



**KARAKTERISTIK TIME HEADWAY KENDARAAN
DI JALAN TOL DAN JALAN NON TOL
(Studi di Jalan Tol Seksi B Semarang dan Jalan Lingkar Kota Demak)**

TESIS

Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Program Magister Teknik Sipil

Oleh

**Dwi Guntoro Sukowati
L4A000010**

**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2004**



HALAMAN PENGESAHAN

**KARAKTERISTIK TIME HEADWAY KENDARAAN
DI JALAN TOL DAN NON TOL
(Studi di Jalan Tol Seksi B Semarang dan Jalan Lingkar Kota Demak)**

Disusun oleh :

**DWI GUNTORO SUKOWATI
NIM. L. 4A. 000.010**

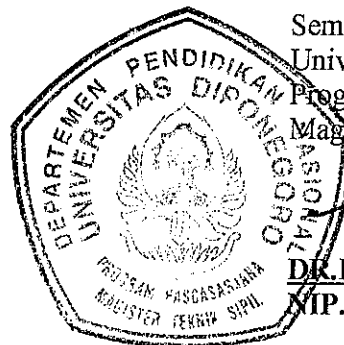
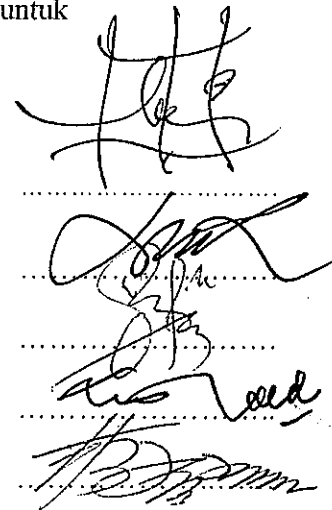
Dipertahankan di Depan Penguji pada tanggal :

2 Maret 2004

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik Sipil

TIM PENGUJI :

1. IR. Epf. EKO YULIPRIYONO, MS (Ketua)
2. KAMI HARI BASUKI, ST, MT (Sekretaris)
3. UNTUNG SIRINANTO, ATD, MSc (Anggota - 1)
4. IR. WAHYUDI KUSHARJOKO, MT (Anggota - 2)
5. DR. IR. BAMBANG RIYANTO, DEA (Anggota - 3)



Semarang, 2 Maret 2004
Universitas Diponegoro
Program Pasca Sarjana
Magister Teknik Sipil


**DR. IR. SURIPIN, M. Eng.
NIP. 131668511**

ABSTRAKSI

Time headway , Distribusi , Kapasitas

Time headway merupakan besaran mikroskopik arus lalu-lintas yang sangat penting kegunaannya dalam analisis dan perencanaan suatu sistem transportasi. Pentingnya *time headway*, khususnya dalam penentuan kapasitas suatu jalan, mendorong perlunya penentuan standar nilai yang dapat digunakan untuk keperluan praktis. Beberapa pendekatan teoritis dengan menggunakan model-model distribusi statistik berdasarkan beberapa penelitian empiris di Amerika telah menghasilkan suatu standar nilai *time headway* yang siap pakai untuk keperluan perencanaan dan analisis secara luas. Namun standar tersebut belum tentu cocok diterapkan di Indonesia karena perbedaan karakteristik baik pola lalu-lintas maupun pengendara antara kedua negara.

Penelitian ini bertujuan mencari nilai kapasitas suatu jalan dengan menggunakan nilai *time headway* yang karakteristiknya sesuai dengan kondisi lalu-lintas di Indonesia. Diantara parameter yang ingin dihitung adalah model distribusi *time headway*, nilai sentral dari model, dan nilai kapasitas.

Penelitian mengambil kasus dua data arus lalu-lintas yaitu di jalan lingkar Demak dan jalan tol seksi B Semarang. Data diolah dengan menggunakan empat tahap yaitu distribusi data pengamatan, pencocokan model distribusi teoritis dengan distribusi data pengamatan, pembentukan model hubungan *time headway*-volume dan yang terakhir penentuan nilai kapasitas dengan nilai sentral dari model distribusi *time headway* yang sudah diuji.

Dari analisis diketahui hasil-hasil sebagai berikut: uji model distribusi terhadap data *time headway* pada jalan lingkar dan jalan Tol didapatkan model Negative Exponential. Terpilihnya model exponential menunjukkan bahwa arus yang terjadi pada kedua tipe jalan masih berkategori rendah. Untuk pengujian hubungan antara *time headway*-volume diketahui bahwa kurva mengikuti bentuk Pangkat.

Dari perhitungan kapasitas dengan menggunakan nilai *mean*, *median* dan *modus* (nilai-nilai sentral) *time headway* diketahui nilai kapasitas maksimum didapatkan jika menggunakan data *median* dan nilainya tiap tipe jalan yaitu jalan lingkar Demak arah Semarang – Kudus nilai kapasitas sebesar 778 smp/jam dan arah Kudus – Semarang sebesar 753 smp/jam. Untuk jalan tol Semarang seksi B arah Semarang – Srandol pada lajur dalam sebesar 1.245 smp/jam dan pada lajur luar sebesar 400 smp/jam, untuk arah Srandol – Semarang pada lajur dalam sebesar 1.245 smp/jam dan pada lajur luar sebesar 400 smp/jam.

ABSTRACT

Time headway , Distribution , Capacity

The importance of time headway especially in determining road capacity, is the reason of establishing a standard value for practical use. The importance of time headway especially in establishing a standard value of road various needs of use. The researches were based on foreign conditions that relatively different from the circumstances of Indonesia, and it is doubted whether it is suitable with the condition in Indonesia or not, which its characteristic is in line with the condition of Indonesia traffic..

This study is aim to find out the highway capacity using time headway value l. Some models are proposed and based on surveyed data of two sites: Demak ringroad and Semarang toll road section B. Some statistical tests are also performed. The four steps to process the data are distributing surveyed data, fitting theory distribution models to surveyed data, computing mean, median and mode of the model preferred, and finally defining capacity value and the basis of various time headway values (mean, median, mode).

The result is as follow: the distribution model experiment of ring road and toll road with goodness of fit reveals to Negative exponential model for all types of sites (toll and non toll roads). The result indicates that the rate of flow is low. Of the test of time headway-volume trade-off, the power model is best fitting with the surveyed data, leaving the other models tested. The result indicates that every time headway value increases; volume will increase doubly following the power curve.

Some capacity values for all types of highway are as follow: the capacity of demak ringroad direction of Semarang - Kudus 778 pcuphpl, direction of Kudus-Semarang 753 pcuphpl, Semarang Toll road section B direction of Semarang- Sronдол on inner lane 1.245 pcuphpl, and outer lane 400 pcuphpl, direction of Sronдол – Semarang on inner lane 1.254 pcuphpl, and outer lane 400 pcuphpl. Those values are based on the median value of chosen distribution modesl under the equation revealed out of the time headway-volume trade off model.

KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah SWT. karena atas karunia-Nya kepada penulis sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada beberapa pihak yang telah membantu terselesaikannya tesis ini dengan baik, yaitu :

1. Bapak Ir. Epf. Eko Yulipriyono, M.S., sebagai Pembimbing I dalam studi ini. Terima kasih atas saran, koreksi dan review-nya.
2. Bapak Kami Hari Basuki, ST, M.T., sebagai Pembimbing II dalam studi ini. Terima kasih atas saran, koreksi dan review-nya.
3. Bapak. Untung Sirinanto, ATD, M.Sc., sebagai Pembahas dalam studi ini. Terima kasih atas saran, koreksi dan review-nya.
4. Bapak Ir. Wahyudi Kusharjoko, M.T., bertindak sebagai Pembahas dalam studi ini. Terima kasih atas saran, koreksi dan review-nya.
5. Bapak DR.Ir. Bambang Riyato, DEA., sebagai Pembahas dalam studi ini. Terima kasih atas saran, koreksi dan review-nya.
6. Bapak Ketua dan Sekretaris. Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.
7. Seluruh Staf Pengajar di Program Magister Teknik Sipil
8. Rekan-rekan Angkatan 2000 yang ikut memberi doa dan motivasinya kepada penulis.

Tesis ini membutuhkan *review* dan penyempurnaan lebih lanjut. Karenanya, kritik, saran dan tambahan akan selalu berguna terutama bagi penelitian lebih lanjut. Terima kasih.

Semarang,

Maret 2004

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAKSI	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMBANG, SINGKATAN DAN ISTILAH	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2. Pokok Permasalahan	1
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Pembatasan Penelitian.....	3
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Umum.....	5
2.2. Definisi Time headway.....	5
2.3. Distribusi Time headway.....	6
2.4. Model Distribusi	7
2.5. Uji Chi Kuadrat	8
2.6. Model Persamaan Kurva	8
2.7. Persamaan Kapasitas.....	9
2.8. Penelitian Terdahulu.....	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1. Diagram Kerja.....	11
3.2. Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	13
3.3. Analisis dan Uji Statistik.....	17
BAB IV PENYAJIAN DATA	20
4.1. Eksplorasi Data	20
4.1.1. Arus Lalu Lintas Menurut Arah dan Lajur	20
4.1.2. Jumlah Kendaraan yang Melintas Marka	23
4.1.3. Variasi Arus Menurut Jenis Kendaraan	24
4.2. Perhitungan Data Time Headway	27
4.2.1. Data Time Headway Individual	27
4.2.2. Data Time Headway Menurut Jenis Pasangan Kendaraan.....	28
BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	32
5.1. Pemilihan Volume 15 Menitan Tertinggi.....	32
5.2. Uji Model Distribusi <i>Time headway</i>	35
5.2.1. Langkah Perhitungan Model Distribusi	36

5.2.2. Pengujian Ketepatan Model Distribusi.....	41
5.3.Perhitungan Nilai-nilai Sentral.....	45
5.4.Model Hubungan Time headway Dengan Volume	48
5.5.Perhitungan Kapasitas.....	51
BAB VI KESIMPULAN, REKOMENDASI DAN SARAN	54
6.1. Kesimpulan	54
6.2. Rekomendasi	56
DAFTAR PUSTAKA.....	
LAMPIRAN A ANALISIS MODEL DISTRIBUSI TIME HEADWAY	
LAMPIRAN B ANALISIS MODEL TIME HEADWAY-VOLUME	
LAMPIRAN C PETA-PETA	
C.1 Peta lokasi penelitian di Jalan Lingkar Demak	75
C.2 Peta lokasi penelitian di Jalan Tol Seksi B Semarang	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Macam – macam model Distribusi.....	7
Tabel 2.2. Model persamaan kurva.....	8
Tabel 3.1. Alasan pemilihan lokasi dan asumsi-asumsi yang digunakan	14
Tabel 3.2. Data teknis jalan dan titik lokasi pengamatan	14
Tabel 3.3. Kriteria penentuan kategori arus rendah, sedang dan tinggi	17
Tabel 3.3. Jenis data dan alat uji	19
Tabel 4.1. Volume arus lalu lintas menurut jalan, arah, dan lajur	21
Tabel 4.2. Proporsi arus menurut jalan, arah, dan lajur	22
Tabel 4.3. Jumlah kendaraan yang melintasi marka	23
Tabel 4.4. Variasi arus lalu lintas menurut jenis kendaraannya untuk jalan lingkar	25
Tabel 4.5. Variasi arus lalu lintas menurut jenis kendaraannya untuk jalan tol	26
Tabel 4.6. Proporsi data time headway menurut jalan, arah, dan lajur	27
Tabel 4.7. Time headway rata-rata menurut arah dan lajur	27
Tabel 4.8. Jumlah data time headway menurut jenis urutan kendaraan	28
Tabel 4.9. Rata-rata time headway menurut jenis pasangan kendaraan	29
Tabel 4.10 Pasangan volume dan time headway untuk tiap interval 15 menit.....	31
Tabel 5.1. Pemilihan volume 15 menitan maksimum	33
Tabel 5.2. Hasil distribusi frekuensi untuk data time time headway terpilih	34
Tabel 5.3. Hasil seleksi awal model teoritis sebelum diujikan	35
Tabel 5.4. Proses perhitungan model distribusi exponential	36
Tabel 5.5. Proses perhitungan model distribusi Pearson Type III	38
Tabel 5.6. Hasil perhitungan distribusi teoritis exponential untuk semua tipe jalan	39
Tabel 5.7. Hasil perhitungan distribusi teoritis Pearson Type III untuk semua tipe jalan	40
Tabel 5.8. Proses perhitungan uji χ^2 untuk model exponential (LING1)	41
Tabel 5.9. Proses perhitungan uji χ^2 untuk model Pearson Type III (LING1).....	42
Tabel 5.10. Hasil perhitungan uji χ^2 untuk semua tipe jalan	42
Tabel 5.11. Nilai-nilai sentral distribusi time headway empiris	45
Tabel 5.12. Nilai-nilai sentral distribusi time headway teoritis	45
Tabel 5.13. Perbandingan nilai R^2 tiap-tiap model kurva yang diujikan.....	48
Tabel 5.14. Model Pangkat sebagai model dengan R^2 tertinggi.....	48
Tabel 5.15 Perhitungan kapasitas berdasar tabel 2.11 dan persamaan (2.4).....	51
Tabel 5.16 Perhitungan kapasitas berdasar tabel 2.12 dan persamaan (2.4).....	51
Tabel 5.17 Perhitungan kapasitas berdasar tabel 2.11 dan persamaan (2.4).....	52
Tabel 5.18 Perhitungan kapasitas berdasar tabel 2.12 dan persamaan (2.4).....	52
Tabel 5.19 Perbandingan nilai kapasitas dari berbagai cara perhitungan (Tabel 5.15, 5.16, 5.17 dan 5.18)	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tinjauan arus secara mikroskopik	6
Gambar 3.1. Diagram alur pikir studi	11
Gambar 3.2. Prosedur pengambilan data dan analisis-nya	12
Gambar 3.3. Pola penempatan kamera	16
Gambar 4.1. Ilustrasi kendaraan yang melintas marka	24
Gambar 4.2. Proporsi jumlah pasangan kendaraan tiap arus (lingkar dan Tol)....	28
Gambar 4.3. Rata-rata <i>time headway</i> pasangan kendaraan (lingkar dan tol).....	29
Gambar 5.1. Distribusi frekuensi data <i>time headway</i> hasil pengamatan pada interval waktu dengan volume 15 menitan maksimum	34
Gambar 5.2. Distribusi exponential untuk jalan lingkar arah 1 (LING1).....	37
Gambar 5.3 Distribusi data survei,model eksponensial dan teoritis (LING1).....	43
Gambar 5.4 Distribusi data survei,model eksponensial dan teoritis (LING2).....	43
Gambar 5.5 Distribusi data survei,model eksponensial dan teoritis (TOL11).....	43
Gambar 5.6 Distribusi data survei,model eksponensial dan teoritis (TOL12).....	44
Gambar 5.7 Distribusi data survei,model eksponensial dan teoritis (TOL21).....	44
Gambar 5.8 Distribusi data survei,model eksponensial dan teoritis (TOL22).....	44
Gambar 5.9 Distribusi <i>time headway</i> kumulatif (LING1)	46
Gambar 5.10 Distribusi <i>time headway</i> kumulatif (LING2).....	46
Gambar 5.11 Distribusi <i>time headway</i> kumulatif (TOL11).....	46
Gambar 5.12 Distribusi <i>time headway</i> kumulatif (TOL12).....	47
Gambar 5.13 Distribusi <i>time headway</i> kumulatif (TOL21).....	47
Gambar 5.14 Distribusi <i>time headway</i> kumulatif (TOL22).....	47
Gambar 5.15 Kurva hubungan <i>time headway</i> -volume (Jalan Lingkar Demak Arah Semarang-Kudus)	49
Gambar 5.16 Kurva hubungan <i>time headway</i> -volume (Jalan Lingkar Arah Kudus Semarang)	49
Gambar 5.17 Kurva hubungan <i>time headway</i> -volume (Jalan Tol Arah Sronol Semarang Lajur Dalam)	49
Gambar 5.18 Kurva hubungan <i>time headway</i> -volume (Jalan Tol Arah Sronol Semarang Lajur Luar)	50
Gambar 5.19 Kurva hubungan <i>time headway</i> -volume (Jalan Tol Arah Semarang Sronol Lajur Dalam)	50
Gambar 5.20 Kurva hubungan <i>time headway</i> -volume (Jalan Tol Arah Semarang Sronol Lajur Luar)	50

DAFTAR LAMBANG, SINGKATAN DAN ISTILAH

Lambang

λ	fungsi rata-rata <i>time headway</i>
α	konstanta pergeseran kurva ($0 < \alpha < \infty$)
$\Gamma(K)$	$(K-1)!$, dan K adalah fungsi parameter yang mempengaruhi bentuk kurva; ($0 < K < \infty$)
t	data <i>time headway</i>
\bar{t}	<i>time headway</i> rata-rata
e	bilangan alami 2,789
K	suatu konstanta yang mempengaruhi bentuk kecekungan atau kecembungan suatu kurva
χ^2	dibaca chi kuadrat. Suatu nilai yang digunakan untuk mengukur kedekatan antara dua set data atau lebih
$f(t)$	menyatakan suatu fungsi kerapatan terhadap suatu set data t
$P(h > t)$	menyatakan suatu probabilitas variabel h terhadap terhadap sekumpulan data t

Singkatan

LING1	singkatan untuk tipe jalan lingkar arah Semarang-Kudus
LING2	singkatan untuk tipe jalan lingkar arah Semarang-Kudus
TOL11	singkatan untuk tipe jalan tol seksi B arah Srandol-Semarang lajur dalam
TOL12	singkatan untuk tipe jalan tol seksi B arah Srandol-Semarang lajur luar
TOL21	singkatan untuk tipe jalan tol seksi B arah Semarang-Srandol lajur dalam
TOL22	singkatan untuk tipe jalan tol seksi B arah Semarang-Srandol lajur luar
HV	singkatan untuk kendaraan berat (Heavy Vehicle)
LV	singkatan untuk kendaraan ringan (Light Vehicle)
MC	singkatan untuk kendaraan bermotor roda 2 (Motor Cycle)
pcuphpl	<i>passanger car unit per hour per lane</i> , diterjemahkan dalam bahasa Indonesia menjadi smp/jam/lajur atau smp/jam

Istilah

<i>Time Headway</i>	menyatakan suatu selisih waktu antara kendaraan yang didepan dengan kendaraan yang mengikutinya
Kapasitas	suatu besaran makroskopik lalu-lintas yang menyatakan volume arus lalu-lintas maksimum yang dapat dilayani pada saat itu
Empiris	menyatakan suatu data atau besaran yang didapatkan dari hasil pengamatan atau survei di lapangan
Teoritis	menyatakan suatu data atau besaran yang didapatkan dari hasil perhitungan berdasarkan model atau rumus teoritis
Densitas	suatu fungsi yang menyatakan kerapatan suatu area di bawah kurva distribusi
Probabilitas	suatu besaran yang menyatakan nilai kemungkinan suatu variabel terhadap suatu set pengulangan

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Permasalahan

Time headway merupakan besaran mikroskopik arus lalu-lintas yang sangat penting kegunaannya dalam analisis dan perencanaan suatu sistem transportasi. Beberapa kegunaan *time headway* diantaranya berkaitan dengan masalah analisis keselamatan transportasi, tingkat pelayanan jalan dan fasilitas lainnya, perilaku pengemudi dan kapasitas suatu prasarana transportasi. *Time headway* minimum berguna agar lalu-lintas yang berjalan tetap aman dan tidak terjadi tabrakan antar kendaraan yang beriringan. *Time headway* antar kendaraan yang saling beriringan juga menunjukkan tingkat kualitas pelayanan dari jalan yang bersangkutan. Begitu juga *time headway* merupakan ukuran yang dipakai untuk melihat seberapa besar kapasitas suatu jalan dengan melihat distribusi *time headway* yang terjadi.

Pentingnya *time headway*, khususnya dalam lalu-lintas jalan, mendorong perlunya penentuan standar nilai (atau model)¹ yang dapat digunakan untuk keperluan praktis. Beberapa pendekatan teoritis dengan menggunakan model-model distribusi statistik berdasarkan beberapa penelitian empiris di Amerika telah menghasilkan suatu standar nilai *time headway* yang siap pakai untuk keperluan perencanaan dan analisis secara luas. Karena standar nilai *time headway* ini didasarkan pada kondisi jalan-jalan dan perilaku arus lalu-lintas di Amerika, kemungkinan berbeda dengan kondisi arus lalu lintas yang ada di Indonesia, sehingga muncul pertanyaan: apakah hasil penelitian yang dilakukan di luar Indonesia dapat dianggap mewakili atau sesuai untuk kebutuhan di Indonesia?

