

**PENGARUH MANUVER KENDARAAN BERBALIK ARAH
TERHADAP ARUS LALU LINTAS**

(STUDI KASUS JL WALISONGO KM 9 SEMARANG)



TESIS

**Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Program Magister Teknik Sipil**

Oleh

ALI AHSAN

L4A000001

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2003

UPT-PUSTAK UNDIP

PENGARUH MANUVER KENDARAAN BERBALIK ARAH TERHADAP ARUS LALU LINTAS

(STUDI KASUS JL. WALISONGO KM. 9 SEMARANG)

Disusun Oleh:

ALI AHSAN
L4A000001

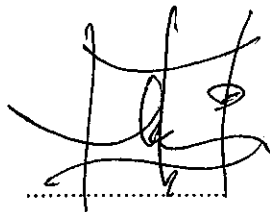
Dipertahankan di depan Tim Penguji tanggal:

19 Mei 2003

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

Tim Penguji:

Ketua : Ir.Epf. Eko Yulipriyono, MS

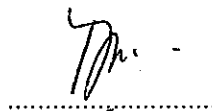


Sekretaris : Ir. Kami Hari Basuki, MT

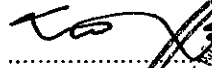


Anggota :

1. Ir. Ismiyati, MS



2. Ir. Wahyudi Kushardjoko, MT



3. Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA



Semarang, 19 Mei 2003

Program Pasca Sarjana
Magister Teknik Sipil
Universita Diponegoro



Dr. Ir. Suspin, M.Eng.

*“Allah-lah yang meninggikan langit tanpa tiang (sebagaimana) yang kamu lihat, kemudian Dia bersemayam di atas ‘Arsy dan menundukkan matahari dan bulan. Masing-masing beredar hingga waktu yang ditentukan. Allah mengatur urusan (makhluk-Nya) menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya), supaya kamu meyakini pertemuan (mu) dengan Tuhanmu.”
(Q.S. Ar Ra’d :2).*

UPT-PUSTAK-UNDIP	
No. Daft:	2035/T/MT PK/21
Tgl.	28 AS '03

Kupersembahkan untuk :

*Kedua orangtuaku, kakak, adikku,
dan keponakan-keponakanku tersayang*

ABSTRAK

Pengaruh Manuver Kendaraan Berbalik Arah Terhadap Arus Lalu Lintas (Studi kasus pada ruas jalan Walisongo Km.9 Semarang)

Salah satu permasalahan yang turut memperburuk kondisi lalu lintas adalah manuver kendaraan berbalik arah pada ruas jalan yang padat arus lalu lintasnya. Hal ini menyebabkan terjadinya perubahan kondisi lalu lintas dari arus bebas (*uninterrupted flow*) menjadi terganggu (*interrupted flow*), sehingga terjadi penurunan kecepatan dan bertambahnya kerapatan antar kendaraan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi karakteristik arus lalu lintas akibat *U-turn* dan menentukan tundaan operasional secara empiris arus lalu lintas pada kedua arah akibat gerakan *U-turn*. Lokasi penelitian dilakukan pada ruas jalan Walisongo km 9 Semarang yang menghubungkan kota Semarang dengan kota Kendal.

Penelitian menggunakan tiga variabel data utama yaitu dua variabel yang pertama sebagai input data untuk analisis karakteristik lalu lintas (volume dan kecepatan) dan satu variabel yang kedua (waktu tempuh) merupakan data untuk analisa tundaan operasional. Pengumpulan data menggunakan kamera video selama tujuh jam pengamatan untuk tiap periode selama 5 menit dari pukul 07.00 sampai 18.00. Proses transkrip data dilakukan dengan mencatat volume dan waktu tempuh kendaraan, sedangkan untuk data lainnya dengan mengamati kembali rekaman video serta menghitungnya secara manual. Di dalam menentukan hubungan karakteristik lalu lintas digunakan metode pendekatan *Greenshield*. Sedangkan tundaan operasional dibedakan dalam dua tipe arus lalu lintas, yaitu searah dengan kendaraan *U-turn* dan berlawanan arah dengan kendaraan *U-turn*.

Dari hasil analisa dan perhitungan, kecepatan ruang rata-rata pada arus bebas (*free flow speed*) dengan model *Greenshield* memberikan hasil yang bervariasi pada masing-masing kondisi penggal jalan pengamatan. Pada arah Kendal, kondisi penggal jalan sebelum *U-turn* diperoleh hasil : ($U_f=63,97$ km/jam, $D_j=129,44$ smp/km, $V_{maks}=2070,06$ smp/jam/2 lajur), kondisi penggal jalan tepat *U-turn* diperoleh hasil : ($U_f=58,02$ km/jam, $D_j=131,35$ smp/km, $V_{maks}=1905,23$ smp/jam/2 lajur), sedangkan kondisi penggal jalan setelah *U-turn* : ($U_f=63,71$ km/jam, $D_j=126,59$ smp/km, $V_{maks}=2055,76$ smp/jam/2 lajur). Sementara untuk arah Semarang, kondisi penggal jalan sebelum *U-turn* diperoleh hasil : ($U_f=66,196$ km/jam, $D_j=95,94$ smp/km, $V_{maks}=1587,7$ smp/jam/2 lajur), kondisi penggal jalan tepat *U-turn* diperoleh hasil : ($U_f=58,66$ km/jam, $D_j=107,18$ smp/km, $V_{maks}=1571,23$ smp/jam/2 lajur), sedangkan kondisi penggal jalan setelah *U-turn* : ($U_f=65,48$ km/jam, $D_j=97,59$ smp/km, $V_{maks}=1597,57$ smp/jam/2 lajur). Kecepatan ruang rata-rata pada lokasi tepat *U-turn* lebih kecil daripada lokasi sebelum dan sesudah *U-turn*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adanya kendaraan yang melakukan *U-turn* mempengaruhi kecepatan kendaraan lainnya. Berdasarkan hasil analisa tundaan lalu lintas dalam arah yang sama, rata-rata jumlah kendaraan yang dipengaruhi antara 5 kendaraan untuk arah Kendal dan 6 kendaraan untuk arah Semarang dengan rata-rata tundaan perkendaraan antara 2,09 detik untuk arah Kendal dan 2,26 detik untuk arah Semarang. Sedangkan lalu lintas dalam arah yang berlawanan, rata-rata jumlah kendaraan yang dipengaruhi adalah 5 kendaraan baik arah Kendal maupun arah Semarang, dengan rata-rata tundaan antara 3,99 detik untuk arah Kendal dan 3,98 detik untuk arah Semarang. Tundaan yang terjadi pada lokasi studi masih dapat diterima dan tidak menyebabkan kemacetan lalu lintas yang berarti.

Kata kunci: *Greenshield*, *U-turn*, tundaan operasional

ABSTRACT

The Influence of U-turn Maneuver on Traffic (A case study at Km. 9 Walisongo road Semarang)

This research is aimed to evaluate the different characteristics of traffic with and without U-turn and empirically to specify the operational traffic on two directions caused by a U-turn maneuver. The location chosen for this research is km. 9 Walisongo road which connects Semarang and Kendal.

This research uses three primary variables of data. The first two variables are used as input data to analyze the characteristics of the traffic (the volume and the speed) and the second one variable (travel time) is used to analyze the operational delay. The data collecting is applied by using video camera in a 7 hours observation periodically every 5 minutes from 0.700 to 18.00 Hrs. the data transcription is conducted by recording the volume and the travel time of the vehicles, while the another variable of the data is attained by reobserving the content of the video recording and calculating it manually. Greenshield method is used to specify the correlation of the traffic characteristics. The operational delay is divided into two types of traffic directions, i.e. the same direction as the vehicles making U-turn maneuver and the opposing one.

The analysis and calculation show that the average free flow speed observed with Greenshield method is vary on each condition of the observed road cuts. The result on the direction to Kendal, the condition of road cut prior to the U-turn is: ($U_f=63,97$ km/hour, $D_j=129,44$ pcu/km, maximum $V=2070,06$ pcu/hour/2 lines), that exactly at the *U-turn* is : ($U_f=58,02$ km/hour, $D_j=131,35$ pcu/km, maximum $V=1905,23$ pcu/hour/2 lines), while that after the U-turn *U-turn* is : ($U_f=63,71$ km/hour, $D_j=126,59$ pcu/km, maximum $V=2055,76$ pcu/hour/2 lines). The result of that on the direction to Semarang, of the condition of road cut prior to the *U-turn* is : ($U_f=66,196$ km/hour, $D_j=95,94$ pcu/km, maximum $V=1587,7$ pcu/hour/2 lines), that exactly at the *U-turn* is: ($U_f=58,66$ km/hour, $D_j=107,18$ pcu/km, maximum $V=1571,23$ pcu/hour/2 lines), while that after the *U-turn* is: ($U_f=65,48$ km/hour, $D_j=97,59$ pcu/km, maximum $V=1597,57$ pcu/hour/2 lines). The average free flow speed exactly at the U-turn is lower than that both prior to the U-turn influences the speed of other vehicles. Based on the analysis of the traffic delay within the parallel direction, the average vehicles influences is 5 for the direction to Kendal and 6 for the direction to Semarang with average delay per vehicles 2,09 second and 2,26 second respectively. While the traffic delay per vehicles 2,09 second and 2,26 second respectively. While the traffic delay within for opposing directions shows that the average vehicle influenced is 5 for the direction to Kendal and to Semarang with average delay per vehicles 3,99 seconds and 3,98 seconds respectively.

Keyword: Greenshield, U-turn, delay.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul Pengaruh Manuver Kendaraan Berbalik Arah terhadap Arus Lalu Lintas.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Suripin, M.Eng., selaku ketua program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
2. Bapak Ir. Epf. Eko Yulipriyono, MS, selaku dosen pembimbing I.
3. Bapak Ir. Kami Hari Basuki, MT, selaku dosen pembimbing II
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA, selaku tim penguji.
5. Bapak Ir. Wahyudi Kushardjoko, MT, selaku tim penguji.
6. Ibu Ir. Ismiyati, MS. selaku tim penguji.
7. Bapak Ir. Das'at Widodo, MS, selaku dosen pembimbing sebelumnya.
8. Bapak dan Ibu di Demak atas segala do'a dan restunya.
9. Mas Syafi'i sekeluarga yang telah membiayai studi S2.
10. Mas Yupiter Indrajaya dan Mas Ardian atas bantuan dan saran selama masa penelitian.
11. Rekan-rekan pengurus TPQ Al Maghfiroh atas bantuan dan dorongan moril selama masa penelitian.
12. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung hingga selesainya penyusunan tesis dan studi di Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.

Akhirnya penulis menyadari bahwa dalam setiap hasil dari suatu usaha dan perbuatan akan selalu terdapat kekurangan. Untuk itu penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun, untuk perbaikan pada pengembangan dan kajian di lainn kesempatan.

Semarang, Mei 2003

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
1AB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Lokasi Penelitian.....	3
1.3 Maksud dan tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II STUDI PUSTAKA.....	7
2.1 Karakteristik Lalu-lintas.....	7
2.1.1 Volume Arus Lalu-lintas.....	7
2.1.2 Kecepatan.....	9
2.1.3 Kerapatan	10
2.2 Model hubungan kecepatan dengan kerapatan.....	11
2.2.1 Model <i>Greenshield</i>	12
2.2.2 Model <i>Greenberg</i>	14
2.2.3 Model <i>Underwood</i>	17
2.3 U-Turn	20
2.3.1 Pengaruh dari fasilitas U-Turn pada Pengoperasian Lalu-lintas	21
2.3.2 Tipikal Operasi U-Turn.....	22
2.3.3 Tundaan Operasional	25
2.3.3.1 Analisa Waktu Tempuh	26
2.3.4 Analisa Statistik	26
2.3.4.1 Distribusi Poisson	26
2.3.4.2 Pengujian Chi-Square Goodness-of-fit	27
2.4 Faktor Konversi Kendaraan.....	28
2.5 Kondisi Geometrik Jalan	29
2.6 Rangkuman terhadap studi yang telah dilakukan	30
BAB III METODOLOGI.....	33
3.1 Alur Kegiatan	33
3.2 Survei Pendahuluan.....	34
3.3 Metodologi Pengambilan Data.....	34
3.3.1 Kebutuhan Peralatan	34

3.3.2	Waktu dan Periode Pengamatan	35
3.3.3	Macam Dan Banyaknya Data	35
3.4	Data-Data Yang Diperlukan	36
3.4.1	Data Karakteristik Lalu Lintas dan Geometrik Jalan....	36
3.4.2	Data Tundaan Operasional.....	36
3.5	Teknis Pelaksanaan Pengambilan Data Lapangan.....	36
3.5.1	Pengambilan Data Karakteristik Lalu Lintas.....	36
3.5.1.1	Data Volume Lalu Lintas	36
3.5.1.2	Pengambilan Data Kecepatan Kendaraan	37
3.5.2	Pengambilan Data Tundaan Operasional.....	39
3.5.2.1	Data Waktu Tempuh.....	39
3.5.3	Data Kondisi Geometrik Jalan	41
3.6	Pengolahan Data.....	43
3.6.1	Pengolahan Data Volume.....	43
3.6.2	Pengolahan Data Kecepatan	43
3.6.3	Pengolahan Data Waktu Tempuh	44
3.6.4	Pengolahan Data Geometrik Jalan	44
3.7	Metodologi Analisa Data.....	44
3.7.1	Analisa Data Karakteristik Lalu Lintas.....	44
3.7.1.1	Perhitungan Volume Lalu Lintas.....	44
3.7.1.2	Perhitungan Kecepatan dan Kecepatan Rata-rata.....	45
3.7.1.3	Perhitungan Kerapatan Lalu Lintas	45
3.7.1.4	Perhitungan Model Hubungan Kecepatan- Volume-Kerapatan.....	46
3.7.2	Analisa Data Tundaan Operasional.....	46
3.7.2.1	Perhitungan Tundaan Operasional.....	46
BAB IV	PENYAJIAN DATA.....	47
4.1	Ruas Jalan	47
4.2	Volume Lalu Lintas.....	47
4.3	Kecepatan Kendaraan	47
4.4	Waktu Tempuh.....	48
4.5	Cara Pengolahan Data	48
4.5.1	Volume Arus Lalu Lintas.....	48
4.5.2	Kecepatan Dan Kerapatan.....	52
4.5.3	Waktu Tempuh.....	57
4.5.4	Pergerakan U-Turn tunggal.....	58
4.5.5	Data Tundaan Operasional.....	60
BAB V	ANALISIS	65
5.1	Hubungan Antara Kecepatan, Kerapatan Dan Arus (Volume) .	65
5.2	Menentukan nilai Arus (Volume) maksimum.....	77
5.2.1	Arah Kendal	77
5.2.2	Arah Semarang.....	78
5.3	Analisa Tundaan Operasional.....	79
5.3.1	Sampel Hasil Pengamatan.....	79
5.3.2	Ikhtisar dari Analisa Statistik.....	79

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	82
6.1 Kesimpulan.....	82
6.2 Saran dan Rekomendasi	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN A (Data volume lalu lintas)	86
LAMPIRAN B (Data kecepatan lalu lintas)	99
LAMPIRAN C (Data Analisa Statistik)	130

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
2.1	Nilai Konversi Kendaraan 2 arah – 2 lajur dengan Median	29
3.1	Rekomendasi Panjang Penggal Jalan Pengamatan	38
4.1	Rata-rata waktu tempuh dan Kecepatan dari Arus Tidak Terganggu	57
4.2	Data Kendaraan yang melakukan U-Turn Tunggal	58
4.3	Data Tundaan Operasional Lalu Lintas Searah Akibat Gerakan U-Turn Tunggal Kendaraan Ringan Arah Kendal	61
4.4	Data Tundaan Operasional Lalu Lintas Searah Akibat Gerakan U-Turn Tunggal Kendaraan Ringan Arah Semarang	62
4.5	Data Tundaan Operasional Lalu Lintas Berlawanan Arah Akibat Gerakan U-Turn Tunggal Kendaraan Ringan Arah Kendal	63
4.6	Data Tundaan Operasional Lalu Lintas Berlawanan Arah Akibat Gerakan U-Turn Tunggal Kendaraan Ringan Arah Semarang	64
5.1	Rangkuman Hasil Analisis Regresi Linier	75
5.2	Hubungan antara Kecepatan (U_s), Volume (V) dan Kerapatan (D)	76
5.3	Hasil Pengamatan Tundaan	80
5.4	Ikhtisar dari Analisa Statistik untuk Jumlah Kendaraan yang Dipengaruhi	81
5.5	Ikhtisar dari Analisa Statistik untuk Jumlah Rata-rata Tndaan Kendaraan yang Dipengaruhinya	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
1.1	Lokasi Studi.....	4
2.1	Hubungan antara arus, kecepatan, dan kerapatan model Greenshield.....	11
2.2	Hubungan kecepatan – kerapatan Greenshield.....	14
2.3	Hubungan kecepatan – kerapatan Greenberg.....	17
2.4	Hubungan kecepatan – kerapatan Underwood.....	20
2.5	Tipe pergerakan U-Turn.....	21
2.6	Tipikal rangkaian dari gerakan U-Turn tunggal dan pengaruh pada kendaraan lainnya.....	24
3.1	Bagan alur kegiatan.....	33
3.2	Metode survei perhitungan karakteristik lalu lintas.....	41
3.3	Metode survei perhitungan tundaan operasional.....	42
4.1	Grafik volume lalu lintas arah Kendal sebelum U-Turn.....	50
4.2	Grafik volume lalu lintas arah Kendal tepat U-Turn.....	50
4.3	Grafik volume lalu lintas arah Kendal setelah U-Turn.....	50
4.4	Grafik volume lalu lintas arah Semarang sebelum U-Turn.....	51
4.5	Grafik volume lalu lintas arah Semarang tepat U-Turn.....	51
4.6	Grafik volume lalu lintas arah Semarang setelah U-Turn.....	51
4.7	Grafik kecepatan lalu lintas arah Kendal sebelum U-Turn.....	53
4.8	Grafik kecepatan lalu lintas arah Kendal tepat U-Turn.....	53
4.9	Grafik kecepatan lalu lintas arah Kendal setelah U-Turn.....	53
4.10	Grafik kecepatan lalu lintas arah Semarang sebelum U-Turn.....	54
4.11	Grafik kecepatan lalu lintas arah Semarang tepat U-Trun.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
A-1	Hasil Survei Lalu Lintas Arah Kendal sebelum U-Turn	87
A-2	Hasil Survei Lalu Lintas Arah Semarang sebelum U-Turn	89
A-3	Hasil Survei Lalu Lintas Arah Kendal tepat U-Turn	91
A-4	Hasil Survei Lalu Lintas Arah Semarang tepat U-Turn.....	93
A-5	Hasil Survei Lalu Lintas Arah Kendal setelah U-Turn.....	95
A-6	Hasil Survei Lalu Lintas Arah Semarang setelah U-Turn	97
B-1	Hasil Survei kecepatan ruang arah Kendal sebelum U-Turn.....	100
B-2	Hasil Survei kecepatan ruang arah Kendal tepat U-Turn	102
B-3	Hasil Survei kecepatan ruang arah Kendal setelah U-Turn	104
B-4	Hasil Survei kecepatan ruang arah Semarang sebelum U-Turn	106
B-5	Hasil Survei kecepatan ruang arah Semarang tepat U-Turn.....	108
B-6	Hasil Survei kecepatan ruang arah Semarang setelah U-Turn.....	110
B-7	Data Volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan arah Kendal sebelum U-Turn (sewaktu ada U-Turn).....	112
B-8	Data Volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan arah Kendal sebelum U-Turn (sewaktu tidak ada U-Turn).....	114
B-9	Data Volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan arah Kendal tepat U-Turn (sewaktu ada U-Turn)	115
B-10	Data Volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan arah Kendal tepat U-Turn (sewaktu tidak ada U-Turn)	117
B-11	Data Volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan arah Kendal setelah U-Turn (sewaktu ada U-Turn)	118

B-12	Data Volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan arah Kendal setelah U-Turn (sewaktu tidak ada U-Turn)	120
B-13	Data Volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan arah Semarang sebelum U-Turn (sewaktu ada U-Turn).....	121
B-14	Data Volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan arah Semarang sebelum U-Turn (sewaktu tidak ada U-Turn).....	123
B-15	Data Volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan arah Semarang tepat U-Turn (sewaktu ada U-Turn)	124
B-16	Data Volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan arah Semarang tepat U-Turn (sewaktu tidak ada U-Turn)	126
B-17	Data Volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan arah Semarang setelah U-Turn (sewaktu ada U-Turn).....	127
B-18	Data Volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan arah Semarang setelah U-Turn (sewaktu tidak ada U-Turn).....	129
C-1	Analisa Statistik jumlah kendaraan yang dipengaruhi dalam arah sama (Arah Kendal).....	131
C-2	Analisa Statistik jumlah kendaraan yang dipengaruhi dalam arah sama (Arah Semarang).....	132
C-3	Analisa Statistik jumlah kendaraan yang dipengaruhi dalam arah berlawanan (Arah Kendal).....	133
C-4	Analisa Statistik jumlah kendaraan yang dipengaruhi dalam arah berlawanan (Arah Semarang)	134
C-5	Analisa Statistik rata-rata tundaan perkendaraan yang dipengaruhi dalam arah sama (Arah Kendal)	135

C-6	Analisa Statistik rata-rata perkendaraan yang dipengaruhi dalam arah sama (Arah Semarang).....	136
C-7	Analisa Statistik rata-rata perkendaraan yang dipengaruhi dalam arah berlawanan (Arah Kendal).....	137
C-8	Analisa Statistik rata-rata perkendaraan yang dipengaruhi dalam arah berlawanan (Arah Semarang).....	138

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Prasarana transportasi jalan raya terdiri atas ruas jalan dan persimpangan, sedangkan tingkat efisiensi jaringan jalan sangat dipengaruhi oleh kinerja persimpangan yang dapat berupa persimpangan sebidang maupun tak sebidang.

Persimpangan yang ada di ruas jalan perlu dibenahi untuk mempertahankan fungsi ruas jalan. Pembenahan dapat dilakukan dengan manajemen lalu lintas, salah satu bentuknya adalah larangan belok kanan. Konsekuensi larangan belok kanan adalah penyediaan lokasi memutar arah di ruas jalan.

Fasilitas berbalik arah dapat dibedakan menjadi dua macam berdasarkan lokasinya (Kasturi 1997) yaitu fasilitas berbalik arah di ruas jalan yang jauh dari persimpangan dan fasilitas berbalik arah yang dekat dengan persimpangan. Kedua jenis fasilitas berbalik arah tersebut pada dasarnya adalah untuk mempertahankan kinerja dari persimpangan dan ruas jalan.

Di Semarang fasilitas *U-turn* dapat ditemukan pada jalan-jalan utama dengan median, tetapi median tersebut sangat sempit dan dibuat secara fisik untuk memisahkan arah lalu lintas yang berlawanan pada jalan yang padat dan pada jalan dengan kecepatan tinggi.

U-turn di dekat persimpangan juga digunakan di Semarang pada kondisi-kondisi volume lalu lintas yang padat, dimana satu atau lebih konflik arus langsung diarahkan melalui *U-turn* tersebut untuk mengurangi jumlah konflik diantara persimpangan dan dengan demikian tercapai kondisi pengoperasian yang baik. Tetapi fasilitas *U-turn* tidak

secara keseluruhan mengatasi masalah konflik, sebab *U-turn* sendiri akan menimbulkan permasalahan konflik tersendiri dalam bentuk hambatan terhadap arus searah dan juga berlawanan arah.

Berikut dapat dijelaskan beberapa butir pengaruh dari fasilitas *U-turn* :

1. Dalam melakukan *U-turn*, kendaraan akan melakukan pendekatan yang secara normal dari lajur cepat, dan melambat atau berhenti. Perlambatan ini akan mengganggu arus lalu lintas pada arah yang sama.
2. Pada umumnya kendaraan tidak dapat melakukan *U-turn* secara langsung dan akan menunggu gap yang memungkinkan di dalam arus lalu lintas yang berlawanan arah. Dengan median yang sempit kendaraan yang akan melakukan *U-turn* akan menyebabkan kendaraan lain dalam arus yang sama berhenti dan membentuk antrian pada lajur cepat. Antrian ini menimbulkan *bottleneck* yang dapat dikatakan sebagai hambatan terhadap lalu lintas di lajur lain pada arah yang sama.
3. Kendaraan yang melakukan *U-turn* dipengaruhi oleh ukuran fasilitas *U-turn*, karakteristik kendaraan dan kemampuan pengemudi. Median yang sempit atau bukaan median yang sempit memaksa pengemudi melakukan *U-turn* menghambat lebih dari dua lajur dalam dari 2 arah dengan melakukan *U-turn* dari lajur luar atau melakukan *U-turn* masuk ke lajur luar.
4. Fasilitas *U-turn* sering ditemukan pada daerah sibuk dengan kondisi lalu lintas mendekati kapasitas. Dalam kondisi ini lalu lintas yang terhambat disebabkan *U-turn* relatif mempunyai dampak yang lebih besar dalam bentuk tundaan.

Salah satu permasalahan yang turut memperburuk kondisi lalu lintas yang akan dijadikan bahan penelitian disini adalah masalah manuver kendaraan berbalik arah pada ruas jalan yang padat arus lalu lintasnya. Hal ini sering menyebabkan terjadinya perubahan

perjalanan kendaraan dari arus bebas (*Uninterrupted Flow*) menjadi terganggu (*Interrupted Flow*), sehingga terjadi penurunan kecepatan dan bertambahnya kerapatan antar kendaraan.

Manuver kendaraan berbalik arah juga mempengaruhi karakteristik lalu lintas pada ruas jalan, meliputi kecepatan, volume dan kerapatan lalu lintas. Sehingga perlu diteliti seberapa besar perubahan karakteristik lalu lintas yang terjadi bila dibandingkan dengan kondisi ruas jalan tersebut tanpa fasilitas berbalik arah.

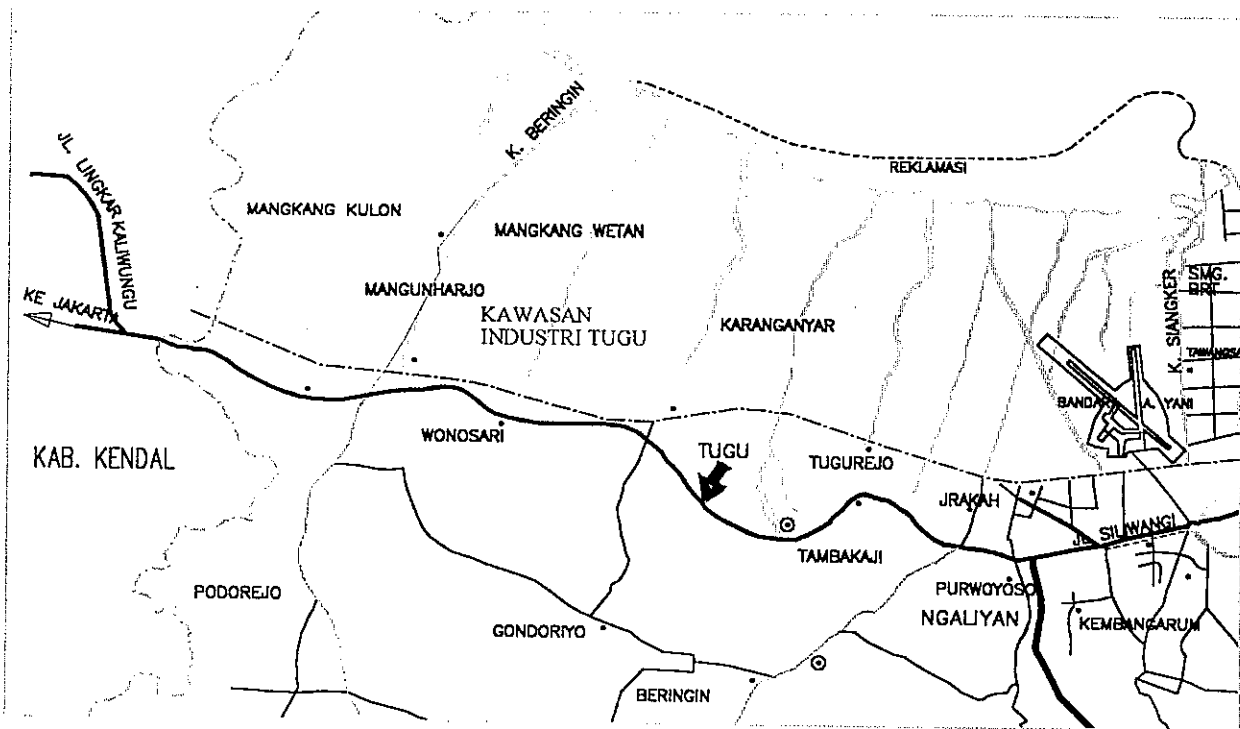
1.2. Lokasi Penelitian

Dalam penelitian pengaruh manuver kendaraan berbalik arah terhadap arus lalu lintas ini mengambil lokasi di jalan Walisongo Tugu Km 9 Semarang, yaitu di depan eks kolam renang Tugu.

