

**PEMETAAN RUTE PENGENDARA KENDARAAN
BERMOTOR DI SALAH SATU TITIK SIMPUL KEMACETAN
DI WILAYAH DKI JAKARTA**

SKRIPSI

**DWINTA UTARI
04 05 07 0208**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2009**

**PEMETAAN RUTE PENGENDARA KENDARAAN
BERMOTOR DI SALAH SATU TITIK SIMPUL KEMACETAN
DI WILAYAH DKI JAKARTA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**DWINTA UTARI
04 05 07 0208**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Dwinta Utari

NPM : 04 05 07 0208

Tanda Tangan :

Tanggal : 1 Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Dwinta Utari
NPM : 0405070208
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Pemetaan Rute Pengendara Kendaraan Bermotor di
Salah Satu Titik Simpul Kemacetan di Wilayah DKI
Jakarta

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Fauzia Dianawati, M.Si (.....)
Penguji : Ir. Isti Surjandari, Ph. D (.....)
Penguji : Ir. Amar Rachman, MEIM (.....)
Penguji : Arian Dhini, ST., MT (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 1 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Fauzia Dianawati, M.Si , selaku dosen pembimbing skripsi yang selalu memberikan kepercayaan, semangat, bimbingan, dan bantuan yang luar biasa.
2. Bapak M.Dachyar, selaku pembimbing akademis atas perhatiannya.
3. Bapak Amar Rachman, atas bimbingan serta masukannya dalam pembuatan skripsi ini.
4. Ibu Isti Surjandari, Bapak Fachrizal, Ibu Arian Dhini, Ibu Erlinda atas semua masukan dan kritiknya selama masa seminar dan sidang.
5. Segenap jajaran dosen Departemen Teknik Industri yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Bagian Sekretariat Departemen Teknik Industri (Bu Har, Mbak Ana, Mbak Willy, Mas Dody, Mas Iwan, Mas Mursyid 'Babe') yang selalu siap sedia membantu penulis dalam segala urusan.
7. Semua pihak yang membantu memberikan masukan kepada penulis : Bapak Syarifudin dan Bapak Maryono dari TMC, Bapak Jachrizal Soemabrata dari Yayasan Pelangi.
8. Keluarga penulis (Ibu, Bapak, Mas Punto, Citra) yang selalu memberikan kasih sayang dan perhatiannya tanpa mengharapkan balasan.
9. Dup, Naj, Ay, Cin, Tan yang telah berbagi suka dan duka selama di Teknik Industri.
10. Harry, Tado, Adi atas semangat dan masukan serta bantuannya.

11. Rondi Rohmandani atas bantuan dan kesabarannya dalam mengajarkan permodelan sistem dengan ProModel.
12. Teman-teman TI 2005 yang selalu memberikan keceriaan dan persahabatan selama masa perkuliahan.
13. Semua pihak yang tak dapat disebutkan satu per satu oleh penulis, atas bantuan, semangat, serta dorongannya kepada penulis.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu ke depannya.

Depok, Juli 2009

Dwinta Utari

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwinta Utari
NPM : 0405070208
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non- Eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PEMETAAN RUTE PENGENDARA KENDARAAN BERMOTOR DI
SALAH SATU TITIK SIMPUL KEMACETAN DI WILAYAH DKI
JAKARTA**

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juli 2009

Yang menyatakan

(Dwinta Utari)

ABSTRAK

Nama : Dwinta Utari
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Pemetaan Rute Pengendara Kendaraan Bermotor di Salah Satu Titik Simpul Kemacetan di Wilayah DKI Jakarta

Pemetaan rute pengendara bermotor pada salah satu titik simpul kemacetan di DKI Jakarta dilakukan untuk menunjukkan distribusi rute kendaraan yang ada pada suatu titik kemacetan. Pemetaan ini merupakan salah satu upaya untuk optimalisasi rute lalu lintas dengan mengetahui distribusi kendaraan yang ada pada titik simpul kemacetan di DKI Jakarta. Pemetaan rute yang dilakukan oleh pengendara bermotor dipetakan menggunakan model simulasi dengan software ProModel. Pemetaan rute perjalanan pengendara bermotor di salah satu titik simpul kemacetan di DKI Jakarta dilakukan di persimpangan Fatmawati dan uji skenario dalam model yang paling optimal adalah dengan melakukan pencopotan lampu lalu lintas yang ada pada persimpangan dan mengubahnya menjadi jalur satu arah.

Kata kunci :
Kemacetan, pemetaan, rute, model, simulasi, persimpangan

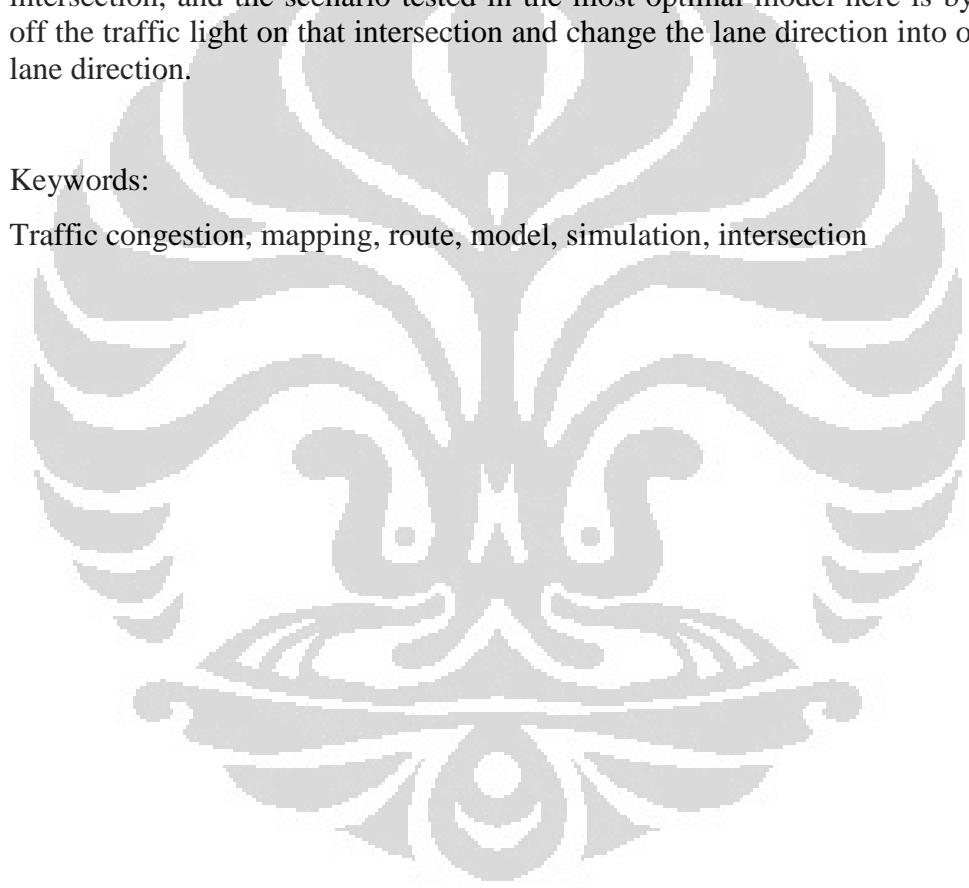
ABSTRACT

Name : Dwinta Utari
Study Program : Industrial Engineering
Title : Vehicle Drivers Route-Mapping at One of The Traffic Congestion Node in DKI Jakarta

The aim of Vehicle Drivers Route-Mapping at One of the Traffic Congestion Node in DKI Jakarta is to show the vehicle routes distribution in one of the congestion node in Jakarta area. This route-mapping is also an effort to optimize the traffic routes by acknowledging the vehicles distribution in those congestion node. This research is done using a well-known simulation modelling software called ProModel. Moreover, this research is conducted on the Fatmawati intersection, and the scenario tested in the most optimal model here is by taking off the traffic light on that intersection and change the lane direction into one-way lane direction.

Keywords:

Traffic congestion, mapping, route, model, simulation, intersection



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR RUMUS	xivvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	5
1.3 Rumusan Permasalahan	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Metodologi Penelitian	8
1.7 Sistematika Penulisan	10
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Pengertian sistem, model, dan simulasi	13
2.1.1 Sistem.....	13
2.1.2 Model dan Simulasi	15
2.1.2.1 Langkah-Langkah Dalam Simulasi.....	18
2.1.3 Permodelan sistem dengan simulasi ProModel.....	22
2.2 Teori Antrian.....	26
2.3 Sekilas Mengenai Teknik Transportasi.....	29
2.3.1 Jarak dan Waktu Antara	29
2.3.2 Diagram Waktu-Ruang	29
2.3.3 Kapasitas	30
2.3.4 Konflik Dalam Operasi Persimpangan.....	32
2.3.5 Lampu lalu lintas.....	35
2.3.6 Karakteristik Pergerakan Kendaraan di Persimpangan.....	36
2.3.7 Arus Jenuh.....	37
2.3.7.1 Arus Jenuh Dalam Model Dasar	38
2.3.8 Terminologi Dalam Sinyal Lalu Lintas	39
2.3.8.1 Waktu Hijau Efektif.....	39
2.3.8.2 Waktu Hilang	39
2.3.8.3 Waktu Antar Hijau	39
2.3.8.4 Waktu Siklus	40
2.3.8.5 Fase	40
2.3.9 Metode Pengukuran Arus Lalu Lintas	40
2.4 Statistik.....	41
2.4.1 Probabilitas.....	41

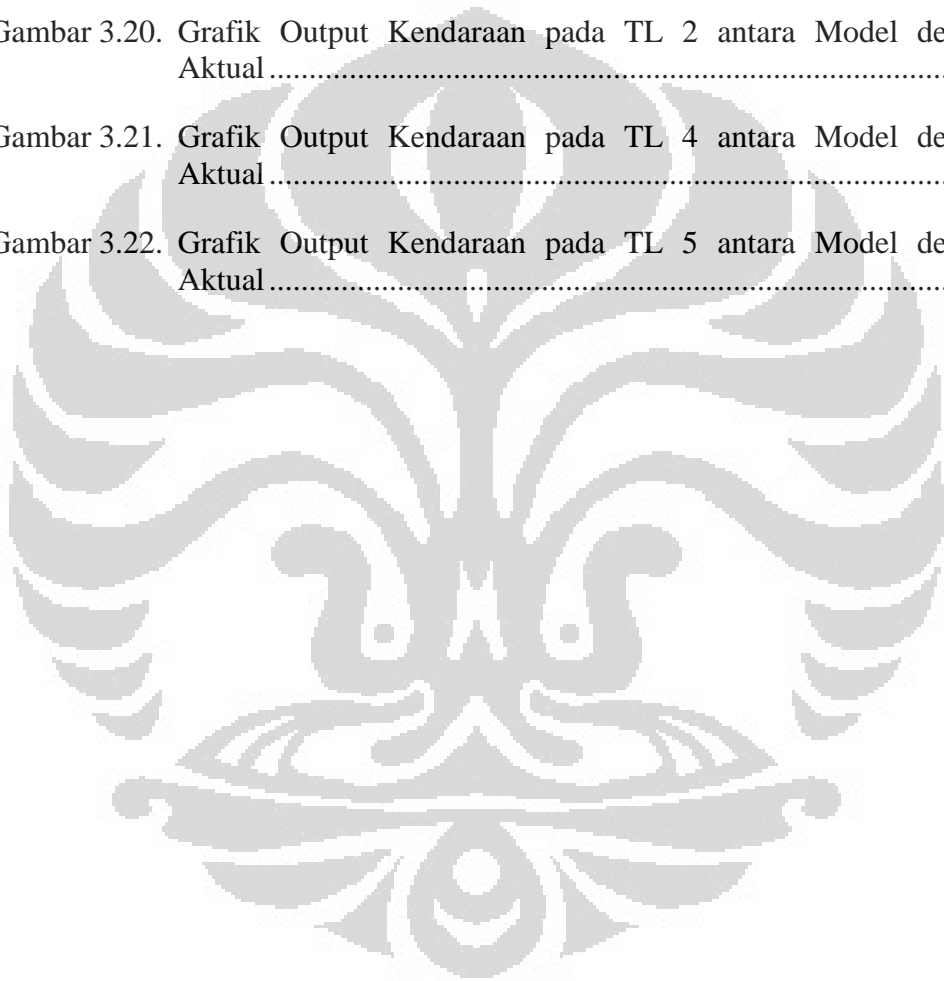
2.4.2 Pengertian Populasi, Sampel, dan Distribusi Teoritis.....	42
2.4.2.1 Distribusi Eksponensial.....	44
2.4.2.2 Distribusi Poisson	45
2.4.2.3 Distribusi Uniform	46
2.4.2.4 Distribusi Normal.....	46
BAB III METODE PENELITIAN	48
3.1 Penentuan Lokasi Kemacetan	48
3.1.1 Traffic Management Centre	48
3.1.2 Penentuan Titik Simpul Kemacetan.....	52
3.1.2.1 Penentuan Lokasi Berdasarkan Wilayah.....	53
3.1.2.2 Penentuan Lokasi Berdasarkan Jam Sibuk	55
3.1.2.3 Penentuan Lokasi Berdasarkan Persyaratan.....	56
3.2 Gambaran Daerah Pelaksanaan Penelitian.....	58
3.3.1 Karakteristik Daerah Penelitian	59
3.3.2 Sistem Kendali Lalu Lintas	59
3.4 Pengumpulan Data Untuk Pemetaan.....	60
3.4.1 Data Kedatangan Kendaraan.....	61
3.4.2 Data Probabilitas Tujuan dari Masing-Masing Kendaraan.....	63
3.4.3 Data Lamanya Siklus Lampu Lalu Lintas.....	65
3.4.4 Fase Lampu Lalu Lintas.....	66
3.4.5 Data Kecepatan Kendaraan	66
3.4.6 Data Kapasitas Jalan	69
3.4.7 Rute Kendaraan yang Ada pada Persimpangan	70
3.5 Uji Statistik Data	71
3.6 Pemetaan Dengan Model Simulasi	73
3.6.1 Kerangka Model Simulasi.....	73
3.6.2 Pendefinisian Elemen Umum.....	74
3.6.2.1 <i>Layout</i>	74
3.6.2.1 Lokasi (<i>Locations</i>)	75
3.6.2.2 Entitas (<i>Entities</i>).....	77
3.6.2.3 Kedatangan (<i>Arrivals</i>).....	77
3.6.2.4 Proses (<i>Processing</i>).....	78
3.6.3 Pendefinisian Elemen Tambahan.....	80
3.6.3.1 Atribut (<i>Attributes</i>).....	80
3.6.3.2 Variabel (<i>Variables</i>).....	81
3.6.3.3 Distribusi Terdistribusi (<i>user distributions</i>).....	82
3.6.4 Animasi	82
3.7 <i>Output</i> Model	83
3.8 Verifikasi dan Validasi Model	84
3.8.1 Verifikasi Model	84
3.8.2 Validasi Model.....	84
BAB 4 PEMBAHASAN	88
4.1 Penentuan Lokasi Kemacetan	88
4.2 Gambaran, Karakteristik Daerah Penelitian, dan Sistem Kendali Lalu Lintas	91