1.2. Pokok Permasalahan

Permasalahan yang dapat diidentifikasi tentang masalah karakteristik *time headway* di Indonesia secara umum adalah sebagai berikut:

- Belum adanya penelitian tentang karakteristik *time headway* di Indonesia

Belum ditemukan suatu penelitian komprehensif tentang karakteristik *time headway* yang didasarkan pada data-data empiris kondisi arus lalu-lintas di

¹ Model disini yang dimaksud adalah model distribusi *time headway* dan model trade-off *time headway*-volume. May, A.D. (1990) mengklasifikasikan model *time headway* untuk kondisi arus menerus dan homogen (standar kendaraan penumpang) menjadi tiga yaitu negative exponential untuk kondisi arus dengan kepadatan rendah, Pearson type III untuk arus dengan kepadatan sedang dan model Normal untuk arus dengan kepadatan tinggi.

Indonesia, karenanya wajar jika belum ada satu standar model *time headway* yang mewakili kondisi arus di Indonesia. Pemakaian *time headway* untuk perhitungan besaran-besaran makro arus lalu-lintas seperti kapasitas, tingkat pelayanan dan sebagainya masih didasarkan pada karakteristik *time headway* hasil penelitian di luar Indonesia.

- Sedikitnya adanya penelitian karakteristik *time headway* untuk kondisi arus yang bercampur

Umumnya penelitian *time headway* didasarkan pada kondisi-kondisi ideal. Ideal dalam hal ini termasuk ideal dari segi dimensi geometrik, kondisi arus yang homogen yang hanya terdiri dari kendaraan yang tergolong dalam jenis kendaraan penumpang dan kondisi eksternal lalu lintas yaitu hambatan samping benar-benar hampir tidak ada.

- Sedikitnya penelitian mengenai karakteristik *time headway* dalam hubungannya dengan besaran lain seperti volume.

Time headway akan selalu dipengaruhi oleh besaran lain seperti volume. Namun penelitian mengenai bagaimanakah pengaruh antara *time headway* dengan volume yang sangat sedikit menyebabkan karakteristik hubungan kedua besaran masih samar.

Dari permasalahan yang ada bersifat umum dapat dirumuskan masalah yang lebih spesifik yang menjadi fokus dari penelitian ini:

- model distribusi apakah yang menggambarkan kondisi di Indonesia (dalam hal ini kondisi arus lalu-lintas di wilayah penelitian) ?
- model apakah yang menggambarkan hubungan antara *time headway*-volume?
- berapakah nilai besaran-besaran yang berkaitan dengan model distribusi yang ada seperti nilai minimum, nilai rata-rata, kapasitas?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan menghitung kapasitas berdasarkan data *time headway* untuk jalan lingkar Demak dan jalan tol seksi B Semarang.

Beberapa parameter yang akan dianalisis adalah:

- Mencari model distribusi *time headway* yang sesuai untuk data hasil penelitian di jalan tol seksi B Semarang dan jalan lingkar Demak.

- Mencari hubungan antara *time headway* dengan volume lalu-lintas. Hubungan ini secara kuantitatif diukur dengan melihat model kurva yang sesuai.
- Menghitung kapasitas masing-masing jalan berdasarkan nilai *time headway* yang telah diuji distribusinya.

1.4. Pembatasan Penelitian

Tema *time headway* merupakan tema penelitian yang sangat luas karena dapat diuji dengan berbagai kondisi dan tergantung pada daerah dimana penelitian diadakan. Sebagaimana ditunjukkan dalam rumusan masalah bahwa salah satu persoalan yang ada adalah belum adanya model distribusi *time headway* yang didasarkan pada kondisi arus lalu-lintas di Indonesia. Untuk mendapatkan model seperti ini dibutuhkan jumlah sampel dan data yang sangat besar. Karena penelitian ini hanya sebagai subsistem dari populasi secara keseluruhan maka perlu batasan-batasan sebagai berikut:

- Penelitian hanya mengambil sampel di dua buah jalan yaitu jalan tol Semarang seksi B stasiun 13+100 dan jalan antar kota Demak (jalan lingkar) Km 5+100. (Lokasi penelitian pada kedua ruas jalan tersebut dapat dilihat pada gambar peta lokasi yang terdapat pada lampiran C, halaman 75 dan 76)
- Sampel diambil selama jam-jam tertentu yang diasumsikan memiliki arus kendaraan yang padat (*peak hour*)—walau tidak harus jenuh—dan tidak padat (*non peak hour*). Pemilihan waktu padat dan tidak padat digunakan untuk melihat variasi *time headway* yang ada dan hubungannya dengan volume lalu-lintas².
- Untuk jalan non tol (jalan lingkar Demak), kendaraan sepeda motor dan tak bermotor tidak dipertimbangkan sebagai data *time headway* dan volume dengan beberapa alasan:
 - Sulitnya mengukur waktu gap antar kendaraan sepeda motor (dan tak bermotor) atau kendaraan sepeda motor dengan kendaraan lainnya dikarenakan sulitnya menentukan posisi sepeda motor dalam lalu-lintas (biasanya sepeda motor mudah sekali masuk diantara kendaraan lain dan kendaraan bermotor memiliki karakteristik kecepatan yang berbeda dari kendaraan lain).

² Pertimbangan pemilihan arus padat dan tidak padat didasarkan pada pengamatan langsung di lapangan dan juga didasarkan pada informasi-informasi informal yang didapatkan dari para pengguna jalan.

- Umumnya penelitian *time headway* hanya mempertimbangkan kendaraan penumpang saja (*light vehicle-LV*) atau dengan variasi kendaraan berat (*heavy vehicle-HV*). Untuk jalan non tol di Indonesia, kondisi lalu-lintas dengan komposisi kendaraan LV dan HV saja sulit ditemui. Karena kondisi ideal kurang memungkinkan, maka pertimbangan tidak dimasukkannya kendaraan sepeda motor dan tak bermotor dapat diterima.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis ini disusun sebagai berikut:

- BAB I PENDAHULUAN
Memuat latar belakang permasalahan, pokok permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan permasalahan, dan sistematika penelitian.
- BAB II TINJAUAN PUSTAKA
Memuat landasan teoritis yang berkaitan dengan tema penelitian ditambah paparan mengenai beberapa penelitian terdahulu yang pernah dilakukan.
- BAB III METODOLOGI PENELITIAN
Terdiri dari alur penelitian, jenis-jenis data dan cara pengambilannya serta proses pengolahan dan perhitungannya secara statistik.
- BAB IV PENYAJIAN DATA
Berisi tentang uraian yang berhubungan dengan proses pengumpulan data dan hasil yang didapatkan dari pengumpulan data tersebut.
- BAB V ANALISIS DATA PEMBAHASAN
Mencakup secara lengkap sajian data hasil penelitian dan sekaligus analisis statistik serta evaluasi dari analisis yang dilakukan.
- BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN
Kesimpulan dari analisis dan disertai dengan beberapa saran atau rekomendasi bagi penelitian selanjutnya jika memungkinkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Time headway antar kendaraan merupakan karakteristik arus lalu-lintas yang berpengaruh terhadap aspek keselamatan, tingkat pelayanan, dan kapasitas suatu sarana sistem transportasi. Pada aspek keselamatan, suatu arus harus memiliki *time headway* minimum agar tidak terjadi tabrakan belakang antar kendaraan yang beriringan saat terjadinya perlambatan mendadak. Sebagai indikator tingkat pelayanan suatu jalan, *time headway* dapat memperlihatkan apakah tingkat pelayanan suatu jalan berkategori baik atau buruk dengan melihat besar kecilnya *time headway* yang terjadi. Sedangkan kapasitas suatu jalan dihitung dengan melihat *time headway* rata-rata per satuan waktu dari arus yang terjadi.

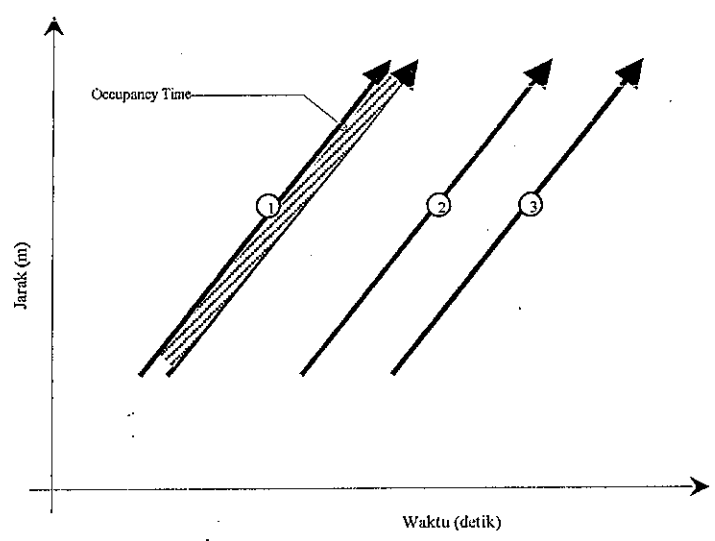
2.2. Definisi *Time headway*

Time headway adalah selisih waktu antar kendaraan yang beriringan yang melewati suatu titik tertentu dalam satu lajur (Salter, R.J., 1974). Karenanya *time headway* pada kenyataannya terdiri dari dua jenis waktu yaitu waktu okupansi (*occupancy time*) dan waktu antara (*time gap*). Waktu okupansi adalah lamanya waktu fisik kendaraan melewati suatu titik pengamatan. Sedangkan waktu antara merupakan selisih waktu saat belakang kendaraan yang didepan melewati suatu titik pengamatan dengan saat ujung depan kendaraan yang mengikutinya melewati titik yang sama (May, A. D., 1990).

Gambaran detail dari *time headway* dapat diwakili oleh Gambar 2.1. dimana sumbu horizontal menunjukkan waktu sedangkan sumbu vertikal mewakili jarak. Waktu kedatangan untuk masing-masing kendaraan diwakili oleh t_1 , t_2 , t_3 dan t_4 . Dengan menganggap bahwa kendaraan berjalan secara konstan (diwakili garis lurus) maka *time headway* untuk tiap waktu adalah:

$$(h)_{1-2} = t_2 - t_1, (h)_{2-3} = t_3 - t_2, \text{ dst} \dots \dots \dots (2.1)$$

h_{m-n} merupakan *time headway* antara kendaraan m dan n .



Gambar 2.1. Tinjauan arus secara mikroskopik

2.3. Distribusi Time headway

Distribusi *time headway* untuk kondisi arus di lapangan pada umumnya bervariasi tergantung pada tingkat kepadatan arus lalu-lintas yang ada. Misalnya pada kondisi arus yang rendah distribusi *time headway* antar kendaraan biasanya bersifat acak. Mengingat pada kondisi arus rendah interaksi antar kendaraan dianggap kecil. Untuk arus padat dimana interaksi kendaraan sangat besar, distribusi *time headway* umumnya bersifat seragam atau konstan. Sedangkan untuk arus sedang dimana interaksi antar kendaraan bersifat campuran (antara acak dan konstan) distribusi *time headway* bersifat antara atau campuran (May, A.D., 1990).

Dalam kondisi arus rendah, semua kendaraan dapat dianggap berjalan secara independen. Dengan kata lain, waktu kedatangan kendaraan yang satu tidak secara nyata dipengaruhi oleh kendaraan di depannya. Pada kondisi seperti ini *time headway* antar kendaraannya dianggap bersifat acak. Dan distribusi *time headway*nya mengikuti model distribusi random. Untuk kebanyakan kondisi, distribusi random yang sesuai untuk *headway* yang random adalah model *negative exponential*. Persamaan fungsi dari distribusi *exponential* dapat ditulis:

$$P(h > t) = e^{-(qt)} \dots\dots\dots(2.2)$$

P merupakan fungsi densitas³ *headway* lebih besar dari t satuan waktu. Sedangkan q adalah tingkat arus rata-rata (*rate of flow*) yang terjadi.

Untuk kondisi arus konstan semua kendaraan sangat tergantung satu sama lain. Oleh karena itu waktu kedatangan kendaraan bersifat kontinyu. Pada kondisi seperti ini *time headway* antar kendaraan bersifat konstan. Untuk kebanyakan kondisi, distribusi yang sesuai adalah model distribusi normal.

Sedangkan dalam kondisi arus sedang, interaksi antar kendaraan dapat dianggap campuran antara acak dengan konstan. Hal ini menyebabkan *time headway* yang terjadi pun bersifat campuran antara yang benar-benar random dan yang mendekati konstan. Di lapangan kondisi random diwakili oleh kendaraan tidak beriringan sedangkan kondisi konstan diwakili oleh kendaraan beriringan. Pendekatan yang umum dipakai untuk kondisi dimana arus sedang dan *time headway* bersifat campuran adalah model distribusi *Pearson Type III*.

2.4. Model Distribusi

Beberapa model distribusi yang biasa dipakai untuk pengujian *time headway* adalah *Negative Exponential*, Normal, dan *Pearson tipe III*. Persamaan fungsi untuk tiap model terangkum dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Macam-macam model distribusi

No.	Nama Model	Fungsi Densitas
1.	<i>Pearson Type III</i>	$\frac{\lambda}{\Gamma(K)} [\lambda(t-\alpha)]^{K-1} e^{-\lambda(t-\alpha)}$
2.	Negative Exponential	$\lambda e^{-\lambda t}$
3.	Normal	$\frac{z}{s}$

³ Densitas disini adalah pengertian matematis untuk menyatakan karapatan suatu area dibawah kurva tertentu. Jadi berbeda dengan pengertian densitas dalam besaran makroskopik arus lalu lintas.

2.5. Uji Chi Kuadrat (χ^2)

Uji chi kuadrat dalam uji distribusi dipakai untuk menguji tingkat kedekatan suatu model distribusi terhadap data pengamatan. Kedekatan antara model distribusi data pengamatan dengan model teoritis ditunjukkan dengan melihat nilai chi hasil perhitungan dengan nilai chi dari Tabel standard.

Nilai chi hitung didapat dari rumus sebagai berikut:

$$\chi^2_{\text{hitung}} = \sum_{i=1}^n \frac{(f_o - f_t)^2}{f_t} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.6. Model Persamaan Kurva

Cara paling mudah untuk mengetahui hubungan antara dua variabel adalah dengan menggunakan pendekatan kurva. Kurva dapat dengan jelas menggambarkan pola atau bentuk hubungan antara dua variabel dalam bentuk matematis. Di samping itu kurva juga dapat menggambarkan ada atau tidak adanya kedekatan antara dua variabel bersangkutan.

Beberapa bentuk kurva yang paling umum digunakan untuk menggambarkan hubungan kartesian adalah linier dan non linier. Baik kurva linier maupun non linier keduanya memiliki bentuk persamaan dasar yang baku yang terdiri dari dua nilai yaitu nilai variabel dan koefisien. Daftar persamaan masing-masing model kurva dan persamaannya tercantum dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Model persamaan kurva

No.	Nama Model	Fungsi Model	Keterangan
1.	Linier	$Y = a + bx$	$a = \text{konstanta}$ $b, c, d = \text{koefisien}$ $Y, x = \text{variabel}$
2.	Kuadrat	$Y = a + bx + cx^2$	
3.	Exponential	$Y = e^{-x}$	
4.	Logaritma	$Y = a + b \cdot \ln(x)$	
5.	Pangkat	$Y = a \cdot x^b$	

2.7. Persamaan Kapasitas

Model persamaan kapasitas berdasar data *time headway* dirumuskan sebagaimana dalam persamaan (2.4).

$$q = \frac{1}{\bar{t}} \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan q adalah kapasitas (kendaraan/detik) dan \bar{t} merupakan *time headway* rata-rata (detik). Persamaan (2.4) jika dikonversi ke dalam satuan jam akan didapatkan persamaan (2.5) sebagai berikut:

$$q = \frac{3600}{\bar{t}} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan q adalah kapasitas (kendaraan/jam) dan \bar{t} merupakan *time headway* rata-rata (detik). Angka 3600 merupakan konversi dari detik ke jam.

2.8. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian tentang *time headway* dan karakteristiknya telah dilakukan, diantaranya di Amerika dan Korea. Tujuan dari penelitian tersebut kebanyakan untuk mengetahui model distribusi *time headway* dengan berbagai variasi tipe jalan dan tipe arus (*platoon* dan *non platoon*).

a. Studi oleh Chang, M. (2000)

Chang, M. (2000) melakukan studi tentang estimasi kapasitas menurut data arus lalu-lintas dengan menggunakan nilai *time headway* di jalan tol Olympic di Korea. Lajur yang diambil sebagai obyek penelitian adalah lajur dalam (*inner lane*) dimana pada lajur ini jenis kendaraan bersifat homogen (hanya kendaraan penumpang). Dengan menggunakan video kamera yang tersambung dengan komputer untuk otomatisasi pencatatan, Chang, M. (2000) mendapatkan sekumpulan data volume dan *time headway* dengan presisi tinggi. Data volume dan *time headway* digunakan sebagai alat analisis untuk menghasilkan kapasitas aktual. Khusus untuk data *time headway*, disamping sebagai alat analisis kapasitas juga dicari pola distribusinya.

Ternyata dari uji pencocokan terhadap berbagai model distribusi, model yang cocok adalah model distribusi *shifted negative exponential* memiliki tingkat kecocokan yang paling tinggi. Dari model ini kemudian diketahui rata-rata *time headway*-nya adalah 2,04 detik.

b. Studi oleh Sadhegheni (2002)

Sadhegheni, S. (2002) melakukan studi untuk mengetahui *time headway* dan karakteristik arus beriringan pada beberapa jalan antar kota di Amerika dengan cara memisahkan pola arus *platoon* dan *non platoon* pada jalan 2 lajur 2 arah. Data dikumpulkan menggunakan *pneumatic tube* dan kemudian diolah dengan program khusus untuk mendapatkan pola *platoon* dan *non platoon*.

Dari hasil uji terhadap data dengan variasi waktu yang berbeda, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- untuk kondisi *platoon*, model distribusi *time headway* yang sesuai adalah model normal.
- Untuk kondisi arus non *platoon* model yang sesuai adalah log normal.
- Nilai rata-rata *time headway* untuk kondisi *platoon* sebesar 0,36 detik.
- Nilai *space gap* rata-rata sebesar 0,5 detik jika diukur dengan waktu reaksi.

c. Studi Oleh Arasan, V., T., (2002)

Arasan, V., T. (2002) melakukan studi tentang Distribusi Time Headway untuk Lalu-lintas bercampur pada Jalan Perkotaan. Studi mengambil lokasi pada jalan Sardar Patel Road di India. Pengambilan data menggunakan kamera digital yang dihubungkan dengan sistem komputer secara on-line.

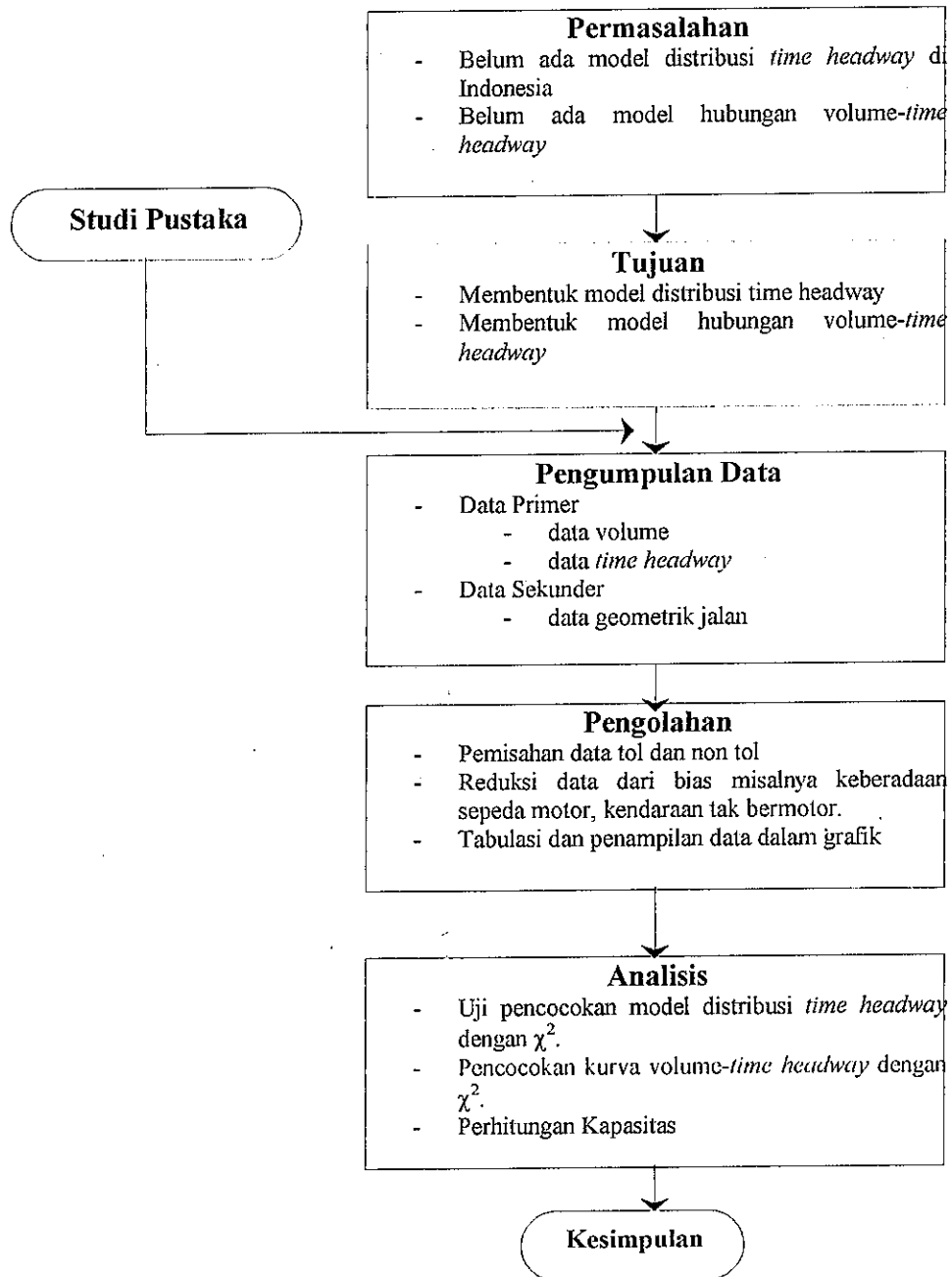
Untuk mendapatkan data *time headway*, Arasan, V., T., (2002) menggunakan counting di layar dengan dibantu suatu program komputer khusus. Dalam studinya Arasan, V., T., (2002) tidak memisahkan kendaraan berdasarkan lajur tertentu karena pada pemisahan seperti itu terlalu sulit dilakukan terutama untuk jalan perkotaan.