Pemilihan lokasi penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa hal yaitu :

1. Lokasi putaran U berada pada ruas jalan dengan empat lajur dan dua arah lalu lintas, yaitu arah barat (Kendal) dan arah timur (Semarang).
2. Volume lalu lintas pada arus utama berdasarkan penelitian pendahuluan adalah seimbang yaitu perbandingan arah pergerakan lalu lintas adalah relatif tetap dan stabil.
3. Lokasi putaran U mempunyai jarak cukup jauh dari persimpangan berlampu lintas terdekat (750 meter) dan memiliki dua pergerakan berbalik arah untuk tiap jenis kendaraan dengan dua pintu *server*.

Adapun lokasi studi pada penelitian pengaruh manuver kendaraan berbalik arah terhadap arus lalu lintas dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Lokasi Studi

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh manuver kendaraan berbalik arah terhadap arus, kecepatan dan kerapatan lalu lintas pada lokasi studi.

Sedangkan tujuan dilakukan penelitian ini adalah :

1. Mengevaluasi karakteristik lalu lintas akibat *U-turn*.
2. Untuk menentukan tundaan operasional secara empiris dan arus lalu lintas pada kedua arah, yang disebabkan oleh gerakan *U-turn* tunggal oleh kendaraan ringan.

Selanjutnya hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan bagi perencanaan dan pengoperasian lalu lintas sehingga dapat dihasilkan perencanaan yang tepat, efisien dan efektif.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini mengambil ruang lingkup permasalahan sebagai berikut :

1. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada lokasi studi yaitu pada jalan Walisongo Tugu Km 9 Semarang, depan eks kolam renang Tugu.
2. Analisis hubungan antara arus (*flow*), kecepatan (*speed*) dan kerapatan (*density*) lalu lintas menggunakan satu model pendekatan yaitu model linier *Greenshield*. Model *Greenshield* dipilih karena merupakan model yang paling sederhana yang mudah untuk diterapkan, sehingga banyak dipakai dalam penelitian sebelumnya.
3. Pada analisis tundaan operasional, hanya gerakan *U-turn* tunggal oleh satu kendaraan ringan yang akan diteliti. Periode yang terjadi *U-turn* ganda atau multiple tidak termasuk yang dianalisa.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini dibahas mengenai latar belakang, pokok permasalahan, pembatasan masalah dan sistematika penulisan tesis.

BAB II STUDI PUSTAKA

Dalam bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah-masalah yang ada. Serta dicantumkannya studi-studi yang pernah dilakukan sebagai pembanding dengan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI

Dalam bab ini akan dibahas kerangka berpikir (metodologi) yang digunakan dalam penelitian ini dan prosedur-prosedur dari pemecahan masalah.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Dalam bab ini dilakukan prosedur pengolahan data. Data yang diperoleh dari penelitian diolah dan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel sehingga mempermudah dalam analisa data.

BAB V ANALISA

Setelah proses pengolahan data, maka dalam bab ini akan dilakukan analisa terhadap kondisi fasilitas berbalik arah.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1. Karakteristik Arus Lalu-Lintas

Karakteristik utama arus lalu lintas yang digunakan sebagai dasar penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Volume arus lalu lintas.
2. Kecepatan arus lalu lintas.
3. Kerapatan arus lalu lintas.

2.1.1. Volume arus lalu lintas

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dari suatu segmen/ruas jalan selama waktu tertentu.

Volume lalu lintas ini biasanya dinyatakan dengan satuan smp/jam. Dalam pembahasannya volume dibagi menjadi :

1. Volume Harian (*Daily Volumes*)

Volume harian ini digunakan sebagai dasar perencanaan jalan dan observasi umum tentang trend. Pengukuran volume harian ini dapat dibedakan :

- a. *Average Annual Daily Traffic (AADT)*, dalam satuan *vehicle per hour (vph)* rata-rata yakni volume yang diukur selama 24 jam dalam kurun waktu 365 hari, dengan demikian merupakan total kendaraan yang terukur dibagi 365 (jumlah hari dalam 1 tahun).
- b. *Average Daily Traffic (ADT)*, dalam satuan *vehicle per hour (vph)* rata-rata yakni volume yang diukur selama 24 jam penuh dalam periode waktu tertentu dibagi dengan banyaknya hari tersebut.

2. Volume jam-an (*hourly volumes*)

Yakni suatu pengamatan terhadap arus lalu-lintas untuk menentukan jam puncak selama periode pagi dan sore yang biasanya terjadi kesibukan akibat orang pergi dan pulang kerja. Dari pengamatan tersebut dapat diketahui arus yang paling besar yang disebut sebagai jam puncak. Arus pada jam puncak ini dipakai sebagai dasar untuk design jalan raya dan analisis operasi lainnya yang diperlukan seperti untuk analisa keselamatan misalnya.

Untuk keperluan design arus jam puncak kadang-kadang diestimasi dari proyeksi arus harian, dengan menggunakan keterkaitan sebagai berikut :

$$DDHV = AADT \times K \times D \quad (2.1)$$

Keterangan :

DDHV = *Directional Design Hourly Volume*
(Arus Jam Rencana Kend/jam)

K = Ratio antara Arus Jam Puncak dengan LHRT (AADT)

D = Koefisien Arah Arus Lalu-Lintas

3. *Peak Hour Factor* (PHF)

Yakni Perbandingan antara Volume Lalu-Lintas Per Jam pada saat Jam Puncak dengan 4 kali *Rate Of Flow* pada saat yang sama (Jam Puncak).

$$PHF = \frac{\text{Volume Per Jam}}{4 \times \text{Peak Rate Factor Of Flow}}$$

Rate Of Flow = Nilai Equivalen dari volume lalu-lintas per jam, dihitung dari jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dari suatu lajur / segmen jalan selama interval waktu kurang dari satu jam (dalam Penelitian ini diambil 5 menit).

4. Volume per sub jam (*subhourly volumes*)

Yakni arus yang disurvei dalam periode waktu lebih kecil dari satu jam. (dalam penelitian ini diambil 5 menitan).

5. Volume Jam Puncak

Yakni banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dari suatu ruas jalan selama satu jam pada saat terjadi arus lalu-lintas yang terbesar dalam satu hari.

Pada penelitian ini yang digunakan adalah besaran arus (*flow*) yang lebih spesifik untuk hubungan masing-masing penggal jalan yang ditinjau dengan kecepatan dan kerapatan pada periode waktu tertentu.

2.1.2. Kecepatan

Kecepatan didefinisikan sebagai laju dari suatu pergerakan kendaraan dihitung dalam jarak per satuan waktu. Dalam pergerakan arus lalu-lintas, tiap kendaraan berjalan pada kecepatan yang berbeda. Dengan demikian dalam arus lalu-lintas tidak dikenal karakteristik kecepatan kendaraan tunggal. Dari distribusi tersebut, jumlah rata-rata atau nilai tipikal dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari arus lalu-lintas.

Dalam perhitungannya, kecepatan rata-rata dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

- 1. *Time mean speed* (TMS), yang didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang melewati suatu titik dari jalan selama periode waktu tertentu.

$$\bar{U}_t = \frac{L}{n} \left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_3} + \dots \right) \quad (2.2)$$

2. *Space mean speed* (SMS), yakni kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang menempati penggalan jalan selama periode waktu tertentu.

Keterangan :

L = Panjang penggal jalan (m)

$$\bar{U}_s = \frac{L}{\frac{1}{n} \sum t_i} \quad (2.3)$$

N = Jumlah sampel kendaraan

t_i = waktu tempuh kendaraan

2.1.3. Kerapatan

Kerapatan didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang jalan atau lajur, secara umum diekspresikan dalam kendaraan per kilometer.

Kerapatan sulit diukur secara langsung di lapangan, melainkan dihitung dari nilai kecepatan dan arus sebagai hubungan :

$$\text{Sehingga :} \quad V = U_s \times D \quad (2.4)$$

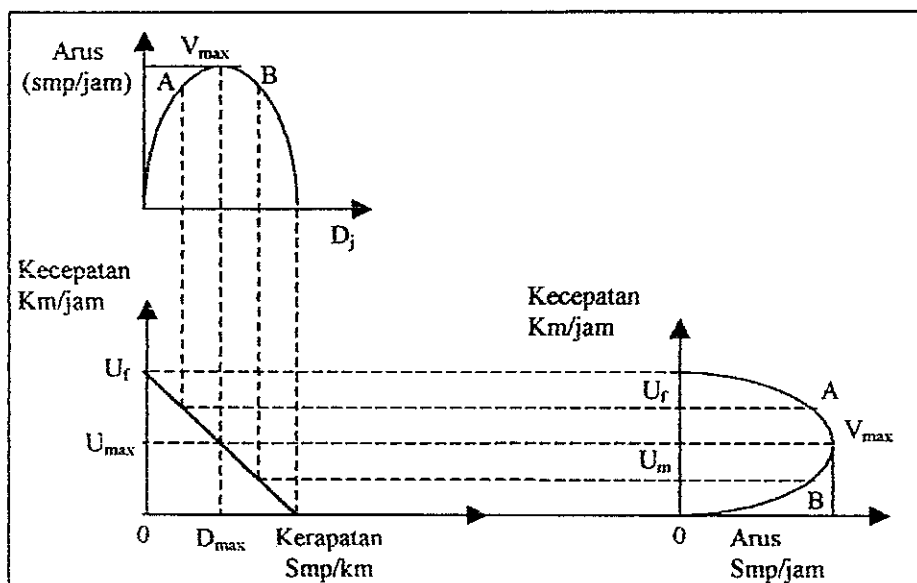
$$D = V / U_s$$

Keterangan: $V = \text{Arus}$
 $U_s = \text{Space mean speed}$
 $D = \text{Kerapatan}$

Model dari hubungan variabel arus, kecepatan dan kerapatan, dapat terlihat pada gambar 2.1, pada dasarnya dapat diterangkan bahwa :

1. Pada Kondisi kerapatan mendekati harga nol, arus lalu lintas juga mendekati harga nol, dengan asumsi seakan-akan tidak terdapat kendaraan bergerak.
2. Apabila kerapatan naik dari angka nol, maka arus juga naik. Pada suatu kerapatan tertentu akan tercapai suatu titik dimana bertambahnya kerapatan akan membuat arus menjadi turun.

3. Pada kondisi kerapatan mencapai kondisis maksimum atau disebut kerapatan kondisi *jam* (kerapatan jenuh) kerapatan perjalanan akan mendekati nilai nol, demikian pula arus lalu lintas akan mendekati harga nol karena tidak memungkinkan kendaraan untuk dapat bergerak lagi.
4. Kondisi arus di bawah kapasitas dapat terjadi pada dua kondisi, yakni :
 - ◆ Pada kecepatan tinggi dan kerapatan rendah (kondisi A)
 - ◆ Pada kecepatan rendah dan kerapatan tinggi (kondisi B)



Gambar. 2.1. Hubungan antara Arus, Kecepatan, dan Kerapatan Model Greenshield

2.2. Model hubungan kecepatan dengan kerapatan

Seorang pengemudi akan cenderung menaikkan kecepatannya sebagaimana halnya jika sejumlah kendaraan sekitarnya kecepatannya naik (*Gerlough dan Hubber, 1975*). Dari gambar 2.1 tersebut akan terjadi interaksi hubungan antara kecepatan, arus dan kerapatan.

2.2.1. Model Greenshield

Greenshield yang melakukan studi pada jalan-jalan di luar kota Ohio, mengusulkan hubungan linier antara kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*) yang terjadi dalam suatu lalu-lintas dengan kerapatan kendaraan, dengan pendekatan rumus :

$$U_s = U_f - (U_f/D_j) D \quad (2.5)$$

Dapat dilihat bahwa rumus di atas pada dasarnya merupakan suatu persamaan linier, $Y = a + bX$, dimana dianggap bahwa U_f merupakan konstanta a dan $U_f/D_j = b$ sedangkan U_s dan D masing-masing merupakan variabel Y dan X .

dimana :

U_s	=	Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)
U_f	=	Kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam)
D	=	Kerapatan (smp/km)
D_j	=	Kerapatan kondisi jam (smp/km)
V	=	Arus lalu-lintas (smp/jam)

Kita ketahui bahwa hubungan dasar antara arus, kecepatan, dan kerapatan didasarkan pada rumus dasar :

$$V = D \cdot U_s \quad (2.6)$$

Selanjutnya berdasarkan rumus di atas dapat diturunkan rumus-rumus yang merupakan hubungan antara arus dan kecepatan dengan mensubstitusikan rumus pada persamaan 2.6 yang ditulis dalam bentuk lain yakni $D = V/U_s$ ke dalam persamaan 2.5 sehingga menjadi :

$$V = D_j \cdot U_s - (D_j / U_f) U_s^2 \quad (2.7)$$

Demikian pula hubungan antara arus dengan kerapatan dapat diturunkan dengan mensubstitusikan rumus pada persamaan 2.5 ke dalam persamaan 2.6 sehingga menjadi :

$$\begin{aligned} V &= D \cdot U_s \\ V &= D \cdot (U_f - (U_f/D_j) D) \\ V &= U_f \cdot D - (U_f/D_j) D^2 \end{aligned} \quad (2.8)$$

Rumus pada persamaan 2.7 dan 2.8 keduanya merupakan fungsi parabola (fungsi pangkat dua) dengan masing-masing merupakan $V = f(U_s)$ dan $V = f(D)$.

Harga arus maksimum dapat dicari dengan menurunkan rumus persamaan 2.8 terhadap *kerapatan* (D) dan nilai arus maksimum terjadi pada saat nilai kerapatan maksimum yakni pada saat nilai turunan pertama (diferensial ke-1) tersebut sama dengan nol.

$$V = U_f \cdot D - (U_f/D_j) D^2$$

$$\frac{\partial V}{\partial D} = U_f - 2 \cdot D_m \cdot (U_f/D_j)$$

untuk nilai :

$$\frac{\partial V}{\partial D} = 0 \quad \text{maka :}$$

$$0 = U_f - 2 \cdot D_m \cdot (U_f/D_j)$$

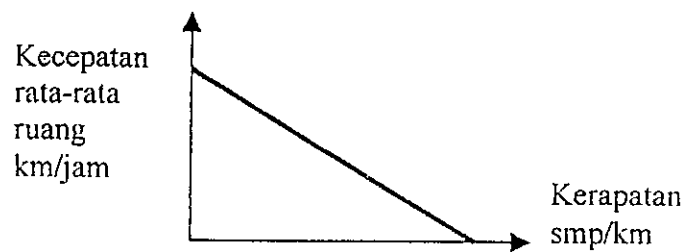
$$D_m = \frac{D_j}{2}$$

Nilai D_m disubsitusikan ke dalam persamaan 2.8 dengan kondisi V berubah menjadi V_m dan D menjadi D_m , diperoleh :

$$V_m = \frac{D_j \cdot U_f}{4} \quad (2.9)$$

dimana : $V_m =$ Arus maksimum (km/jam)
 $D_m =$ Kerapatan maksimum (smp/km)

Model Greenshield merupakan model yang paling sederhana yang mudah untuk diterapkan, yakni dari beberapa penelitian ternyata diperoleh korelasi antara model dan data lapangan.



Gambar.2.2 Hubungan kecepatan-kerapatan Greenshield

2.2.2. Model Greenberg

Model Greenberg adalah model kedua yang mensurvei hubungan kecepatan-kerapatan pada aliran lalu-lintas pada terowongan, dan menyimpulkan bahwa model non linier lebih tepat digunakan yakni fungsi eksponensial. Rumus dasar dari Greenberg adalah :

$$D = c \cdot e^{bUs} \quad (2.10)$$

dimana c dan b merupakan nilai konstan.

Dengan menggunakan analogi aliran fluida dia mengkombinasikan persamaan gerak dan kontinuitas untuk satu kesatuan dimensi gerak dan menurunkan persamaan :

$$U_s = U_m \ln(D_j / D) \quad (2.11)$$

Pada model Greenberg ini diperlukan pengetahuan tentang parameter-parameter kecepatan optimum dan kerapatan kondisi *jam*. Sama dengan model Greenshield, kerapatan kondisi *jam* sangat sulit diamati dilapangan dan estimasi terhadap kecepatan optimum lebih sulit diperkirakan daripada kecepatan bebas rata-rata. Estimasi kasar untuk menentukan kecepatan optimum adalah kurang lebih setengah dari kecepatan rencana. Ketidakuntungan lain dari model ini adalah kecepatan bebas rata-rata tidak dapat dihitung.

Persamaan 2.11 diatas dapat ditulis ke dalam bentuk persamaan matematika yang lain, yakni :

$$U_s = U_m \ln D_j - U_m \ln D \quad (2.12)$$

Dengan asumsi bahwa : $Y=U_s$; $a=U_m \ln(D_j)$; $b=U_m$; $X=\ln(D)$

Hubungan antara arus dengan kecepatan, diperoleh dengan mensubstitusikan nilai $D=V/U_s$

ke dalam persamaan 2.11 sehingga diperoleh persamaan :

$$U_s = U_m \ln\left(\frac{D_j}{V/U_s}\right)$$

$$U_s = U_m \ln\left(\frac{D_j \cdot U_s}{V}\right)$$

$$\ln\left(\frac{D_j \cdot U_s}{V}\right) = U_s/U_m$$

$$V = D_j \cdot U_s e^{-U_s/U_m} \quad (2.13)$$

Sedangkan untuk memperoleh hubungan antara arus dengan kerapatan yakni dengan mensubstitusikan nilai $U_s = V/D$ ke dalam persamaan 2.11 diperoleh :

$$V = U_m \cdot D \ln(D_j / D) \quad (2.14)$$

Arus maksimum pada metode Greenberg dihitung dengan menggunakan rumus dasar :

$$V_m = D_m \cdot U_m \quad (2.15)$$

Yakni bahwa arus maksimum merupakan perkalian dari kerapatan maksimum dengan kecepatan maksimum.

Nilai kerapatan pada saat arus maksimum dicari dengan menurunkan persamaan 2.14 terhadap kerapatan (D) dan menyamakan hasil diferensial tersebut dengan nol sehingga diperoleh :

$$V = U_m \cdot D \ln(D_j / D)$$

$$\frac{\partial V}{\partial D} = U_m \ln(D_j / D) + U_m \cdot D \left[\frac{-D_j / D^2}{D_j / D} \right]$$

$$\frac{\partial V}{\partial D} = U_m \ln(D_j / D) - U_m$$

untuk :

$$\frac{\partial V}{\partial D} = 0, \text{ maka diperoleh :}$$

$$0 = U_m \ln (D_j/D) - U_m$$

$$0 = \ln (D_j/D) - 1$$

$$1 = \ln (D_j/D)$$

$$D_j/D = e$$

Karena terjadi pada arus maksimum maka kerapatan yang terjadi pun adalah kerapatan maksimum (D_m), sehingga :

$$D_m = D_j / e \quad (2.16)$$

Sedangkan nilai kecepatan pada saat arus maksimum dicari dengan menurunkan persamaan 2.13 terhadap arus (U_s) dan menyamakan hasil diferensial tersebut dengan nol sehingga diperoleh :

$$V = D_j \cdot U_s e^{-U_s/U_m}$$

$$\frac{\partial V}{\partial U_s} = D_j \cdot e^{-U_s/U_m} + D_j \cdot U_s \frac{-1}{U_m} \cdot (e^{-U_s/U_m})$$

$$\frac{\partial V}{\partial U_s} = D_j \cdot e^{-U_s/U_m} - U_s / U_m D_j \cdot (e^{-U_s/U_m})$$

$$\frac{\partial V}{\partial U_s} = D_j \cdot (e^{-U_s/U_m}) \left[(1 - U_s / U_m) \right]$$

Untuk :

$$\frac{\partial V}{\partial U_s} = 0, \text{ maka :}$$

$$0 = D_j \cdot (e^{-U_s/U_m}) \left[(1 - U_s / U_m) \right]$$

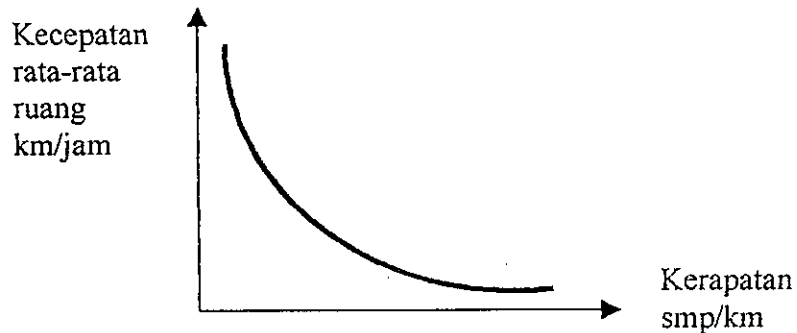
$$0 = (1 - U_s / U_m)$$

$$U_s = U_m \quad (2.17)$$

Dari persamaan 2.15, 2.16 dan 2.17 diperoleh arus maksimum :

$$\begin{aligned} V_m &= D_m \cdot U_m \\ V_m &= D_j/e \cdot U_m \\ V_m &= D_j \cdot U_m/e \end{aligned} \quad (2.18)$$

dimana : . U_s = Kecepatan rata-rata ruang (km/jam)
 U_m = Kecepatan maksimum (km/jam)
 D = Kerapatan (smp/km)
 D_j = Kerapatan kondisi *jam* (smp/km)
 V = Arus lalu-lintas (smp/jam)



Gambar.2.3 Hubungan kecepatan-kerapatan Greenberg

2.2.3. Model Underwood

Model ketiga adalah yang diusulkan oleh Underwood sebagai hasil dari studi lalu-lintas pada jalan raya Merritt di Connecticut, dan mengusulkan model hubungan antara kecepatan dan kerapatan sebagai berikut :

$$U_s = U_f \cdot e^{-D/D_m} \quad (2.19)$$

Lebih lanjut persamaan di atas dapat dipresentasikan ke dalam bentuk persamaan linier $y = a + bx$ sebagai berikut :

$$\ln U_s = \ln U_f - D / D_m \quad (2.20)$$

Bila persamaan $D = V/U_s$ disubstitusikan ke persamaan 2.19 maka diperoleh hubungan antara arus dan kecepatan sebagai berikut :

$$V = D_m \cdot U_s \ln (U_f / U_s) \quad (2.21)$$

Sedangkan hubungan antara arus dengan kerapatan diperoleh dengan mensubstitusikan persamaan $U_s = V/D$ ke dalam persamaan 2.19 :

$$V_s = U_f \cdot D \cdot e^{-D/D_m} \quad (2.22)$$

Arus maksimum pada metode Underwood dihitung dengan menggunakan rumus dasar:

$V_m = D_m \cdot U_m$ yakni bahwa arus maksimum merupakan perkalian dari kerapatan maksimum dengan kecepatan maksimum.

Nilai kerapatan pada saat arus maksimum dicari dengan menurunkan persamaan 2.22 terhadap kerapatan (D) dan menyamakan hasil diferensial tersebut dengan nol sehingga diperoleh :

$$V = U_f \cdot D \cdot e^{-D/D_m}$$

$$\frac{\partial V}{\partial D} = \left[U_f \cdot e^{-D/D_m} + U_f \cdot D \frac{-1}{D_m} \cdot (e^{-D/D_m}) \right]$$

$$\frac{\partial V}{\partial D} = \left[U_f \cdot e^{-D/D_m} + U_f \cdot D \frac{-1}{D_m} \cdot (e^{-D/D_m}) \right]$$

$$\frac{\partial V}{\partial D} = \left[U_f \cdot e^{-D/D_m} - D/D_m U_f \cdot (e^{-D/D_m}) \right]$$

$$\frac{\partial V}{\partial D} = U_f \cdot e^{-D/D_m} (1 - D/D_m)$$

untuk :

$$\frac{\partial V}{\partial D} = 0, \text{ maka diperoleh :}$$

$$0 = U_f \cdot e^{-D/D_m} (1 - D/D_m)$$

$$0 = (1 - D/D_m)$$

$$D_m = D \quad (2.23)$$

Sedangkan nilai kecepatan pada saat arus maksimum dicari dengan menurunkan persamaan 2.21 terhadap arus (U_s) dan menyamakan hasil diferensial tersebut dengan nol sehingga diperoleh :

$$V = D_m \cdot U_s \ln (U_f / U_s)$$

$$\frac{\partial V}{\partial U_s} = D_m \ln (U_f / U_s) + D_m \cdot U_s \left[\frac{-U_f / U_s^2}{U_f / U_s} \right]$$

$$\frac{\partial V}{\partial U_s} = D_m \ln (U_f / U_s) - D_m$$

$$\frac{\partial V}{\partial U_s} = D_m (\ln (U_f / U_s) - 1)$$

untuk :

$$\frac{\partial V}{\partial U_s} = 0, \text{ maka :}$$

$$0 = D_m (\ln (U_f / U_s) - 1)$$

$$0 = (\ln (U_f / U_s) - 1)$$

$$U_f / U_s = e$$

Karena terjadi pada kondisi maksimum maka U_s adalah U maksimum (U_m) sehingga diperoleh :

$$U_m = U_f / e \quad (2.24)$$

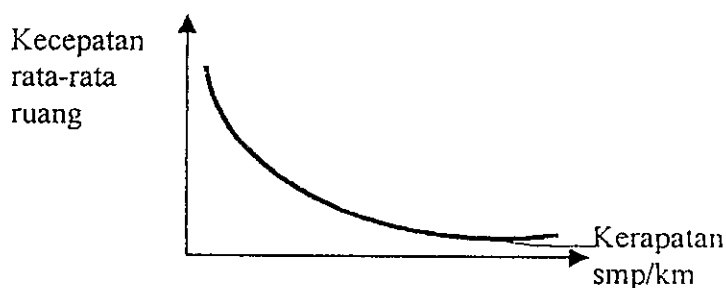
Dari persamaan 2.15, 2.23, dan 2.24 didapat arus maksimum :

$$V_m = D_m \cdot U_m$$

$$V_m = D_m \cdot U_f / e \quad (2.25)$$

Persamaan tersebut di atas memerlukan pengetahuan tentang kecepatan rata-rata arus bebas yang dalam hal ini cukup mudah untuk diamati, sedangkan kerapatan optimum sulit untuk diamati dan sangat tergantung pada lingkungan/fasilitas jalan. Kelemahan lain,

kecepatan pada model ini tidak pernah mencapai nilai nol dan kecepatan kondisi *jam* yang tidak menentu.