4.3 Pemetaan Persimpangan.....	91
4.3.1 Kedatangan Kendaraan	92
4.3.2 Probabilitas Tujuan dari Masing-Masing Kendaraan	93
4.3.3 Lamanya Siklus Lampu Lalu Lintas Dan Fase Lampu Lalu Lintas	94
4.3.4 Kecepatan Kendaraan.....	95
4.3.5 Kapasitas Jalan Dan Rute Kendaraan Yang Ada Pada Persimpangan.	96
4.4 Uji Statistik	97
4.5 Simulasi Model	97
4.5.1 Pemetaan Dengan Simulasi Model	97
4.5.2 Verifikasi dan Validasi Model	98
4.5.3 Hasil Output Simulasi Model.....	98
4.6 Skenario dan Analisis.....	101
4.6.1 Skenario I	101
4.6.2 Skenario 2	105
4.6.3 Skenario 3	109
4.6.4 Skenario 4	111
4.6.5 Skenario 5	113
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	115
5.1 Kesimpulan	115
5.2 Saran.....	117
DAFTAR REFERENSI	118

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Elemen Sistem.....	14
Gambar 2.2.	Flow Chart Langkah-Langkah Dalam Simulasi.....	18
Gambar 2.3.	Sistem Antrian.....	27
Gambar 2.4.	Diagram Ruang-Waktu.....	30
Gambar 2.5.	Hubungan Arus Kecepatan dengan Volume Arus Lalu Lintas	31
Gambar 2.6.	Jenis-Jenis Dasar Pergerakan	34
Gambar 2.7.	Konflik-konflik yang Terjadi pada Simpang Tiga	36
Gambar 2.8.	Karakteristik Pergerakan Kendaraan di Persimpangan	37
Gambar 2.9.	Distribusi Eksponensial.....	45
Gambar 2.10.	Distribusi Poisson.....	45
Gambar 3.1.	Logo Traffic <i>Management Centre</i>	48
Gambar 3.2.	<i>Flowchart</i> Penentuan Lokasi Titik Simpul Kemacetan.....	52
Gambar 3.3.	Perbandingan Jumlah Laporan/Jam untuk Kategori Waktu.....	55
Gambar 3.4.	Perbandingan Jumlah Lokasi Kemacetan Per Wilayah.....	56
Gambar 3.5.	Peta Daerah Pelaksanaan Penelitian.....	58
Gambar 3.6	Diagram Pengumpulan Data.....	60
Gambar 3.7.	Hasil Uji Stat Fit Dalam Promodel.....	72
Gambar 3.8.	Diagram Alir Pergerakan Entitas Dalam Sistem	74
Gambar 3.9.	<i>Layout</i> Pemetaan	75
Gambar 3.10.	Pendefinisian Lokasi	76
Gambar 3.11.	Pendefinisian Entitas	77
Gambar 3.12.	Pendefinisian Kedatangan	78
Gambar 3.13.	Pendefinisian Proses	80
Gambar 3.14.	Pendefinisian Atribut.....	80

Gambar 3.15. Pendefinisian Variable.....	81
Gambar 3.16. Pendefinisian <i>User Distributions</i>	82
Gambar 3.17. Snapshot Animasi Pemetaan dengan Model Simulasi pada Persimpangan Fatmawati.....	83
Gambar 3.18. <i>Output</i> Simulasi dari ProModel.....	84
Gambar 3.19. Grafik Output Kendaraan pada TL 1 antara Model dengan Aktual.....	85
Gambar 3.20. Grafik Output Kendaraan pada TL 2 antara Model dengan Aktual.....	85
Gambar 3.21. Grafik Output Kendaraan pada TL 4 antara Model dengan Aktual.....	86
Gambar 3.22. Grafik Output Kendaraan pada TL 5 antara Model dengan Aktual.....	86



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Laporan Masyarakat Kategori Masalah di Luar Lalu Lintas.....	50
Tabel 3.2.	Laporan Masyarakat Kategori Masalah Lalu Lintas	51
Tabel 3.3.	Data Laporan Masyarakat Berdasarkan Sumber Laporan.....	51
Tabel 3.5.	Data Laporan Masyarakat Kategori Masalah di Luar Lalu Lintas	52
Tabel 3.6.	Contoh Laporan Masyarakat Mengenai Kemacetan	53
Tabel 3.7.	Contoh Pengelompokan Data Laporan Per Wilayah.....	54
Tabel 3.8.	Rekapitulasi Pengelompokan Data Laporan Per Wilayah.....	54
Tabel 3.9.	Rekapitulasi Pengelompokan Data Laporan Per Kategori Waktu	55
Tabel 3.10.	Lokasi Kemacetan Per Wilayah	56
Tabel 3.11.	Lokasi Kemacetan di Wilayah Jakarta Selatan	57
Tabel 3.12.	Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan untuk Jalan Raden Ajeng Kartini Menuju Lebak Bulus	62
Tabel 3.13.	Data Distribusi Kendaraan pada Persimpangan Fatmawati dari Ruas Jalan Fatmawati yang Menuju ke Utara Meninggalkan Pondok Labu.....	63
Tabel 3.14.	Data Probabilitas Distribusi Tujuan Kendaraan dari Jalan Fatmawati (TL 4).....	65
Tabel 3.15.	Fase Lampu Lalu Lintas (Dalam Detik)	65
Tabel 3.16.	Lamanya Lampu Lalu Lintas Menyala.....	65
Tabel 3.17.	Data Waktu Kendaraan Keluar dari Lampu Lalu Lintas pada Saat Lampu Menyala Hijau di TL 1	67
Tabel 3.18.	Data Kecepatan Kendaraan Keluar dari Lampu Lalu Lintas pada Saat Lampu Menyala Hijau di TL1	67
Tabel 3.19.	Pengolahan <i>Curve Estimation</i> Linear untuk Kecepatan pada TL1	68
Tabel 3.20.	Pengolahan <i>Curve Estimation</i> Eksponensial Kecepatan pada TL1	68
Tabel 3.21.	Uji Stat Fit Dalam ProModel.....	72
Tabel 3.22.	Perbandingan <i>Output</i> Model dan Data Aktual Dalam Tabel.....	86

Tabel 4.1.	Total Kendaraan Menuju Masing-Masing Rute	99
Tabel 4.2.	Total Kedatangan Kendaraan dari Setiap Ruas Jalan/TL.....	100
Tabel 4.3.	Total Kendaraan yang ke Luar dari Seluruh Ruas Jalan/TL	100
Tabel 4.4.	Fase Lampu Lalu Lintas untuk Skenario 1	101
Tabel 4.5.	Lamanya Lampu Lalu Lintas Menyala pada Skenario 1	102
Tabel 4.6.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 1 pada TL 1	102
Tabel 4.7.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 1 pada TL 2	103
Tabel 4.8.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 1 pada TL 4.....	104
Tabel 4.9.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 1 pada TL 5	105
Tabel 4.10.	Fase Lampu Lalu Lintas untuk Skenario 2.....	105
Tabel 4.11.	Lamanya Lampu Lalu Lintas Menyala pada Skenario 2.....	106
Tabel 4.12.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 2 pada TL 1.....	106
Tabel 4.13.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 2 pada TL 2.....	107
Tabel 4.14.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 2 pada TL 4.....	108
Tabel 4.15.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 2 pada TL 5.....	108
Tabel 4.16.	Fase Lampu Lalu Lintas pada Skenario 3	109
Tabel 4.17.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 3 pada TL 2.....	110
Tabel 4.18.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 3 pada TL 4.....	110
Tabel 4.19.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 3 pada TL 5.....	111
Tabel 4.20.	Fase Lampu Lalu Lintas untuk Skenario 4.....	111
Tabel 4.21.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 4 pada TL 1	112
Tabel 4.22.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 4 pada TL 2.....	112
Tabel 4.23.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 4 pada TL 5.....	113
Tabel 4.24.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 5 pada TL 2.....	114
Tabel 4.25.	Perbandingan <i>Output</i> Aktual dengan Skenario 5 pada TL 5.....	114

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1	Rumus Kapasitas Jalan	31
Rumus 2.2	Rumus Arus Jenuh	38
Rumus 2.3	Rumus Arus Jenuh Dasar.....	38
Rumus 2.4	Rumus Fungsi Densitas Kemungkinan dalam Eksponensial	26
Rumus 2.5	Rumus Nilai yang Diharapkan dalam Distribusi Eksponensial.....	45
Rumus 2.6	Rumus Variansi dalam Distribusi Eksponensial	45
Rumus 2.7	Rumus Fungsi Densitas Kemungkinan Kumulatif untuk Distribusi Eksponensial.....	45
Rumus 2.8	Rumus Fungsi Distribusi Kemungkinan dalam Distribusi Poisson	45
Rumus 2.9	Rumus Nilai yang Diharapkan dalam Distribusi Poisson.....	46
Rumus 2.10	Rumus Variansi dalam Distribusi Poisson	46
Rumus 2.11	Rumus Fungsi Densitas dalam Distribusi Uniform	46
Rumus 2.12	Rumus Fungsi Distribusi dalam Distribusi Uniform	46
Rumus 2.13	Rumus Rata-rata	46
Rumus 2.14	Rumus <i>Varians</i>	46
Rumus 2.15	Rumus Fungsi Densitas dalam Distribusi Normal.....	46
Rumus 2.16	Rumus Fungsi Distribusi dalam Distribusi Normal.....	46
Rumus 2.17	Rumus Standar Deviasi dalam Distribusi Normal	46
Rumus 3.1	Rumus Waktu antar Kedatangan Kendaraan	61
Rumus 3.2	Rumus Kecepatan	67
Rumus 3.3	Rumus Fungsi Linear dalam Output SPSS	69
Rumus 3.4	Rumus Fungsi Eksponensial dalam Output SPSS	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	1 :	Form Pengambilan Data
Lampiran	2 :	Data Kedatangan Kendaraan
Lampiran	3 :	Data Probabilitas Tujuan Masing-masing
Lampiran	4 :	Data Kecepatan Kendaraan
Lampiran	5 :	Uji stat fit dalam ProModel
Lampiran	6 :	Output Simulasi Model Dasar
Lampiran	7 :	Output Simulasi Skenario 1
Lampiran	8 :	Output Simulasi Skenario 2
Lampiran	9 :	Output Simulasi Skenario 3
Lampiran	10 :	Output Simulasi Skenario 4
Lampiran	11 :	Output Simulasi Skenario 5

BAB 1

PENDAHULUAN

Bab 1 merupakan bab pendahuluan yang menjelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini, diagram keterkaitan masalah dalam penelitian, rumusan permasalahan dalam penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan juga sistematika penulisan laporan.

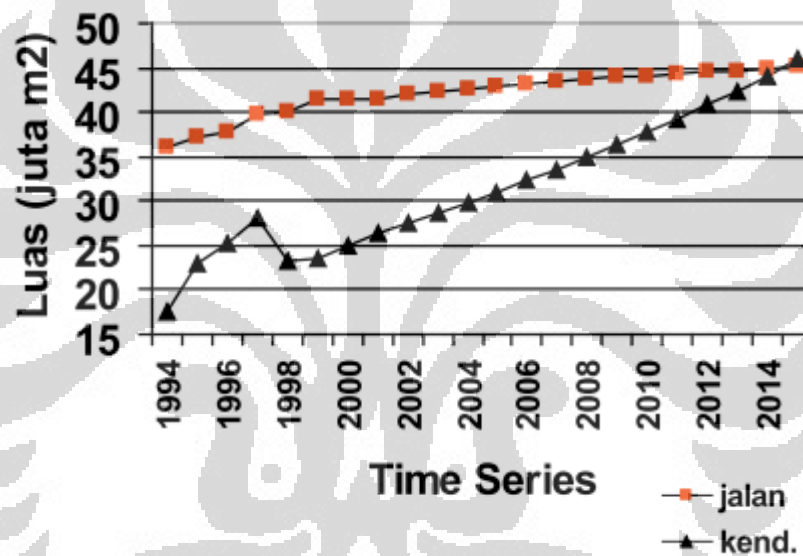
1.1 Latar Belakang Permasalahan

Sebagai ibukota negara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta menjadi pusat dari seluruh kegiatan yang berhubungan dengan perkembangan Indonesia terutama dari sisi pemerintahan, penyebaran informasi dan pertumbuhan perekonomian. Sebagai pusat pemerintahan, pusat pendidikan, pusat budaya dan masih banyak lagi, mempengaruhi kompleksitas pembangunan di Jakarta. Posisi Jakarta yang sangat penting dalam berbagai hal, tidak salah, kalau akhirnya Jakarta diserbu oleh pendatang (urban) yang berdatangan dari berbagai wilayah di Indonesia. Berdasarkan catatan resmi catatan sipil, tahun 2007, jumlah penduduk Jakarta adalah 7.706.392 jiwa, sedangkan berdasarkan perkiraan, pada siang hari, penduduk Jakarta bisa mencapai 12 juta jiwa. Dengan jumlah penduduk yang besar dan pergerakannya yang sangat tinggi, Jakarta memerlukan penyediaan sarana maupun prasarana transportasi yang memadai. Permasalahan transportasi di Jakarta selalu mendapatkan perhatian utama dari Pemerintah DKI Jakarta.

Berdasarkan data Yayasan Pelangi tahun 2004, dengan laju pertumbuhan yang sedemikian tinggi, jumlah kendaraan bermotor yang bergerak di Jakarta setiap harinya mencapai 4,95 juta (kendaraan roda dua 53%, mobil pribadi 30%, bis 7%, dan truk 10%). Sedangkan survey Masyarakat Transportasi Indonesia (MTI), jumlah kendaraan yang beroperasi di jalan-jalan Jakarta untuk tahun 2007 dihitung sebanyak 7.773.957 yang terdiri dari: kendaraan sepeda motor 5.136.619 unit, mobil sebanyak 1.816.702 unit, kendaraan bus berjumlah 316.896, dan 503.740 untuk jenis kendaraan lainnya. Dari total tersebut, kendaraan umum hanya berjumlah 2% dari seluruh kendaraan di Jakarta. Rasio perbandingan kendaraan pribadi dan kendaraan umum adalah 98% berbading 2%, terlihat

perbandingan dari volume penggunaan jalan didominasi oleh kendaraan pribadi. Kendaraan pribadi ini termasuk kendaraan bermotor roda dua dan roda empat.

