



ANALISA GAP ACCEPTANCE DAN TUNDAAN DI YIELD CONTROLLED T-JUNCTION

(Studi Kasus: Persimpangan Jalan Sunandar
Priyosudarmo - Jalan Ciliwung, Kota Malang)

TESIS

Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Magister Teknik

1002231



oleh

ANDRIAN KAIFAN

0321000002

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
MINAT REKAYASA TRANSPORTASI**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG
2005**

PERPUSTAKAAN PUSAT
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

TES

388.312 2

KAI

a

2005

k.1



0500372

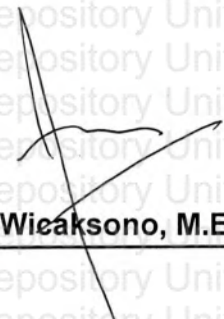
T E S I S

**ANALISA GAP ACCEPTANCE DAN TUNDAAN
DI YIELD CONTROLLED T-JUNCTION****(Studi Kasus: Persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo –
Jalan Ciliwung, Kota Malang)**

Oleh :

ANDRIAN KAIFANDipertahankan di depan penguji
Pada Tanggal 25 Juli 2005

Dan dinyatakan memenuhi syarat

Komisi Pembimbing,
Ir. Achmad Wicaksono, M.Eng., Ph.D.

Ketua


Ir. M. Zainul Arifin, MS.

Anggota

Anggota

Malang, 19 SEP 2005

Universitas Brawijaya
Program Pascasarjana
Direktur,**Prof. Dr. H. Djanggan Sargowo, dr, SpPD., SpJP (K)**
NIP. 130 531 873

PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Naskah TESIS ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah TESIS ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TESIS ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (MAGISTER) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. (UU NO. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 25 Juli 2005

Mahasiswa,



Materai Rp. 6000
Ttd.

Nama : Andrian Kaifan
NIM : 0321000002
PS : Teknik Sipil
PPSUB



MILIK
PERPUSTAKAAN
Universitas Brawijaya



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi ALLAH, hanya milik-Nya, hanya kepada-Nya kita memuji memohon pertolongan, dan memohon ampunan. Kita berlindung kepada ALLAH dari kejahatan diri kita dan buruknya amalan kita. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh ALLAH, maka tidak ada yang dapat menyesatkannya dan barangsiapa yang disesatkan oleh ALLAH, maka tidak ada yang dapat menunjukinya. Aku bersaksi bahwa tidak ada ilah yang berhak diibadahi kecuali Allah semata, tidak ada sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba dan Rasul-Nya.

Berkat rahmat dan hidayah ALLAH SWT penulis dapat menyelesaikan tesis ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister. Shalawat dan salam penulis panjatkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang telah mengantarkan kita semua ke alam yang berilmu pengetahuan.

Tesis ini dapat diselesaikan salah satunya adalah berkat kerja sama dan dukungan segenap pihak. Untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Achmad Wicaksono, M.Eng., Ph.D., sebagai ketua komisi pembimbing;
2. Bapak Ir. M. Zainul Arifin, MS., sebagai anggota komisi pembimbing;
3. Bapak Ir. Aji Suraji, M.Sc., sebagai dosen penguji I;
4. Ibu Amelia K. Indriastuti, ST., MT., sebagai dosen penguji II;
5. Istriku tercinta: Silvi Listia Dewi, S.Pd. dan anak-anakku tercinta: Mulki,

Rizieq, dan Malika, yang selalu memberikan dukungan tenaga dan do'anya serta selalu membuatku semangat dan tidak mengenal lelah menggarap tesis ini;



6. Almarhum Ayahku tercinta: Muchtar Nury, yang selalu memberiku contoh bersikap hati-hati dan tegas;

7. Ibunda tercinta: Rahmani, yang selalu mengajari aku kesabaran dan terus beribadah;

8. Almarhum Ayah mertuaku;

9. Ibu mertuaku;

10. Saudara-saudara kandung dan saudara-saudara iparku;

11. Juga kepada my Duron 1,2 GHz o/c to 1,3 GHz PC, my Samsung Dgimax 301 Digital Camera, my Toshiba DynaBook Satellite NoteBook;

12. Dan segenap pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak luput dari kesalahan-kesalahan. Oleh karenanya penulis akan terus menerima segala kritikan dan saran demi kesempurnaan tesisnya.

Akhirnya, penulis berharap bahwa tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amiinnn...

Malang, 18 Agustus 2005

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman:
Kata Pengantar	i
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel	v
Daftar Gambar	vi
Daftar Lampiran	vii
Daftar Istilah	xi
Ringkasan	xii
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian	7
1.6 Manfaat Penelitian	8
 II. TINJAUAN PUSTAKA	 9
2.1 Persimpangan	9
2.2 Persimpangan Tak Bersinyal	11
2.3 Pengertian <i>Gap</i> , <i>Gap Acceptance</i> , <i>Headway</i> , <i>Critical Gap</i> , dan <i>Follow Up Time</i>	12
2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perilaku <i>Gap Acceptance</i>	14
2.5 Teknik-teknik Pemodelan <i>Gap Acceptance</i>	15
2.5.1 Raff Method	15
2.5.2 Greenshields Method	18
2.5.3 Sieglach Method	18
2.6 Distribusi <i>Headway</i>	19
2.7 Perhitungan Tundaan di Persimpangan Tak Bersinyal	20
2.7.1 Metode HCM 1994	20
2.7.2 Metode Pengukuran Langsung	23
2.8 Pemodelan dan Pengujian Model	23
2.8.1 Model Linier dan Non Linier	23
2.8.2 Kriteria Statistik	25
2.8.3 Pengujian Model Linier	26
2.8.4 Pengujian Model Non Linier	28
2.9 Pengujian Statistik	29
2.9.1 Ukuran Sampel	29
2.9.2 Uji Distribusi	29
2.9.3 Uji Komparatif Dua Sampel Independen	30
2.9.4 Uji Korelasi	32
2.10 Penelitian-penelitian Terdahulu	34
 III. METODE PENELITIAN	 38
3.1 Tahapan Penelitian	38
3.2 Pemilihan Lokasi	39
3.3 Survei Pendahuluan	39
3.4 Metode Pengumpulan Data	42
3.5 Metode Pengolahan dan Analisis Data	44



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	49
4.2 Hasil Pengukuran Volume Lalulintas	49
4.3 Hasil Pengukuran <i>Critical Gap</i>	52
4.4 Hasil Perhitungan Distribusi dan Model Probabilitas <i>Headway</i> Kendaraan	54
4.5 Hasil Perhitungan Model Hubungan antara Tundaan Belok Kanan Pengemudi Jalan Minor dengan Besarnya Arus Lalulintas Jalan Mayor	55
4.6 Hasil Perhitungan Tundaan Total Rerata dengan Metoda HCM 1994 & Metoda Pengukuran Langsung Berdasarkan Jumlah Kendaraan yang Berhenti	56
4.7 Pembahasan	61
V. KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	67
DAFTAR KEPUSTAKAAN	69
LAMPIRAN-LAMPIRAN	71

DAFTAR TABEL

No.	Judul Tabel	Halaman
2.8	Kriteria <i>Level of Service</i> untuk Persimpangan TWSC	22
4.1	Nilai-nilai <i>Critical Gap</i> (dalam Detik) dari Hasil Pemodelan	54
4.2	Hasil Perhitungan Distribusi dan Model Probabilitas <i>Headway</i> Kendaraan	55
4.3	Model-model Linier & Non Linier Hubungan Tundaan Belok Kanan Pengemudi Jalan Minor dengan Besarnya Arus Lalulintas Jalan Mayor	56
4.4	Perbandingan antara Nilai Tundaan yang Dihitung dengan Metoda HCM 1994 Dan Metoda Pengukuran Langsung untuk Hari Minggu, 6 Pebruari 2005	58
4.5	Perbandingan antara Nilai Tundaan yang Dihitung dengan Metoda HCM 1994 Dan Metoda Pengukuran Langsung untuk Hari Senin, 7 Pebruari 2005	59
4.6	Perbandingan antara Nilai Tundaan yang Dihitung dengan Metoda HCM 1994 Dan Metoda Pengukuran Langsung untuk Hari Selasa, 8 Pebruari 2005	60

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul Gambar	Halaman
2.1	Tipe-tipe Persimpangan	10
2.2	Titik-titik Konflik Lalulintas di Persimpangan	11
2.3	Aliran Lalulintas pada Persimpangan tak Bersinyal	12
2.4	<i>Clearance-Gap</i> dan <i>Spacing-Headway</i> Konsep	14
2.5	Penentuan <i>Critical Gap</i> secara Grafis dengan Raff Method	16
2.6	Distribusi Kumulatif <i>Gap Acceptance</i> dan <i>Rejection</i>	17
2.7	Prosedur Perhitungan Persimpangan TWSC	20
2.8	Kriteria <i>Level of Service</i> untuk Persimpangan TWSC	22
3.1	Diagram Alir Penelitian	38
3.2	Foto Lokasi Survei dan Denah Peletakan Kamera	40
3.3	Grafik Fluktuasi Volume Lalulintas Hari Minggu dan Senin Jalan Sunandar Priyosudarmo Kota Malang	41
3.4	Diagram Alir Analisis <i>Gap Acceptance</i>	45
3.5	Diagram Alir Analisis Distribusi dan Model Probabilitas <i>Headway</i> Kendaraan Jalan Mayor	46
3.6	Diagram Alir Analisis Tundaan dengan Metoda HCM 1994 dan Pengukuran Tundaan Langsung	47
3.7	Diagram Alir Analisis Pemodelan Hubungan antara Tundaan Belok Kanan Jalan Minor dengan Besarnya Arus Lalulintas Jalan Mayor	48
4.1	Grafik Fluktuasi Volume Lalulintas	50

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul Lampiran
A.1	Perhitungan Volume Lalulintas Jalan Sunandar Priyosudarmo Hari Minggu
A.2	Perhitungan Volume Lalulintas Jalan Sunandar Priyosudarmo Hari Minggu
A.3	Perhitungan Volume Lalulintas Jalan Sunandar Priyosudarmo Hari Senin
A.4	Perhitungan Volume Lalulintas Jalan Sunandar Priyosudarmo Hari Senin
A.5	Perhitungan Volume Lalulintas Jalan Sunandar Priyosudarmo Hari Selasa
A.6	Perhitungan Volume Lalulintas Jalan Sunandar Priyosudarmo Hari Selasa
A.7	Grafik Volume Lalulintas Pagi Pukul 6:00 – 10:00 WIB Arah Selatan – Utara dan Utara - Selatan
A.8	Grafik Volume Lalulintas Sore Pukul 14:00 – 18:00 WIB Arah Selatan – Utara dan Utara - Selatan
A.9	Grafik Volume Lalulintas 2 Arah Pukul 6:00 – 10:00 dan 14:00 – 18:00 WIB
A.10	Volume Pergerakan Persimpangan Minggu Pagi, Periode Pengamatan Pukul 6:00 – 10:00
A.11	Volume Pergerakan Persimpangan Minggu Siang, Periode Pengamatan Pukul 14:00 – 18:00
A.12	Volume Pergerakan Persimpangan Senin Pagi, Periode Pengamatan Pukul 6:00 – 10:00
A.13	Volume Pergerakan Persimpangan Senin Siang, Periode Pengamatan Pukul 14:00 – 18:00
A.14	Volume Pergerakan Persimpangan Selasa Pagi, Periode Pengamatan Pukul 6:00 – 10:00
A.15	Volume Pergerakan Persimpangan Selasa Siang, Periode Pengamatan Pukul 14:00 – 18:00
B.1	Tabel <i>Gap Acceptance & Rejection</i> Hari Senin
B.2	Tabel <i>Gap Acceptance & Rejection</i> Hari Selasa
B.3	Kurva <i>Gap Acceptance & Rejection</i> Metoda Raff Hari Senin
B.4	Histogram <i>Gap Acceptance & Rejection</i> Metoda Greenshields Hari Senin
B.5	Kurva <i>Gap Acceptance & Jumlah Kendaraan</i> Metoda Siegloch Hari Senin
B.6	Kurva <i>Gap Acceptance & Rejection</i> Metoda Raff Hari Selasa
B.7	Histogram <i>Gap Acceptance & Rejection</i> Metoda Greenshields Hari Selasa
B.8	Kurva <i>Gap Acceptance & Jumlah Kendaraan</i> Metoda Siegloch Hari Selasa
C.1	Tabel Uji Kecocokan Distribusi <i>Headway</i> Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Tidak Sibuk Minggu Pagi, 6 Februari 2005, Pukul 6:00 – 7:00 WIB, Arah Utara – Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo
C.2	Tabel Uji Kecocokan Distribusi <i>Headway</i> Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Tidak Sibuk Minggu Pagi, 6 Februari 2005, Pukul 6:00 – 7:00 WIB, Arah Selatan – Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo
C.3	Tabel Uji Kecocokan Distribusi <i>Headway</i> Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Sibuk Minggu Pagi, 6 Februari 2005, Pukul 9:00 – 10:00 WIB, Arah Utara – Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo
C.4	Tabel Uji Kecocokan Distribusi <i>Headway</i> Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Sibuk Minggu Pagi, 6 Februari 2005, Pukul 9:00 – 10:00 WIB, Arah Selatan – Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo
C.5	Tabel Uji Kecocokan Distribusi <i>Headway</i> Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Tidak Sibuk Minggu Sore, 6 Februari 2005, Pukul 17:00 – 18:00 WIB, Arah Utara – Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo
C.6	Tabel Uji Kecocokan Distribusi <i>Headway</i> Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Tidak Sibuk Minggu Sore, 6 Februari 2005, Pukul 17:00 – 18:00 WIB, Arah Selatan – Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo

- C.7 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Sibuk Minggu Sore, 6 Pebruari 2005, Pukul 16:00 – 17:00 WIB, Arah Utara – Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.8 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Sibuk Minggu Sore, 6 Pebruari 2005, Pukul 16:00 – 17:00 WIB, Arah Selatan – Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.9 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Tidak Sibuk Senin Pagi, 7 Pebruari 2005, Pukul 8:45 – 9:45 WIB, Arah Utara – Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.10 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Tidak Sibuk Senin Pagi, 7 Pebruari 2005, Pukul 8:45 – 9:45 WIB, Arah Selatan – Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.11 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Sibuk Senin Pag, 7 Pebruari 2005, Pukul 6:30 – 7:30 WIB, Arah Utara – Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.12 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Sibuk Senin Pagi, 7 Pebruari 2005, Pukul 6:30 – 7:30 WIB, Arah Selatan – Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.13 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Tidak Sibuk Senin Sore, 7 Pebruari 2005, Pukul 14:00 – 15:00 WIB, Arah Utara – Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.14 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Tidak Sibuk Senin Sore, 7 Pebruari 2005, Pukul 14:00 – 15:00 WIB, Arah Selatan - Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.15 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Sibuk Senin Sore, 7 Pebruari 2005, Pukul 16:30 – 17:30 WIB, Arah Utara – Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.16 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Sibuk Senin Sore, 7 Pebruari 2005, Pukul 16:30 – 17:30 WIB, Arah Selatan – Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.17 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Tidak Sibuk Selasa Pagi, 8 Pebruari 2005, Pukul 8:00 – 9:00 WIB, Arah Utara – Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.18 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Tidak Sibuk Selasa Pagi, 8 Pebruari 2005, Pukul 8:00 – 9:00 WIB, Arah Selatan – Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.19 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Sibuk Selasa Pagi, 8 Pebruari 2005, Pukul 6:30 – 7:30 WIB, Arah Utara – Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.20 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Sibuk Selasa Pagi, 8 Pebruari 2005, Pukul 6:30 – 7:30 WIB, Arah Selatan – Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.21 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Tidak Sibuk Selasa Sore, 8 Pebruari 2005, Pukul 16:30 – 17:30 WIB, Arah Utara – Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.22 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Tidak Sibuk Selasa Sore, 8 Pebruari 2005, Pukul 16:30 – 17:30 WIB, Arah Selatan - Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.23 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Sibuk Selasa Sore, 8 Pebruari 2005, Pukul 14:00 – 15:00 WIB, Arah Utara – Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo
- C.24 Tabel Uji Kecocokan Distribusi *Headway* Observasi dengan Distribusi Teoritis Eksponensial Negatif Waktu Jam Sibuk Selasa Sore, 8 Pebruari 2005, Pukul

14:00 – 15:00 WIB, Arah Selatan – Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo

- C.25 Tabel Kumulatif Distribusi dan Probabilitas *Headway*
- C.26a Grafik Hubungan antara Volume dan Probabilitas *Headway*
- C.26b Grafik Hubungan antara Volume dan Probabilitas *Headway*
- C.26c Grafik Hubungan antara Volume dan Probabilitas *Headway*
- D.1 Grafik Hubungan antara Tundaan Rerata Belok Kanan dari Jalan Minor dan Volume Lalulintas 2 Arah Jalan Mayor
- D.2 Hasil Analisis Regresi Non-Linier (*Power*) Hubungan antara Tundaan Rerata Belok Kanan dari Jalan Minor dan Volume Lalulintas 2 Arah Jalan Mayor dengan Bantuan Software SPSS 11.0.0
- D.3 Hasil Analisis Regresi Non-Linier (Kuadratik) Hubungan antara Tundaan Rerata Belok Kanan dari Jalan Minor dan Volume Lalulintas 2 Arah Jalan Mayor dengan Bantuan Software SPSS 11.0.0
- D.4 Hasil Analisis Regresi Non-Linier (*Qubik*) Hubungan antara Tundaan Rerata Belok Kanan dari Jalan Minor dan Volume Lalulintas 2 Arah Jalan Mayor dengan Bantuan Software SPSS 11.0.0
- D.5 Hasil Analisis Regresi Non-Linier (*Exponential*) Hubungan antara Tundaan Rerata Belok Kanan dari Jalan Minor dan Volume Lalulintas 2 Arah Jalan Mayor dengan Bantuan Software SPSS 11.0.0
- D.6 Hasil Analisis Regresi Non-Linier (*Logarithmic*) Hubungan antara Tundaan Rerata Belok Kanan dari Jalan Minor dan Volume Lalulintas 2 Arah Jalan Mayor dengan Bantuan Software SPSS 11.0.0
- D.7 Hasil Analisis Regresi Linier Hubungan antara Tundaan Rerata Belok Kanan dari Jalan Minor dan Volume Lalulintas 2 Arah Jalan Mayor dengan Bantuan Software SPSS 11.0.0
- E.1 Lembar Kerja Analisis *TWSC T-Intersection* Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung Hari Minggu Tanggal 6 Pebruari 2005
- E.2 Lembar Kerja Analisis *TWSC T-Intersection* Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung Hari Senin Tanggal 7 Pebruari 2005
- E.3 Lembar Kerja Analisis *TWSC T-Intersection* Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung Hari SelasaMinggu Tanggal 7 Pebruari 2005
- E.4 Pengukuran Tundaan Langsung di Persimpangan Berdasarkan Jumlah Kendaraan yang Berhenti, Pergerakan Barat ke Selatan
- E.5 Pengukuran Tundaan Langsung di Persimpangan Berdasarkan Jumlah Kendaraan yang Berhenti, Pergerakan Barat ke Utara
- E.6 Pengukuran Tundaan Langsung di Persimpangan Berdasarkan Jumlah Kendaraan yang Berhenti, Pergerakan Utara ke Barat
- F.1 Peta Lokasi Survei Penelitian
- F.2 *HCM 1994 Passenger-Car Equivalents for TWSC Intersections*
- F.3 *Definition and Computation of Conflicting Traffic Volume for Two Minor Approaches*
- F.4 *Definition and Computation of Conflicting Traffic Volume for Two Minor Approaches*
- F.5 *Potential Capacity Based on Conflicting Volume and Movement Type (Two-Lane Roadways)*
- F.6 *Average Total Delay Based on Conflicting Volume and Movement Capacity (15-Min Analysis Period)*
- F.7 *Worksheet for Analysis of TWSC T-Intersection*
- F.8 *Intersection Delay Worksheet Based on Direct Observation*
- F.9a Volume Lalulintas Hari Minggu dan Senin Jalan Sunandar Priyosudarmo, Kota Malang
- F.9b Volume Lalulintas Hari Minggu dan Senin Jalan Sunandar Priyosudarmo, Kota Malang



F.9c

Volume Lalulintas Hari Minggu dan Senin Jalan Sunandar Priyosudarmo, Kota Malang

F.9d

Volume Lalulintas Hari Minggu dan Senin Jalan Sunandar Priyosudarmo, Kota Malang

F.10

Rekapitulasi Volume Lalulintas Hari Minggu dan Senin Jalan Sunandar Priyosudarmo, Kota Malang

DAFTAR ISTILAH

Critical Gap	= panjang interval waktu minimum yang membolehkan suatu kendaraan jalan minor masuk ke persimpangan.
Delay	= tundaan, waktu perjalanan tambahan yang dialami suatu kendaraan atau pejalan kaki terhadap waktu perjalanan dasar (seperti: waktu perjalanan dengan arus bebas).
Follow-up Time	= rentang waktu antara kedatangan suatu kendaraan dan kedatangan kendaraan lainnya dalam kondisi antrian yang kontinu.
Gap	= waktu antara lintasan suatu kendaraan dan kedatangan kendaraan berikutnya. Diukur dari bumper belakang suatu kendaraan sampai bumper depan kendaraan berikutnya.
Gap Acceptance	= suatu proses di mana kendaraan jalan minor menerima suatu <i>gap</i> kendaraan jalan mayor untuk masuk meninggalkan antrian atau bergabung dengan lalulintas jalan mayor.
Headway	= waktu kedatangan antara dua kendaraan secara berturut-turut, yang diukur dari <i>bumper</i> depan kendaraan di depan sampai <i>bumper</i> depan kendaraan berikutnya.
Headway Distribution	= distribusi waktu kedatangan antara dua kendaraan secara berturut-turut, yang diukur dari <i>bumper</i> depan kendaraan di depan sampai <i>bumper</i> depan kendaraan berikutnya pada suatu periode pengamatan.
Level of Service	= suatu indeks kinerja operasional lalulintas pada suatu lajur lalulintas yang ditinjau, ruas jalan atau persimpangan, berdasarkan ukuran-ukuran pelayanan seperti tundaan, derajat kejenuhan, kerapatan, dan kecepatan selama periode lalulintas yang ditinjau.
Shared Lane	= suatu lajur yang digunakan untuk dua atau lebih pergerakan. Kebalikannya adalah <i>exclusive lane</i> .
T-Junction	= persimpangan berbentuk huruf T;
Yield	= rambu lalulintas di persimpangan tak bersinyal yang memberikan prioritas jalan bagi kendaraan di lengan persimpangan yang lain.

RINGKASAN

Andrian Kaifan. Program Pascasarjana Universitas Brawijaya. 25 Juli 2005. **Analisa Gap Acceptance dan Tundaan di Yield Controlled T-Junction (Studi Kasus: Persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, Kota Malang).**

Komisi Pembimbing, Ketua: Achmad Wicaksono, Anggota: Zainul Arifin.

Persimpangan tiga lengan "T Junction" tak bersinyal berpengontrol rambu lalu lintas YIELD (*YIELD sign*), Jalan Sunandar Priyosudarmo (sebagai jalan mayor) – Jalan Ciliwung (sebagai jalan minor), Kota Malang, mempunyai konflik lalu lintas yang cukup tinggi, terutama pada jam-jam sibuk. Hal ini disebabkan karena *gap* memadai kendaraan jalan mayor relatif sulit diperoleh sehingga mempengaruhi besarnya tundaan dan kinerja persimpangan. Analisa *gap acceptance* perlu dilakukan untuk mengetahui nilai *critical gap* dan perilaku pengemudi di persimpangan dalam menerima *gap*. Besarnya tundaan total juga perlu diperkirakan untuk menilai kinerja persimpangan.