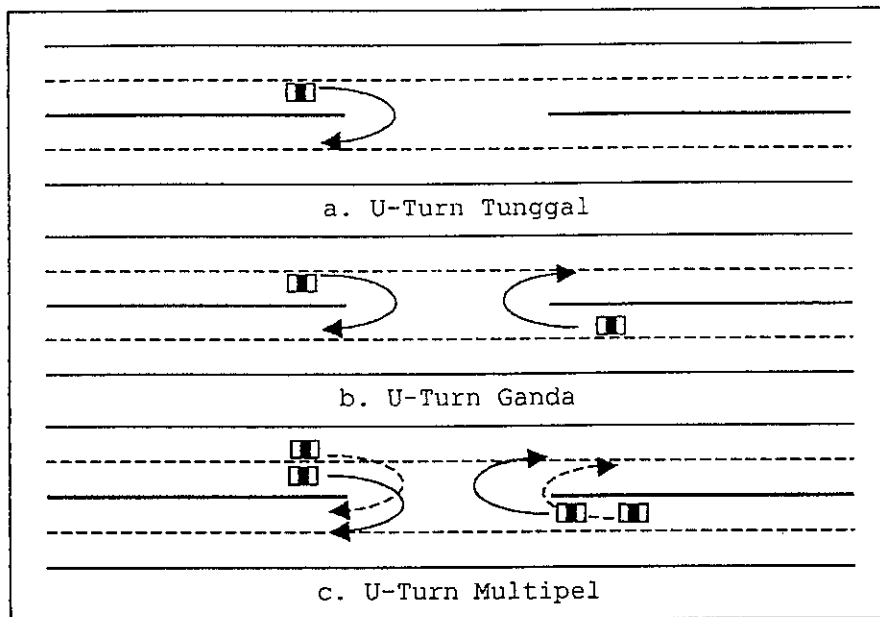
Gambar.2.4 Hubungan kecepatan-kerapatan Model Underwood

2.3. U-Turn

Di lingkungan perkotaan dimana jalan arteri 2 arah dipisah oleh median yang lebih tinggi dari permukaan jalan, diperlukan untuk menyediakan perlakuan khusus untuk lalu-lintas melakukan *U-turn*. *U-turn* diizinkan pada setiap bukaan median, kecuali ada larangan dengan tanda lalu lintas. Dari diskusi –diskusi terdahulu terbukti bahwa, dimanapun dimungkinkan, suatu disain jalan baru dengan pemisah memiliki lebar median yang dapat mencukupi untuk gerakan membelok ke kanan normal dan gerakan *U-turn* dengan menggunakan lajur tunggu pada median yang akan melindungi dan menampung volume jam perencanaan kendaraan yang berbelok. Secara normal, *U-turn* tidak diizinkan dari lajur menerus. Bagaimanapun juga, median yang mempunyai lebar mencukupi untuk melindungi kendaraan yang berdiri di dalam bukaan median, dapat diizinkan. Manajemen lalu lintas di Eropa dan Amerika telah menghindari penggunaan fasilitas *U-turn* pada jalan arteri kota.

Menurut Zul Kasturi, *U-turn* dibedakan menurut tipe pergerakannya menjadi 3 jenis, yaitu : *U-turn* tunggal, *U-turn* Ganda, dan *U-turn* multipel. Tetapi dalam lingkup studi

telah dibatasi, hanya gerakan *U-turn* tunggal yang akan diteliti. Sedangkan periode yang terjadi *U-turn* ganda atau multipel tidak termasuk yang akan dianalisa.



Gambar 2.5. Tipe pergerakan U-turn

2.3.1. Pengaruh dari fasilitas U-turn pada Pengoperasian Lalu-lintas

Waktu tempuh dan tundaan berguna dalam mengevaluasi secara umum dari hambatan terhadap pergerakan lalu-lintas dalam suatu area atau sepanjang rute-rute yang ditentukan. Data tundaan memungkinkan *Traffic Engineer* untuk menetapkan lokasi yang mempunyai masalah di mana disain dan bentuk peningkatan operasional yang perlu untuk menaikkan mobilitas dan keselamatan. Kondisi ini berpengaruh pada arus lalu-lintas sebagai tundaan waktu tempuh.

Gerakan *U-turn* dapat dibedakan menjadi 7 macam :

- Lajur dalam ke lajur dalam
- Lajur dalam ke lajur luar
- Lajur dalam ke bahu jalan
- Lajur luar ke lajur dalam

- e. Lajur luar ke lajur luar
- f. Lajur luar ke bahu jalan
- g. Bahu jalan ke bahu jalan

Kendaraan yang melakukan *U-turn* juga harus menunggu gap atau memaksa untuk berjalan. Hal ini menimbulkan friksi terhadap arus lalu-lintas di kedua arah dan mempengaruhi kecepatan kendaraan-kendaraan lainnya yang melewati fasilitas *U-turn* yang ditunjukkan dengan tundaan waktu perjalanan. Ruas jalan yang menggunakan fasilitas *U-turn* dapat digolongkan sebagai fasilitas dengan arus terganggu, sebab secara periodik lalu-lintas berhenti atau dalam artian menurunkan kecepatan, pada atau dekat fasilitas *U-turn*, pada saat fasilitas *U-turn* digunakan.

Tundaan waktu tempuh adalah perbedaan antara total waktu tempuh dan perhitungan waktu tempuh berdasarkan kecepatan rata-rata untuk melewati rute yang diteliti sesuai dengan arus lalu-lintas tidak terganggu pada rute tersebut.

2.3.2. Tipikal Operasional *U-turn*

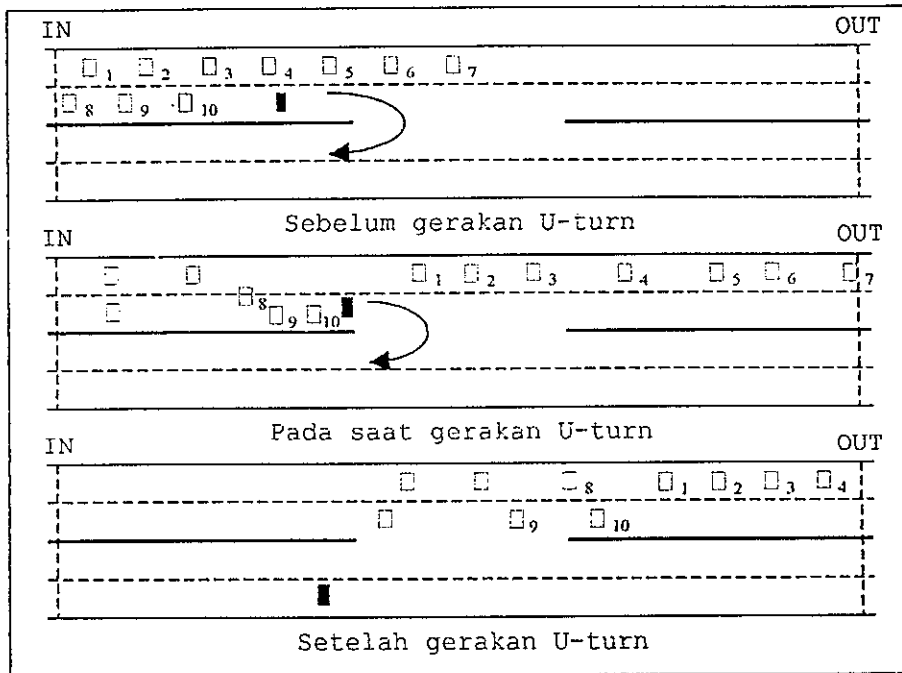
Kendaraan secara normal, sebelum melakukan *U-turn* masuk ke lajur dalam (cepat), memberi tanda berbelok dan menurunkan kecepatan secara baik sebelum mencapai titik *U-turn*. Kondisi ini memberikan kesempatan kepada kendaraan yang beriring di lajur cepat, yang berjalan pada arah yang sama, pindah ke lajur luar (lambat) untuk menyiapkan kendaraan yang akan melakukan gerakan *U-turn*. Dua tipikal situasi yaitu :

- a. jika kendaraan yang melakukan *U-turn* adalah kendaraan pertama atau di tengah-tengah suatu kumpulan kendaraan yang beriringan, memberikan pengaruh yang berarti kepada kendaraan lain, khususnya yang berjalan pada lajur cepat, dan

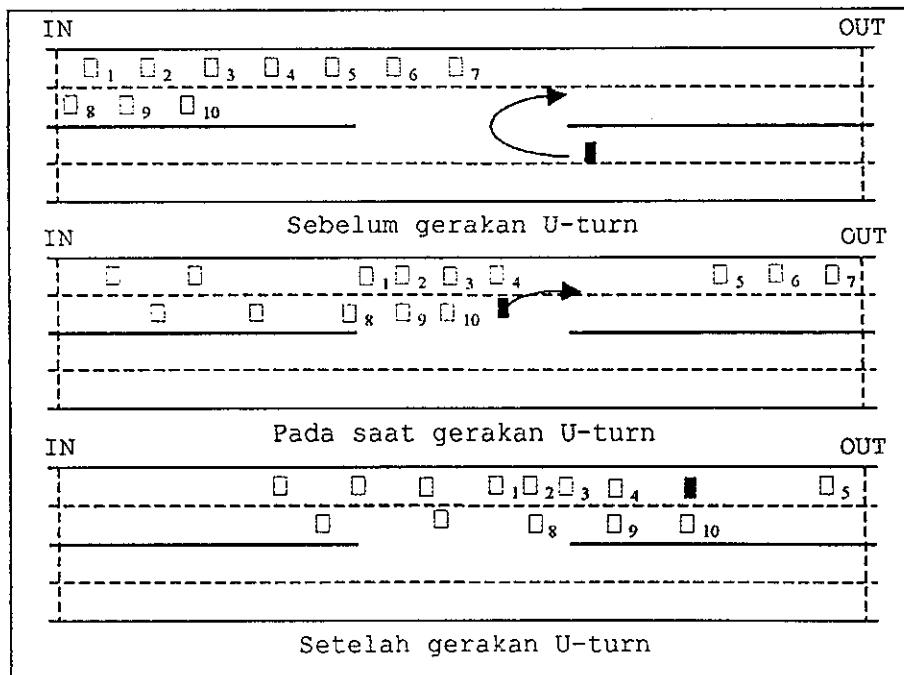
- b. jika kendaraan yang melakukan *U-turn* adalah kendaraan akhir suatu kumpulan kendaraan yang beriringan, tidak mempunyai pengaruh yang besar pada kendaraan lain.

Kendaraan yang melakukan *U-turn* juga mempengaruhi arus lalu-lintas yang berlawanan arah. Dua tipikal situasi adalah :

- a. Jika kendaraan yang melakukan *U-turn* didepan suatu iringan kendaraan pada arus yang berlawanan, akan memberikan pengaruh yang besar pada operasi dari arus tersebut, dan
- b. Jika kendaraan yang melakukan *U-turn* setelah iringan kendaraan pada arus yang berlawanan, tidak memberikan pengaruh yang berarti pada arus yang berlawanan.



a Pengaruh pada kendaraan dalam arah yang sama



b Pengaruh pada kendaraan dalam arah yang berlawanan

Gambar 2.6. Tipikal rangkaian dari gerakan U-turn tunggal dan pengaruh pada kendaraan lainnya.

2.3.3. Tundaan Operasional

Tundaan operasional yang disebabkan oleh sebuah kendaraan melakukan *U-turn* tunggal adalah perbedaan dalam waktu tempuh untuk melewati daerah pengamatan dalam kondisi arus terganggu dan tidak terganggu dalam setiap periode 15 menit pengamatan.

Tundaan operasional dibedakan dalam dua tipe arus lalu lintas :

- a. pada arah yang sama
- b. pada arah yang berlawanan

Perhitungan tundaan operasional arah yang berlawanan dilakukan pada masing-masing lajur, dimana terdapat lajur dalam (lajur cepat yang dekat dengan fasilitas *U-turn*) dan lajur luar (lajur lambat). Kedua lajur tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda sewaktu ada kendaraan yang melakukan *U-turn* pada arah yang berlawanan. Jika terdapat kendaraan yang melakukan *U-turn* di depan suatu iringan kendaraan pada arus yang berlawanan, maka pengaruh terbesar terdapat pada kendaraan yang berada di lajur dalam bila dibandingkan dengan kendaraan di lajur luar. Kendaraan di lajur dalam cenderung lebih memperlambat kecepatannya dibandingkan dengan kendaraan di lajur luar. Sehingga waktu tempuh kendaraan di lajur dalam dan lajur luar berbeda. Waktu tempuh kendaraan di lajur dalam cenderung lebih lama bila dibandingkan dengan waktu tempuh kendaraan di lajur luar. Oleh karena itu, dalam perhitungan tundaan operasional perlu dibedakan menjadi :

- a. tundaan operasional kendaraan di lajur dalam (lajur cepat)
- b. tundaan operasional kendaraan di lajur luar (lajur lambat)

2.3.3.1. Analisa waktu tempuh

1. Waktu tempuh selama arus tidak terganggu

Untuk setiap periode 15 menit, waktu tempuh secara terpisah diperoleh untuk kondisi arus yang tidak terganggu. Rata-rata aritmatik untuk setiap periode 15 menit dihitung dengan menggunakan rumus :

$$X = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_i X_i (\text{detik}) \quad (2.26)$$

Keterangan : x adalah rata-rata waktu tempuh (detik) untuk melewati daerah yang diamati.

Hubungan dengan kecepatan perjalanan (km/jam) untuk melewati daerah pengamatan juga dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kecepatan perjalanan} = 3,6 (d/x) (\text{km/jam}) \quad (2.27)$$

Keterangan : d dimana panjang daerah pengamatan (m)

2. Waktu tempuh arus terganggu

Waktu tempuh dari arus terganggu diamati dengan kendaraan yang pertama secara langsung yang berada setelah *U-turn* tunggal mengambil tempat dan berakhir ketika arus kembali menjadi arus yang tidak terganggu.

2.3.4. Analisa Statistik

2.3.4.1. Distribusi Poisson

Tundaan diasumsikan sebagai keadaan acak. Hal ini dapat diasumsikan sebagai distribusi poisson yang dapat memberikan suatu model untuk banyaknya sukses selama selang waktu tertentu dalam daerah tertentu, bilamana :

1. Banyaknya sukses dalam waktu atau daerah tidak terpengaruh oleh apa yang terjadi pada selang waktu dan daerah lain yang terpilih (acak).
2. Terjadinya peluang lebih dari satu sukses dalam selang waktu yang pendek atau daerah yang sempit dapat diabaikan.

Untuk pengujian hipotesis dalam bagian ini, diasumsikan bahwa distribusi dari populasi yang diamati adalah poisson dengan parameter yang diamati adalah rata-rata tundaan perkendaraan dan jumlah kendaraan yang dipengaruhi.

2.3.4.2. Pengujian Chi-square Goodness-of-fit

Hasil analisa diuji dengan Chi-square goodness-of-fit, apakah distribusi pengamatan secara statistik berarti poisson, dengan membandingkan perkiraan nilai dari distribusi pengamatan (X_o^2) dengan nilai secara teoritis (X^2), yang mana

$X_o^2 = 0$, distribusi pengamatan adalah poisson

$X_o^2 < X^2$, distribusi pengamatan adalah poisson, dengan batas probabilitas (α) dan derajat kebebasan ($(v = k-1)$), atas hipotesa diterima.

$X_o^2 > X^2$, distribusi pengamatan tidak poisson atau hipotesa ditolak.

$$X_o^2 = \sum_i (f_i - F_i)^2 / F_i \quad (2.28)$$

keterangan :

- X_o : distribusi pengamatan
 f_i : frekuensi pengamatan
 F_i : frekuensi yang diharapkan

Harus dicatat bahwa distribusi dari pengujian statistik adalah hanya perkiraan bahwa (X^2) variabel acak. Dalam mengatasi untuk menjamin bahwa perkiraan adalah

memadai, pengamatan yang cukup hanya dilaksanakan dimana $F_1 > 4$ untuk semua i . Bilamana dengan dibawah 4 kategori adalah lebih besar. Jika nilai yang diharapkan pada beberapa kategori terlalu kecil, kategori harus digabung dengan satu kategori atau lebih di dekatnya. Jika lebih dari 10 kategori, kemudian perkiraan yang diberikan bahwa lebih kecil dari 20% dari nilai F_1 adalah lebih kecil dari 4, dan tidak ada yang lebih kecil dari satu (Christoper, 1983).

2.4. Faktor Konversi Kendaraan

Kendaraan yang melewati jalan raya baik di Indonesia maupun di negara lain, sangatlah bervariasi baik dalam hal model, bentuk, ukuran atau dimensi, maupun beratnya. Keanekaragaman kendaraan dengan masing-masing memiliki karakteristik tersendiri, akan membentuk suatu perilaku yang berbeda-beda dalam arus lalu lintas yang berjalan. Dalam suatu analisa terhadap lalu-lintas maupun terhadap kebutuhan design berbagai macam kendaraan tersebut di atas perlu diadakan suatu nilai konversi untuk memudahkan dalam perhitungannya.

Indonesia pun memiliki aturan terhadap konversi kendaraan yang tertuang dalam buku Indonesia Highway Capacity Manual 1997 (IHCM 1997).

Dari jumlah kendaraan yang ada, yang kemungkinan terdapat di jalan raya antar kota, dapat dikelompokkan ke dalam empat golongan. Keempat golongan tersebut, seperti terlihat dalam Tabel 2.1, masing-masing dikonversikan ke dalam Satuan Mobil Penumpang (smp).

Tabel 2.1. Nilai Konversi Kendaraan Jalan Empat-Lajur Dua-Arah (4/2 D)

Tipe Alinemen	Arus Total (kend/jam) (Kend/Jam)	Emp			
		MHV	LB	LT	MC
Flat	0	1.2	1.2	1.6	0.5
	1700	1.4	1.4	2.0	0.6
	3250	1.6	1.7	2.5	0.8
	>3950	1.3	1.5	2.0	0.5

Sumber : IHCM, 1997

2.5. Kondisi Geometrik Jalan

Kondisi geometrik jalan akan mempengaruhi kinerja tersebut dalam melayani lalu lintas yang ada. Pengaruh yang diakibatkan oleh kondisi geometrik jalan berupa faktor-faktor penyesuaian terhadap kecepatan arus bebas dan kapasitas dari segmen jalan yang ditinjau.

Adapun kondisi geometrik jalan tersebut meliputi :

a. Tipe Jalan

Berbagai tipe jalan akan memberikan kinerja yang berbeda pada pembebanan lalu lintas. IHCM, 1997 memberikan keterangan-keterangan tentang beberapa kondisi dasar dari suatu tipe jalan. Menurut jumlah lajur dan arahnya, ada beberapa jenis tipe jalan yang kita ketahui. Diantaranya adalah : jalan dua lajur-dua arah tanpa median(2/2 UD), jalan empat lajur-dua arah tanpa median(4/2 UD), jalan empat lajur-dua arah dengan median(4/2 D), jalan enam lajur-dua arah dengan median (6/2 D), dan sebagainya. Pada penelitian pengaruh manuver kendaraan berbalik arah terhadap arus lalu lintas ini mengambil lokasi pada ruas jalan empat lajur-dua arah dengan median (4/2 D).

b. Lebar Lajur Lalu-lintas

Lebar lajur lalu-lintas merupakan bagian jalan yang digunakan kendaraan untuk bergerak. Lebar jalur lalu-lintas sangat mempengaruhi kecepatan arus bebas dan kapasitas dari jalan yang ditinjau.

c. Lebar dari Kerb, Bahu dan Median

Kerb merupakan batas antara jalur lalu-lintas dan trotoar yang berpengaruh terhadap hambatan samping pada kecepatan arus bebas dan kapasitas.

d. Alinyemen Jalan

Konfigurasi dari alinyemen jalan yang ada sangat erat hubungannya dengan kecepatan kendaraan.

2.6. Rangkuman terhadap studi yang telah dilakukan

Kyte dkk, (1988), menulis tentang perbandingan pengaruh penutupan persimpangan dengan sistem *allway stop controlled* (AWSC) dan *two way stop controlled* (TWSC) terhadap model tundaan dengan menggunakan pendekatan rata-rata tundaan henti sebagai fungsi dari volume kendaraan.

Priyanto(1995), meneliti mengenai gap dinamis yang berbeda dengan analisis *lag* statis. Perbedaan terjadi di dalam hal posisi pengemudi pada saat mengevaluasi gap dan *lag* yang tersedia, pada analisis gap dinamis pengemudi mengevaluasi gap yang ada sambil bergerak.

Desutama (1999) melakukan analisis tentang pengaruh lama penutupan pintu lintasan kereta api terhadap tundaan (*stopped delay*) dan panjang antrian kendaraan secara pendekatan empiris. Penggunaan panjang antrian dengan satuan meter dalam penelitian ini menghasilkan satuan panjang antrian 5,01 meter per kendaraan untuk lama penutupan pintu kereta api rata-rata sebesar 59 detik. Penelitian ini juga menyimpulkan bahwa lama

penutupan pintu kereta api akan mempengaruhi tundaan sebesar 143 % sedangkan panjang antrian yang terjadi akan terpengaruh sebesar 134 %.

Kasturi (1997) melakukan kajian mengenai tundaan operasional yang terjadi di jalan utama (*major road*) akibat adanya fasilitas berbalik arah dengan studi kasus kota Bandung. Menurut Kasturi (1997), manuver kendaraan berbalik arah dapat dibedakan menjadi tiga yaitu manuver tunggal, manuver ganda dan manuver *multiple*. Kendaraan yang berbalik arah akan mempengaruhi arah lalu lintas utama sebesar 84%.

Dalam penelitian ini, Kasturi (1997) meneliti pengaruh manuver kendaraan berbalik arah tunggal khusus kendaraan ringan dengan menggunakan 2 lokasi penelitian. Dan tujuan penelitian ini adalah untuk mencari besarnya nilai tundaan operasional akibat manuver kendaraan berbalik arah tunggal tersebut. Tanpa membahas pengaruhnya terhadap karakteristik arus lalu lintas (volume, kecepatan, dan kerapatan).

Pada kajian statistik tundaan digunakan metode distribusi *Poisson*. Tetapi dalam kesimpulannya semua distribusi tundaan tidak *Poisson*, dan tidak ditindaklanjuti dengan kajian distribusi statistik lainnya.

Utomo (1999), membuat penelitian tentang pengaruh fasilitas berbalik arah pada jalan utama terhadap hubungan antara arus, kecepatan dan kerapatan lalu lintas dengan studi kasus jalan lingkar utara Yogyakarta.

Penelitian ini tidak menyertakan besarnya tundaan yang terjadi pada fasilitas berbalik arah yang diteliti. Dan hanya membedakan karakteristik lalu lintas (volume , kecepatan, dan kerapatan) melalui beberapa model.

Bajoe Poerna Siswa Rahardja(2000) ,membuat penelitian tentang tundaan dan antrian kendaraan pada fasilitas berbalik arah dengan studi kasus kota Surabaya. Penelitian menggunakan tujuh variabel utama yaitu lima variabel yang pertama sebagai input data untuk metode *Tanner* (1962) dan dua variabel yang kedua merupakan data

observasi yang akan digunakan sebagai pembanding dengan hasil yang akan di dapat dari metode *Tanner*. Model tundaan kendaraan ringan adalah $y = 0,06315 x$ dengan $x =$ volume LV , model tundaan HV adalah $y = 0,07759 x$ dengan x adalah volume kendaraan berat. Sedangkan model antrian LV adalah $y = 0,05754 x$ dengan $x =$ volume LV.

Metode *Tanner* yang dipakai dalam penelitian tersebut mempunyai beberapa keterbatasan . Beberapa keterbatasan hasil persamaan *Tanner* (Al Azzawi,1997) :

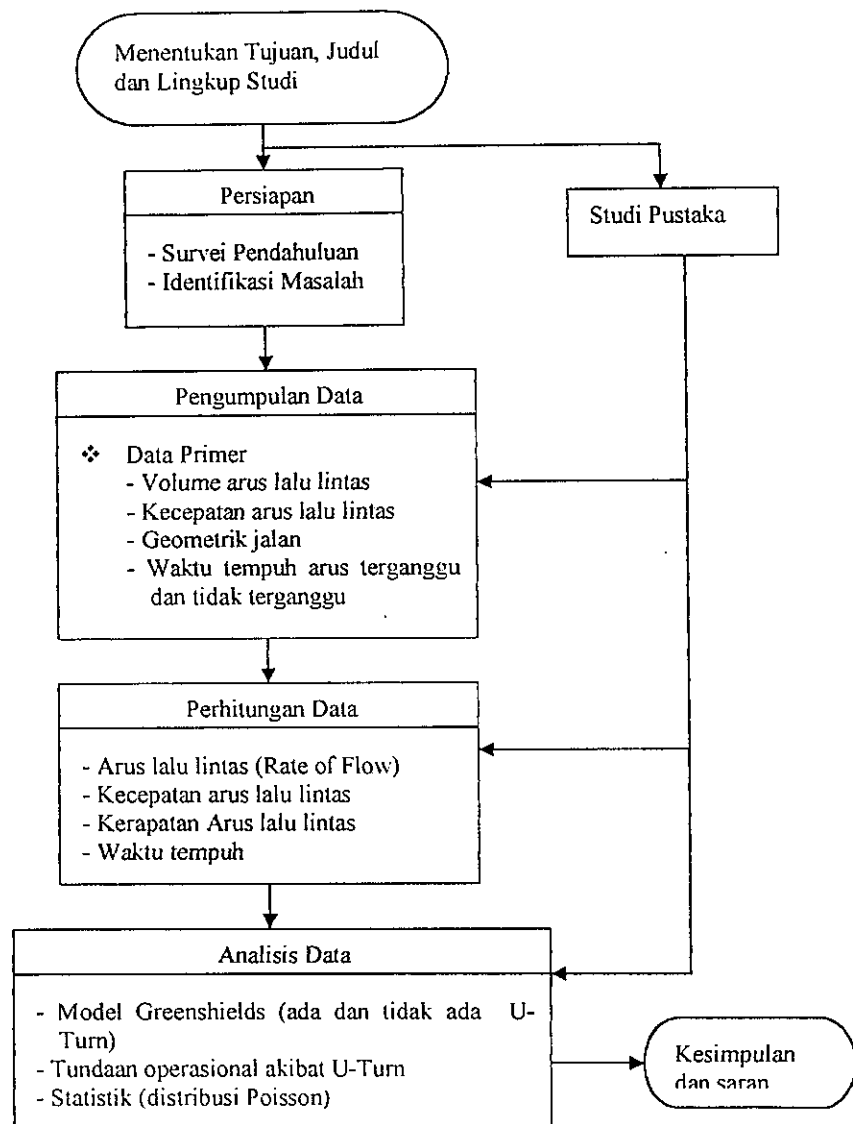
1. Gap *acceptances* yang digunakan dalam metode *Tanner* merupakan hal yang sukar diukur.
2. Interaksi lebih dari dua arus lalu lintas adalah tidak jelas.
3. Persamaan *Tanner* tidak dapat digunakan pada kondisi kemacetan lalu lintas yang parah atau pada kondisi arus lalu lintas yang sangat bervariasi(*fluktuatif*)

Mengacu pada penelitian di atas maka belum pernah dibahas pengaruh manuver kendaraan berbalik arah terhadap arus lalu lintas dengan mengambil studi kasus pada lokasi berbalik arah di Jl. Walisongo km 9 Semarang.

BAB III METODOLOGI

3.1. Alur Kegiatan

Secara keseluruhan kegiatan penyusunan tesis ini dapat digambarkan ke dalam bagan alir sebagai berikut :



Gambar 3.1. Bagan Alur Kegiatan

3.2. Survei Pendahuluan

Sebelum dilaksanakan pengambilan data secara lengkap, diperlukan survei pendahuluan yang digunakan sebagai bahan pertimbangan yang sifatnya penjajagan. Kegiatan yang dilakukan pada survei pendahuluan ini adalah :

- Menetapkan pilihan metode yang didasarkan pada kemampuan data yang hendak digunakan.
- Menaksir keadaan atau mutu data yang akan diambil.
- Menaksir kebutuhan akan ukuran sampel yang akan diambil.
- Menentukan pembagian periode pengamatan/*observasi* yang dipandang penting.