Kemudian seiring dengan pertumbuhan kendaraan bermotor (roda dua dan roda empat) yang mengikuti deret ukur, sedangkan pertumbuhan jalan seturut deret hitung, tentulah kemacetan yang akan timbul pada berbagai ruas jalan di DKI Jakarta. Berdasarkan Penelitian Japan International Corporation Agency (JICA) dan The Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) dinyatakan bahwa pertumbuhan kendaraan di Jakarta rata-rata per tahun mencapai 11 persen pada tahun 2007, jauh lebih tinggi dari pertumbuhan panjang jalan yang tak mencapai satu persen.



Gambar 1.1. Ilustrasi Utilisasi Jumlah Kendaraan Terhadap Luas Jalan di DKI Jakarta

(Sumber : Dinas Perhubungan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta 2007)

Selain pertumbuhan kendaraan yang tidak diikuti dengan pertumbuhan jalan, keriuhan di DKI Jakarta ditambah dengan rute yang berbeda-beda yang dipilih oleh setiap pengendara. Setiap pengendara memiliki rute masing-masing sesuai dengan tujuannya. Pengendara akan memilih rute sendiri-sendiri sesuai dengan kebijakan yang ada termasuk menyesuaikan dengan rambu lalu lintas serta marka jalan yang ada. Tidak seluruh pengendara memiliki pilihan rute yang sama. Pengendara umumnya memilih jalur terdekat dan tercepat. Dengan ruas jalan yang begitu banyak di DKI Jakarta, dapat dibayangkan banyak sekali pilihan rute yang

dapat dipilih pengendara. Dengan melihat kenyataan ini sudah pasti kemacetan di DKI Jakarta menjadi masalah utama dalam transportasi.

Titik-titik simpul kemacetan yang timbul di berbagai ruas jalan di DKI Jakarta dengan jelas terlihat sesuai data yang ada, dengan jumlah kendaraan yang semakin bermacam-macam dan terus bertambah, kapasitas jalan yang perkembangannya jauh lebih rendah dibandingkan pertumbuhan kendaraan, serta kebijakan rambu lalu lintas yang ada untuk pemilihan rute oleh pengendara. Pemilihan rute yang paling utama berpengaruh pada kemacetan adalah pada saat pengendara memilih rute di persimpangan. Dapat dikatakan bahwa persimpangan adalah salah satu simpul kemacetan. Kemacetan akan terjadi di persimpangan yang merupakan titik temu dari berbagai arus kendaraan. Berbagai kendaraan akan berlomba untuk maju duluan dalam melewati persimpangan tersebut. Kendaraan akan terdistribusi sesuai dengan rute yang ada pada persimpangan tersebut. Persimpangan dengan lampu lalu lintas merupakan suatu bagian yang kompleks dengan sistem lalu lintas.

Permasalahan kemacetan di DKI Jakarta ini menimbulkan banyak sekali kerugian material ataupun moral. Berdasarkan data Yayasan Pelangi, kemacetan lalu lintas berkepanjangan di Jakarta menyebabkan pemborosan senilai Rp 8,3 triliun per tahun. Data tersebut mengacu pada kajian Study on Integrated Transportation Master Plan for Jabodetabek (SITRAMP, 2004). Perhitungan inipun baru mencakup tiga aspek sebagai konsekuensi kemacetan, yakni pemborosan BBM akibat biaya operasional kendaraan senilai Rp 3 triliun, kerugian akibat waktu yang terbuang Rp 2,5 triliun, dan dampak kesehatan akibat polusi udara sebesar Rp 2,8 triliun.

Berbagai upaya dilakukan Pemerintah DKI Jakarta untuk menangani masalah kemacetan, dari memberlakukan pembatasan minimal penumpang mobil yang melewati ruas jalan utama pada jam-jam tertentu, penambahan panjang jalan, pengaturan jam masuk sekolah dan jam masuk swasta, membangun infrastruktur untuk kebijakan moda transportasi massal, hingga mengoperasikan berbagai moda angkutan massal. Namun, pengurangan kemacetan mendekati nihil. Bahkan yang paling jelas terlihat, pembangunan busway justru menciptakan kemacetan kian panjang. Pembangunan jalur Transjakarta justru menambah

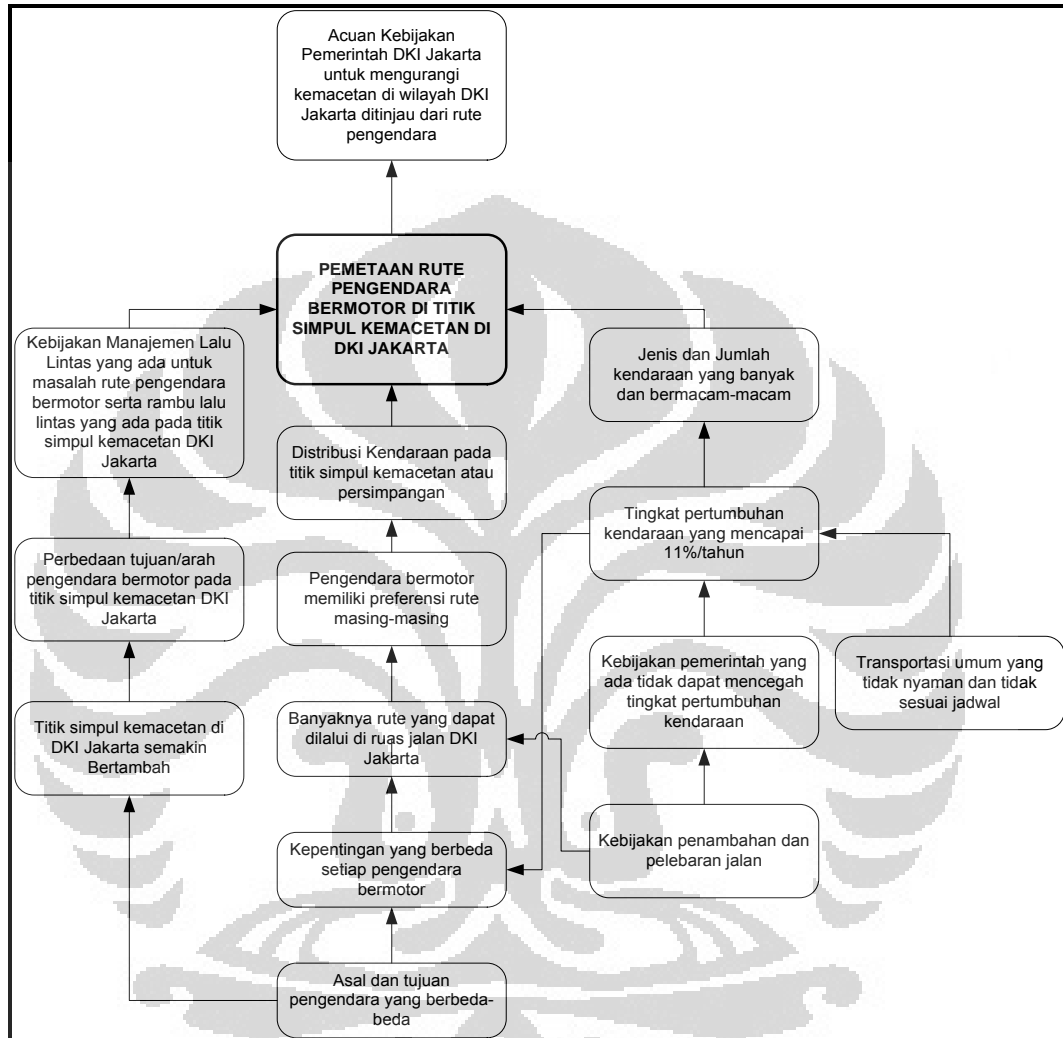
jumlah titik kemacetan dari 41 titik menjadi 116 titik pada pertengahan 2008 sesuai data Traffic Management Centre (TMC). Menurut polisi, titik penumpukan kendaraan tersebar di 10 koridor busway, baik yang sudah dipakai maupun yang sedang dibangun.

Dengan ruang yang semakin terbatas serta masyarakat Jakarta yang semakin individualistik, warga Jakarta malah semakin berlomba-lomba untuk membeli dan menggunakan kendaraan pribadi sehingga memadati ruas-ruas jalan Ibukota. Dalam konteks semacam ini diperlukan kebijakan tegas dan radikal untuk mempertemukan semua kepentingan akan ruang Jakarta yang semakin terbatas tersebut. Kebijakan ini haruslah seradikal Mahmoud Ahmadinejad kala menjabat sebagai walikota Teheran, yang menerapkan kebijakan mencabut lampu lalu lintas di perempatan-perempatan atau persimpangan besar di Teheran dan mengubahnya menjadi jalur putar balik yang sangat efektif. Hal ini ditempuh ahli manajemen transportasi dan lalu lintas perkotaan itu tatkala menjabat Walikota Teheran, 2003 lalu. Kebijakan seperti ini patut menjadi contoh Pemerintah DKI Jakarta untuk menangani masalah kemacetan.

Dalam sehari, menurut data PT Permintori, perusahaan konsultan transportasi Dinas Perhubungan DKI Jakarta, menghitung ada 20,7 juta perjalanan di Jakarta. Dari jumlah itu, perjalanan para pekerja mencapai 32 persennya atau 5,6 juta trip, sedangkan perjalanan para pelajar mencapai 30 persen atau 5,3 juta trip. Pemetaan rute pengendara bermotor pada salah satu titik simpul kemacetan di DKI Jakarta dilakukan untuk menunjukkan distribusi rute kendaraan yang ada pada suatu titik kemacetan. Pemilihan metode analisa terhadap suatu sistem sangat dipengaruhi oleh kompleksitas interaksinya. Model simulasi akan digunakan dalam menjabarkan distribusi kendaraan dan akan dilakukan uji skenario pada model simulasi. Pemetaan dengan simulasi model suatu lalu lintas di satu titik simpul kemacetan ini akan dijadikan dasar acuan untuk penelitian yang lebih besar yaitu Perancangan Model Karakteristik Pengendara Kendaraan Bermotor Terhadap Pemilihan Rute di Wilayah DKI Jakarta (Sebagai Dasar Pembuatan Model Distribusi Lalu Lintas Untuk Meminimalkan Kemacetan Jalan di DKI Jakarta). Terobosan dalam sistem transportasi harus segera dilakukan karena tanpa terobosan dalam pembenahan sistem transportasi umum, pada 2014,

semua ruas jalan di Jakarta diperkirakan macet total. Kendaraan umum dan pribadi tidak hanya akan tersendat, tapi diperkirakan tidak bisa bergerak.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah



Gambar 1.2. Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang permasalahan dan diagram keterkaitan masalah di atas, maka permasalahan yang diangkat adalah pemetaan rute pengendara kendaraan bermotor di titik simpul kemacetan di DKI Jakarta. Pemetaan ini merupakan salah satu upaya untuk optimalisasi rute lalu lintas dengan mengetahui distribusi kendaraan yang ada pada titik simpul kemacetan di DKI Jakarta. Pemetaan rute yang dilakukan oleh pengendara bermotor ini akan dipetakan

dengan menggunakan model simulasi. Selanjutnya akan dilakukan pengujian beberapa skenario dengan menggunakan model simulasi yang ada.

1.4 Tujuan Penelitian

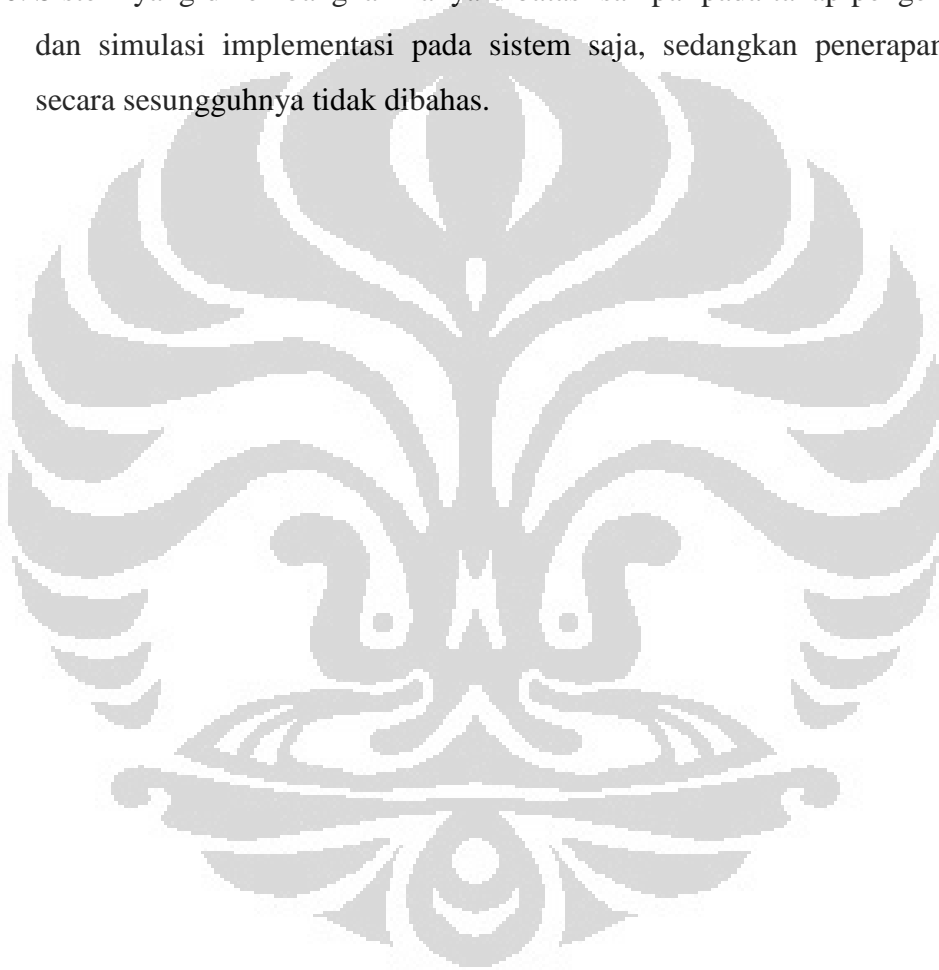
Karena penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan dari keseluruhan rencana penelitian jangka panjang dalam pembuatan model lalu lintas di wilayah DKI Jakarta untuk mengurangi kemacetan jalan raya, maka tujuan dari penelitian kali ini yang terutama adalah memperoleh pemetaan rute perjalanan pengendara bermotor di salah satu titik simpul kemacetan di DKI Jakarta serta melakukan uji beberapa skenario dalam model simulasi untuk melihat pengaruhnya terhadap model simulasi.

