-rata *time headway* LV-LV terkoreksi

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Simpang 4 (empat) Dieng Kota Malang merupakan simpang bersinyal yang memiliki lengan pendekat yaitu Jalan Raya Langsep, Jalan Dieng, Jalan Galunggung, dan Jalan Terusan Dieng. Letaknya berada di kawasan Kota Malang. Persimpangan ini dipilih karena pada Simpang Dieng volume arus lalu lintasnya cukup padat, serta banyak variasi kendaraan yang melintas. Pelaksanaan perekaman survai arus lalu lintas dalam kondisi jenuh di lapangan direkam menggunakan kamera video. Waktu pelaksanaan survei dalam penelitian ini dilaksanakan pada hari kerja, yaitu hari Senin-Kamis dan waktu aktifitas hari kerja ketika simpang mengalami puncak arus jenuh. Penelitian ini diambil pada kondisi di interval pada jam puncak, sehingga diharapkan akan banyak dijumpai arus lalu lintas dalam kondisi jenuh. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian



Gambar 3.2 Detail Lokasi Penelitian

3.2 Pengumpulan Data Penelitian

Pada penelitian ini, data yang dibutuhkan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer adalah data asli yang belum diolah dan didapatkan dengan melaksanakan survei langsung di lapangan, sedangkan data sekunder didapatkan dari penelitian-penelitian terdahulu dan dari instansi terkait.

3.2.1 Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari dari Studi Doktoral Sonya Sulistyono, 2017. Metode pengumpulan data arus lalu lintas dalam kondisi jenuh di lapangan direkam menggunakan kamera video (digital video recorder) untuk selanjutnya hasil rekaman dilakukan pencacahan volume kendaraan.

3.2.2 Data Primer

Dalam penelitian ini data primer yang dibutuhkan meliputi inventarisasi simpang dan survei arus lalu lintas dalam kondisi jenuh. Untuk pengambilan data arus lalu lintas dalam kondisi jenuh di lapangan direkam menggunakan kamera

video (digital video recorder) untuk selanjutnya hasil rekaman dilakukan pencacahan volume kendaraan.

1. Survei Inventarisasi Simpang

Survei ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik persimpangan yang terkait dengan kelancaran arus lalu lintas serta keselamatan pengguna jalan. Survei ini dilakukan langsung dengan melakukan pengukuran dan pengamatan di lapangan meliputi:

a. Peralatan yang Digunakan

Adapun peralatan yang digunakan untuk penelitian adalah sebagai berikut:

- Stopwatch atau jam digital, untuk menghitung waktu pada tiap-tiap fase lampu lalu lintas.
- Roll meter atau Walking Distance Meter, untuk mengukur lebar pada tiap-tiap lajur.
- Kamera (handycam), untuk dokumentasi.
- Formulir survei, untuk mencatat dari hasil pengamatan.
- Alat tulis dan papan survei

b. Data Geometrik Simpang

- Lokasi simpang
- Jumlah lengan simpang
- Lebar masing-masing lengan simpang

c. Data Marka Jalan

- Dimensi dan kondisi marka
- Kondisi marka terhadap tepi perkerasan
- Ketersediaan zebra cross pada simpang

d. Data Lampu Lalu Lintas

- Kondisi lampu lalu lintas
- Pengaturan lampu lalu lintas (waktu siklus, jumlah fase, waktu hijau, waktu kuning, dan waktu merah setiap kaki simpang)

2. Survei Arus Dalam Kondisi Jenuh

Survei arus jenuh dilakukan pada saat arus yang keluar dari masing-masing kaki simpang dalam kondisi jenuh. Tahapan pelaksanaan survei ini terbagi atas dua tahapan, yaitu:

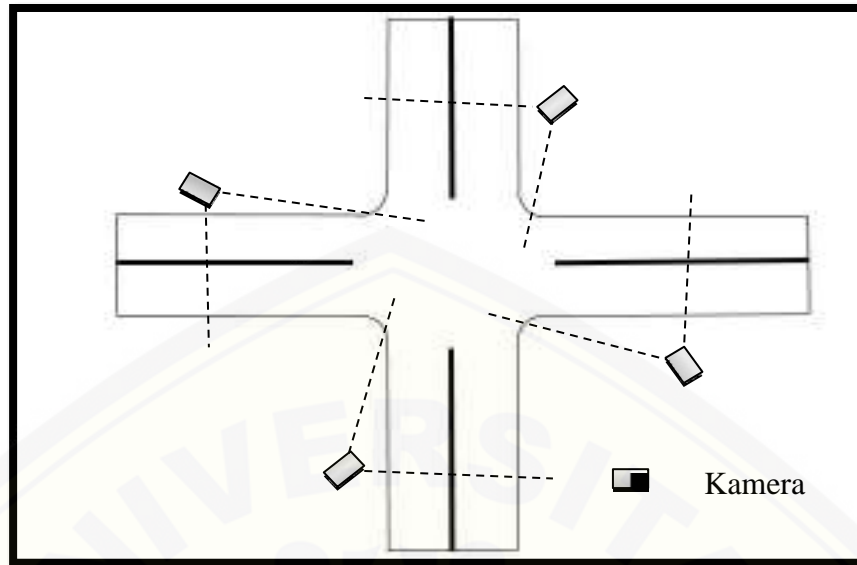
a. Peralatan yang Dibutuhkan

Adapun peralatan yang digunakan untuk penelitian adalah sebagai berikut:

- Komputer/laptop, untuk memutar kembali hasil rekaman arus lalu lintas.
- Counter, untuk menghitung volume kendaraan yang melintas pada setiap kaki simpang.
- Formulir survei, untuk mencatat dari hasil pengamatan.
- Alat tulis dan papan survei

b. Survei lapangan perekaman video (video recording)

- Untuk perekaman video, alat yang digunakan yaitu kamera video (video recording)
- Kamera video ditempatkan pada tempat yang aman dan tidak mengganggu arus lalu lintas pada masing-masing kaki simpang, disangga dengan tripod setinggi 2 sampai 3 meter dan dapat merekam pergerakan kendaraan pada mulut kaki simpang dengan jelas. Pengambilan data menggunakan kamera video dilakukan pada masing-masing lengan simpang. Setiap lengan simpang ditempatkan satu kamera video kemudian dihidupkan secara bersamaan untuk merekam kendaraan yang melintas. Penjelasan detail letak kamera video dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.3 Letak Kamera Pada Survei Arus Kondisi Jenuh

3. Ekstraksi Data

Tidak semua data hasil rekaman video di lapangan digunakan dalam proses analisis. Ada beberapa yang dieliminasi untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik. Hal-hal yang menyebabkan eliminasi data, yaitu:

- a. Adanya penyebrang jalan saat waktu hijau.
- b. Adanya kendaraan yang berhenti di dekat persimpangan.
- c. Adanya jarak kendaraan yang cukup panjang atau interval dimana tidak ada kendaraan yang lewat saat waktu hijau.
- d. Kondisi persimpangan yang macet.