Tujuan penelitian ini adalah: 1) Mengukur *critical gap* dengan metoda Raff, metoda Greenshields, dan metoda Sieglöch, serta mengetahui perilaku pengemudi dalam menerima *gap* di persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, Kota Malang; 2) Mencari distribusi dan model probabilitas *headway* kendaraan jalan mayor pada saat lalu lintas sibuk dan tidak sibuk pada jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo, Kota Malang; 3) Mencari model hubungan antara tundaan belok kanan pengemudi jalan minor dengan besarnya arus lalu lintas jalan mayor di persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, Kota Malang; dan 4) Menghitung besar tundaan total rerata dan *Level of Service* (LoS) yang ada di persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, Kota Malang, jika dihitung dengan metoda HCM 1994 dibandingkan dengan metoda pengukuran tundaan langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti.

Data lalu lintas diambil dengan merekam melalui kamera video dan kamera CCTV pada hari Minggu, Senin, dan Selasa pukul 6:00 - 10:00 dan pukul 14:00 - 18:00. Analisa *gap acceptance* dilakukan dengan metoda deterministik (metoda Raff dan metoda Greenshields) dan metode probabilistik (metoda Sieglöch). *Gap availability* berupa distribusi *headway* dicari untuk mengetahui distribusi dan probabilitas *headway* jalan mayor pada jam-jam sibuk dan tidak sibuk. Perhitungan tundaan dilakukan dengan metoda HCM 1994 dan metoda pengukuran tundaan langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti.

Pemodelan *critical gap* tidak dapat dilakukan pada hari Minggu karena kurangnya data jumlah kendaraan yang menerima atau menolak *gap*. Hasil nilai *critical gap* dengan metoda Raff untuk hari Senin dan Selasa, pergerakan Barat – Selatan, Barat – Utara, Utara – Barat berturut-turut 5,75; 5,1; 5,4 detik, untuk hari Selasa 5,7; 5,3; 5,2 detik. Dengan metoda Greenshields untuk hari Senin dan Selasa 6, 6, 7 detik. Dengan metoda Sieglöch hanya dapat dilakukan pemodelan untuk hari Senin dan Selasa pada pergerakan Barat - Selatan yaitu 5,19 dan 4,22 detik. Distribusi *headway* kendaraan jalan mayor adalah eksponensial negatif dengan model probabilitas *headway* jam tidak sibuk $P(t) = e^{-25t}$ sampai $P(t) = e^{-48t}$ dan jam sibuk $P(t) = e^{-39t}$ sampai $P(t) = e^{-57t}$. Model hubungan antara tundaan belok kanan pengemudi jalan minor (y) dengan besarnya arus lalu lintas jalan mayor (x) adalah eksponensial dengan persamaan model $y = 2,01 e^{0,0016x}$. Terdapat perbedaan yang cukup besar antara nilai tundaan metoda HCM 1994 dengan metoda pengukuran tundaan langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti sampai rerata perbedaan *Level of Service* 3 sampai 5 tingkat.

Kata kunci: *critical gap*, distribusi *headway*, tundaan

SUMMARY

Andrian Kaifan. Postgraduate Program of Brawijaya University. July 25th, 2005.
Analysis of Gap Acceptance and Delay at the Yield Controlled T-Junction (Case Study: The Intersection of Sunandar Priyosudarmo Street – Ciliwung Street, Malang City). Supervisor: Achmad Wicaksono, Co Supervisor: Zainul Arifin.

The unsignalized yield controlled T-junction of the Sunandar Priyosudarmo street (as the major street) – Ciliwung street (as the minor street), Malang City, has a high traffic conflict, especially on peak hours, because the drivers are hard to find the adequate gaps of major street to cross the street. This situation influences the intersection delay and Level of Service of the intersection. Gap acceptance analysis is important to find the critical gap and the drivers behavior in accepting the gaps on the intersection. The average total delay of the intersection is also important to calculate to know the Level of Service of the intersection.

The objectives of this study are: (1) To calculate critical gaps by Raff method, Greenshields method, and Siegloch method, and also to know the drivers behavior in accepting the gaps on the intersection of the Sunandar Priyosudarmo street – Ciliwung street; (2) To find headway distributions and headway probability models of the major street Sunandar Priyosudarmo street vehicles on peak and off peak hours; (3) To find the relationship model between right turn movement delays of minor street vehicles and major street volume on the intersection of Sunandar Priyosudarmo street – Ciliwung street; and (4) To calculate the average total delay and Level of Service (LoS) of the Sunandar Priyosudarmo street – Ciliwung street intersection.

Traffic datas were collected by video tape recording and CCTV recording for Sunday, Monday, and Tuesday, 6:00 – 10:00 and 14:00 – 18:00 period hours. Gap acceptance analysis was conducted by deterministic methods (Raff method and Greenshields method) and probabilistic method (Siegloch method). Gap availability, which is described by the major street headway distribution, was founded to know the major street headway distribution and probability on peak and off peak hours. The delay calculation was conducted by HCM 1994 method and direct observation of number of stopped vehicles on the intersection method.

The critical gaps on Sunday couldn't be modeled because of there weren't adequate datas. The results of the study show that the Raff method critical gaps on Monday for the West to South, West to North, and North to West movement are 5,75; 5,1; and 5,4 seconds, on Tuesday are 5,7; 5,3; and 5,2 seconds. The Greenshields method critical gaps on Monday and Tuesday are 6, 6, and 7 seconds. The Siegloch method critical gaps are only available on Monday and Tuesday for West to South movement, they are 5,19 and 4,22 seconds. The headway distribution of the major street is negative exponential with probability models on off peak hours $P(t) = e^{-25t}$ until $P(t) = e^{-48t}$ and on peak hours $P(t) = e^{-39t}$ until $P(t) = e^{-57t}$. The relationship model between right turn movement delays of minor street vehicles (y) and major street volume (x) is exponential $y = 2,01 e^{0,0016x}$. There are differences with at least 3 till 5 level difference of Level of Service between the HCM 1994 method delay models and direct observation of number of stopped vehicles method delay models.

Keywords: critical gap, headway distribution, delay



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan angkutan yang meningkat, tanpa disertai pembangunan prasarana jalan yang direncana dengan baik, mengakibatkan volume lalu lintas pada jalan-jalan arteri dan kolektor menjadi tak tertampung. Jarak yang makin jauh dari tempat kerja mendorong penggunaan kendaraan makin meningkat. Dampak terhadap kebutuhan akan angkutan ini dapat dilihat dari peningkatan jumlah kendaraan bermotor, terutama sepeda motor, yang umumnya dipilih oleh masyarakat menengah. Masyarakat atas dan menengah atas pada umumnya memilih mobil penumpang. Dampak lainnya adalah timbulnya kemacetan lalu lintas di jalan-jalan.

Pembangunan jalan-jalan baru bukan lagi menjadi pilihan utama untuk mengatasi kemacetan lalu lintas jalan. Hal ini mengingat bahwa makin terbatasnya areal yang dapat digunakan sebagai areal jalan. Selain itu, pembangunan jalan-jalan baru menuntut biaya konstruksi yang relatif tinggi. Sementara dampak negatif dari penambahan panjang jalan juga telah dirasakan lingkungan di sekitarnya, seperti kebisingan, polusi udara, keramaian akibat terjadinya tarikan atau bangkitan baru, dan lain-lain. Oleh karenanya perlu dipikirkan solusi yang relatif murah untuk mengatasi kemacetan ini. Salah satunya adalah dengan melakukan pengaturan lalu lintas atau manajemen lalu lintas, terutama di daerah persimpangan jalan.

Persimpangan sebagai simpul dari suatu jaringan jalan mempertemukan tiga atau lebih ruas jalan dengan lalu lintasnya. Akibatnya



persimpangan menjadi daerah yang penting/kritis dalam melayani arus lalu lintas terutama pada persimpangan yang tak bersinyal (*unsignalized intersection*). Berdasarkan IHCM 1997 terlihat bahwa angka kecelakaan pada simpang tak bersinyal 0,60 kecelakaan/juta kendaraan, sementara untuk simpang bersinyal 0,43 kecelakaan/juta kendaraan dan bundaran sebesar 0,30 kecelakaan/juta kendaraan. Pada tipe simpang tak bersinyal sering dijumpai titik-titik konflik arus lalu lintas yang mengakibatkan kemacetan arus lalu lintas yang bermuara kepada tundaan (*delay*) lalu lintas terutama pada saat hari kerja.

Berbagai cara dilakukan untuk mengendalikan persimpangan untuk mengurangi tundaan akibat konflik lalu lintas, misalnya dengan membangun pulau-pulau di daerah persimpangan, marka jalan, persimpangan tidak sebidang, sampai memasang lampu lalu lintas sehingga persimpangan tersebut menjadi persimpangan bersinyal (*signalized intersection*). Khusus untuk persimpangan tak bersinyal, biasanya diberikan rambu lalu lintas STOP (*STOP sign*) atau YIELD (*YIELD sign*) sebagai pengontrol (*controlled intersection*) pada jalan minor (*minor street*) untuk memberikan hak jalan terlebih dahulu bagi kendaraan pada lengan persimpangan yang lain.

Pada saat masuk ke persimpangan, pengemudi kendaraan dihadapkan kepada keputusan menerima atau menolak *gap* atau *lag*. Suatu *gap* diterima jika kendaraan dari jalan samping melewati atau masuk ke dalam *gap* antara kedatangan dua kendaraan di jalan utama. Dalam beberapa penelitian terdahulu diketahui bahwa perilaku penerimaan *gap* (*gap acceptance*) ini dipengaruhi oleh waktu menunggu pengemudi jalan minor, arus lalu lintas jalan mayor, jarak pandang (siang atau malam), adanya antrian di jalan minor, perilaku berhenti di persimpangan, dan jenis kendaraan (Gattis & Low, 1998).

Analisis persimpangan tanpa sinyal lalu lintas dapat dilakukan dengan menggunakan prosedur yang didasarkan pada *gap acceptance* oleh



pergerakan lalu lintas dari jalan samping yang dikontrol dengan rambu STOP atau YIELD, atau lalu lintas belok kiri dari jalan utama. Prosedur ini didasarkan atas pengalaman di Jerman Barat dan Eropa dan telah diadaptasikan dengan kondisi di Amerika Serikat. Prosedur ini dapat dilakukan untuk studi *T-intersection* dan *five-way intersections* dengan rambu STOP atau YIELD (Traffic Engineering Handbook, 1992). Salah satu metode yang menganut teori *gap acceptance* dalam menganalisis persimpangan tanpa sinyal lalu lintas adalah metode HCM 1994. Sementara metode IHCM 1997 yang merupakan metode standar analisis kapasitas jalan di Indonesia tidak menganut teori *gap acceptance* dalam menganalisis persimpangan tanpa sinyal lalu lintas. IHCM 1997 mengasumsikan besarnya *gap* kritis yang terjadi adalah sebesar 2 detik untuk semua pergerakan penerimaan *gap* di persimpangan tak bersinyal.

Level of Service (LoS) suatu persimpangan didasarkan pada waktu tunda rata-rata tiap kendaraan bagi bermacam-macam pergerakan dalam persimpangan (TRB, 1994, dalam Khisty & Lall, 1998). Tundaan bertambah secara signifikan pada saat suatu kapasitas jalan telah tercapai. Perubahan yang sedikit saja pada volume atau kapasitas jalan pada saat kapasitas jalan telah tercapai dapat membuat perbedaan yang signifikan pada tundaan (ICU, 2003).

Salah satu persimpangan tak bersinyal yang mempunyai konflik dan tundaan lalu lintas yang cukup tinggi di Kota Malang, terutama pada jam-jam sibuk, adalah persimpangan tiga lengan *T-Junction* Jalan Sunandar Priyosudarmo (sebagai jalan mayornya) – Jalan Ciliwung (sebagai jalan minornya). Persimpangan ini berpengontrol *YIELD sign* pada jalan minornya. Persimpangan ini dinilai cocok sebagai objek penelitian ini yang bertujuan menganalisa *gap acceptance* dan tundaan di persimpangan T berpengontrol *YIELD*.



Jalan Sunandar Priyosudarmo adalah salah satu jalan utama dari jalan-jalan utama Kota Malang yang berbentuk radial. Jalan Sunandar Priyosudarmo ini berfungsi sebagai jalan arteri primer, yaitu sebagai jalan penghubung antar kota. Jalan ini ke arah Utara menghubungkan Kota Malang dengan Pasuruan dan Surabaya, ke arah Selatan menghubungkan Kota Malang dengan Bululawang dan Lumajang (Departemen Pekerjaan Umum & PT. Leggogeni 2000 dalam Torimtubun, 2001). Sementara itu BPJ Kota Malang pada tahun 2002 telah melakukan survei pencacahan volume lalu lintas Jalan Sunandar Priyosudarmo. Dari survei ini diperoleh, jam puncak hari Minggu, tanggal 2 Juni 2002, terjadi pada pukul 22.00 – 23.00 dengan volume 2663 kendaraan/jam atau 1333 smp/jam, dan jam puncak hari Senin, tanggal 3 Juni 2002, terjadi pada pukul 07.00 – 08.00 dengan volume 2803 kendaraan/jam atau 1136 smp/jam. Sebagai jalan mayor pada persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, volume lalu lintasnya telah melewati 750 kendaraan per jam selama 8 jam sehari seperti diperlihatkan dalam Lampiran F.7a sampai F.7d halaman 166 sampai 169, sehingga menurut kriteria yang diberikan oleh Abubakar (1999) persimpangan ini perlu dipasang pengontrol berupa *traffic light*.

Pada persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung ini, kendaraan dari Jalan Ciliwung terutama pada saat belok ke kanan sering memaksakan diri untuk masuk ke daerah persimpangan, padahal jalan ini telah berpengontrol *YIELD*, dengan mengambil jalur kanan jalan minor dan berhenti di daerah persimpangan untuk menunggu *gap* kendaraan jalan mayor. Hal ini dilakukan pengemudi karena *gap availability* berupa *headway* kendaraan jalan mayor yang memadai amat sedikit terutama pada jam-jam sibuk. Perilaku mengemudi di persimpangan seperti ini turut mempertinggi tundaan dan menurunkan kinerja persimpangan.



1.2 Identifikasi Masalah

Persimpangan tiga lengan “T Junction” tak bersinyal berpengontrol rambu lalu lintas YIELD (*YIELD sign*), Jalan Sunandar Priyosudarmo (sebagai jalan mayor) – Jalan Ciliwung (sebagai jalan minor), Kota Malang, mempunyai konflik lalu lintas yang cukup tinggi, terutama pada jam-jam sibuk. Hal ini disebabkan karena *gap* memadai kendaraan jalan mayor relatif sulit diperoleh sehingga mempengaruhi besarnya tundaan di persimpangan, baik oleh pengemudi kendaraan jalan minor yang akan berbelok ke jalan mayor maupun oleh pengemudi kendaraan jalan mayor yang akan berbelok ke jalan minor, karena padatnya arus lalu lintas jalan mayor, sehingga mempengaruhi kinerja persimpangan. Analisa *gap acceptance* yang dihitung dengan metoda Raff dibandingkan dengan metoda Greenshields dan metode Sieglloch perlu dilakukan untuk mengetahui nilai *critical gap* dan perilaku pengemudi di persimpangan dalam menerima *gap*. Besarnya tundaan total juga perlu diperkirakan untuk menilai kinerja persimpangan. Metode yang digunakan untuk menghitung tundaan adalah metoda HCM 1994 yang menganut teori *gap acceptance*, dengan menggunakan nilai *critical gap* rerata hasil pemodelan dan nilai *follow-up time* rerata hasil pengukuran lapangan, dibandingkan dengan metoda pengukuran tundaan langsung. *Gap availability* berupa *headway distribution* jalan mayor perlu dicari untuk mengetahui distribusi dan probabilitas headway kendaraan jalan mayor pada jam-jam sibuk dan jam-jam tidak sibuk. Hubungan antara besarnya tundaan belok kanan pengemudi jalan minor dengan arus lalu lintas jalan mayor juga perlu dicari untuk memperkirakan secara empiris bagaimana hubungan di antaranya.



1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan pembahasan dalam penelitian ini, maka masalah yang dibahas dibatasi pada:

1. Objek penelitian yang ditinjau adalah persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo (sebagai jalan mayornya) – Jalan Ciliwung (sebagai jalan minornya), Kota Malang;
2. Kaki simpang (lengan pendekat) yang diamati adalah kaki simpang Jl. Ciliwung sebagai jalan minor dan kaki simpang Jl. Sunandar Priyosudarmo sebagai jalan mayor;
3. Pergerakan pada persimpangan yang ditinjau *gap acceptance* dan tundaannya adalah pergerakan dari arah Barat (Jalan Ciliwung) belok kanan ke arah Selatan (Jalan Sunandar Priyosudarmo), pergerakan dari arah Barat (Jalan Ciliwung) belok kiri ke arah Utara (Jalan Sunandar Priyosudarmo) dan pergerakan dari arah Utara (Jalan Sunandar Priyosudarmo) ke arah Barat (Jalan Ciliwung). Sementara untuk pergerakan dari arah Selatan (Jalan Sunandar Priyosudarmo) belok kiri ke arah Barat (Jalan Ciliwung) tidak dilakukan peninjauan karena konflik lalu lintas pada pergerakan ini yang menyebabkan tundaan amat kecil.
4. Persimpangan ini sebenarnya mempunyai 4 (empat) lengan, tetapi karena salah satu lengan (Jalan Bauksit) mempunyai volume lalu lintas yang amat kecil maka diasumsikan dalam perhitungan *critical gap* dan tundaan sebagai persimpangan 3 (tiga) lengan berbentuk 'T';
5. Pengambilan data lalu lintas dilakukan dengan cara perekaman video melalui kamera CCTV (Closed Circuit Television) dan kamera video dari pukul 06.00 – 10.00 dan pukul 14.00 – 18.00 pada hari Minggu, Senin, dan Selasa. Pengambilan data tidak dilakukan pada malam hari karena faktor jarak



pandangan pengemudi pada malam hari menjadi relatif pendek sehingga dapat mempengaruhi/memperbesar nilai-nilai *gap acceptance* dan *rejection*;

6. Analisis *gap acceptance* untuk mengetahui *gap* kritis dilakukan dengan model deterministik (model Raff dan model Greenshields) dan model probabilistik (model Siegloch). Sementara analisis tundaan dilakukan dengan metoda HCM (Highway Capacity Manual) 1994, dengan nilai rerata *critical gap* hasil pemodelan dengan metoda Raff, metoda Greenshields dan metode Siegloch, Nilai *follow-up time* yang digunakan juga menggunakan nilai *follow-up time* rerata hasil pengamatan lapangan. Nilai tundaan total rerata hasil perhitungan dengan metoda HCM 1994 ini dibandingkan dengan nilai tundaan total rerata metode pengukuran langsung di lapangan;

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut di atas, maka permasalahan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa ukuran *critical gap* dengan metoda Raff, metoda Greenshields, dan metoda Siegloch, serta bagaimanakah perilaku pengemudi dalam menerima *gap* di persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, Kota Malang?
2. Bagaimanakah distribusi dan model probabilitas *headway* kendaraan jalan mayor pada saat lalu lintas sibuk dan tidak sibuk pada jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo, Kota Malang?
3. Bagaimanakah model hubungan antara tundaan belok kanan pengemudi jalan minor dengan besarnya volume lalu lintas jalan mayor di persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, Kota Malang?
4. Berapa besar tundaan total rerata dan *Level of Service* (LoS) yang ada di persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, Kota Malang,



jika dihitung dengan metoda HCM 1994 dibandingkan dengan metoda pengukuran tundaan langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti di persimpangan?

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang kinerja suatu persimpangan tiga lengan dengan:

1. Mengukur *critical gap* dengan metoda Raff, metoda Greenshields, dan metoda Sieglösch, serta mengetahui perilaku pengemudi dalam menerima *gap* di persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, Kota Malang;
2. Mencari distribusi dan model probabilitas *headway* kendaraan jalan mayor pada saat lalu lintas sibuk dan tidak sibuk pada jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo, Kota Malang;
3. Mencari model hubungan antara tundaan belok kanan pengemudi jalan minor dengan besarnya arus lalu lintas jalan mayor di persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, Kota Malang; dan
4. Menghitung besar tundaan total rerata dan *Level of Service* (LoS) yang ada di persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, Kota Malang, jika dihitung dengan metoda HCM 1994 dibandingkan dengan metoda pengukuran tundaan langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti di persimpangan.

1.6 Manfaat Penelitian

Studi ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai:



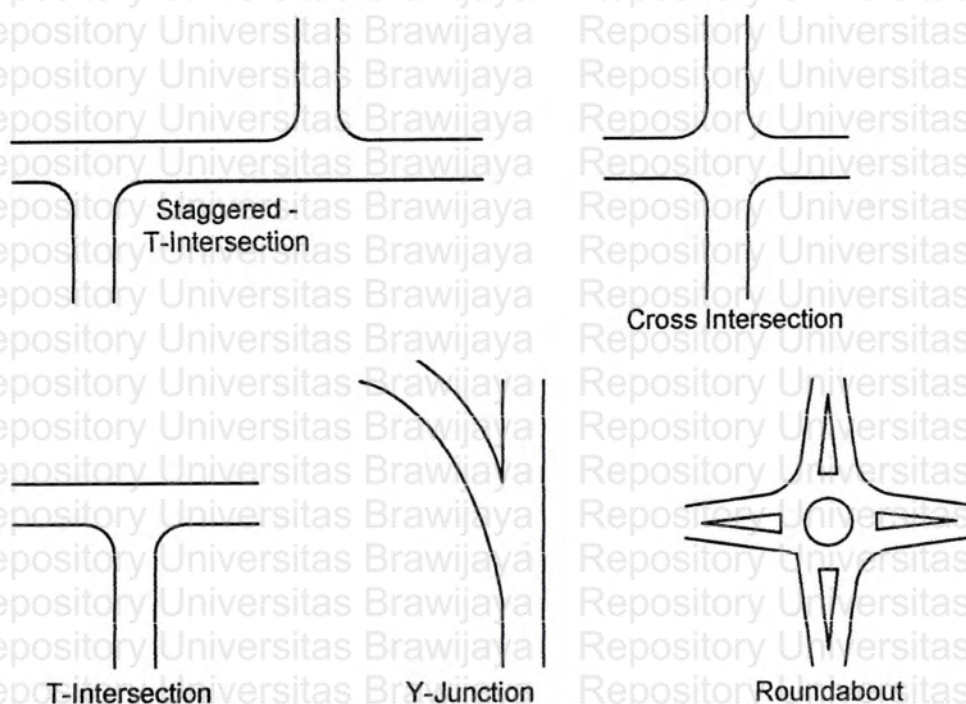
1. Bahan diskusi bagi para akademisi dalam menilai perilaku pengemudi dan kinerja persimpangan sejenis dengan menggunakan metode HCM 1994, khususnya di Kota Malang,
2. Bahan evaluasi bagi Pemerintah Kota Malang dan lembaga-lembaga terkait dalam memperbaiki kinerja persimpangan sejenis jika dinilai sudah tidak berkinerja baik lagi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persimpangan

Karakteristik operasional dan keamanan sistem jaringan jalan lebih bergantung pada desain persimpangan dari pada parameter-parameter lainnya. Di persimpangan sebagian besar kendaraan dan pejalan kaki mengalami konflik lalu lintas, dan oleh karenanya tundaan, kecelakaan, dan kemacetan cenderung lebih sering terjadi. Ukuran kinerja persimpangan itu sendiri dapat diukur atau dihitung, termasuk di dalamnya keamanan, kapasitas, dan tundaan di persimpangan (Miller dalam Odgen & Bennett, 1982).