1.5 Batasan Masalah

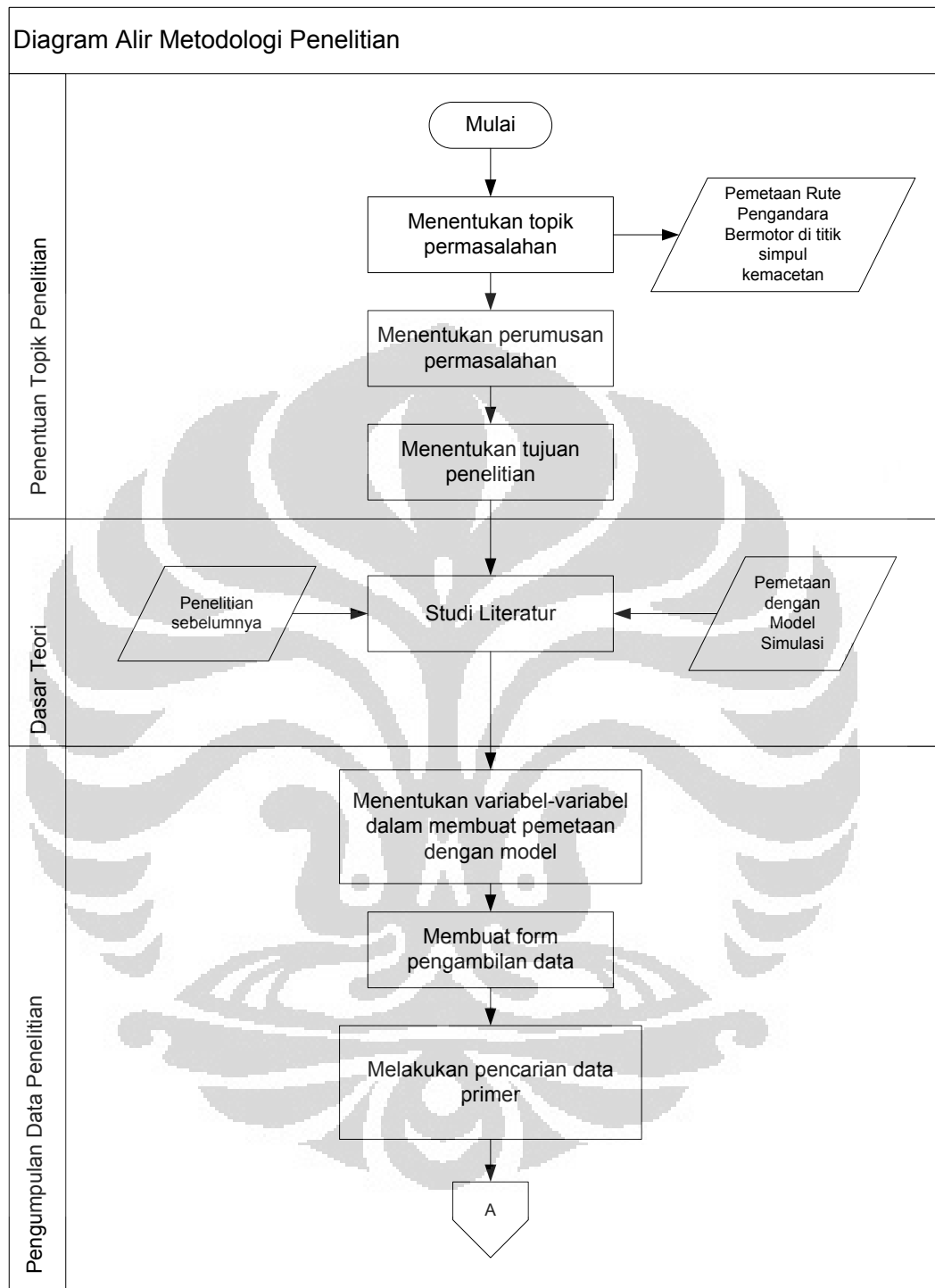
Mengingat ruang lingkup penelitian ini sangat luas dan kompleks, maka tidaklah mungkin untuk membahas keseluruhan dari penelitian, sehingga diperlukan pembatasan masalah untuk memudahkan penelitian agar lebih terarah dan tidak menyimpang. Beberapa asumsi yang digunakan dalam penelitian yang diusulkan ini adalah:

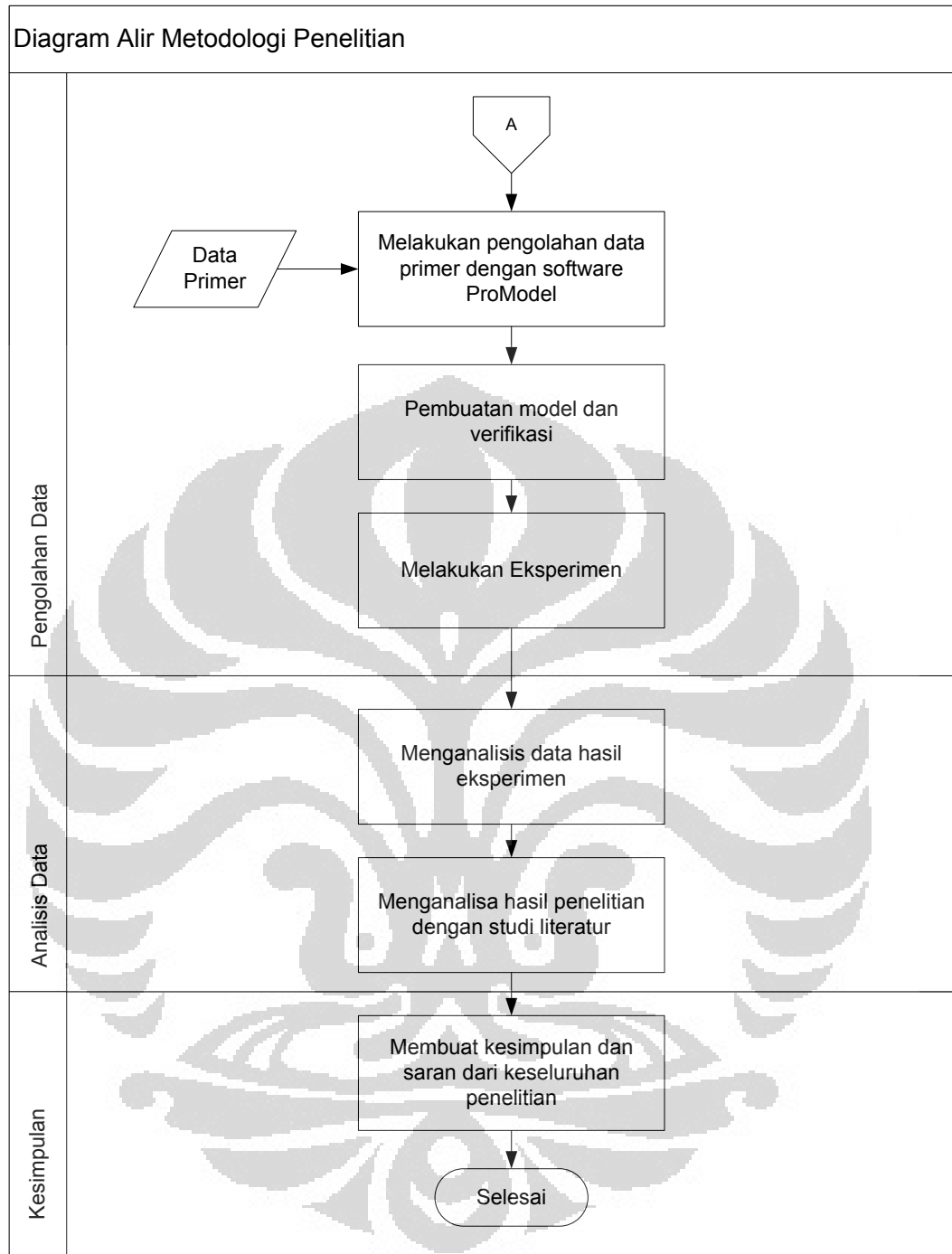
1. Yang termasuk dalam kategori kendaraan bermotor pribadi adalah mobil pribadi dan sepeda motor yang melewati rute tertentu secara rutin di wilayah DKI Jakarta.
2. Segmentasi rute adalah asal, tujuan dan arah.
3. Penelitian hanya dilakukan pada daerah studi, yaitu pada perempatan fatmawati.
4. Pada penelitian ini fase lampu lalu lintas diasumsikan dengan merah dan hijau saja, dalam hal ini saat lampu kuning menyala diasumsikan persimpangan tidak melayani arus tersebut sehingga mobil yang ada pada arus tersebut tidak bisa melewati perempatan.
5. Dalam perhitungan ada perbedaan jenis kendaraan antara mobil pribadi dan sepeda motor.

6. Perhitungan dan tingkat kedatangan kendaraan yang dilakukan pada masing-masing arus jalan pada perempatan dibatasi pada hari Senin-Jumat pukul 18.00 – 20.00 WIB.
7. Pengambilan data tidak dipengaruhi oleh kondisi jalan, kendaraan, maupun adanya kecelakaan dan hal yang tak terduga.
8. Tidak memperhitungkan hal yang berkaitan dengan aspek biaya.
9. Dalam simulasi model, kapasitas jalan diperhitungkan dengan manipulasi.
10. Sistem yang dikembangkan hanya dibatasi sampai pada tahap pengembangan dan simulasi implementasi pada sistem saja, sedangkan penerapan sistem secara sesungguhnya tidak dibahas.



1.6 Metodologi Penelitian





Gambar 1.3. Metodologi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Secara umum, pembahasan penelitian ini terdiri dari beberapa bab dengan sistematika sebagai berikut:

- bab 1 merupakan bab pendahuluan yang menjelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini, diagram keterkaitan masalah, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan
- bab 2 merupakan landasan teori dan tinjauan pustaka yang berhubungan dengan penelitian ini. Landasan teori yang dibahas mengenai simulasi, model dan sistem, teori antrian, penggunaan ProModel sebagai alat simulasi, distribusi statistik, serta pengetahuan dasar tentang sistem transportasi dalam sebuah persimpangan
- bab 3 berisi tentang metode penelitian ini yaitu dimulai dari pengumpulan data dan dilanjutkan dengan pengolahan data. Metode penelitian yang dibahas penentuan lokasi titik kemacetan, data-data yang dikumpulkan dan akan dimasukkan dalam model simulasi, dan proses pengolahan data dengan menggunakan SPSS dan ProModel
- bab 4 berisi pembahasan dari pengumpulan dan pengolahan data penelitian. Pembahasan dilakukan terhadap hasil pengolahan data serta analisa untuk skenario dalam model simulasi
- bab 5 merupakan kesimpulan dari keseluruhan penelitian ini. Kesimpulan yang diambil yaitu mengenai gambaran distribusi rute pengendalian pada suatu titik simpul kemacetan serta hasil dari uji skenario pada model yang telah dibuat.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab 2 merupakan landasan teori dan tinjauan pustaka yang berhubungan dengan penelitian ini. Landasan teori yang dibahas mengenai simulasi, model dan sistem, teori antrian, penggunaan ProModel sebagai alat simulasi, distribusi statistik, serta pengetahuan dasar tentang sistem transportasi dalam sebuah persimpangan.

Pemetaan adalah proses pengukuran, perhitungan dan penggambaran permukaan bumi (terminologi geodesi) dengan menggunakan cara dan atau metode tertentu sehingga didapatkan hasil berupa *softcopy* maupun *hardcopy* peta yang berbentuk vektor maupun raster (“Pemetaan”). Pemetaan dilakukan untuk menggambarkan keadaan serta situasi yang ada, termasuk dalam sistem transportasi di sebuah ruas jalan atau pun persimpangan. Sistem transportasi merupakan elemen dasar infrastruktur yang berpengaruh pada pola pengembangan perkotaan. Persimpangan jalan adalah simpul pada jaringan jalan dimana ruas jalan bertemu dan lintasan arus kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Oleh karena itu persimpangan merupakan faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan khususnya di daerah - daerah perkotaan.

Persimpangan merupakan tempat sumber konflik lalu lintas yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki dan yang paling utama adalah kemacetan pada persimpangan karena masing-masing ruas jalan pada persimpangan harus bergantian melewati persimpangan sesuai dengan fasenya. Oleh karena itu merupakan aspek penting di dalam pengendalian lalu lintas. Banyaknya rute yang ada pada saat berada di persimpangan, sehingga konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya pun dapat terjadi.

Rute merupakan urutan dari asal tujuan dan arah. Persimpangan dengan lampu lalu lintas merupakan suatu bagian yang kompleks dengan sistem lalu

lintas. Persimpangan akan memiliki beberapa arah di dalamnya. Distribusi lalu lintas dalam persimpangan merupakan pembagian arah dalam persimpangan tersebut. Analisa arus lalu lintas pada persimpangan dengan lampu lalu lintas harus melibatkan variasi yang luas dari kondisi-kondisi yang menentukan yang meliputi jumlah dan distribusi lalu lintas, komposisi lalu lintas, karakteristik geometrik, dan pengatur system lalu lintas dipersimpangan. Pada umumnya sinyal lalu lintas dipergunakan untuk satu atau lebih dari alasan berikut :

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

Arus lalu lintas tersusun mula-mula dari kendaraan tunggal yang terpisah, bergerak menurut kecepatan yang dikehendaki pengemudinya, tanpa halangan dan berjalan tidak tergantung pada kendaraan lainnya. Karena perbedaan kecepatan, kendaraan yang lebih cepat akan terus mendekati kendaraan yang lebih lambat, namun bila ada kendaraan yang menghalangi untuk mendahului, maka akan terbentuk antrian yang bergerak. Antrian ini semakin lama semakin panjang dan membagi kelompok-kelompok kesatuan sampai semua kendaraan membentuk suatu arus tunggal, meskipun tidak begitu rapat. Dengan meningkatnya arus, konsentrasi juga akan meningkat sehingga volume kendaraan pada kaki simpang tersebut relatif besar. Volume kendaraan yang relatif besar ini akan berhenti saat lampu lalu lintas menunjukkan waktu merah dan terjadi antrian yang panjang. Pada saat lampu lalu lintas telah memberikan hak berjalan, kendaraan bergerak meninggalkan garis henti secara beriringan sampai pada titik jenuh (Hobbs, 1995).