Survei pendahuluan yang dilakukan untuk mendapatkan data untuk studi ini adalah survei volume baik survei lapangan maupun survei sekunder (dari instansi terkait) yang dipakai untuk memutuskan waktu pengamatan dan interval waktu yang digunakan pada survei selanjutnya. Disamping itu dilakukan juga survei kecepatan (*spot speed*), yang nantinya digunakan sebagai dasar untuk memutuskan besarnya panjang penggal jalan pengamatan.

3.3. Metodologi Pengambilan Data

3.3.1. Kebutuhan Peralatan

Sebagaimana yang telah diuraikan sebelumnya, bahwa data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data jumlah arus lalu lintas (*volume*) yang didapat dengan mencatat banyaknya kendaraan yang melewati satu garis pengamatan, dan data besarnya kecepatan (kecepatan rata-rata ruang) yang diperoleh dengan mencatat waktu tempuh kendaraan yang lewat pada suatu penggal jalan pengamatan. Dengan demikian untuk memperoleh data dalam penelitian ini diperlukan peralatan sebagai berikut :

- Lakban.

- *Stop watch.*
- Alat tulis dan perlengkapan pencatatan data lapangan.
- Alat hitung dengan cara manual (*counter*).
- Sarana Transportasi .
- Kamera Video
- Kaset Video
- Meteran
- Payung
- *Video Player*
- Televisi

3.3.2. Waktu dan Periode Pengamatan

Penelitian ini menggunakan interval waktu pengamatan lapangan ditetapkan selama 5 menit dan dilaksanakan pada hari Rabu, tanggal 24 Juli 2002. Hal ini berdasarkan berbagai pengamatan untuk mendapatkan data arus lalu lintas yang telah dilakukan maupun berdasarkan dari berbagai acuan. Penelitian ini dilakukan selama 7 jam yaitu pada jam 07.00-10.00, 13.00-15.00, 16.00-18.00. Selama 7 jam pengamatan ini terdapat 84 kelompok interval waktu 5 menitan.

3.3.3. Macam dan Banyaknya Data

Penelitian arus lalu lintas menggolongkan jenis kendaraan dibagi atas lima katagorii yaitu : *Medium Heavy Vehicle* (MHV), *Large Bus* (LB), *Large Truck* (LT), *Light Vehicle* (LV) *Motor Cycle* (MC). Sedangkan banyaknya data sesuai dengan keadaan data lapangan berupa jumlah masing-masing moda pada setiap periode dan jam pengamatan. Selanjutnya untuk data kecepatan kendaraan, untuk setiap periode pengamatan 5 menit diambil beberapa populasi kendaraan pada keseluruhan jam pengamatan, sehingga akan terkumpul data-data untuk dilakukan pengolahan selanjutnya.

3.4. Data-data yang diperlukan

3.4.1. Data Karakteristik Lalu-lintas dan Geometrik Jalan

- a. Volume
- b. Kecepatan
- c. Kerapatan
- d. Geometrik Jalan

3.4.2. Data Tundaan Operasional

- a. Waktu tempuh dari arus tidak terganggu
- b. Waktu tempuh arus terganggu yang disebabkan *U-turn* tunggal.

3.5. Teknis Pelaksanaan Pengambilan Data Lapangan

3.5.1. Pengambilan Data Karakteristik Lalu-lintas

Pengambilan data lapangan untuk analisis studi ini, dilakukan untuk mendapatkan data arus lalu lintas (volume) dan data kecepatan (kecepatan rata-rata ruang) pada ruas jalan yang diamati.

Pengambilan data volume dan kecepatan ini dilakukan pada 12 posisi titik pengamatan yang tersebar di ruas jalan pada lokasi studi, 6 posisi titik pengamatan untuk pengambilan data volume dan 6 posisi titik pengamatan untuk pengambilan data kecepatan.

3.5.1.1. Data Volume Lalu Lintas

Pengumpulan data volume lalu lintas atau banyaknya kendaraan yang lewat pada garis pengamatan dilakukan dengan cara mencatat semua kendaraan yang melewati suatu garis injak melintang pada pos pengamatan selama waktu pengamatan, dibantu dengan pemakaian

alat hitung manual (*counter*). Pencatatan dilakukan untuk setiap interval waktu 5 menit pada setiap jam pengamatan.

a. Pengaturan waktu pelaksanaan

Pengambilan data dilakukan secara Kamera video, sepanjang 7 jam waktu pengamatan secara terus menerus. Untuk setiap pengamatan (1) satu jam diberikan 12 "*time slice*" 5 menit, digunakan untuk memudahkan cara pengambilan data ini, setiap 12 *time slicing* ini menggunakan sebuah *form* (lembar pencatatan). Jadi pada setiap pengamatan selama waktu 1 (satu) jam pengamatan dilakukan penggantian *form* pencatatan.

b. Tata cara pelaksanaan

Dalam usaha pencatatan volume dilapangan ini, tata cara pelaksanaannya dilakukan sebagai berikut :

- Kamera Video diaktifkan terus-menerus pada saat pengambilan gambar.
- Hasil pengambilan gambar dilapangan, selanjutnya diputar kembali di *Video Player* untuk diamati dan dihitung kecepatan kendaraannya.
- Setiap kendaraan yang lewat dicatat pada form yang telah disediakan dengan memberikan tanda strip pagar atau angka pada format kolom yang telah dipisahkan setiap *slice* dalam satu jam pencatatan

3.5.1.2. Pengambilan data Kecepatan Kendaraan

Pengumpulan data kecepatan kendaraan dilapangan dilakukan dengan metode kecepatan setempat dengan mengukur waktu perjalanan bergerak. Metode kecepatan setempat dimaksudkan untuk pengukuran karakteristik kecepatan pada lokasi tertentu pada lalu lintas dan kondisi lalu lintas yang ada pada saat studi. Pada pencatatan data kecepatan ini jenis

kendaraan yang dicatat adalah kecepatan jenis kendaraan yang dicatat adalah kecepatan jenis kendaraan bermotor..

Pada penelitian ini, pencatatan waktu tempuh pada penggal jalan pengamatan untuk setiap kelompok jenis kendaraan dilakukan semuanya, sehingga dapat menggambarkan keadaan sebenarnya dilapangan. Pelaksanaan survei kecepatan ini dilakukan dengan menggunakan Kamera Video, kecepatan dihitung berdasarkan waktu tempuh pada jarak 25 m. Lokasi pengamatan kecepatan ini dilakukan pada ruas jalan jauh dari persimpangan dan pada kondisi lalu lintas normal. Alat yang digunakan adalah *stop watch*, meteran, lakban yang ditempelkan pada permukaan sebagai batas penggal jalan pengamatan.

Sedangkan tata cara untuk pengambilan sampel adalah semua kendaraan yang melewati penggal jalan pengamatan. Berdasarkan panduan survei dan perhitungan waktu perjalanan lalu lintas No.001/T/BNKT/1990 Dirjen Bina Marga Direktorat Pembinaan Jalan Kota, memberikan suatu rekomendasi terhadap panjang penggal jalan pengamatan sesuai perkiraan kecepatan rata-rata arus lalu lintas yang terjadi dilapangan seperti yang disajikan dalam Tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Rekomendasi panjang penggal jalan pengamatan

No.	Kecepatan rata-rata (Km/j)	Panjang penggal pengamatan
1	≤ 40 Km/j	25 m
2	40 – 65 Km/j	50 m
3	≥ 65 Km/j	75 m

Sumber : BINKOT No.001/T/BNKT/1990

a. Pengaturan waktu pelaksanaan

Seperti pada pengambilan data volume lalu lintas, pencatatan waktu tempuh ini dilakukan selama 7 jam dalam satu hari, dengan membagi satu jam pengamatan kedalam 5 menit *time slice* (interval waktu 5 menit). Untuk keseluruhan pencatatan petugas dibedakan atas lima (5) kelompok jenis kendaraan bermotor yang diamati.

b. Tata cara pelaksanaan

Tata cara pelaksanaan pengambilan data waktu tempuh untuk mendapatkan data kecepatan ini dilakukan sebagai berikut :

- Pengambilan gambar dilakukan pada jam 07.00-10.00, 13.00-15.00, 16.00-18.00.
- Jarak Pengambilan gambar untuk segmen sepanjang 25 m.
- Kamera Video diaktifkan terus-menerus pada saat pengambilan gambar.
- Hasil pengambilan gambar, selanjutnya diputar kembali di *Video Player* untuk diamati dan dihitung kecepatan kendaraannya di dalam ruangan secara berulang.
- Waktu yang sudah didapatkan (waktu tempuh) langsung dicatat pada *form* yang telah tersedia sesuai dengan *time slice* pengamatan. Selanjutnya dilakukan pencatatan yang serupa lagi terhadap kendaraan contoh lain berikutnya.

3.5.2. Pengambilan Data Tundaan Operasional**3.5.2.1. Data Waktu Tempuh**

Variabel yang akan diukur adalah waktu tempuh dari kendaraan melalui bagian jalan tertentu yang mempunyai fasilitas *U-turn*.

Waktu tempuh yang diukur ketika :

- a. Tidak ada kendaraan yang melakukan *U-turn*.
- b. Satu kendaraan melakukan *U-turn*.

Pengukuran dibatas sebagai berikut :

- a. Tipe Kendaraan (Sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga)

- Kendaraan ringan, indeks untuk kendaraan beroda empat, termasuk mobil penumpang, oplet, mikrobus, pick-up dan mikrotruck.
- Kendaraan Berat, indeks untuk kendaraan bermotor dengan roda lebih dari empat, termasuk bus, truk 2 as, truk 3 as, dan truk gandengan

b. Kondisi Lalu lintas

- Arus lalu-lintas tinggi, dalam pengertian arus lalu lintas pada atau mendekati kapasitas.
- Arus lalu lintas rendah berarti arus lalu lintas dengan V/C rasio lebih kecil dari 0,75 atau kecepatan rata-rata lebih dari 40 km/jam.

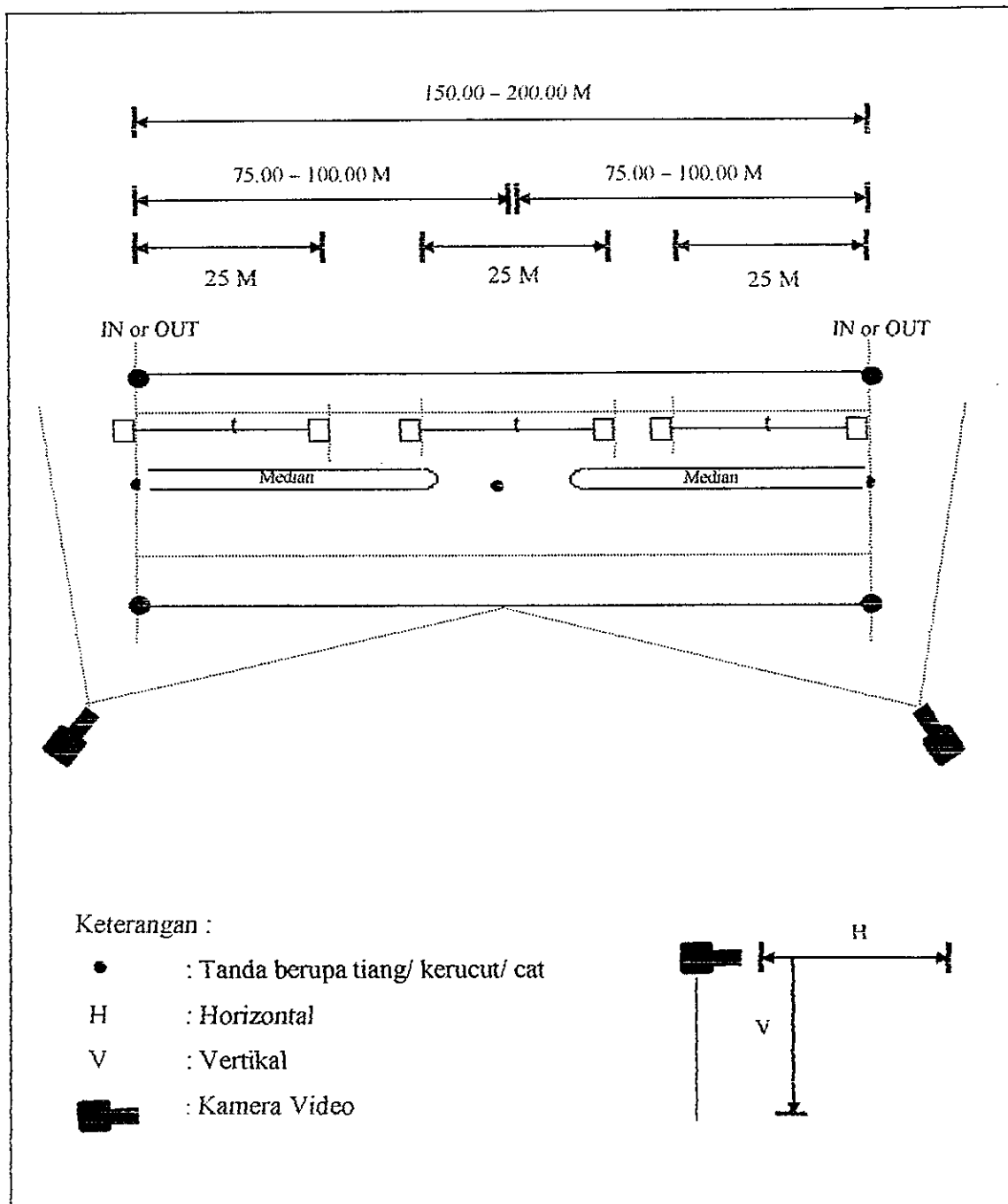
Prinsip dasar dari pengukuran adalah mencatat waktu tempuh dengan survei *input-output*. Survei mencatat waktu kedatangan dan waktu keberangkatan dari setiap kendaraan yang melalui lokasi yang diuji, dan menghitung waktu tempuh dengan mengurangkan waktu keberangkatan dan waktu kedatangan.

Dalam penelitian ini daerah studi dibatasi dengan panjang antara 75 sampai 100 m masing-masing sisi dari fasilitas *U-turn*, yang memberikan total panjang lokasi 150 sampai 200 m.

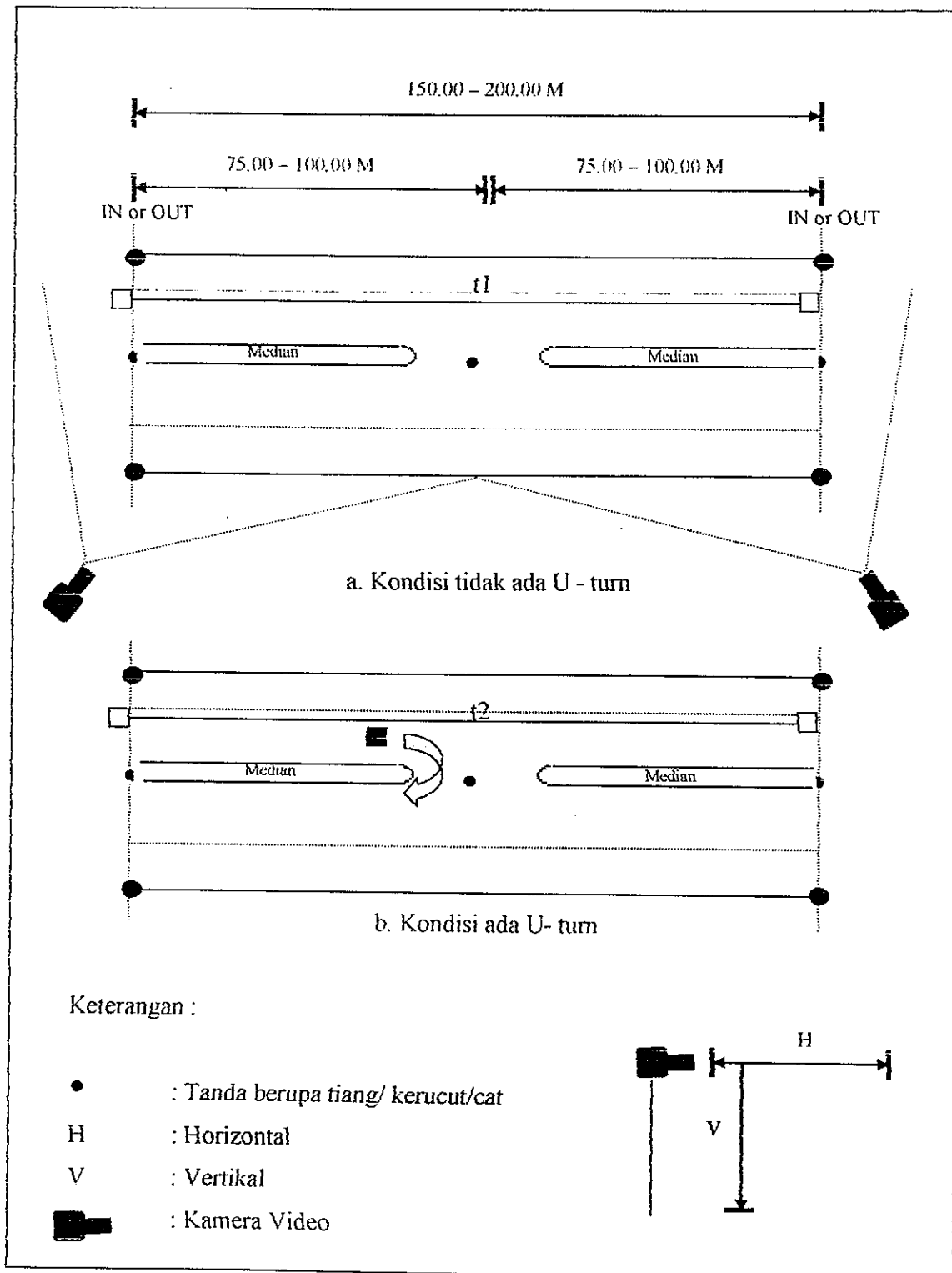
Waktu masuk dan keluar (jam, dengan pendekatan detik) dari setiap kendaraan, dipisahkan dalam arah, yang terekam. Untuk kendaraan yang melakukan *U-turn*, waktu masuk dan waktu dimana kendaraan mencapai fasilitas *U-turn* dicatat. Waktu keluar tidak dicatat untuk kendaraan yang melakukan *U-turn*. Metode pengumpulan data menggunakan kamera Video untuk meliputi seluruh panjang daerah studi dan pencatatan waktu dilakukan di laboratorium.

3.5.3. Data Kondisi Geometrik Jalan.

Pengambilan data kondisi Geometrik Jalan dilakukan pada lokasi jalan yang akan diamati dengan mengukur dan mengamati kondisi geometrik seperti : Tipe jalan, Lebar lajur lalu-lintas, Lebar dan keadaan dari (kerb, bahu dan median), serta alinyemen jalan.



Gambar 3.2. Metode Survei Perhitungan Karakteristik Lalu lintas



Gambar 3.3. Metode Survei Perhitungan Tundaan Operasional

3.6. Pengolahan Data

3.6.1. Pengolahan Data Volume

Dalam selang waktu 5 (lima) menit, masing-masing jenis kendaraan dihitung, jumlahnya sesuai dengan pembagian peruntukan *form/lembar* kerja lapangan (kendaraan ringan, kendaraan berat, sepeda motor). Dari hasil perhitungan masing-masing kendaraan tersebut dapat diketahui jumlah total jenis kelompok kendaraan yang dicatat, dan jumlah total keseluruhan dari kendaraan.

Selanjutnya sesuai dengan ketentuan faktor konversi (emp) terhadap kendaraan mobil penumpang (kendaraan ringan), jumlah masing-masing kendaraan tersebut selanjutnya dikonversikan kedalam Satuan Mobil Penumpang (smp) yang dikelompokkan dalam jumlah total semua kendaraan dalam smp dan jumlah total kendaraan bermotor dalam smp pula. Penghitungan dilakukan secara terus menerus untuk semua data kendaraan yang masuk pada keseluruhan jam pengamatan, sehingga didapat susunan data volume kendaraan pada setiap interval waktunya.

3.6.2. Pengolahan Data Kecepatan

Periode pengukuran untuk pengamatan data-data kecepatan ini adalah sama seperti pada data volume, yaitu setiap periode 5 menit. Berdasarkan pada jarak tempuh yang sudah diketahui, maka waktu tempuh dari masing-masing kendaraan dapat dicatat. Untuk perhitungan kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang melewati suatu titik dari jalan selama periode waktu tertentu digunakan rumus (2.1), sedangkan untuk perhitungan kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang melewati penggal jalan selama periode waktu tertentu digunakan rumus (2.3)

Kedua perhitungan ini dibuatkan hasilnya dengan tabel terpisah. Mengingat bahwa periode pengamatan lapangan adalah 5 menit pada setiap jam pengamatan, maka dalam 6 jam pengamatan sehari didapat 84 data.

3.6.3. Pengolahan Data Waktu tempuh

Data waktu tempuh diambil dari rekaman kamera video di lapangan dan dibuat dalam bentuk yang dapat dimengerti untuk di baca dan ditafsirkan.

Reduksi data telah dilakukan di labotatorium seperti :

- a. Mencatat waktu masuk dan keluar daerah studi untuk setiap kendaraan.
- b. Mencatat waktu kendaraan melakukan *U-turn*.

Waktu tempuh, kedua arus terganggu dan tidak terganggu, dalam tiap arah, dihitung untuk setiap kendaraan dengan mengurangi waktu keluar dan waktu masuk.

Waktu masuk = (waktu keluar – waktu masuk) detik

3.6.4. Penyusunan Data Kondisi Geometrik

Data kondisi geometrik jalan yang telah diamati dan diukur, kemudian selanjutnya dicatat untuk digunakan dalam perhitungan menentukan kecepatan arus bebas dan kapasitas dari segmen jalan yang ditinjau.

3.7. Metodologi Analisa Data

3.7.1. Analisa Data Karakteristik Lalu-Lintas

3.7.1.1 Perhitungan Volume Lalu-lintas

Setelah data lalu lintas terkumpul selama periode jam pengamatan, maka dilakukan perhitungan volume lalu lintas dengan mengalikan jumlah setiap jenis kendaraan kedalam konversi Satuan Mobil Penumpang (smp). Selanjutnya besar volume lalu lintas (dalam satuan

mobil penumpang/smp) dikelompokkan dalam kelompok jumlah total dari seluruh kendaraan, dan kelompok jumlah total kendaraan bermotor. Besar nilai volume lalu lintas ini sebagai satu variabel dalam analisa studi hubungan Volume – Kecepatan – Kerapatan dari masing-masing model pendekatan yang akan dibahas.

3.7.1.2. Perhitungan Kecepatan dan Kecepatan Rata-rata

Seperti perhitungan volume lalu lintas, perhitungan Kecepatan kendaraan dan Kecepatan Rata-rata Ruang dilakukan setelah data kecepatan dari setiap jenis kendaraan tercatat dan tersusun selama jam pengamatan. Perhitungan kecepatan ini digunakan perhitungan kecepatan rata-rata ruang dengan menggunakan rumus (2.3) yaitu perhitungan kecepatan rata-rata ruang untuk setiap kelompok jenis kendaraan, kemudian dilanjutkan dengan kecepatan rata-rata ruang untuk semua jenis kendaraan bermotor menggunakan rumus (2.2). Besar Kecepatan Rata-rata Ruang ini merupakan salah satu variabel dalam mencari hubungan antara Volume – Kecepatan – Kepadatan dari setiap model pendekatan yang ditinjau.

3.7.1.3. Perhitungan Kerapatan Lalu Lintas

Perhitungan besarnya variabel kerapatan (*density*: D) dapat dihitung dengan melakukan pembagian antara volume (V) dalam smp yang dikonversi dalam tiap jamnya (yaitu dengan mengalikan dua belas), dengan kecepatan rata-rata ruang (U_{sr}) dalam km/j tersebut sebagaimana dijelaskan pada bagian sebelumnya, maka kerapatan ini mempunyai satuan smp/km. Ketiga variabel ini (V , U_{sr} , dan D) selanjutnya digunakan untuk menganalisa model pendekatan yang digunakan dalam analisa hubungan arus lebih lanjut.

3.7.1.4 Perhitungan Model Hubungan Kecepatan – Volume – Kerapatan

Setelah semua diketahui besarnya berdasarkan hasil survei lapangan selama jam pengamatan, maka dilakukan analisa matematis untuk menggambarkan hubungan antara kecepatan – volume – kerapatan berdasarkan model pendekatan *Greenshields*.

Hubungan antara kecepatan – kerapatan, kecepatan – volume, dan volume – kerapatan berdasarkan model *Greenshields* juga disajikan dalam bentuk grafis yang menggambarkan kondisi lalu lintas pada waktu ada dan tidak ada U-turn . Sehingga dapat diketahui pula perbedaan kondisi kecepatan, volume , dan kerapatan pada lokasi sebelum , tepat , dan sesudah fasilitas U-turn.

3.7.2 Analisa Data Tundaan Operasional

3.7.2.1. Perhitungan Tundaan Operasional

Tundaan operasional yang disebabkan oleh sebuah kendaraan melakukan U-turn tunggal adalah perbedaan dalam waktu tempuh untuk melewati daerah pengamatan dalam kondisi arus terganggu dan tidak terganggu dalam setiap periode 15 menit pengamatan.

Tundaan operasional dibedakan dalam dua tipe arus lalu lintas :

- a. Searah dengan kendaraan *U-turn*
- b. Berlawanan arah dengan kendaraan *U-turn*.

BAB IV

PENYAJIAN DATA

4.1. Ruas Jalan

Lokasi survei berada pada jalan Walisongo km 9 Semarang, tepatnya di depan eks kolam renang Tugu. Tipe jalan merupakan jalan 2 arah 4 lajur dengan pembatas jalan (median) selebar 1 meter, yaitu 2 lajur ke arah Kendal (barat) dan 2 lajur ke arah Semarang (timur). Sedangkan lebar masing – masing lajur 3,5 meter dan lebar bahu jalan 2 meter (bahu luar dan bahu dalam). Kondisi perkerasan baik dan pemisah lajur berupa marka garis lurus putus-putus..

Pada lokasi survei terdapat fasilitas *U-turn* yang lebarnya 20 meter, yang dapat dipergunakan untuk 2 arah pergerakan *U-turn*.

4.2. Volume Lalu – lintas

Volume lalu lintas yang lewat dicatat pada 3 tempat secara terpisah, yaitu pada bagian jalan sebelum *U-turn*, bagian jalan tepat *U-turn* dan bagian jalan setelah *U-turn*. Pencatatan volume dilakukan pada kedua arah, yaitu arah Kendal (barat) dan arah Semarang (timur).

4.3. Kecepatan Kendaraan.

Seperti halnya pada pengambilan data volume lalu lintas, pada pengambilan data kecepatan kendaraan inipun dilakukan pada 3 tempat terpisah, yaitu pada bagian jalan sebelum *U-turn*, bagian jalan tepat *U-turn* dan bagian jalan setelah *U-turn*.

4.4. Waktu Tempuh

Pengambilan data waktu tempuh terdiri dari 2 macam data, yaitu data waktu tempuh selama arus tidak terganggu dan waktu tempuh arus terganggu. Data waktu tempuh ini dipergunakan untuk analisa hubungan antara kecepatan, kerapatan dan arus (volume) lalu lintas dengan metode Greenshield, dan untuk analisa tundaan operasional.