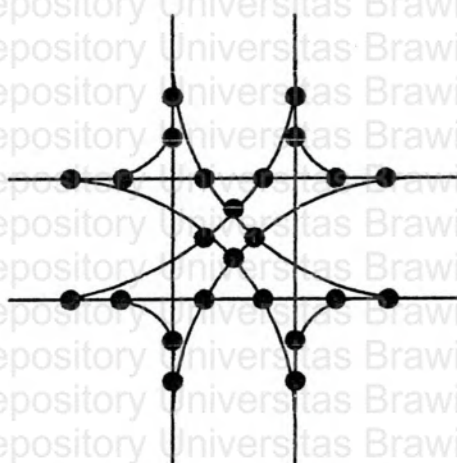
Lebih lanjut Miller dalam Odgen & Bennet, 1982, menyatakan bahwa bentuk persimpangan yang paling umum pada jalan-jalan arteri adalah persimpangan empat lengan (*cross intersection*) dan persimpangan tiga lengan berbentuk 'T' (*T-intersection* atau *T-junction*), baru kemudian persimpangan berbentuk bundaran (*roundabout*). Gambar 2.1 berikut memperlihatkan bentuk-bentuk umum dari persimpangan:



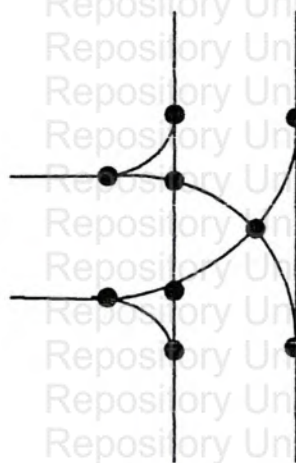
Gambar 2.1 Tipe-tipe Persimpangan
Sumber: Miller dalam Odgen & Bennet, 1982

IHCM1997 membagi persimpangan menjadi 2 (dua) jenis utama, yaitu persimpangan tak bersinyal (*unsignalized intersection*) dan persimpangan bersinyal (*signalized intersection*). IHCM 1997 juga menyatakan bahwa angka kecelakaan pada simpang tak bersinyal 0,60 kecelakaan/juta kendaraan, sementara untuk simpang bersinyal 0,43 kecelakaan/juta kendaraan dan bundaran sebesar 0,30 kecelakaan/juta kendaraan.

Di dalam persimpangan tipe 4 lengan (*cross intersection*) terdapat 32 titik konflik lalu lintas, sementara persimpangan tipe 'T' (*T-intersection*) terdapat 9 titik konflik lalu lintas. Gambar 2.2 berikut ini melukiskan titik-titik konflik kedua tipe persimpangan tersebut:



32 points of conflict



9 points of conflict

Gambar 2.2 Titik-titik Konflik Lalulintas di Persimpangan

Sumber: Miller dalam Odgen & Bennet, 1982

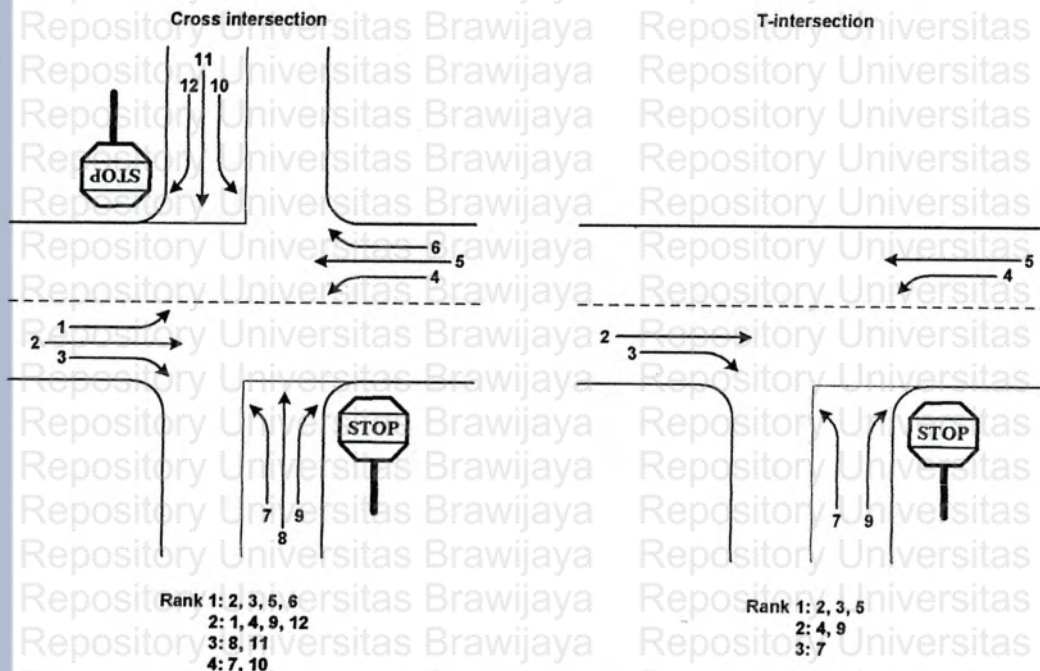
2.2 Persimpangan Tak Bersinyal

Pada persimpangan tak bersinyal, rambu *STOP* dan *YIELD* digunakan untuk memberikan hak jalan, tetapi pengemudi tetap harus memutuskan untuk memilih *gap* pada arus lalu lintas jalan mayor untuk melakukan gerakan menyeberang dan berbelok pada *two-way and yield-controlled intersection*. Secara umum, persimpangan berpengontrol rambu *STOP* dan *YIELD* jarang dapat mengatasi masalah kapasitas persimpangan. Sebelum masalah tersebut menjadi serius, penanganan lebih lanjut dilakukan dengan memberi rambu sinyal lalu lintas pada persimpangan tersebut (Khisty & Lall, 1998). Luttinen (2004) menyatakan bahwa teori yang menggambarkan pengoperasian persimpangan tak bersinyal disebut dengan *gap acceptance theory*.

Rambu *YIELD* di pasang pada persimpangan agar semua pengemudi pada lengan persimpangan yang dipasang rambu tersebut diharuskan memperlambat kendaraannya dan memberikan hak jalan terlebih dahulu kepada kendaraan lain yang ada di persimpangan. Berhenti di lengan

persimpangan dengan rambu *YIELD* tidak diharuskan, tetapi pengemudi disyaratkan untuk berhenti bilamana perlu untuk menghindari konflik dengan aliran lalu lintas yang memiliki prioritas hak jalan (Garber dan Hoel, 2002).

Analisis kapasitas pada Two-Way Stop-Controlled (TWSC) menggunakan gambaran yang jelas dan pemahaman tentang interaksi pengemudi-pengemudi pada jalan minor atau lengan berpengontrol *stop* dengan pengemudi-pengemudi jalan mayor. Metode *gap acceptance* digunakan dalam prosedur untuk menentukan kapasitas persimpangan (HCM 1994). Gambar 2.2 memperlihatkan prioritas aliran lalu lintas pada persimpangan 'T' dan persimpangan 4 lengan:



Gambar 2.3 Aliran Lalu lintas pada Persimpangan tak Bersinyal
 Sumber: HCM 1994

2.3 Pengertian *Gap*, *Gap Acceptance*, *Headway*, *Critical Gap*, dan *Follow Up Time*

Bennett (1982) mendefinisikan *gap* sebagai waktu interval antara kedatangan dua kendaraan pada jalan mayor (yaitu *headway* jalan mayor) yang

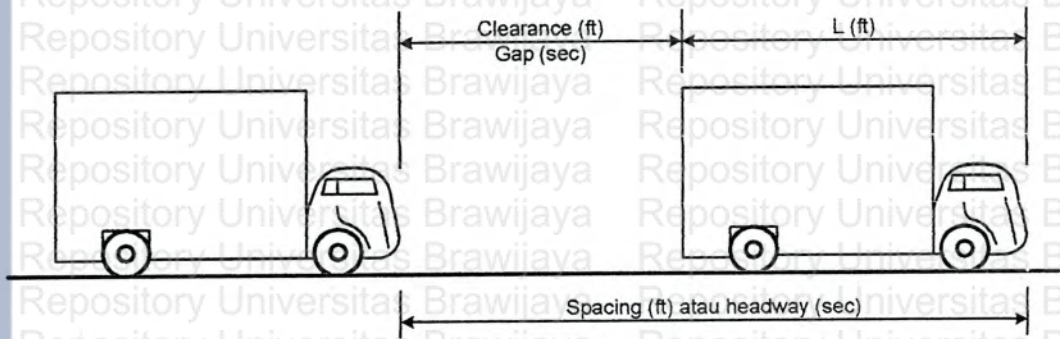
dimulai setelah kedatangan kendaraan jalan minor pada garis *stop* (atau pejalan kaki pada *kerb*). Sementara Traffic Control System Handbook dalam Gattis & Low (1998) mendefinisikan *gap* sebagai waktu antara lintasan suatu kendaraan dan kedatangan kendaraan berikutnya. Secara teknik, *gap* diukur dari *bumper* belakang dari kendaraan di depan dengan *bumper* depan dari kendaraan berikutnya.

Gattis & Low, 1998, menyatakan pada saat masuk ke persimpangan, pengemudi kendaraan dihadapkan kepada keputusan menerima atau menolak *gap* atau *lag*. Suatu *gap* diterima (disebut dengan *gap acceptance*) jika kendaraan dari jalan samping melewati atau masuk ke dalam *gap* antara kedatangan dua kendaraan di jalan utama. Untuk menghindari bias dalam pengukuran *gap acceptance* karena pengaruh pengemudi yang lambat bereaksi, sekali seorang pengemudi menolak *gap* maka perilaku pengemudi tersebut berikutnya dalam menerima *gap* diabaikan/ditolak (Salter, 1976).

Traffic Control System Handbook dalam Gattis & Low (1998) mendefinisikan *headway* sebagai waktu antara kedatangan dua kendaraan secara berturut-turut. *Headway* berbeda dari *gap* karena *headway* diukur dari *bumper* depan kendaraan di depan sampai dengan *bumper* depan kendaraan berikutnya.

Sementara Khisty & Lall (1998) mendefinisikan *headway* sebagai waktu antara kendaraan-kendaraan yang berturut-turut saat melewati suatu titik pada jalan.

Lebih jauh Luttinen (2004) mengutarakan bahwa ketersediaan *gap* atau *gap availability* dilukiskan dengan distribusi probabilitas *headways* pada arus lalu lintas yang memiliki prioritas lebih tinggi.



Gambar 2.4 Clearance-Gap dan Spacing-Headway Konsep

Sumber: Khisty & Lall (1998)

Critical gap (*gap kritis*) didefinisikan sebagai panjang interval waktu minimum yang membolehkan suatu kendaraan jalan minor masuk ke persimpangan (HCM 1994). Kyte et al dalam Gattis & Low (1998) mendefinisikan *critical gap* sebagai *gap* minimum dalam aliran lalu lintas jalan mayor yang dibutuhkan kendaraan jalan minor untuk bergabung ke dalam atau bergerak melewati *gap* aliran lalu lintas jalan mayor. Kedua definisi ini menggunakan kalimat yang berbeda, tetapi mempunyai maksud yang sama. Lebih lanjut HCM 1994 mendefinisikan *follow-up time* sebagai rentang waktu antara kedatangan satu kendaraan dan kedatangan kendaraan lainnya dalam kondisi antrian yang kontinu.

2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perilaku *Gap Acceptance*

HCM 1994 menemukan adanya nilai *critical gap* alami yang tidak stabil dengan memperhatikan ukuran-ukuran *critical gap* yang berbeda berdasarkan gerakan membelok, jumlah lajur jalan mayor, dan kecepatan tetap kendaraan. HCM 1994 juga menyimpulkan ada dua faktor tambahan yang mempengaruhi karakteristik *gap acceptance*, yaitu kecukupan jarak pandang di persimpangan dan besar kecilnya jari-jari sudut persimpangan.

Dalam beberapa penelitian terdahulu diketahui bahwa perilaku penerimaan *gap* (*gap acceptance*) juga dipengaruhi oleh waktu menunggu pengemudi jalan minor, arus lalu lintas jalan mayor, jarak pandang (siang atau malam), adanya antrian di jalan minor, perilaku berhenti di persimpangan, dan jenis kendaraan (Gattis & Low, 1998). Ditambahkan oleh Kyte et al dalam Gattis & Low (1998) waktu dalam antrian juga mempengaruhi *critical gap*. Di samping itu tekanan yang diterima pengemudi yang berada dalam antrian terdepan dari kendaraan-kendaraan lain di belakangnya dalam antrian akan mendorongnya untuk menerima *gap* yang lebih kecil.

2.5 Teknik-teknik Pemodelan *Gap Acceptance*

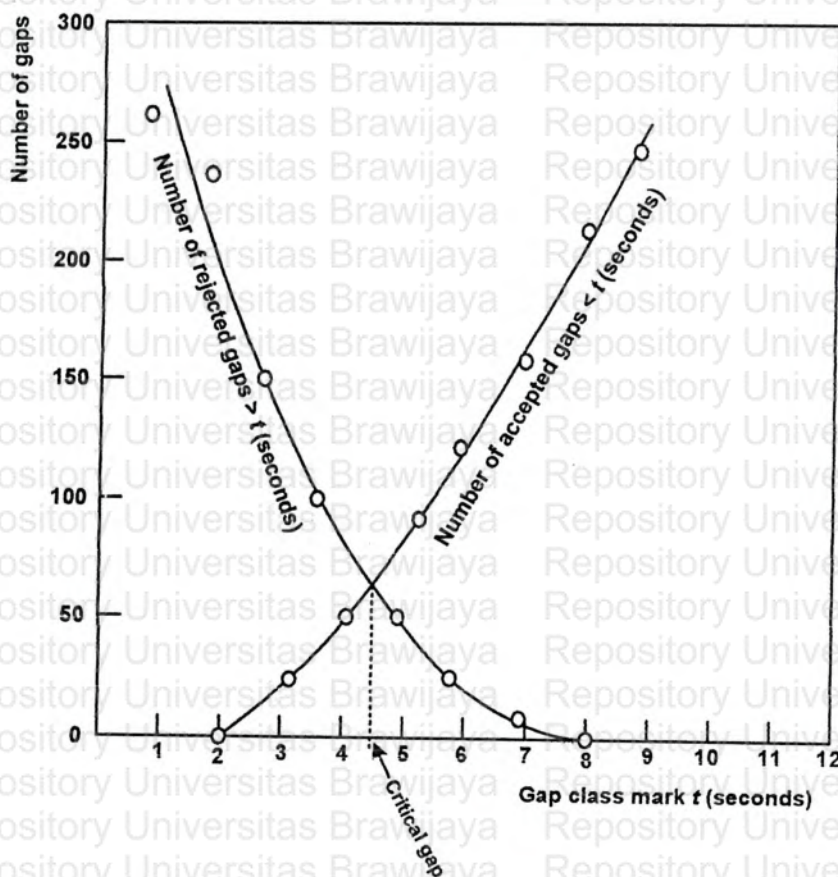
Madana et al dalam Gattis & Low (1998) memberikan dua pendekatan untuk nilai *critical gap*: pendekatan deterministik dan pendekatan probabilistik. Nilai *critical* deterministik diperlakukan sebagai nilai rata-rata tunggal. Asumsi dasarnya adalah pengemudi akan menerima semua *gap* yang lebih besar dari *critical gap* dan menolak semua *gap* yang lebih kecil dari *critical gap*. HCM 1994 mengadopsi pendekatan deterministik dalam formula kapasitas. Sementara itu, sebagai alternatif, model probabilistik berusaha memecahkan beberapa masalah elemen yang tak konsisten dalam perilaku *gap acceptance* dengan menggunakan perlakuan statistik terhadap perilaku *gap acceptance* pengemudi jalan minor. Tiga model *gap acceptance* yang akan ditinjau dalam penelitian ini adalah model deterministik, yaitu Raff Method dan Greenshields Method, dan model probabilistik, yaitu Sieglösch Method.

2.5.1 Raff Method

Definisi asli dari Raff Method hanya menggunakan data *lag acceptance* dan *rejection*. Pendekatan ini dipertimbangkan kurang bermanfaat

secara statistic oleh beberapa peneliti, selama data *gap acceptance* dan *rejection* yang berguna diabaikan. Ada dua pendekatan untuk mengatasi hal ini. Fitzpatrick memutuskan untuk mengkombinasikan data *gap* dan *lag* berdasarkan dugaan bahwa tidak adanya perbedaan yang signifikan secara statistic antara *lag* dan *gap*. Pendekatan alternatif lainnya adalah memisahkan data *lag* dan *gap* ke dalam "*lag only*" dan "*gap only*" (Gatis & Low, 1998).

Raff mendefinisikan *critical gap* sebagai suatu *gap*, yang jumlah *gap acceptance*-nya lebih kecil dari pada ukuran *gap* tersebut, sama dengan jumlah *gap rejection* lebih banyak dari pada *gap* tersebut (Salter, 1976). Secara grafis, contoh ukuran *critical gap* diperlihatkan dalam Gambar 2.5 berikut ini setelah nilai *gap* dipisahkan ke dalam "*gap only*":



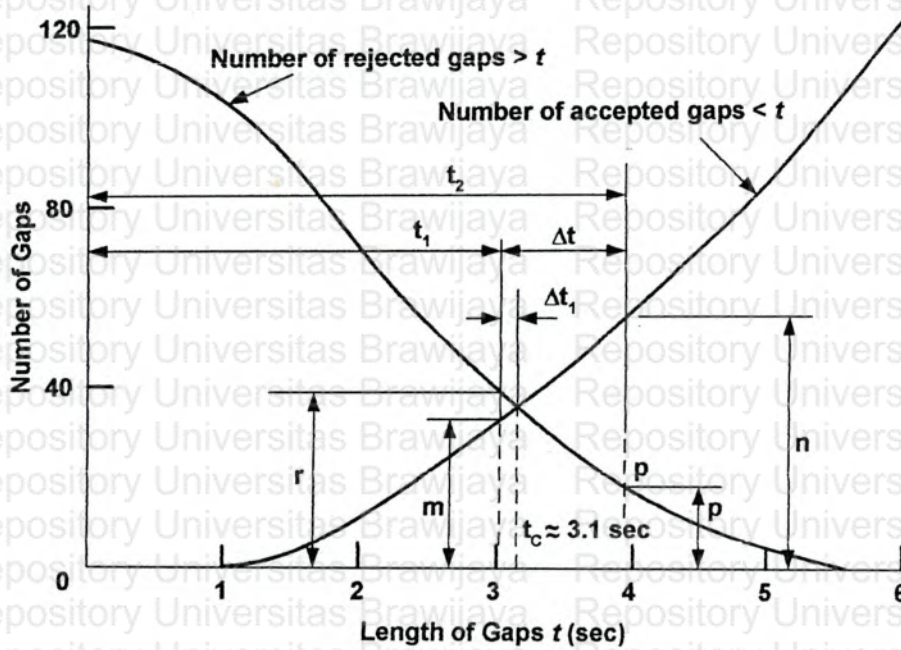
Gambar 2.5 Penentuan *Critical Gap* secara Grafis dengan Raff Method (setelah nilai *gap* dipisahkan ke dalam "*gap only*")

Sumber. Salter, 1976

1302231



Selain dapat ditentukan secara grafis, nilai *critical gap* dengan metoda Raff juga dapat ditentukan dengan cara aljabar.



Gambar 2.6 Distribusi Kumulatif Gap Acceptance dan Rejection

Sumber: Garber & Hoel, 2002

Dari Gambar 2.6 di atas, secara aljabar nilai *critical gap* t_c dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$t_c = t_1 + \frac{\Delta t (r - m)}{(n - p) + (r - m)} \quad (2.1)$$

di mana:

- t_1 & t_2 = nilai *gap* yang lebih kecil dan lebih besar dari t_c ;
- Δt = $t_2 - t_1$;
- m = jumlah *accepted gaps* kurang dari t_1 ;
- r = jumlah *rejected gaps* kurang dari t_1 ;
- n = jumlah *accepted gaps* kurang dari t_2 ;
- p = jumlah *rejected gaps* kurang dari t_2 ;

2.5.2 Greenshields Method

Metode Greenshields menggunakan histogram untuk menggambarkan jumlah total *gap* yang diterima dan ditolak dalam tiap rentang *gap* (*gap range*). Sumbu axis vertikal histogram menggambarkan jumlah *gap* yang diterima (bernilai positif) atau *gap* yang ditolak (bernilai negatif) dari rentang *gap* yang ditentukan, dan sumbu axis horizontal mewakili jarak *gap* yang ditentukan. *Critical gap* diidentifikasi pada rentang *gap* yang mempunyai jumlah *gap* yang diterima dan ditolak yang sama. Mason et. al., (1990) mengingatkan bahwa hasil *critical gap* dengan metoda ini tidak akan efektif untuk jumlah data *gap* yang sedikit (Gattis & Low, 1998).

2.5.3 Siegloch Method

Untuk menggunakan metode Siegloch sebagai model *gap acceptance* antrian, jalan minor harus jenuh dengan antrian lalu lintas kendaraan (Gattis & Low, 1998). Pada metode ini panjangnya antrian yang kontinu harus sedikit-dikitnya satu kendaraan dalam satu periode observasi. Proses selanjutnya adalah:

- Mencatat ukuran tiap *gap*, t , dan jumlah kendaraan, n , yang masuk selama *gap* yang terjadi tersebut;
- Hitung ukuran *gap* rerata untuk tiap *gap* yang diterima oleh n pengemudi;
- Gunakan regresi linier pada nilai-nilai ukuran *gap* rerata (sebagai *dependent variable*) terhadap jumlah kendaraan yang masuk selama terjadinya *gap* tersebut, n , dan
- Catat kemiringan kurva sebagai t_r dan *intercept* axis ukuran *gap* sebagai t_o , lalu nilai *critical gap* t_c adalah:



$$t_c = t_o + t_f / 2 \quad \dots (2.2)$$

2.6 Distribusi Headway

Bentuk distribusi *headway* yang paling umum adalah distribusi eksponensial negatif, atau secara singkat disebut dengan "distribusi eksponensial". Bentuk distribusi ini mempunyai persamaan (Troutbeck & Brilon, 1987):

$$P(h > t) = e^{-qt} \quad \dots (2.3)$$

di mana:

$P(h > t)$ = Probabilitas nilai *headway* lebih besar dari t ;
 q = arus lalulintas atau jumlah *headway* yang diamati persatuan waktu (veh/sec);
 t = waktu (sec).

Bentuk distribusi *headway* yang lain adalah distribusi *Erlang*. Akan tetapi bentuk distribusi ini tidak baik digunakan dalam pemodelan *headway* (Luttinen 1991, Luttinen 1996, dalam Luttinen 2004). Jika *headway* mempunyai nilai minimum t_p , dan *headways* yang lebih besar dari t_p berdistribusi eksponensial, model yang terjadi disebut *shifted exponential distribution*, dengan persamaan (Luttinen 2004):

$$P(h > t) = \frac{e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t_p}} = e^{-\lambda(t-t_p)}, \text{ untuk } t_p \leq t \quad \dots (2.4)$$

di mana:

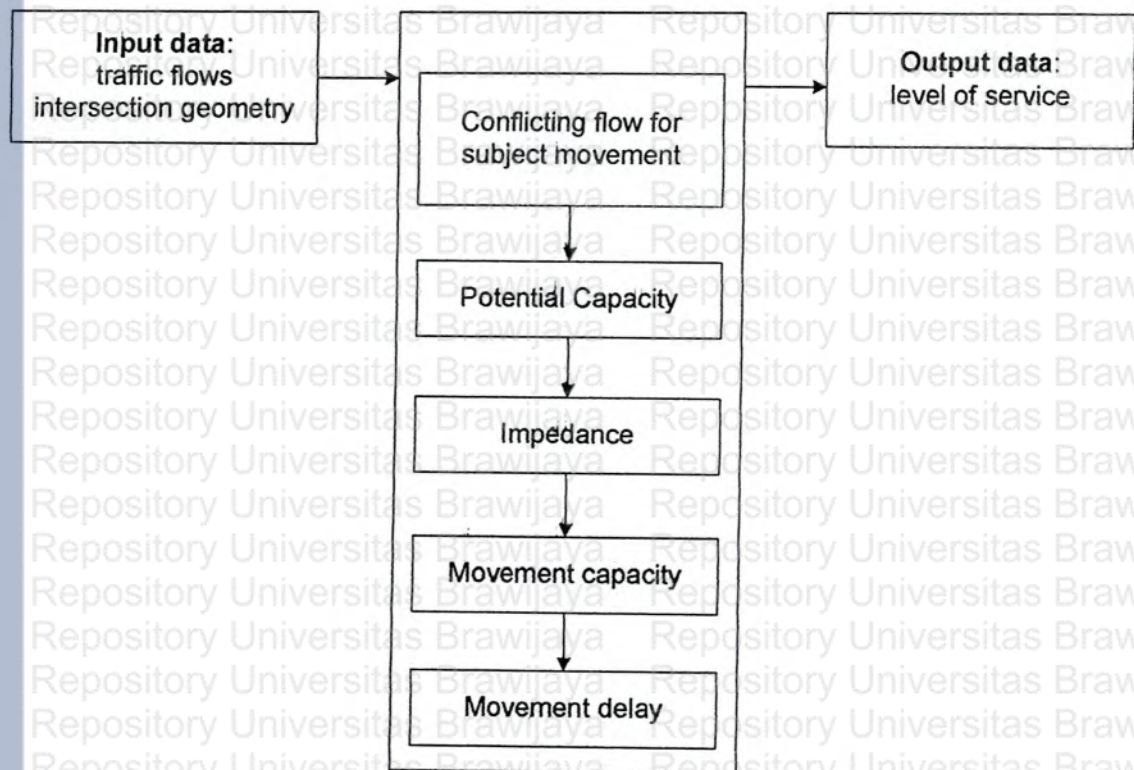
$P(h > t)$ = Probabilitas nilai *headway* lebih besar dari t ;
 λ = parameter skala atau arus lalulintas atau veh/sec atau $q/3600$ sec;
 t = waktu (sec);
 t_p = waktu minimum (sec).