Persimpangan merupakan suatu sistem diskrit yang variabel-variabelnya berubah terhadap waktu, seperti laju kedatangan kendaraan, kecepatan rata-rata serta fase lampu lalu lintas. Sistem lalu lintas pada sebuah persimpangan dapat disimulasikan dengan sebuah model. Model sendiri merupakan representasi dari pemetaan karakteristik sistem. Pada dasarnya, sebagian besar orang menggunakan

alat simulasi untuk memprediksi secara akurat dan memperbaiki performansi sistem dengan cara memodelkan lokasi aktualnya.

2.1 Pengertian sistem, model, dan simulasi

2.1.1 Sistem

Sistem adalah kumpulan elemen-elemen yang berfungsi bersama untuk mencapai sebuah tujuan (Blanchard, 1991). Kunci dari definisi ini termasuk pada fakta yang menyatakan bahwa :

- sistem terdiri dari *multiple elements*
- elemen-elemen ini saling berhubungan dan bekerja sama satu sama lain
- sistem ada untuk tujuan tertentu dan spesifik.

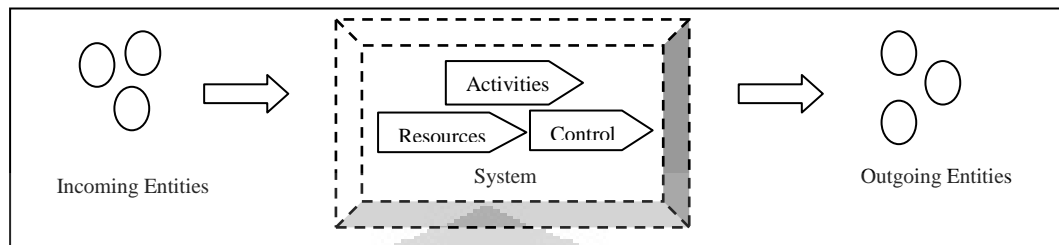
Contoh dari sistem adalah sistem lalu lintas, sistem politik, sistem ekonomi, sistem manufaktur, sistem pelayanan. Definisi lain dari sistem adalah kumpulan obyek yang tergabung dalam suatu interaksi atau saling ketergantungan (*interdependensi*) yang teratur (Setiawan, 1991). Sistem merupakan sekumpulan entity yang bertindak dan berinteraksi bersama-sama untuk memenuhi tujuan akhir yang logis (Law dan Kelton, 2000).

Sedangkan Schmidt dan Taylor mendefinisikan sistem sebagai kumpulan variabel yang menggambarkan sebuah keadaan di waktu tertentu dan bersifat relatif terhadap tujuan penelitian. Definisi ini lebih menggambarkan secara khusus suatu sistem yang diamati. Dapat disimpulkan ciri – ciri sistem adalah sebagai berikut :

- sistem terdiri dari berbagai elemen – elemen (subsistem) yang membentuk satu kesatuan
- adanya interaksi, saling ketergantungan dan kerjasama antar elemen atau bagian
- sebuah sistem ada untuk mencapai tujuan tertentu
- memiliki mekanisme atau transformasi
- berada dalam lingkungan yang kompleks yang mengakibatkan dinamika sistem.

Dalam pemodelan sistem, keputusan yang dibuat harus berada didalam batas sistem dan lingkungannya (Jerry, 2005, h. 9). Elemen dalam sistem dapat

dikatakan terdiri dari entitas, aktivitas, sumber daya, dan kontrol. Elemen ini akan mendefinisikan *who*, *what*, *where*, *when*, dan *how* proses dari entitasnya. Berikut adalah gambarannya :



Gambar 2.1. Elemen Sistem

- entitas adalah barang atau *item* yang diproses melalui sebuah sistem, contohnya produk, konsumen, dan dokumen. Setiap entitas bersifat unik, memiliki karakteristik masing-masing, seperti harga, bentuk, kualitas atau kondisi
- aktivitas adalah tugas yang ditunjukkan dalam sistem baik secara langsung ataupun tidak langsung yang terikat di dalam proses entitas. Aktivitas biasanya memakan waktu dan sering melibatkan sumber daya
- sumber daya adalah alat untuk memperlihatkan aktivitas. Sumber daya akan memberikan fasilitas, alat, dan personil dalam membawa sebuah aktivitas. Saat sumber daya memfasilitasi proses dari entitas, ketidakcukupan sumber daya akan membatasi proses yang ada
- kontrol akan menginstruksikan bagaimana, kapan, dan dimana aktivitas akan ditunjukkan. Kontrol akan memaksakan perintah pada sistem. Pada tingkat tertinggi kontrol terdiri dari jadwal, rencana, dan peraturan.

Berdasarkan variabelnya sistem dapat dibedakan menjadi dua jenis (Roberts *et al*, 1983), yaitu :

- sistem diskrit, dimana variabel keadaan berubah pada titik yang berbeda pada waktu tertentu
- sistem kontinu, variabel keadaan berubah secara kontinu seiring berjalannya waktu.

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam membuat sebuah sistem adalah sebagai berikut :

- sebab akibat (*cause and effect*), dalam meninjau sebab akibat dari suatu sistem, dilakukan secara mundur untuk mendapatkan sebab yang paling berpengaruh dan berkaitan dengan sistem
- kemampuan intelektual (*intellectual ability*), terutama dalam menentukan seperti apa sistem yang akan dibuat, agar tahu bagaimana mengimitasikannya melalui simulasi
- batasan sistem (*boundary*), batasan merupakan syarat sistem, sistem harus dianggap sebagai suatu proses tertutup (*closed loop*) dengan batasan yang jelas untuk mengisolasi sistem tersebut sehingga pembelajaran akan menjadi lebih fokus dan spesifik
- adanya metode tertentu untuk mengorganisir sistem yang akan dibuat.

2.1.2 Model dan Simulasi

Model adalah representasi dari sistem, yang dikembangkan untuk mempelajari sistem tersebut (Roberts *et al*, 1983). Model adalah suatu representasi atau dalam bahasa tertentu (yang disepakati) dari suatu sistem nyata. Dengan menggunakan model, sistem dapat dipelajari tanpa mengganggu atau merusak sistem yang sudah ada, sementara sistem yang sudah ada tersebut akan terus berjalan dan bahkan apabila sistemnya sendiri belum ada, dapat diupayakan untuk membuat sistem yang baru untuk kemudian dipelajari. Model sendiri dibagi menjadi empat macam, yaitu :

1. Model deskriptif, menggambarkan masalah dalam bentuk kalimat atau kata-kata.
2. Model fisik, model dihadirkan dalam bentuk fisik, misalnya model mobil dengan skala 1:100.
3. Model analitik, model ini menggunakan symbol matematis untuk mewujudkan status variabel-variabel dalam sistem serta menunjukkan bagaimana variabel berubah dan berinteraksi.
4. Model prosedur.

Model sangat bermanfaat untuk membantu memecahkan masalah yang sederhana maupun kompleks dalam berbagai bidang dengan memperhatikan beberapa bagian atau beberapa ciri utama sistem. Ada dua aspek model yaitu :

- representasi, dengan arti model merupakan pemetaan karakteristik system
- abstraksi, model merupakan transformasi karakteristik sistem nyata dan kompleks.

Pemodelan sistem adalah studi tentang bagaimana membentuk atau mengembangkan model dari suatu sistem.

Alasan pembuatan model adalah sebagai berikut :

- sistem nyata terlalu kompleks, sehingga tidak mungkin dapat dilakukan eksperimen langsung dikarenakan biaya terlalu mahal dan tidak praktis
- dengan model, kita dapat menggambarkan system secara ekonomis.

Model dikatakan baik jika mengandung semua variabel yang relevan dan bersifat sederhana. Model mempunyai tujuan :

- membantu untuk berpikir
- untuk komunikasi atau instruksi
- untuk prediksi atau penaksian masa mendatang
- untuk fungsi *controlling* (pengendalian)
- untuk eksplorasi informasi yang dibutuhkan
- membantu memperjelas masalah – masalah yang muncul
- memebanyak alternatif untuk pengambilan keputusan.

Dalam sebuah model sederhana, penyelesaiannya dapat menggunakan analisa solusi konvensional, sementara kebanyakan sistem yang ada sifatnya lebih kompleks, sehingga diperlukan sebuah simulasi dan modelnya yang biasa disebut dengan simulasi model.

Simulasi menurut kamus bahasa Indonesia berarti “Penggambaran suatu sistem atau proses dengan peragaan memakai model statistic atau pemeranan.” Simulasi adalah tiruan dari sistem dinamis dengan menggunakan model computer untuk mengevaluasi dan memperbaiki hasil dari sistem (Harrell *et al*, 2000). Sedangkan menurut *Oxford American Dictionary* (1980), simulasi didefinisikan sebagai cara untuk “menciptakan kembali sebuah kondisi dalam situasi, dengan

menggunakan alat sebuah model, untuk pembelajaran, percobaan atau pelatihan, dan sebagainya.”

Selanjutnya model dalam simulasi dapat diklasifikasikan menjadi tiga dimensi, yaitu :

1. Berdasarkan perubahannya terhadap waktu.
 - statis, menggambarkan sifat sistem pada suatu saat tertentu atau dimana waktu tidak berperan dalam sistem
 - dinamis, sifat sistem digambarkan sesuai berjalannya waktu.
2. Berdasarkan perubahan keadaan.
 - diskrit, jika sebuah model menggambarkan perubahan keadaan pada suatu waktu tertentu, perubahan keadaan terjadi apabila ada sesuatu yang terjadi pada sistem tersebut
 - kontinu, jika sebuah model menganggap bahwa perubahan keadaan adalah kontinu, keadaan cenderung untuk berubah pada waktu tertentu.
3. Berdasarkan variasi random.
 - deterministik, bila keluarannya dapat dijelaskan secara lengkap berdasarkan masukannya
 - stokastik, sifatnya probabilistic dan random, dimana keluarannya sendiri juga bersifat random sehingga harus diperlakukan sebagai suatu estimasi karakteristik sesungguhnya dari model.

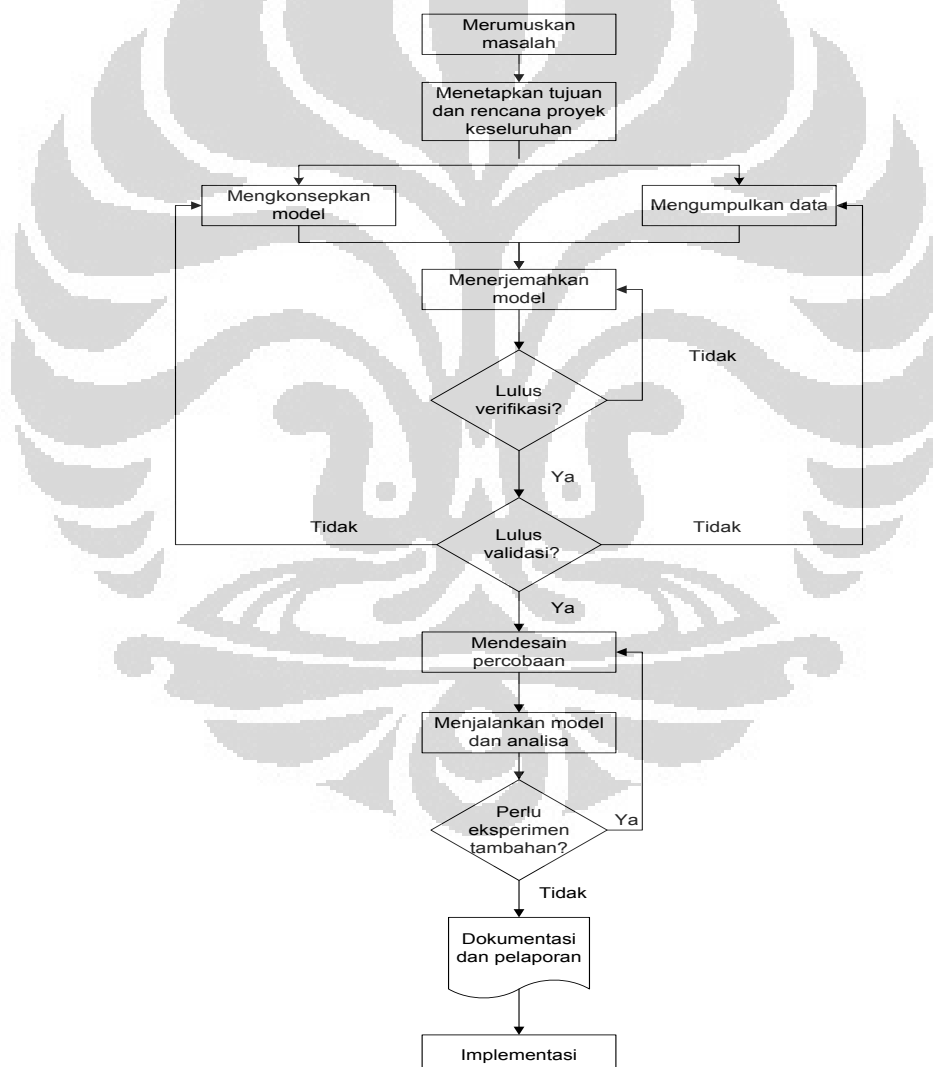
Simulasi akan memberikan dasar yang kuat untuk para pengambil keputusan dalam mengestimasi dampak yang akan terjadi dari perubahan masukan dari model. Dengan melakukan simulasi, suatu sistem dapat diketahui perilakunya tanpa harus membuatnya secara nyata. Selain itu juga dengan melakukan simulasi perubahan terhadap sistem dapat dilakukan tanpa harus mengganggu sistem yang sudah ada. Suatu model simulasi yang kompleks dan mendetail belum tentu baik apabila sulit dimengerti dan mengikutsertakan aspek-aspek yang tidak berpengaruh. Model simulasi dapat dikatakan baik apabila memiliki kriteria sebagai berikut (Roberts *et al*, 1983) :

- mudah dimengerti dan digunakan
- memiliki tujuan dan sasaran yang jelas
- dapat diandalkan dan dikendalikan

- mendetail pada aspek-aspek yang penting
- dengan mudah dapat diubah dan dimodifikasi
- bersifat evolutif, mulai dari yang sederhana sampai dengan yang paling kompleks.

2.1.2.1 Langkah-Langkah Dalam Simulasi

Dalam melakukan simulasi, ada langkah-langkah yang harus dilakukan agar hasil simulasi yang dilakukan bisa mengatasi masalah dengan tepat (Banks, 2000, h. 18). Langkah-langkah dalam melakukan simulasi adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2. Flow Chart Langkah-Langkah Dalam Simulasi

1. Perumusan masalah

Setiap studi harus dimulai dengan pernyataan masalah. Jika pernyataan masalah tersebut diberikan oleh pembuat kebijakan atau orang yang memiliki masalah tersebut, seorang analis harus memastikan bahwa masalah tersebut telah dipahami dengan jelas. Jika pernyataan masalah dibuat oleh analis, pembuat kebijakan harus mengerti dan setuju dengan rumusan masalah tersebut.