3.3 Pengamatan Data EMP Metode Time Headway

Hasil rekaman selanjutnya diolah menggunakan komputer/laptop dan melakukan pencatatan dalam formulir survei dengan mengamati hasil rekaman video. Pada tahap pengumpulan data ini, survei yang dilakukan adalah survei arus jenuh untuk menghitung nilai ekuivalen mobil penumpang (emp) di lapangan dengan menggunakan metode time headway dari hasil rekaman video arus dalam kondisi jenuh sebelumnya. Berikut merupakan cara mengolah data time headway:

1. Memutar kembali hasil rekaman video arus jenuh di lapangan yang telah dilakukan, dengan bantuan video player pada komputer/laptop.
2. Menentukan kombinasi 9 (sembilan) jenis-jenis kendaraan menurut rasio time headway, yaitu MC-MC, MC-LV, MC-HV, LV-LV, LV-MC, LV-HV, HV-HV, HV-MC, dan HV-LV.
3. Mencatat waktu kendaraan yang beriringan/berurutan pada saat kendaraan melewati titik pengamatan (garis henti) yang telah ditentukan pada setiap kaki simpang pada formulir survei dengan bantuan stopwatch.
4. Pencatatan dimulai ketika lampu hijau berjalan setelah 4 detik, dikarenakan kendaraan akan mengalami persiapan percepatan terlebih dahulu sebelum mencapai kecepatan yang konstan.

3.4 Pengolahan Data Penelitian

Setelah pengumpulan data dan pengolahan data yang diinginkan telah didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah proses analisis data. Analisis data menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan metode time headway.

3.4.1 Pengamatan Arus Kondisi Jenuh

Analisis arus jenuh dilakukan pada setiap kaki simpang yang mengalami kejenuhan arus yang tinggi secara konstan. Pengolahan analisis data berpedoman pada MKJI 1997. Dalam menghitung arus jenuh dapat menggunakan persamaan 2.2. Pembagian jenis kendaraan dalam lalu lintas disesuaikan dengan tujuan survei. Klasifikasi jenis-jenis kendaraan digolongkan seperti sepeda motor atau motorcycle (MC), kendaraan ringan atau light vehicle (LV), dan kendaraan berat atau heavy vehicle (HV). Jenis-jenis kendaraan untuk setiap golongan meliputi:

1. Sepeda motor : Sepeda motor roda 2 (dua) dan 3 (tiga)
2. Kendaraan ringan : Mobil, pick-up, angkutan umum, bus/truck kecil
3. Kendaraan berat : Bus besar, truk 2 as, truk 3 as, truk gandeng, truk tromton, trailer

Hasil perhitungan volume pada setiap periode pengamatan untuk setiap kendaraan, kemudian dikonversi menjadi satuan mobil penumpang (smp) dengan mengalikan ekivalen mobil penumpang (emp). Nilai emp mengacu pada MKJI 1997, untuk setiap jenis-jenis kendaraan adalah seperti pada tabel 2.1.

3.4.2 Perhitungan Nilai EMP Metode Time Headway

Data yang akan digunakan untuk analisis data didapat melalui pembacaan hasil rekaman kamera video di lapangan. Setelah dilakukan pengumpulan data di lapangan dengan kamera video, dilakukan ekstraksi data yang dilakukan di laboratorium atau di ruangan dengan fasilitas yang mencukupi untuk dilakukannya ekstraksi data. Pengolahan data menggunakan komputer/laptop dengan aplikasi pemutar video (video player). Dari hasil pengumpulan data yang telah dilakukan didapatkan jumlah kendaraan yang ada pada saat arus dalam kondisi jenuh. Selain jumlah kendaraan pada saat arus dalam kondisi jenuh, time headway kendaraan yang melewati garis henti pada saat arus dalam kondisi jenuh juga diukur saat dilakukan ekstraksi data dengan bantuan stopwatch untuk menghitung time headway. Kombinasi time headway kendaraan yang dihitung seperti berikut:

1. Motorcycle (MC) diikuti Motorcycle (MC)
2. Motorcycle (MC) diikuti Light Vehicle (LV)
3. Motorcycle (MC) diikuti Heavy Vehicle (HV)
4. Light Vehicle (LV) diikuti Light Vehicle (LV)
5. Light Vehicle (LV) diikuti Motorcycle (MC)
6. Light Vehicle (LV) diikuti Heavy Vehicle (HV)
7. Heavy Vehicle (HV) diikuti Heavy Vehicle (HV)
8. Heavy Vehicle (HV) diikuti Motorcycle (MC)
9. Heavy Vehicle (HV) diikuti Light Vehicle (LV)

Data time headway digunakan untuk analisis rasio headway yang diperoleh dari pembacaan hasil rekaman video. Time headway adalah waktu antara bumper depan mobil yang berada di depan dengan bumper depan mobil

yang berurutan/beriringan di belakangnya ketika melewati suatu titik pengamatan yang telah ditentukan (garis henti). Setelah itu dilakukan distribusi normal dengan menggunakan software aplikasi statistik SPSS, yaitu salah satu distribusi teoritis dengan variabel acak (random continue). Karena sampel dipilih acak maka dimungkinkan adanya suatu kesalahan standard deviasi dari distribusi yang dinyatakan sebagai standard eror (E), dapat dihitung dengan persamaan 2.21. Dalam menghitung standard deviasi (S) dapat dihitung menggunakan persamaan 2.22. Dalam menghitung tingkat kefidensi distribusi normal dapat dihitung menggunakan persamaan 2.23. Setelah itu nilai rata-rata time headway untuk distribusi normal lebih dari 30 sampel ($n \geq 30$) dapat dihitung menggunakan persamaan 2.24.