2.7 Perhitungan Tundaan di Persimpangan Tak Bersinyal

2.7.1 Metode HCM 1994

Menurut Khisty & Lall (1998) metoda HCM dalam analisis persimpangan *two-way stop-controlled* (TWSC) umumnya dipakai untuk mengevaluasi kondisi *existing* operasional persimpangan atau untuk meramal keadaan lalu lintas persimpangan di masa yang akan datang. Metoda ini menghasilkan tundaan total rata-rata dan *Level of Service* (kinerja) persimpangan.

Kyte et al (2003) memberikan diagram alir prosedur perhitungan persimpangan TWSC menurut HCM sebagai berikut:



Gambar 2.7 Prosedur Perhitungan Persimpangan TWSC
Sumber: Kyte et al, 2003

Dalam perhitungan persimpangan TWSC, HCM menggunakan metoda *gap acceptance*. Perhitungan kapasitas potensial (*potential capacity*) menurut HCM 1994 menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_{p,x} = \frac{3600}{t_f} e^{-\frac{\left[\sum_y V_{c,y}\right] t_0}{3600}} \quad \dots (2.5)$$

di mana:

- $C_{p,x}$ = kapasitas potensial pergerakan minor x (pcph);
- $V_{c,y}$ = volume lalu lintas dalam aliran konflik y (vph);
- t_0 = $t_g - (t_f/2)$;
- t_g = *critical gap*;
- t_f = *follow-up time*;

Selain dengan menggunakan persamaan tersebut, kapasitas potensial juga dapat ditentukan dengan menggunakan grafik seperti terlampir dalam Lampiran 4 halaman 56.

Langkah berikutnya dalam perhitungan TWSC menurut HCM 1994 adalah menghitung kapasitas pergerakan (*movement capacity*). Untuk *T-intersection* digunakan persamaan-persamaan berikut:

$$C_{m,j} = C_{p,j} \quad (\text{untuk seluruh rank 2, lihat Gbr. 2.3}) \quad \dots (2.6)$$

$$C_{m,k} = (C_{p,k}) f_k \quad (\text{untuk seluruh rank 3, lihat Gbr. 2.3}) \quad \dots (2.7)$$

di mana:

- $C_{m,x}$ = kapasitas pergerakan j (pcph);
- $C_{m,k}$ = kapasitas pergerakan k (pcph);
- $C_{p,j}$ = kapasitas potensial j (pcph);
- $C_{p,k}$ = kapasitas potensial k (pcph);
- f_k = *capacity adjustment factor* atau *impedance factor* untuk pergerakan k.

Untuk menghitung tundaan total rata-rata digunakan persamaan berikut:

$$D = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900T \left\{ \frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \left[\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{(3600/C_{m,x})(V_x/C_{m,x})}{450T} \right]^{1/2} \right\} \quad \dots (2.8)$$

di mana:

- D = tundaan total rata-rata (sec/veh);
 V_x = volume pergerakan x, dinyatakan dalam *hourly flow rate*;
 $C_{m,x}$ = kapasitas pergerakan x, dinyatakan dalam *hourly flow rate*;
 T = periode analisis (hr) (untuk periode 15 menit, pakai $T=0,25$).

Perkiraan tundaan total rata-rata untuk periode analisis 15 menit juga dapat dikerjakan secara grafis dengan menggunakan grafik seperti terlampir pada Lampiran 5 halaman 57. Untuk kriteria *Level of Service* persimpangan berdasarkan tundaan total rata-rata dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 2.8 Kriteria *Level of Service* untuk Persimpangan TWSC

Level of service	Average total delay (sec/veh)
A	≤ 5
B	> 5 and ≤ 10
C	> 10 and ≤ 20
D	> 20 and ≤ 30
E	> 30 and ≤ 45
F	> 45

Sumber: HCM 1994

Contoh perhitungan dan lembar kerja tundaan persimpangan dengan metoda HCM 1994 diperlihatkan dalam Lampiran 6 halaman 58.

2.7.2 Metode Pengukuran Langsung

Menurut Traffic Engineering Handbook (1992), dengan metoda pengukuran langsung tundaan persimpangan rata-rata dihitung dengan mengalikan jumlah kendaraan yang berhenti dengan interval waktu yang ditentukan dan membagikannya dengan jumlah total volume lalu lintas yang masuk ke persimpangan selama periode pengamatan. Hal ini dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$D = \frac{(\sum V_s I)}{V} \dots (2.9)$$

di mana:

- D = rata-rata tundaan tiap kendaraan (detik);
- $\sum V_s$ = jumlah kendaraan berhenti yang dihitung;
- I = interval waktu perhitungan (detik);
- V = total volume yang diamati (jumlah kendaraan).

Contoh perhitungan dan lembar kerja tundaan dengan metoda pengukuran langsung diperlihatkan dalam Lampiran 7 halaman 99.

2.8 Pemodelan dan Pengujian Model

2.8.1 Model Linier dan Non Linier

Ortuzar dan Willumsen (1994) mendefinisikan model sebagai penampilan sederhana dari sebagian realitas (sistem yang diteliti) dengan konsentrasi pada elemen-elemen tertentu yang penting. Oleh karenanya model adalah suatu masalah dan sudut pandang yang khusus. Model meramalkan sejumlah perkiraan variabel-variabel tak bebas dari variabel-variabel bebas. Sementara Sudjana (1989) menyatakan hubungan yang didapat di antara variabel-variabel itu umumnya dinyatakan dalam persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel. Studi yang

menyangkut masalah ini dikenal dengan nama analisis regresi. Model-model yang mungkin diperoleh dapat berupa beberapa bentuk persamaan di antaranya:

- a. Model linier, dengan persamaan umum: $y = a + bx$
- b. Model non linier, terdiri dari:
 - o model parabola kuadrat, dengan persamaan umum: $y = a + bx + cx^2$
 - o model parabola kubik, dengan persamaan umum:
 $y = a + bx + cx^2 + dx^3$
 - o model eksponen, dengan persamaan umum: $y = ab^x$
 - o model geometrik, dengan persamaan umum: $y = ax^b$
 - o model logistik, dengan persamaan umum: $y = 1/ab^x$
 - o model hiperbola, dengan persamaan umum: $y = 1/(a + bx)$

Sumanto (2002) menjelaskan bahwa ukuran asosiasi yang mempunyai signifikansi yang bersifat interpretasi; menunjukkan kepada kita bagaimana proporsi deviasi kuadrat total dari variabel independen diterangkan atau diasosiasikan dengan persamaan regresi disebut dengan istilah koefisien determinasi (R^2). Jika $R^2 = 0$ menunjukkan bahwa variabel independen adalah prediktor yang tidak berarti, sedangkan $R^2 = 1$ menunjukkan bahwa variabel independen adalah prediktor yang sempurna.

Kemudian, Sudjana (1989) menyatakan persoalan berikutnya yang dirasakan perlu adalah berapa kuat hubungan antara variabel-variabel itu terjadi. Dalam kata-kata lain, perlu ditentukan derajat hubungan antara variabel-variabel. Studi yang membahas tentang derajat hubungan antara variabel-variabel dikenal dengan nama analisis korelasi. Analisis korelasi sukar dipisahkan dari analisis regresi. Diterangkan lebih lanjut oleh Sumanto (2002) bahwa analisis korelasi yang korelasinya dinyatakan dengan koefisien korelasi (R) adalah bersifat simetri, atau berhubungan dua arah. Berbeda dengan analisis korelasi, analisis regresi adalah bersifat asimetri atau satu arah.



2.3.2 Kriteria Statistik

Sulaiman (2004) menyatakan untuk memperoleh model regresi yang terbaik, beberapa kriteria berikut harus terpenuhi:

a. Uji R^2 (koefisien determinasi)

Nilai R^2 mempunyai interval mulai dari 0 sampai 1 ($0 \leq R^2 \leq 1$). Semakin besar R^2 (mendekati 1), semakin baik model regresi tersebut. Semakin mendekati 0 maka variabel independen secara keseluruhan tidak dapat menjelaskan variabilitas dari variabel dependen. Rumus untuk memperoleh R^2 adalah:

$$R^2 = \frac{\sum(Y^* - \bar{Y})^2 / k}{\sum(Y - Y^*)^2 / k} = \frac{\text{Jumlah kuadrat}_{\text{regresi}}}{\text{Jumlah kuadrat}_{\text{total}}} \dots (2.10)$$

dengan:

Y = nilai pengamatan;

Y^* = nilai Y yang ditaksir dengan menggunakan model regresi;

$\bar{Y}$ = nilai rata-rata pengamatan; dan

k = jumlah variabel independen.

b. Uji F

Uji F dipakai untuk melihat pengaruh variabel-variabel independen secara keseluruhan terhadap variabel dependen. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} . Uji F juga dapat dipakai untuk menguji linearitas suatu model linear. Hipotesa-hipotesa yang digunakan:

H_0 = model yang terbentuk tidak signifikan;

H_1 = model yang terbentuk signifikan

Tolak H_0 jika $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ atau dalam SPSS jika $\text{sig.} < \alpha$.

Rumus untuk memperoleh F_{hitung} dinyatakan sebagai berikut:



$$F_{hitung} = \frac{\sum(Y^* - \bar{Y})^2 / (k - 1)}{\sum(Y - \bar{Y})^2 / (n - k)} = \frac{\text{Rata - rata kuadrat}_{regresi}}{\text{Rata - rata kuadrat}_{residual}} \dots (2.11)$$

dengan:

Y = nilai pengamatan;

Y^* = nilai Y yang ditaksir dengan menggunakan model regresi;

$\bar{Y}$ = nilai rata-rata pengamatan;

N = jumlah pengamatan/sampel; dan

k = jumlah variabel independen.

c. Uji t

Uji t dipakai untuk melihat signifikansi pengaruh variabel independen secara individu terhadap variabel dependen dengan menganggap variabel lain bersifat konstan. Uji ini dilakukan dengan memperbandingkan t_{hitung} dengan

t_{tabel} . Hipotesa-hipotesa yang digunakan:

H_0 = konstanta atau koefisien regresi tidak signifikan;

H_1 = konstanta atau koefisien regresi signifikan;

Tolak H_0 jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau dalam SPSS jika sig. $< \alpha$.

Rumus untuk memperoleh t_{hitung} dinyatakan sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{b_i - (\beta_j)}{se(b_i)} \dots (2.12)$$

dengan:

b_i = koefisien variabel ke- i ;

β_i = parameter ke- i yang dihipotesiskan; dan

$se(b_i)$ = kesalahan standar b_i .

2.8.3 Pengujian Model Linier

Jika suatu data sampel diberikan $\{(x_i, y_i); i = 1, 2, 3, \dots, n\}$ dengan metode pendugaan kuadrat terkecil dalam garis regresi seperti persamaan berikut:

$$Y = a + bX \dots (2.13)$$

Maka nilai-nilai parameternya dapat dihitung secara manual dengan rumus-rumus berikut (Sulaiman, 2004):

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \dots (2.14)$$

dan

$$a = \bar{y} - b \bar{x} \dots (2.15)$$

Lebih lanjut Sulaiman (2004) mengutarakan bahwa meski model linier telah diperoleh dan diyakini kelinierannya melalui uji F, model masih perlu diuji untuk memenuhi kriteria BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*), dengan persyaratan:

1. Linieritas

Pengujian linearitas ini salah satunya dapat dilakukan dengan membuat plot residual terhadap harga-harga prediksi. Jika grafik antara harga-harga prediksi dan harga-harga residual tidak membentuk suatu pola tertentu (parabola, kubik, atau lainnya), berarti asumsi linearitas terpenuhi.

2. Homoskedasitas (kesamaan varian)

Salah satu cara untuk menguji homoskedasitas model linier adalah melalui grafik penyebaran nilai-nilai residual terhadap nilai-nilai prediksi. Jika penyebarannya tidak membentuk suatu pola tertentu seperti meningkat atau menurun, maka keadaan homoskedasitas terpenuhi.

3. Nonautokorelasi

Untuk mendeteksi ada atau tidaknya autokorelasi maka dilakukan pengujian Durbin-Watson (DW) dengan ketentuan sebagai berikut:

- $1,65 < DW < 2,35 \rightarrow$ tidak ada autokorelasi;
- $1,21 < DW < 1,65$ atau $2,35 < DW < 2,79 \rightarrow$ tidak dapat disimpulkan; dan
- $DW < 1,21$ atau $DW > 2,79 \rightarrow$ terjadi autokorelasi.

4. Nonmultikolinearitas

Multikolinearitas berarti ada hubungan linier yang “sempurna” atau “pasti” di antara beberapa atau semua variabel independen dari model regresi. Adapun cara pendeteksiannya adalah: jika multikolinearitas tinggi, seseorang mungkin memperoleh R^2 yang tinggi tetapi tidak satu pun atau sangat sedikit koefisien yang ditaksir yang signifikan/penting secara statistik.

5. Normalitas

Salah satu cara untuk menguji normalitas model adalah dengan *detrend normal plot*. Jika sampel berasal dari populasi normal, maka titik-titik tersebut seharusnya terkumpul di sekitar garis lurus yang melalui 0 dan tidak berpola. Akan tetapi uji hipotesis tetap sangat diperlukan. Tetapi untuk sampel berukuran besar, kebanyakan uji *goodness of fit* menghasilkan keputusan menolak H_0 (hipotesis yang menyatakan bahwa sampel ditarik dari populasi dengan distribusi tertentu). Jadi hampir tidak mungkin untuk mendapatkan data yang benar-benar terdistribusi normal. Pada kebanyakan uji statistik, cukuplah diperoleh data yang berdistribusi mendekati normal. Sehingga untuk sampel berukuran besar kita juga seharusnya melihat keberangkatan (asal) data dari normalitas. Untuk uji keberangkatan (asal) data dari normalitas digunakan uji sampel *One-Sample Kolmogorov-Smirnov*. Uji ini menentukan seberapa baik sebuah sampel random data menjajagi distribusi teoritis tertentu (normal, uniform, poisson, eksponensial).

2.8.4 Pengujian Model Non Linier

Jika model yang didapat tidak lulus uji linearitas melalui uji F, maka pilihan model jatuh kepada model-model non linier, seperti *quadratic*, *cubic*, *logarithm*, *inverse*, *compound*, *power*, *S*, *growth*, *exponential*, dan *logistic*. Pengujian untuk model-model ini meliputi uji koefisien determinasi (R^2), uji F, dan

uji t, seperti pada pengujian model linier. Jika diperoleh beberapa model non linier yang nilai R^2 -nya kurang lebih sama, maka model yang dipilih adalah model yang memberikan harga jumlah kuadrat residual yang minimum (Sulaiman, 2004).

2.9 Pengujian Statistik

2.9.1 Ukuran Sampel

Menurut Sugiyono (2004) sampel yang baik adalah sampel yang representatif mewakili populasi. Berapa jumlah anggota sampel yang akan digunakan sebagai sumber data tergantung pada tingkat kepercayaan yang dikehendaki. Bila dikehendaki sampel dipercaya 100% mewakili populasi, maka jumlah anggota sampel sama dengan jumlah anggota populasi. Bila tingkat kepercayaan 95%, maka jumlah anggota sampel akan lebih dari jumlah anggota populasi. Lebih lanjut Roscoe dalam buku *Research Methods for Business* (1992 : 253) dalam Sugiyono (2004) memberikan salah satu saran tentang ukuran sampel, yaitu: ukuran sampel yang layak digunakan dalam penelitian adalah antara 30 s/d 500.

2.9.2 Uji Distribusi

Uji distribusi data dalam studi ini menggunakan uji *Chi-Square*. Uji *Chi-Square* pada hakikatnya adalah uji keselarasan (*goodness of fit test*) Sulaiman (2003). Prosedur uji *Chi-Square* selalu melakukan perbandingan antara frekuensi-frekuensi yang diamati dengan frekuensi yang diharapkan dengan hipotesis awal yang ditetapkan dengan benar. Jadi hipotesis-hipotesis yang digunakan adalah:

H_0 : sampel ditarik dari populasi dengan distribusi tertentu;

H_1 : sampel ditarik bukan dari populasi dengan distribusi tertentu.

Dalam software SPSS for Windows digunakan kaidah pengambilan keputusan sebagai berikut:

Asymp. Sig < taraf signifikansi (α) $\rightarrow$ Tolak H_0

Asymp. Sig > taraf signifikansi (α) $\rightarrow$ Terima H_0

2.9.3 Uji Komparatif Dua Sampel Independen

Uji komparatif dua sampel independent dalam studi ini menggunakan uji *Mann-Whitney U*. Sugiyono (2004) menyatakan *Mann-Whitney U Test* digunakan untuk menguji signifikansi hipotesis komparatif dua sampel independen bila datanya berbentuk ordinal. Tes ini merupakan tes yang terbaik untuk menguji hipotesis komparatif dua sampel independen bila datanya berbentuk ordinal. Sementara menurut Sulaiman (2003) uji ini merupakan uji yang paling sering digunakan oleh peneliti di antara uji-uji lain pada uji non-parametrik untuk menguji dua sampel independen ketika peneliti ingin menghindari asumsi dari statistik uji-t (misalnya data sampel harus mengikuti distribusi normal).

Lebih lanjut Sugiyono (2004) menyatakan bahwa terdapat dua rumus yang digunakan dalam pengujian *Mann-Whitney U*. Kedua rumus tersebut digunakan dalam perhitungan, karena akan digunakan untuk mengetahui harga *U* mana yang lebih kecil. Harga *U* yang lebih kecil tersebut yang digunakan untuk pengujian dan membandingkan dengan *U* tabel. Kedua rumus tersebut adalah:

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1 \quad \dots (2.16)$$

dan

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2 \quad \dots (2.17)$$

di mana:

- n_1 = jumlah sampel 1;
 n_2 = jumlah sampel 2;
 U_1 = jumlah peringkat 1;
 U_2 = jumlah peringkat 2;
 R_1 = jumlah ranking pada sampel n_1 ;
 R_2 = jumlah ranking pada sampel n_2 .

Menurut Sulaiman (2003) hipotesis-hipotesis yang diambil adalah:

- H_0 : dua sampel independent berasal dari populasi yang identik;
 H_1 : dua sampel independent bukan berasal dari populasi yang identik;

atau:

- H_0 : tidak ada perbedaan rata-rata antara dua sampel;
 H_1 : ada perbedaan rata-rata antara dua sampel.

Dengan bantuan software SPSS for Windows digunakan kaidah pengambilan keputusan sebagai berikut:

Untuk uji 2 arah:

- $p(U) \leq \alpha/2 \rightarrow \text{tolak } H_0$
 $p(U) > \alpha/2 \rightarrow \text{terima } H_0$

atau:

- Exact Sig. $< \alpha \rightarrow \text{tolak } H_0$
 Exact Sig. $> \alpha \rightarrow \text{terima } H_0$

Untuk uji 1 arah:

- $p(U) \leq \alpha \rightarrow \text{tolak } H_0$
 $p(U) > \alpha \rightarrow \text{terima } H_0$

atau:

- Exact Sig. $\leq \alpha \rightarrow \text{tolak } H_0$
 Exact Sig. $> \alpha \rightarrow \text{terima } H_0$

2.9.4 Uji Korelasi

Uji korelasi dalam studi ini menggunakan uji korelasi *Tau Kendall's*.

Uji ini digunakan untuk mencari hubungan dan menguji hipotesis antara dua variabel atau lebih bila datanya berbentuk ordinal atau ranking. Kelebihan teknik

ini bila digunakan untuk menganalisis sample yang jumlah anggotanya lebih dari 10 (Sugiyono, 2004). Rumus dasar yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\tau = \frac{H - L}{N(N - 1) / 2} \quad \dots (2.18)$$

di mana:

- τ = koefisien korelasi *Tau Kendall's* (yang besarnya $-1 \leq \tau \leq 1$);
- H = jumlah ranking atas;
- L = jumlah ranking bawah;
- N = jumlah anggota sampel.

Menurut Young dalam Sulaiman (2003), ukuran korelasi adalah sebagai berikut:

- 0,7 – 1,00 (baik plus atau minus) menunjukkan adanya derajat asosiasi yang tinggi;
- 0,40 - <0,70 (baik plus maupun minus) menunjukkan hubungan yang substansial;
- 0,20 - <0,40 (baik plus maupun minus) menunjukkan adanya korelasi yang rendah;
- <0,20 (baik plus maupun minus) berarti dapat diabaikan.

Uji signifikansi koefisien korelasi *Tau Kendall's* menggunakan rumus z , karena distribusinya mendekati distribusi normal (Sugiyono, 2004). Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$z = \frac{\tau}{\sqrt{\frac{2(2N + 5)}{9N(N - 1)}}} \quad \dots (2.19)$$

di mana:

τ = koefisien korelasi *Tau Kendall's*;

N = jumlah anggota sampel.

Hipotesis-hipotesis yang digunakan adalah:

Untuk uji 2 arah:

$H_0 : \tau = 0$ (tidak ada hubungan antara variabel X dan Y);

$H_1 : \tau \neq 0$ (ada hubungan antara variabel X dan Y);

Untuk uji 1 arah:

$H_0 : \tau = 0$ (tidak ada hubungan antara variabel X dan Y);

$H_1 : \tau < 0$ (ada hubungan antara variabel X dan Y);

Dari tabel luas lengkung kurva normal, jika:

nilai z hitung $\geq$ z tabel $\rightarrow$ tolak H_0

nilai z hitung $<$ z tabel $\rightarrow$ terima H_0

Sulaiman (2003) menyatakan dengan bantuan software SPSS for

Windows digunakan kaidah pengambilan keputusan sebagai berikut:

Untuk uji 2 arah (*2-tailed*):

Asymp. Sig $\leq$ taraf signifikansi/2 ($\alpha/2$) $\rightarrow$ Tolak H_0

Asymp. Sig $>$ taraf signifikansi/2 ($\alpha/2$) $\rightarrow$ Tolak H_1

Untuk uji 1 arah (*1-tailed*):

Asymp. Sig $\leq$ taraf signifikansi (α) $\rightarrow$ Tolak H_0

Asymp. Sig $>$ taraf signifikansi (α) $\rightarrow$ Tolak H_1

Jika tidak tahu apakah mengharapkan korelasi positif atau negatif, sebaiknya digunakan uji 2 arah (*2-tailed*).