4.5. Cara Pengolahan Data.

4.5.1. Volume Arus Lalu Lintas

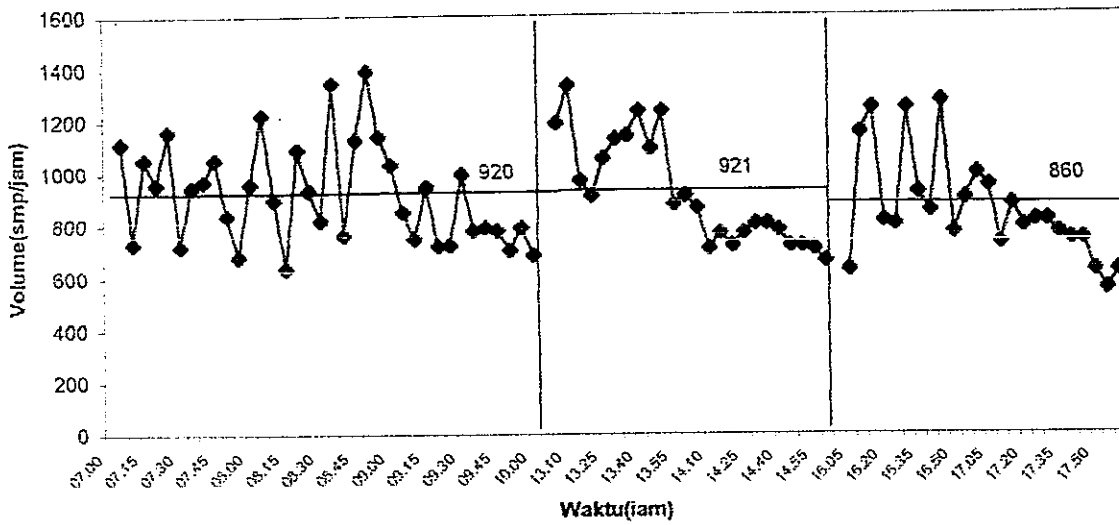
Dari hasil pencatatan jumlah kendaraan sebenarnya di lapangan pada penggal jalan sebelum *U-turn*, tepat *U-turn*, dan setelah *U-turn* masing-masing untuk arah Kendal dan arah Semarang untuk interval 5 menitan, kemudian data masing-masing kendaraan tersebut dijumlahkan dan dijadikan dalam satuan kendaraan per jam yang selanjutnya disebut volume (Rate of Flow).

Untuk menghitung prosentase kendaraan pada masing-masing arah yaitu dengan menjumlahkan kendaraan untuk dua arah, kemudian masing-masing arah dapat diketahui prosentasenya setelah masing-masing arah dibagi total kedua arah dan dikalikan 100. Selanjutnya menghitung nilai konversi kendaraan dalam satuan mobil penumpang (smp), dengan mengkombinasikan hasil survei untuk masing-masing jenis kendaraan dengan satuan nilai konversi. Hasil pengolahan data volume lalu lintas dapat dilihat pada lampiran A.1 sampai A.6. sedangkan secara visual dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai 4.3 untuk arah Kendal dan Gambar 4.4 sampai 4.6 untuk arah Semarang.

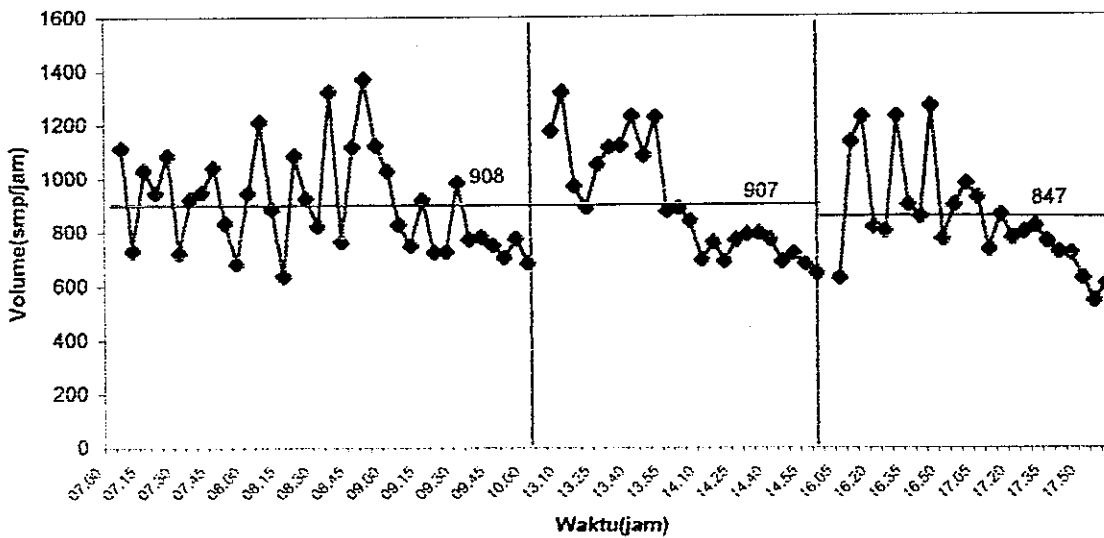
Dari hasil pengamatan volume lalu lintas arah Kendal pada Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3 terlihat adanya fluktuasi volume lalu lintas antara 552 dan 1392 smp/jam pada arus jalan sebelum *U-turn*, antara 542 dan 1471 smp/jam pada ruas jalan tepat *U-turn*, serta antara 554 dan 1383 smp/jam pada ruas jalan setelah *U-turn*.

Sedangkan fluktuasi volume lalu lintas arah Semarang , antara 597 dan 1443 smp/jam pada ruas jalan sebelum *U-turn*, antara 585 dan 1419 smp/jam pada ruas jalan tepat *U-turn* , serta antara 597 dan 1459 smp/jam pada ruas jalan setelah *U-turn*.

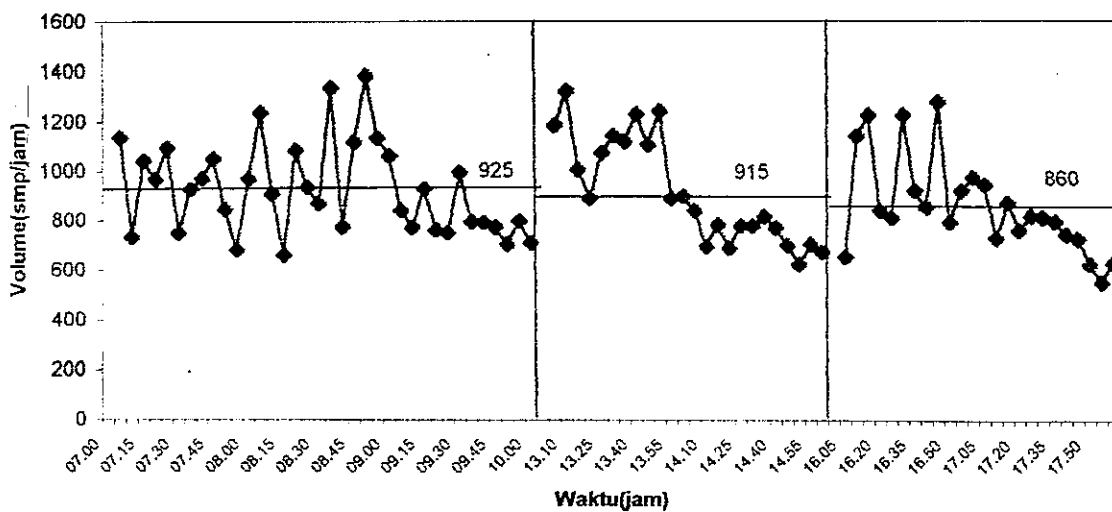
Volume puncak pada arah Semarang dan arah Kendal terjadi pada jam 08.00-09.00 untuk puncak pagi, jam 13.00 – 14.00 untuk puncak siang, dan jam 16.00-17.00 untuk puncak sore.



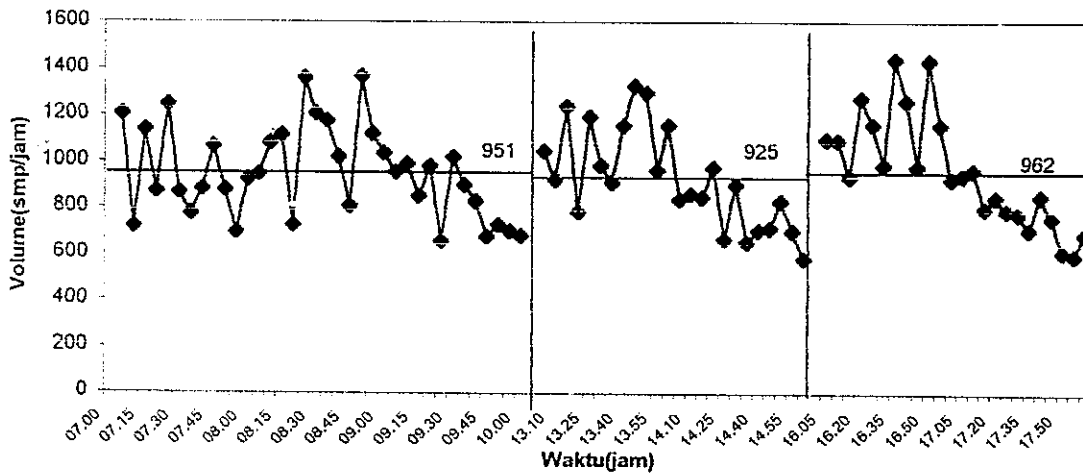
Gambar. 4.1. Grafik Volume Arah Kendal sebelum U-tum



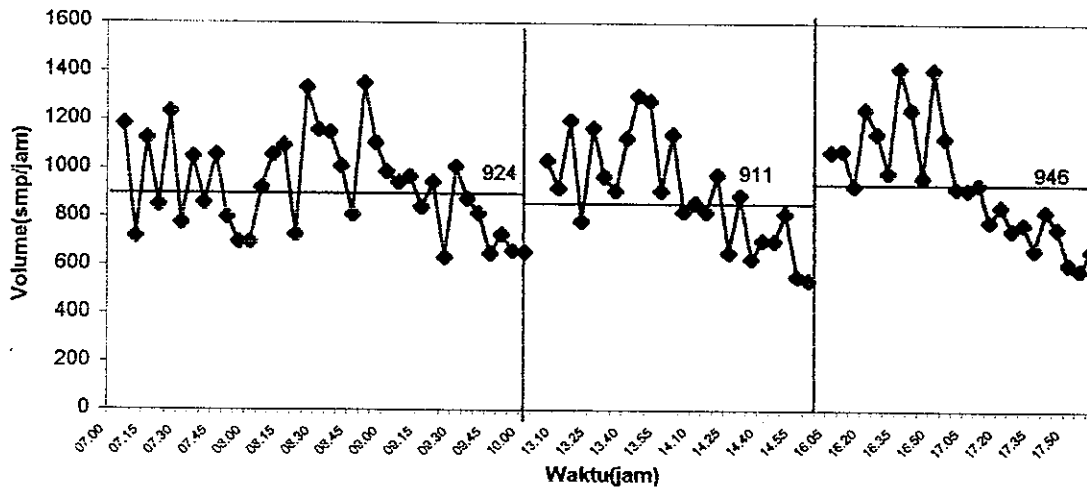
Gambar. 4.2. Grafik Volume Arah Kendal tepat U-tum



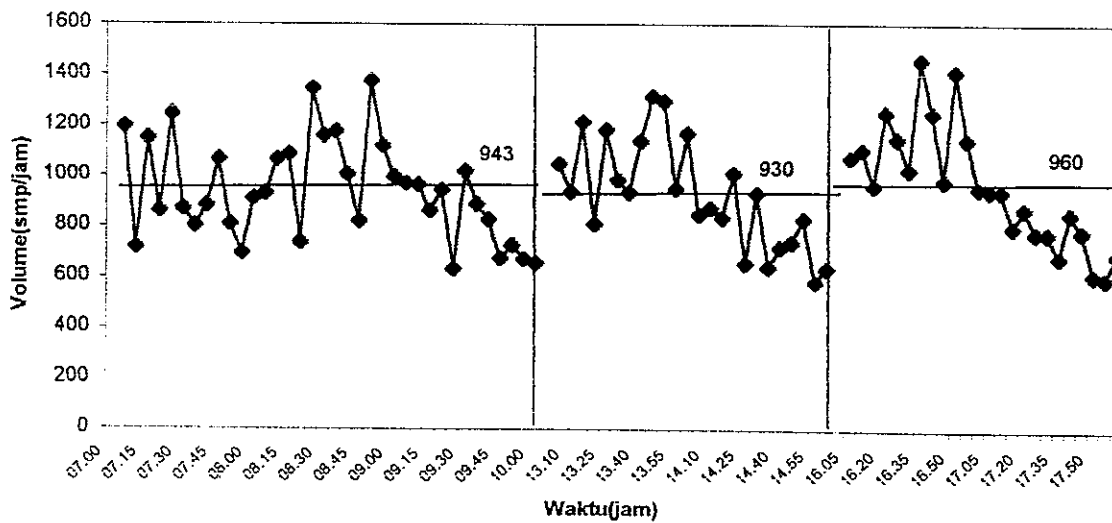
Gambar. 4.3. Grafik Volume Arah Kendal setelah U-tum



Gambar. 4.4.Grafik Volume Arah Semarang sebelum U-tum



Gambar. 4.5.Grafik Volume Arah Semarang tepat U-tum



Gambar. 4.6.Grafik Volume Arah Semarang setelah U-tum

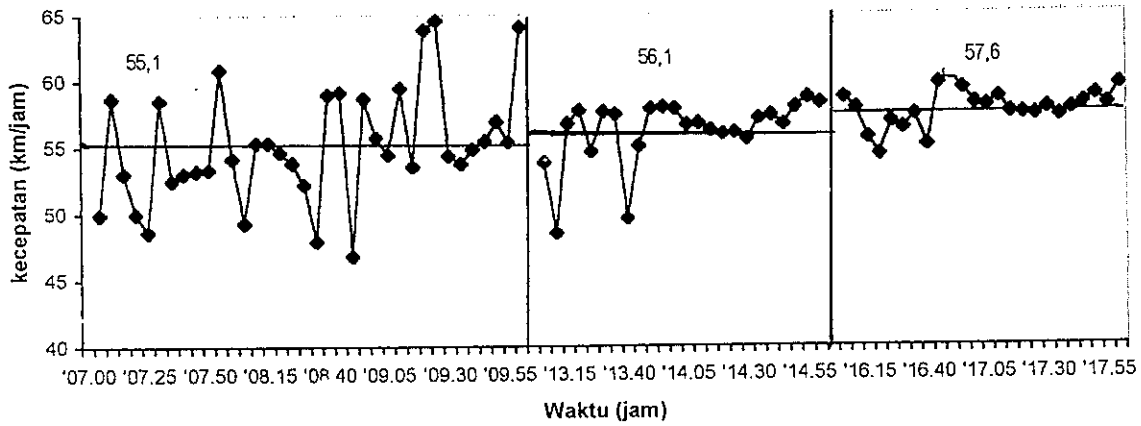
4.5.2. Kecepatan dan Kerapatan

Untuk mencari kecepatan ruang tiap jenis kendaraan diperoleh dengan rumus : $50 \text{ m} / \{(t_1+t_2+\dots+t_n) / n\}$ detik. Dengan catatan bahwa angka 50 m adalah jarak tempuh kendaraan yang disurvei t_i adalah waktu yang dibutuhkan untuk melintasi jarak 50 m dalam detik. Mengingat kecepatan yang dihitung dalam satuan Km / jam, maka rumus diatas perlu disesuaikan dengan satuan yang ada sehingga diperoleh rumusan baru : $\{(50/1000) \text{ Km} / [(t_1+t_2+\dots+t_n) / (n \times 3600)]\}$ jam.

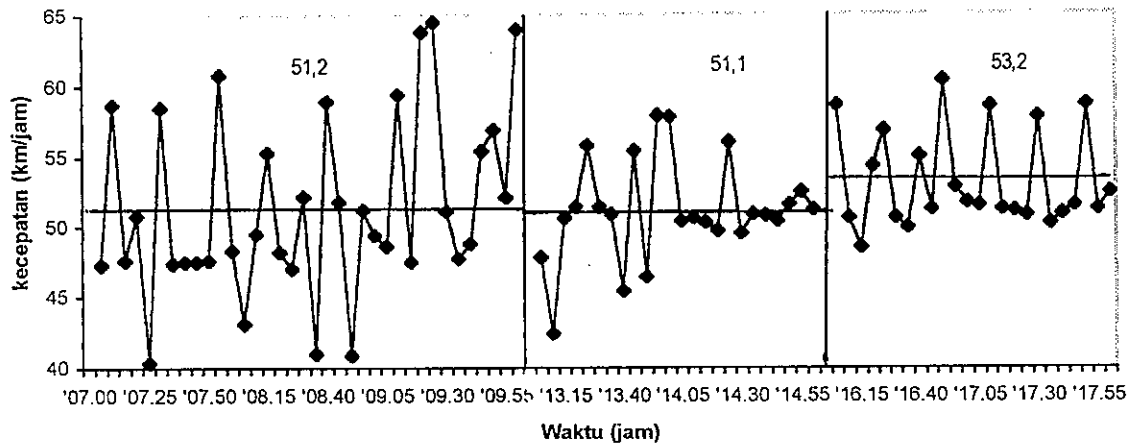
Kemudian untuk mencari kecepatan rata-rata ruang untuk seluruh jenis kendaraan, diperoleh dengan cara sama seperti mencari kecepatan ruang tiap jenis kendaraan. Hasil pengolahan data kecepatan ruang dapat dilihat pada Lampiran A-10 sampai A-15. Sedangkan secara visual dapat dilihat pada Gambar 4.7 sampai 4.12.

Dari hasil pengamatan kecepatan ruang kendaraan arah Kendal maupun arah Semarang pada Gambar 4.7 sampai 4.12 terlihat bahwa kecepatan ruang kendaraan pada penggal jalan tepat *U-Turn* relatif lebih kecil dibandingkan dengan penggal jalan sebelum dan setelah *U-Turn*. Hal ini disebabkan karena kendaraan cenderung mengurangi kecepatannya ketika berada di penggal jalan tepat *U-Turn*, terutama apabila ada kendaraan yang akan melakukan *U-Turn*.

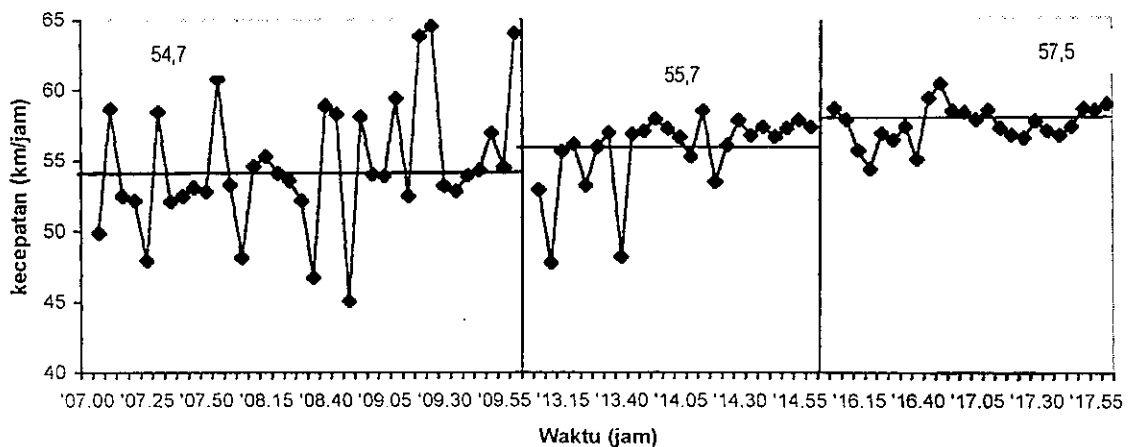
Sedangkan untuk menghitung nilai kerapatan adalah dengan membagi volume kendaraan dengan kecepatan rata-rata ruang pada time slice yang bersesuaian. Selanjutnya ringkasan hasil perhitungan volume kecepatan, dan kerapatan kendaraan dapat dilihat pada Lampiran B-1 sampai B-12. sedangkan secara visual hasil perhitungan kerapatan dapat dilihat pada Gambar 4.13 sampai 4.18.



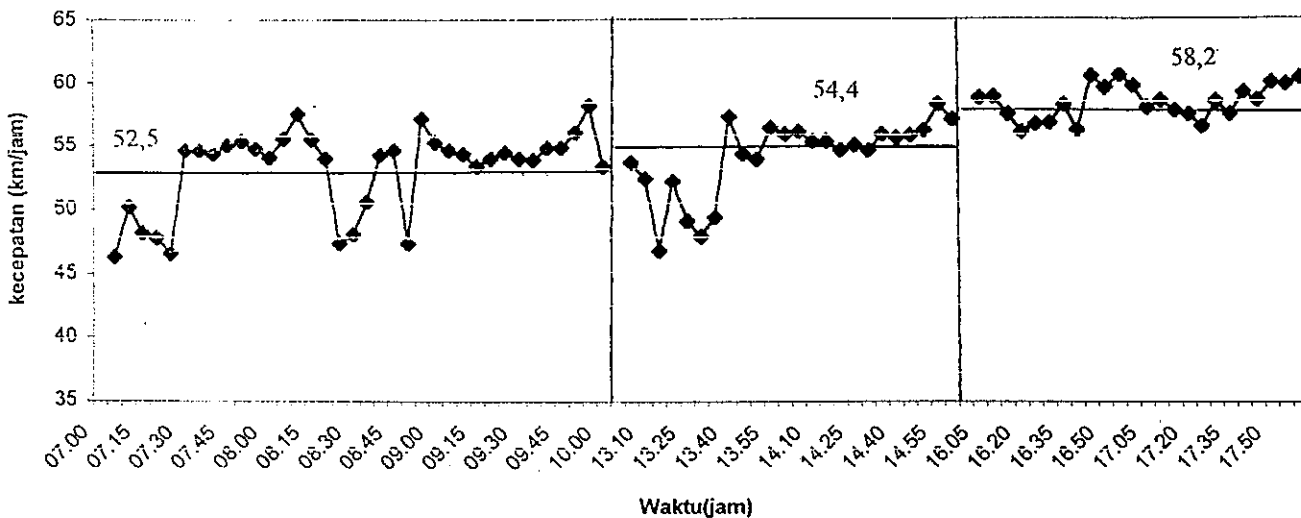
Gambar 4.7 Grafik Kecepatan arah Kendal Sebelum U-Turn



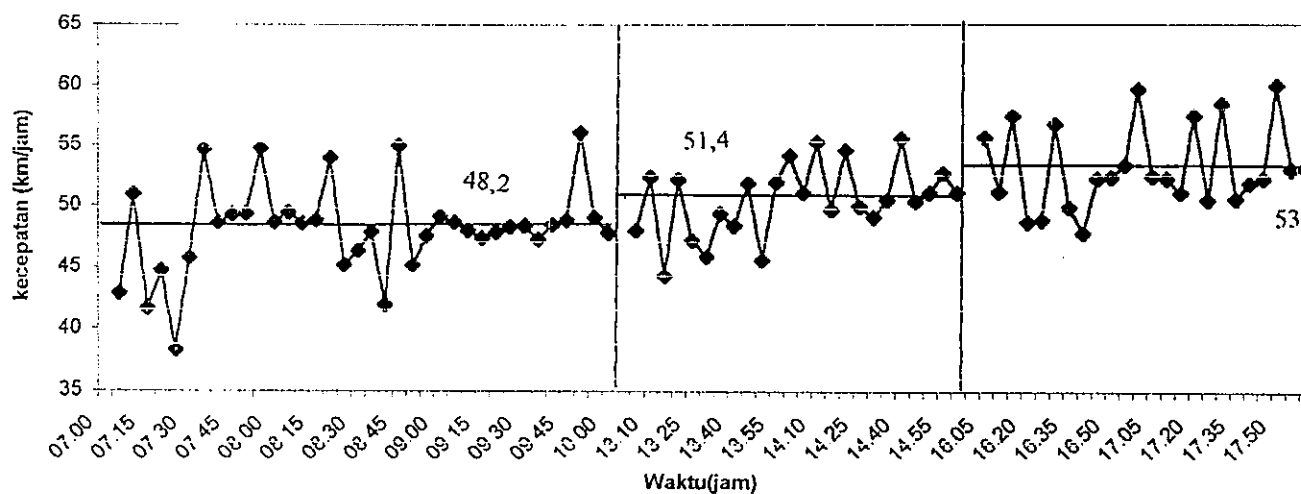
Gambar 4.8 Grafik Kecepatan arah Kendal Tepat U-Turn



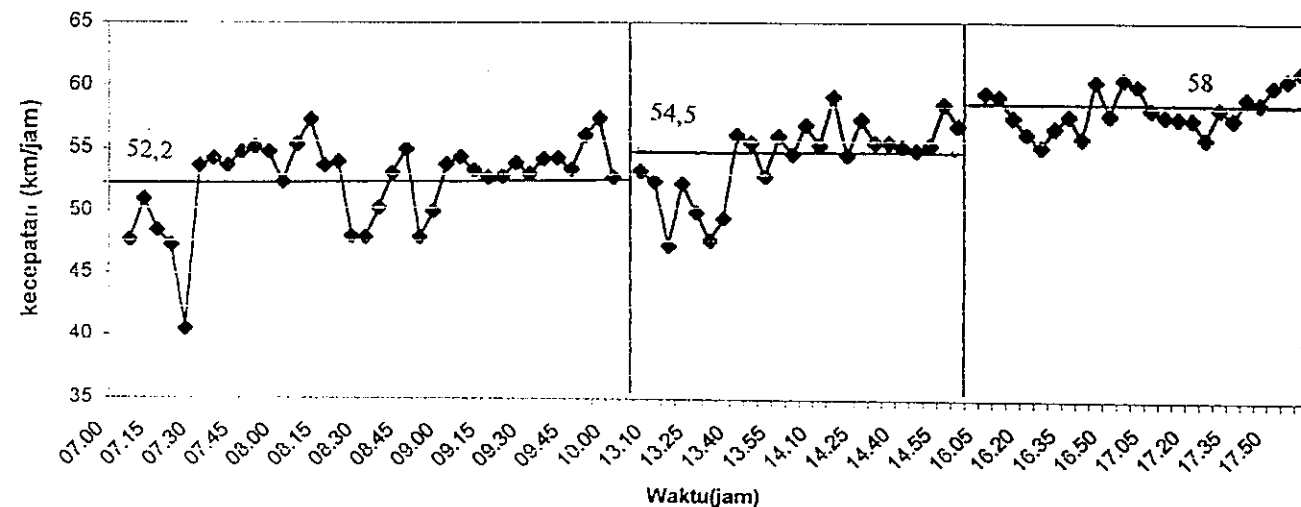
Gambar 4.9 Grafik Kecepatan arah Kendal Setelah U-Turn



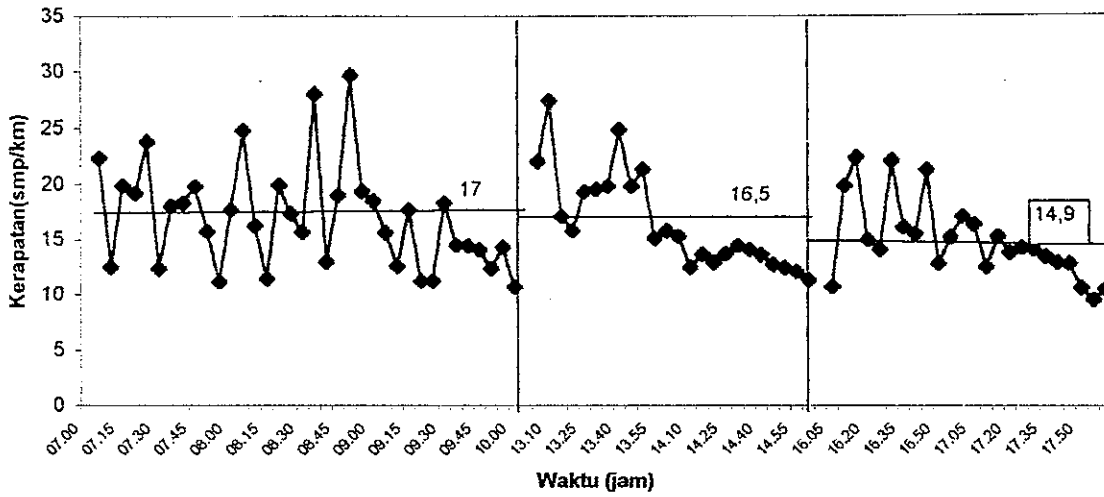
Gambar. 4.10. Grafik kecepatan Arah Semarang Sebelum U-Turn