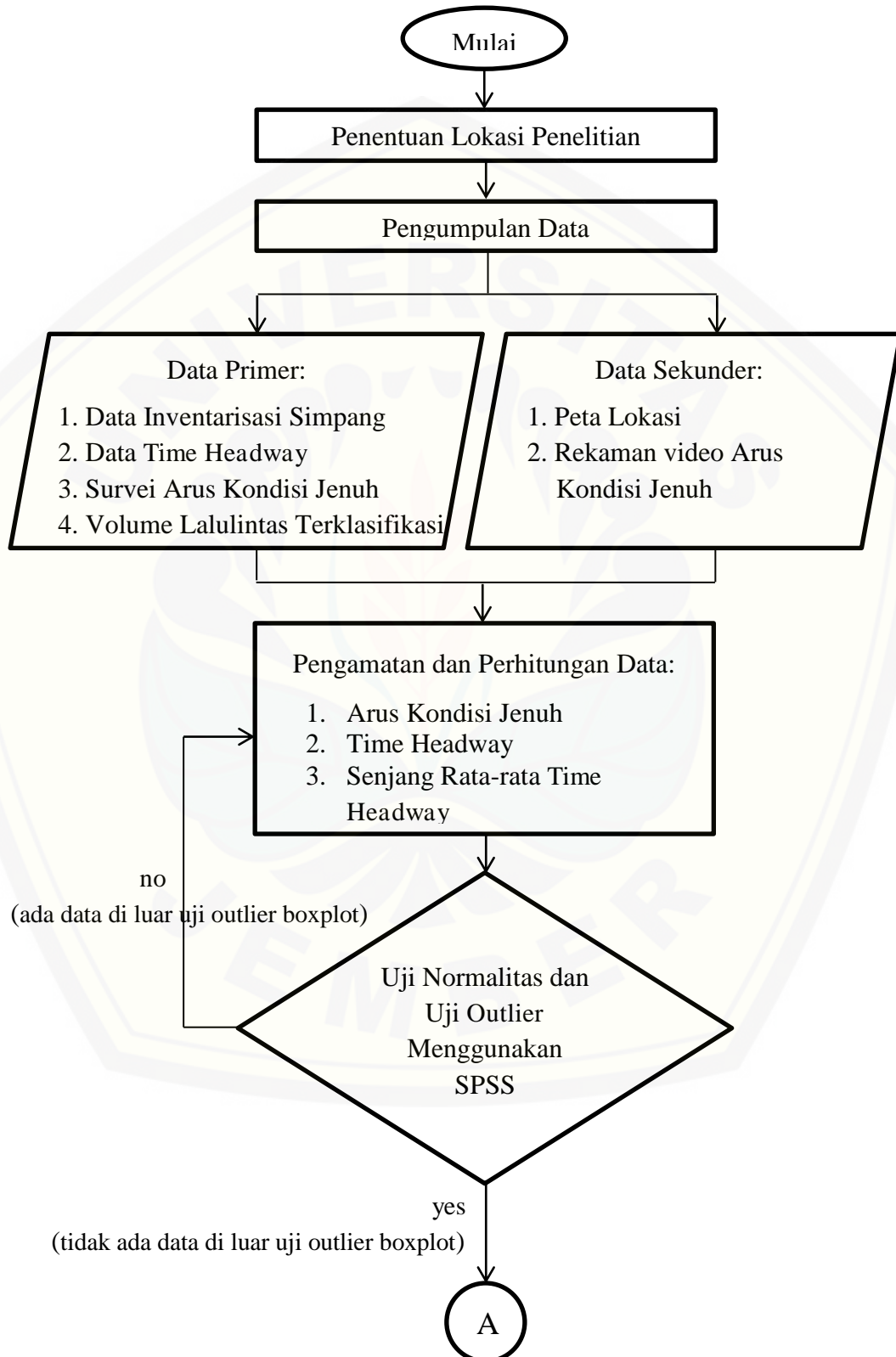
Setelah didapatkan data yang berdistribusi normal, kemudian dapat menghitung nilai rata-rata time headway menggunakan persamaan 2.25 sampai dengan persamaan 2.28, selanjutnya menghitung nilai rata-rata time headway yang sudah terkoreksi menggunakan persamaan 2.29. Apabila persyaratan tersebut memenuhi syarat, maka nilai emp HV dapat dihitung dengan persamaan 2.30. Sedangkan rumus untuk emp MC, menghitung nilai rata-rata time headway menggunakan persamaan 2.31 sampai dengan persamaan 2.34, selanjutnya menghitung nilai rata-rata time headway yang sudah terkoreksi menggunakan persamaan 2.35. Apabila persyaratan tersebut memenuhi syarat, maka nilai emp MC dapat dihitung dengan persamaan 2.36.

3.4.3 Perhitungan Perbandingan Kinerja Simpang

Dalam perbandingan kinerja simpang ini akan membandingkan antara kinerja simpang yang diperoleh di lapangan menggunakan metode time headway dengan kinerja simpang menurut MKJI 1997. Pada penelitian ini analisis kinerja simpang yang paling utama yaitu memperhitungkan nilai arus lalu lintas (Q) yang dapat dihitung dengan persamaan 2.1, derajat kejenuhan (DS) yang dapat dihitung dengan persamaan 2.10, panjang antrian (QL) yang dapat dihitung dengan persamaan 2.11 sampai dengan persamaan 2.14, dan tundaan (D) yang dapat dihitung dengan persamaan 2.15 sampai dengan persamaan 2.17.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir Penelitian dapat dilihat pada gambar 3.4.





Gambar 3.4 Gambar Diagram Alir

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari perhitungan dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai EMP metode *time headway* simpang Dieng pada kaki simpang Jalan Raya Langsep adalah EMP MC sebesar 0,39 dan EMP HV sebesar 1,14; Jalan Dieng adalah EMP MC sebesar 0,46 dan EMP HV sebesar 1,32; Jalan Galunggung adalah EMP MC sebesar 0,42 dan EMP HV sebesar 1,29; dan Jalan Terusan Dieng adalah EMP MC sebesar 0,43 dan EMP HV sebesar 1,21.
2. Perbandingan nilai kinerja simpang Dieng menggunakan EMP *time headway* dan EMP MKJI 1997 salah satunya dapat dilihat dari nilai tundaan (D). Nilai tundaan pada semua kaki simpang menggunakan EMP *time headway* lebih besar daripada EMP MKJI 1997 dan regresi linier. Hasil perbandingan panjang antrian dari ketiga metode dengan panjang antrian yang disurvei di lapangan secara langsung didapatkan bahwa, nilai panjang antrian metode MKJI 1997 mempunyai nilai panjang antrian yang lebih mendekati nilai panjang antrian di lapangan.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dan hasil penelitian yang dilakukan, maka diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada simpang bersinyal di Kota Malang dengan kondisi pendekat terlawan (*opposed*).
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap simpang bersinyal di Kota Malang dengan kondisi adanya pengaruh belok kiri langsung.
3. Penelitian yang sama dapat dikembangkan lebih lanjut dengan metode perhitungan emp yang berbeda atau interval waktu survei yang lebih lama untuk mendapatkan data yang lebih banyak.