Dari studi ini, Arasan, V., T., (2002) mendapatkan hasil-hasil sebagai berikut:

- untuk analisis *time headway* pada kondisi arus bercampur lebih baik jika tidak dilakukan pemisahan kendaraan antar lajur
- model distribusi yang paling sesuai untuk semua data pengamatan adalah model distribusi *negative exponential*

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

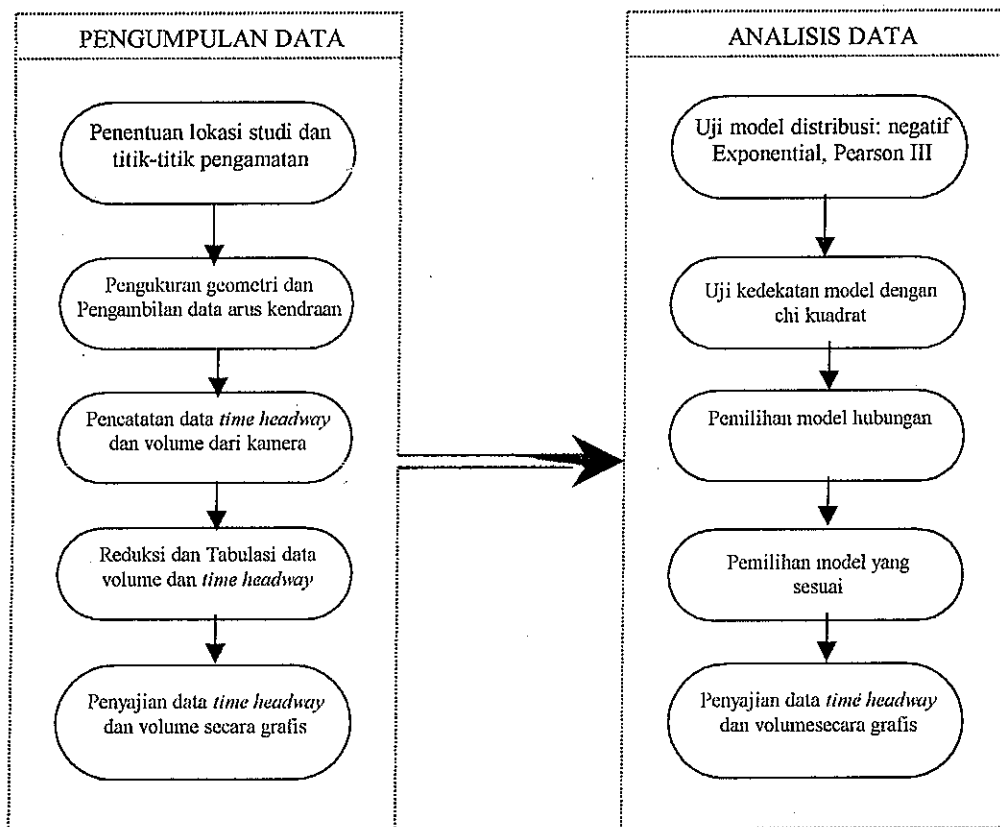
3.1. Diagram Kerja



Gambar 3.1. Diagram Alur Pikir Studi

Sebagai kerangka dasar dari penelitian ini adalah alur pikir studi sebagaimana terlihat pada **Gambar 3.1** dan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi dimulai dengan mengenali masalah-masalah yang berkaitan dengan tema yang dipilih. Masalah-masalah ini dapat dijelaskan melalui pendekatan empiris maupun teoritis. Dengan mengkaji berbagai pustaka dan beberapa penelitian terdahulu, masalah-masalah yang sudah dikenali kemudian dapat dirumuskan untuk memudahkan pelaksanaan studi.
2. Dari rumusan masalah yang sudah terbentuk, kemudian ditetapkan tujuan-tujuan studi. Tujuan ini meliputi tujuan umum dan tujuan-tujuan spesifik.



Gambar 3.2. Prosedur Pengambilan Data dan Analisis-nya

3. Dengan berlandaskan tujuan-tujuan yang telah jelas, maka data-data yang mendukung segera dikumpulkan. Pengumpulan data diteruskan dengan pengolahan yang meliputi reduksi data jika terdapat data-data yang bias, pemilihan dan tabulasi serta penyajian dalam bentuk grafik jika diperlukan.

Langkah terakhir adalah analisis dari data yang telah ditabulasikan dengan menggunakan uji-uji statistik yang diinginkan.

4. Hasil-hasil analisis dan pembahasan, selanjutnya ditarik kesimpulan sebagai hasil akhir dari studi yang dilaksanakan.

Alur pikir studi (**Gambar 3.1**) mengandung dua buah prosedur utama sebagai bagian dari pelaksanaan studi yaitu prosedur pengumpulan dan pengolahan data serta prosedur analisis. **Gambar 3.2** menjelaskan tahap-tahap yang ditempuh untuk melaksanakan dua buah sub-sistem tersebut.

3.2. Pengumpulan Dan Pengolahan Data

Pengumpulan data terdiri dari dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari data volume lalu-lintas dan *time headway*, sedang data sekunder terdiri dari data geometrik.

Data geometrik meliputi:

- lebar jalan
- lebar lajur dan jumlah lajur
- alinyemen vertikal dan alinyemen horisontal
- lebar bahu, jenis bahu
- hambatan samping, posisi jembatan penyeberangan jika ada
- jenis median (jika ada)

Data sekunder berupa data geometrik ini diambil dari Dinas Bina Marga Semarang untuk jalan lingkar Demak. Sedangkan data geometrik jalan tol seksi B diambil dari PT. Jasa Marga Cabang Semarang.

Data primer berupa volume dan *time headway* dari arus lalu-lintas di jalan diambil pada dua tempat yaitu jalan tol seksi B dan jalan lingkar Demak. Cara pengambilan sekaligus pengolahannya mengikuti diagram pada **Gambar 3.2** dan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Pertama-tama dilakukan penentuan daerah studi yaitu jalan tol seksi B dan jalan luar kota lingkar Demak berdasarkan beberapa alasan dan disertai asumsi-asumsi sebagaimana terangkum dalam **Tabel 3.1**. Setelah lokasi ditentukan, kemudian dilakukan pemilihan titik-titik pengambilan data dengan mempertimbangkan segi kemudahan dan kelayakan. Data mengenai lokasi dan titik-titik pengambilan data terangkum dalam **Tabel 3.2**.

Tabel 3.1. Alasan pemilihan lokasi dan asumsi-asumsi yang digunakan

	Alasan	Asumsi
Jalan Lingkar Demak	<ul style="list-style-type: none"> - Geometrik jalan yang mendekati ideal (lebar jalan, lebar bahu, jenis bahu, kondisi tikungan dan tanjakan) - hambatan samping yang kecil - Arus relatif menerus karena kondisi geometrik yang homogen dan tidak ada arus keluar masuk - Porsi kendaraan sepeda motor dan tak bermotor relatif kecil. - Mudah pengambilan datanya. Pengambilan cukup dari kanan-kiri jalan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dianggap tidak ada tikungan yang berarti sepanjang kurang lebih 1 km pada titik pengamatan (500 m upstream dan 500 m downstream) - Dianggap tidak ada pengaruh yang berarti dari kelandaian yang dapat mengganggu kecepatan kendaraan - Tidak dipertimbangkan adanya gangguan-gangguan kecepatan yang tidak dapat dikuantifikasi seperti kondisi pengemudi, reaksi mendadak atau gangguan lalu-lintas sejenis
Jalan Tol Seksi B	<ul style="list-style-type: none"> - Geometrik jalan yang ideal (lebar jalan, lebar bahu, jenis bahu, kondisi tikungan dan tanjakan) - Tidak adanya hambatan samping - Arus relatif menerus karena kondisi geometrik yang homogen dan tidak ada arus keluar masuk - Posisi penempatan kamera yang mudah karena adanya jembatan penyeberangan - Dimungkinkan tidak ada bias akibat posisi pengambilan karena data diambil dari atas jembatan penyeberangan (tidak ada tiang penyangga di tengah) 	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk jalan tol, lajur yang dipilih adalah lajur dalam dan luar untuk kedua arah. - Diasumsikan tidak ada pengaruh yang berarti dari cuaca, penerangan atau jarak pandang

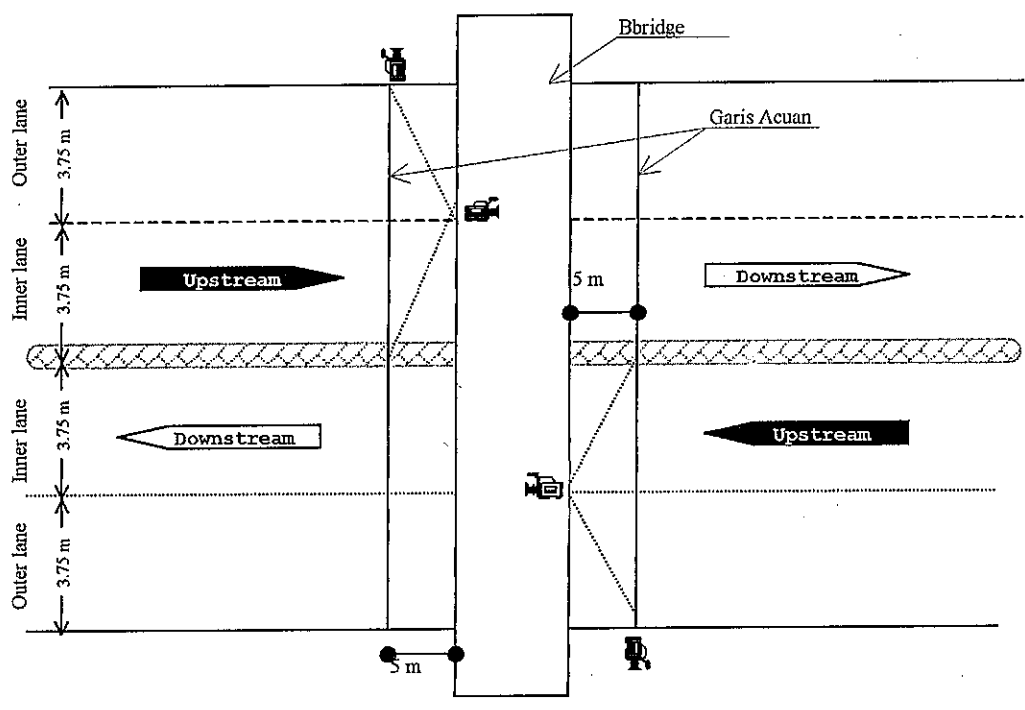
2. Langkah kedua dilakukan pengukuran geometri jalan, pemberian garis acuan pengamatan (*reference line*), pemasangan kamera pada jembatan penyeberangan atau *jembatan penyeberangan* yang melintasi titik pengamatan. Pengukuran geometrik jalan meliputi lebar lajur, jumlah lajur, lebar bahu, dan jenis bahu. Data pengukuran jalan terangkum dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Data teknis jalan dan titik lokasi pengamatan

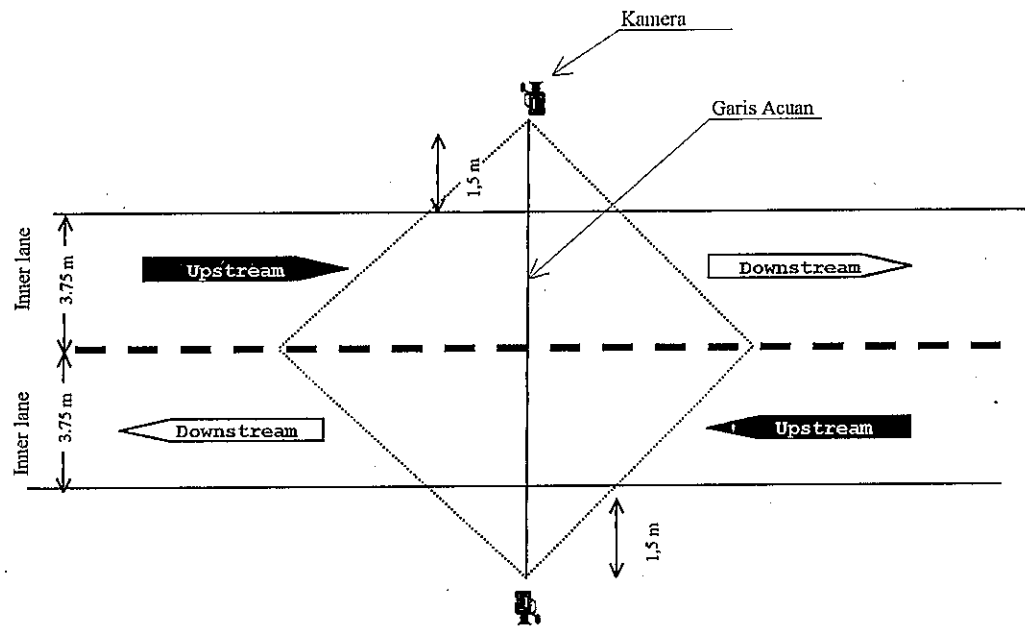
Nama Jalan	Site	Jumlah lajur	Lajur diamati	Lebar lajur (m)	Lebar bahu (m)	Jenis bahu
Jalan Lingkar	KM. 5+100	2	Semua	3,75	1	Gravel
Tol Seksi B	13+500	4	Semua	3,75	1	Rigid

Sumber: Bina Marga Semarang (2002); Marwoto(2002); Hasil pengukuran

3. Langkah ketiga mencakup proses penempatan kamera dan pengambilan data. Untuk jalan lingkar, pengambilan data dilakukan dari samping. Karena itu kamera ditempatkan diatas bahu jalan sejauh 1,5 m dari tepi jalan. Untuk jalan Tol, pengambilan data dilakukan dari dua arah yaitu dari atas dan samping. Untuk pengambilan data dari atas, kamera ditempatkan di atas jembatan penyeberangan. Untuk pengambilan data dari samping, kamera ditempatkan di atas tembok pagar batas tol. Pengambilan data dari atas dan samping dilakukan secara bersamaan waktunya.
4. Data yang telah didapat dari lapangan kemudian dicatat ulang. Pencatatan dilakukan dengan cara memutar ulang kaset video kamera kedalam komputer atau televisi. Untuk memudahkan pencatatan, di layar monitor perlu diberi garis acuan yang menegaskan garis acuan yang dibuat di lapangan. Dari pencatatan ini akan dihasilkan data-data: jenis kendaraan, jumlah kendaraan dan waktu kedatangannya, serta kecepatan sesaat.
5. Data jenis, jumlah dan kedatangan kendaraan masing-masingnya diolah menurut urutan sebagai berikut:
 - a. Data dipisahkan menurut interval waktu yang diinginkan dan dihitung volume-nya (dalam penelitian ini diambil 15 menitan). Pada tiap-tiap interval waktu tersebut, data kedatangan kendaraan dipisahkan menurut urutan: LV-LV untuk kendaraan ringan yang mengikuti kendaraan ringan; LV-HV untuk kendaraan ringan mengikuti kendaraan berat; HV-LV jika kendaraan berat mengikuti kendaraan ringan; dan HV-HV untuk kendaraan berat mengikuti kendaraan berat. Pada saat pemisahan ini juga dilihat posisi dominan kendaraan di atas lajur. Kendaraan yang dianggap dominan pada lajur tertentu (lebih dari 50 % dari lebar kendaraan) dimasukkan dalam lajur tersebut dan dibuang dari lajur lainnya. Data yang mengandung kendaraan sepeda motor dan kendaraan tak bermotor dihilangkan. Proses seperti ini disebut reduksi data.



a) Jalan Tol Seksi B Semarang



b) Jalan jalan lingkar demak

Gambar 3.3. Pola penempatan kamera

- b. Data yang sudah dikelompokkan 15 menitan kemudian dicari yang memiliki volume 15 menitan yang paling maksimum. Volume maksimum ini nantinya digunakan untuk analisis selanjutnya terutama untuk penentuan model distribusi time headway.
6. Data yang sudah diolah kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafis. Penyajian ini bermanfaat untuk melihat secara dini pola kecenderungan data yang ada.

3.3. Analisis dan Uji Statistik

Dari hasil pengolahan data selanjutnya dapat dilakukan analisis data dengan menggunakan uji-uji statistik. Ada tiga tahap analisis dalam penelitian ini yaitu analisis distribusi, analisis kurva time headway-volume dan analisis kapasitas.

1. Analisis model distribusi time headway

Langkah-langkah analisis

- a) Data *time headway* didistribusikan berdasarkan frekuensi kejadiannya dalam interval tertentu (tergantung *range* data). Hasil distribusi ini kemudian didekati dengan berbagai model distribusi teoritis. Dalam studi ini, model-model distribusi yang akan diujikan ada 3 buah yaitu: distribusi *Negative Exponential*, *Pearson Type III*, dan Normal.
- b) Sebelum pendekatan model, lebih dahulu dilakukan seleksi diantara model-model teoritis yang akan disertakan dalam uji. Seleksi dimaksudkan untuk mengurangi jumlah analisis yang harus dilakukan. Seleksi didasarkan pada kriteria kepadatan arus lalu-lintas yaitu: arus kepadatan rendah, kepadatan sedang dan kepadatan tinggi. Masing-masing kategori memiliki kriteria seperti dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kriteria penentuan kategori arus rendah, sedang dan tinggi

No.	Kategori	Time Headway
1.	Kepadatan Tinggi	< 2,5 detik
2.	Kepadatan Sedang	2,5 – 9 detik
3.	Kepadatan Rendah	> 9 detik

Sumber: Salter, R.J (1974)

- c) Model-model yang telah lolos seleksi selanjutnya dihitung distribusinya dengan menggunakan rumus-rumus yang sesuai seperti dijelaskan dalam bab sebelumnya. Pada langkah ini akan dihasilkan distribusi teoritis.
- d) Model-model teoritis yang telah dihitung selanjutnya diuji dengan χ^2 (baca: chi kaudrat) untuk mengetahui kecocokan model tersebut dengan distribusi data empiris (hasil pengamatan).
- e) Model dianggap memiliki kecocokan jika hipotesis berikut terpenuhi:

$$H_0 : P_t = P_e$$

$$H_1 : P_t \neq P_e$$

Dengan kriteria sebagai berikut:

- hipotesis diterima jika $\chi_{hitung} < \chi_{tabel}$
- hipotesis ditolak jika $\chi_{hitung} > \chi_{tabel}$

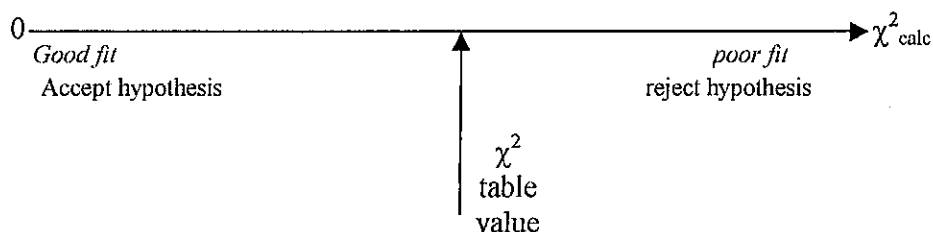
2. Analisis model hubungan time headway-volume

- a) data time headway dan volume yang telah dikelompokkan menurut interval tertentu (dalam penelitian ini diambil 15 menitan) kemudian didekati dengan model regresi. Dalam penelitian ini akan diujikan 5 buah model regresi yang umum dipakai yaitu model linier, kuadrat, pangkat, logaritma alam (Ln) dan exponential.
- b) Untuk melihat model mana yang paling mewakili terhadap data pengamatan, digunakan dua kriteria yaitu nilai determinasi (R^2) dan nilai χ^2 . model dianggap memiliki kedekatan paling baik jika nilai R^2 -nya tertinggi dan uji χ^2 nya diterima.
- c) Model yang sudah diseleksi, kemudian dipersiapkan untuk analisis selanjutnya.