2. Penetapan tujuan dan rencana proyek

Tujuan merupakan pertanyaan-pertanyaan yang harus dijawab melalui simulasi. Disini harus dilihat apakah simulasi merupakan metode yang tepat untuk masalah tersebut. Rencana proyek harus dibuat termasuk jumlah orang digunakan, biaya, dan waktu yang diperlukan untuk setiap tahap beserta hasil yang diharapkan pada setiap tahap tersebut.

3. Pengkonsepkan model

Dalam mengkonsepkan model sangat dipengaruhi oleh kemampuan untuk menarik komponen-komponen dasar masalah untuk memilih dan memodifikasi asumsi-asumsi dasar yang menjadi karakteristik sistem, kemudian memperluas dan memperinci model sampai menghasilkan pendekatan sistem yang tepat. Dengan demikian, maka sebaiknya dimulai dengan model yang sederhana kemudian dikembangkan secara bertahap. Dalam membuat konsep model, sebaiknya melibatkan pengguna model untuk menghasilkan model yang tepat dan pengguna lebih percaya terhadap model tersebut.

4. Pengumpulan data

Karena pengumpulan data biasanya memakan waktu yang cukup lama, maka perlu dilakukan seawal mungkin, biasanya bersamaan dengan pembuatan model. Agar pengambilan data bisa dilakukan dengan cepat dan tepat, sebelum melakukan pengambilan data perlu ditentukan data apa saja yang diperlukan, sumber data, cara pengumpulan data, dan sebagainya. Selama pengambilan data juga perlu dilakukan analisis terhadap data tersebut.

5. Penerjemahan Model

Dalam menerjemahkan model perlu dipertimbangkan jenis aplikasi yang digunakan. Bahasa pemrograman sangat berguna dan fleksibel, namun

membutuhkan waktu dan usaha yang lebih banyak. Software simulasi yang ada saat ini memiliki fitur-fitur yang membuatnya lebih fleksibel.

6. Verifikasi

Verifikasi model merupakan proses untuk menentukan apakah model simulasi merefleksikan model konseptual dengan tepat. Disini dicek apakah model tersebut telah dibuat dengan benar. Verifikasi model berkaitan dengan pengecekan struktur dan *syntax* yang digunakan dalam model. Oleh karena itu, dalam verifikasi lebih melibatkan pembuat model daripada pengguna model. Beberapa cara yang dapat dilakukan dalam verifikasi adalah:

- melakukan pengecekan pada kode model.
- memeriksa output model.
- mengamati tingkah laku sistem dalam animasi.
- menggunakan fungsi *trace* dan *debug* pada *software* untuk mendapatkan keadaan model yang tidak dapat terlihat melalui animasi.

7. Validasi

Validasi model merupakan proses untuk menentukan apakah model telah merepresentasikan sistem yang sebenarnya. Model bisa berjalan dengan benar (lulus verifikasi) namun belum tentu model tersebut bisa merepresentasikan sistem. Oleh karena itu diperlukan pengecekan model dengan melibatkan pengguna atau orang yang mengetahui sistem tersebut. Beberapa cara yang dilakukan dalam validasi model adalah:

- melakukan pengamatan pada animasi untuk dibandingkan dengan pengetahuan seseorang mengenai keadaan sebenarnya.
- membandingkan dengan sistem aktual.
- membandingkan dengan model lain yang telah tervalidasi.
- melakukan uji degenerasi untuk melihat apakah sifat output dari model akan berubah ketika salah satu variabelnya mencapai titik tertentu
- menggunakan uji kondisi ekstrim seperti dengan menghalau kedatangan pada suatu sistem untuk melihat apakah sistem masih akan berjalan
- melakukan pemeriksaan dengan *face validity*, yaitu dengan menanyakan seseorang yang memiliki pengetahuan mengenai sistem mengenai masuk akal nya model yang dibuat

- melakukan pengujian terhadap data historis
- melakukan analisis sensitivitas
- melakukan penelitian terhadap kejadian-kejadian yang terjadi pada model untuk dibandingkan dengan tingkah laku sistem aktual
- melakukan *turing test* yaitu sebuah uji untuk melihat apakah orang-orang yang berpengetahuan mengenai sistem aktual dapat membedakan output dari sistem dan output dari model.

8. Desain percobaan

Setelah model lulus verifikasi dan validasi, langkah selanjutnya adalah mendesain percobaan-percobaan yang akan dilakukan terhadap model tersebut. Alternatif-alternatif yang berkaitan dengan pengambilan keputusan harus ditentukan, termasuk lamanya simulasi, jumlah percobaan, dan sebagainya.

9. Menjalankan model dan analisis

Model dijalankan sesuai alternatif yang telah dibuat untuk mengetahui akibat yang terjadi untuk setiap alternatif tersebut. Data hasil percobaan tersebut kemudian dianalisis untuk mencari solusi yang paling sesuai untuk masalah yang ada.

10. Dokumentasi

Hasil dari semua analisis harus dilaporkan dengan jelas dan ringkas dalam laporan akhir. Ini akan memudahkan pengguna model untuk mereview formula akhir, alternatif-alternatif sistem, kriteria-kriteria untuk membandingkan alternatif-alternatif, hasil percobaan, dan solusi yang direkomendasikan untuk menyelesaikan masalah.

11. Implementasi

Tahap terakhir dalam simulasi adalah mengimplementasikan hasil dari model kedalam sistem yang sesungguhnya. Keberhasilan dalam implementasi bergantung pada seberapa baik tahap-tahap sebelumnya dilakukan. Implementasi juga dipengaruhi oleh seberapa jauh pengguna dilibatkan dalam seluruh proses simulasi.

2.1.3 Permodelan sistem dengan simulasi ProModel

Dengan teknologi yang ada saat ini, proses pembuatan model dapat dengan mudah dan cepat dilakukan melalui sebuah perangkat lunak. Simulasi dengan perangkat lunak komputer ini merupakan suatu perencanaan dan pengembangan model matematis dan atau model logika dari suatu sistem kemudian dilakukan eksperimen terhadap model tersebut dalam sebuah perangkat lunak.

Dalam melakukan simulasi, perangkat lunak akan melakukan apa yang disebut sebagai algoritma simulasi :

- inisialisasi, yaitu bagaimana suatu proses simulasi dimulai
- iterasi, yaitu bagaimana suatu proses simulasi dijalankan
- terminasi, yaitu bagaimana menentukan suatu proses simulasi berakhir, agar dapat diperoleh keluaran simulasi.

Input dalam simulasi merupakan sebuah bilangan random yang berasal dari sekelompok data yang dianggap berasal dari suatu distribusi teoritis tertentu baik diskrit maupun kontinu dengan parameter-parameter yang diperlukan. Dengan *input* yang merupakan bilangan random maka akan menghasilkan *output* yang merupakan bilangan random juga. Untuk mendapatkan *output* yang benar-benar unjuk kerja dari sistem diperlukan suatu replikasi. Replikasi adalah mengulang proses simulasi dengan bilangan random yang berbeda, sehingga *output*nya berbeda dengan yang sebelumnya. Ada dua jenis perangkat lunak untuk simulasi :

- bahasa pemrograman simulasi (*simulation language*), sifat penggunaannya umum, namun memiliki keunggulan tertentu untuk jenis aplikasi tertentu. Misalnya GPSS (umum), SIMAN dan SLAM (*conveyor* dan AGV), C++ r Java. Model dibuat dengan menuliskan program sesuai dengan konstruksi bahasa pemrograman yang bersangkutan, sehingga butuh keahlian dan waktu
- simulator, digunakan untuk simulasi yang sifatnya lebih spesifik dengan kebutuhan pemrograman yang lebih sedikit dan menghemat waktu. Misalnya ProModel.

ProModel adalah simulator yang banyak digunakan dalam simulasi industry manufaktur yang menggambarkan sistem produksi sebagai suatu susunan

lokasi pemrosesan, seperti mesin atau stasiun kerja, dimana komponen-komponen atau entitas diproses melalui suatu logika proses tertentu. ProModel sangat *powerful*, mudah digunakan, paket simulasi komersial yang didesain dengan model yang efektif untuk berbagai proses dalam sistem. ProModel dapat dikatakan sebagai *tool* yang dapat mensimulasikan atau memodelkan berbagai macam proses baik dalam sistem manufaktur maupun jasa. Dalam sistem manufaktur, ProModel digunakan untuk memodelkan *job shop, conveyor, transfer line, mass production, assembly line, flexible manufacturing system, cranes, JIT system, Kanban system*, dll. Sistem jasa seperti rumah sakit, *call centers, warehouse operation*, sistem transportasi, *grocery/ department store*, sistem informasi, manajemen *customer service, supply chain*, sistem logistic, dan proses bisnis lainnya juga dapat dimodelkan secara efisien dan cepat dengan ProModel.

ProModel digunakan oleh *engineer* dan manajer untuk mengetes atau mensimulasikan berbagai macam alternatif desain, ide, dan pemetaan proses sebelum implementasi di dunia nyata. Perbaikan pada sistem *existing* atau mendesain sistem baru dapat dimodelkan dan disimulasikan sebelum memperhitungkan biaya, waktu dan sumber daya. Berbagai macam strategi operasi dan alternatif pengontrolan dapat dibandingkan dan dianalisis.

Promodel ditujukan pada utilisasi sumber daya, kapasitas produksi, level *inventory, bottleneck, throughput time*, dan ukuran performansi lainnya. Promodel juga merupakan alat pendukung pengambilan keputusan yang handal dan dapat membantu dalam perencanaan dan membuat perbaikan di berbagai bidang.

Elemen dasar pemodelan yang terdapat dalam Promodel ada 4 yaitu :

1. Lokasi (*locations*)

Lokasi mewakili tempat di dalam system yang sifatnya tetap dimana entitas dijalankan atau dirutekan melalui proses, delay, storage, decision making, atau aktivitas- aktivitas yang lain. Setiap lokasi memiliki nama dan nomor indeks. Lokasi didefinisikan dalam *location editor* yang dapat diakses melalui *menu build*. Yang dilakukan dalam mendefinisikan lokasi termasuk menentukan *icon* grafis yang akan mewakili lokasi pada *layout*, nama lokasi, kapasitas, jumlah unit, *downtime*, level statistik yang diinginkan.

2. Entitas (*Entities*)

Entitas adalah subyek dalam model atau yang melakukan proses. Komponen, produk atau bahkan kertas kerja dapat dimodelkan sebagai entitas. Dalam mendefinisikan entitas termasuk menentukan *icon* grafis yang akan mewakili entitas pada *layout*, nama entitas dan spesifikasi dari tiap tipe entitas dalam sistem termasuk kecepatan, level statistik, dan catatan tambahan mengenai entitas. Kecepatan diterapkan untuk entitas yang bergerak dengan sendirinya maupun disepanjang jalur kerja seperti orang atau kendaraan.

3. Kedatangan (*Arrivals*)

Kedatangan adalah mekanisme untuk mendefinisikan bagaimana entitas memasuki system. Entitas bisa datang secara tunggal atau dalam batch. Jumlah entitas yang datang dalam satu kali kedatangan disebut *batch size (Quantity each)*. Waktu antara kedatangan entitas yang berhasil masuk ke system disebut *interarrival time (Frequency)*. Total jumlah entitas dalam batch dalam sekali kedatangan disebut *occurrence*. Suatu kedatangan didefinisikan dengan menentukan :

- jumlah entitas baru untuk setiap kedatangan
- frekuensi kedatangan
- lokasi terjadinya kedatangan
- waktu kedatangan pertama
- jumlah total kedatangan yang terjadi.

Berapapun jumlah dari tiap entitas apapun dapat didefinisikan sebagai kedatangan pada suatu lokasi. Frekuensi kedatangan dapat didefinisikan dalam bentuk distribusi atau menurut suatu pola kedatangan tertentu yang berulang menurut siklus waktu tertentu.

4. Proses (*Processing*)

Proses adalah serangkaian kegiatan yang terjadi dalam sistem. Proses mendefinisikan rute dari entitas melalui sistem dan operasi yang terjadi pada tiap lokasi yang dimasukinya. Begitu entitas memasuki sistem, proses menentukan segala sesuatu yang terjadi padanya hingga keluar dari sistem. Dalam proses, didefinisikan entitas yang akan diproses, lokasi tempat pemrosesan, operasi yang terjadi selama di lokasi dan bergerak antar lokasi, rute proses dan aturan dari rute.

Sedangkan elemen-elemen tambahan dalam ProModel adalah sebagai berikut :

1. Atribut (*Attributes*)

Atribut adalah sebuah tempat penyimpanan yang mirip dengan variabel, sebagai predikat yang dipasangkan pada lokasi atau entitas, terdapat pada lokasi dan entitas yang spesifik dan kadang-kadang mengandung informasi tentang lokasi atau entitas tersebut. Atribut dapat berupa integers ataupun angka-angka real termasuk nomor indeks dari elemen yang di-*assign* dalam bentuk nama elemen. Atribut sangat berguna apabila nilai dari atribut diassign pada suatu bagian yang logic dan kemudian dievaluasi pada bagian atau *fields* logic yang lain, misalnya pada lokasi yang berbeda. Kita juga dapat memberikan nama-nama elemen pada model (contoh: *station A*) dalam sebuah Atribut , yang diletakkan sebagai indeks number dari suatu elemen. Atribut terdapat pada *menu build*.

Atribut diklasifikasikan menjadi:

- *entity attributes*: sebuah tempat menyimpan yang terdapat pada sebuah entitas dan mengandung informasi numerical dari entitas tersebut. sebuah *entity attributes* diidentifikasi dengan nama dan dapat diberikan suatu value atau nama elemen model sebagai sebuah value
- *location attributes*: sebuah tempat menyimpan yang diberikan langsung pada sebuah lokasi dan mengandung informasi numerical dari lokasi tersebut. sebuah *location attributes* diidentifikasi dengan nama dan dapat diberikan suatu value atau nama elemen model sebagai sebuah value (sama seperti *entity attributes*).

2. Variabel (*Variables*)

Variabel memiliki dua tipe, yaitu global dan local. Variabel global mempresentasikan nilai numerik yang terus berubah dan dapat digunakan diseluruh bagian model. Variabel global didefinisikan melalui *variables editor*. Sedangkan variabel lokal hanya dapat digunakan dalam logic yang menyatakannya, sehingga akan berguna apabila diperlukan variabel atribut dalam blok tunggal dari logic. Variabel local bersifat sementara yang diassign

dan dievaluasi dalam bagian logik yang sama. Didefinisikan menggunakan pernyataan INT dan REAL.