4. Peletakan posisi kamera akan lebih baik apabila berada di atas atau lebih tinggi, sehingga semua kendaraan yang lewat dan melintasi batas garis *time headway* atau garis henti dapat terlihat dengan jelas.
5. Survei panjang antrian langsung di lapangan dan survei volume lalu lintas harus dilakukan secara bersamaan agar validasi dapat dilakukan dengan baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Andiani, Christy Alty. 2013. Skripsi: *Studi Penetapan Nilai EMP Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Time Headway dan Aplikasi Untuk Menghitung Kinerja Ruas Jalan*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. (2016). *Malang Dalam Angka 2016*. Kota Malang: BPS
- Bina Marga, Direktorat Jendraal. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: Direktorat Bina Jalan Kota, Direktorat Bina Marga RI dan SWEROAD.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1997. No 036/T/BM/1997: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Bina Karya. Jakarta.
- Hadiuzzaman, M.D., 2008. *Development of Saturation Flow and Delay Models for Signalised Intersection in Dhaka City*, Departement of Civil Engineering Bangladesh University of Engineering and Technology, Dhaka.
- Ingle, Anthony, 2004, *Development of Passenger Car Equivalent for Basic Freeway Segments*, Thesis, Master of Sciences in Civil Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Khisty, C.J. and Lall, B.K., 2003. *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*, jilid 1 Ed. 3, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Khisty, C.J. and Lall, B.K., 2003. *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*, jilid 2 Ed. 3, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Lam, William H.K. Lam. 1994. *Saturation Flows and Passenger Car Equivalent at Signalises Intersections in Hongkong*. Secong International Symposium on Highway Capacity.
- Lee, Leong, 2004. *A Study on Saturation Flow Rates of Through Vehicles at Signalised Intersections Based on Malaysian Road Conditions*, Thesis, Universiti Sains Malaysia.
- Okura, Izumi, dkk. 2006. *Transportation Engineering Vol 1*. Jepang.
- Salter, R.J. 1983. *Highway Traffic Analysis and Design*, Macmillan Press Ltd. London and Basingstoke.
- Tamin, Ofyar, Z. 2000. *Perencanaan dan Permodelan Transportasi*. Bandung, Indonesia: Penerbit ITB.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulir SIG I Metode MKJI 1997

FASE SINYAL YANG ADA (Gambarkan Sketsa Fase)										
g = 15,00	g = 21,00	g = 32,00	g = 24,00	waktu siklus c 104,00						
				Waktu hilang total : LTI = Σ IG = 12						
IG=	IG= 3	IG= 3	3							
SKETSA SIMPANG										
KONDISI LAPANGAN										
Kode Pendekat	Tipe lingkungan jalan (com/res/ra)	Hambatan Samping (Tinggi/Rendah)	Median Ya/Tidak	kelandaian +/- %	Belok kiri langsung Ya/Tidak	Jarak ke kendaraan parkir (m)	Lebar Pendekat (m)			
							Pendekat W_A	Masuk W_{ENTR}	Belok kiri lgs W_{LTCR}	Keluar W_{EXIT}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
U	COM	R	Y	0	Y		8,70	8,70	0,00	8,90
T	COM	R	Y	0	Y		6,70	6,70	0,00	11,20
S	COM	R	Y	0	Y		7,50	7,50	0,00	7,50
B	COM	R	Y	0	Y		7,50	7,50	0,00	4,70

Lampiran 2. Formulir SIG II Metode MKJI 1997

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 29 November 2017										Ditangani oleh :					
Formulir SIG-II :		Kota : Malang															
ARUS LALULINTAS		Simpang : DIENG										Perihal : 4 fase					
		Perihal : 4 fase															
Kode	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)												Kend.tak bermotor			
		Kendaraan Ringan(LV)			Kendaraan Berat(HV)			Sepeda Motor(MC)			Kendaraan Bermotor			Rasio Berbelok		Arus UM	Rasio P _{UM} =
Pendekat		emp terlindung =		1,0 emp terlindung =		1,3 emp terlindung =		0,2 emp terlindung =		Total			Rasio Berbelok		kend/ jam	UM/ MV	
		emp terlawan =		1,0 emp terlawan =		1,3 emp terlawan =		0,4 emp terlawan =		MV			Rasio Berbelok				
		kend/ jam	smp/jam		kend/ jam	smp/jam		kend/ jam	smp/jam		kend/ jam	smp/jam		Kiri P _{LT}	Kanan P _{RT}		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
U	LT	125,00	125		3,00	3,9		463,00	92,60		591,00	221,50		0,25		4,00	
	ST	231,00	231		18,00	23,4		1391,00	278,2		1640,00	532,6				7,00	
	RT	66,00	66		3,00	3,9		319,00	63,8		388,00	133,7		0,15		1,00	
	Total	422,00	422		24,00	31,2		2173,00	434,60		2619,00	887,80				12,00	0,005
T	LT	127,00	127		2,00	2,6		487,00	97,4		616,00	227		0,23		5,00	
	ST	215,00	215		12,00	15,6		1301,00	260,2		1528,00	490,8				12,00	
	RT	166,00	166		1,00	1,3		482,00	96,4		649,00	263,7		0,27		0,00	
	Total	508,00	508		15,00	19,5		2270,00	454		2793,00	981,5				17,00	0,006
S	LT	105,00	105		2,00	2,6		416,00	83,2		523,00	190,8		0,23		0,00	
	ST	297,00	297		6,00	7,8		1031,00	206,2		1334,00	511				3,00	
	RT	82,00	82		0,00	0,0		313,00	62,6		395,00	144,6		0,17		0,00	
	Total	484,00	484		8,00	10,4		1760,00	352		2252,00	846,4				3,00	0,001
B	LT	115,00	115		5,00	6,5		695,00	139		815,00	260,5		0,25		2,00	
	ST	378,00	378		11,00	14,3		880,00	176		1269,00	568,3				5,00	
	RT	148,00	148		1,00	1,3		277,00	55,4		426,00	204,7		0,20		1,00	
	Total	526,00	641		17,00	22,10		1852,00	370,4		2395,00	1033,50				8,00	0,003

Lampiran 3 Formulir SIG III Metode MKJI 1997

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 29 November 2017					
Formulir SIG - III :		Ditangani oleh :					
-WAKTU ANTAR HIJAU		Kota : Malang					
-WAKTU HILANG		Simpang : DIENG					
		Perihal : 4 fase					
LALULINTAS BERANGKAT		LALU LINTAS DATANG					Waktu merah semua (dtk)
Pendekat	Kecepatan V_{AV} (m/dtk)	Pendekat	U	S	T	B	
		Kecepatan V_{AV} (m/dtk)					
U	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
S	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
T	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
B	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
		Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
0		Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
	Penentuan waktu all red didasarkan pada aturan fase	Penentuan waktu merah semua : (data ini dapat dirubah sendiri sesuai fase)					
		Fase 1 --> Fase 2					2
		Fase 2 --> Fase 3					2
		Fase 3 --> Fase 4					2
		Fase 4 --> Fase 1					2
		Jumlah fase	4	kuning/fase	12		12
		Waktu hilang total (LTI)= Merah semua total+waktu kuning (dtk / siklus					20