3. Analisis Kapasitas

- a) Perhitungan kapasitas dimulai dengan perhitungan mean, median, dan modus dari distribusi time headway. Untuk mengetahui perbedaan kondisi sebelum dan setelah dimodelkan, maka nilai mean, median dan modus dihitung dari data survei dan dari model distribusi teoritis.
- b) Dengan menggunakan persamaan (2.4) dan persamaan kurva yang telah diuji pada analisis (2) maka kapasitas dapat dihitung dengan cara memasukkan berbagai nilai time headway yang didapat pada langkah (a). sehingga didapatkan 4 kelompok kapasitas.

- c) Dengan membandingkan nilai kapasitas pada masing-masing kelompok didapatkan kapasitas yang paling besar. Kapasitas inilah yang diambil sebagai kapasitas yang paling mewakili.



Gambar 3.4. Kriteria kedekatan suatu hasil uji dengan chi kuadrat (χ^2)

Tabel 3.3. Jenis data dan alat uji

No.	Jenis Data	Sasaran	Alat Uji	Standar Uji	Parameter
1.	<i>Time headway</i>	Model Distribusi	Model, χ^2	χ^2	Mean, persentil
2.	<i>Time headway- Volume</i>	Model Hubungan Time Headway- Volume	Regresi	R^2	

BAB IV PENYAJIAN DATA

Bab ini merangkum data hasil penelitian dan proses reduksi-nya sebelum digunakan untuk Bab selanjutnya. Beberapa hasil kompilasi data *time headway* juga diikutkan.

4.1. Ekplorasi Data

Pengumpulan data dilakukan pada dua lokasi yaitu pada jalan tol seksi B Km.13+100 di Semarang dan jalan lingkar Demak pada km.5+100. Untuk gambar peta lokasi pengambilan data dapat dilihat pada daftar lampiran. Pengambilan dilakukan selama tiga hari dalam satu minggu, yaitu pada hari senin pagi (07.00 – 09.00 wib), rabu (08.00 – 10.00 wib), dan pada hari sabtu (16.00 – 18.00 wib) berlaku untuk masing-masing ruas jalan (tol dan jalan lingkar). Berikut disajikan karakter data hasil pengamatan di lapangan.

4.1.1. Arus Lalu lintas Menurut Arah dan Lajur

Untuk jalan Lingkar dibedakan menjadi dua yaitu arah I yang diindekkan untuk arah pergerakan dari Semarang menuju Kudus dan arah II diindekkan untuk arah yang berasal dari Kudus menuju Semarang.

Untuk Jalan Tol Seksi B Semarang arah dibedakan menjadi dua yaitu arah I yang diindekkan untuk arah dari Semarang menuju Spondol dan arah II yang diindekkan untuk arah dari Spondol menuju Semarang.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa untuk tiap-tiap arah pada kedua jenis jalan (Lingkar dan Tol) terdapat perbedaan jumlah arus lalu lintas kendaraan. Jumlah arus lalu lintas untuk masing - masing jalan, arah dan lajur dicantumkan pada tabel 4.1. sedangkan proporsi arus antar arah dihitung dari prosentase jumlah arus per arus keseluruhan pada masing-masing jalan dan hasilnya dicantumkan dalam Tabel 4.2.

Untuk jalan Lingkar, perbandingan arus untuk arah I dan arah II mendekati bervariasi antara 49/51 (Senin) sampai 51/49 (Sabtu dan Rabu).

Untuk Jalan Tol, perbandingan antara arah I dan arah II bervariasi yaitu 49/51 (Senin), 51/49 (Sabtu) dan 47/53 (Rabu). Sedangkan perbandingan arus antara lajur dalam dengan lajur luar untuk arah I bervariasi dari 84/16, 75/25 sampai 70/30. Untuk arah II, perbandingan antara lajur dalam dan luar berkisar dari 80/20, 75/25, dan 74/26.

Tabel 4.1. Volume arus lalu lintas menurut jalan, arah, dan lajur

Interval Waktu	LING 1			Volume (smp/15 menit)	LING 2			Volume (smp/15 menit)	TOL 1 1			Volume (smp/15 menit)	TOL 1 2			Volume (smp/15 menit)	TOL 2 1			Volume (smp/15 menit)	TOL 2 2			Volume (smp/15 menit)
	LV	HV	MC		LV	HV	MC		LV	HV	MC		LV	HV	MC		LV	HV	MC		LV	HV	MC	
7:00:00 - 7:15:00	71	44		124	62	32	3	102	145	41		194	34	8		44	136	51		197	29	12		43
7:15:00 - 7:30:00	52	41		101	72	25	6	104	144	52		206	24	10		36	143	44		196	33	5		39
7:30:00 - 7:45:00	48	51		109	63	28	8	100	136	52		198	31	13		47	129	49		188	38	16		57
7:45:00 - 8:00:00	54	47	1	111	64	39	7	114	142	51		203	33	8		43	145	58		215	33	17		53
8:00:00 - 8:15:00	42	25	4	74	63	29	2	99	143	64		220	20	11		33	137	60		209	42	19		65
8:15:00 - 8:30:00	50	29	7	88	64	31	4	103	145	40		193	25	14		42	137	38		183	33	10		45
8:30:00 - 8:45:00	45	39	10	96	67	26	6	101	141	45		195	29	9		40	150	55		216	38	13		54
8:45:00 - 9:00:00	63	31	11	105	57	26	2	89	148	49		207	26	6		33	158	48		216	38	12		52
8:00:00 - 8:15:00	22	14	2	40	27	14	1	44	61	21		86	38	11		51	68	21		93	27	9		38
8:15:00 - 8:30:00	35	10	2	48	20	13	2	36	70	23		98	21	9		32	80	22		106	21	9		32
8:30:00 - 8:45:00	22	13	2	38	26	13	2	42	67	29		102	22	8		32	73	31		110	22	8		32
8:45:00 - 9:00:00	26	17	3	48	26	22	1	53	53	23		81	30	7		38	80	38		126	30	10		42
9:00:00 - 9:15:00	30	23	2	58	32	18	1	54	49	23		77	19	8		29	77	43		129	29	10		41
9:15:00 - 9:30:00	26	9	2	38	31	17	2	52	77	18		99	27	14		44	77	21		102	29	8		39
9:30:00 - 9:45:00	28	14	1	45	28	7	4	38	66	26		97	32	12		46	79	17		99	27	9		38
9:45:00 - 10:00:00	29	12	1	44	28	13	4	45	72	20		96	30	7		38	78	15		96	25	12		39
16:00:00 - 16:15:00	48	68	5	132	66	34	2	108	153	32		191	34	18		56	119	43		171	38	11		51
16:15:00 - 16:30:00	38	61	6	114	69	33	2	109	159	27		191	50	11		63	149	46		204	49	17		69
16:30:00 - 16:45:00	41	66	7	123	60	33	4	101	143	35		185	48	17		68	129	56		196	40	17		60
16:45:00 - 17:00:00	38	67	6	121	58	41	3	108	156	39		203	45	21		70	113	51		174	47	22		73
17:00:00 - 17:15:00	37	47	12	98	68	27	4	102	158	32		196	43	16		62	106	43		158	43	18		65
17:15:00 - 17:30:00	33	59	13	109	67	25	2	98	152	30		188	42	15		60	146	37		190	45	23		73
17:30:00 - 17:45:00	55	44	8	111	67	35	5	111	155	25		185	44	14		61	131	47		187	35	10		47

Tabel 4.2. Proporsi arus menurut jalan, arah, dan lajur

Interval Waktu	LINE1			LINE2			TOLL1			TOLL2			TOLL3			TOLL4			TOLL5				
	LY	HV	MC	Total	LY	HV	MC	Total	LY	HV	Total	LY	HV	Total	LY	HV	Total	LY	HV	Total	LY	HV	Total
	7:00:00 - 7:15:00	62%	38%	0%	100%	64%	3%	3%	100%	78%	22%	100%	81%	19%	100%	73%	27%	100%	71%	29%	100%	71%	29%
7:15:00 - 7:30:00	56%	44%	0%	100%	70%	24%	6%	100%	73%	27%	100%	71%	29%	100%	76%	24%	100%	70%	30%	100%	67%	33%	100%
7:30:00 - 7:45:00	47%	52%	0%	100%	64%	28%	8%	100%	72%	28%	100%	70%	30%	100%	72%	28%	100%	71%	29%	100%	70%	30%	100%
7:45:00 - 8:00:00	53%	46%	1%	100%	58%	35%	6%	100%	74%	26%	100%	69%	31%	100%	70%	30%	100%	70%	30%	100%	68%	32%	100%
8:00:00 - 8:15:00	58%	35%	6%	100%	67%	31%	2%	100%	69%	31%	100%	65%	35%	100%	70%	30%	100%	70%	30%	100%	69%	31%	100%
8:15:00 - 8:30:00	58%	34%	8%	100%	68%	31%	4%	100%	78%	22%	100%	64%	36%	100%	78%	22%	100%	78%	22%	100%	77%	23%	100%
8:30:00 - 8:45:00	48%	41%	11%	100%	68%	28%	6%	100%	78%	22%	100%	76%	24%	100%	73%	27%	100%	75%	25%	100%	75%	25%	100%
8:45:00 - 9:00:00	60%	30%	10%	100%	67%	31%	2%	100%	73%	27%	100%	81%	19%	100%	77%	23%	100%	77%	23%	100%	76%	24%	100%
9:00:00 - 9:15:00	58%	37%	5%	100%	64%	33%	2%	100%	74%	26%	100%	78%	22%	100%	76%	24%	100%	76%	24%	100%	75%	25%	100%
9:15:00 - 9:30:00	74%	21%	4%	100%	57%	37%	6%	100%	73%	27%	100%	70%	30%	100%	78%	22%	100%	78%	22%	100%	70%	30%	100%
9:30:00 - 9:45:00	59%	35%	5%	100%	69%	32%	5%	100%	70%	30%	100%	73%	27%	100%	70%	30%	100%	70%	30%	100%	73%	27%	100%
9:45:00 - 10:00:00	57%	37%	7%	100%	53%	45%	2%	100%	70%	30%	100%	81%	19%	100%	68%	32%	100%	68%	32%	100%	75%	25%	100%
10:00:00 - 10:15:00	55%	42%	4%	100%	63%	35%	2%	100%	68%	32%	100%	70%	30%	100%	64%	36%	100%	64%	36%	100%	74%	26%	100%
10:15:00 - 10:30:00	70%	24%	5%	100%	62%	34%	4%	100%	81%	19%	100%	66%	34%	100%	73%	27%	100%	73%	27%	100%	78%	22%	100%
10:30:00 - 10:45:00	65%	33%	2%	100%	72%	18%	10%	100%	72%	28%	100%	73%	27%	100%	82%	18%	100%	82%	18%	100%	75%	25%	100%
10:45:00 - 11:00:00	69%	29%	2%	100%	62%	23%	9%	100%	78%	22%	100%	81%	19%	100%	73%	27%	100%	73%	27%	100%	78%	22%	100%
11:00:00 - 11:15:00	40%	56%	4%	100%	65%	33%	2%	100%	83%	17%	100%	66%	34%	100%	73%	27%	100%	73%	27%	100%	68%	32%	100%
11:15:00 - 11:30:00	39%	58%	6%	100%	66%	32%	2%	100%	85%	15%	100%	65%	35%	100%	75%	25%	100%	75%	25%	100%	78%	22%	100%
11:30:00 - 11:45:00	36%	58%	6%	100%	62%	34%	4%	100%	80%	20%	100%	62%	38%	100%	76%	24%	100%	76%	24%	100%	74%	26%	100%
11:45:00 - 12:00:00	34%	60%	6%	100%	62%	34%	4%	100%	80%	20%	100%	64%	36%	100%	70%	30%	100%	70%	30%	100%	70%	30%	100%
12:00:00 - 12:15:00	34%	49%	13%	100%	57%	40%	3%	100%	80%	20%	100%	68%	32%	100%	68%	32%	100%	68%	32%	100%	68%	32%	100%
12:15:00 - 12:30:00	31%	56%	12%	100%	71%	27%	2%	100%	84%	16%	100%	74%	26%	100%	71%	29%	100%	71%	29%	100%	70%	30%	100%
12:30:00 - 12:45:00	51%	41%	7%	100%	63%	33%	5%	100%	84%	16%	100%	74%	26%	100%	80%	20%	100%	80%	20%	100%	66%	34%	100%
12:45:00 - 13:00:00	51%	41%	7%	100%	63%	33%	5%	100%	84%	16%	100%	74%	26%	100%	80%	20%	100%	80%	20%	100%	66%	34%	100%
13:00:00 - 13:15:00	71%	27%	2%	100%	63%	33%	3%	100%	86%	14%	100%	81%	19%	100%	74%	26%	100%	74%	26%	100%	78%	22%	100%
13:15:00 - 13:30:00	71%	27%	2%	100%	63%	33%	3%	100%	86%	14%	100%	81%	19%	100%	74%	26%	100%	74%	26%	100%	78%	22%	100%
13:30:00 - 13:45:00	71%	27%	2%	100%	63%	33%	3%	100%	86%	14%	100%	81%	19%	100%	74%	26%	100%	74%	26%	100%	78%	22%	100%
13:45:00 - 14:00:00	71%	27%	2%	100%	63%	33%	3%	100%	86%	14%	100%	81%	19%	100%	74%	26%	100%	74%	26%	100%	78%	22%	100%

4.1.2. Jumlah Kendaraan yang Melintas Marka

Dari penelitian juga diketahui bahwa terdapat beberapa kendaraan yang tidak berada tepat dalam lajur atau menyentuh marka antar lajur. Kondisi ini didefinisikan sebagai posisi saat roda kendaraan berada pada lajur lain dari lajur yang diamati. Karena berada dalam antara dua lajur maka kondisi kendaraan dapat mempengaruhi arus pada kedua sisi.

Untuk mempermudah penghitungan *time headway*, posisi kendaraan yang melewati garis marka antar lajur diputuskan dengan kaidah berikut:

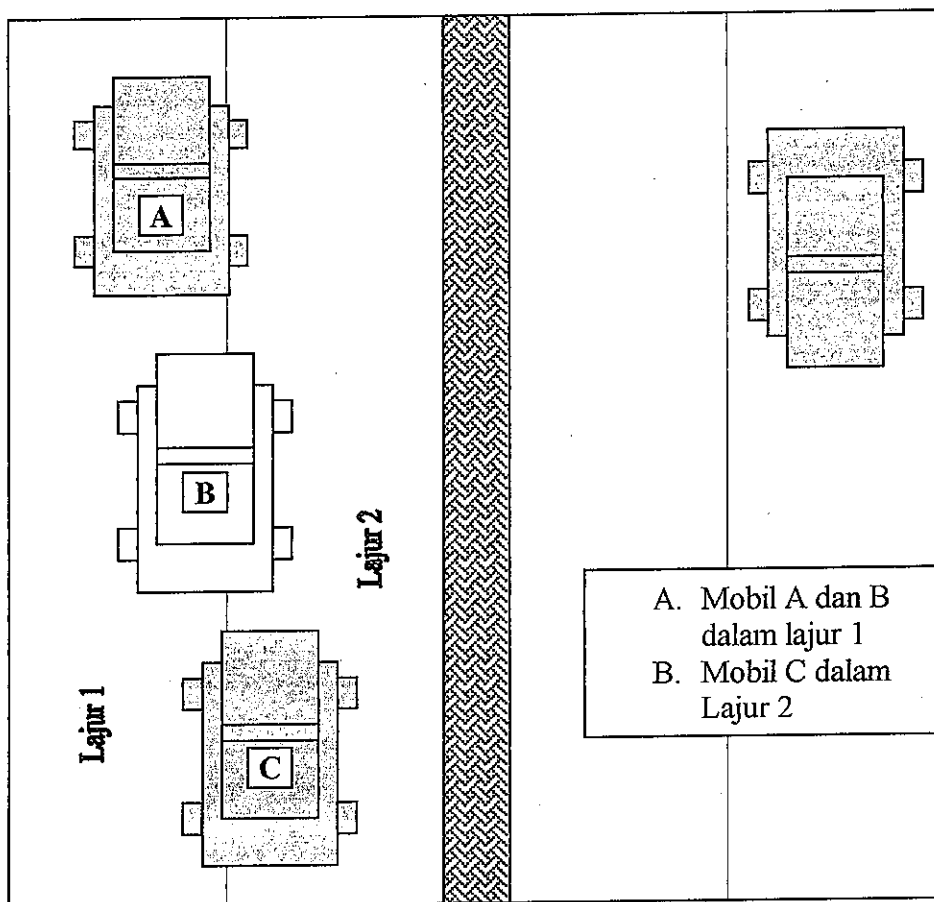
Kendaraan dimasukkan dalam lajur tertentu, dan dibuang dari lajur lainnya jika proporsi sebagian besar lebar kendaraan (berada pada lajur tertentu tersebut.

Tabel 4.3. Jumlah kendaraan yang melintasi marka

	Hari	HV		LV		MC		TOTAL (kend.)	
		(kend)	%	(kend)	%	(kend)	%		
ARAH I (SEMARANG- SRONDOL)	DALAM	Senin	34	9	84	7	0	0	130
		Sabtu	23	10	88	7	0	0	74
		Rabu	16	9	27	5	0	0	57
	LUAR	Senin	8	10	17	8	0	0	23
		Sabtu	6	10	27	8	0	0	40
		Rabu	7	9	15	7	0	0	24
ARAH II (SRONDOL- SEMARANG)	DALAM	Senin	40	10	111	10	0	0	119
		Sabtu	12	6	77	7	0	0	84
		Rabu	13	6	42	7	0	0	61
	LUAR	Senin	7	7	16	5	0	0	19
		Sabtu	12	10	16	6	0	0	37
		Rabu	4	6	12	6	0	0	22

Penentuan sebenarnya dari posisi kendaraan yang melewati batas marka lebih kompleks karena harus mempertimbangkan berbagai hal seperti posisi roda, lebar lajur dan lebar marka. Untuk kebutuhan praktis penghitungan *time headway* maka kaidah tersebut dipakai.

Dari hasil pengamatan intensif terhadap data, diketahui bahwa jumlah kendaraan yang melintasi batas marka rata-rata kurang dari 9 %. Dari prosentase ini sebanyak 70%-nya berada dalam lajur dalam. Sisanya berada dalam lajur luar.



Gambar 4.1. Ilustrasi kendaraan yang melintas marka

4.1.3. Variasi Arus Menurut Jenis Kendaraan

Dari hasil penelitian diketahui bahwa terdapat empat jenis kendaraan di jalan lingkar yaitu kendaraan ringan, kendaraan berat, dan sepeda motor. Sementara hanya ada dua jenis kendaraan untuk jalan tol yaitu kendaraan ringan, dan kendaraan berat.

Kendaraan ringan ditentukan menurut ukuran standar kendaraan penumpang berdasarkan IHCM 1997 atau variasinya. Yang termasuk dalam jenis kendaraan ringan adalah sedan, pickup dan sejenisnya.

Kendaraan berat ditentukan menurut ukuran standar kendaraan truk 1 gandar atau lebih. Yang termasuk dalam jenis kendaraan berat dapat berupa truk 1 gandar (as), 2 gandar atau lebih, Bus dan sejenisnya.

Kendaraan sepeda motor adalah semua jenis kendaraan yang ukurannya di bawah kendaraan ringan dan berat yang pada umumnya beroda dua dengan penggerak mesin.