2.10 Penelitian-penelitian Terdahulu

- a. Gattis, J. L., Ph.D., & T. Low, Sonny, dari Universitas Arkansas, USA, pada tahun 1998 meneliti nilai *critical gap* sebuah persimpangan T *non-standard* (*non-standard T-intersection*) yaitu pada persimpangan 'T' pada Drake Street dan Gregg Avenue di Fayetteville. Disebut persimpangan berbentuk *non-standard* karena pengaturan hak jalan pada persimpangan tak bersinyal ini diberikan dengan cara yang lain dari biasanya, yaitu memberikan prioritas pergerakan belok kiri dan mengharuskan pengguna jalan menerus yang berlawanan arah untuk berhenti. Persimpangan ini memiliki rambu STOP pada salah satu jalan mayornya di sebelah Selatan dan sebuah rambu YIELD pada jalan minornya dengan prioritas *rank* utama adalah pergerakan sebelah Utara ke Selatan dan pergerakan sebelah Utara berbelok ke kiri. Data lalu lintas persimpangan diambil dengan menggunakan kamera video, dengan perekaman video berdurasi 60 sampai 90 menit pada tanggal 30 Desember 1996 (pukul 13:45 – 14:41), tanggal 31 Desember 1996 (pukul 12:57 – 14:18), dan tanggal 2 Januari 1997 (pukul 14:19 – 15:27, pukul 12:46 – 14:10). Analisis untuk mendapatkan nilai *critical lag* dan *gap* dilakukan dengan metoda deterministik, yaitu dengan metoda Raff, metoda Greenshields, dan metode Acceptance Curve, serta metoda probabilistic, yaitu metoda Logit dan metoda Siegloch. Dari hasil analisis dengan metoda Raff dan Greenshield diperoleh nilai *critical gap* pergerakan Selatan ke Utara vs Utara belok kiri dan pergerakan Selatan ke Utara vs Timur belok kiri sebesar 6,25 dan 5,8 detik serta 7,75 dan 7,4 detik. Pengemudi sebelah Selatan (*Southbound*) menerima *gap* yang lebih kecil terhadap pergerakan kendaraan Utara belok kiri dari pada Timur belok kiri dikarenakan pengemudi dari sebelah Selatan memperkirakan seluruh kendaraan dari Utara akan berjalan lurus/tidak berbelok. Perkiraan ini terjadi karena kendaraan dari sebelah Utara tidak

memperlambat kendaraannya pada saat hampir masuk ke dalam daerah persimpangan. Nilai-nilai *critical gap* dari hasil pemodelan ini juga lebih kecil dari nilai-nilai *critical gap* HCM 1994 pada pergerakan yang sama. Nilai-nilai *critical gap* yang lebih rendah dari yang diberikan oleh HCM 1994 menunjukkan bahwa kapasitas persimpangan *non-standard stop-controlled intersection* lebih besar dari pada "standard" TWSC. Akan tetapi hal ini hanya berlaku pada pola pergerakan tertentu.

- b. Emanuel Kristianto, pada tahun 2002 menganalisis *gap acceptance* dan hubungan antara *gap* terhadap kapasitas bundaran serta perbandingan kapasitas terhitung dan kapasitas terukur di lapangan pada Bundaran Bulaksumur, Yogyakarta. Analisis *gap acceptance* dilakukan dengan metoda Raff, sementara perhitungan kapasitas bundaran dilakukan dengan metoda NAASRA 1998. Data diambil pada hari Senin dan Selasa pada jam sibuk pagi, siang, dan sore. Dari penelitian ini diketahui bahwa melalui uji K-S diperoleh data *gap acceptance* berdistribusi normal. Melalui uji *Chi-Square* terhadap data *gap rejection* diperoleh bahwa data tersebut berdistribusi Erlang dan Eksponensial. Nilai *gap* kritis untuk kondisi natural adalah sebesar 3,4 detik dan untuk kondisi *gap* paksaan adalah sebesar 3,1 detik. Dengan menggunakan nilai *gap* kritis natural 3,4 detik menghasilkan nilai kapasitas terhitung tahun 2002 (data dari penelitian terdahulu) sama dengan kapasitas terukur. Sementara itu dengan menggunakan nilai *gap* kritis paksaan 3,1 detik menghasilkan nilai kapasitas terhitung tahun 2002 dan tahun 2001 (data dari penelitian terdahulu) sama dengan kapasitas terukur. Diketahui pula bahwa hubungan antara *gap* kritis (x) dengan kapasitas (y) membentuk suatu persamaan linier dengan persamaan $y = -1260,32 x + 2446,9$ dengan nilai R^2 sebesar 0,1282.

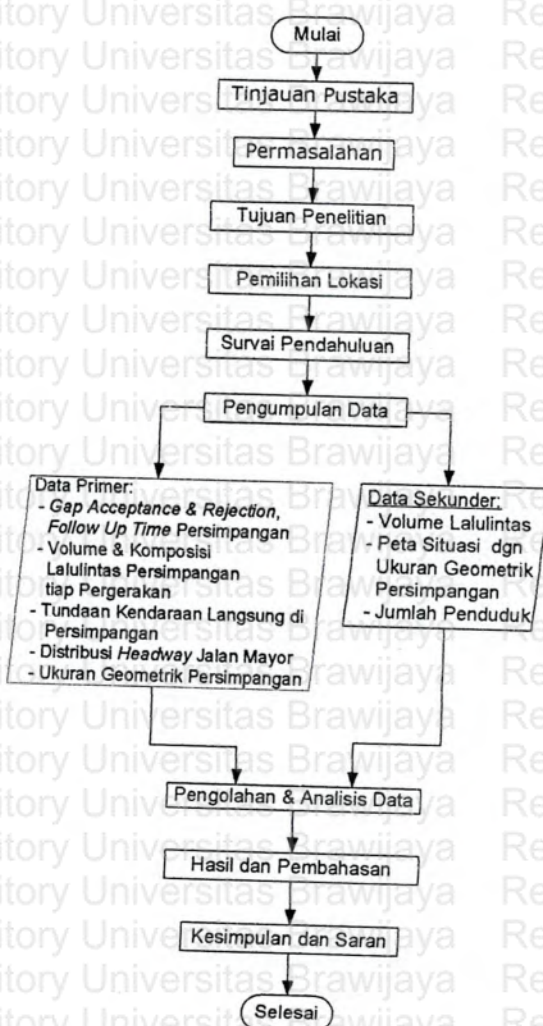
- c. Michael Kyte, Michael Dixon, dan Purushotam Murali Basavaraju, dari Universitas Idaho, Moscow, pada tahun 2003 meneliti beberapa hal yang berhubungan dengan variabilitas antara pengukuran lapangan dan perkiraan model serta hal-hal yang menyebabkan perbedaan tersebut. Perhitungan kapasitas dan tundaan dengan metoda HCM dilakukan untuk empat buah lokasi persimpangan di Wisconsin, New York, dan Alabama. Hasilnya dibandingkan dengan hasil pengukuran lapangan. Hasil-hasil penelitian terdahulu mengenai perbandingan antara perkiraan model dan pengukuran lapangan juga ditampilkan. Penelitian tentang variasi dalam pengukuran tundaan di lapangan juga dilakukan dengan bantuan software CORSIM. Dari penelitian ini diperoleh untuk variabilitas pengukuran tundaan di lapangan (dengan simulasi CORSIM) terlihat bahwa pada saat volume masih sangat di bawah kapasitas, ada sedikit variasi dalam perkiraan tundaan. Tetapi setelah volume meningkat, ditemukan variasi yang stokastik di lapangan. Sebagai contoh, dalam kasus 4, kedua nilai *mean* (70.4 seconds) dan *variance* (1940.0) adalah tinggi, dengan pengukuran individual antara 23 sampai 187 seconds! Dapat disimpulkan bahwa variabilitas dalam perkiraan tundaan menjadi sangat tinggi terutama ketika volume mendekati kapasitas, bahkan pada saat volumenya tetap. Dari hasil penelitian terdahulu terhadap LoS 218 persimpangan yang dihitung dengan metoda/model HCM dibandingkan dengan pengukuran lapangan diperoleh bahwa dalam 55% lokasi, LoS model dan lapangan adalah sama. Dalam 34% kasus, ada 1 tingkat perbedaan. Dalam 11% kasus sisanya, ada sedikitnya 2 tingkat perbedaan. Dari penelitian ini juga dapat diketahui perilaku pengemudi dapat sangat berubah-ubah dan *user* mungkin akan menemui bahwa nilai *critical gap* dan *follow up time* berbeda dengan nilai-nilai baku yang dikemukakan dalam HCM.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Secara garis besar tahapan kerja dari penelitian ini meliputi pemilihan lokasi, survai pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan dan analisis data, hasil dan pembahasan, dan selanjutnya diambil kesimpulan dan saran. Diagram alir dari tahapan penelitian ini terlukis dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Pemilihan Lokasi

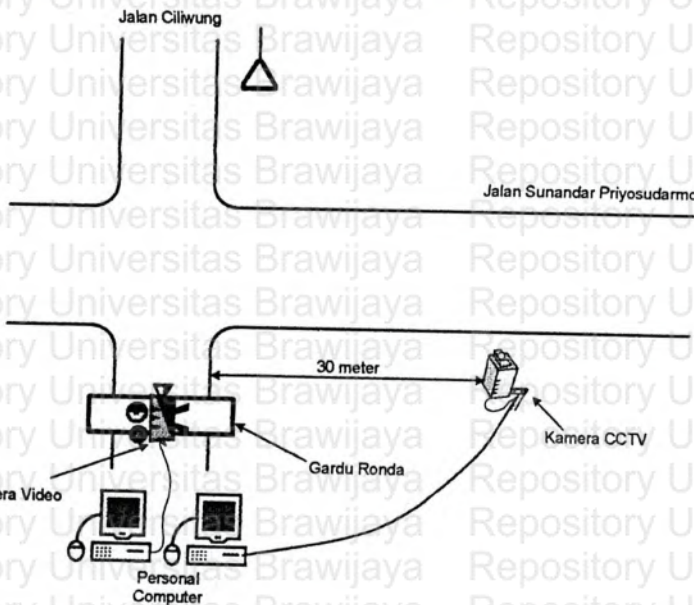
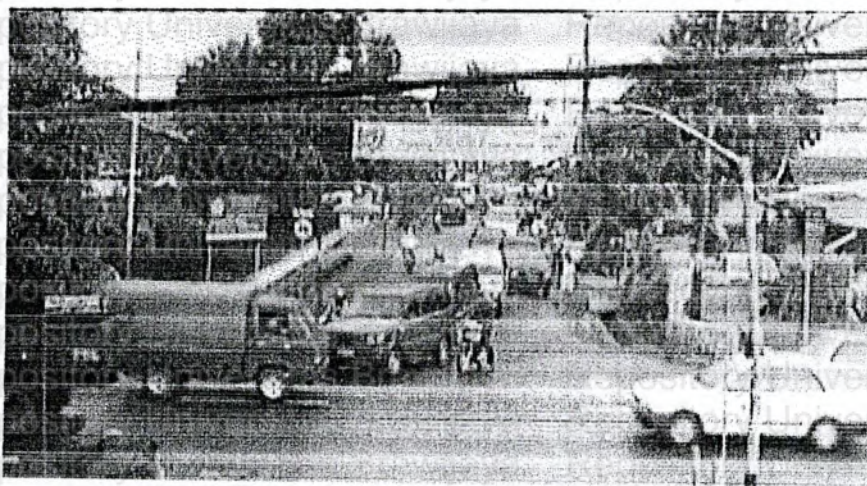
Lokasi penelitian yang dipilih sesuai dengan tujuan penelitian adalah di Kota Malang, tepatnya pada persimpangan jenis 'T' (*T-Junction*) Jalan Sunandar Priyosudarmo (sebagai jalan mayor) – Jalan Ciliwung (sebagai jalan minor). Jalan Sunandar Priyosudarmo merupakan jalan utama dengan arus lalu lintas yang cukup padat sehingga hanya memiliki *headway* kendaraan yang kecil terutama pada jam-jam sibuk. Konflik lalu lintas juga terlihat cukup sering terjadi dengan tundaan yang relatif tinggi terjadi pada salah satu persimpangan di jalan ini, yaitu persimpangan dengan Jalan Ciliwung. Untuk jalan minor Jalan Ciliwung ini telah dilengkapi dengan rambu *YIELD* (*YIELD sign*).

3.3 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan adalah survei sederhana yang dilakukan sebelum survei utama dengan tujuan:

1. Mengetahui kondisi lapangan;
2. Memilih metode survei yang paling baik untuk diterapkan di lapangan;
3. Mengetahui fluktuasi volume lalu lintas melalui pengamatan dan data sekunder untuk mencari waktu survei yang cocok untuk kondisi sibuk dan tidak sibuk;
4. Menentukan letak kamera CCTV (*Closed Circuit Television*) dan kamera video dalam sudut perekaman yang terbaik di lapangan.

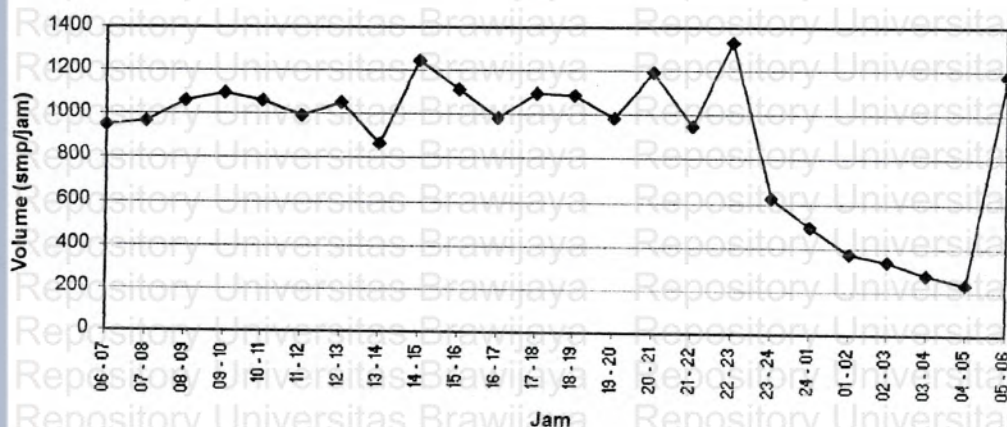
Survei pendahuluan ini diharapkan dapat mendukung pelaksanaan survei utama, sehingga diperoleh data hasil survei utama yang akurat. Dari hasil survei pendahuluan diperoleh foto lokasi survei dan rencana peletakan kamera perekam seperti diperlihatkan pada Gambar 3.2.



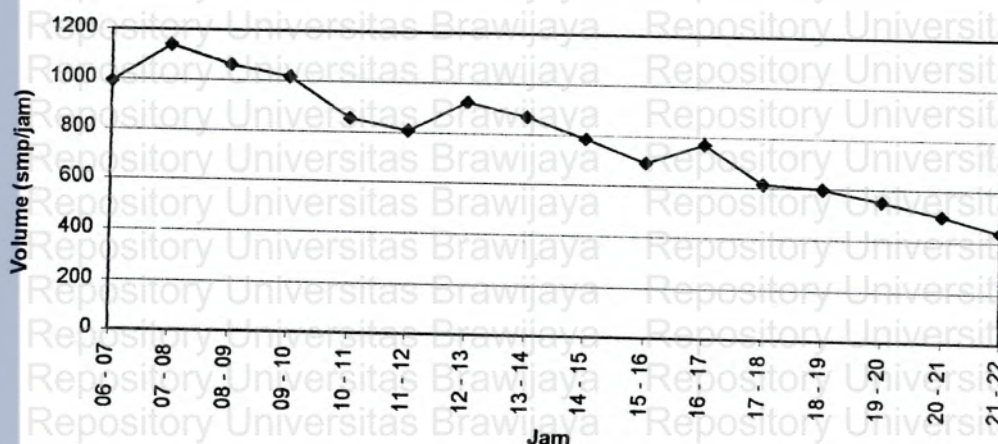
Gambar 3.2 Foto Lokasi Survei dan Denah Peletakan Kamera

Dari hasil pengamatan dan data sekunder volume lalu lintas 2 arah Jalan Sunandar Priyosudarmo pada tanggal 2 – 3 Juni 2003, hari Minggu (selama 24 jam mulai pukul 06.00) dan hari Senin (selama 16 jam mulai pukul 06.00) diperoleh grafik fluktuasi volume lalu lintas sebagai berikut:

**Grafik Fluktuasi Volume Lalu Lintas
Jalan Sunandar Priyosudarmo, Kota Malang
Minggu, 2 Juni 2002**



**Grafik Fluktuasi Volume Lalu Lintas
Jalan Sunandar Priyosudarmo, Kota Malang
Senin, 3 Juni 2002**



**Gambar 3.3 Grafik Fluktuasi Volume Lalulintas Hari Minggu dan Senin
Jalan Sunandar Priyosudarmo Kota Malang
Sumber: BPJ Kota Malang, 2002**



Dari hasil pengamatan dan didukung data sekunder volume lalu lintas tersebut di atas serta dikarenakan faktor kecukupan data, biaya dan waktu penelitian, maka survei utama dilakukan pada hari Minggu, Senin, dan Selasa dari pukul 6.00 – 10.00 (waktu sibuk) dan pukul 14.00 – 18.00 (waktu tidak sibuk). Pengambilan data tidak dilakukan pada malam hari karena faktor jarak pandang pengemudi pada malam hari menjadi relatif pendek sehingga dapat mempengaruhi/memperbesar nilai-nilai *gap acceptance* dan *rejection*.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan survei utama dari penelitian ini. Adapun data yang akan diambil dalam survei utama ini terdiri dari 2 (dua) macam, yaitu:

a. Data primer

Data primer diperoleh dengan pengambilan data secara langsung di lapangan. Data primer dalam penelitian ini meliputi:

1. *Gap acceptance*, *follow up time*, dan *gap rejection*

Pengukuran *gap* meliputi *gap acceptance* (penerimaan *gap*) dan *gap rejection*

(penolakan *gap*). Suatu *gap* diterima jika kendaraan dari samping jalan menyeberang atau masuk ke antara kedatangan dua kendaraan jalan mayor

yang membentuk suatu *gap* (Gattis & Low, 1998). Untuk menghindari bias dalam pengukuran *gap acceptance* karena pengaruh pengemudi yang lambat bereaksi,

sekali seorang pengemudi menolak *gap* maka perilaku pengemudi tersebut berikutnya dalam menerima *gap* diabaikan/ditolak (Salter, 1976). Pada saat

suatu *gap* diterima, *follow up time* (waktu antara kedatangan berurutan dua kendaraan Dengan kamera perekam video yang dihubungkan ke input USB

sebuah PC, dilakukan perekaman pergerakan lalu lintas di persimpangan pada





hari Minggu, Senin, dan Selasa dari pukul 8.00 sampai pukul 10.00. Pengukuran *gap acceptance* dan *rejection* dilakukan selama 2 jam per hari survei dengan memutar kembali rekaman video pada sebuah PC. Dengan bantuan sebuah software *stopwatch*, yang dibuat sendiri dengan pemrograman MS Visual Basic 6.0, *gap* yang terjadi dapat diukur dalam waktu *frame per frame* pergerakan sampai seperseratus detik. Pengukuran *gap acceptance* dan *rejection* dimulai pada saat iringan 2 buah kendaraan jalan mayor mulai melewati dan mengakhiri 2 titik acuan awal dan akhir pengukuran pada *display* rekaman video di layer PC.

2. Volume lalu lintas, distribusi *headway* dan komposisi kendaraan

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan aktual yang diobservasi atau diamati melewati suatu titik pengamatan tertentu selama suatu interval waktu tertentu (Khisty & Lall). Pengukuran volume lalu lintas tiap pergerakan di persimpangan dilakukan dengan kamera video dengan cara dan waktu yang sama seperti pada survei *gap acceptance*, *follow up time*, dan *gap rejection* di atas. Untuk pengukuran distribusi *headway* dilakukan pada jalan mayor dengan sebuah kamera CCTV yang dihubungkan ke input analog video *TV tuner card* sebuah PC. Perekaman dilakukan serentak dengan perekaman kamera video untuk merekam proses *gap acceptance* dan *rejection* di persimpangan. Selanjutnya, rekaman video di-*replay* melalui PC dan penghitungan volume kendaraan di persimpangan dilakukan dalam interval waktu 15 menit untuk tiap pergerakan belok kanan (*right turn*), belok kiri (*left turn*) dan lurus (*through movement*), hari Minggu, Senin, dan Selasa dari pukul 6.00 – 10.00 dan pukul 14.00 – 18.00.

Pengukuran distribusi *headway* jalan mayor dilakukan pada jam sibuk dan tidak sibuk tiap hari survei Minggu, Senin, dan Selasa dengan bantuan sebuah



software *stopwatch*, yang dibuat sendiri dengan pemrograman MS Visual Basic 6.0 melalui pemutaran kembali hasil perekaman kamera video.

4. Survei geometrik persimpangan

Survei geometrik persimpangan berupa pengukuran langsung ukuran-ukuran geometrik persimpangan, meliputi: lebar jalan, lebar bahu jalan, tipe jalan, dan jumlah jalur dan lajur jalan. Ukuran-ukuran geometrik persimpangan ini diperlukan saat perhitungan tundaan dengan metode HCM 1994 dan IHCM 1997.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang telah ada yang diambil dari instansi-instansi yang terkait. Data sekunder ini di antaranya data volume lalu lintas, peta persimpangan dengan ukuran-ukuran geometriknnya dan ukuran kota (jumlah penduduk).

3.5 Metode Pengolahan dan Analisis Data

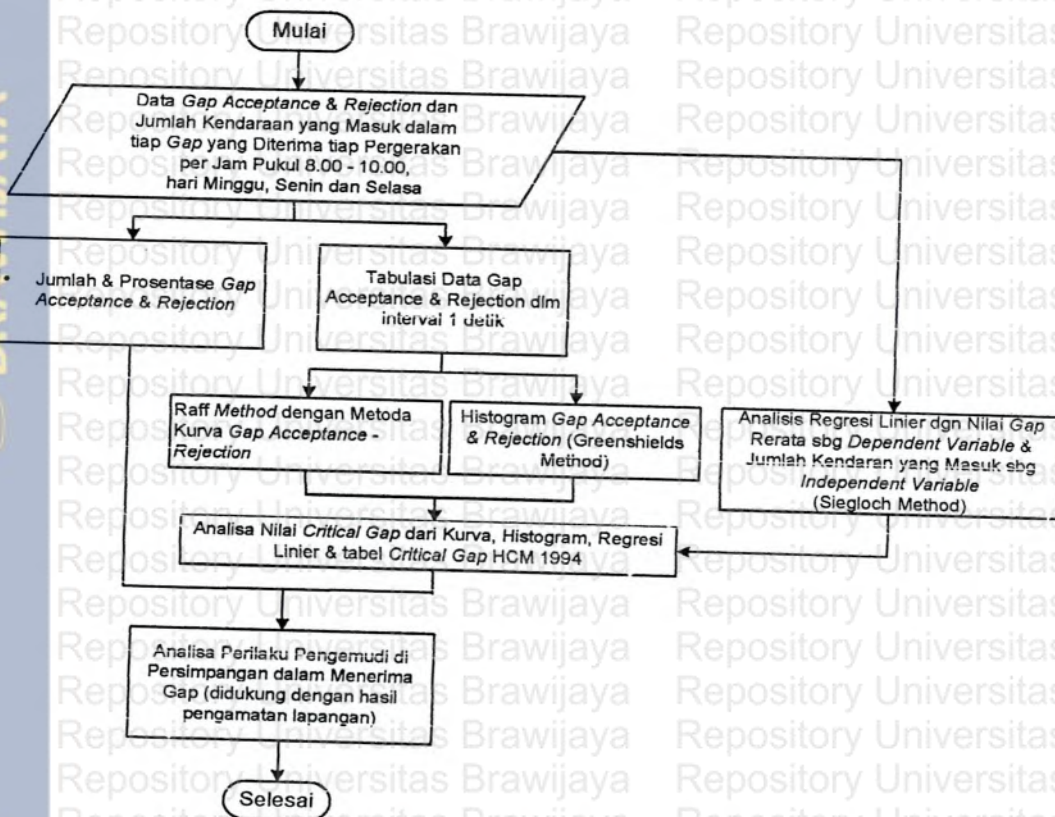
Data-data primer dan sekunder yang diperoleh kemudian akan diolah dan dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan metoda-metoda pengolahan dan analisis tertentu. Pengolahan dan analisis data tersebut dimaksudkan untuk mencari jawaban dan model dari masalah yang ingin dipecahkan. Pengolahan dan analisis data tersebut adalah:

a. Prosentase data *gap acceptance*, *rejection*, distribusi *headway*

Prosentase *gap acceptance & rejection* dihitung untuk tiap pergerakan terhadap kumulatif *gap* yang ada untuk masing-masing kedua waktu survei yang

dilakukan. Uji distribusi *headway* dilakukan dengan metoda statistik non parametrik, yaitu dengan uji Chi-Square.