Lampiran 4. Formulir SIG IV Metode MKJI 1997

SIMPANG BERSINYAL			Tanggal : 29 November 2017			Ditangani oleh :																
Formulir SIG-IV : PENENTUAN WAKTU SINYAL			Kota : Malang			Perihal : 4 fase																
KAPASITAS			Simpang : DIENG			Periode : 14:06 - 15:06																
			Fase 1		Fase 2		Fase 3		Fase 4													
Kode Pen-dekat	Hijau dalam fase no.	Tipe Pen-dekat (P / O)	Rasio kendaraan berbelok			Arus RT smp/j		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam Hijau								Arus lalu lintas smp/Jam	Rasio Arus FR =	Rasio fase PR =	Waktu hijau det	Kapasitas smp/j C =	Derajat jenuh DS=
			P _{L100}	P _{L1}	P _{RT}	Q _{RT}	Q _{RT10}		Nilai dasar smp/j hijau S ₀	Faktor Penyesuaian						Nilai disesuaikan smp/jam hijau S						
										Semua tipe pendekat			Hanya tipe P									
			Ukuran kota F _{CS}	Hambatan Samping F _{SP}	kelandaian F _C	Parkir F _P	Belok Kanan F _{RT}		Belok Kiri F _{L1}	Q	Q/S	FR _{total}	IFR	g	Sxg/c	Q / C						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
U	1	P		0,25	0,15	133,70	144,80	8,70	5220,00	0,94	0,95	1,00	1,00	1,00	0,96	4475,38	887,80	0,20	0,20	15,00	599,38	1,48
T	4	P		0,23	0,27	283,70	204,70	6,70	4020,00	0,94	0,95	1,00	1,00	1,00	0,96	3457,02	981,50	0,28	0,29	32,00	987,72	0,99
S	3	P		0,23	0,17	144,80	133,70	7,50	4500,00	0,94	0,95	1,00	1,00	1,00	0,96	3873,58	846,40	0,22	0,23	21,00	726,29	1,17
B	2	P		0,25	0,20	204,70	263,70	7,50	4500,00	0,94	0,95	1,00	1,00	1,00	0,96	3856,44	1033,50	0,27	0,28	24,00	826,38	1,25
Waktu hilang total			20		Waktu siklus pra penyesuaian c ua (det)		1121,43										IFR =		0,97		92	
LTI (det)					Waktu siklus disesuaikan c (det)		112,00										ΣFR _{total}					

Lampiran 5. Formulir SIG V Metode MKJI 1997

SIMPANG BERSINYAL					Tanggal : 29 November 2017					Ditangani oleh :					
Formulir SIG-V : PANJANG ANTRIAN					Kota : Malang					Kondisi Eksiting					
JUMLAH KENDARAAN TERHENTI					Simpang : DIENG					Periode : 14:06 - 15:06					
TUNDAAN					Waktu siklus : 104,00										
Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam Q	Kapasitas smp / jam C	Derajat Kejenuhan DS= Q/C	Rasio Hijau GR= g/c	Jumlah kendaraan antri (smp)				Panjang Antrian (m) QL	Angka Henti stop/smp NS	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam N _{SV}	Tundaan			
					N1	N2	Total NQ= NQ ₁ +NQ ₂	NQMAKS				Tundaan lalu lintas rata-rata det/smp DT	Tundaan geo-metrik rata-rata det/smp DG	Tundaan rata-rata det/smp D = DT+DG	Tundaan total smp.det D x Q
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
U	887,80	599,38	1,48	0,13	146,22	29,84	176,06	233,38	536,51	5,74	5093,20	887,59	18,67	906,25	804571,16
T	981,50	987,72	0,99	0,29	14,14	30,46	44,60	62,47	186,49	1,31	1290,10	58,65	4,75	63,40	62228,96
S	846,40	726,29	1,17	0,19	63,84	27,38	91,22	123,08	328,22	3,12	2638,75	324,88	10,30	335,17	283692,10
B	1033,50	826,38	1,25	0,21	106,47	34,51	140,99	187,78	500,75	3,95	4078,51	472,27	12,28	484,55	500784,72
LTOR(semua)													6,00	6,00	0
Arus total. Q tot	3749,20									Total :	13101			Total :	1651277
Arus kor. Qkor.										Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp :	3,49		Tundaan simpang rata-rata(det/smp) :	440,43	

Lampiran 6. Formulir SIG I Metode *Time Headway*

FASE SINYAL YANG ADA (Gambarkan Sketsa Fase)										
g =	15,00	g =	21,00	g =	32,00	g =	24,00	waktu siklus c		
								104,00		
								Waktu hilang total :		
IG=	3	IG=	3	IG=	3	IG=	3	LTI = Σ IG =		
								12		
SKETSA SIMPANG										
KONDISI LAPANGAN										
Kode Pendekat	Tipe lingkungan jalan (com/res/ra)	Hambatan Samping (Tinggi/Rendah)	Median Ya/Tidak	kelandaian +/- %	Belok kiri langsung Ya/Tidak	Jarak ke kendaraan parkir (m)	Lebar Pendekat (m)			
							Pendekat W_A	Masuk W_{ENTER}	Belok kiri lgs W_{LOR}	Keluar W_{EXIT}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
U	COM	R	Y	0	Y		8,70	8,70	0,00	6,90
T	COM	R	Y	0	Y		6,70	6,70	0,00	11,20
S	COM	R	Y	0	Y		7,50	7,50	0,00	7,50
B	COM	R	Y	0	Y		7,50	7,50	0,00	4,70