Tabel 4.4. Variasi arus lalu lintas menurut jenis kendaraannya untuk jalan lingkar

Hari	Interval Waktu	LING 1			Volume (smp/15 menit)	LING 2			Volume (smp/15 menit)
		LV	HV	MC		LV	HV	MC	
Senin	7:00:00 - 7:15:00	71	44		124	62	32	3	102
	7:15:00 - 7:30:00	52	41		101	72	25	6	104
	7:30:00 - 7:45:00	48	51		109	63	28	8	100
	7:45:00 - 8:00:00	54	47	1	111	64	39	7	114
	8:00:00 - 8:15:00	42	25	4	74	63	29	2	99
	8:15:00 - 8:30:00	50	29	7	88	64	31	4	103
	8:30:00 - 8:45:00	45	39	10	96	67	26	6	101
	8:45:00 - 9:00:00	63	31	11	105	57	26	2	89
Rabu	8:00:00 - 8:15:00	22	14	2	40	27	14	1	44
	8:15:00 - 8:30:00	35	10	2	48	20	13	2	36
	8:30:00 - 8:45:00	22	13	2	38	26	13	2	42
	8:45:00 - 9:00:00	26	17	3	48	26	22	1	53
	9:00:00 - 9:15:00	30	23	2	58	32	18	1	54
	9:15:00 - 9:30:00	26	9	2	38	31	17	2	52
	9:30:00 - 9:45:00	28	14	1	45	28	7	4	38
	9:45:00 - 10:00:00	29	12	1	44	28	13	4	45
Sabtu	16:00:00 - 16:15:00	48	68	5	132	66	34	2	108
	16:15:00 - 16:30:00	38	61	6	114	69	33	2	109
	16:30:00 - 16:45:00	41	66	7	123	60	33	4	101
	16:45:00 - 17:00:00	38	67	6	121	58	41	3	108
	17:00:00 - 17:15:00	37	47	12	98	68	27	4	102
	17:15:00 - 17:30:00	33	59	13	109	67	25	2	98
	17:30:00 - 17:45:00	55	44	8	111	67	35	5	111
	17:45:00 - 18:00:00	67	26	2	99	69	38	3	116

Tabel 4.4 merangkum variasi tiap-tiap jenis kendaraan dalam arus lalu-lintas pada tiap arah pada jalan Lingkar. Dari Tabel terlihat bahwa proporsi kendaraan terbesar yang berada dalam arus didominasi oleh kendaraan ringan (50%) dan kendaraan berat (45%). Sementara itu jumlah kendaraan sepeda motor hanya berkisar antara 4% sampai 6% dari total arus keseluruhan.

Jumlah kendaraan sepeda motor yang kecil (di jalan lingkar) mengindikasikan bahwa pengaruhnya sangat kecil terhadap kestabilan arus dan jarak antar kendaraan (headway) secara keseluruhan.

Sedangkan variasi antara kendaraan berat dan ringan untuk jalan Tol ditunjukkan dalam Tabel 4.5. Tampak bahwa proporsi kendaraan ringan terhadap kendaraan berat mencapai 3 kali lipat.

Tabel 4.5. Variasi arus lalu lintas menurut jenis kendaraannya untuk jalan tol

Interval Waktu	TOL11		Volume (samp/15 menit)		TOL12		Volume (samp/15 menit)		TOL21		Volume (samp/15)		TOL22		Volume (samp/15 menit)	
	LV	HV	LV	HV	LV	HV	LV	HV	LV	HV	LV	HV	LV	HV	LV	HV
7:00:00 - 7:15:00	145	41	194	8	34	8	44	196	51	197	29	12	43			
7:15:00 - 7:30:00	144	52	208	10	24	10	36	143	44	196	33	5	39			
7:30:00 - 7:45:00	136	52	198	13	31	13	47	129	49	188	38	16	57			
7:45:00 - 8:00:00	142	51	203	8	33	8	43	145	58	215	33	17	53			
8:00:00 - 8:15:00	148	64	220	11	20	11	33	137	60	209	42	19	65			
8:15:00 - 8:30:00	145	40	193	14	25	14	42	137	38	183	33	10	45			
8:30:00 - 8:45:00	141	45	195	9	29	9	40	150	55	216	38	13	54			
8:45:00 - 9:00:00	148	49	207	6	26	6	33	158	48	216	38	12	52			
9:00:00 - 9:15:00	61	21	86	11	38	11	51	68	21	93	27	9	38			
9:15:00 - 9:30:00	70	23	98	9	21	9	32	80	22	106	21	9	32			
9:30:00 - 9:45:00	67	29	102	8	22	8	32	73	31	110	22	8	32			
9:45:00 - 10:00:00	53	23	81	7	30	7	38	80	38	126	30	10	42			
10:00:00 - 10:15:00	49	23	77	8	19	8	29	77	43	129	29	10	41			
10:15:00 - 10:30:00	77	18	99	14	27	14	44	77	21	102	29	8	39			
10:30:00 - 10:45:00	66	26	97	12	32	12	46	79	17	99	27	9	38			
10:45:00 - 11:00:00	72	20	96	7	30	7	38	78	15	96	25	12	39			
11:00:00 - 11:15:00	153	32	191	18	34	18	56	119	43	171	38	11	51			
11:15:00 - 11:30:00	159	27	191	11	50	11	63	149	46	204	49	17	69			
11:30:00 - 11:45:00	143	35	185	17	48	17	68	129	56	196	40	17	60			
11:45:00 - 12:00:00	156	39	203	21	45	21	70	113	51	174	47	22	73			
12:00:00 - 12:15:00	158	32	196	16	43	16	62	106	43	158	43	18	65			
12:15:00 - 12:30:00	152	30	188	15	42	15	60	146	37	190	45	23	73			
12:30:00 - 12:45:00	155	25	185	14	44	14	61	131	47	187	35	10	47			
12:45:00 - 13:00:00	140	23	168	13	56	13	72	134	46	189	49	9	60			

4.2. Perhitungan Data *Time headway*

4.2.1. Data Time Headway Individual

Time headway antar kendaraan dihitung berdasarkan selisih waktu kedatangan antara kendaraan yang diikuti dengan kendaraan yang mengikuti. Sehingga didapatkan data *time headway* sebanyak:

$$m = n - 1 \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana m adalah jumlah data *time headway* dan n adalah jumlah kendaraan yang diamati. Data *time headway* ini selanjutnya disebut data *time headway individual*, yang berarti belum dikelompokkan menurut kategori tertentu.

Hasil perhitungan data *time headway individual* dicantumkan dalam Tabel 4.5. Proporsi data *time headway* dibedakan menurut jalan, arah dan lajur.

Tabel 4.6. Proporsi data *time headway* menurut jalan, arah, dan lajur

	Arah	Lajur	Senin		Sabtu		Rabu	
			Jumlah data	%	Jumlah data	%	Jumlah data	%
Lingkar	I		765	49	854	51	345	49
	II		786	51	815	49	354	51
		Total	1551	100	1669	100	700	100
Tol	I	Dalam	1547	84	1459	75	698	70
		Luar	301	16	490	25	295	30
		Total	1848	100	1949	100	993	100
		%	49		51		47	
	II	Dalam	1545	80	1401	75	820	74
		Luar	388	20	473	25	287	26
		Total	1933	100	1874	100	1109	100
		%	51		49		53	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.7. *Time headway* rata-rata menurut arah dan lajur

	Rata-rata <i>time headway</i> (detik)					
	LING1	LING2	TOL11	TOL12	TOL21	TOL22
Senin	9,76	9,41	4,68	23,90	4,69	18,44
Rabu	21,62	21,14	10,23	24,35	8,84	25,25
Sabtu	8,81	9,08	4,93	14,78	5,16	15,03

Sumber: Hasil Perhitungan

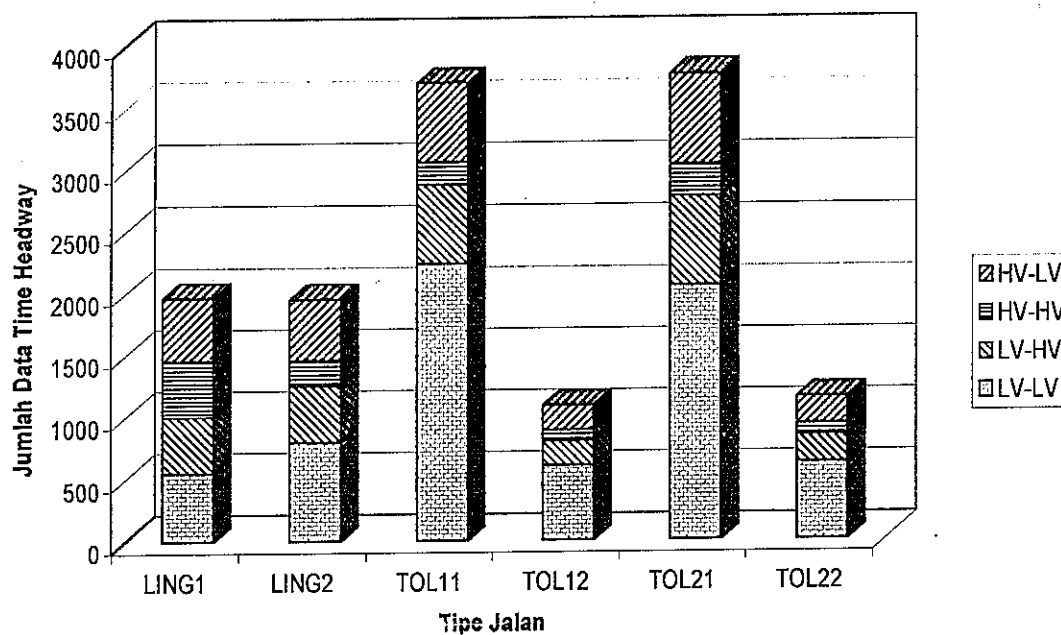
4.2.2. Data Time Headway Menurut Jenis Pasangan Kendaraan

Ada 4 jenis data *time headway* yang didapat dari arus lalu-lintas bercampur yaitu *time headway* untuk kendaraan ringan-kendaraan ringan (LV-LV), kendaraan ringan-kendaraan berat (LV-HV), kendaraan berat-kendaraan berat (HV-HV), dan kendaraan berat-kendaraan ringan (HV-LV). Jumlah masing-masing urutan kendaraan pada tiap jalan (lingkar dan tol) dan menurut arah dan lajunya tercantum dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.8. Jumlah data *time headway* menurut jenis urutan kendaraan

	Jumlah Data <i>Time headway</i>			
	LV-LV	LV-HV	HV-HV	HV-LV
LING1	552	448	460	504
LING2	799	455	211	488
TOL11	2242	633	186	634
TOL12	604	199	81	199
TOL21	2056	718	261	719
TOL22	621	219	87	219

Sumber: Hasil Perhitungan



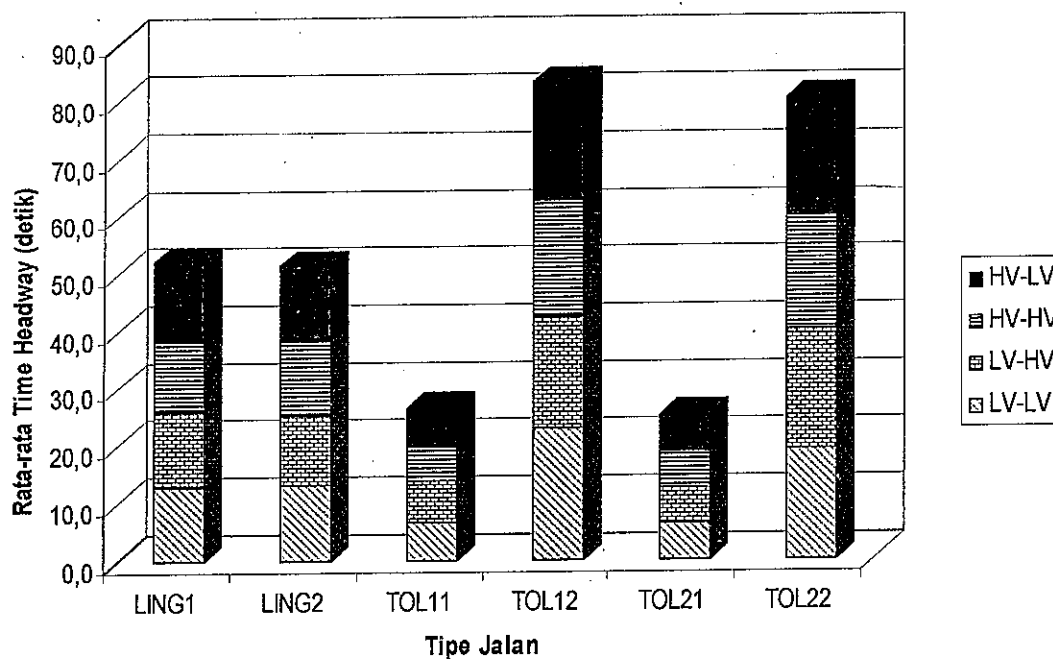
Gambar 4.2. Proporsi jumlah pasangan kendaraan pada tiap arus (Lingkar dan Tol)

Dari data *time headway* yang telah dihitung dan dipisah menurut jenis kendaraanya kemudian dicari rata-rata *time headway* tiap jenis urutan kendaraan (LV-LV, LV-HV, HV-HV, HV, HV-LV).

Tabel 4.9. Rata-rata *time headway* menurut jenis pasangan kendaraan

	Rata-rata <i>Time headway</i> (detik)			
	LV-LV	LV-HV	HV-HV	HV-LV
LING1	12,8	13,4	12,1	13,8
LING2	13,2	12,2	13,3	12,9
TOL11	6,7	7,0	6,0	6,7
TOL12	23,0	19,7	20,0	20,5
TOL21	6,3	6,1	6,5	6,3
TOL22	19,1	20,9	20,3	19,8

Sumber: Hasil Perhitungan

Gambar 4.3. Rata-rata *time headway* untuk tiap pasangan kendaraan (lingkar dan tol)

4.2.3. Data Time Headway Menurut Volume

Data *time headway* juga dikelompokkan menurut volume per satuan waktu. Untuk mendapatkan data *time headway* berdasarkan volume per satuan waktu, data arus dikelompokkan dalam tiap interval tertentu (dalam penelitian ini diambil 15 menit). Pada masing-masing interval selanjutnya dicari jumlah kendaraannya dan rata-rata *time headway* pada interval tersebut.

Dari pembagian data individual ke dalam interval per 15 menit didapatkan data maksimum 8 buah pasangan volume dengan *time headway*-nya untuk setiap lajur jalan per hari penelitian. Karena jumlah lajur yang diteliti sebanyak 6 buah (2 di jalan Lingkar dan 4

di jalan Tol) dan lama hari penelitian tiap lajunya adalah 3 hari (6 jam) maka total data pasangan volume dengan data time headway-nya maksimum sebanyak $8 \times 6 \times 3 = 144$ buah pasangan volume-time headway. Sedangkan untuk tiap lajur jalan mempunyai data sebanyak $4 \times 2 \times 3 = 24$ buah.

Tabel 4.10 Pasangan volume dan time headway untuk tiap interval 15 menit jam pengamatan

Interval Waktu	LING1		LING2		TOL11		TOL12		TOL21		TOL22	
	Volume (Kend/15)	Time Headway (second)	Volume (Kend/15)	Time Headway (second)	Volume (Kend/15)	Time Headway (second)	Volume (Kend/15)	Time Headway (second)	Volume (Kend/15)	Time Headway (second)	Volume (Kend/15)	Time Headway (second)
7:00.00 - 7:15.00	124	7.9	101.8	9.5	194.2	5.0	49.6	22.3	187.2	4.8	43.4	21.8
7:15.00 - 7:30.00	101	9.8	104.4	8.8	205.4	4.5	36.0	24.6	185.8	4.8	39.0	23.3
7:30.00 - 7:45.00	109	9.3	99.8	8.9	198.4	4.8	48.6	21.3	187.8	5.1	67.2	17.0
7:45.00 - 8:00.00	111	8.9	113.6	8.8	203.2	4.7	42.8	22.0	244.6	4.8	63.4	17.0
8:00.00 - 8:15.00	74	12.7	98.8	9.2	219.8	4.3	33.2	30.1	209.0	4.2	64.8	14.3
8:15.00 - 8:30.00	88	10.4	102.8	9.3	183.0	4.8	41.8	22.3	182.8	5.4	45.0	20.1
8:30.00 - 8:45.00	98	10.3	100.6	9.3	185.0	5.0	38.8	24.8	215.0	4.0	63.6	17.0
8:45.00 - 9:00.00	105	8.7	89.0	10.6	205.8	4.8	33.2	24.8	215.6	4.7	62.4	18.0
9:00.00 - 9:15.00	40	23.0	44.2	21.8	85.2	10.5	51.2	19.0	93.2	10.4	37.8	24.7
9:15.00 - 9:30.00	48	19.7	36.4	26.4	97.6	9.8	31.8	30.8	105.4	8.6	31.8	31.2
9:30.00 - 9:45.00	38	24.7	42.4	21.7	101.8	9.4	31.6	30.5	110.2	8.3	31.6	28.4
9:45.00 - 9:00.00	48	19.5	52.8	18.5	80.8	11.9	33.4	24.0	125.8	7.5	42.0	22.4
9:00.00 - 9:15.00	58	16.5	54.0	18.8	76.8	12.8	28.6	33.2	128.8	7.6	41.0	24.1
9:15.00 - 9:30.00	38	26.0	62.2	17.0	98.8	9.6	43.8	22.2	102.2	8.8	38.6	26.0
9:30.00 - 9:45.00	45	19.4	38.0	23.1	97.2	10.1	46.4	18.7	99.4	9.1	37.8	24.6
9:45.00 - 10:00.00	44	22.7	46.2	18.3	95.0	9.6	33.4	24.0	95.0	10.5	39.4	23.7
10:00.00 - 10:15.00	132	7.5	107.8	8.7	191.4	5.1	65.6	17.4	170.8	5.4	51.2	17.7
10:15.00 - 10:30.00	144	8.1	109.4	8.3	191.4	4.9	63.2	14.8	204.2	4.8	68.4	13.5
10:30.00 - 10:45.00	123	8.0	101.2	9.2	185.0	4.8	68.4	13.1	186.2	4.8	60.4	15.5
10:45.00 - 11:00.00	121	8.2	108.4	9.0	202.8	4.8	70.2	14.2	174.2	5.7	73.4	13.3
11:00.00 - 11:15.00	98	9.7	102.0	8.8	196.4	5.1	62.2	15.2	167.6	5.8	64.8	14.6
11:15.00 - 11:30.00	108	8.6	97.8	9.8	188.0	4.9	60.0	16.6	180.4	4.8	72.6	13.4
11:30.00 - 11:45.00	111	8.2	111.0	8.6	185.0	4.8	60.8	15.8	187.4	4.8	47.0	19.8
11:45.00 - 12:00.00	99	9.7	115.8	8.0	167.8	5.4	71.6	13.0	188.2	4.8	59.8	15.1

BAB V

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan disajikan analisis untuk mendapatkan nilai kapasitas dengan menggunakan data *time headway* hasil pengamatan. Langkah-langkah yang ditempuh sesuai dengan penjelasan pada bagian sebelumnya dan secara sederhana diringkas sebagai berikut:

- 1) pemilihan volume 15 menitan tertinggi
- 2) pembentukan distribusi frekuensi data *time headway* 15 menitan yang koresponden dengan interval waktu dimana volumenya maksimum
- 3) pencocokan model distribusi teoritis dengan distribusi data *time headway* hasil pengamatan
- 4) perhitungan mean, modus, median dari data *time headway*
- 5) pemilihan model teoritis yang paling cocok terhadap distribusi data pengamatan dengan uji χ^2 (dibaca: chi kuadrat)
- 6) pembentukan model hubungan antara volume dengan *time headway* untuk mendapatkan persamaan dasar hubungan volume-*time headway*
- 7) perhitungan kapasitas dengan menggunakan *time headway* pada langkah (5) dan persamaan kurva pada langkah (6)

Langkah-langkah diatas diterapkan untuk tiap tipe jalan yang diamati. Sehingga nantinya analisis akan menghasilkan 6 buah jenis kapasitas yang berbeda.

5.1. Pemilihan Volume 15 Menitan Tertinggi

Karena kapasitas suatu jalan raya didasarkan pada kondisi dimana arus adalah maksimum maka tidak semua data hasil survei akan diuji distribusinya. Dari pengelompokan data dengan interval 15 menitan sebagaimana dicantumkan dalam bagian sebelumnya, perlu dilakukan pemilihan data volume 15 menitan yang tertinggi (Tabel 5.1).