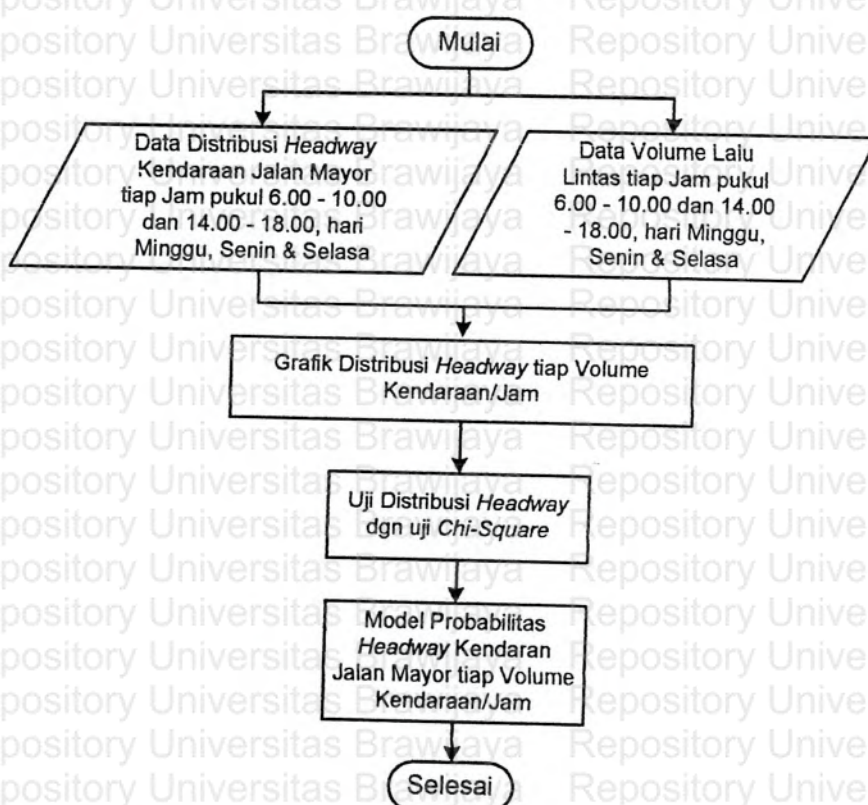
- b. *Critical gap* (gap kritis) ini dicari dengan metoda Raff, metoda Greenshields, dan metoda Siegloch seperti yang telah dikemukakan dalam bab studi kepustakaan.
- c. Perilaku pengemudi dalam menerima *gap* yang ada dianalisis dari hasil pengolahan data *gap acceptance* dan *gap rejection* serta *critical gap*. Analisis didukung juga dengan pengamatan langsung dari rekaman video yang ada dengan mengamati perilaku lalu lintas dipersimpangan, terutama perilaku memberi jalan (*yield*) pada jalan yang dikontrol dengan rambu *YIELD*. Diagram alir analisis data untuk memperoleh nilai *critical gap* diperlihatkan dalam Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Alir Analisis Gap Acceptance



- d. Distribusi *headway* jalan mayor per jam pada hari Minggu, Senin, dan Selasa dari pukul 6.00 – 10.00 dan pukul 14.00 – 18.00 diperbandingkan dengan besarnya volume lalu lintas tiap jam survei. Pengujian distribusi *headway* dilakukan dengan uji statistic non parametrik uji *Chi-Square*. Dari hasil uji ini dicari model probabilitas *headway* berdasarkan bentuk distribusi *headway* yang diperoleh. Diagram alir pengolahan dan analisis data untuk distribusi probabilitas dan distribusi *headway* lalu lintas jalan mayor diperlihatkan pada Gambar 3.5.

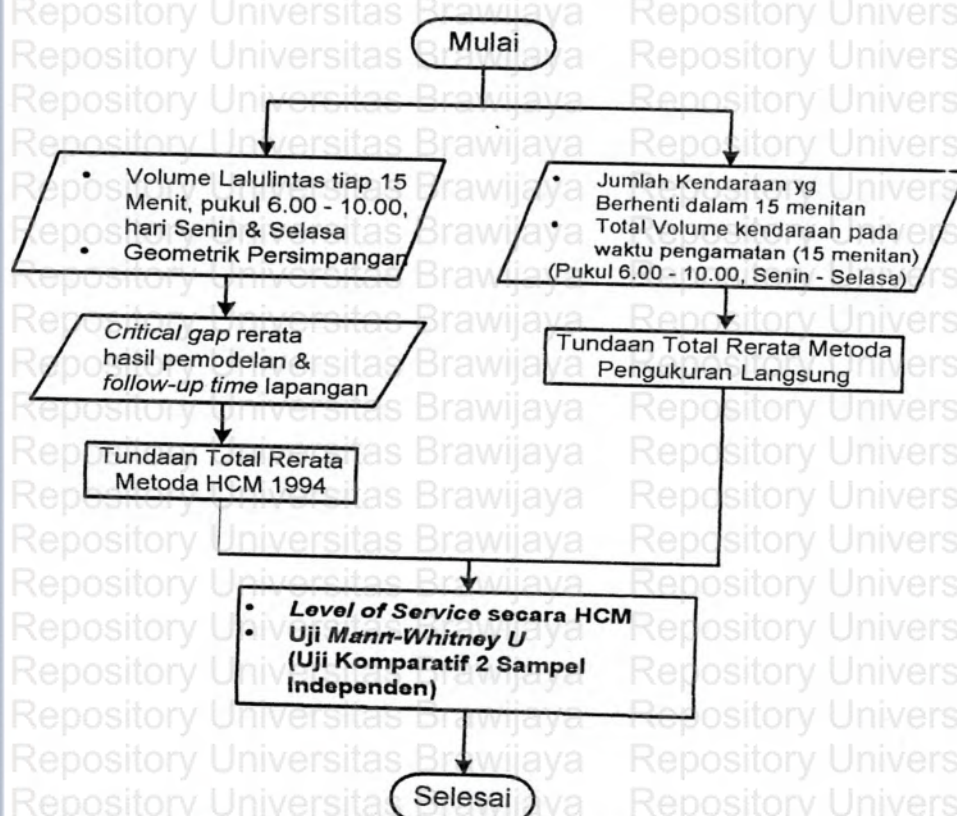


Gambar 3.5 Diagram Alir Analisis Distribusi dan Model Probabilitas *Headway* Kendaraan Jalan Mayor

- e. Besarnya tundaan total rerata diolah dengan metoda HCM 1994, dengan nilai *critical gap* rerata hasil pemodelan dan dibandingkan dengan nilai tundaan total



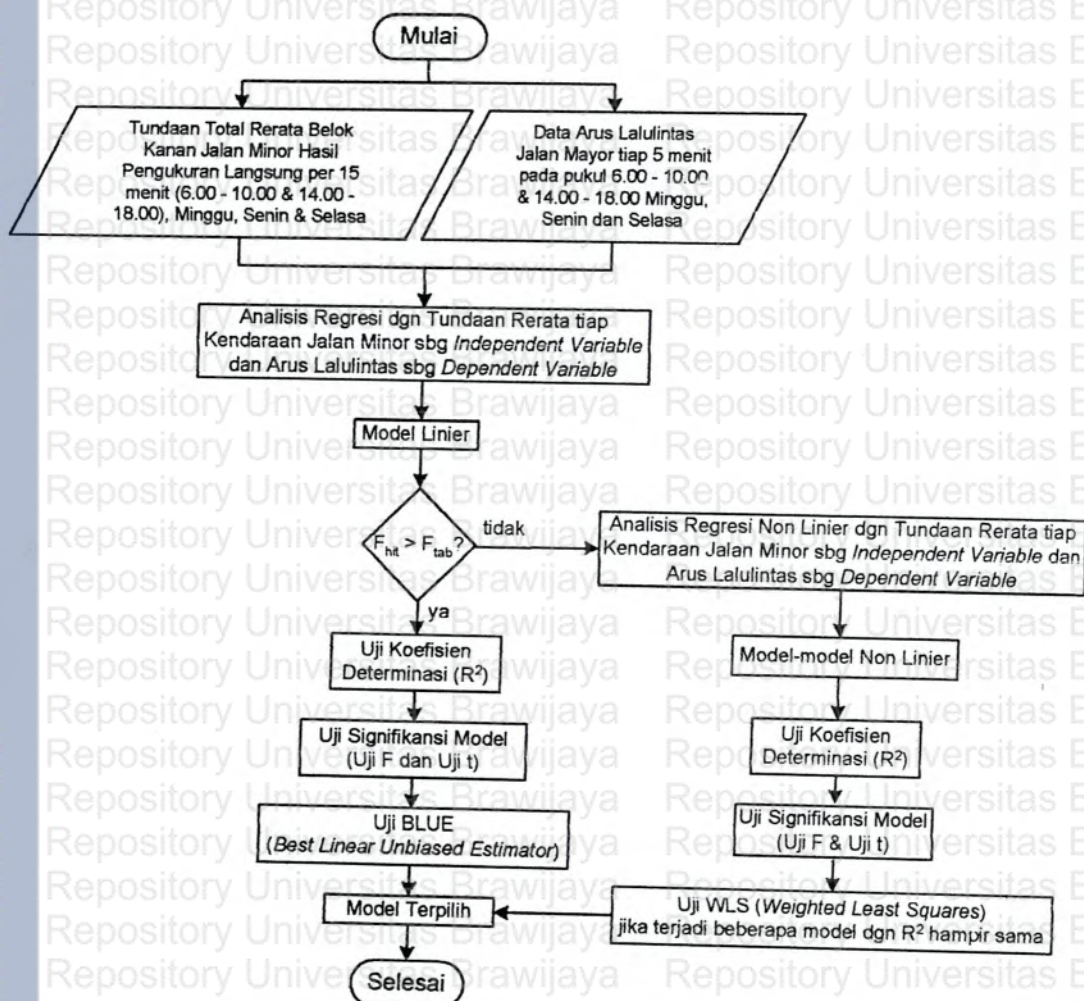
rerata dengan metoda pengukuran tundaan langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti di persimpangan. Tundaan total yang diukur adalah untuk periode waktu 15 menit dalam periode survei pukul 6.00 – 10.00 dan pukul 14.00 – 18.00 hari Minggu, Senin, dan Selasa. Untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan di antara nilai tundaan total rerata keduanya dilakukan uji statistik non-parametrik berupa uji *Mann-Whitney U* dengan bantuan software SPSS. *Level of Service* persimpangan didasarkan atas metode HCM 1994. Diagram alir analisis tundaan dengan metoda HCM 1994 dan pengukuran tundaan langsung diperlihatkan dalam Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram alir analisis tundaan dengan metoda HCM 1994 dan pengukuran tundaan langsung



- f. Model hubungan antara tundaan belok kanan jalan minor dengan besarnya arus lalu lintas jalan mayor di persimpangan diperoleh dengan mengolah data rerata waktu tundaan dan arus lalu lintas untuk periode waktu 15 menit dalam durasi survei pukul 6.00 – 10.00 dan pukul 14.00 – 18.00 hari Minggu, Senin, dan Selasa. Waktu tundaan yang digunakan adalah yang dihasilkan dari pengukuran tundaan secara langsung. *Curve fitting* berupa regresi untuk mencari persamaan matematis keduanya dengan *curve estimation* dilakukan dengan bantuan software SPSS dengan kemungkinan-kemungkinan model hubungan di antara keduanya, di antaranya yaitu: *linear, cubic, quadratic, exponential, logarithmic*, dan *power*. Diagram alir analisis pemodelan hubungan antara tundaan belok kanan jalan minor dengan besarnya arus lalu lintas jalan mayor diperlihatkan dalam Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Diagram Alir Analisis Pemodelan Hubungan antara Tundaan Belok Kanan Jalan Minor dengan Besarnya Arus Lalulintas Jalan Mayor



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

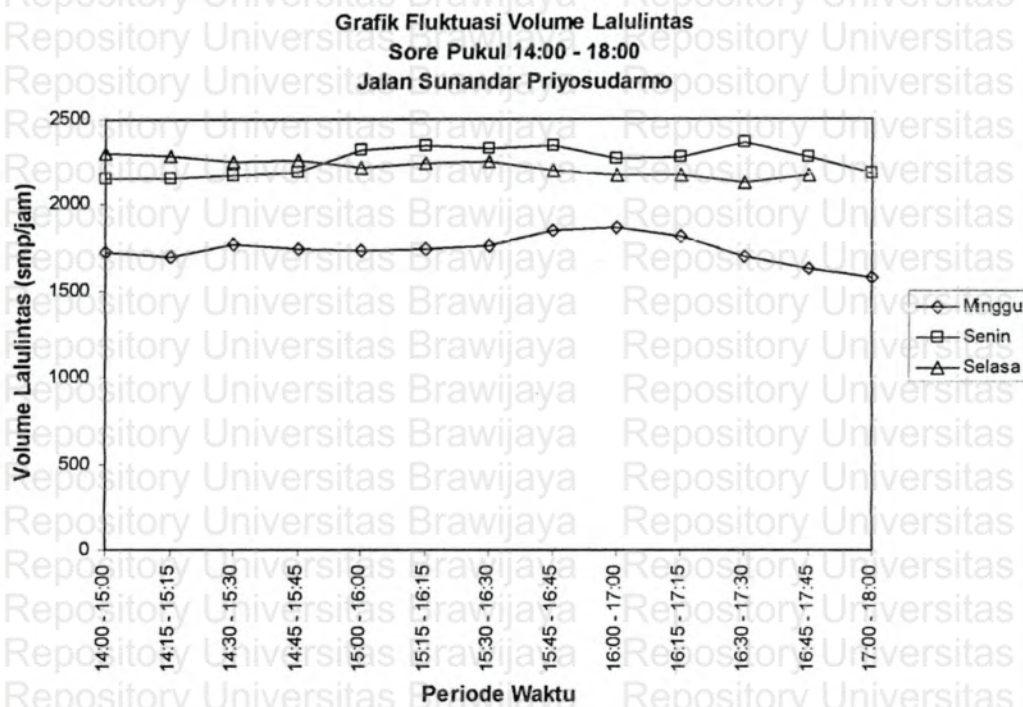
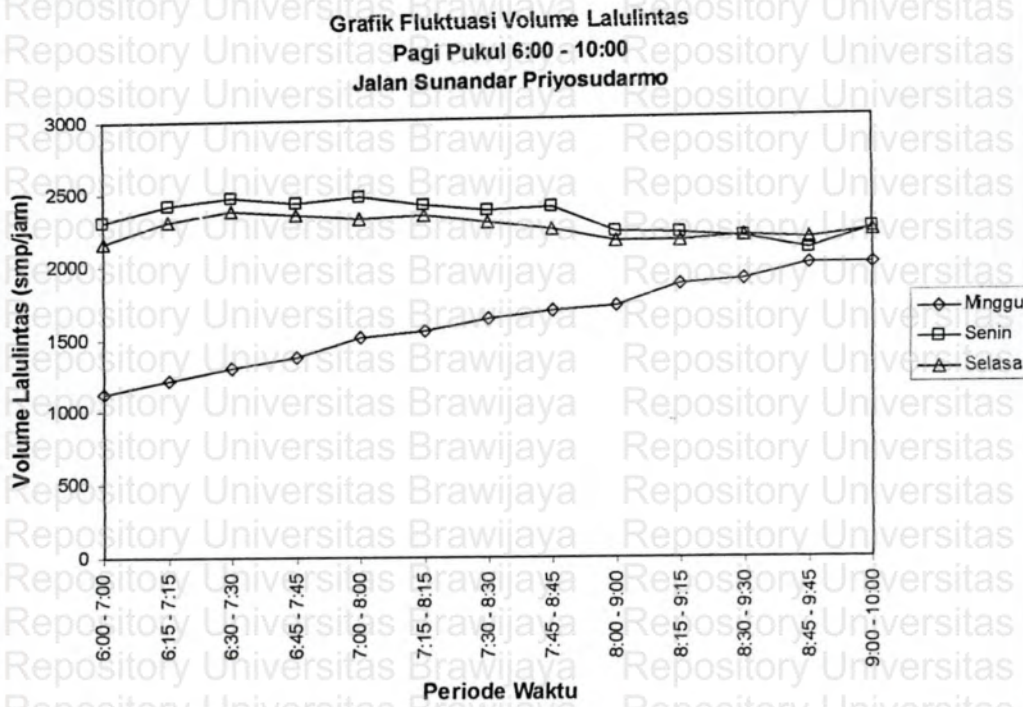
Persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung terletak di Kecamatan Blimbing, Kota Malang. Persimpangan ini adalah persimpangan tanpa sinyal lalu lintas. Pada jalan minornya dilengkapi dengan rambu lalu lintas *YIELD* yang dipasang pada jarak sekitar 20 meter dari daerah persimpangan.

Sebagai jalan mayor pada Persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, Jalan Sunandar Priyosudarmo adalah jalan arteri primer dengan lebar jalan 9 meter. Jalan ini merupakan jalan 2 arah tanpa median dengan masing-masing jalur terdiri dari 1 lajur. Sementara itu, Jalan Ciliwung sebagai jalan minornya adalah jalan kolektor primer dengan lebar 5 meter, memiliki 2 arah tanpa median.

4.2 Hasil Pengukuran Volume Lalu Lintas

Perhitungan volume lalu lintas dilakukan dari pukul 06.00 – 10.00 dan pukul 14.00 – 18.00 untuk hari Minggu 6 Februari 2004, Senin 7 Februari 2005, dan Selasa 8 Februari 2005. Fluktuasi volume lalu lintas digambarkan dalam grafik pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 Grafik Fluktuasi Volume Lalulintas



Sumber: Hasil analisis

Dari grafik fluktuasi volume lalu lintas di atas terlihat bahwa karakteristik fluktuasi volume lalu lintas jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo pada hari Senin dan Selasa untuk periode pengamatan pukul 6.00 – 10.00 dan 14.00 – 18.00 relatif sama. Jam puncaknya juga sama dengan jam puncak (*peak hour*) pagi (periode pengamatan pukul 6.00 – 10.00) untuk hari Senin dan Selasa adalah pukul 6.30 – 7.30, dengan volume lalu lintas 2 arah masing-masing 2464,60 smp dan 2373,40 smp. Akan tetapi jam puncak untuk periode pengamatan siang hari (pukul 14.00 – 18.00) berbeda, yaitu untuk hari Senin jam puncak berada pada pukul 16.30 – 17.30 dengan volume lalu lintas 2 arah sebesar 2359,25 smp, sedangkan jam puncak hari Selasa berada pada pukul 14.00 – 15.00 dengan volume lalu lintas 2 arah sebesar 2299,95 smp. Untuk periode pengamatan pukul 17.00 – 18.00 hari Selasa, datanya tidak dapat ditampilkan karena pada saat survei cuaca hujan sehingga mengganggu aktivitas normal berlalu lintas bagi para pengendara.

Sementara itu, karakteristik fluktuasi volume lalu lintas untuk hari Minggu pagi (periode pengamatan pukul 6.00 – 10.00) adalah ada kecenderungan untuk terus meningkat, dengan rerata peningkatan jumlah kendaraan tiap 15 menitnya sebesar ± 72 smp, kecuali untuk periode pengamatan pukul 8.45 – 9.45 dan 9.00 – 10.00 yang relatif sama volume kendaraannya. Jam puncak untuk periode pengamatan pagi hari ini berada pada pukul 9.00 – 10.00. Kemudian untuk periode pengamatan siang hari (pukul 14.00 – 18.00), volume lalu lintas mempunyai kecenderungan relatif tetap dari pukul 14.00 – 16.30 dan cenderung untuk terus menurun dari pukul 16.30 sampai 18.00. Pada periode pengamatan siang hari ini jam puncak berada pada pukul 16.00 – 17.00.

4.3 Hasil Pengukuran *Critical Gap*

Metoda Raff, metoda Greenshields, dan metoda Siegloch digunakan untuk memodelkan nilai *critical gap* yang dicari dalam perhitungan ini. Untuk metode Raff data *gap acceptance* dan *rejection* untuk periode pengamatan pukul 8.00 – 10.00 hari Minggu, Senin, dan Selasa, masing-masing ditabulasikan ke dalam tabel *gap acceptance* dan *rejection* untuk pergerakan Barat ke Selatan (dari Jalan Ciliwung berbelok ke kanan menuju arah Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo), pergerakan Utara ke Barat (dari arah Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo berbelok ke kanan menuju Jalan Ciliwung), dan pergerakan Barat ke Utara (dari Jalan Ciliwung berbelok ke kiri menuju arah Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo). Frekuensi *gap acceptance* dan *rejection* ditabulasikan dalam kelas *gap* 1 detik, dari *gap* 0,5 detik sampai *gap* 12,4 detik, sesuai dengan yang dikemukakan oleh Salter 1976.. Dari tabel frekuensi *gap acceptance* dan *rejection* digambarkan kurva *gap acceptance* dan *rejection*. Perpotongan kedua kurva tersebut adalah nilai *critical gap* menurut metoda Raff. Kurva-kurva *gap acceptance* dan *rejection* serta nilai-nilai *critical gap* dengan metoda Raff diperlihatkan dalam Lampiran B3 dan B6 Halaman 87 dan 90.

Untuk metoda Greenshields, dari tabel frekuensi *gap acceptance* dan *rejection* metoda Raff digambarkan histogram *gap acceptance* pada bagian axis vertikal positif dan *gap rejection* pada bagian axis vertikal negatif. Sumbu axis horizontalnya menggambarkan jarak/kelas *gap*. Nilai *critical gap* dari metoda ini adalah nilai tengah kelas *gap* pada histogram dengan frekuensi *gap acceptance* dan *rejection* yang jumlahnya sama, atau mendekati sama. Histogram *gap acceptance-rejection* serta nilai-nilai *critical gap* dengan metoda Greenshields diperlihatkan pada Lampiran B4 dan B7 Halaman 88 dan 91.

Pada metoda Siegloch, *gap* rerata untuk jumlah kendaraan yang masuk pada suatu *gap* tertentu digambarkan grafik *scatter plot*-nya, dengan sumbu x mewakili *gap* rerata dan sumbu y mewakili jumlah kendaraan yang masuk. Selanjutnya dengan bantuan program spreadsheet MS Excel 2003 dilakukan regresi linier. Dari persamaan regresi linier tersebut didapat nilai kemiringan kurva (t_r) dan perpotongan kurva dengan sumbu x atau *intercept* kurva (t_o). Nilai *critical gap* dari metoda Siegloch ini diperoleh dari persamaan t_c (*critical gap*) = $t_o + t_r/2$. Kurva-kurva regresi linier *gap acceptance* rerata dan jumlah kendaraan yang masuk serta nilai *critical gap* dengan metoda Siegloch diperlihatkan dalam Lampiran B5 dan B8 Halaman 89 dan 92.

Untuk menghindari bias dalam melakukan pemodelan *critical gap*, hanya kendaraan dengan perilaku berkendara tanpa henti ketika masuk pada suatu *gap* (menerima *gap* hanya pada kesempatan pertama) yang dicatat, dan hanya *gap* dengan kendaraan masuk ke dalamnya dengan minimal satu kendaraan yang mengikutinya yang dicatat. Hal ini dilakukan selain akan diperoleh nilai-nilai *gap acceptance* dan *rejection*, juga akan dapat diperoleh nilai *follow-up time*. Oleh karenanya, nilai-nilai *critical gap* dan *follow-up time* untuk waktu pengamatan hari Minggu tidak dapat diperoleh karena faktor kekurangan data hasil pengamatan. Nilai-nilai *critical gap* untuk waktu pengamatan. Hasil-hasil pemodelan *critical gap* dengan metoda Raff, metoda Greenshields, dan metoda Siegloch ditabulasikan dalam Tabel 4.1 dengan nilai-nilai *critical gap* baku HCM 1994 sebagai pembanding.