Lampiran 7. Formulir SIG II Metode *Time Headway*

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 29 November 2017											Ditangani oleh :				
Formulir SIG-II :		Kota : Malang															
ARUS LALULINTAS		Simpang : DIENG											Perihal : 4 fase				
		Perihal : 4 fase															
Kode	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)													Kend.tak bermotor		
		Kendaraan Ringan(LV)			Kendaraan Berat(HV)			Sepeda Motor(MC)			Kendaraan Bermotor				Rasio Berbelok		Arus UM
emp terlindung U =		1,0	emp terlindung U =		1,29	emp terlindung U =		0,42	Total						UM		
emp terlindung T =		1,0	emp terlindung T =		1,32	emp terlindung T =		0,46	MV						kend/	UM/ MV	
emp terlindung S =		1,0	emp terlindung S =		1,14	emp terlindung S =		0,39							jam		
Pendekat		kend/		smp/jam		kend/		smp/jam		kend/		smp/jam		Kiri	Kanan		
		jam	Terlindung	Terlawan	jam	Terlindung	Terlawan	jam	Terlindung	Terlawan	jam	Terlindung	Terlawan	P _{LT}	P _{RT}		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
U	LTOR	125,00	125		3,00	3,9		463,00	194,46		591,00	323,33		0,24		4,00	
	ST	231,00	231		18,00	23,2		1391,00	584,22		1640,00	838,44				7,00	
	RT	66,00	66		3,00	3,9		319,00	133,98		388,00	203,85			0,15	1,00	
	Total	422,00	422		24,00	31,0		2173,00	912,66		2619,00	1365,62				12,00	0,005
T	LTOR	127,00	127		2,00	2,6		487,00	224,02		616,00	353,66		0,22		5,00	
	ST	215,00	215		12,00	15,8		1301,00	598,46		1528,00	829,3				12,00	
	RT	166,00	166		1,00	1,3		482,00	221,72		649,00	389,04			0,25	0,00	
	Total	508,00	508		15,00	19,8		2270,00	1044,2		2793,00	1572				17,00	0,006
S	LTOR	105,00	105		2,00	2,3		416,00	162,24		523,00	269,52		0,23		0,00	
	ST	297,00	297		6,00	6,8		1031,00	402,09		1334,00	705,93				3,00	
	RT	82,00	82		0,00	0,0		313,00	122,07		395,00	204,07			0,17	0,00	
	Total	484,00	484		6,00	9,1		1760,00	686,4		2250,00	1179,52				3,00	0,001
B	LTOR	115,00	115		5,00	6,1		695,00	298,85		815,00	419,9		0,29		2,00	
	ST	378,00	378		11,00	13,3		880,00	378,4		1269,00	769,71				5,00	
	RT	148,00	148		1,00	1,2		277,00	119,11		426,00	268,32			0,18	1,00	
	Total	526,00	641		17,00	20,6		1852,00	796,36		2395,00	1457,9				8,00	0,003

Lampiran 8. Formulir SIG III Metode *Time Headway*

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 29 November 2017					
Formulir SIG - III :		Ditangani oleh :					
-WAKTU ANTAR HIJAU		Kota : Malang					
-WAKTU HILANG		Simpang : DIENG					
		Perihal : 4 fase					
LALULINTAS BERANGKAT		LALU LINTAS DATANG				Waktu merah semua (dtk)	
Pendekat	Kecepatan	Pendekat	U	S	T	B	
	V_{AV} (m/dtk)	Kecepatan V_{AV} (m/dtk)					
U	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
S	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
T	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
B	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
		Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
0		Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
		Penentuan waktu merah semua : (data ini dapat dirubah sendiri sesuai fase)					
		Fase 1 → Fase 2					2
		Fase 2 → Fase 3					2
		Fase 3 → Fase 4					2
		Fase 4 → Fase 1					2
		Jumlah fase	4	kuning/fase	12		12
		Waktu hilang total (LTI)= Merah semua total+waktu kuning (dtk / siklus					20

Lampiran 9. Formulir SIG IV Metode *Time Headway*

SIMPANG BERSINYAL										Tanggal : 29 November 2017					Ditangani oleh :														
Formulir SIG-IV : PENENTUAN WAKTU SINYAL										Kota : Malang					Perihal : 4 fase														
KAPASITAS										Simpang : DIENG					Periode : 14:08 - 15:08														
										Fase 1					Fase 2					Fase 3					Fase 4				
Kode Pen-dekat	Hijau dalam fase no.	Tipe Pen-dekat (P / O)	Rasio kendaraan berbelok			Arus RT smp/j		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam Hijau										Arus lulu lintas smp/Jam	Rasio Arus FR =	Rasio fase PR =	Waktu hijau det	Kapasitas smp/j C =	Derajat jenuh DS=					
			P _{L1010}	P _{L1}	P _{R1}	Q _{R1}	Q _{L10}		W _L	Nilai dasar smp/j hijau S ₀	Faktor Penyesuaian						Nilai disesuaikan smp/jam s	Q							Q/S	FR _{total}	g	Sxg/c	Q / C
											Semua tipe pendekat			Hanya tipe P															
			So	F _{CS}	F _{SP}	F _C	F _P		F _{R1}	F _{L1}	s	Q	Q/S	FR _{total}	g	Sxg/c	Q / C												
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)							
U	1	P	0,24	0,24	0,15	203,85	204,07	8,70	5220,00	0,94	0,95	1,00	1,00	1,00	0,96	4484,87	1365,62	0,30	0,21	15,00	600,65	2,27							
T	4	P	0,22	0,22	0,25	389,04	288,32	6,70	4020,00	0,94	0,95	1,00	1,00	1,00	0,96	3460,64	1572,00	0,45	0,31	32,00	988,75	1,59							
S	3	P	0,23	0,23	0,17	204,07	203,85	7,50	4500,00	0,94	0,95	1,00	1,00	1,00	0,96	3871,58	1179,52	0,30	0,21	21,00	725,92	1,62							
B	2	P	0,29	0,29	0,18	288,32	389,04	7,50	4500,00	0,94	0,95	1,00	1,00	1,00	0,95	3833,32	1457,93	0,38	0,28	24,00	821,43	1,77							
Waktu hilang total LTI (det)			20			Waktu siklus pra penyesuaian c ua (det)				-78,88		IFR = ΣFR _{CRIT}		1,444		92													
						Waktu siklus disesuaikan c (det)				112,00																			

Lampiran 10. Formulir SIG V Metode *Time Headway*

SIMPANG BERSINYAL					Tanggal : 29 November 2017					Ditangani oleh :					
Formulir SIG-V : PANJANG ANTRIAN					Kota : Malang					Kondisi Eksiting					
JUMLAH KENDARAAN TERHENTI					Simpang : DIENG					Periode : 14:06 - 15:06					
TUNDAAN					Waktu siklus : 104,00										
Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam	Kapasitas smp / jam	Derajat Kejenuhan DS= Q/C	Rasio Hijau GR= g/c	Jumlah kendaraan antri (smp)				Panjang Antrian (m)	Angka Henti stop/smp	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam	Tundaan			
					N1	N2	Total NQ= NQ ₁ +NQ ₂	NQMAKS				QL	NS	N _{sv}	DT
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					(6)	(7)	(8)				
U	1365,62	600,65	2,27	0,13	383,87	52,91	436,78	572,31	1315,65	9,25	12635,32	2307,20	37,01	2344,21	3201293,60
T	1572,00	988,75	1,59	0,29	293,46	64,01	357,47	469,21	1400,63	6,58	10341,06	1074,08	5,26	1079,33	1696714,59
S	1179,52	725,92	1,62	0,19	228,59	42,88	271,46	357,40	953,08	6,66	7853,08	1139,30	12,47	1151,77	1358534,21
B	1457,93	821,43	1,77	0,21	319,89	57,51	377,40	495,12	1320,32	7,49	10917,66	1407,93	15,79	1423,72	2075677,64
LTOR(semua)													6,00	6,00	0
Arus total. Q tot.	5575,07									Total :	41747		Total :	8332220	
Arus kor. Qkor.										Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp :	7,49		Tundaan simpang rata-rata(det/smp) :	1494,55	