Tabel 5.1 Pemilihan volume 15 menitan maksimum

Hari	Interval Waktu	Jumlah Kendaraan (kend.)					
		LING 1	LING 2	TOL 1.1	TOL 1.2	TOL 2.1	TOL 2.2
Senin	7:00:00 - 7:15:00	115	97	186	42	187	41
	7:15:00 - 7:30:00	93	103	196	34	187	38
	7:30:00 - 7:45:00	99	99	187	44	178	54
	7:45:00 - 8:00:00	102	110	194	41	202	50
	8:00:00 - 8:15:00	71	94	207	31	198	61
	8:15:00 - 8:30:00	86	98	185	39	175	43
	8:30:00 - 8:45:00	93	100	186	38	205	51
	8:45:00 - 9:00:00	106	86	197	33	206	50
Rabu	8:00:00 - 8:15:00	38	42	82	49	89	36
	8:15:00 - 8:30:00	47	35	93	30	102	30
	8:30:00 - 8:45:00	37	41	96	30	104	30
	8:45:00 - 9:00:00	46	49	76	37	118	40
	9:00:00 - 9:15:00	55	51	72	27	120	39
	9:15:00 - 9:30:00	37	50	95	41	98	37
	9:30:00 - 9:45:00	43	39	92	44	96	36
	9:45:00 - 10:00:00	42	45	93	38	93	37
Sabtu	16:00:00 - 16:15:00	121	102	185	52	162	49
	16:15:00 - 16:30:00	105	104	186	61	195	66
	16:30:00 - 16:45:00	114	97	178	65	185	57
	16:45:00 - 17:00:00	111	102	195	66	164	69
	17:00:00 - 17:15:00	96	99	190	59	149	61
	17:15:00 - 17:30:00	105	94	182	57	183	68
	17:30:00 - 17:45:00	107	107	180	58	178	45
	17:45:00 - 18:00:00	96	111	164	69	180	59

Sumber: Hasil Perhitungan

Dalam tabel 5.1 terlihat bahwa data volume tertinggi untuk masing-masing jalan dengan periode 15 menitan terjadi pada waktu yang berbeda. Untuk jalan lingkaran arah 1 (LING1) volume maksimum terjadi pada periode waktu 16:00:00-16:15:00 dan jalan lingkaran arah 2 terjadi pada 17:45:00-18:00, sedangkan untuk jalan tol arah 1 lajur dalam (TOL11) volume maksimum terjadi pada periode waktu 8:00:00-8:15:00, jalan tol arah 1 lajur luar (TOL12) terjadi pada 17:45:00-18:00:00, jalan tol arah 2 lajur dalam (TOL21) terjadi pada 8:45:00-9:00:00, dan jalan tol arah 2 lajur luar (TOL22) terjadi pada 17:15:00-17:30:00.

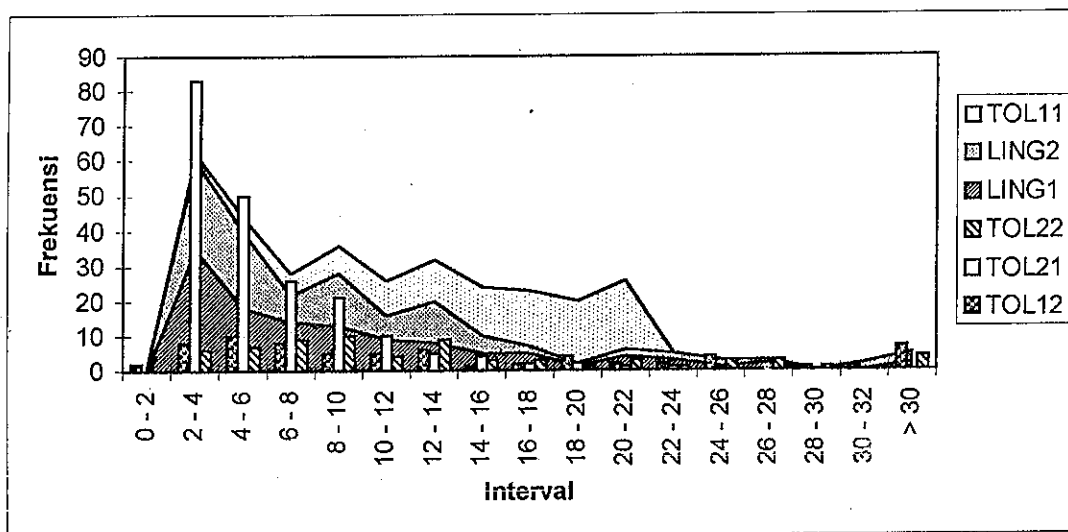
Hasil pemilihan kejadian volume maksimum selanjutnya dikorelasikan dengan data *time headway* untuk interval waktu dimana volume maksimum terjadi. Data *time headway* selanjutnya didistribusikan menurut interval nilai tertentu. Sebagai pendekatan, panjang

interval ditentukan sebesar 2 detik. Hasil distribusi frekuensi data *time headway* dengan volume maksimum seperti tercantum dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil distribusi frekuensi untuk data *time headway* terpilih

Interval	Frekuensi					
	LING 1	LING 2	TOL 1.1	TOL 1.2	TOL 2.1	TOL 2.2
<0	0	1	0	2	0	0
0-2	35	25	86	8	83	6
2-4	18	22	44	10	50	7
4-6	14	8	32	8	26	9
6-8	13	15	16	5	21	10
8-10	9	7	13	5	10	4
10-12	8	12	7	6	5	9
12-14	5	5	6	1	4	3
14-16	5	2	1	2	2	3
16-18	1	1	0	4	2	1
18-20	4	2	1	2	1	3
20-22	3	2		2	1	1
22-24	1	2		4		3
24-26	2	1		0		3
26-28	0	0		1		1
28-30	0	2		1		0
>30	2	3		7		4

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 5.1 Distribusi frekuensi data *time headway* hasil pengamatan pada interval waktu dengan volume 15 menit maksimum

5.2. Uji Model Distribusi *Time headway*

Distribusi frekuensi asli akan diuji dengan 3 buah model teoritis yaitu model Negative exponential (atau disebut exponential saja), Pearson Type III dan distribusi Normal. Namun untuk mengurangi proses perhitungan akan dilakukan seleksi terhadap ketiga model yang akan diujikan dengan kriteria seperti dalam Salter, R.J. (1974) yaitu:

- a) arus dengan *time headway* rata-rata $< 2,5$ detik termasuk arus jenuh
- b) arus dengan rata-rata *time headway* antara $2,5 - 9$ termasuk arus sedang, dan
- c) arus dengan rata-rata *time headway* > 9 termasuk arus rendah.

Dengan ketiga kriteria tersebut seleksi dilakukan dengan membandingkan rata-rata *time headway* data hasil pengamatan dengan kriteria diatas. Hasilnya perbandingan selengkapnya terlihat dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil seleksi awal model teoritis sebelum diujikan

Tipe Jalan	\bar{t} (det.)	Kriteria			Hasil
		Tinggi $< 2,5$ det.	Sedang 2,5-9 det.	Rendah > 9 det.	
LING 1	13,0			√	Rendah
LING 2	12,9			√	Rendah
TOL 1.1	6,6		√		Sedang
TOL 1.2	20,8			√	Rendah
TOL 2.1	6,3		√		Sedang
TOL 2.2	20,0			√	Rendah

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 5.3 terlihat bahwa semua tipe jalan memiliki rata arus dengan klasifikasi rendah dan sedang dan tidak satu pun termasuk arus tinggi atau jenuh. Kondisi ini mengindikasikan bahwa model Normal jelas tidak cocok diujikan untuk data pengamatan karena model distribusi Normal hanya sesuai untuk arus kepadatan tinggi atau jenuh (May, A.D., 1990). Karena itu dari ketiga model, tinggal 2 buah model yang akan diujikan yaitu model exponential dan model Pearson Type III.

5.2.1. Langkah Perhitungan Model distribusi

a. Model negative exponential

Perhitungan model distribusi didasarkan pada rumusan dasar fungsi kerapatan fungsi probabilitas exponential seperti dinyatakan dalam persamaan 5.1.

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (5.1)$$

dengan

$$\lambda = \frac{1}{\bar{t}} \dots\dots\dots (5.2)$$

Keterangan:

$f(t)$: fungsi exponential

T : *time headway* pengamatan

\bar{t} : *time headway* rata-rata

Dan persamaan probabilitas exponential untuk ($h > t$) seperti dinyatakan dalam persamaan 5.3

$$P(h > t) = e^{-t/\bar{t}} \dots\dots\dots (5.3)$$

Dan probabilitas $P(t \leq h \leq t + \Delta t)$ dinyatakan oleh persamaan 5.4.

$$P(t \leq h \leq t + \Delta t) = P(h > t) - P(h > t + \Delta t) \dots\dots\dots (5.4)$$

Langkah-langkah perhitungan model distribusi selengkapnya diperlihatkan pada Tabel 5.4.

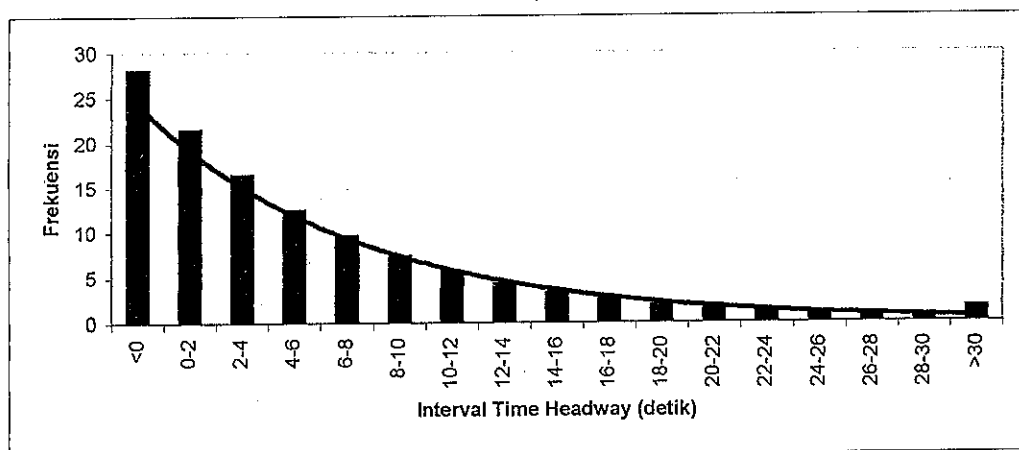
Tabel 5.4 Proses perhitungan model distribusi exponential

Interval	λt	$P(h > t)$	$P(t < h < t + dt)$	$F(t < h < t + dt)$
<0	0	1,000	0,234	28
0-2	0	0,766	0,179	22
2-4	1	0,586	0,137	16
4-6	1	0,449	0,105	13
6-8	1	0,343	0,081	10
8-10	1	0,263	0,062	7
10-12	2	0,201	0,047	6
12-14	2	0,154	0,036	4
14-16	2	0,118	0,028	3
16-18	2	0,090	0,021	3

Interval	λt	$P(h>t)$	$P(t<h<t+dt)$	$F(t<h<t+dt)$
18-20	3	0,069	0,016	2
20-22	3	0,053	0,012	1
22-24	3	0,041	0,009	1
24-26	3	0,031	0,007	1
26-28	4	0,024	0,006	1
28-30	4	0,018	0,004	1
>30	4	0,014	0,014	2
<i>Total</i>				<i>120</i>

Sumber Hasil perhitungan

Dan ilustrasinya diperlihatkan oleh Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Distribusi exponential untuk jalan lingkar arah 1 (LING1)

b. Model Pearson Type III

Perhitungan model distribusi Pearson didasarkan pada rumusan dasar fungsi kerapatan distribusi Pearson Type III seperti dinyatakan persamaan 5.5.

$$f(t) = \frac{\lambda}{\Gamma(K)} [\lambda(t-\alpha)]^{K-1} e^{-\lambda(t-\alpha)} \dots \dots \dots (5.5)$$

Dan fungsi probabilitas $P(t<h<t+\Delta t)$ dihitung dengan persamaan 5.6.

$$P(t<h<t+\Delta t) = \left[\frac{f(t) + f(t+\Delta t)}{2} \right] \Delta t \dots \dots \dots (5.6)$$

Langkah-langkah perhitungan selengkapnya ditampilkan dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Proses perhitungan model distribusi Pearson Type III

Interval	$\lambda/\Gamma(K)$	$t-\alpha$	$\lambda(t-\alpha)$	$(\lambda(t-\alpha))^{(k-1)}$	$e^{-\lambda(t-\alpha)}$	$f(t)$	$P(t < h < t + \Delta t)$	$F(t < h < t + \Delta t)$
<0	0	0	0	0,00	0	0	0,42	50,42
0-2	0,956053	1	0,22	0,55	0,81	0,42	0,491	58,86
2-4	0,159342	3	0,65	0,84	0,52	0,07	0,073	8,77
4-6	0,007967	5	1,08	1,03	0,34	0,00	0,003	0,34
6-8	0,00019	7	1,51	1,18	0,22	0,00	0,000	0,01
8-10	2,63E-06	9	1,94	1,30	0,14	0,00	0,000	0,00
10-12	2,4E-08	11	2,37	1,41	0,09	0,00	0,000	0,00
12-14	1,54E-10	13	2,80	1,50	0,06	0,00	0,000	0,00
14-16	7,31E-13	15	3,23	1,59	0,04	0,00	0,000	0,00
16-18	2,69E-15	17	3,66	1,67	0,03	0,00	0,000	0,00
18-20	7,86E-18	19	4,09	1,74	0,02	0,00	0,000	0,00
20-22	1,87E-20	21	4,52	1,81	0,01	0,00	0,000	0,00
22-24	3,7E-23	23	4,95	1,88	0,01	0,00	0,000	0,00
24-26	6,16E-26	25	5,38	1,94	0,00	0,00	0,000	0,00
26-28	8,78E-29	27	5,81	2,00	0,00	0,00	0,000	0,00
28-30	1,08E-31	29	6,24	2,06	0,00	0,00	0,000	0,00
>30	1,16E-34	31	6,67	2,12	0,00	0,00	0,000	0,00
Total								118

Sumber: Hasil Perhitungan

Dengan cara yang sama dapat dihitung model distribusi teoritis untuk tipe-tipe jalan yang lain. Hasil perhitungan selengkapnya untuk semua tipe jalan (6 tipe) dicantumkan dalam lampiran dan hasilnya diringkas dalam Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Hasil perhitungan distribusi teoritis exponential untuk semua tipe jalan

	LING1		LING2		TOL11		TOL12		TOL21		TOL22	
	Empiris	Teoritis	Empiris	Teoritis	Empiris	Teoritis	Empiris	Teoritis	Empiris	Teoritis	Empiris	Teoritis
<0	0	28.1	1	24.3	0	76.2	2	9.9	0.0	75.2	0	9.8
0-2	35	21.5	25	18.9	86	48.0	8	8.5	83.0	47.6	6	8.3
2-4	18	16.5	22	14.8	44	30.3	10	7.2	50.0	30.1	7	7.1
4-6	14	12.6	8	11.5	32	19.1	8	6.2	26.0	19.1	9	6.1
6-8	13	9.7	15	9.0	16	12.0	5	5.3	21.0	12.1	10	5.2
8-10	9	7.4	7	7.0	13	7.6	5	4.5	10.0	7.7	4	4.4
10-12	8	5.7	12	5.4	7	4.8	6	3.9	5.0	4.8	9	3.8
12-14	5	4.3	5	4.2	6	3.0	1	3.3	4.0	3.1	3	3.2
14-16	5	3.3	2	3.3	1	1.9	2	2.8	2.0	1.9	3	2.8
16-18	1	2.5	1	2.6	0	1.2	4	2.4	2.0	1.2	1	2.4
18-20	4	1.9	2	2.0	1	2.0	2	2.1	1.0	1.1	3	2.0
20-22	3	1.5	2	1.6			2	1.8	1.0	1.1	1	1.7
22-24	1	1.1	2	1.2			4	1.5			3	1.5
24-26	2	0.9	1	0.9			0	1.3			3	1.3
26-28	0	0.7	0	0.7			1	1.1			1	1.1
28-30	0	0.5	2	1.8			1	5.4			0	5.9
>30	2	1.7	3	0.7			7	1.0			4	0.4

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

- Empiris : Distribusi Frekuensi data pengamatan

- Teoritis : Distribusi Frekuensi model exponential

Tabel 5.7. Hasil perhitungan distribusi teoritis Pearson Type III untuk semua tipe jalan

	LING1		LING2		TOL11		TOL12		TOL21		TOL22	
	Empiris	Teoritis	Empiris	Teoritis	Empiris	Teoritis	Empiris	Teoritis	Empiris	Teoritis	Empiris	Teoritis
<0	0	50.4	1	47.0	0	92.5	2	28.4	0.0	92.3	0	27.8
0-2	35	58.9	25	54.6	86	102.7	8	33.9	83.0	102.1	6	33.3
2-4	18	8.8	22	8.0	44	10.5	10	5.8	50.0	10.1	7	5.7
4-6	14	0.3	8	0.3	32	0.3	8	0.3	26.0	0.3	9	0.3
6-8	13	0.0	15	0.0	16	0.0	5	0.0	21.0	0.0	10	0.0
8-10	9	0.0	7	0.0	13	0.0	5	0.0	10.0	0.0	4	0.0
10-12	8	0.0	12	0.0	7	0.0	6	0.0	5.0	0.0	9	0.0
12-14	5	0.0	5	0.0	6	0.0	1	0.0	4.0	0.0	3	0.0
14-16	5	0.0	2	0.0	1	0.0	2	0.0	2.0	0.0	3	0.0
16-18	1	0.0	1	0.0	0	0.0	4	0.0	2.0	0.0	1	0.0
18-20	4	0.0	2	0.0	1	0.0	2	0.0	1.0	0.0	3	0.0
20-22	3	0.0	2	0.0			2	0.0	1.0	0.0	1	0.0
22-24	1	0.0	2	0.0			4	0.0			3	0.0
24-26	2	0.0	1	0.0			0	0.0			3	0.0
26-28	0	0.0	0	0.0			1	0.0			1	0.0
28-30	0	0.0	2	0.0			1	0.0			0	0.0
>30	2	0.0	3	0.0			7	0.0			4	0.0

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

- Empiris : Distribusi Frekuensi data pengamatan

- Teoritis : Distribusi Frekuensi model Pearson Type III

5.2.2. Pengujian Ketepatan Model Distribusi

Uji ketepatan model digunakan untuk mengetahui model yang memiliki kedekatan paling baik terhadap data empiris (data hasil pengamatan). Untuk mengetahui ketepatan model umumnya dipakai uji chi kuadrat (χ^2) (persamaan 2.3).

Dalam uji ini akan dibandingkan antara model exponential dan model Pearson dengan distribusi data hasil pengamatan. Kedekatan model menggunakan kriteria sebagai berikut:

- hipotesis diterima jika $\chi_{hitung} < \chi_{tabel}$
- hipotesis ditolak jika $\chi_{hitung} > \chi_{tabel}$

Sedangkan hipotesis yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

$$H_0 : P_t = P_e$$

$$H_1 : P_t \neq P_e$$

Dimana P_t adalah set data model teoritis dan P_e adalah set data model empiris atau pengamatan.

Proses perhitungan uji χ^2 selengkapnya dicantumkan dalam Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Proses perhitungan uji χ^2 untuk model exponential (LING1)

Interval	f_o	f_t	$f_o - f_t$	$(f_o - f_t)^2$	$(f_o - f_t)^2 / f_t$
<0	0	0	0	0	0
0-2	35	28	7	47	1,67
2-4	18	22	-4	13	0,58
4-6	14	16	-2	6	0,38
6-8	13	13	0	0	0,01
8-10	9	10	-1	0	0,05
10-12	8	7	1	0	0,05
12-14	5	6	-1	0	0,08
14-16	5	4	1	0	0,10
16-18	1	3	-2	5	1,62
18-20	4	3	1	2	0,84
20-22	3	2	1	1	0,57
22-24	1	1	0	0	0,16
24-26	2	1	1	1	0,65
26-28	0	1	-1	1	0,87
28-30	0	1	-1	0	0,67
>30	2	1	1	2	4,33
chi hitung =					12,63
$n=14, a = 0,05, \rightarrow$ chi tabel =					23,7
Hipotesis :					Diterima !

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5.9 Proses perhitungan uji χ^2 untuk model Pearson Type III (LING1)

Interval	f_o	f_i	$f_o - f_i$	$(f_o - f_i)^2$	$(f_o - f_i)^2 / f_i$
<0	0	0	0	0	0
0-2	35	50	-15	238	4,7
2-4	18	59	-41	1670	28,4
4-6	14	9	5	27	3,1
6-8	13	0	13	160	469,1
8-10	9	0	9	81	0
10-12	8	0	8	64	0
12-14	5	0	5	25	0
14-16	5	0	5	25	0
16-18	1	0	1	1	0
18-20	4	0	4	16	0
20-22	3	0	3	9	0
22-24	1	0	1	1	0
24-26	2	0	2	4	0
26-28	0	0	0	0	7E-26
28-30	0	0	0	0	6E-29
>30	2	0	2	4	0
chi hitung =					505,31
n=14, a=0,05 → chi tabel =					23,7
Hipotesis :					Ditolak !

Sumber: Hasil Perhitungan

Kesimpulan dari dua uji yang terlihat dalam Tabel 5.8 dan 5.9 adalah model exponential memiliki kedekatan yang lebih baik dibanding dengan model Pearson jika dibandingkan dengan data hasil pengamatan untuk jalan lingkaran arah I (LING1).