3. Makro (*Macros*)

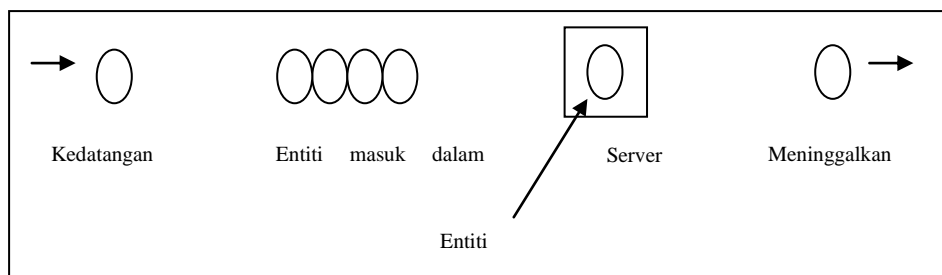
Makro adalah predikat yang dipakai untuk mewakili ekspresi, kumpulan pernyataan dan fungsi atau teks apapun yang sifatnya sering digunakan dalam model. Nama dari makro yang bersangkutan dapat menggantikan serangkaian teks pada bagian manapun dari model dan sesering apapun.

4. Distribusi Terdefinisi (*User Define Distributions*)

Elemen ini digunakan apabila distribusi yang disediakan oleh promodel tidak cukup untuk mewakili data, dengan menspesifikasikan parameter dari distribusi probabilitas diskrit maupun kontinu.

2.2 Teori Antrian

Antrian terjadi apabila kebutuhan akan pelayanan melebihi kapasitas yang dapat disediakan, sehingga menghasilkan antrian. Masalah tersebut dapat terjadi pada berbagai keadaan. Sebagai contoh Kendaraan menunggu lampu lalu lintas, para penumpang menunggu bis, para pelanggan menunggu di kasir bank, pesawat terbang menunggu ijin terbang, dan proses produksi menunggu bahan baku. Dalam jangka panjang kemacetan akan menyebabkan penumpukan yang akan mengakibatkan pemborosan biaya baik untuk bisnis maupun perorangan yang menunggu pada antrian. Teori antrian dipelopori oleh seorang berkebangsaan Denmark bernama A. K. Erlang pada sebuah perusahaan telepon lebih dari 50 tahun yang lalu. (Hicks, 1994). Ia memperhatikan sebuah fungsi kerapatan probability sebagai sebuah fungsi yang ia anggap berguna dalam menentukan antar kedatangan telepon. Gambaran sederhana dari sistem antrian adalah antrian dengan server tunggal seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.3. Sistem Antrian

Sistem antrian terdiri dari beberapa komponen dasar. Unit yang memasuki sistem disebut pelanggan (*customer*) yang datang dari *calling population* (sumber kedatangan) dan kemudian akan berada dalam suatu jalur pelayanan (*queue*). Pelanggan dalam antrian dilayani oleh pelayan (*server*) menurut aturan yang ada yaitu disiplin antrian atau disiplin pelayanan (*queue discipline*). Pelayanan diberikan oleh mekanisme pelayanan atau fasilitas pelayanan. Pelanggan yang telah menerima pelayanan meninggalkan sistem. Seluruh komponen pada sistem pelayanan mempunyai sifat-sifat yang spesifik.

Sumber kedatangan dapat berupa tak terbatas maupun terbatas. Jika ukuran dari sumber kedatangan sangat besar dan tidak mudah diidentifikasi kita katakan sebagai tak terbatas. Tetapi jika sumber kedatangan kecil dan mudah diidentifikasi dan dapat dihitung dengan tepat, bila kedatangan suatu pelanggan mengubah kemungkinan kedatangan pelanggan lainnya, sumber kedatangan dapat diartikan sebagai terbatas.

Proses kedatangan digambarkan sebagai tingkat kedatangan dapat secara acak, ataupun deterministik. Pembahasan pada antrian di sini difokuskan pada kedatangan yang acak.

Ada 3 komponen dasar dari sistem antrian, yaitu kedatangan entiti ke dalam sistem, antrian itu sendiri dan fasilitas pelayanan. Masing-masing komponen tersebut memiliki beberapa karakter yang mesti diperhatikan sebelum membuat suatu model dari teori antrian.

1. Karakteristik kedatangan

Karakteristik yang dimiliki kedatangan adalah ukuran dari populasinya apakah terbatas (*finite*) atau tidak terbatas (*infinite*), karakteristik yang kedua adalah pola kedatangan dari entitas yang biasanya terjadi secara acak dan tidak

dapat diprediksi secara tepat, biasanya dalam perhitungan digunakan suatu distribusi probabilitas tertentu, karakteristik lainnya adalah perilaku dari entitas dalam kedatangan. Dalam model antrian biasanya entitas diasumsikan sebagai entitas yang sabar. Dalam kenyataannya tidak demikian, ada entitas yang tidak bersedia mengikuti suatu antrian karena antrian dianggap terlalu panjang, hal demikian disebut *balking*. Sedangkan *reneging* adalah entitas yang masuk ke dalam sistem, namun tidak sabar lalu pergi meninggalkan antrian.

2. Karakteristik antrian

Antrian itu sendiri merupakan komponen kedua dalam sistem antrian. Karakteristik dari antrian bisa terbatas atau tidak terbatas. Karakteristik antrian yang lain adalah disiplin dari antrian yang menyatakan aturan bagaimana memperlakukan entitas yang masuk dalam antrian. Disiplin antrian dapat berupa *first come first served (FCFS)*, *last come first served (LCFS)*, *service in random (SIRO)*, dan lain sebagainya.

3. Karakteristik fasilitas pelayanan

Komponen ketiga dalam sistem antrian adalah fasilitas pelayanan. Karakteristik fasilitas pelayanan terdiri dari struktur antrian. Struktur antrian terdiri dari berbagai konfigurasi antrian; yaitu fasilitas antrian tunggal pelayanan tunggal, fasilitas antrian tunggal pelayanan jamak, dan fasilitas antrian jamak pelayanan jamak. Karakteristik lain dari fasilitas pelayanan adalah waktu pelayanan yang biasanya dinyatakan dalam suatu distribusi probabilitas tertentu.

Berdasarkan komponen dan karakteristik dari sistem antrian itu terlihat bahwa suatu sistem antrian biasanya memiliki antrian yang meliputi ukuran populasi, tingkat kedatangan, disiplin antrian, tingkah laku kedatangan pada antrian dan waktu pelayanan. *Input* yang diperlukan adalah rata-rata tingkat kedatangan, rata-rata tingkat pelayanan, tipe distribusi probabilitas dan struktur antrian. Sedangkan dalam suatu formulasi antrian akan menghasilkan *output* yaitu jumlah rata-rata pelanggan dalam antrian atau sistem, rata-rata waktu yang dihabiskan dalam antrian atau sistem dan utilitas dari sistem.

Asumsi yang diperhatikan dalam memodelkan suatu antrian adalah distribusi probabilitas dan tingkat kedatangan dan pelayanan yang berasal dari tingkat kedatangan dan pelayanan berasal dari suatu distribusi probabilitas

tertentu dan tidak berubah-ubah. Sistem dianggap dalam kondisi stabil (steady state) dan variabel random yang dibangkitkan harus independen.

2.3 Sekilas Mengenai Teknik Transportasi

2.3.1 Jarak dan Waktu Antara

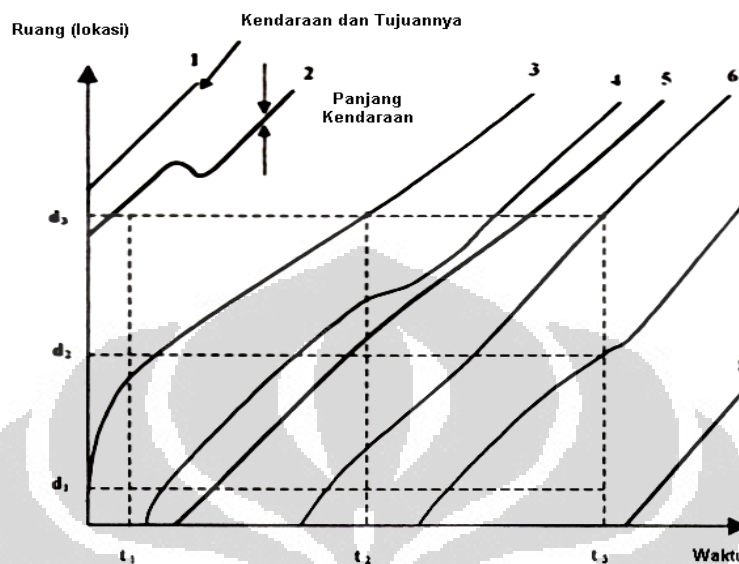
Ruang (*space*) dapat diatur baik dalam batasan jarak maupun waktu, yang disebut sebagai jarak antara (*distance headway*) dan waktu antara (*time headway*). Jarak dan waktu antara ini sangat penting bagi seluruh operasi dan kontrol lalu lintas, dan manuver kendaraan termasuk menyalip, pindah jalur dan pergerakan di persimpangan jalan. Pada saat kendaraan yang bergerak cepat mendekati kendaraan yang bergerak lebih lambat, pengemudi yang di belakang pada saat kritis dan memutuskan untuk mengurangi kecepatan sampai mendekati nol dan membuntuti, atau pindah jalur dan menyalip jika terdapat ruang yang cukup pada jalur didekatnya. Ruang antara dari pengemudi yang berikutnya terpengaruh oleh kendaraan sebelumnya disebut sebagai rintangan antara (*interference headway*).

Pada satu jalan dua jalur dua arah, antrian kendaraan akan terbentuk dibelakang kendaraan yang berjalan lambat sesegera mungkin ruang antara pada jalur yang berlawanan turun dibawah kebutuhan minimum untuk menyalip. Dapat pula dilihat arus bahwa jika arus meningkat, proporsi ukuran ruang antara yang pantas di atas batas yang diperlukan akan berkurang. Dengan kata lain, peningkatan aliran pada setiap jalur membutuhkan lebih banyak kecepatan individual, tetapi ada kemampuan penurunan *gap* (jarak) ruang antara yang tersedia untuk melayani hal tersebut. Pembatasan jarak pandangan vertikal dan horisontal serta formasi antrian pendek lebih lanjut akan mengurangi kesempatan-kesempatan sebab dibutuhkan ruang antara yang lebih besar (Hobbs, 1995).

2.3.2 Diagram Waktu-Ruang

Salah satu cara untuk menganalisa arus kendaraan adalah dengan diagram waktu-ruang. Diagram waktu-ruang merupakan suatu gambaran gerakan semua kendaraan pada suatu jalur gerak, dimana ditunjukkan lokasi setiap kendaraan pada suatu jalur gerak, dimana ditunjukkan lokasi kendaraan dalam bentuk fungsi dari waktu. Pada **gambar 2.4.** dapat dilihat diagram ruang-waktu, dimana sumbu

vertikal menunjukkan lokasi sepanjang jalur gerak (ruang) dan sumbu horisontal menunjukkan waktu.



Gambar 2.4. Diagram Ruang-Waktu

(Sumber : Hobbs, 1995)

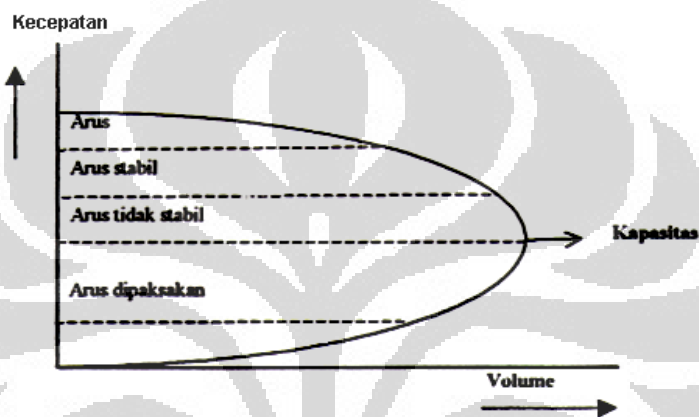
Pada **gambar 2.4.** tersebut menunjukkan delapan kendaraan. Pada kendaraan dengan label 1 bergerak dengan kecepatan konstan, sehingga garis yang menunjukkan gerakannya mempunyai kemiringan konstan pula. Lebar garis 1 ini sesuai dengan panjang kendaraan. Kendaraan dengan label 2 yang mengikuti 1 pada mulanya berjalan dengan kecepatan konstan, kemudian diperlambat, berhenti untuk waktu yang singkat dan akhirnya bergerak dipercepat lagi. Lebar garis ini lebih besar dari besar untuk kendaraan 1, yang berarti kendaraan lebih panjang dari kendaraan 1. Demikian juga dengan kendaraan lain diperlihatkan dengan kecepatan yang berbeda (Morlok, 1991).

Diagram waktu-ruang memperlihatkan semua gerakan kendaraan pada suatu jalur gerak yang menuju persimpangan dengan lampu lalu lintas.

2.3.3 Kapasitas

Kapasitas jalan dapat didefinisikan sebagai volume kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu ruas jalan persatuan waktu dalam kondisi tertentu.

Besarnya kapasitas jalan tergantung khususnya pada lebar jalan dan gangguan terhadap arus lalu lintas yang melalui jalan tersebut, (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999). Kapasitas jalan akan sangat bergantung kecepatan, volume dan kepadatan dari lalu lintas disuatu ruas jalan tertentu. Semakin banyak kendaraan di jalan maka akan terjadi penurunan kecepatan dari rata-rata kendaraan di jalan tersebut. Hubungan kecepatan dan volume dapat dikelompokkan kedalam beberapa kelompok seperti ditunjukkan dalam **gambar 2.5**.



Gambar 2.5. Hubungan Arus Kecepatan dengan Volume Arus Lalu Lintas

(Sumber : Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)

Adapun kapasitas lengan pada suatu persimpangan bersinyal sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu nilai arus jenuh, waktu hijau efektif, dan waktu siklus yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$C = S \cdot \frac{g}{c} \quad (\text{IHCM, 1997}) \quad (2.1)$$

dimana :

- C = kapasitas jalan (smp/jam)
- S = arus jenuh (smp/jam)
- g = waktu hijau efektif (detik)
- c = waktu siklus (detik)

Waktu siklus adalah waktu dari keseluruhan tahapan dimana mencakup didalamnya, waktu hijau, waktu antar hijau (*intergreen* = kuning + merah semua)

dan waktu merah. Sedangkan waktu hijau efektif adalah waktu yang dipergunakan untuk mengalirkan lalu lintas dimana waktu ini ditambahkan dengan waktu kuning.