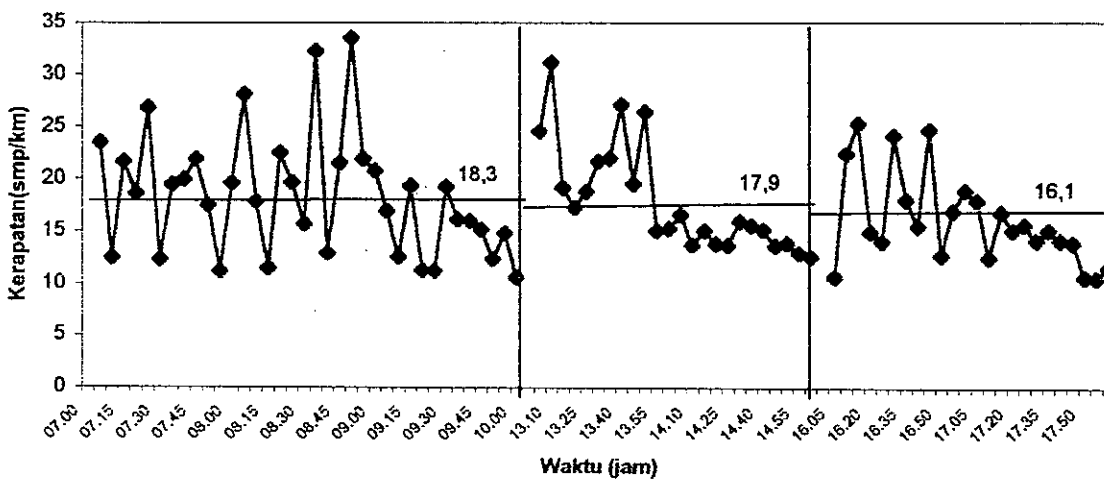
Gambar. 4.11. Grafik Kecepatan Arah Semarang tepat U-Turn



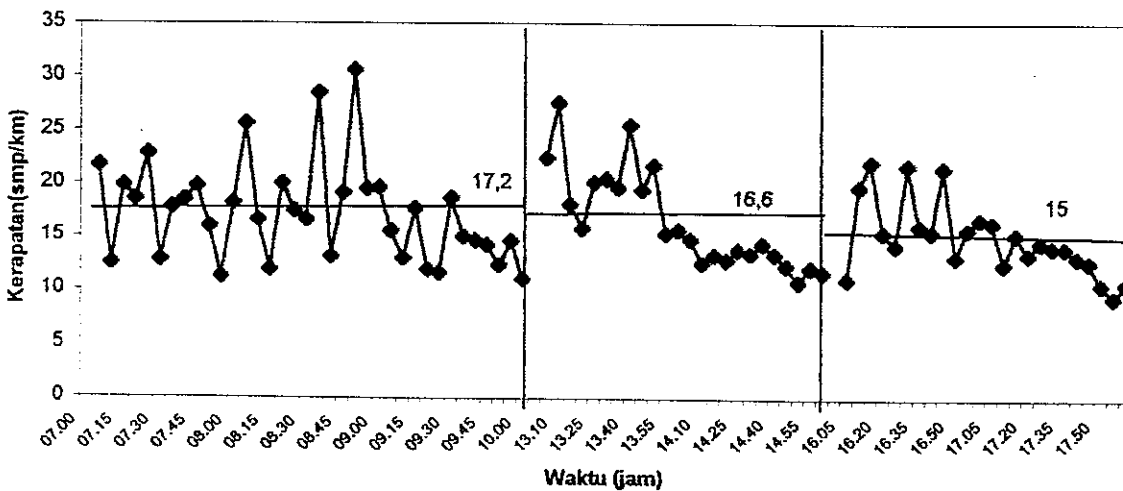
Gambar 4.12. Grafik Kecepatan Arah Semarang setelah U-tum



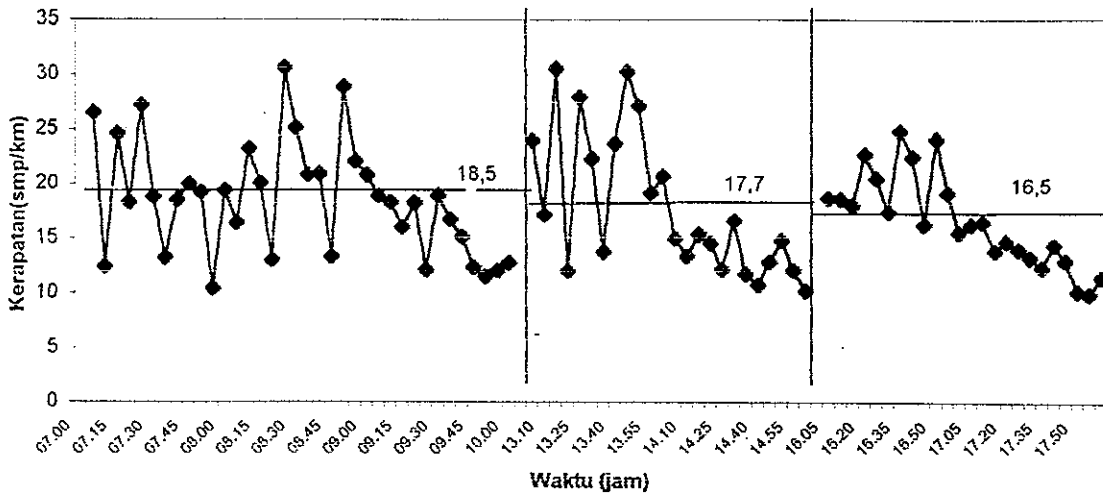
Gambar 4.13. Grafik Kerapatan arah Kendal sebelum U-tum



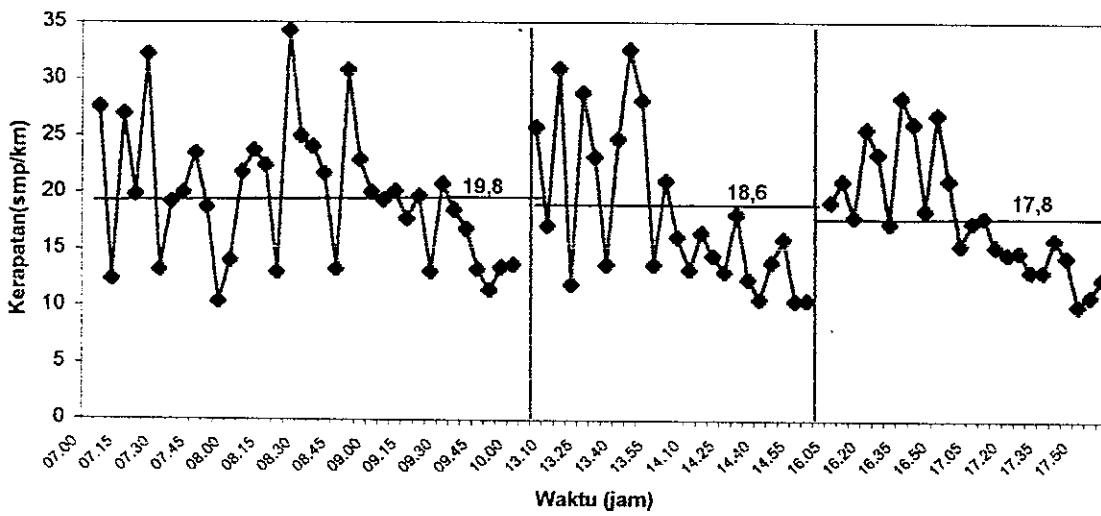
Gambar 4.14. Grafik Kerapatan arah Kendal tepat U-tum



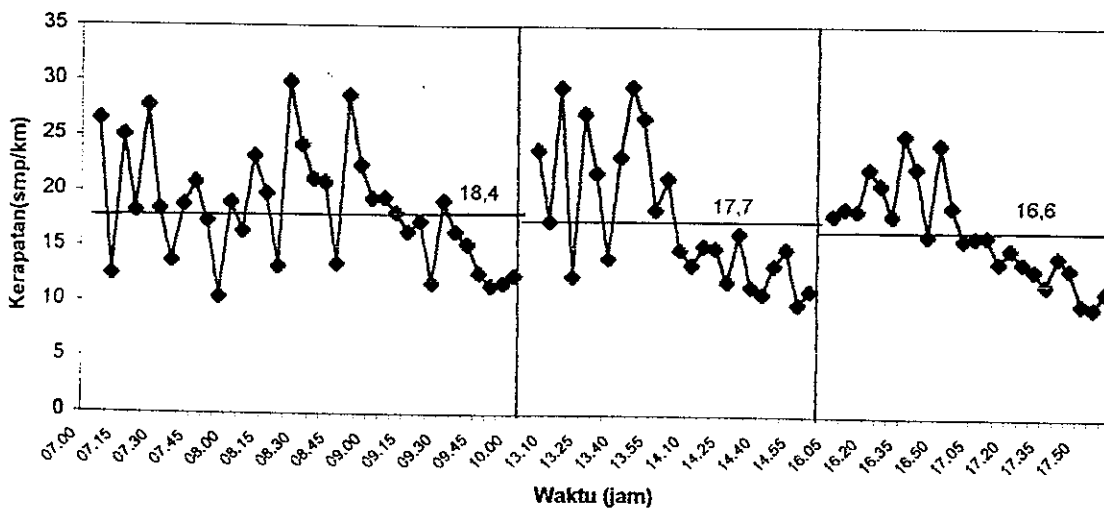
Gambar 4.15. Grafik Kerapatan arah Kendal setelah U-tum



Gambar 4.16. Grafik Kerapatan arah Semarang sebelum U-tum



Gambar 4.17. Grafik Kerapatan arah Semarang tepat U-tum



Gambar 4.18. Grafik Kerapatan arah Semarang setelah U-tum

4.5.3. Waktu tempuh

Dari kondisi lalu lintas yang diterima, waktu tempuh, kedua arus terganggu dan tidak terganggu dalam tiap arah dihitung untuk setiap kendaraan dengan mengurangi waktu keluar dengan waktu masuk dalam periode waktu 15 menitan. Selanjutnya ringkasan hasil perhitungan waktu tempuh arus tidak terganggu dapat dilihat pada tabel 4.1

**Tabel 4.1. Rata-rata waktu tempuh dan Kecepatan
dari Arus Tidak Terganggu**
Jarak Pengamatan : 150 m

Periode Waktu	Arah Kendal		Arah Semarang	
	Rata-rata waktu tempuh (detik)	Kecepatan rata-rata (km/jam)	Rata-rata waktu tempuh (detik)	Kecepatan rata-rata (km/jam)
07.00 - 07.15	10	54,2	10,2	52,9
07.15 - 07.30	9,9	54,4	9,8	55,2
07.30 - 07.45	9,8	54,7	10,2	53
07.45 - 08.00	9,8	54,7	10,1	53,7
08.00 - 08.15	9,6	56,2	9,8	54,9
08.15 - 08.30	9,4	57,4	9,7	55,7
08.30 - 08.45	9	60	9,2	58,7
08.45 - 09.00	9,2	58,7	9,6	56,2
09.00 - 09.15	9,9	54,2	10	54,1
09.15 - 09.30	10	54,2	9,9	54,5
09.30 - 09.45	9,9	54,6	9,9	54,6
09.45 - 10.00	9,7	55,9	9,7	55,4
13.00 - 13.15	9,8	55,1	9,5	56,8
13.15 - 13.30	9,2	58,7	9,3	58,1
13.30 - 13.45	9,6	56,2	9	60
13.45 - 14.00	9,2	58,7	9,3	58,1
14.00 - 14.15	9,7	55,6	9,5	56,5
14.15 - 14.30	9,8	54,7	9,7	55,8
14.30 - 14.45	9,7	55,8	9,5	57
14.45 - 15.00	9,4	57,2	9,3	58,2
16.00 - 16.15	9,2	58,4	9,2	58,7
16.15 - 16.30	9,5	56,5	9,4	57,4
16.30 - 16.45	9,3	58,3	9,5	56,8
16.45 - 17.00	9	59,9	9,1	59,2
17.00 - 17.15	9,3	58,1	9,3	57,9
17.15 - 17.30	9,4	57,5	9,4	57,4
17.30 - 17.45	9,2	58,4	9,4	57,6
17.45 - 18.00	9	60,1	9,2	58,6

4.5.4. Pergerakan U-Turn Tunggal

Selama efektif periode pengamatan, total 209 pergerakan *U-Turn* tunggal telah diamati. Dari jumlah tersebut, sebanyak 177 pergerakan *U-Turn* tunggal kendaraan ringan dan 32 pergerakan *U-Turn* kendaraan berat. Dari data terlihat hanya sedikit kendaraan berat melakukan *U-Turn* tunggal (15 % dari total *U-Turn* tunggal yang tercatat). Secara detail dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Kendaraan yang melakukan U-Turn Tunggal

Periode Waktu	Arah Kendal		Arah Semarang	
	Kend. Ringan	Kend. Berat	Kend. Ringan	Kend. Berat
07.00 – 07.05	1	0	2	0
07.05 – 07.10	0	0	0	0
07.10 – 07.15	2	0	1	0
07.15 – 07.20	1	0	2	0
07.20 – 07.25	1	0	1	0
07.25 – 07.30	0	0	1	1
07.30 – 07.35	1	1	0	0
07.35 – 07.40	2	0	2	0
07.40 – 07.45	1	0	1	0
07.45 – 07.50	1	0	1	0
07.50 – 07.55	0	0	0	0
07.55 – 08.00	1	0	2	0
08.00 – 08.05	1	0	1	1
08.05 – 08.10	1	0	2	0
08.10 – 08.15	0	0	2	0
08.15 – 08.20	1	0	0	0
08.20 – 08.25	1	0	1	1
08.25 – 08.30	0	0	4	0
08.30 – 08.35	1	1	1	1
08.35 – 08.40	0	0	1	0
08.40 – 08.45	1	0	0	0
08.45 – 08.50	2	0	1	0
08.50 – 08.55	1	0	1	0
08.55 – 09.00	1	0	3	1
09.00 – 09.05	2	0	1	0
09.05 – 09.10	0	0	2	0
09.10 – 09.15	2	1	1	0
09.15 – 09.20	0	0	2	1
09.20 – 09.25	0	0	2	0
09.25 – 09.30	1	0	1	0

Lanjutan Tabel 4.2

Periode Waktu	Arah Kendal		Arah Semarang	
	Kend. Ringan	Kend. Berat	Kend. Ringan	Kend. Berat
09.30 – 09.35	1	0	2	0
09.35 – 09.40	1	0	1	0
09.40 – 09.45	2	0	2	0
09.45 – 09.50	0	0	0	0
09.50 – 09.55	1	0	2	1
09.55 – 10.00	0	0	2	0
13.00 – 13.05	0	1	1	0
13.05 – 13.10	0	1	0	0
13.10 – 13.15	1	0	3	0
13.15 – 13.20	1	1	0	0
13.20 – 13.25	1	0	2	0
13.25 – 13.30	0	1	0	1
13.30 – 13.35	2	0	0	0
13.35 – 13.40	1	0	0	2
13.40 – 13.45	1	0	2	0
13.45 – 13.50	1	0	0	1
13.50 – 13.55	0	0	0	1
13.55 – 14.00	2	0	1	0
14.00 – 14.05	2	0	1	0
14.05 – 14.10	1	0	0	0
14.10 – 14.15	1	0	2	0
14.15 – 14.20	3	0	0	0
14.20 – 14.25	0	0	1	0
14.25 – 14.30	2	1	1	0
14.30 – 14.35	1	0	2	0
14.35 – 14.40	1	0	0	0
14.40 – 14.45	3	0	1	0
14.45 – 14.50	1	0	1	0
14.50 – 14.55	2	0	2	0
14.55 – 15.00	1	0	1	1
16.00 – 16.05	0	0	2	0
16.05 – 16.10	1	1	1	0
16.10 – 16.15	1	1	0	0
16.15 – 16.20	0	0	2	0
16.20 – 16.25	0	0	1	0
16.25 – 16.30	2	1	0	0
16.30 – 16.35	1	2	2	0
16.35 – 16.40	0	0	1	0
16.40 – 16.45	1	0	1	0
16.45 – 16.50	0	0	2	0
16.50 – 16.55	1	0	1	1
16.55 – 17.00	1	1	0	0
17.00 – 17.05	2	0	2	0
17.05 – 17.10	0	0	1	1

Lanjutan Tabel 4.2

Periode Waktu	Arah Kendal		Arah Semarang	
	Kend. Ringan	Kend. Berat	Kend. Ringan	Kend. Berat
17.10 – 17.15	1	0	1	0
17.15 – 17.20	2	0	0	0
17.20 – 17.25	1	1	2	1
17.25 – 17.30	0	0	0	0
17.30 – 17.35	1	0	2	1
17.35 – 17.40	2	0	2	0
17.40 – 17.45	2	0	1	0
17.45 – 17.50	0	0	0	0
17.50 – 17.55	1	0	1	0
17.55 – 18.00	2	0	2	0
Jumlah	81	15	96	17

4.5.5. Data Tundaan Operasional

Tundaan operasional yang disebabkan oleh sebuah kendaraan yang melakukan *U-Turn* tunggal adalah perbedaan dalam waktu tempuh untuk melewati daerah pengamatan (150 m) dalam kondisi arus terganggu dan tidak terganggu dalam setiap periode pengamatan 15 menit.

Data diperoleh berdasarkan nomer kendaraan yang melakukan *U-Turn* tunggal masing-masing arah, baik arah Kendal maupun arah Semarang. Dari nomer kendaraan yang melakukan *U-Turn*, kemudian dihitung banyaknya kendaraan yang dipengaruhinya dan besarnya tundaan operasional (detik). Sehingga dapat diperoleh tundaan operasional rata-rata per kendaraan (detik) dengan membagi besarnya tundaan operasional dengan total kendaraan yang dipengaruhinya.

Tundaan operasional ini dibedakan dalam dua tipe arus lalu lintas, yaitu arus lalu lintas yang searah dengan kendaraan *U-Turn* dan yang berlawanan arah dengan kendaraan *U-Turn*.

Tabel 4.3 . Data Tundaan Operasional Lalu lintas Searah Akibat Gerakan U-turn Tunggal Kendaraan Ringan Arah Keadal

No Kendaraan yang melakukan U-Turn	Total kendaraan yang dipengaruhi (kendaraan)	Tundaan Operasional (detik)	Tundaan Operasional rata-rata per kendaraan (detik)
1	5	13,2	2,6
2	3	4,2	1,4
3	6	33,6	5,6
4	4	19,2	4,8
5	6	19,9	3,3
6	4	1,2	0,3
7	6	6,7	1,1
8	3	9,3	3,1
9	8	27,2	3,4
10	4	3,6	0,9
11	6	4,8	0,8
12	2	3,2	1,6
13	5	14,5	2,9
14	11	26,5	2,4
15	4	2,4	0,6
16	2	0	0,0
17	6	4,8	0,8
18	3	0	0,0
19	2	2,8	1,4
20	2	1,2	0,6
21	1	1,1	1,1
22	7	3,5	0,5
23	5	14,6	2,9
24	7	3,5	0,5
25	6	22,2	3,7
26	2	3,2	1,6
27	3	4,6	1,5
28	5	9,6	1,9
29	6	34,9	5,8
30	4	0	0,0
31	7	5,6	0,8
32	3	0	0,0
33	11	2,2	0,2
34	3	8,4	2,8
35	4	2	0,5
36	13	32,5	2,5
37	4	7,2	1,8
38	5	27,2	5,4
39	1	0	0,0
40	2	3	1,5
41	3	0	0,0
42	9	31,5	3,5
43	2	1,2	0,6
44	3	0	0,0
45	3	0	0,0

No Kendaraan yang melakukan U-Turn	Total kendaraan yang dipengaruhi (kendaraan)	Tundaan Operasional (detik)	Tundaan Operasional rata-rata per kendaraan (detik)
46	12	43,2	3,6
47	9	25,2	2,8
48	3	12,7	4,2
49	6	10,8	1,8
50	8	28,8	3,6
51	2	3,2	1,6
52	4	0,8	0,2
53	4	0,8	0,2
54	4	1,2	0,3
55	5	0	0
56	3	1,8	0,6
57	8	8,8	1,1
58	5	9,2	1,8
59	5	1	0,2
60	4	3,2	0,8
61	4	10,2	2,55
62	4	0,4	0,1
63	14	25,2	1,8
64	3	10	3,3
65	2	5,1	2,5
66	2	5,2	2,6
67	5	4,6	0,9
68	3	4,2	1,4
69	3	11,1	3,7
70	6	3,6	0,6
71	9	3,8	0,4
72	2	5,8	2,9
73	12	38,4	3,2
74	6	9	1,5
75	5	8,9	1,8
76	9	30,6	3,4
77	12	33,6	2,8
78	5	13,8	2,8
79	2	2	1
80	3	15,6	5,2
81	7	26,6	3,8

Tabel 4.4 . Data Tundaan Operasional Lalu lintas Searah Akibat Gerakan U-turn Tunggal Kendaraan Rincan Arah Semarang

No Kendaraan yang melakukan U Turn	Total kendaraan yang dipengaruhi (kendaraan)	Tundaan Operasional (detik)	Tundaan Operasional rata-rata per kendaraan (detik)
1	3	3,5	1,2
2	2	1,6	0,8
3	10	29,1	2,9
4	4	3,2	0,8
5	1	2,4	2,4
6	6	16,8	2,8
7	14	54,6	3,9
8	4	2,4	0,6
9	5	10,5	2,1
10	6	4,2	0,7
11	8	20,1	2,5
12	3	5,1	1,7
13	10	17,2	1,7
14	4	10	2,5
15	4	6,8	1,7
16	3	7,2	2,4
17	15	45	3,0
18	3	0,6	0,2
19	2	5,2	2,6
20	6	13,2	2,2
21	3	1,2	0,4
22	4	1,6	0,4
23	5	8,1	1,6
24	3	14,4	4,8
25	5	6,5	1,3
26	4	8,8	2,2
27	6	19,8	3,3
28	8	45,6	5,7
29	8	38,4	4,8
30	6	15	2,5
31	7	14,7	2,1
32	2	7,2	3,6
33	9	7,2	0,8
34	3	6,6	2,2
35	7	16,8	2,4
36	2	4,2	2,1
37	9	35,1	3,9
38	1	2,1	2,1
39	13	39	3,0
40	7	16,8	2,4

No Kendaraan yang melakukan U Turn	Total kendaraan yang dipengaruhi (kendaraan)	Tundaan Operasional (detik)	Tundaan Operasional rata-rata per kendaraan (detik)
41	2	4,8	2,4
42	9	11,7	1,3
43	9	19,8	2,2
44	5	0,5	0,1
45	14	21	1,5
46	1	3,7	3,7
47	4	15,6	3,9
48	3	6,3	2,1
49	9	20,7	2,3
50	1	3,2	3,2
51	3	11,4	3,8
52	1	2,4	2,4
53	4	2,4	0,6
54	7	2,8	0,4
55	12	21,6	1,8
56	3	11,7	3,9
57	13	27,3	2,1
58	8	8,8	1,1
59	2	4,4	2,2
60	4	7,6	1,9
61	2	5,8	2,9
62	2	8,4	4,2
63	3	6,3	2,1
64	4	12,8	3,2
65	5	15	3
66	4	3,2	0,8
67	12	30,1	2,5
68	2	4,6	2,3
69	5	10,5	2,1
70	4	0	0
71	7	18,2	2,6
72	4	8,8	2,2
73	8	20,2	2,5
74	5	3,5	0,7
75	3	2,7	0,9
76	4	9,6	2,4
77	4	21,6	5,4
78	1	3,5	3,5
79	5	11,2	2,2
80	6	27,6	4,6

No Kendaraan yang melakukan U-turn	Total kendaraan yang dipengaruhi (kendaraan)	Tundaan Operasional (detik)	Tundaan Operasional rata-rata per kendaraan (detik)
81	10	39,2	3,9
82	12	69,6	5,8
83	2	2,4	1,2
84	4	1,6	0,4
85	10	6,1	0,6
86	6	3	0,5
87	8	20	2,5
88	10	47,2	4,7
89	6	22,2	3,7
90	2	7,8	3,9
91	5	11	2,2
92	9	24,3	2,7
93	5	0	0,0
94	3	12,6	4,2
95	4	5,2	1,3
96	3	0,6	0,2

Tabel 4.5 Data Tundaan Operasional Lalu lintas Berlawanan Arah Akibat Gerakan U-turn Tunggal Kendaraan Ringan Arah Kendal

No Kendaraan yang melakukan U-turn	Total kendaraan yang dipengaruhi (kendaraan)	Tundaan Operasional (detik)	Tundaan Operasional rata-rata per kendaraan (detik)
1	1	3,8	3,8
3	2	8,6	4,3
4	2	14,4	7,2
8	1	6	6,0
9	10	36	3,6
13	2	3,1	1,6
16	3	11,4	3,8
20	3	19,2	6,4
24	2	10,2	5,1
27	5	13,1	2,6
32	4	16,8	4,2
36	8	29,6	3,7
37	3	12,9	4,3
39	3	7,8	2,6
42	7	32,6	4,7
43	4	15,6	3,9
46	11	39,6	3,6
49	5	14,5	2,9
52	8	30,4	3,8
53	4	13,2	3,3
55	5	24,5	4,9
58	3	9,3	3,1

No Kendaraan yang melakukan U-turn	Total kendaraan yang dipengaruhi (kendaraan)	Tundaan Operasional (detik)	Tundaan Operasional rata-rata per kendaraan (detik)
60	6	31,2	5,2
61	1	4,7	4,7
65	3	21,6	7,2
66	3	9,9	3,3
68	4	7,6	1,9
73	2	7,4	3,7
78	8	25,6	3,2
80	12	33,6	2,8
81	4	25,2	6,3
84	1	1,3	1,3
86	2	7	3,5
87	6	22,8	3,8
90	6	20,4	3,4
91	9	36,9	4,1
93	7	27,3	3,9
95	5	21,5	4,3
96	9	27,9	3,1

Tabel 4.6 . Data Tundaan Operasional Lalu lintas Berlawanan Arah Akibat Gerakan U-turn Tundaan Kendaraan Rincan Arah Semarang

No Kendaraan yang melakukan U Turn	Total kendaraan yang dipengaruhi (kendaraan)	Tundaan Operasional (detik)	Tundaan Operasional rata-rata per kendaraan (detik)
1	4	12,8	3,2
2	3	14,7	4,9
4	3	10,2	3,4
7	10	21,2	2,1
8	2	7,2	3,6
11	5	19,1	3,8
15	1	4,8	4,8
18	5	29,1	5,8
21	8	25,6	3,2
25	4	14,9	3,7
29	8	33,4	4,2
31	3	11	3,7
34	5	21,5	4,3
39	2	6,4	3,2
43	6	21,2	3,5
47	1	4,1	4,1
48	9	29,7	3,3
51	5	11,5	2,3
52	12	38,4	3,2
55	4	28,4	7,1
56	7	25,8	3,7
58	5	8,9	1,8

No Kendaraan yang melakukan U Turn	Total kendaraan yang dipengaruhi (kendaraan)	Tundaan Operasional (detik)	Tundaan Operasional rata-rata per kendaraan (detik)
60	10	38	3,8
61	3	11,2	3,7
64	2	17,2	8,6
65	6	16,3	2,7
68	8	26,3	3,2
70	3	13,5	4,5
72	7	16,8	2,4
73	3	3,6	1,2
75	5	16,2	3,2
78	2	16,5	8,3
80	6	19,2	3,2
81	9	34,2	2,4
85	7	21,7	3,1

BAB V

ANALISIS

5.1 Hubungan antara Kecepatan, Kerapatan dan Arus (Volume)

Hubungan antara ketiga variabel tersebut diatas disusun berdasarkan data arus lalu lintas dan kecepatan kendaraan yang diambil tiap periode 5 menitan yang disusun dalam suatu daftar secara berpasangan selanjutnya nilai kerapatan dapat dicari dengan persamaan dasar $V = D \cdot U_s$. Secara rinci nilai hasil analisis mengenai kecepatan, kerapatan dan arus pada masing-masing posisi penggal jalan yang ditinjau dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.12.