Tabel 4.1 Nilai-nilai *Critical Gap* (dalam detik) dari Hasil Pemodelan
Senin 7 Pebruari 2005

Pergerakan	Raff	Greenshields	Siegloch	HCM 1994
Barat ke Selatan	5,75	6	5,19	6,5
Barat ke Utara	5,1	6	n/a	5,5
Utara ke Barat	5,4	7	n/a	5,0
Selasa 8 Pebruari 2005				
Pergerakan	Raff	Greenshields	Siegloch	HCM 1994
Barat ke Selatan	5,7	6	4,22	6,5
Barat ke Utara	5,3	6	n/a	5,5
Utara ke Barat	5,2	7	n/a	5,0
Pergerakan	<i>Critical Gap Rerata</i>			
Barat ke Selatan	5,48			
Barat ke Utara	5,60			
Utara ke Barat	6,15			

Sumber: Hasil analisis

4.4 Hasil Perhitungan Distribusi dan Model Probabilitas *Headway* Kendaraan

Waktu *headway* kendaraan diukur dari *bumper* depan atau bagian paling depan kendaraan dan *bumper* depan atau bagian paling belakang kendaraan di belakang atau yang mengikutinya. Pengukuran dilakukan dengan bantuan program *stopwatch* yang dibuat dengan MS Visual Basic 6.0. Hasil pengukuran ditabulasikan ke dalam tabel distribusi frekuensi dengan *range* kelas *gap* sebesar 1 detik untuk frekuensi hasil observasi dan frekuensi teoritis (eksponensial negatif), dari *headway* 0 sampai *headway* 19.9. Penggunaan *range* kelas *gap* ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Salter 1976. Selanjutnya dicari nilai χ^2 hitung untuk menguji *goodness of fit* distribusi frekuensi *headway* hasil observasi dan teoritis dengan metoda *Chi-Square Test*. Jika χ^2 hitung < χ^2 tabel, maka distribusi frekuensi hasil observasi adalah relatif sama dengan distribusi frekuensi teoritis, dalam hal ini eksponensial negatif. Tabel dan kurva distribusi frekuensi *headway* observasi dan teoritis diperlihatkan dalam Lampiran C.1 sampai dengan C.24 Halaman 93 sampai dengan Halaman 116.

Hasil perhitungan distribusi dan model probabilitas *headway* kendaraan jalan mayor diperlihatkan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Distribusi dan Model Probabilitas Headway Kendaraan

No.	Hari	Arah	Jam Sibuk/ Tidak Sibuk	Periode	q (veh/sec)	x ² Hitung	DF	Sig. Level	x ² Tabel	Negatif Exp. (x ² Hit < x ² Tab)?	Model P(t)
1	Minggu	Utara - Selatan	Tidak Sibuk	6:00-7:00	0.28	31.94	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.28 t)}$
2	Senin	Utara - Selatan	Tidak Sibuk	8:45-9:45	0.43	33.08	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.43 t)}$
3	Selasa	Utara - Selatan	Tidak Sibuk	8:00-9:00	0.46	33.20	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.46 t)}$
4	Minggu	Selatan - Utara	Tidak Sibuk	6:00-7:00	0.25	29.52	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.25 t)}$
5	Senin	Selatan - Utara	Tidak Sibuk	8:45-9:45	0.34	32.85	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.34 t)}$
6	Selasa	Selatan - Utara	Tidak Sibuk	8:00-9:00	0.34	31.11	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.34 t)}$
7	Minggu	Utara - Selatan	Sibuk	9:00-10:00	0.47	33.08	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.47 t)}$
8	Senin	Utara - Selatan	Sibuk	6:30-7:30	0.55	27.45	13	0.01	27.688	ya	$e^{(-0.55 t)}$
9	Selasa	Utara - Selatan	Sibuk	6:30-7:31	0.55	24.51	15	0.01	30.578	ya	$e^{(-0.55 t)}$
10	Minggu	Selatan - Utara	Sibuk	9:00-10:00	0.42	28.51	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.42 t)}$
11	Senin	Selatan - Utara	Sibuk	6:30-7:30	0.56	27.81	15	0.01	30.578	ya	$e^{(-0.56 t)}$
12	Selasa	Selatan - Utara	Sibuk	6:30-7:31	0.57	29.27	15	0.01	30.578	ya	$e^{(-0.57 t)}$
13	Minggu	Utara - Selatan	Tidak Sibuk	17:00-18:00	0.35	23.64	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.35 t)}$
14	Senin	Utara - Selatan	Tidak Sibuk	14:00-15:00	0.43	24.22	15	0.01	30.578	ya	$e^{(-0.43 t)}$
15	Selasa	Utara - Selatan	Tidak Sibuk	16:30-17:30	0.48	26.77	15	0.01	30.578	ya	$e^{(-0.48 t)}$
16	Minggu	Selatan - Utara	Tidak Sibuk	17:00-18:00	0.34	25.06	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.34 t)}$
17	Senin	Selatan - Utara	Tidak Sibuk	14:00-15:00	0.43	28.85	15	0.01	30.578	ya	$e^{(-0.43 t)}$
18	Selasa	Selatan - Utara	Tidak Sibuk	16:30-17:30	0.42	26.88	15	0.01	30.578	ya	$e^{(-0.42 t)}$
19	Minggu	Utara - Selatan	Sibuk	16:00-17:00	0.39	34.43	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.39 t)}$
20	Senin	Utara - Selatan	Sibuk	16:30-17:30	0.55	29.73	15	0.01	30.578	ya	$e^{(-0.55 t)}$
21	Selasa	Utara - Selatan	Sibuk	14:00-15:00	0.44	26.41	15	0.01	30.578	ya	$e^{(-0.44 t)}$
22	Minggu	Selatan - Utara	Sibuk	16:00-17:00	0.42	31.26	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.42 t)}$
23	Senin	Selatan - Utara	Sibuk	16:30-17:30	0.43	28.66	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.43 t)}$
24	Selasa	Selatan - Utara	Sibuk	14:00-15:00	0.44	33.11	18	0.01	34.805	ya	$e^{(-0.44 t)}$

Sumber: Hasil analisis

4.5 Hasil Perhitungan Model Hubungan antara Tundaan Belok Kanan Pengemudi Jalan Minor dengan Besarnya Arus Lalulintas Jalan Mayor

Hubungan antara tundaan belok kanan pengemudi jalan minor Jalan Cliwung dengan besarnya arus lalulintas jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo dimodelkan dalam beberapa model non-linier dan linier melalui regresi linier dan non-linier dengan bantuan software SPSS 12.0.0. Di sini tundaan berlaku sebagai variabel tergantung (*dependent variable*) dan volume lalulintas sebagai variabel bebas (*independent variable*) Hasilnya ditampilkan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Model-model Linier & Non-Linier Hubungan Tundaan Belok Kanan Pengemudi Jalan Minor dengan Besarnya Arus Lalulintas Jalan Mayor

Persamaan Model	Model	R ²	Sig. F	Sig. t	Level of Sig.	Sum of Square Residuals
$y = -1,64 + 0,012x$	Linier	0,48	0,0000	0,1452 0,0000	0,01 0,01	458,01428
$y = 0,00103x^{1,33}$	Power	0,57	0,0000	0,2308 0,0000	0,01 0,01	6,5716643
$y = -4,91 + 0,20x - 0,0000048x^2$	Quadratic	0,52	0,0000	0,2445 0,0522 0,4234	0,01 0,01 0,01	454,81707
$y = 2,01e^{0,0016x}$	Exponential	0,52	0,0000	0,0000 0,0000	0,01 0,01	7,0947415
$y = -3,33 + 0,13840x + 0,0000030x^2 - 0,000000031x^3$	Cubic	0,52	0,0000	0,8250 0,8112 0,9671 0,9134	0,01 0,01 0,01 0,01	454,75764
$y = -55,69 + 9,55 \ln x$	Logarithmic	0,48	0,0000	0,0000 0,0000	0,01 0,01	456,08126

Sumber: Hasil Analisis

4.6 Hasil Perhitungan Tundaan Total Rerata dengan Metoda HCM 1994 & Metoda Pengukuran Langsung Berdasarkan Jumlah Kendaraan yang Berhenti

Nilai tundaan total rerata di persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung dihitung dengan metoda HCM 1994 dengan menggunakan nilai *critical gap* rerata hasil pemodelan dengan metoda Raff, metoda Greenshields, dan metoda Siegloch. Perhitungan tundaan dengan metoda HCM 1994 pada penelitian ini menggunakan persamaan-persamaan empiris seperti telah dikemukakan pada bab tinjauan pustaka, sub bab 2.7.1. Jadi untuk menghitung tundaan dengan metoda HCM 1994 pada penelitian ini tidak menggunakan grafik-grafik empiris yang juga telah tersedia di dalam manual HCM 1994. Lembar kerja perhitungan tundaan dengan metoda HCM 1994 diperlihatkan dalam Lampiran E.1 sampai dengan Lampiran E.3 Halaman 128 sampai dengan Halaman 154.

Sebagai pembandingan, nilai tundaan total rerata juga dicari dengan

metoda pengukuran langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti di daerah persimpangan, untuk setiap pergerakan Barat ke Selatan, Barat ke Utara, dan Utara ke Barat. Jumlah kendaraan yang berhenti dihitung tiap 15 menit periode pengamatan, dalam interval waktu +0, +20, dan +40 detik. Nilai tundaan rerata dalam periode 15 menit dengan metoda pengukuran langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti, untuk tiap pergerakan Barat ke Selatan, Barat ke Utara, dan Utara ke Barat, diperoleh dari hasil pembagian antara jumlah kendaraan yang berhenti dikali interval waktu perhitungan 20 detik dibagi dengan total volume pergerakan dalam periode pengamatan. Tabel perhitungan kumulatif tundaan untuk tiap 15 menit periode pengamatan dengan pengukuran tundaan langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti untuk tiap pergerakan Barat ke Selatan, Barat ke Utara, dan Utara ke Barat diperlihatkan dalam Lampiran E.4 sampai dengan Lampiran E.6 Halaman 155 sampai dengan Halaman 157.

Perbandingan antara nilai tundaan yang dihitung dengan metoda HCM 1994 dan metoda pengukuran langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti diperlihatkan dalam Tabel 4.4 sampai Tabel 4.6.

4.4 Perbandingan antara Nilai Tundaan yang Dihitung dengan Metoda HCM 1994 dan Metoda Pengukuran Langsung untuk Hari Minggu, 6 Februari 2005

Hari Minggu, 6 Februari 2005

Pergerakan Barat - Selatan					Pergerakan Barat - Utara					Pergerakan Utara - Barat				
Waktu	Tundaan HCM 1994 (kend/det)	LOS HCM 1994	Tundaan Langsung (kend/det)	LOS HCM 1994	Waktu	Tundaan HCM 1994 (kend/det)	LOS HCM 1994	Tundaan Langsung (kend/det)	LOS HCM 1994	Waktu	Tundaan HCM 1994 (kend/det)	LOS HCM 1994	Tundaan Langsung (kend/det)	LOS HCM 1994
- 6:15	24.58	D	2.73	A	6:00 - 6:15	7.39	B	1.74	A	6:00 - 6:15	9.93	B	0.65	A
- 6:30	73.38	F	2.50	A	6:15 - 6:30	7.92	B	0.00	A	6:15 - 6:30	10.74	C	1.15	A
- 6:45	358.25	F	3.49	A	6:30 - 6:45	8.99	B	0.65	A	6:30 - 6:45	12.34	C	1.60	A
- 7:00	970.66	F	3.39	A	6:45 - 7:00	8.71	B	0.00	A	6:45 - 7:00	12.07	C	0.59	A
- 7:15	2383.07	F	3.71	A	7:00 - 7:15	12.17	C	0.00	A	7:00 - 7:15	17.96	C	1.50	A
- 7:30	2179.39	F	2.89	A	7:15 - 7:30	10.88	C	0.43	A	7:15 - 7:30	16.96	C	1.25	A
- 7:45	2259.64	F	4.05	A	7:30 - 7:45	10.12	C	0.71	A	7:30 - 7:45	15.12	C	0.00	A
- 8:00	33656.42	F	4.44	A	7:45 - 8:00	12.7	C	1.48	A	7:45 - 8:00	24.62	D	4.92	A
- 8:15	8543.28	F	4.15	A	8:00 - 8:15	12.28	C	1.11	A	8:00 - 8:15	20.43	D	1.54	A
- 8:30	198522.79	F	5.00	A	8:15 - 8:30	15.97	C	1.46	A	8:15 - 8:30	48.29	F	3.85	A
- 8:45	n/a	n/a	3.86	A	8:30 - 8:45	21.85	D	1.62	A	8:30 - 8:45	196.37	F	3.55	A
- 9:00	n/a	n/a	4.55	A	8:45 - 9:00	19.06	C	0.00	A	8:45 - 9:00	130.29	F	0.80	A
- 9:15	n/a	n/a	5.77	B	9:00 - 9:15	15.97	C	2.38	A	9:00 - 9:15	61.73	F	3.14	A
- 9:30	10863.22	F	5.52	B	9:15 - 9:30	12.07	C	1.45	A	9:15 - 9:30	20.53	D	2.00	A
- 9:45	n/a	n/a	5.42	B	9:30 - 9:45	22.05	D	1.69	A	9:30 - 9:45	171.54	F	2.14	A
- 10:00	n/a	n/a	6.23	B	9:45 - 10:00	45.89	F	0.61	A	9:45 - 10:00	332.78	F	1.36	A
14:15	9624.89	F	6.87	B	14:00 - 14:15	12.81	C	2.58	A	14:00 - 14:15	23.41	D	4.09	A
14:30	5141.8	F	6.49	B	14:15 - 14:30	10.42	C	3.43	A	14:15 - 14:30	17.55	C	2.61	A
14:45	23281.12	F	6.55	B	14:30 - 14:45	12.54	C	3.33	A	14:30 - 14:45	27.96	D	3.85	A
15:00	7859.1	F	7.96	B	14:45 - 15:00	11.84	C	2.00	A	14:45 - 15:00	19.47	C	3.91	A
15:15	10875.08	F	10.47	C	15:00 - 15:15	14.23	C	2.17	A	15:00 - 15:15	25.81	D	2.92	A
15:30	35160.94	F	8.21	B	15:15 - 15:30	16.28	C	2.69	A	15:15 - 15:30	35.71	E	2.22	A
15:45	3070.78	F	7.53	B	15:30 - 15:45	11.16	C	3.48	A	15:30 - 15:45	18.37	C	6.45	B
16:00	20264.95	F	6.15	B	15:45 - 16:00	15.02	C	1.18	A	15:45 - 16:00	32.41	E	6.09	B
16:15	17954.6	F	6.73	B	16:00 - 16:15	14.45	C	2.50	A	16:00 - 16:15	28.79	D	5.12	B
16:30	240362.63	F	6.55	B	16:15 - 16:30	15.86	C	4.62	A	16:15 - 16:30	47.15	F	7.20	B
16:45	n/a	n/a	6.39	B	16:30 - 16:45	21.2	D	2.50	A	16:30 - 16:45	218.88	F	5.38	B
17:00	263361.11	F	7.82	B	16:45 - 17:00	14.85	C	2.94	A	16:45 - 17:00	46.65	F	6.79	B
17:15	465910.06	F	9.33	B	17:00 - 17:15	15.67	C	1.13	A	17:00 - 17:15	49.61	F	4.53	A
17:30	104333.27	F	6.73	B	17:15 - 17:30	12.2	C	1.07	A	17:15 - 17:30	37.18	E	2.54	A
17:45	47368.99	F	9.09	B	17:30 - 17:45	12.25	C	1.82	A	17:30 - 17:45	29.79	D	3.39	A
18:00	18348.06	F	6.03	B	17:45 - 18:00	10.13	C	2.27	A	17:45 - 18:00	22.79	D	3.33	A

Hasil analisis

el 4.5 Perbandingan antara Nilai Tundaan yang Dihitung dengan Metoda HCM 1994 dan Metoda Pengukuran Langsung untuk Hari Senin, 7 Februari 2005

Senin, 7 Februari 2005

Pergerakan Barat - Selatan					Pergerakan Barat - Utara					Pergerakan Utara - Barat				
Waktu	Tundaan HCM 1994 (kend/det)	LOS HCM 1994	Tundaan Langsung (kend/det)	LOS HCM 1994	Waktu	Tundaan HCM 1994 (kend/det)	LOS HCM 1994	Tundaan Langsung (kend/det)	LOS HCM 1994	Waktu	Tundaan HCM 1994 (kend/det)	LOS HCM 1994	Tundaan Langsung (kend/det)	LOS HCM 1994
0 - 6:15	n/a	n/a	8.23	B	8:00 - 6:15	14	C	1.58	A	6:00 - 6:15	671.65	F	2.69	A
6:15 - 6:30	n/a	n/a	14.52	C	6:15 - 6:30	36.67	E	5.20	B	6:15 - 6:30	1838.35	F	7.52	B
6:30 - 6:45	n/a	n/a	16.60	C	6:30 - 6:45	342.49	F	10.83	C	6:30 - 6:45	2916.14	F	16.86	C
6:45 - 7:00	n/a	n/a	11.96	C	6:45 - 7:00	197.75	F	8.71	B	6:45 - 7:00	1644.61	F	16.59	C
7:00 - 7:15	n/a	n/a	19.68	C	7:00 - 7:15	566.37	F	13.55	C	7:00 - 7:15	3978.63	F	16.17	C
7:15 - 7:30	n/a	n/a	9.19	B	7:15 - 7:30	1407.21	F	2.94	A	7:15 - 7:30	5749.84	F	12.67	C
7:30 - 7:45	n/a	n/a	9.88	B	7:30 - 7:45	716.9	F	0.88	A	7:30 - 7:45	4162.83	F	12.80	C
7:45 - 8:00	n/a	n/a	8.07	B	7:45 - 8:00	493.84	F	1.77	A	7:45 - 8:00	3780.64	F	5.17	B
8:00 - 8:15	n/a	n/a	10.00	B	8:00 - 8:15	177.12	F	2.37	A	8:00 - 8:15	998.33	F	4.72	A
8:15 - 8:30	n/a	n/a	10.42	C	8:15 - 8:30	71.15	F	4.21	A	8:15 - 8:30	1132.51	F	5.26	B
8:30 - 8:45	n/a	n/a	11.95	C	8:30 - 8:45	117.4	F	1.52	A	8:30 - 8:45	1051.87	F	5.15	B
8:45 - 9:00	13271.83	F	9.64	B	8:45 - 9:00	13.81	C	0.00	A	8:45 - 9:00	25.23	D	5.83	B
9:00 - 9:15	n/a	n/a	10.51	C	9:00 - 9:15	49.33	F	1.43	A	9:00 - 9:15	385.54	F	3.87	A
9:15 - 9:30	n/a	n/a	6.83	B	9:15 - 9:30	26.58	D	0.00	A	9:15 - 9:30	402.5	F	4.06	A
9:30 - 9:45	n/a	n/a	8.55	B	9:30 - 9:45	18.98	C	4.00	A	9:30 - 9:45	178.73	F	3.69	A
9:45 - 10:00	n/a	n/a	5.20	B	9:45 - 10:00	24.54	D	0.37	A	9:45 - 10:00	417.8	F	2.50	A
10:00 - 10:15	41335	F	9.32	B	10:00 - 10:15	23.57	D	2.50	A	10:00 - 10:15	41.61	E	6.67	B
10:15 - 10:30	n/a	n/a	6.54	B	10:15 - 10:30	25.86	D	1.33	A	10:15 - 10:30	119.21	F	2.56	A
10:30 - 10:45	16792.29	F	6.88	B	10:30 - 10:45	19.9	C	2.70	A	10:30 - 10:45	32.83	E	2.07	A
10:45 - 11:00	13127.95	F	7.50	B	10:45 - 11:00	18.72	C	0.00	A	10:45 - 11:00	30.99	E	0.00	A
11:00 - 11:15	21196.14	F	8.39	B	11:00 - 11:15	19.08	C	0.85	A	11:00 - 11:15	32.23	E	2.07	A
11:15 - 11:30	49500.81	F	6.90	B	11:15 - 11:30	24.6	D	2.79	A	11:15 - 11:30	41.24	E	2.76	A
11:30 - 11:45	n/a	n/a	8.93	B	11:30 - 11:45	68.17	F	0.43	A	11:30 - 11:45	279.49	F	4.10	A
11:45 - 12:00	n/a	n/a	12.11	C	11:45 - 12:00	603.45	F	0.00	A	11:45 - 12:00	1396.31	F	0.00	A
12:00 - 12:15	n/a	n/a	12.75	C	12:00 - 12:15	353.73	F	2.50	A	12:00 - 12:15	1064.81	F	4.54	A
12:15 - 12:30	n/a	n/a	9.80	B	12:15 - 12:30	490.03	F	2.05	A	12:15 - 12:30	1309.82	F	7.52	B
12:30 - 12:45	n/a	n/a	11.39	C	12:30 - 12:45	166.16	F	2.41	A	12:30 - 12:45	645.26	F	7.40	B
12:45 - 13:00	n/a	n/a	6.76	B	12:45 - 13:00	63.38	F	2.70	A	12:45 - 13:00	711.28	F	10.00	B
13:00 - 13:15	n/a	n/a	10.25	C	13:00 - 13:15	681.98	F	2.28	A	13:00 - 13:15	748.17	F	5.88	B
13:15 - 13:30	n/a	n/a	7.56	B	13:15 - 13:30	223.62	F	3.57	A	13:15 - 13:30	618.82	F	4.56	A
13:30 - 13:45	n/a	n/a	9.34	B	13:30 - 13:45	14.57	C	2.69	A	13:30 - 13:45	139.39	F	4.93	A
13:45 - 14:00	76272.07	F	5.71	B	13:45 - 14:00	16.03	C	2.37	A	13:45 - 14:00	32.43	E	8.33	B

Hasil analisis

4.6 Perbandingan antara Nilai Tundaan yang Dihitung dengan Metoda HCM 1994 dan Metoda Pengukuran Langsung untuk Hari Selasa, 8 Februari 2005