Lampiran 11. Formulir SIG I Metode Regresi Linier

FASE SINYAL YANG ADA (Gambarkan Sketsa Fase)										
g = 15,00	g = 21,00	g = 32,00	g = 24,00	waktu siklus c 104,00						
				Waktu hilang total : LTI = Σ IG = 12						
IG=	IG= 3	IG= 3	IG= 3							
SKETSA SIMPANG										
KONDISI LAPANGAN										
Kode Pendekat	Tipe lingkungan jalan (com/res/ra)	Hambatan Samping (Tinggi/Rendah)	Median Ya/Tidak	kelandaian +/- %	Belok kiri langsung Ya/Tidak	Jarak ke kendaraan parkir (m)	Lebar Pendekat (m)			
							Pendekat W_A	Masuk W_{ENTR}	Belok kiri lgs W_{LORA}	Keluar W_{EXIT}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
U	COM	R	Y	0	Y		8,70	8,70	0,00	6,90
T	COM	R	Y	0	Y		6,70	6,70	0,00	11,20
S	COM	R	Y	0	Y		7,50	7,50	0,00	7,50
B	COM	R	Y	0	Y		7,50	7,50	0,00	4,70

Lampiran 12. Formulir SIG II Metode Regresi Linier

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 29 November 2017										Ditangani oleh :					
Formulir SIG-II :		Kota : Malang															
ARUS LALULINTAS		Simpang : DIENG										Perihal : 4 fase					
		Perihal : 4 fase															
Kode	Arah	Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)												Kend. tak bermotor			
		Kendaraan Ringan(LV)			Kendaraan Berat(HV)			Sepeda Motor(MC)			Kendaraan Bermotor			Rasio Berbelok		Arus UM	Rasio P _{UM} =
		emp Regresi Linier = 1,0			emp Regresi Linier = 1,63			emp Regresi Linier = 0,29			Total MV					kend/ jam	UM/ MV
Pendekat		kend/ jam	smp/jam		kend/ jam	smp/jam		kend/ jam	smp/jam		kend/ jam	smp/jam		Kiri P _{LT}	Kanan P _{RT}	kend/ jam	UM/ MV
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
U	LT	125,00	125		3,00	4,9		463,00	134,27		591,00	264,16		0,24		4,00	
	ST	231,00	231		18,00	29,3		1391,00	403,39		1640,00	663,73				7,00	
	RT	66,00	66		3,00	4,9		319,00	92,51		388,00	163,4		0,15		1,00	
	Total	422,00	422,00		24,00	39,1		2173,00	630,17		2619,00	1091,29				12,00	0,005
T	LT	127,00	127		2,00	3,3		487,00	141,23		616,00	271,49		0,23		5,00	
	ST	215,00	215		12,00	19,6		1301,00	377,29		1528,00	611,85				12,00	
	RT	166,00	166		1,00	1,6		482,00	139,78		649,00	307,41		0,26		0,00	
	Total	508,00	508		15,00	24,5		2270,00	658,3		2793,00	1190,75				17,00	0,006
S	LT	105,00	105		2,00	3,3		416,00	120,64		523,00	228,9		0,23		0,00	
	ST	297,00	297		6,00	9,8		1031,00	298,99		1334,00	605,77				3,00	
	RT	82,00	82		0,00	0,0		313,00	90,77		395,00	172,77		0,17		0,00	
	Total	484,00	484		6,00	13,0		1760,00	510,4		2250,00	1007,4				3,00	0,001
B	LT	115,00	115		5,00	8,2		695,00	201,55		815,00	324,7		0,27		2,00	
	ST	378,00	378		11,00	17,9		880,00	255,2		1269,00	651,13				5,00	
	RT	148,00	148		1,00	1,6		277,00	80,33		426,00	229,96		0,19		1,00	
	Total	526,00	641		17,00	27,71		1852,00	537,08		2395,00	1205,79				8,00	0,003

Lampiran 13. Formulir SIG III Metode *Regresi Linier*

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : 29 November 2017					
Formulir SIG - III :		Ditangani oleh :					
-WAKTU ANTAR HIJAU		Kota : Malang					
-WAKTU HILANG		Simpang : DIENG					
		Perihal : 4 fase					
LALULINTAS BERANGKAT		LALU LINTAS DATANG				Waktu merah semua (dtk)	
Pendekat	Kecepatan V_{AV} (m/dtk)	Pendekat	U	S	T	B	
		Kecepatan V_{AV} (m/dtk)					
U	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
S	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
T	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
B	10	Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
		Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
0		Jarak berangkat-datang (m)					
		Waktu berangkat-datang (dtk)*					
		Penentuan waktu merah semua : (data ini dapat dirubah sendiri sesuai fase)					
		Fase 1 --> Fase 2					2
		Fase 2 --> Fase 3					2
		Fase 3 --> Fase 4					2
		Fase 4 --> Fase 1					2
		Jumlah fase	4	kuning/fase	12		12
		Waktu hilang total (LTI)= Merah semua total+waktu kuning (dtk / siklus					20