Hubungan antara kecepatan (U_s), kerapatan (D) dan arus (V), dianalisis dengan menggunakan metode *Greenshield*. Hubungan antara kecepatan dan kerapatan dengan metode *Greenshield* adalah : $U_s = U_f - (U_f/D_f) \cdot D$.

Metode *Greenshield* digunakan dengan asumsi bahwa Jalan Walisongo Km 9 termasuk jalan luar kota yang menghubungkan kota Semarang dengan Kendal. Model *Greenshield* juga merupakan model yang paling sederhana yang mudah untuk diterapkan karena hubungan linier antara kecepatan rata-rata ruang (*space mean speed*) yang terjadi dalam suatu lalu lintas dengan kecepatan kendaraan. Dari beberapa penelitian ternyata diperoleh korelasi antara model dan data lapangan.

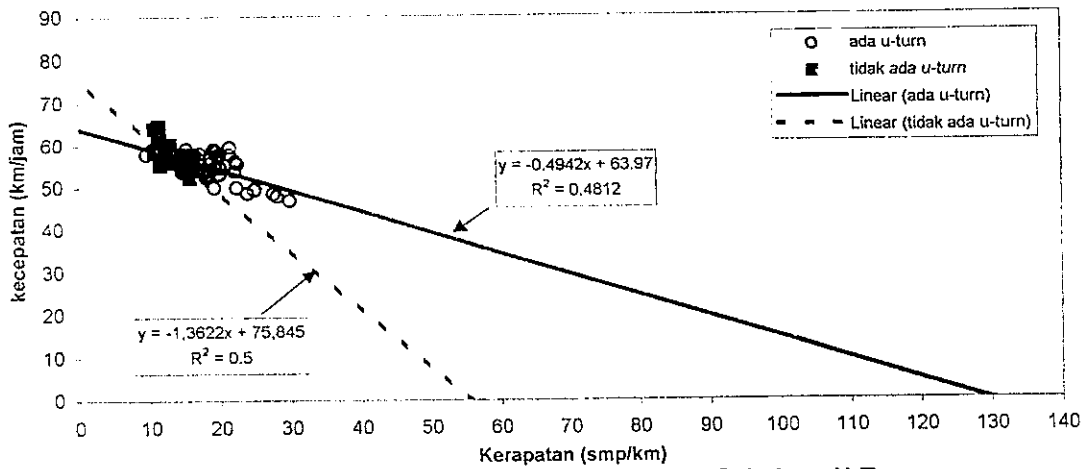
Sedangkan metode *Greenberg* tidak dipakai karena mempunyai kelemahan di antaranya kecepatan bebas rata-rata tidak dapat dapat dihitung. Begitu pula metode *Underwood*, kecepatan pada model ini tidak pernah mencapai nol dan kecepatan kondisi *jam* yang tidak menentu.

Pada metode *Greenshield* bentuk persamaan sudah merupakan suatu persamaan linier dengan anggapan bahwa $Y = U_s$; $X = D$; $a = U_f$ dan $b = (U_f/D_j)$ sehingga analisis regresi dapat langsung dikerjakan dengan metode regresi linier dengan masukan data $Y = U_s$ dan $X = D$.

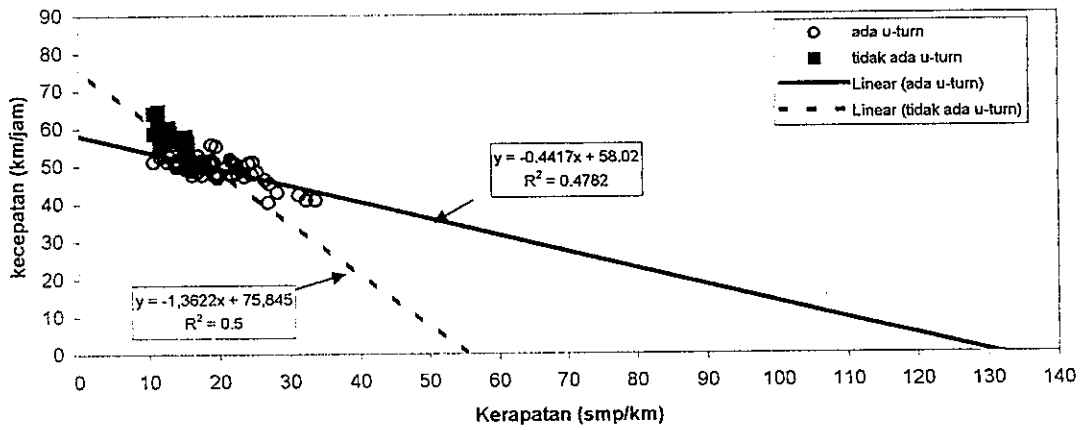
Rangkuman hasil *regresi linier* dapat dilihat pada Tabel 5.1. Dari hasil *regresi linier* tersebut selanjutnya dicari model hubungan antara :

- a. Kecepatan dengan Kerapatan
- b. Arus dengan Kecepatan
- c. Arus dengan Kerapatan

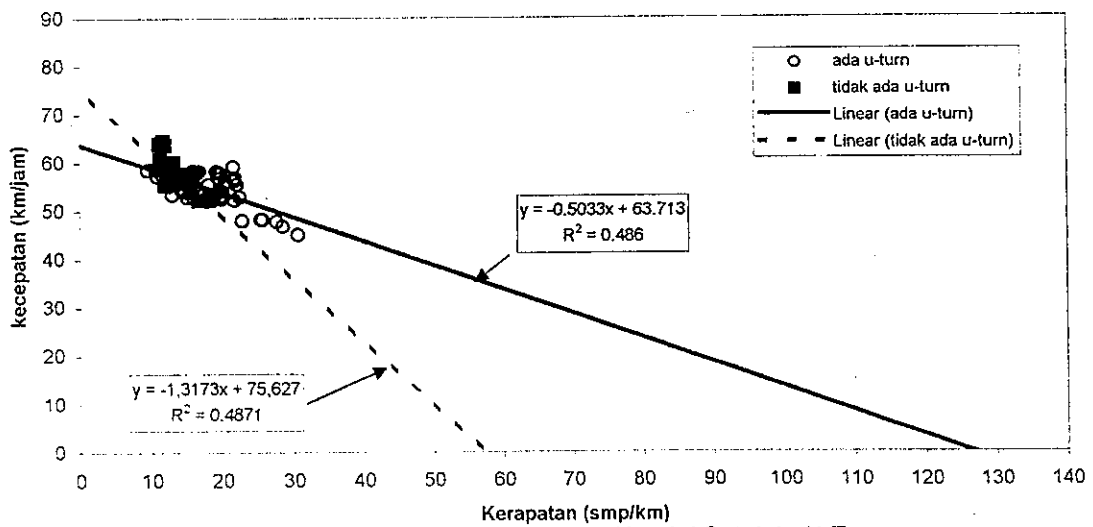
Hasil selengkapnya model hitungan tersebut diatas merupakan model lapangan untuk masing-masing lokasi dapat dilihat pada Tabel 5.2, kemudian dilakukan penggambaran dengan menggunakan program Bantu Microsoft Excel versi 2000. Gambar pada masing-masing penggal jalan dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.18.



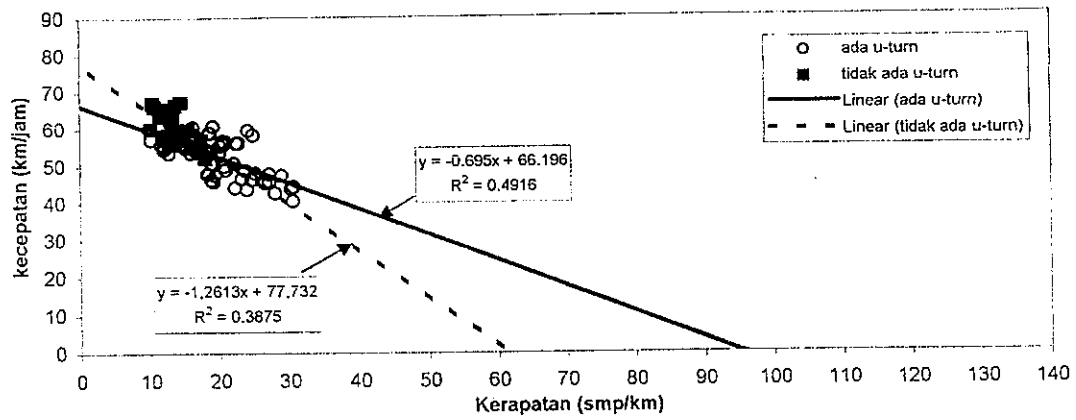
Gambar 5.1. Kecepatan-Kerapatan Arah Kendal Sebelum U-Turn



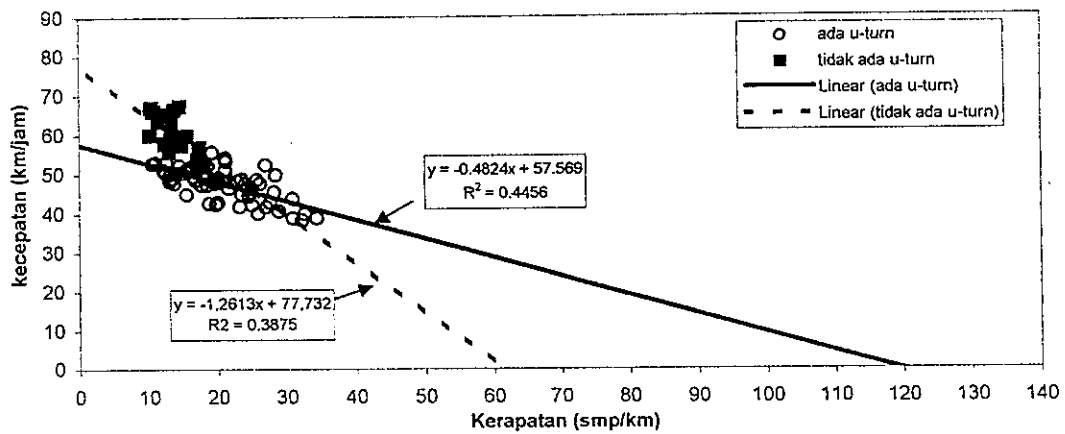
Gambar 5.2. Kecepatan-Kerapatan Arah Kendal Tepat U-Turn



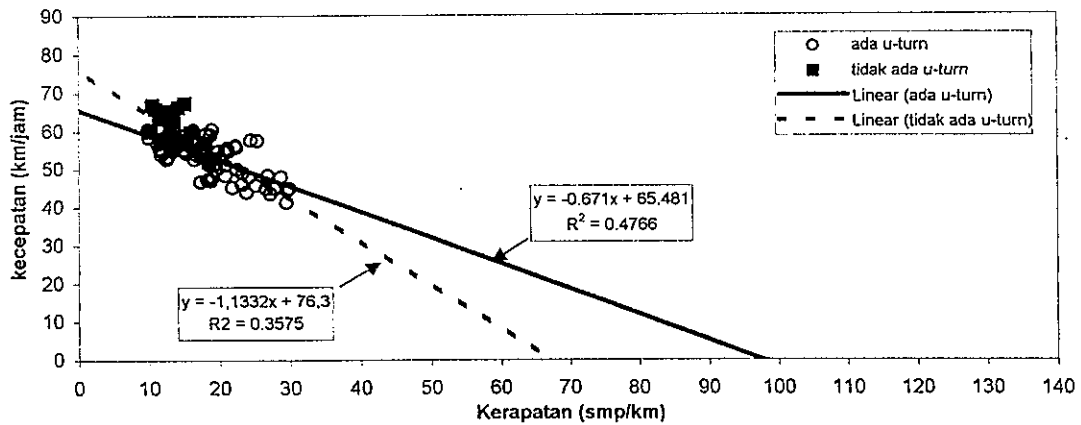
Gambar 5.3. Kecepatan-Kerapatan Arah Kendal Setelah U-Turn



Gambar 5.4. Kecepatan-Kerapatan Arah Semarang Sebelum U-Turn



Gambar 5.5. Kecepatan-Kerapatan Arah Semarang Tepat U-Turn



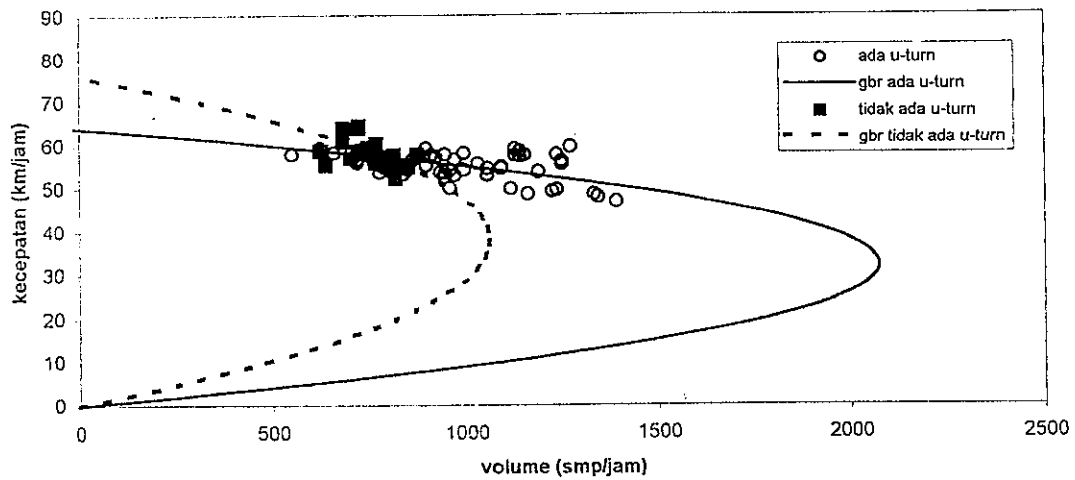
Gambar 5.6. Kecepatan-Kerapatan Arah Semarang Setelah U-Turn

Hubungan kecepatan – kerapatan arah Kendal mempunyai karakteristik yang berbeda dengan arah Semarang. Pada arah Kendal, kondisi penggal jalan sebelum *U-turn* (pada waktu ada *U-turn*), $U_f = 63,97$ km/jam dan $D_j = 129,44$ smp/km. Kondisi penggal jalan tepat *U-turn* diperoleh hasil $U_f = 58,02$ km/jam dan $D_j = 131,35$ smp/km. Dan kondisi penggal jalan setelah *U-turn*, $U_f = 63,71$ km/jam dan $D_j = 126,59$ smp/km.

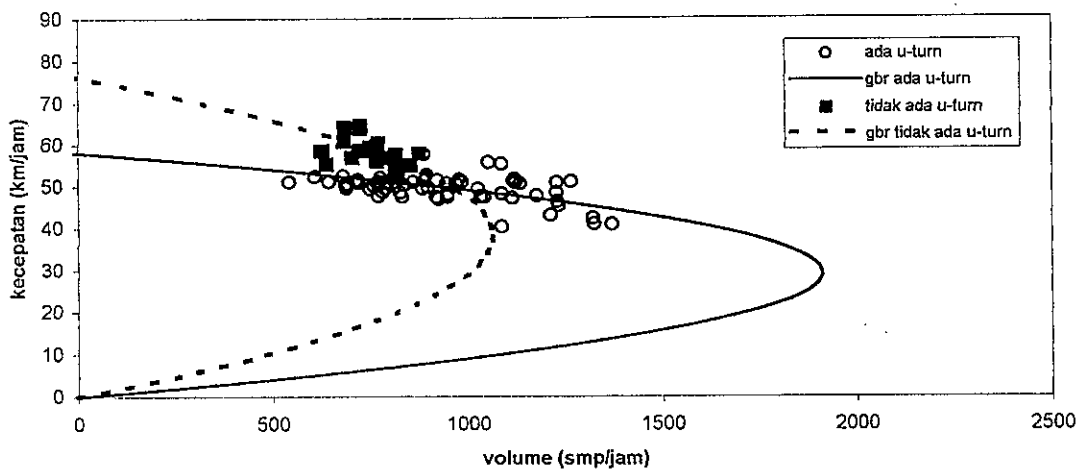
Sementara pada arah Semarang (pada waktu ada *U-turn*), kondisi penggal jalan sebelum *U-turn*, $U_f = 66,196$ km/jam dan $D_j = 95,94$ smp/km. Kondisi penggal jalan tepat *U-turn*, $U_f = 58,66$ km/jam dan $D_j = 107,18$ amp/km. Dan kondisi penggal jalan setelah *U-turn*, $U_f = 65,48$ km/jam dan $D_j = 97,59$ smp/km.

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa kondisi penggal jalan tepat *U-turn* mempunyai kecepatan yang lebih rendah daripada kondisi penggal jalan sebelum dan sesudah *U-turn*. Hal tersebut dikarenakan kendaraan cenderung mengurangi kecepatannya pada waktu mendekati lokasi *U-turn* dan terdapat kendaraan lain yang melakukan *U-turn*.

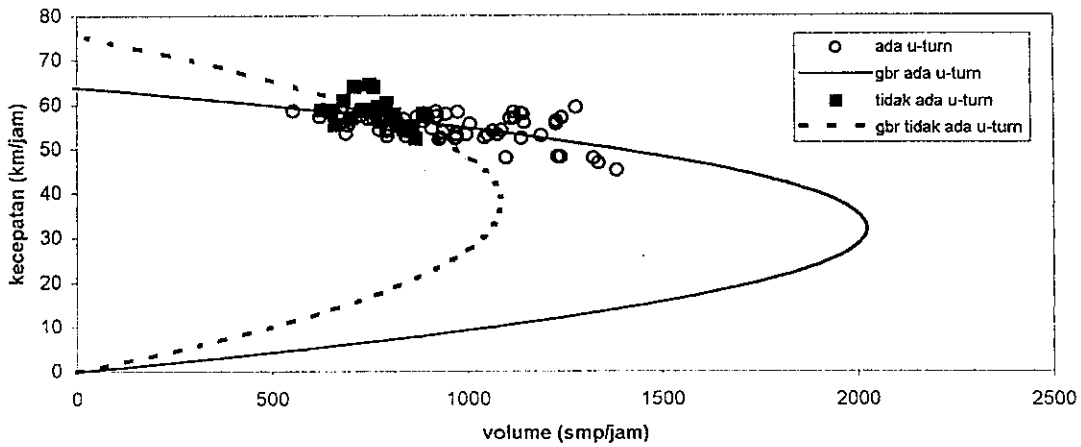
Kecepatan rata-rata ruang pada kondisi ada *U-turn* cenderung seragam, sedangkan pada kondisi tidak ada *U-turn* cenderung fluktuatif. Sehingga kerapatan pada kondisi *U-turn* lebih besar daripada kondisi tidak ada *U-turn*. Hal tersebut juga menyebabkan volume optimum pada kondisi ada *U-turn* lebih besar daripada kondisi tidak ada *U-turn*.



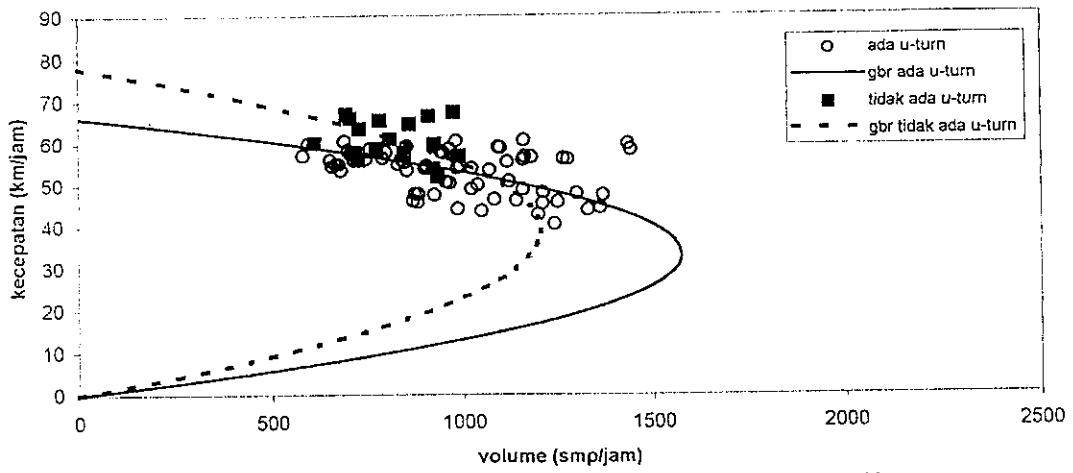
Gambar 5.7. Kecepatan-Volume arah Kendal sebelum U-turn



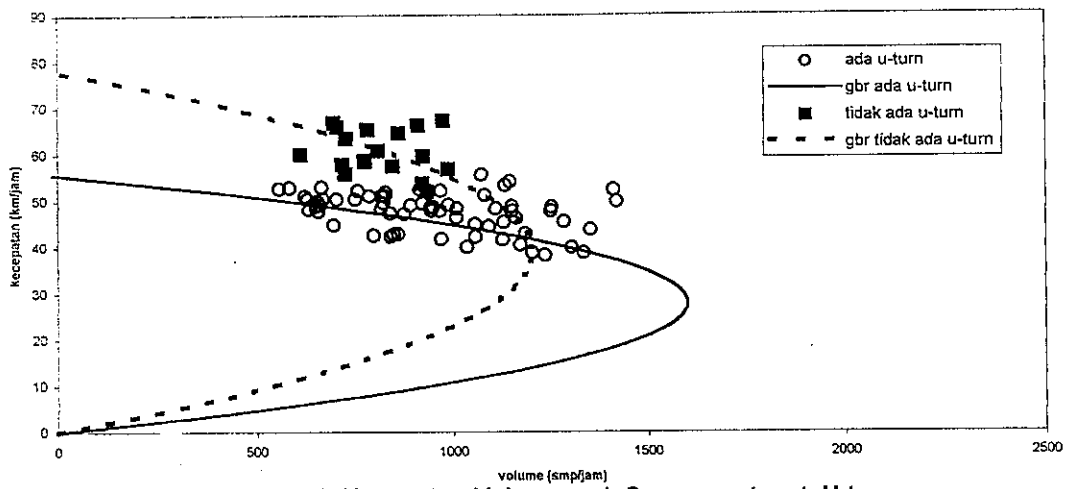
Gambar 5.8. Kecepatan-Volume arah Kendal tepat U-turn



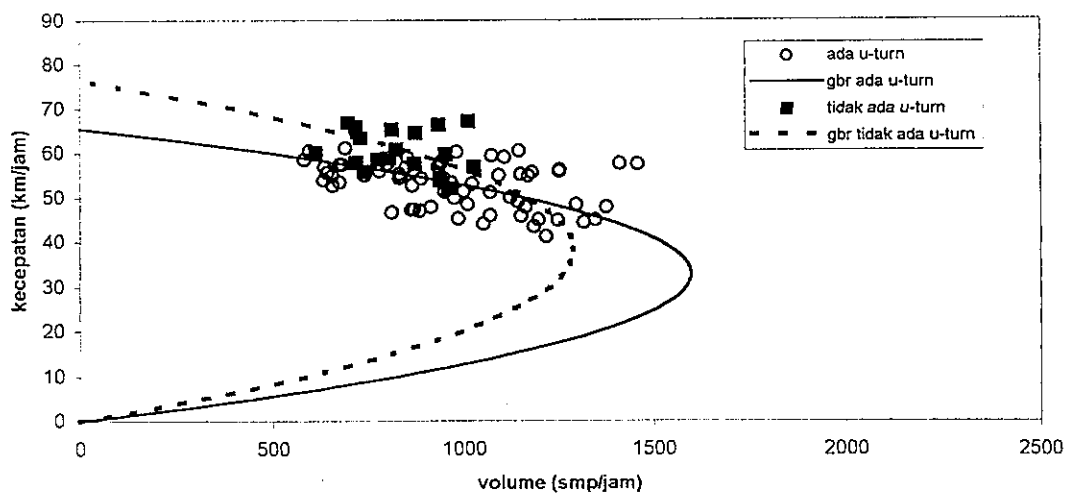
Gambar 5.9. Kecepatan-Volume arah Kendal setelah U-turn



Gambar 5.10. Kecepatan-Volume arah Semarang sebelum U-turn



Gambar 5.11. Kecepatan-Volume arah Semarang tepat U-turn



Gambar 5.12. Kecepatan-Volume arah Semarang setelah U-turn

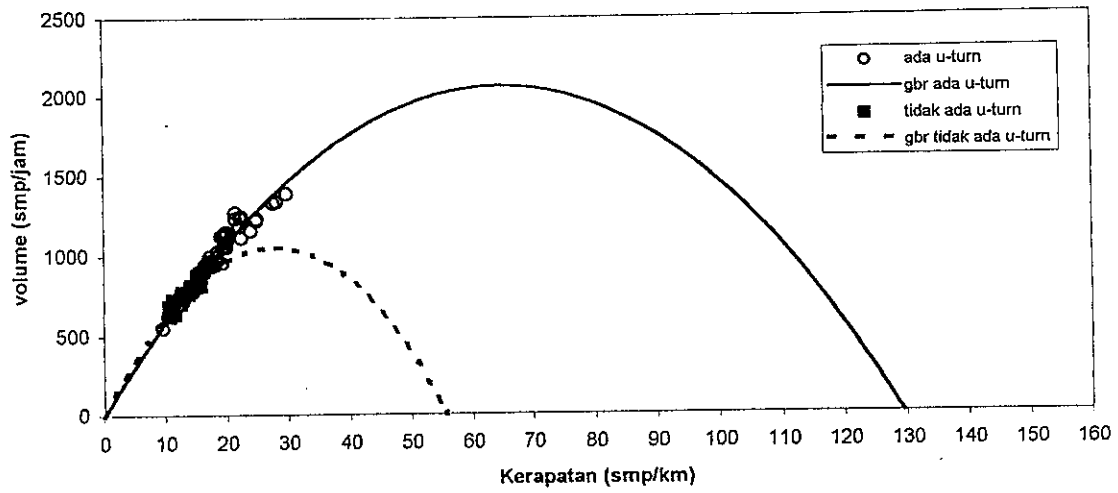
Dari segi hubungan kecepatan volume arah Kendal diperoleh hasil volume maksimum pada penggal jalan sebelum *U-turn* (kondisi ada *U-turn*) = 2070,06 smp/jam/2 lajur, penggal jalan tepat *U-turn* = 1905,23 smp/jam/2 lajur, dan penggal jalan setelah *U-turn* = 2016,35 smp/jam/2 lajur.

Sedangkan pada kondisi tidak ada *U-turn*, arah Kendal penggal jalan *U-turn* mempunyai volume maksimum = 1055,76 smp/jam/2 lajur, penggal jalan tepat *U-turn* = 1055,76 smp/jam/2 lajur, dan penggal jalan setelah *U-turn* = 1085,44 smp/jam/2 lajur.