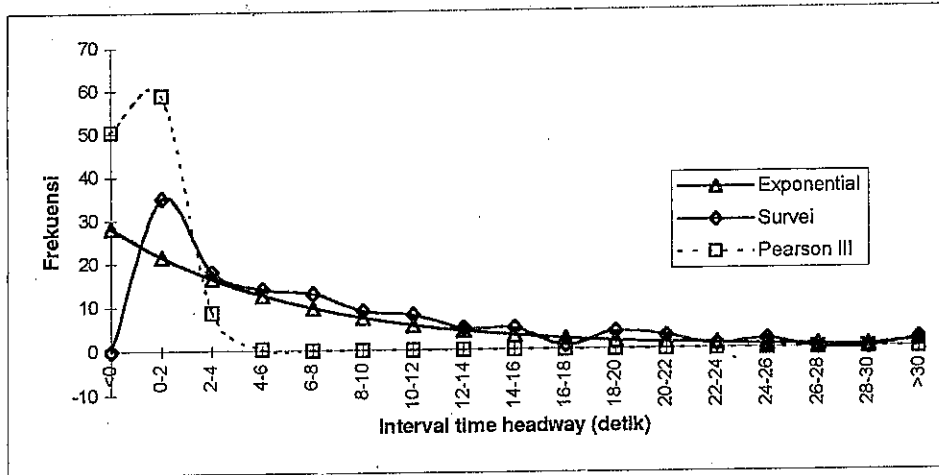
Untuk perhitungan uji χ^2 untuk tipe jalan yang lain selengkapnya dicantumkan dalam lampiran dan diringkas seperti dalam Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil perhitungan uji χ^2 untuk semua tipe jalan

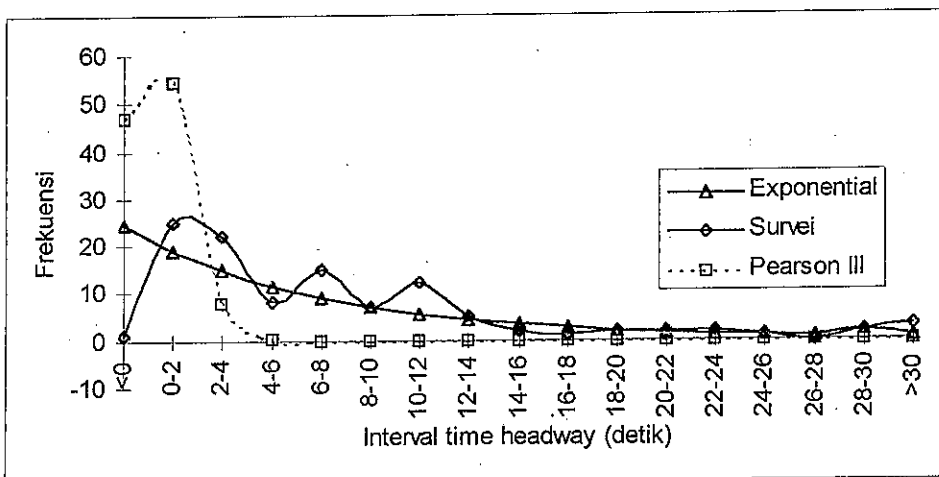
Tipe Jalan	Exponential		Hasil	Pearson III		Hasil
	Hitung	Tabel		Hitung	Tabel	
LING1	12,63	23,7	Diterima !	505,31	23,7	Ditolak !
LING2	15,66	23,7	Diterima !	714,28	23,7	Ditolak !
TOL11	5,89	18,3	Diterima !	981,19	18,3	Ditolak !
TOL12	9,59	23,7	Diterima !	115,87	23,7	Ditolak !
TOL21	3,53	18,3	Diterima !	52,62	18,3	Ditolak !
TOL22	15,88	23,7	Diterima !	398,77	23,7	Ditolak !

Sumber: Hasil Perhitungan

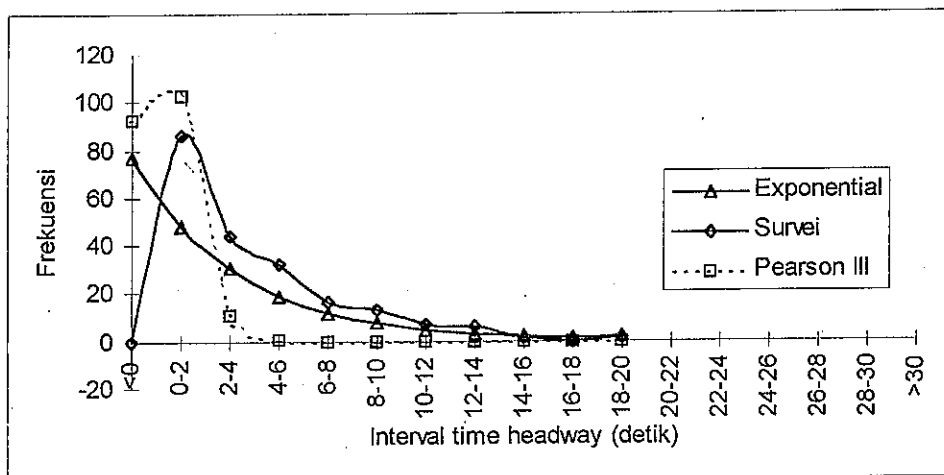
Untuk penggambaran distribusi data survei, model exponential dan model pearson type III untuk masing – masing lokasi dan arah ditampilkan pada gambar 5.3, gambar 5.4, gambar 5.5, gambar 5.6, gambar 5.7 dan gambar 5.8.



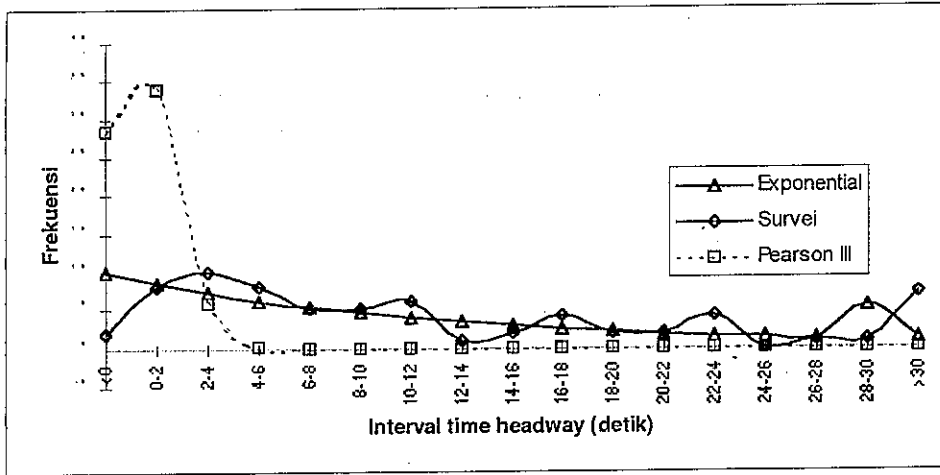
Gambar 5.3. Distribusi data survei, model exponenetial dan teoritis (LING1)



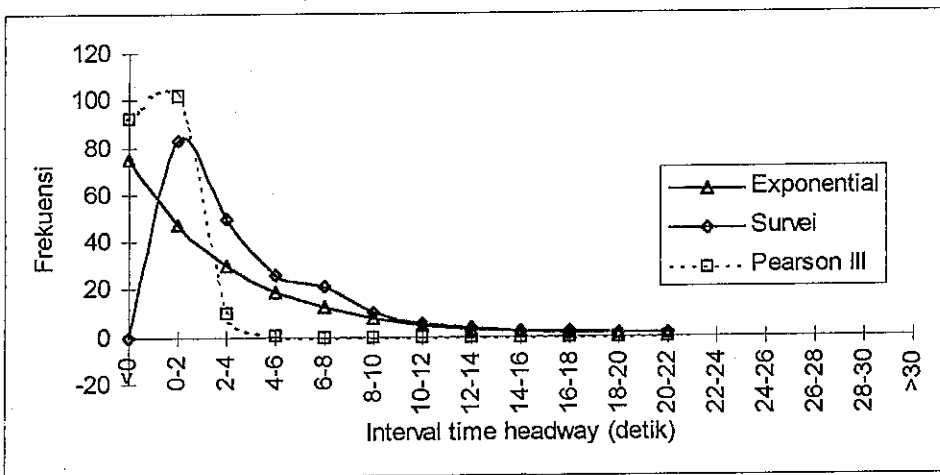
Gambar 5.4. Distribusi data survei, model exponenetial dan teoritis (LING2)



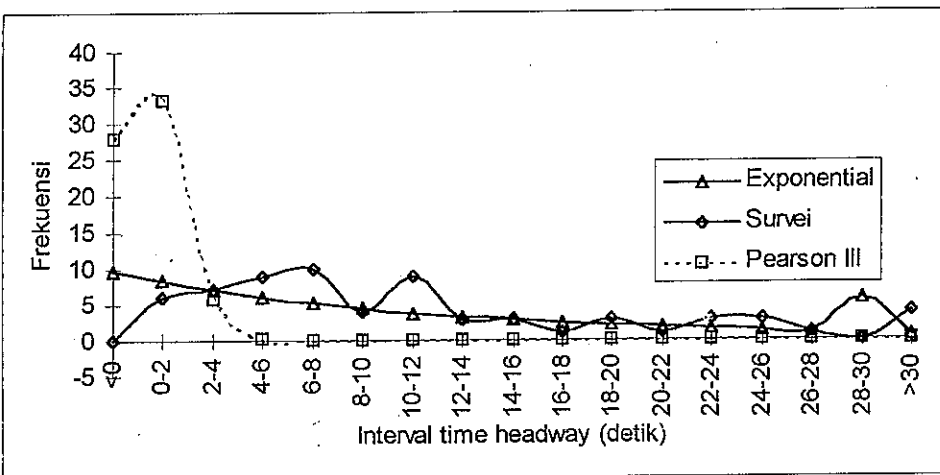
Gambar 5.5. Distribusi data survei, model exponenetial dan teoritis (TOL 1.1)



Gambar 5.6. Distribusi data survei, model exponential dan teoritis (TOL1.2)



Gambar 5.7. Distribusi data survei, model exponential dan teoritis (TOL2.1)



Gambar 5.8. Distribusi data survei, model exponential dan teoritis (TOL2.2)

5.3.Nilai-nilai Sentral

Sebagaimana dijelaskan pada bagian sebelumnya, yang termasuk nilai-nilai sentral adalah mean (rata-rata), median (nilai tengah) dan modus (nilai yang sering muncul) serta 90 persentile . Perhitungan nilai sentral akan didasarkan pada distribusi teoritis yang telah diujikan dan diterima yaitu distribusi exponential.

Tabel 5.11 merupakan hasil-hasil perhitungan nilai-nilai sentral berdasarkan data asli sebelum dimodelkan. Sedangkan Tabel 5.12 merupakan hasil perhitungan nilai-nilai sentral untuk data time headway yang telah dimodelkan yaitu berdasar model distribusi negative exponential.

Tabel 5.11 Nilai-nilai sentral distribusi time headway empiris

Tipe Jalan	Nilai-nilai Sentral (detik)			
	Mean	Median	Modus	90% tile
LING1	7,6	5,5	2,0	17,3
LING2	8,3	6,0	1,0	19,1
TOL11	4,3	3,0	1,0	9,5
TOL12	12,7	9,0	3,0	29,9
TOL21	4,4	3,0	1,0	9,0
TOL22	12,7	9,0	12,0	25,0

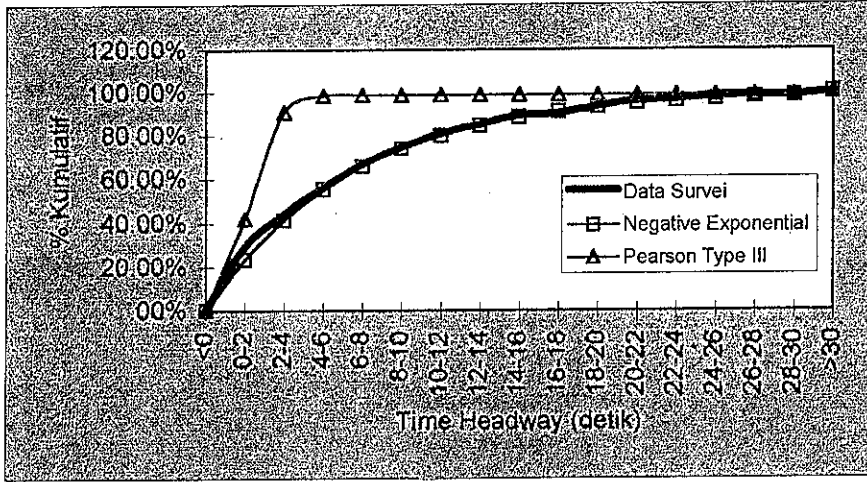
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5.12 Nilai-nilai sentral distribusi time headway teoritis

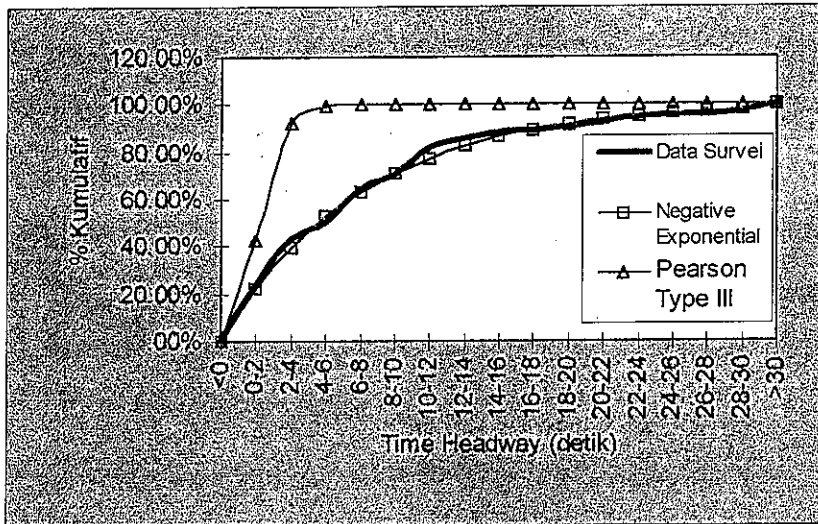
Tipe Jalan	Nilai-nilai Sentral (detik)			
	Mean	Median	Modus	90% tile
LING1	7,6	5	1	17
LING2	8,1	5	1	19
TOL11	4,4	3	1	10
TOL12	11,4	9	1	28
TOL21	4,4	3	1	10
TOL22	11,4	9	1	28

Sumber: Hasil Perhitungan

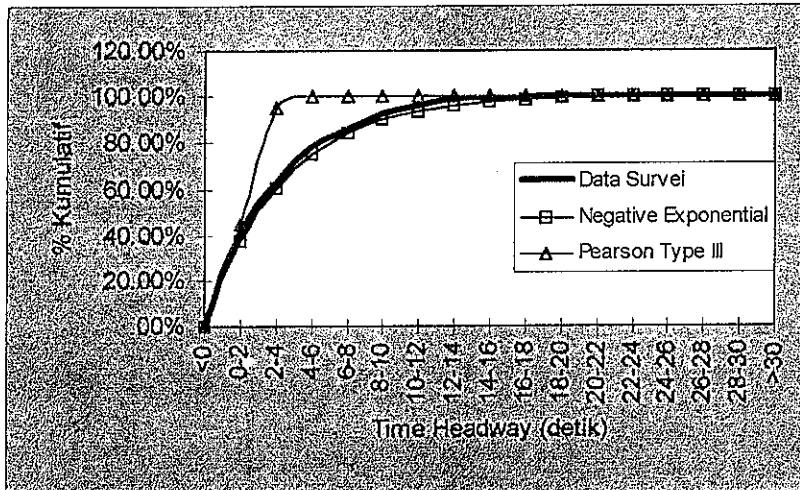
Untuk gambar grafik distribusi time headway kumulatif disajikan dalam gambar grafik 5.9 sampai dengan gambar 5.14, sedangkan daftar tabel distribusi kumulatifnya berada pada halaman lampiran .



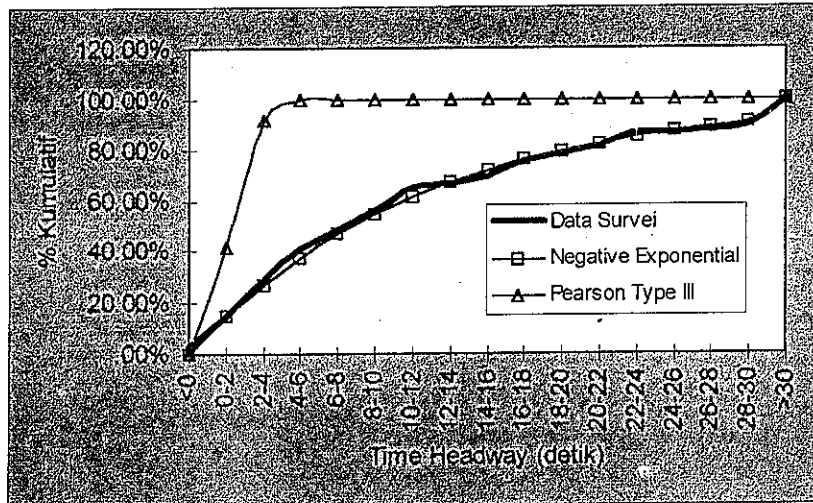
Gambar 5.9. distribusi time headway kumulatif (LING1)



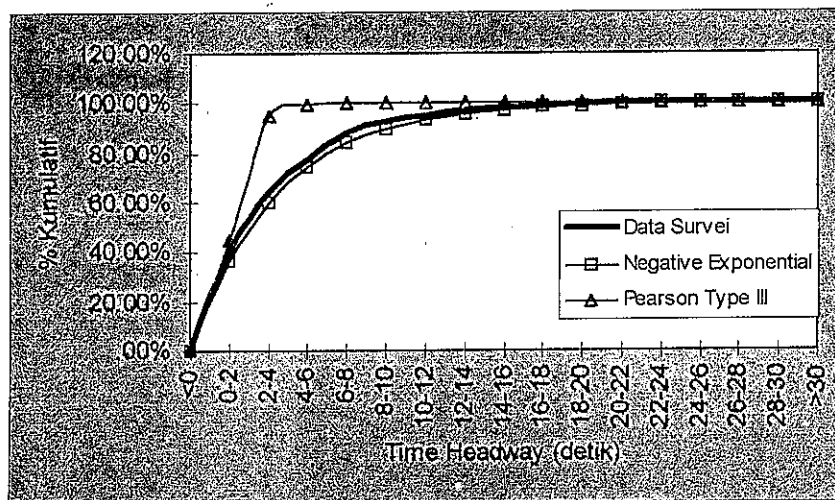
Gambar 5.10. distribusi time headway kumulatif (LING2)



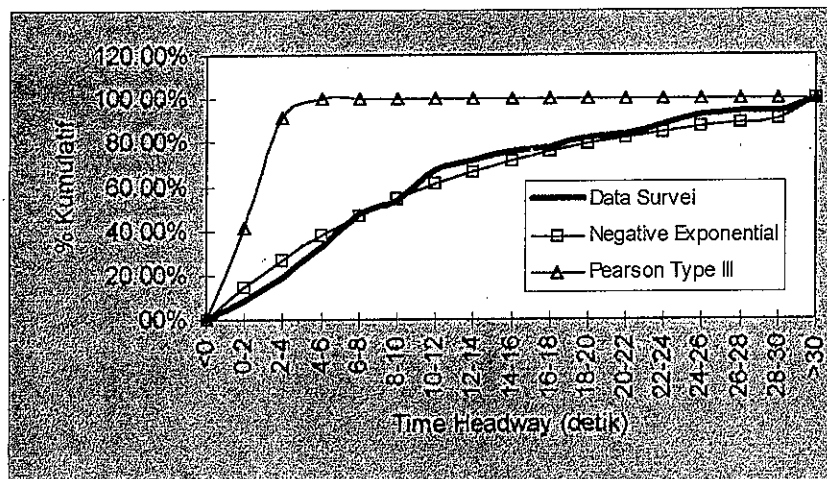
Gambar 5.11. distribusi time headway kumulatif (TOL 11)



Gambar 5.12. distribusi time headway kumulatif (TOL 12)



Gambar 5.13. distribusi time headway kumulatif (TOL 21)



Gambar 5.14. distribusi time headway kumulatif (TOL 22)

5.4. Model Hubungan *Time headway* Dengan Volume

Alat lain untuk melihat karakteristik *time headway* adalah dengan melihat pola hubungannya dengan volume. Untuk melihat model hubungan *time headway* dengan volume digunakan pendekatan uji pencocokan kurva.

Kecocokan model kurva dengan data asli diukur dengan melihat nilai R^2 -nya yang merupakan nilai determinasi. Kurva dengan nilai R^2 tertinggi mengindikasikan bahwa kurva tersebut memiliki tingkat kecocokan yang paling baik terhadap data pengamatan dibanding kurva lainnya.

Uji lain yang digunakan untuk melihat kedekatan antara kurva dengan data pengamatan adalah uji χ^2 . langkah-langkah uji ini sama dengan yang dijelaskan pada bagian sebelumnya. Hasil perhitungan uji kurva selengkapnya tercantum dalam lampiran dan hasilnya dirangkum sebagaimana terlihat pada Tabel 5.13 dan 5.14.