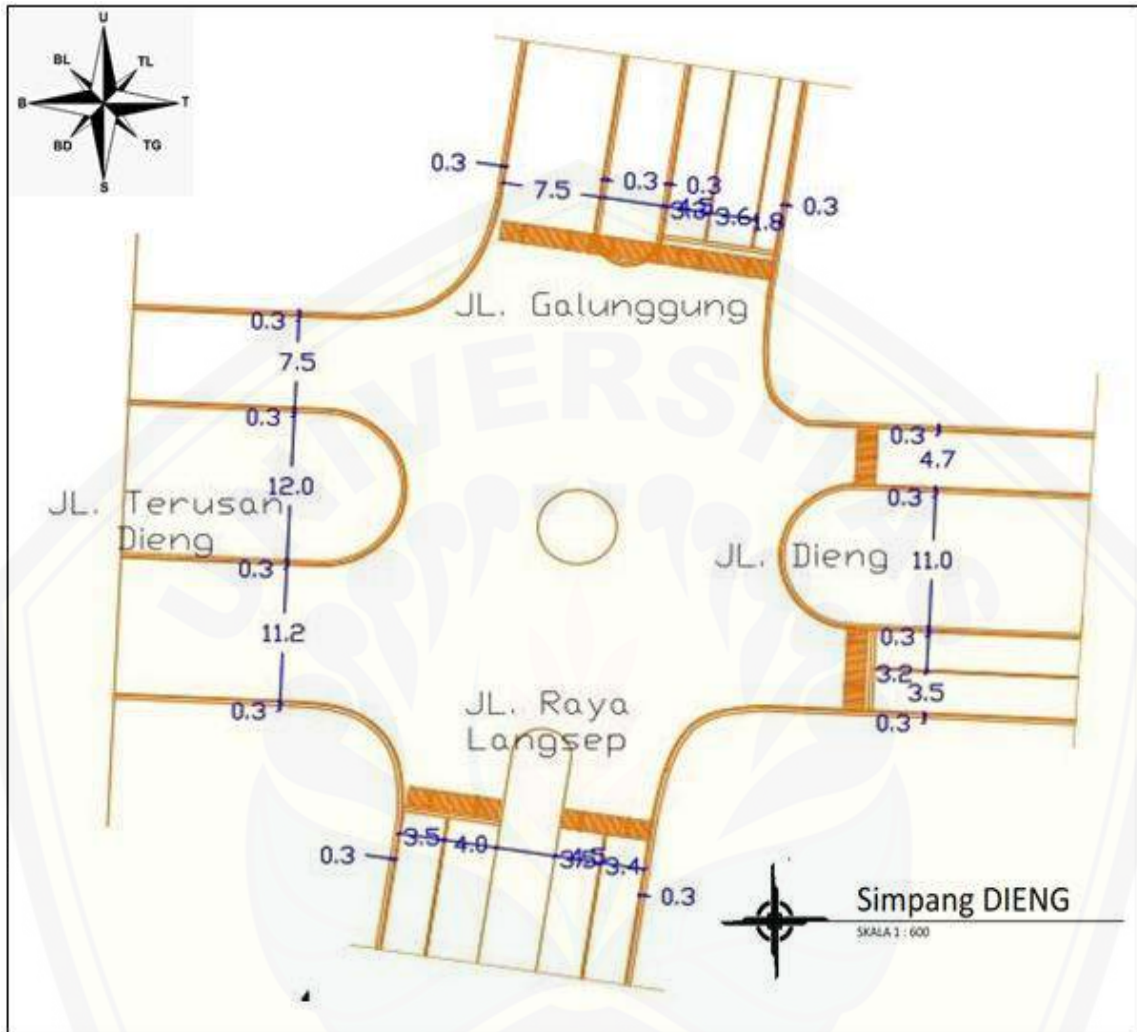
Lampiran 14. Formulir SIG IV Metode Regresi Linier

SIMPANG BERSINYAL										Tanggal : 29 November 2017					Ditangani oleh :														
Formulir SIG-IV : PENENTUAN WAKTU SINYAL										Kota : Malang					Perihal : 4 fase														
KAPASITAS										Simpang : DIENG					Periode : 14:06 - 15:06														
										Fase 1					Fase 2					Fase 3					Fase 4				
Kode Pendekat	Hijau dalam fase no.	Tipe Pendekat (P / O)	Rasio kendaraan berbelok			Arus RT smp/j		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam Hijau								Arus lalu lintas smp/Jam	Rasio Arus FR =	Rasio fase PR =	Waktu hijau det	Kapasitas smp/j C =	Derajat jenuh DS=							
						Arah dari	Arah lawan		Nilai dasar smp/j hijau So	Faktor Penyesuaian				Nilai disesuaikan smp/jam hijau s															
			P _{L10K}	P _{L1}	P _{K1}	Q _{K1}	Q _{K10}	Ukuran kota F _{CS}	Hambatan Sampang F _{SP}	kelandaian F _C	Parkir F _P	Belok Kanan F _{K1}	Belok Kiri F _{L1}	Q	Q/S	$\frac{FR_{CAR}}{IFR}$	g	Sxg/c	Q / C										
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)							
U	1	P		0,24	0,15	183,40	172,77	8,70	5220,00	0,94	0,95	1,00	1,00	1,00	0,98	4480,92	1091,29	0,24	0,21	15,00	800,12	1,82							
T	4	P		0,23	0,28	307,41	229,96	8,70	4020,00	0,94	0,95	1,00	1,00	1,00	0,98	3458,90	1190,75	0,34	0,30	32,00	988,28	1,20							
S	3	P		0,23	0,17	172,77	183,40	7,50	4500,00	0,94	0,95	1,00	1,00	1,00	0,98	3872,41	1007,44	0,26	0,22	21,00	726,08	1,39							
B	2	P		0,27	0,19	229,96	307,41	7,50	4500,00	0,94	0,95	1,00	1,00	1,00	0,98	3845,36	1205,79	0,31	0,27	24,00	824,01	1,46							
Waktu hilang total			20			Waktu siklus pra penyesuaian c ua (det)				-216,88				IFR =		1,16		92											
LTI (det)						Waktu siklus disesuaikan c (det)				112,00				$\sum FR_{CAR}$															

Lampiran 15. Formulir SIG V Metode Regresi Linier

SIMPANG BERSINYAL					Tanggal : 29 November 2017				Ditangani oleh :						
Formulir SIG-V : PANJANG ANTRIAN					Kota : Malang				Kondisi Eksiting						
JUMLAH KENDARAAN TERHENTI					Simpang : DIENG				Periode : 14:06 - 15:06						
TUNDAAN					Waktu siklus : 104,00										
Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam Q	Kapasitas smp / jam C	Derajat Kejenuhan DS= Q/C	Rasio Hijau GR= g/c	Jumlah kendaraan antri (smp)				Panjang Antrian (m) QL	Angka Henti stop/smp NS	Jumlah Kendaraan Terhenti smp/jam N _{sv}	Tundaan			
					N1	N2	Total NQ= NQ ₁ +NQ ₂	NQMAKS				Tundaan lalu lintas rata-rata det/smp DT	Tundaan geometrik rata-rata det/smp DG	Tundaan rata-rata det/smp D = DT+DG	Tundaan total smp.det D x Q
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
U	1091,29	600,12	1,82	0,13	247,18	38,87	286,05	376,37	865,22	7,58	8275,15	1492,71	24,38	1517,10	1655592,21
T	1190,75	988,26	1,20	0,29	104,58	40,35	144,93	192,91	575,85	3,52	4192,61	388,73	10,02	398,75	474811,66
S	1007,44	726,08	1,39	0,19	142,94	34,42	177,36	235,06	626,83	5,09	5130,66	717,62	16,18	733,79	739253,17
B	1205,79	824,01	1,46	0,21	192,95	42,94	235,89	311,15	829,75	5,66	6823,91	851,97	17,10	869,07	1047914,35
LTOR(semua)													6,00	6,00	0
Arus total. Q tot	4495,27									Total :	24422			Total :	3917571
Arus kor. Qkor.										Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp :	5,43		Tundaan simpang rata-rata(det/smp) :		871,49

Lampiran 16. Gambar Geometrik Simpang Dieng



Lampiran 17. Dokumentasi Survei Arus Kondisi Jenuh



Pemasangan kamera pada pendekat JL. Raya Langsep



Pemasangan kamera pada pendekat JL. Galunggung



Pemasangan kamera pada pendekat JL. Terusan Dieng

Lampiran 18. Dokumentasi Survei Panjang Antrian di Lapangan