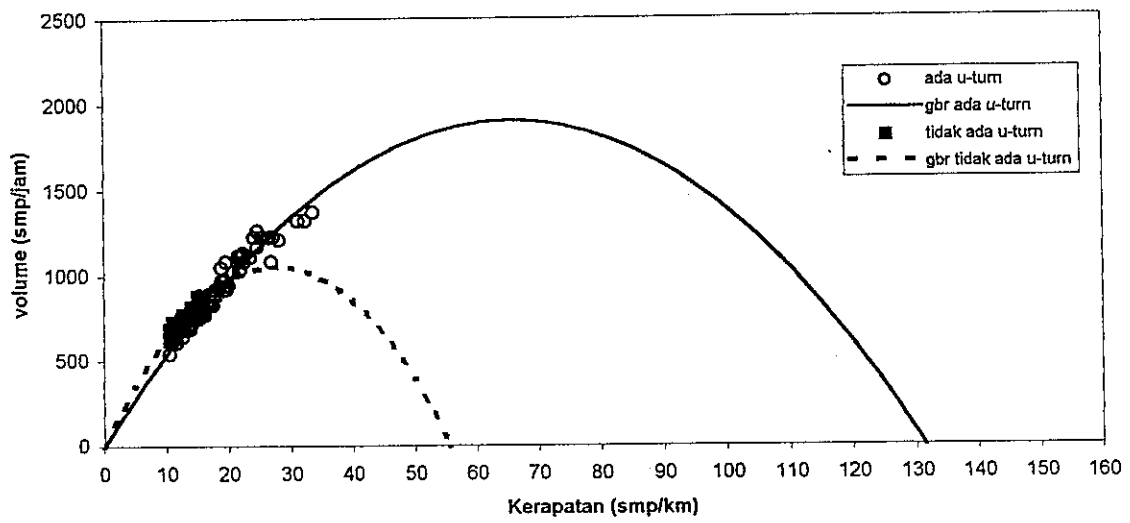
Untuk arah Semarang (kondisi ada *U-turn*) diperoleh hasil volume maksimum pada penggal jalan sebelum *U-turn* = 1587,7 smp/jam/2 lajur, penggal jalan tepat *U-turn* = 1571 smp/jam/2 lajur dan penggal jalan setelah *U-turn* = 1597,57 smp/jam/2 lajur.

Sedangkan pada kondisi tidak ada *U-turn*, arah Semarang sebelum *U-turn* mempunyai volume maksimum = 1197,65 smp/jam/2 lajur, penggal jalan tepat *U-turn* = 1197,65 smp/jam/2 lajur dan penggal jalan setelah *U-turn* = 1284,31 smp/jam/2 lajur

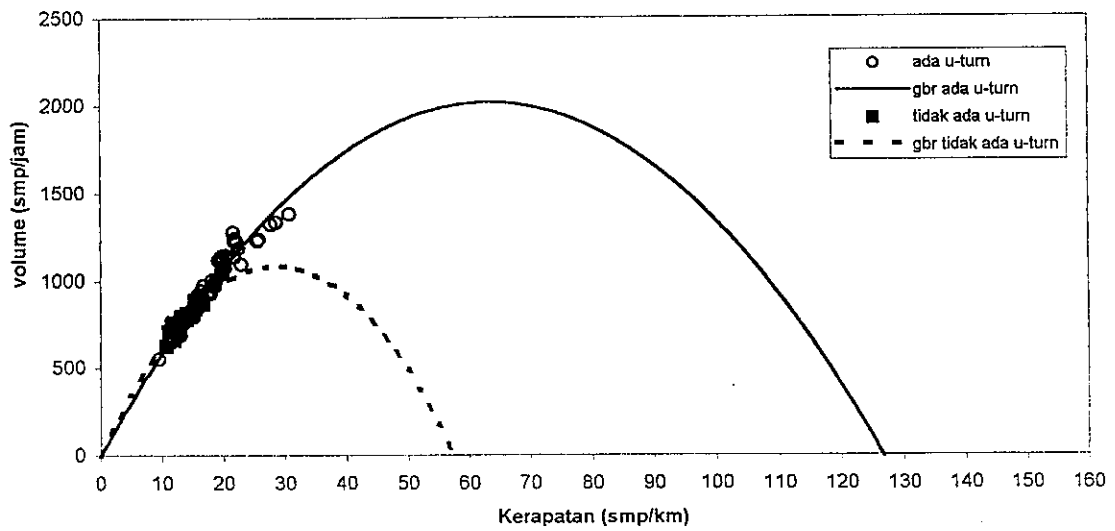
Volume maksimum pada kondisi ada *U-turn* lebih besar daripada kondisi tidak ada *U-turn*, karena kecepatan rata-rata ruang pada kondisi ada *U-turn* lebih stabil dan seragam, sedangkan pada kondisi tidak ada *U-turn* cenderung fluktuatif. Selain itu juga disebabkan karena kurangnya data pada kondisi tidak ada *U-turn* dan pendekatan pada model Greenshield untuk hubungan kecepatan - kerapatan yang dianggap linier.



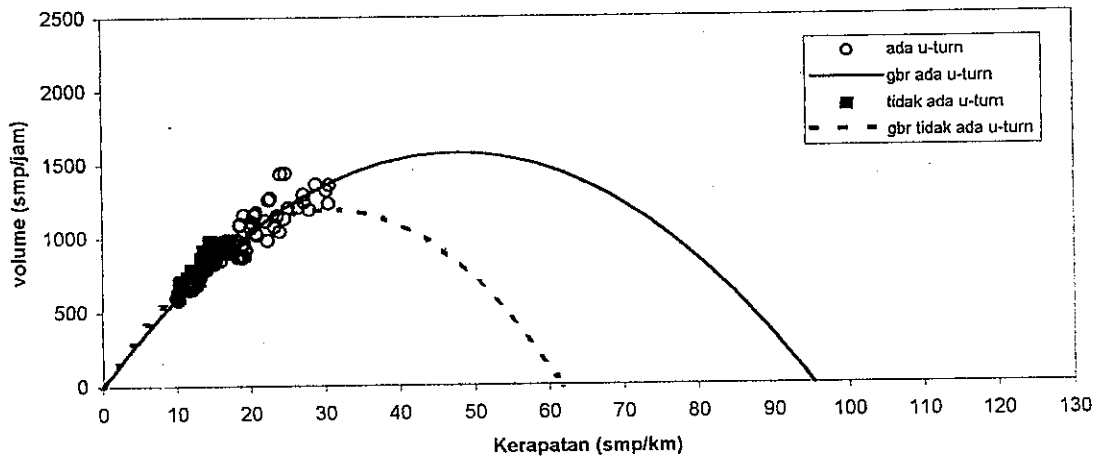
Gambar 5.13. Volume-Kerapatan arah Kendal sebelum U-turn



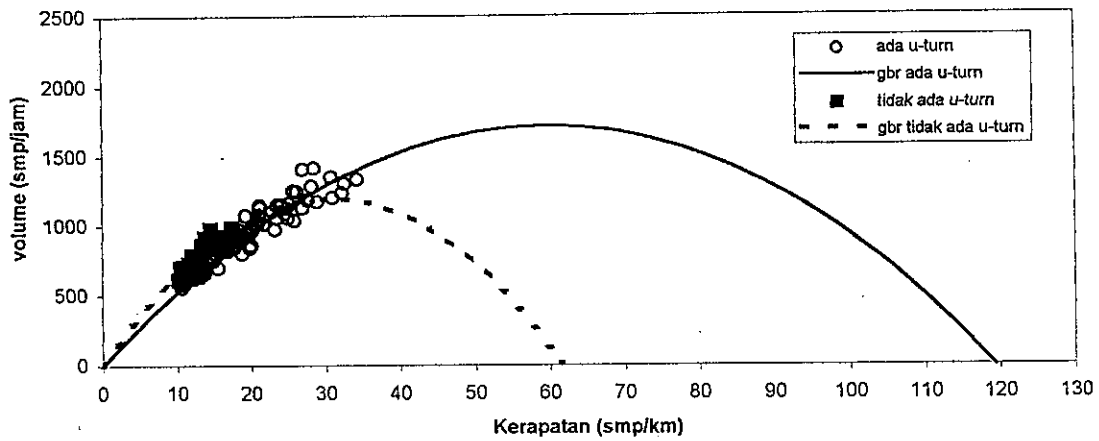
Gambar 5.14. Volume-Kerapatan arah Kendal tepat U-turn



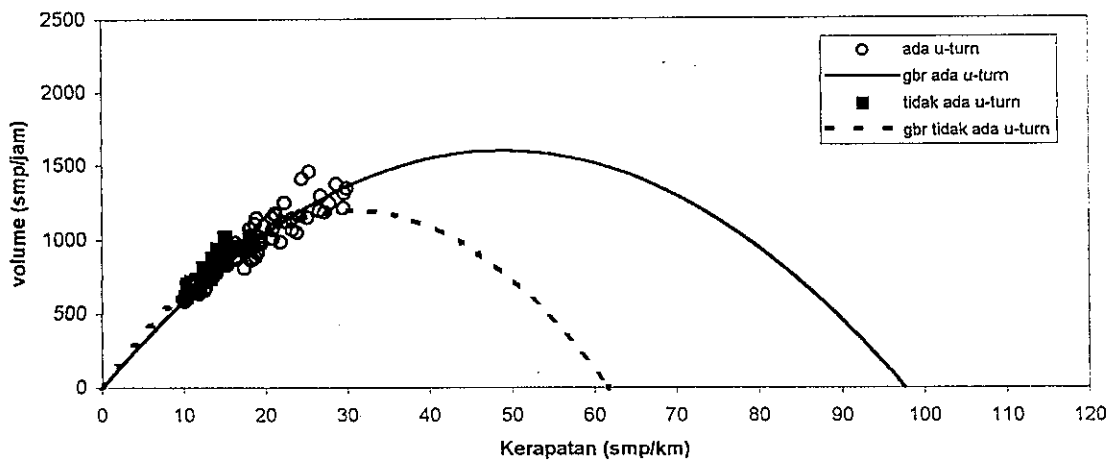
Gambar 5.15. Volume-Kerapatan arah Kendal setelah U-turn



Gambar 5.16. Volume - Kerapatan arah Semarang sebelum U-turn



Gambar 5.17. Volume-Kerapatan arah Semarang tepat U-turn



Gambar 5.18. Volume-Kerapatan arah Semarang setelah U-turn

Tabel 5.1 Rangkuman hasil Analisis Regresi Linier

Lokasi	Kondisi	Arah	Resume	Model green shield
Sebelum <i>U-turn</i>	Ada <i>U-turn</i>	Kendal	Intercept	63,97
			X – variabel	-0,4942
			R ²	0,4812
	Tidak ada <i>U-turn</i>	Kendal	Intercept	75,845
			X – variabel	-1,3622
			R ²	0,5
Tepat <i>U-turn</i>	Ada <i>U-turn</i>	Kendal	Intercept	58,02
			X – variabel	-0,4417
			R ²	0,4782
	Tidak ada <i>U-turn</i>	Kendal	Intercept	75,845
			X – variabel	-1,3622
			R ²	0,5
Setelah <i>U-turn</i>	Ada <i>U-turn</i>	Kendal	Intercept	63,713
			X – variabel	-0,5033
			R ²	0,486
	Tidak ada <i>U-turn</i>	Kendal	Intercept	75,627
			X – variabel	-1,3173
			R ²	0,4871
Sebelum <i>U-turn</i>	Ada <i>U-turn</i>	Semarang	Intercept	66,196
			X – variabel	-0,695
			R ²	0,4916
	Tidak ada <i>U-turn</i>	Semarang	Intercept	77,732
			X – variabel	-1,2613
			R ²	0,3875
Tepat <i>U-turn</i>	Ada <i>U-turn</i>	Semarang	Intercept	58,664
			X – variabel	-0,5473
			R ²	0,5612
	Tidak ada <i>U-turn</i>	Semarang	Intercept	77,732
			X – variabel	-1,2613
			R ²	0,3875
Setelah <i>U-turn</i>	Ada <i>U-turn</i>	Semarang	Intercept	65,481
			X – variabel	-0,671
			R ²	0,4766
	Tidak ada <i>U-turn</i>	Semarang	Intercept	76,3
			X – variabel	-1,1332
			R ²	0,3875

**Tabel 5.2. Hubungan antara Kecepatan (U_s), Volume (V) dan Kecepatan (D)
Arah Semarang**

Jenis Model	Lokasi	Tunjauan	Formula Model	Model lapangan
Greenshield	Penggagal jalan sebelum U-turm (ada U-turm)	$U_s - D$	$U_s = U_r - (U_r/D_i) \times D$	$U_s = 63,97 - 0,4942 \times D$
		$V - U_s$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_r) \times U_s^2$	$V = 129,44 \times U_s - 2,02 \times U_s^2$
		$V - D$	$V = U_r \times D - (U_r/D_j) \times D^2$	$V = 63,97 \times D - 0,4942 \times D^2$
	Penggagal jalan sebelum U-turm (tak ada U-turm)	$U_s - D$	$U_s = U_r - (U_r/D_i) \times D$	$U_s = 75,845 - 1,3622 \times D$
		$V - U_s$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_r) \times U_s^2$	$V = 55,68 \times U_s - 0,73 \times U_s^2$
		$V - D$	$V = U_r \times D - (U_r/D_j) \times D^2$	$V = 75,845 \times D - 1,3622 \times D^2$
	Penggagal jalan tepat U-turm (ada U-turm)	$U_s - D$	$U_s = U_r - (U_r/D_i) \times D$	$U_s = 58,664 - 0,5473 \times D$
		$V - U_s$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_r) \times U_s^2$	$V = 107,18 \times U_s - 1,83 \times U_s^2$
		$V - D$	$V = U_r \times D - (U_r/D_j) \times D^2$	$V = 75,845 \times D - 0,5473 \times D^2$
	Penggagal jalan tepat U-turm (tak ada U-turm)	$U_s - D$	$U_s = U_r - (U_r/D_i) \times D$	$U_s = 75,845 - 1,3622 \times D$
		$V - U_s$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_r) \times U_s^2$	$V = 55,68 \times U_s - 0,73 \times U_s^2$
		$V - D$	$V = U_r \times D - (U_r/D_j) \times D^2$	$V = 75,845 \times D - 1,3622 \times D^2$
	Penggagal jalan setelah U-turm (ada U-turm)	$U_s - D$	$U_s = U_r - (U_r/D_i) \times D$	$U_s = 63,713 - 0,5033 \times D$
		$V - U_s$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_r) \times U_s^2$	$V = 126,59 \times U_s - 1,98 \times U_s^2$
		$V - D$	$V = U_r \times D - (U_r/D_j) \times D^2$	$V = 63,713 \times D - 0,5033 \times D^2$
	Penggagal jalan setelah U-turm (tak ada U-turm)	$U_s - D$	$U_s = U_r - (U_r/D_i) \times D$	$U_s = 75,627 - 1,3173 \times D$
		$V - U_s$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_r) \times U_s^2$	$V = 57,41 \times U_s - 0,76 \times U_s^2$
		$V - D$	$V = U_r \times D - (U_r/D_j) \times D^2$	$V = 75,627 \times D - 1,3173 \times D^2$

Arah Kendal

Jenis Model	Lokasi	Tunjauan	Formula Model	Model lapangan
Greenshield	Penggagal jalan sebelum U-turm (ada U-turm)	$U_s - D$	$U_s = U_r - (U_r/D_i) \times D$	$U_s = 63,97 - 0,4942 \times D$
		$V - U_s$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_r) \times U_s^2$	$V = 129,44 \times U_s - 2,02 \times U_s^2$
		$V - D$	$V = U_r \times D - (U_r/D_j) \times D^2$	$V = 63,97 \times D - 0,4942 \times D^2$
	Penggagal jalan sebelum U-turm (tak ada U-turm)	$U_s - D$	$U_s = U_r - (U_r/D_i) \times D$	$U_s = 75,845 - 1,3622 \times D$
		$V - U_s$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_r) \times U_s^2$	$V = 55,68 \times U_s - 0,73 \times U_s^2$
		$V - D$	$V = U_r \times D - (U_r/D_j) \times D^2$	$V = 75,845 \times D - 1,3622 \times D^2$
	Penggagal jalan tepat U-turm (ada U-turm)	$U_s - D$	$U_s = U_r - (U_r/D_i) \times D$	$U_s = 58,02 - 0,4417 \times D$
		$V - U_s$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_r) \times U_s^2$	$V = 131,335 \times U_s - 2,26 \times U_s^2$
		$V - D$	$V = U_r \times D - (U_r/D_j) \times D^2$	$V = 75,845 \times D - 1,3622 \times D^2$
	Penggagal jalan tepat U-turm (tak ada U-turm)	$U_s - D$	$U_s = U_r - (U_r/D_i) \times D$	$U_s = 75,845 - 1,3622 \times D$
		$V - U_s$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_r) \times U_s^2$	$V = 55,68 \times U_s - 0,73 \times U_s^2$
		$V - D$	$V = U_r \times D - (U_r/D_j) \times D^2$	$V = 75,845 \times D - 1,3622 \times D^2$
	Penggagal jalan setelah U-turm (ada U-turm)	$U_s - D$	$U_s = U_r - (U_r/D_i) \times D$	$U_s = 63,713 - 0,5033 \times D$
		$V - U_s$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_r) \times U_s^2$	$V = 126,59 \times U_s - 1,98 \times U_s^2$
		$V - D$	$V = U_r \times D - (U_r/D_j) \times D^2$	$V = 63,713 \times D - 0,5033 \times D^2$
	Penggagal jalan setelah U-turm (tak ada U-turm)	$U_s - D$	$U_s = U_r - (U_r/D_i) \times D$	$U_s = 75,627 - 1,3173 \times D$
		$V - U_s$	$V = D_j \times U_s - (D_j/U_r) \times U_s^2$	$V = 57,41 \times U_s - 0,76 \times U_s^2$
		$V - D$	$V = U_r \times D - (U_r/D_j) \times D^2$	$V = 75,627 \times D - 1,3173 \times D^2$

5.2. Menentukan Nilai Arus (Volume) Maksimum

Nilai arus maksimum dapat diperoleh dengan menggunakan rumus yang telah diturunkan dan dibahas pada BAB II landasan teori sebelumnya, dengan demikian maka pada penentuan arus maksimum langsung dipakai rumus yang ada.

5.2.1. Arah Kendal

Model Greenshield

$$V_m = \frac{1}{4}(D_j \cdot U_f)$$

- a. Penggal Jalan sebelum U-turn (ada U-turn)

$$V_m = \frac{1}{4}(129,44 \times 63,97) = 2070,06 \text{ smp/ jam/ 2 lajur}$$

- b. Penggal Jalan sebelum U-turn (tidak ada U-turn)

$$V_m = \frac{1}{4}(55,68 \times 75,845) = 1055,76 \text{ smp/ jam/ 2 lajur}$$

- c. Penggal Jalan tepat U-turn (ada U-turn)

$$V_m = \frac{1}{4}(131,35 \times 58,02) = 1905,23 \text{ smp/ jam/ 2 lajur}$$

- d. Penggal Jalan tepat U-turn (tidak ada U-turn)

$$V_m = \frac{1}{4}(55,68 \times 75,845) = 1055,76 \text{ smp/ jam/ 2 lajur}$$

- e. Penggal Jalan setelah U-turn (ada U-turn)

$$V_m = \frac{1}{4}(126,59 \times 63,713) = 2016,35 \text{ smp/ jam/ 2 lajur}$$

- f. Penggal Jalan setelah U-turn (tidak ada U-turn)

$$V_m = \frac{1}{4}(57,41 \times 75,627) = 1085,44 \text{ smp/ jam/ 2 lajur}$$

5.2.2. Arah Semarang

Model Greenshield

$$V_m = \frac{1}{4}(D_j \cdot U_r)$$

- a. Penggal Jalan sebelum U-turn (ada U-turn)

$$V_m = \frac{1}{4}(95,25 \times 66,196) = 1587,7 \text{ smp/ jam/ 2 lajur}$$

- b. Penggal Jalan sebelum U-turn (tidak ada U-turn)

$$V_m = \frac{1}{4}(61,63 \times 77,732) = 1197,65 \text{ smp/ jam/ 2 lajur}$$

- c. Penggal Jalan tepat U-turn (ada U-turn)

$$V_m = \frac{1}{4}(107,18 \times 58,664) = 1571 \text{ smp/ jam/ 2 lajur}$$

- d. Penggal Jalan tepat U-turn (tidak ada U-turn)

$$V_m = \frac{1}{4}(61,63 \times 77,732) = 1197,65 \text{ smp/ jam/ 2 lajur}$$

- e. Penggal Jalan setelah U-turn (ada U-turn)

$$V_m = \frac{1}{4}(97,59 \times 65,481) = 1597,57 \text{ smp/ jam/ 2 lajur}$$

- f. Penggal Jalan setelah U-turn (tidak ada U-turn)

$$V_m = \frac{1}{4}(67,33 \times 76,3) = 1284,31 \text{ smp/ jam/ 2 lajur}$$

5.3. Analisa Tundaan Operasional

5.3.1 Sampel Hasil Pengamatan

Ikhtisar dari hasil pengamatan dapat dilihat dari hasil pengamatan tundaan pada Tabel 5.3. Untuk *U-turn* Jl. Walisongo, *U-turn* tunggal mempengaruhi iringan kendaraan dibelakangnya. Hanya 2,1 % sampai 11 % dari pengamatan *U-turn* tidak menyebabkan tundaan terhadap iringan kendaraan dibelakangnya, dan hanya 1,7 % sampai 6,5 % dari jumlah kendaraan beriringan yang tidak dipengaruhi.

Dari data yang terlihat pada Tabel 5.3, dari 177 pengaruh *U-turn* tunggal terdapat 74 (41,8 %) yang mempengaruhi arus lalu lintas berlawanan arah. Hal ini disebabkan umumnya kendaraan menunggu gap yang memungkinkan dalam arus lalu lintas yang berlawanan arah sebelum melakukan *U-turn*.

5.3.2 Ikhtisar dari Analisa Statistik

Dari hasil pengujian Chi Square goodness of fit, dapat disimpulkan :

1. Dalam arah yang sama

a. Banyaknya kendaraan yang dipengaruhi

Dari Tabel 5.4. diperoleh bahwa nilai pengamatan lebih kecil daripada nilai secara teori, jadi distribusi pengamatan secara statistik sesuai dengan Poisson. Rata-rata jumlah kendaraan yang dipengaruhinya adalah 5 sampai 6 kendaraan.

b. Rata-rata tundaan per kendaraan yang dipengaruhi

Dari Tabel 5.5 disimpulkan kembali bahwa distribusi pengamatan secara statistik sesuai dengan Poisson. Rata-rata tundaan per kendaraan adalah 2,09 sampai 2,26 detik.

Tabel 5.4. Ikhtisar dari Analisa Statistik untuk jumlah kendaraan yang dipengaruhinya

Arah	μ	PENGUJIAN CHI-SQUARE GOODNESS-OF-FIT				
		PENGAMATAN		TEORI		
		n	X^2	v	α	X^2
Pada arah yang sama						
Arah kendal	5	5	9,08	4	0,005	14,9
Arah Semarang	6	6	9,05	5	0,005	16,7
Pada arah berlawanan						
Arah Kendal	5	4	5,19	3	0,005	12,8
Arah Semarang	5	4	5,32	3	0,005	12,8

Tabel 5.5. Ikhtisar dari Analisa Statistik untuk rata-rata tundaan perkendaraan yang dipengaruhinya

Arah	μ	PENGUJIAN CHI-SQUARE GOODNESS-OF-FIT				
		PENGAMATAN		TEORI		
		n	X^2	v	α	X^2
Pada arah yang sama						
Arah kendal	2,09	5	5,08	4	0,005	14,9
Arah Semarang	2,26	5	1,95	4	0,005	14,9
Pada arah berlawanan						
Arah Kendal	3,99	6	14,09	5	0,005	16,7
Arah Semarang	3,98	6	10,27	5	0,005	16,7

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari seluruh proses pengamatan, perhitungan dan analisis pada arus lalu lintas yang terjadi karena pengaruh manuver kendaraan berbalik arah pada jalan Walisongo km 9 Semarang ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kecepatan ruang optimum pada kondisi ada *U-turn* relatif lebih kecil daripada kondisi tidak ada *U-turn*. Dan untuk masing-masing titik pengamatan baik arah Kendal maupun arah Semarang, kecepatan optimum pada lokasi tepat *U-turn* lebih kecil daripada lokasi sebelum dan sesudah *U-turn*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adanya kendaraan yang melakukan *U-turn* mempengaruhi kecepatan kendaraan lainnya.
2. Jumlah kendaraan yang dipengaruhi dan tundaan yang terjadi mengikuti distribusi Poisson. Analisa dilakukan untuk setiap arah lalu lintas.
 - a. Lalu lintas dalam arah yang sama

Rata-rata jumlah kendaraan yang dipengaruhi adalah 5 kendaraan untuk arah Kendal dan 6 kendaraan arah Semarang. Dengan rata-rata tundaan per kendaraan 2,09 detik untuk arah Kendal dan 2,26 detik untuk arah Semarang.
 - b. Lalu lintas dalam arah yang berlawanan

Rata-rata jumlah kendaraan yang dipengaruhi adalah 5 kendaraan untuk arah Kendal dan arah Semarang. Dengan rata-rata tundaan yang dipengaruhi adalah 3,99 detik untuk arah Kendal dan 3,98 detik untuk arah Semarang.

3. Tundaan yang terjadi pada lokasi studi masih dapat diterima dan tidak menyebabkan kemacetan lalu lintas yang berarti.

6.2 Saran dan Rekomendasi

1. Untuk mendapatkan suatu pengertian yang lebih baik dari pengaruh manuver kendaraan berbalik arah terhadap arus lalu lintas, studi lanjutan dapat dilakukan:
 - a. Mengamati tundaan operasional akibat gerakan *U-Turn* ganda dan multiple.
 - b. Lokasi dimana terdapat banyak kendaraan berat melakukan *U-Turn* (misalnya pada stasiun bis, kompleks industri, pasar dan lain-lain).
2. Perlunya rambu-rambu petunjuk adanya *U-Turn* pada lokasi studi yang memberikan informasi kepada pengemudi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Direktorat Jendral Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota (1990); *Panduan Survei dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu-Lintas No. 001/T/BNKT/1990*.
2. Direktorat Jendral Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota (1990), *Tata Cara Pelaksanaan Survei dan Perhitungan Lalu-Lintas Cara Manual No. 016/BNKT/1990*.
3. Directorate General of Highways, Ministry of Public Works, Indonesia (1993), *Indonesian Highway Capacity Manual*, SweRoad in Association with PT. Bina Karya.
4. Djarwanto (1993), *Statistik Induktif*, BPFE, Yogyakarta.
5. Hobbs (1979), *Traffic Planning And Engineering*, Indonesia Edition, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
6. Indrajaya, Yupiter (2002), *Dampak Penyempitan Jalan Terhadap Karakteristik Lalu-Lintas*, *Tesis Program Magister Teknik Sipil*, Universitas Diponegoro Semarang.
7. Kasturi (1996), *Tundaan Operasional Pada Fasilitas U-Turn dari dua lokasi di Bandung*, *Tesis Program Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya*, Institut Teknologi Bandung.
8. Mac Shane, W.R. and Roess R.P (1990), *Traffic Engineering*, Prencise-Hall Inc., New Jersey.
9. May, A..D (1990), *Traffic Flow Fundamental*, Prentice-Hall International Inc, New Jersey, USA.
10. Papacostas, CS and Prevedourus, P.D (1993), *Transportation Engineering and Planning*, Practice Hall, Inc, New Jersey, USA.
11. Poerna, Bajoe (2000), *Tundaan dan Antrian Kendaraan Pada Fasilitas Berbalik Arah*, *Tesis Program Magister Sistem dan Teknik Transportasi*, Universitas Gajah Mada.
12. Sudjana (1996), *Metoda Statistika*, Penerbit Tarsito Bandung.

13. Suteja Wyan I (1998), Studi Hubungan Kecepatan, Volume dan Kerapatan Lalu-lintas dengan Pendekatan Empat Model, *Tesis Program Magister Teknik Sipil*, Institut Teknologi Bandung.
14. Syamsiarsi Rani (1997), Hubungan Antara Kecepatan, Aliran dan Kepadatan Lalu-lintas, *Tesis Program Magister Sistem dan Teknik Transportasi*, Universitas Gajah Mada.
15. Wohl, M and Martin (1967), *Traffic System Analysis for Engineering and Planner*, Mac Graw-Hill Series in Transportation, United States of America.