Selasa, 8 Februari 2005

Pergerakan Barat - Selatan					Pergerakan Barat - Utara					Pergerakan Utara - Barat				
Waktu	Tundaan HCM 1994 (kend/det)	LOS HCM 1994	Tundaan Langsung (kend/det)	LOS HCM 1994	Waktu	Tundaan HCM 1994 (kend/det)	LOS HCM 1994	Tundaan Langsung (kend/det)	LOS HCM 1994	Waktu	Tundaan HCM 1994 (kend/det)	LOS HCM 1994	Tundaan Langsung (kend/det)	LOS HCM 1994
6:15	n/a	n/a	9.72	B	6:00 - 6:15	10.53	C	0.75	A	6:00 - 6:15	243.51	F	4.40	A
6:30	n/a	n/a	8.44	B	6:15 - 6:30	27.67	D	1.64	A	6:15 - 6:30	2091.46	F	7.31	B
6:45	n/a	n/a	13.03	C	6:30 - 6:45	288.73	F	3.25	A	6:30 - 6:45	3638.8	F	10.25	C
7:00	n/a	n/a	10.43	C	6:45 - 7:00	259.19	F	2.44	A	6:45 - 7:00	701.71	F	7.89	B
7:15	n/a	n/a	10.43	C	7:00 - 7:15	870.38	F	3.18	A	7:00 - 7:15	2697.52	F	9.84	B
7:30	n/a	n/a	10.06	C	7:15 - 7:30	1839.71	F	3.05	A	7:15 - 7:30	5867.4	F	8.49	B
7:45	n/a	n/a	10.00	B	7:30 - 7:45	1137.38	F	0.76	A	7:30 - 7:45	3429.48	F	8.22	B
8:00	n/a	n/a	11.14	C	7:45 - 8:00	2184.21	F	6.07	B	7:45 - 8:00	6130.46	F	7.45	B
8:15	n/a	n/a	9.64	B	8:00 - 8:15	115.24	F	2.32	A	8:00 - 8:15	1277.49	F	5.45	B
8:30	n/a	n/a	9.15	B	8:15 - 8:30	54.24	F	4.44	A	8:15 - 8:30	627.3	F	5.17	B
8:45	n/a	n/a	6.32	B	8:30 - 8:45	44.9	E	1.50	A	8:30 - 8:45	592.92	F	6.59	B
9:00	n/a	n/a	8.15	B	8:45 - 9:00	41.8	E	2.82	A	8:45 - 9:00	878.37	F	8.27	B
9:15	n/a	n/a	14.56	C	9:00 - 9:15	117.34	F	5.23	B	9:00 - 9:15	1136.75	F	7.37	B
9:30	n/a	n/a	10.60	C	9:15 - 9:30	16.26	C	1.21	A	9:15 - 9:30	416.42	F	4.88	A
9:45	n/a	n/a	10.79	C	9:30 - 9:45	185.64	F	2.63	A	9:30 - 9:45	880.9	F	5.48	B
10:00	n/a	n/a	6.10	B	9:45 - 10:00	26.34	D	0.74	A	9:45 - 10:00	246.55	F	2.91	A
14:15	n/a	n/a	7.72	B	14:00 - 14:15	18.9	C	6.18	B	14:00 - 14:15	832.1	F	6.31	B
14:30	n/a	n/a	12.08	C	14:15 - 14:30	19.47	C	3.93	A	14:15 - 14:30	1701.51	F	3.11	A
14:45	n/a	n/a	8.44	B	14:30 - 14:45	58.78	F	3.13	A	14:30 - 14:45	1939.39	F	2.78	A
15:00	n/a	n/a	10.53	C	14:45 - 15:00	27	D	4.00	A	14:45 - 15:00	78.77	F	12.31	C
15:15	n/a	n/a	7.48	B	15:00 - 15:15	20.09	D	1.43	A	15:00 - 15:15	283.61	F	4.33	A
15:30	n/a	n/a	10.00	B	15:15 - 15:30	416.46	F	0.99	A	15:15 - 15:30	1024.31	F	8.89	B
15:45	n/a	n/a	11.46	C	15:30 - 15:45	512.79	F	1.51	A	15:30 - 15:45	895.64	F	6.57	B
16:00	n/a	n/a	9.15	B	15:45 - 16:00	909.8	F	0.83	A	15:45 - 16:00	1609.69	F	7.16	B
16:15	n/a	n/a	10.66	C	16:00 - 16:15	341.8	F	2.40	A	16:00 - 16:15	1262.07	F	15.16	C
16:30	n/a	n/a	12.01	C	16:15 - 16:30	718.54	F	2.86	A	16:15 - 16:30	1954.26	F	7.50	B
16:45	n/a	n/a	5.75	B	16:30 - 16:45	499.44	F	1.64	A	16:30 - 16:45	1714.12	F	3.52	A
17:00	n/a	n/a	11.82	C	16:45 - 17:00	34.3	E	2.03	A	16:45 - 17:00	318.18	F	6.36	B
17:15	n/a	n/a	12.02	C	17:00 - 17:15	291.53	F	5.84	B	17:00 - 17:15	537.71	F	8.57	B
17:30	n/a	n/a	9.57	B	17:15 - 17:30	204.8	F	1.59	A	17:15 - 17:30	418.95	F	7.35	B
17:45	n/a	n/a	9.68	B	17:30 - 17:45	117.34	F	1.48	A	17:30 - 17:45	520.14	F	10.53	C
18:00	n/a	n/a	n/a	n/a	17:45 - 18:00	n/a	n/a	n/a	n/a	17:45 - 18:00	n/a	n/a	n/a	n/a

Analisis

4.7 Pembahasan

Nilai *critical gap* untuk pergerakan dari Barat (Jalan Ciliwung) berbelok ke kanan (Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo) yang didapat dengan metoda Raff (*modified Raff method*) lebih besar dari nilai *critical gap* dari pergerakan lainnya, yaitu sebesar 5,75 detik, untuk hari Senin dan Selasa. Hal ini kemungkinan dikarenakan pengemudi dari Jalan Ciliwung yang akan berbelok ke kanan ke arah Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo harus memutuskan memilih *gap* yang lebih besar untuk *crossing* dan *merging* sekaligus ke dalam arus lalulintas dua arah jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo. *Critical gap* yang lebih besar untuk pergerakan belok kanan dari jalan minor ke jalan mayor ini juga berlaku pada nilai-nilai *critical gap* baku HCM 1994, walaupun berbeda dalam nilai *critical gap*-nya terhadap nilai *critical gap* hasil pemodelan dengan metoda Raff (lebih besar dari hasil pemodelan dengan metoda Raff). Sementara itu nilai *critical gap* dengan pemodelan melalui metoda Greenshields (walaupun tidak terdapat besar histogram *gap acceptance* dan *rejection* yang sama besar untuk mendapatkan nilai *critical gap*) untuk hari Senin dan Selasa sedikit lebih besar (yaitu 6 detik), dan nilai *critical gap* dengan pemodelan melalui metoda Siegloch yang merupakan model probabilistik untuk hari Senin sedikit lebih kecil (yaitu 5,19 detik) dan untuk hari Selasa relatif jauh lebih kecil (yaitu 4,22 detik).

Untuk pergerakan dari Barat (Jalan Ciliwung) berbelok ke kiri (Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo) pengemudi cenderung memaksakan berbelok masuk ke lajur jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo untuk jalur arah Selatan – Utara dan mengambil *gap* kendaraan jalan mayor dengan cara bersisian dengan kendaraan jalan mayor. Dengan cara begini pengemudi jalan minor dapat memaksakan untuk menerima *gap* kendaraan jalan mayor yang lebih kecil, yang dalam metoda Raff diperoleh nilai *critical gap* sebesar 5,1 dan

5,3 untuk hari Senin dan Selasa. Sementara itu nilai *critical gap* dengan pemodelan metoda Greenshields (walaupun tidak terdapat besar histogram *gap acceptance* dan *rejection* yang sama besar untuk mendapatkan nilai *critical gap*) adalah sama sebesar 6 detik untuk hari Senin dan Selasa. Nilai *critical gap* dengan metoda Siegloch tidak dapat dimodelkan karena kekurangan data jumlah kendaraan yang masuk pada *gap* yang diterima.

Untuk pergerakan dari Utara (Jalan Sunandar Priyosudarmo) berbelok ke kanan (ke Barat) ke Jalan Ciliwung pengemudi dihadapkan hanya pada penerimaan *gap* kendaraan jalan mayor satu jalur arah Selatan ke Utara saja. Nilai *critical gap* yang diterima pengemudi pada pergerakan ini relatif sama dengan nilai *critical gap* untuk pergerakan dari Barat (Jalan Ciliwung) berbelok ke kiri (Utara Jalan Sunandar Priyosudarmo), yaitu untuk pemodelan dengan metoda Raff diperoleh nilai *critical gap* sebesar 5,4 detik dan 5,2 detik untuk hari Senin dan Selasa. Sementara itu untuk pemodelan nilai *critical gap* dengan metoda Greenshields (walaupun tidak terdapat besar histogram *gap acceptance* dan *rejection* yang sama besar untuk mendapatkan nilai *critical gap*) diperoleh nilai *critical gap* sebesar 7 detik untuk hari Senin dan Selasa. Nilai *critical gap* dengan metoda Siegloch tidak dapat dimodelkan karena kekurangan data jumlah kendaraan yang masuk pada *gap* yang diterima.

Nilai *critical gap* dari hasil pemodelan dengan metoda Raff rerata lebih kecil dari nilai *critical gap* baku HCM 1994, hal ini juga menggambarkan bahwa pengemudi kendaraan di persimpangan ini lebih berani dan cenderung memaksakan diri untuk menerima *gap* yang lebih kecil. Sementara Pemodelan nilai *critical gap* untuk hari Minggu tidak dapat dilakukan karena kurangnya data, di antaranya karena kecilnya pergerakan di persimpangan dan kecilnya jumlah kendaraan yang mengikuti kendaraan yang menerima *gap* pada periode waktu

pengamatan. Selain itu nilai-nilai *critical gap* dari hasil pemodelan metoda Greenshields dapat menjadi bias dikarenakan pada hasil pemodelan tidak terdapat terdapat besar histogram *gap acceptance* dan *rejection* yang sama besar untuk mendapatkan nilai *critical gap*, hanya yang mendekati sama saja yang diambil. Hal ini dapat terjadi karena kurangnya data untuk pemodelan dengan metoda ini seperti pernah diutarakan peneliti sebelumnya, Mason et. al. (1990) dalam Gattis & Low (1998). Sementara nilai *critical gap* dengan metoda Siegloch, yang berdasarkan kepada jumlah kendaraan yang menerima suatu *gap*, dapat menjadi bias dari hasil yang diperoleh dalam penelitian ini dikarenakan komposisi lalu lintas yang sangat dominan kendaraan sepeda motor.

Dari hasil *goodness of fit* dengan uji chi-square terhadap distribusi teoritis eksponensial negatif, distribusi *headway* kendaraan jalan mayor untuk kedua arah pada pergerakan *free flow* dan pada jam sibuk dan tidak sibuk hari Minggu sampai hari Selasa adalah berdistribusi eksponensial negatif, dengan nilai volume (q) lebih besar pada jam sibuk. Hal ini sama dengan asumsi distribusi *headway* kendaraan dalam perhitungan kapasitas potensial pergerakan kendaraan jalan minor di persimpangan dengan metoda HCM 1994 yang juga mengasumsikan *headway* kendaraan jalan berdistribusi eksponensial negatif. Model probabilitas *headway* yang dihasilkan adalah model eksponensial negatif dengan model probabilitas *headway* pada jam tidak sibuk berkisar pada $P(t) = e^{-25t}$ sampai $P(t) = e^{-48t}$, dan pada jam sibuk berkisar pada $P(t) = e^{-39t}$ sampai $P(t) = e^{-57t}$. Hal ini menunjukkan bahwa *gap availability* berupa distribusi *headway* pada jalan mayor relatif kecil pada saat jam-jam sibuk.

Model hubungan antara tundaan belok kanan pengemudi jalan minor Jalan Ciliwung dan besarnya arus lalu lintas jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo yang mempunyai nilai koefisien determinasi (R^2) terbesar adalah

model Power dengan nilai R^2 sebesar 0,57. Akan tetapi pada uji-t untuk konstanta model ini tidak signifikan ($\text{sig. } t = 2308 > \text{level of sig.} = 0,01$), sehingga model ini tidak dipilih. Sementara itu, untuk kisaran nilai R^2 tepat di bawah nilai R^2 model Power tersebut terdapat 3 buah model yang memiliki nilai R^2 yang sama sebesar 0,52, yaitu model kuadratik, model eksponensial, dan model kubik. Ketiga model ini signifikan pada uji F, tetapi hanya model eksponensial yang signifikan pada uji-t untuk konstanta dan parameter variabel model. Sementara untuk *sum of square residuals* model ini juga memiliki nilai yang paling rendah (baik) dari ketiga model yang memiliki R^2 relatif sama tersebut. Sehingga untuk model hubungan antara tundaan belok kanan pengemudi jalan minor Jalan Ciliwung dan besarnya arus lalu lintas jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo dipilih model eksponensial dengan persamaan matematis model $y = 2,01 e^{0,0016 x}$. Dengan nilai $R^2 = 0,52$ berarti nilai korelasi $R = \sqrt{0,52} = 0,721$, sehingga ukuran korelasi ini (menurut Young, dalam Sulaiman 2003) menunjukkan derajat hubungan yang tinggi, dalam hal ini antara tundaan belok kanan pengemudi jalan minor Jalan Ciliwung dan besarnya arus lalu lintas jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo.

Terdapat perbedaan yang cukup besar antara nilai tundaan rerata persimpangan yang dihitung dengan metoda HCM 1994 dan dengan metoda pengukuran langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti di persimpangan. Hal ini disebabkan walaupun distribusi *headway* telah diuji ternyata berdistribusi eksponensial negatif seperti asumsi pada metoda HCM 1994, pada perhitungan awal tundaan total rerata, yaitu mencari kapasitas pergerakan potensial, terjadi bias yang cukup besar pada nilai volume lalu lintas yang berkonflik pada pergerakan yang ditinjau. Hal ini dikarenakan komposisi lalu lintas yang sangat dominan sepeda motor dan volume konflik yang

diperkirakan menggunakan satuan kendaraan (*vehicle*). Asumsi pada perhitungan ini bahwa semua pengemudi menggunakan *gap* yang besarnya sama juga menyebabkan perhitungan kapasitas potensial pergerakan minor menjadi tidak akurat yang akhirnya nilai tundaan pun menjadi tidak akurat juga. Selain itu perilaku pengemudi di persimpangan juga mempengaruhi nilai tundaan total rerata yang terjadi di lapangan, terutama tidak dilakukannya proses *yield* terhadap lalu lintas pada lengan simpang lainnya yang diprioritaskan dan adanya *slower driver*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Kyte et. al. (2003) bahwa perilaku pengemudi bisa sangat berubah-ubah, sehingga tundaan di persimpangan dapat menjadi sesuatu hal sangat stokastik. Pada sebagian besar nilai tundaan total rerata metoda HCM 1994 pergerakan dari Barat ke Selatan (dari Jalan Ciliwung berbelok ke kanan menuju Jalan Sunandar Priyosudarmo) bernilai sangat besar bahkan bernilai negatif, karena jumlah kendaraan yang berkonflik dominan sepeda motor dan berjumlah besar, sehingga tidak dapat ditampilkan/dimodelkan (*n/a = not available*). Di sini dapat dilihat bahwa metoda HCM 1994 tidak dapat dijadikan metoda yang baik untuk memodelkan tundaan di persimpangan dengan karakteristik lalu lintas dominan sepeda motor dan tidak teratur. Untuk uji komparatif 2 sampel independen dengan uji *Mann-Whitney U* tidak dilakukan karena perbedaan telah terlihat amat nyata.

LOS yang berdasarkan tundaan di persimpangan, untuk pergerakan Barat ke Selatan, rata-rata berbeda 3 sampai 5 tingkatan antara metoda HCM 1994 dan metoda pengukuran langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti, di mana dengan metoda HCM 1994 LOS yang diperoleh adalah D dan F, sementara LOS dengan metoda pengukuran langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti berkisar antara A sampai C. Sementara untuk

pergerakan lainnya yang volume konfliknya lebih kecil perbedaan berkisar antara 1 sampai 5 tingkatan.

Sebagai jalan mayor pada persimpangan Jalan Sunandar Priyosudarmo – Jalan Ciliwung, volume lalulintasnya telah melewati 750 kendaraan per jam selama 8 jam sehari seperti diperlihatkan dalam Lampiran A.1 sampai A.6, halaman 70 sampai 75, sehingga menurut kriteria yang diberikan oleh Abubakar (1999) persimpangan ini perlu dipasang pengontrol berupa *traffic light*. Akan tetapi, jika ditinjau dari waktu tundaan rerata dari hasil perhitungan tundaan langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti di persimpangan, untuk pergerakan Barat ke Selatan, hari Minggu sampai hari Selasa, berturut-turut adalah 5,83 detik, 9,73 detik, dan 9,90 detik, untuk pergerakan Barat ke Utara, hari Minggu sampai hari Selasa, berturut-turut adalah 1,72 detik, 2,83 detik, dan 2,64 detik, dan untuk pergerakan Utara ke Barat, hari Minggu sampai hari Selasa, berturut-turut adalah 3,14 detik, 6,22 detik, dan 7,11 detik, waktu tundaan reratanya masih lebih kecil dari lamanya waktu hijau yang disarankan IHCM 1997, yaitu harus ≥ 10 detik. Sehingga pemasangan sinyal lalulintas (APILL = Alat Pemberi Isyarat Lalulintas) tidak disarankan karena akan menyebabkan terjadinya tundaan rerata kendaraan yang lebih besar di persimpangan, walaupun jumlah volume lalulintas hasil perhitungan untuk jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo telah lebih dari 750 kendaraan/jam selama (lebih dari) 8 jam sehari. Sementara itu mayoritas volume pergerakan (sekitar 75%) berbelok di persimpangan ini adalah pergerakan berbelok dari Barat (Jalan Ciliwung) ke Selatan (Jalan Sunandar Priyosudarmo) dan sebaliknya.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang diperoleh dan pembahasan yang dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *critical gap* dengan metoda Raff, metode Greenshields, dan metode Siegloch pada hari Senin dan Selasa untuk pergerakan Barat ke Selatan sebesar 5,75, 6, 5,19 detik dan 5,7, 6, 4,22 detik, Untuk pergerakan Barat ke Utara sebesar 5,1, 6, n/a detik dan 5,3, 6, n/a detik, Untuk pergerakan Utara ke Barat sebesar 5,4, 7, n/a detik dan 5,2, 7, n/a detik. Nilai *critical gap* untuk pergerakan Barat ke Selatan dengan metoda Raff lebih besar dari nilai *critical gap* pergerakan lainnya dikarenakan pengemudi dari Jalan Ciliwung yang akan berbelok ke kanan ke Selatan Jalan Sunandar Priyosudarmo harus memutuskan memilih *gap* yang lebih besar untuk *crossing* dan *merging* sekaligus ke dalam arus lalu lintas dua arah jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo. Hal ini juga berlaku pada nilai-nilai *critical gap* baku HCM 1994.
2. Distribusi *headway* kendaraan jalan mayor adalah eksponensial negatif, hal ini sama dengan asumsi distribusi *headway* kendaraan dalam perhitungan kapasitas potensial metoda HCM 1994. Model probabilitas *headway* pada jam tidak sibuk berkisar pada $P(t) = e^{-25t}$ sampai $P(t) = e^{-48t}$, dan pada jam sibuk berkisar pada $P(t) = e^{-39t}$ sampai $P(t) = e^{-57t}$, yang menunjukkan

bahwa *gap availability* berupa distribusi *headway* pada jalan mayor relatif kecil pada saat jam-jam sibuk.

3. Model hubungan antara tundaan belok kanan pengemudi jalan minor Jalan Ciliwung dan besarnya arus lalu lintas jalan mayor Jalan Sunandar Priyosudarmo adalah model eksponensial dengan persamaan $y = 2,01e^{0,0016x}$, $R^2 = 0,52$ dan $R = 0,721$. Ukuran korelasi ini menunjukkan derajat hubungan yang tinggi.
4. Terdapat perbedaan yang cukup besar antara nilai tundaan rerata persimpangan yang dihitung dengan metoda HCM 1994 dan metoda pengukuran langsung berdasarkan jumlah kendaraan yang berhenti di persimpangan. LoS persimpangan untuk pergerakan Barat ke Selatan rata-rata berbeda 3 sampai 5 tingkatan. Untuk pergerakan lainnya dengan volume konfliknya lebih kecil perbedaan berkisar antara 1 sampai 5 tingkatan. Hal ini disebabkan karena komposisi lalu lintas yang sangat dominan sepeda motor, tidak teratur, dan volume konflik yang diperkirakan pada HCM 1994 menggunakan satuan kendaraan (*vehicle*), asumsi bahwa semua pengemudi menggunakan *gap* yang besarnya sama, perilaku pengemudi di persimpangan yang berubah-ubah, dan tidak dilakukannya proses *yield*.

5.2 Saran

1. Diharapkan dapat dilakukan penelitian-penelitian sejenis pada persimpangan lain sebagai bahan perbandingan, terutama pada persimpangan dengan lalu lintas lebih teratur dan tidak dominan sepeda motor. Model hubungan antara *V/C ratio* vs tundaan juga perlu dikaji;
2. Diharapkan juga dapat dilakukan pendekatan mikroskopik pada penelitian, yang memperhatikan respon dari tiap individu kendaraan dalam perilaku disagregasi, dan pendekatan faktor manusianya yang mempelajari

mekanisme individu pengemudi (dan kendaraanya) dalam menempatkan dirinya untuk berinteraksi dengan kendaraan lainnya dan terhadap *highway/guidance system*.

3. Persimpangan ini belum layak dipasang sinyal lalu lintas karena jika dipasang sinyal lalu lintas akan menambah besar tundaan kendaraan. Di samping itu *Level of Service* persimpangan rerata masih bernilai B.
4. Agar tidak terjadi bias pada pemodelan *critical gap* dengan metode Greenshields diambil harus sebanyak mungkin sehingga grafik batang *gap acceptance* dan *rejection* dari histogram yang dihasilkan pada metoda Greenshields dapat sama besar.
5. Pemodelan *critical gap* dengan metode Siegloch yang berdasarkan jumlah kendaraan yang masuk pada rerata suatu *gap* kurang baik untuk dilakukan pada lokasi penelitian ini karena lalu lintas yang tidak teratur dan sangat dominan sepeda motor. Sebagai penggantinya dapat dilakukan pemodelan *critical gap* dengan metoda modifikasi Raff.



DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Abubakar, Iskandar, 1999, **Rekayasa Lalulintas**, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta.
- Akçelik, Rahmi, 2004, **GLOSSARY of Road Traffic Analysis Terms**, Akcelik & Associates Pty Ltd, Australia.
- Anonim, 1997, **Indonesian Highway Capacity Manual (IHCM)**, Directorate General Bina Marga, Directorate of Urban Road Development (Binkot), Jakarta.
- Anonim, 1994, **Highway Capacity Manual**, Special Report 209, Third Edition, Transportation Research Board, National Research Council, Washington.
- Anonim, 1992, **Traffic Engineering Handbook**, Institute of Transportation Engineers, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Garber, Nicholas J., and Hoel, Lester A., 2002, **Traffic & Highway Engineering**, Third Edition, Brooks/Cole, USA.
- Gattis, J. L., dan T. Low, Sonny, 1998, **Gap Acceptance at Non-Standard Stop-Controlled Intersections**, University of Arkansas, Arkansas. (<http://www.mackblackwell.org/research/finals/MBTColdFinals/MBT C1059.pdf>).
- Gerlough, Daniel L., & Barnes, Frank C., 1971, **Poisson and Other Distributions in Traffic**, Eno Foundation for Transportation, Saugatuck, Connecticut.
- Husch, David, and Albeck, John, 2003, **Intersection Capacity Utilization**, 2003 Edition, Trafficware Corporation, USA.
- Khisty, C. Jotin dan Lall, B. Kent, 1998, **Transportation Engineering: An Introduction**, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Kristianto, Emanuel, 2002, **Analisis Gap Acceptance di Bundaran (Studi Kasus Bundaran Bulaksumur Yogyakarta)**, Simposium V FSTPT, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Kyte, Michael, & Dixon, Michael, & Basavaraju, Purushotam Murali, 2002, **Why Field Measurements are Different Than Model Estimates – An Analysis Framework for Capacity and Level of Service Analysis of Unsignalized Intersection**, TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM, USA. (www.itrc.lsu.edu/TRB_82/TRB2003-000549.pdf)

Luttinen, R. Tapio, 2004, **Capacity and Level of Service at Finnish Unsignalized Intersections**, Finnish Road Administration, Helsinki.

Odgen, K. W. dan Bennett, D. W., 1982, **Traffic Engineering Practice**, Department of Civil Engineering, Monash University, Australia.

Ortuzar, Juan de Dios, & Willumsen, Luis G., 1994, **Modelling Transport**, Second Edition, John Wiley & Sons, London.

Salter, R. J., 1976, **Highway Traffic Analysis and Design**, Revised Edition, The Mac Millan Press Ltd, London.

Sudjana, 1989, **Metoda Statistika**, Penerbit Tarsito, Bandung.

Sugiyono, 2004, **Statistik Non Parametris**, Penerbit CV Alfabeta, Bandung.

Sulaiman, Wahid, 2003, **Statistik Non-Parametrik: Contoh Kasus dan Pemecahannya dengan SPSS**, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Sulaiman, Wahid, 2004, **Analisis Regresi Menggunakan SPSS: Contoh Kasus & Pemecahannya**, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Sumanto, 2002, **Pembahasan Terpadu Statistika dan Metodologi Riset**, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Torimtubun, Hendrikus, 2001, **Studi Pemilihan Metode Pembebanan Arus Lalulintas: Kajian pada Ruas Jalan Arteri Primer di Kota Malang**, Tesis Magister, Program Pascasarjana Universitas Brawijaya, Malang.

Troutbeck, Rod J., & Brilon, Werner, 1987, **Unsignalized Intersection Theory**, A Monograph, TRB Committee on Traffic Flow Theory and Characteristics, USA. (www.tongji.edu.cn/~yangdy/TrafficFlow/chap8.pdf)