Tabel 5.13 Perbandingan nilai R^2 tiap-tiap model kurva yang diujikan

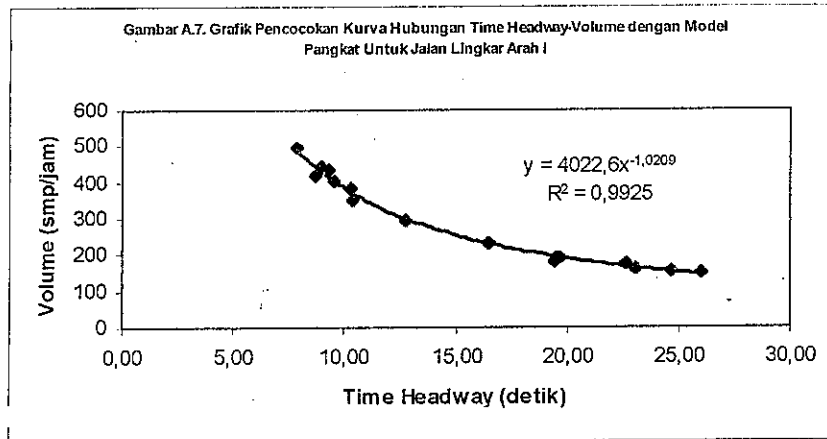
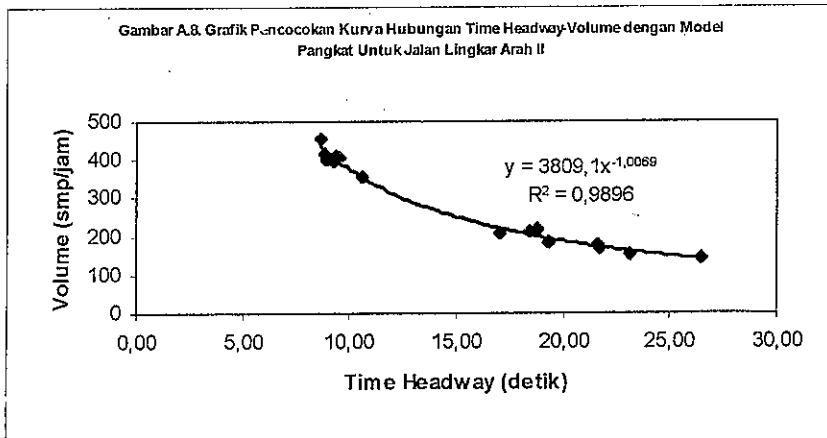
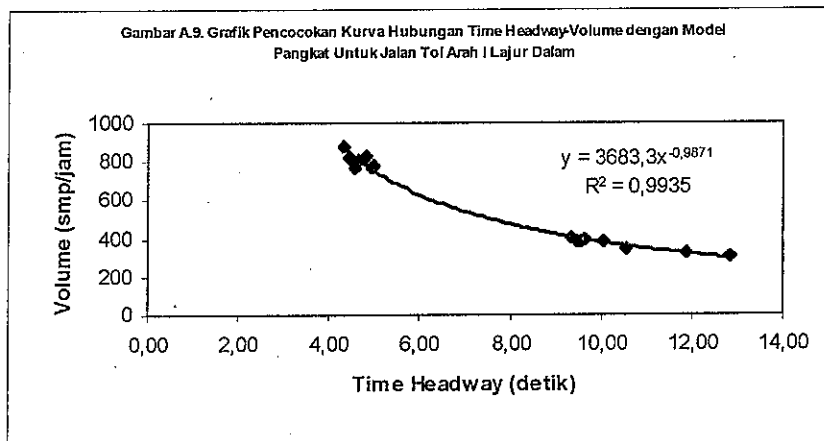
Tipe Jalan	R^2				
	Pangkat	Kuadrat	Linier	Ln	Exponential
LING1	0,9925	0,9921	0,9241	0,9723	0,9705
LING2	0,9896	0,9884	0,9500	0,9818	0,9766
TOL11	0,9935	0,9924	0,9608	0,9856	0,9813
TOL12	0,8990	0,8974	0,8606	0,8842	0,8863
TOL21	0,9771	0,9970	0,9495	0,9710	0,9691
TOL22	0,9833	0,9832	0,9239	0,9673	0,9624

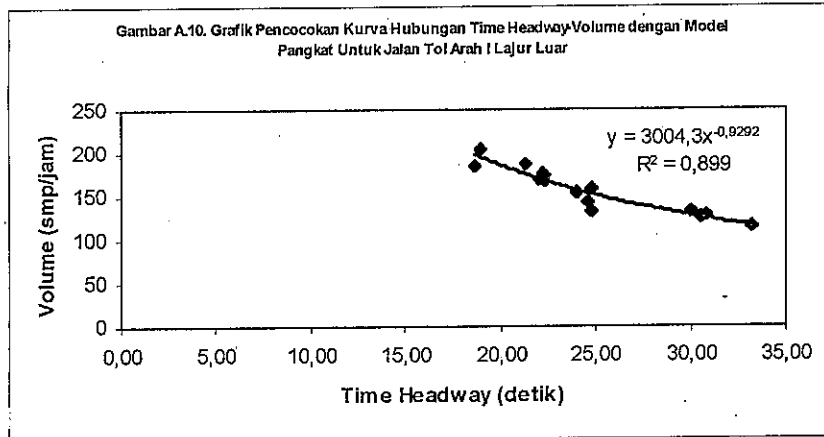
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5.14 Model Pangkat sebagai model dengan R^2 tertinggi

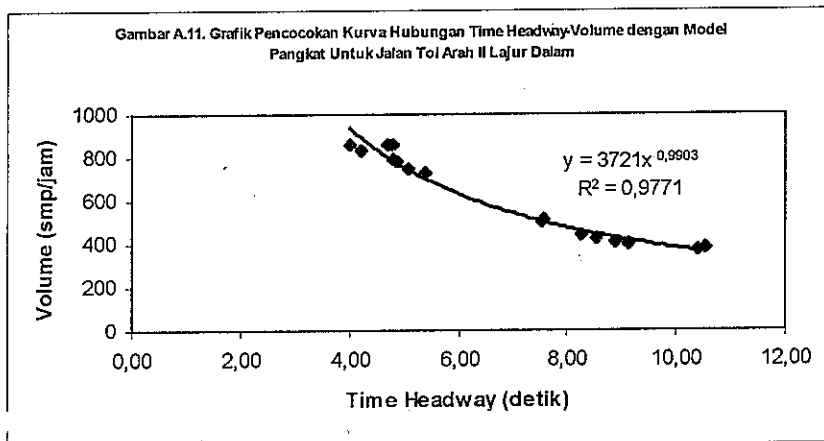
Tipe Jalan	Model Terpilih (Model Pangkat)	
	Persamaan Kurva	R^2
LING1	$y = 4022,6x^{-1,0209}$	0,9925
LING2	$y = 3809,1x^{-1,0069}$	0,9896
TOL11	$y = 3683,3x^{-0,9871}$	0,9935
TOL12	$y = 3004,3x^{-0,9292}$	0,8990
TOL21	$y = 3721x^{-0,9903}$	0,9771
TOL22	$y = 3220,1x^{-0,9501}$	0,9833

Sumber: Hasil Perhitungan

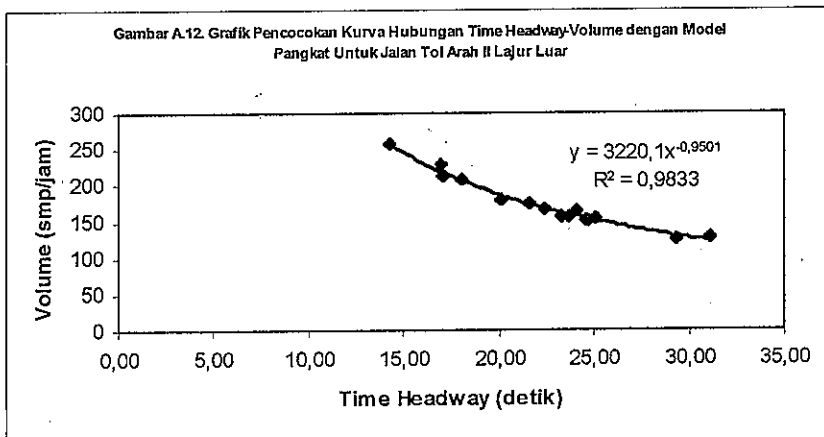
Gambar 5.15. Kurva hubungan *time headway*-volume (LING1)Gambar 5.16. Kurva hubungan *time headway*-volume (LING2)Gambar 5.17. Kurva hubungan *time headway*-volume (TOL11)



Gambar 5.18. Kurva hubungan *time headway*-volume (TOL12)



Gambar 5.19. Kurva hubungan *time headway*-volume (TOL21)



Gambar 5.20. Kurva hubungan *time headway*-volume (TOL22)

5.5. Perhitungan Kapasitas

Kapasitas dihitung berdasarkan nilai *time headway* dalam Tabel 5.11 dan 5.12. Dengan memasukan nilai *time headway* pada Tabel 5.11 dan 5.12 ke dalam persamaan *time headway*-volume pada Tabel 5.14 dan persamaan kapasitas (2.4) akan didapatkan nilai kapasitas untuk masing-masing tipe jalan.

Tabel 5.15 Perhitungan kapasitas per lajur berdasar tabel 5.11 dan persamaan (2.4)

Tipe Jalan	Nilai Kapasitas (smp/jam)			
	Mean	Median	Modus	90% tile
LING1	476	655	1800	208
LING2	436	600	3600	188
TOL11	831	1200	3600	379
TOL12	283	400	1200	120
TOL21	823	1200	3600	400
TOL22	283	400	300	144

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5.15 merupakan nilai kapasitas yang dihitung berdasarkan nilai *time headway* pada tabel 5.11 dengan persamaan kapasitas (2.4) sebagaimana tercantum dalam bagian sebelumnya. Dari tabel terlihat bahwa nilai kapasitas tertinggi terjadi jika nilai *time headway* yang digunakan adalah nilai modus. Namun khusus untuk kasus jalan TOL22 nilai kapasitas tertinggi terjadi pada nilai median.

Tabel 5.16 Perhitungan kapasitas per lajur berdasar tabel 5.12 dan persamaan (2.4)

Tipe Jalan	Nilai Kapasitas (smp/jam)			
	Mean	Median	Modus	90% tile
LING1	473	720	3600	212
LING2	446	720	3600	189
TOL11	820	1200	3600	360
TOL12	315	400	3600	129
TOL21	815	1200	3600	353
TOL22	316	400	3600	128

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5.16 merupakan nilai kapasitas yang dihitung berdasarkan nilai *time headway* pada tabel 5.12 dengan persamaan kapasitas (2.4) sebagaimana tercantum dalam bagian sebelumnya. Dari tabel terlihat bahwa nilai kapasitas tertinggi terjadi jika nilai *time headway* yang digunakan adalah nilai modus.

Tabel 5.17 Perhitungan kapasitas per lajur berdasar tabel 5.11 dan tabel 5.14

Tipe Jalan	Nilai Kapasitas (smp/jam)			
	Mean	Median	Modus	90% tile
LING1	510	706	1982	219
LING2	455	627	3809	195
TOL11	867	1245	3683	399
TOL12	283	390	1082	128
TOL21	863	1254	3721	422
TOL22	288	399	304	151

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5.17 merupakan nilai kapasitas yang dihitung berdasarkan nilai *time headway* pada tabel 5.11 dengan tabel 5.14 (persamaan kurva *time headway*-volume). Dari tabel terlihat bahwa nilai kapasitas tertinggi terjadi jika nilai *time headway* yang digunakan adalah nilai modus. Namun khusus untuk kasus jalan TOL22 nilai kapasitas tertinggi terjadi pada nilai median.

Tabel 5.18 Perhitungan kapasitas berdasar tabel 5.12 dan tabel 5.14

Tipe Jalan	Nilai Kapasitas (smp/jam)			
	Mean	Median	Modus	90% tile
LING1	507	778	4023	223
LING2	465	753	3809	196
TOL11	856	1245	3683	379
TOL12	312	390	3004	136
TOL21	855	1254	3721	373
TOL22	319	399	3220	135

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5.18 merupakan nilai kapasitas yang dihitung berdasarkan nilai *time headway* pada tabel 5.12 dengan tabel 5.14 (persamaan kurva *time headway*-volume). Dari tabel terlihat bahwa nilai kapasitas tertinggi terjadi jika nilai *time headway* yang digunakan adalah nilai modus.

Sedangkan Tabel 5.19 dan 5.20 menampilkan perbandingan nilai kapasitas berdasarkan perbedaan nilai *time headway* (tabel 5.11 dan 5.12) dan perbedaan penggunaan rumus kapasitas (persamaan 2.4 dan rumus *time headway*-volume seperti dalam tabel 5.14).

Dari hasil perbandingan diketahui bahwa kapasitas yang dihitung dengan nilai modus cenderung melampaui nilai kapasitas dasar dari MKJI 1997. Sedangkan kapasitas yang dihitung berdasarkan mean dan 90% tile data terlalu jauh dibawah nilai kapasitas dasar dari

MKJI 1997. Satu-satunya yang paling mendekati adalah dengan menggunakan nilai median (tabel 5.19 dan 5.20). Oleh karena itu kapasitas kemudian dipilih yang dihitung berdasarkan nilai median berdasarkan model distribusi (tabel 5.12) dan yang memiliki nilai maksimum. Hasilnya sebagai berikut: untuk jalan LING1 nilai kapasitas sebesar 778 smp/jam, LING2 sebesar 753 smp/jam, TOL11 sebesar 1.245 smp/jam, TOL12 sebesar 400 smp/jam, TOL21 sebesar 1.254 smp/jam, dan TOL22 sebesar 400 smp/jam.

Tabel 5.19 Perbandingan nilai kapasitas dari berbagai cara perhitungan (Tabel 5.15, 5.16, 5.17 dan 5.18) dengan MKJI

Tipe Jalan	Persamaan 2.4 dan tabel 5.11				Persamaan 2.4 dan tabel 5.12				MKJI' 97
	Mean	Median	Modus	90% tile	Mean	Median	Modus	90% tile	
LING1	476	655	1800	208	473	720	3600	212	1550
LING2	436	600	3600	188	446	720	3600	189	1550
TOL11	831	1200	3600	379	820	1200	3600	360	2300
TOL12	283	400	1200	120	315	400	3600	129	2300
TOL21	823	1200	3600	400	815	1200	3600	353	2300
TOL22	283	400	300	144	316	400	3600	128	2300
Tipe Jalan	tabel 5.14 dan tabel 5.11				tabel 5.14 dan tabel 5.12				MKJI' 97
	Mean	Median	Modus	90% tile	Mean	Median	Modus	90% tile	
LING1	510	706	1982	219	507	778	4023	223	1550
LING2	455	627	3809	195	465	753	3809	196	1550
TOL11	867	1245	3683	399	856	1245	3683	379	2300
TOL12	283	390	1082	128	312	390	3004	136	2300
TOL21	863	1254	3721	422	855	1254	3721	373	2300
TOL22	288	399	304	151	319	399	3220	135	2300

Tabel 5.20 Perbandingan nilai selisih dari berbagai cara perhitungan (Tabel 5.15, 5.16, 5.17 dan 5.18) dengan MKJI

Tipe Jalan	Persamaan 2.4 dan tabel 5.11				Persamaan 2.4 dan tabel 5.12				Terpilih
	Mean	Median	Modus	90% tile	Mean	Median	Modus	90% tile	
LING1	1074	895	-250	1342	1077	830	-2050	1338	830
LING2	1114	950	-2050	1362	1104	830	-2050	1361	830
TOL11	1469	1100	-1300	1921	1480	1100	-1300	1940	1100
TOL12	2017	1900	1100	2180	1985	1900	-1300	2171	1900
TOL21	1477	1100	-1300	1900	1485	1100	-1300	1947	1100
TOL22	2017	1900	2000	2156	1984	1900	-1300	2172	1900
Tipe Jalan	tabel 5.14 dan tabel 5.11				tabel 5.14 dan tabel 5.12				Selisih minimum
	Mean	Median	Modus	90% tile	Mean	Median	Modus	90% tile	
LING1	1040	844	-432	1331	1043	772	-2473	1327	772
LING2	1095	923	-2259	1355	1085	797	-2259	1354	797
TOL11	1433	1055	-1383	1901	1444	1055	-1383	1921	1055
TOL12	2017	1910	1218	2172	1988	1910	-704	2164	1910
TOL21	1437	1046	-1421	1878	1445	1046	-1421	1927	1046
TOL22	2012	1901	1996	2149	1981	1901	-920	2165	1901

BAB VI

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

6.1. Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proporsi data *time headway* menurut pasangan kendaraannya bervariasi. Untuk pasangan kendaraan ringan-kendaraan ringan (LV-LV) variasi antara 25 % sampai 70 %. Selanjutnya untuk kendaraan ringan-kendaraan berat (LV-HV) 13% sampai 23 %, kendaraan berat-kendaraan berat (HV-HV) 6 % sampai 44 %, dan kendaraan berat-kendaraan ringan (HV—LV) 5 % sampai 25 %.
2. Uji model distribusi terhadap data *time headway* pada jalan lingkar dan jalan Tol didapatkan model Exponential. Terpilihnya model exponential menunjukkan bahwa arus yang terjadi pada kedua tipe jalan masih berkategori rendah.
3. Kurva hubungan antara *time headway*-volume mengikuti bentuk Pangkat.
4. Dari perhitungan kapasitas dengan menggunakan nilai mean, median, modus dan 90% tile data *time headway*, diketahui bahwa kapasitas yang paling sesuai dengan nilai kapasitas dasar dari MKJI 1997 jika *time headway* yang digunakan adalah nilai median. Sedangkan nilai lainnya memiliki perbedaan yang cukup jauh.
5. Besar nilai kapasitas yang dihitung dari nilai modus *time headway* untuk tiap tipe jalan per lajur yaitu: untuk jalan LING1 nilai kapasitas sebesar 778 smp/jam, LING2 sebesar 753 smp/jam, TOL11 sebesar 1.245 smp/jam, TOL12 sebesar 400 smp/jam, TOL21 sebesar 1.254 smp/jam, dan TOL22 sebesar 400 smp/jam.

6.2. Rekomendasi

1. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa serangkaian uji distribusi terhadap model *time headway* empiris cenderung kepada model *negative exponential*. Sekalipun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, setidaknya hasil ini dapat digunakan sebagai acuan untuk perhitungan kapasitas aktual dengan menggunakan data *time headway* khususnya untuk kondisi di Indonesia.

2. Sekalipun penelitian ini hanya menghasilkan kapasitas aktual sebagai besaran mikroskopik, namun *time headway* yang didapatkan dapat juga digunakan untuk menghitung besaran-besaran lainnya seperti perhitungan antrian pada *bottleneck*, penentuan jarak minimum untuk tujuan keselamatan lalu lintas, penentuan tingkat pelayanan jalan dan beberapa besaran lainnya.
3. Hasil penelitian ini hanya berlaku untuk lokasi studi. Perlu untuk diteliti lebih lanjut bagaimanakah model distribusi *time headway* untuk berbagai tingkat arus lalu lintas dari yang rendah sampai yang tinggi pada berbagai lokasi, dan pula dengan menyertakan kecepatan kendaraan yang berurutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arashan, V., T., (2002). *Headway Distribution of Heterogenous Traffic on Urban Roads*, Transportation Research Board, Washington D. C.
- Chang, M. (2000). *Development of Capacity Estimation Method from Statistical Distribution of Observed Traffic Flow*, Special Report on Traffic Flow Theory, Transportation Research Board, Washington D.C., U.S.A, pp. 20-26.
- May, A.D. (1990). *Traffic Flow Fundamentals*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- McShane, W. R. & R.P. Roess (1990). *Traffic Engineering*, Prentice Hall Inc., New Jersey, USA.
- Sadheghenni, S. (2002). Time headway and Platooning Characteristics of Vehicles on Interstate Highway, Special Report on Traffic Flow Theory, *Transportation Research Board*, Washington D.C., U.S.A.
- Salter, R.J. (1974). *Highway Traffic Analysis and Design*. The Macmillan Press LTD. London
- Salter, R.J. (1981). *Traffic Engineering: Worked Examples and Problems*, Macmillan Press. LTD., London, England.
- Sudjana, Prof. Dr. (1996). *Metode Statistik*, Penerbit M2S Bandung.
- Transportation Research Board. (1998). Special Report 209: Highway Capacity Manual. *Transportation Research Board*, Washington, D.C., U.S.A.
- Transportation Research Board. (2002). Traffic Flow Parameter, Special Report on Traffic Flow Theory, *Transportation Research Board*, Washington D.C., U.S.A, pp. 5-11.
- Transportation Research Board. (2002). Traffic Flow Theory, Special Report on Traffic Flow Theory, *Transportation Research Board*, Washington D.C., U.S.A.