2.3.4 Konflik Dalam Operasi Persimpangan

Persimpangan adalah pertemuan atau perpotongan dari beberapa ruas jalan baik yang sebidang maupun yang tidak sebidang dan biasanya tidak sebidang dan biasanya berkaitan dengan perpotongan antara lintasan kendaraan dari beberapa arah arus lalu lintas maupun perpotongan antara kendaraan dengan pejalan kaki, dimana hal ini menciptakan beberapa konflik pertemuan arus, sehingga pada persimpangan sangat potensial terjadinya permasalahan lalu lintas.

Pada persimpangan terjadinya konflik-konflik tersebut sangat dipengaruhi jumlah potensial titik konflik yang tergantung dari :

- jumlah arah pergerakan
- jumlah kaki-kaki persimpangan
- jumlah lajur dari setiap kaki persimpangan
- pengaturan persimpangan.

Desain persimpangan bersinyal menyangkut desain geometrik jalan, tipe kontrol lalu lintas, dan fase rencana dan pembagian waktu sinyal. Desain geometrik jalan meliputi tempat penyeberangan, jalan pinggir, jumlah lajur, dan tipe lajur. Tipe kontrol lalu lintas meliputi fase rencana dan pembagian waktu sinyal.

Rancangan persimpangan dilaksanakan untuk mengendalikan kecepatan kendaraan yang melewati persimpangan serta mengendalikan, mengurangi, atau menghilangkan gerakan yang berpotongan. Sasaran yang harus dicapai dalam pengendalian persimpangan antara lain :

1. Mengurangi maupun menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan yang disebabkan adanya titik-titik konflik.
2. Menjaga agar kapasitas persimpangan operasinya dapat optimal sesuai dengan rencana serta meminimalkan tundaan.
3. Harus memberi petunjuk yang jelas dan sederhana, dalam mengarahkan arus lalu lintas yang menggunakan persimpangan.

Metode pengendalian pergerakan pada persimpangan diperlukan agar kendaraan yang melakukan gerakan konflik tersebut tidak akan saling bertabrakan.

Konsep yang utama dalam pengendalian persimpangan adalah sistem prioritas, yaitu suatu aturan untuk menentukan kendaraan yang mana yang dapat berjalan terlebih dahulu. Sistem pengendalian ini didasarkan atas prinsip-prinsip tertentu, yaitu :

- aturan prioritas harus jelas dimengerti oleh setiap pengemudi
- prioritas harus terbagi dengan baik, sehingga setiap orang mempunyai kesempatan untuk bergerak
- prioritas harus terorganisasi, sehingga titik-titik konflik dapat diperkecil
- keputusan-keputusan yang harus dilakukan oleh pengemudi harus dijaga sesederhana mungkin
- jumlah hambatan total terhadap lalu lintas harus sekecil mungkin.

Persimpangan atau pertemuan jalan bisa dibedakan menjadi empat macam yaitu sebagai berikut :

1. Simpang prioritas (*priority intersection*)

Dimana aliran arus lalu lintas kecil, pengendalian pergerakan lalu lintas pada simpang bisa dicapai dengan kontrol prioritas. Bentuk kontrol prioritas adalah kendaraan pada jalan minor memberikan jalan kepada kendaraan pada jalan mayor. Aliran lalu lintas prioritas dapat dirancang dengan memasang tanda berhenti (*stop*), memberikan jalan (*give way*), mengalah (*yield*) atau jalan pelan-pelan pada jalan minor.

2. Simpang bersinyal (*signalized intersections*)

Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna, hijau-kuning-merah, diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu.

3. Bundaran (*rotary gyrotary intersections, roundabout*)

Bundaran atau pulau ditengah persimpangan dapat bertindak sebagai pengontrol, pembagi, pengarah bagi sistem lalu lintas berputar satu arah. Pada cara ini gerakan penyilangan hilang dan digantikan dengan gerakan jalinan. Pengemudi yang masuk bundaran harus memberikan prioritas

kepada kendaraan yang berada disisi kanannya. Tujuan utama bundaraan adalah melayani gerakan yang menerus, namun hal ini tergantung dari kapasitas dan luas daerah yang digunakan.

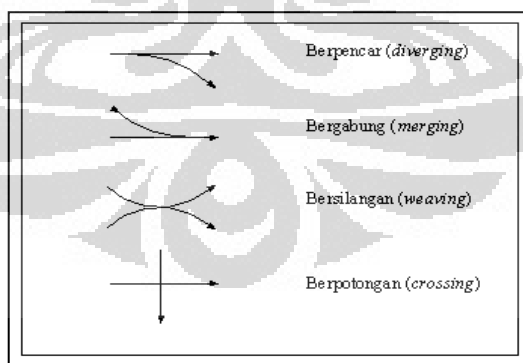
4. Simpang tidak sebidang (*grade separated intersections, interchange*)

Dengan meningkatnya arus lalu lintas, tundaan pada simpang sebidang menjadi berlebihan dan pada arus tingkat tinggi simpang tidak sebidang menjadi diperlukan. Pada simpang tidak sebidang, jalan perpotongan melalui atas atau bawah. Tipe ini membutuhkan tikungan yang besar untuk menyediakan gerakan membelok tanpa berpotongan, sehingga membutuhkan biaya yang tinggi dan daerah atau lahan yang luas. Simpang jenis ini memang sangat penting terutama pada daerah perkotaan.

Terdapat 4 jenis dasar dari alih gerak kendaraan, yaitu :

1. Berpencar (*diverging*).
2. Bergabung (*merging*).
3. Berpotongan (*crossing*).
4. Bersilangan (*weaving*).

Seperti pada **gambar 2.6**. Alih gerak yang berpotongan lebih berbahaya daripada bersilangan, dan secara berurutan lebih berbahaya daripada alih gerak yang bergabung dan berpencar, hal ini disebabkan karena diikuti sertakan kecepatan-kecepatan relatif yang lebih besar.



Gambar 2.6. Jenis-Jenis Dasar Pergerakan

(Sumber : Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999)

2.3.5 Lampu lalu lintas

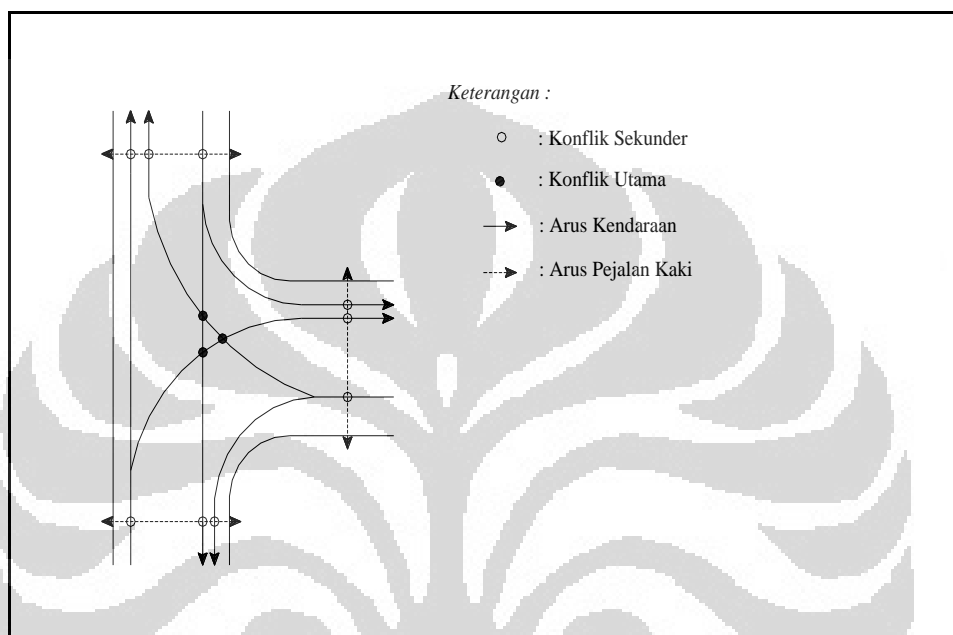
Berdasarkan pengaturan lamanya sinyal, lampu lalu lintas dapat dibedakan menjadi 2 jenis (Papacostas, 1983), yaitu :

1. *Pretimed signal* dimana sinyal yang ada terjadi pada suatu siklus yang tetap tanpa memperhitungkan perubahan arus kendaraan. Umumnya metode ini lebih sering digunakan dalam pengaturan lalu lintas, karena biayanya yang lebih murah. Dalam menghitung lamanya siklus lampu lalu lintas biasanya digunakan metode Webster. Namun kenyataannya hingga kini belum ada teknik atau metode yang benar-benar menghasilkan waktu siklus yang optimal. Metode terbaik biasanya didasarkan atas pengalaman, kebiasaan ataupun *trial and error* (Papacostas, h. 206). Karenanya simulasi bisa digunakan untuk membantu mencari suatu sistem pengaturan lalu lintas yang lebih baik.
2. *Demand actuated signal* dimana sinyal memiliki kemampuan merespon volume kendaraan atau pejalan kaki dalam suatu daerah tertentu. Biasanya metode ini dilengkapi dengan detector dan kontrol logic dalam pengoperasiannya. Metode relative lebih baik, namun biayanya cukup mahal.

Lampu lalu lintas merupakan suatu alat sederhana yang memberikan alternatif pergerakan melalui pemberian prioritas bagi masing-masing pergerakan lalu lintas secara berurutan untuk berhenti maupun berjalan kepada pengemudi dalam suatu periode waktu. Alat pengatur ini menggunakan indikasi lampu hijau (*green*), kuning (*amber*), dan merah (*red*).

Sistem lampu lalu lintas dapat berfungsi aktif untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas pergerakan kendaraan di daerah perkotaan. Sistem lampu lalu lintas merupakan salah satu tindakan untuk mengatur pergerakan arus lalu lintas pada persimpangan, namun sistem lalu lintas bukanlah penangkal dari terjadinya masalah lalu lintas seperti kemacetan, kecelakaan, dan lain-lain. Tujuan dari pemisahan waktu pergerakan ini adalah untuk menghindari terjadinya pergerakan yang saling berpotongan melalui titik-titik konflik pada saat bersamaan konflik yang terjadi tersebut dapat dibedakan menjadi :

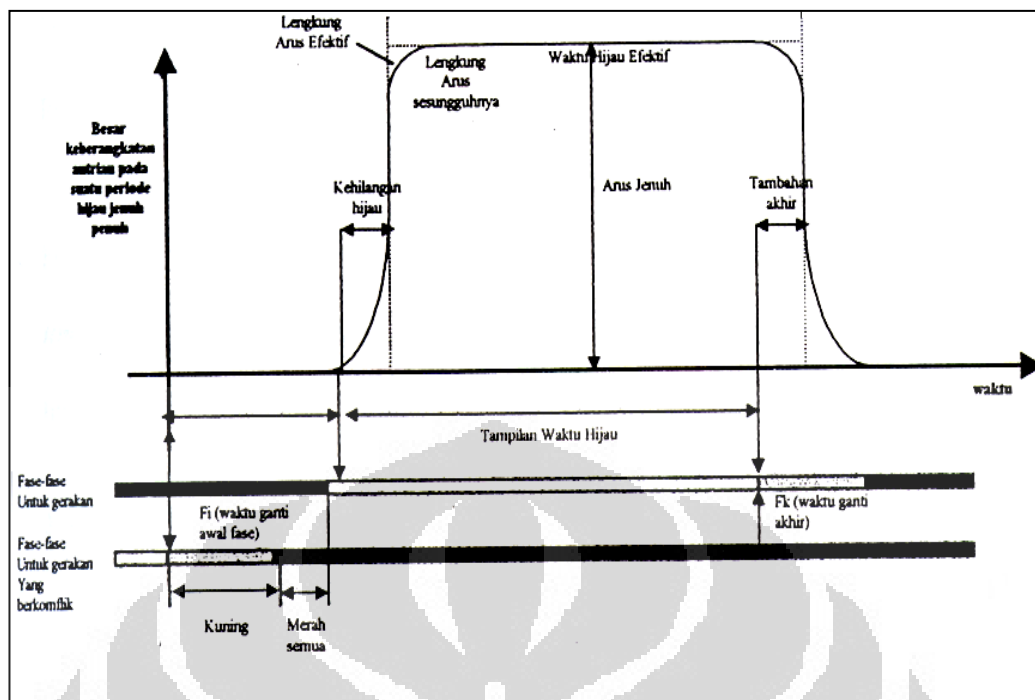
1. Konflik primer (*primary conflict*) yaitu konflik antara arus lalu lintas yang bergerak lurus dari ruas jalan yang saling berpotongan dan termasuk konflik dengan pejalan kaki.
2. Konflik sekunder (*secondary conflict*) yaitu konflik antara arus lalu lintas yang membelok kanan dengan arus lalu lintas yang bergerak lurus atau yang berbelok kiri dengan pejalan kaki.



Gambar 2.7. Konflik-konflik yang Terjadi pada Simpang Tiga

2.3.6 Karakteristik Pergerakan Kendaraan di Persimpangan

Karakteristik meliputi tundaan (*delay*), arus jenuh (*saturation flow*), waktu hijau (*effective green time*), waktu hilang (*lost time*), waktu antar hijau (*intergreen*), dan waktu siklus. Karakteristik ini menurut IHCM (1997), digambarkan sebagai model dasar. Hal ini dapat dilihat pada **gambar 2.8**.



Gambar 2.8. Karakteristik Pergerakan Kendaraan di Persimpangan

(Sumber : IHCM, 1997)

2.3.7 Arus Jenuh

Iskandar dkk, (1997) menjelaskan bahwa arus jenuh adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melalui mulut persimpangan persatuan waktu hijau pada saat lalu lintas jenuh (*saturated*), satuan yang digunakan dalam penetapan arus jenuh yaitu smp per-jam waktu hijau. Arus jenuh biasanya diukur pada garis henti (*stop line*) selama sinyal hijau ketika arus dilewatkan pada pendekat yang diamati.

Besarnya nilai arus jenuh pada suatu persimpangan berlampu lalu lintas tidaklah sama pada setiap persimpangan, ada beberapa hal yang mempengaruhi besarnya arus jenuh tersebut, yakni :

- tanjakan atau penurunan pada kaki persimpangan
- komposisi lalu lintas
- jarak henti tempat parkir dari garis henti
- ada tidaknya lalu lintas yang membelok kekanan yang berpapasan dengan lalu lintas dari arah yang berlawanan
- adanya gesekan samping (hambatan samping).

Adapun secara lengkapnya, nilai arus jenuh dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$S = S_o \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_p \times F_{lt} \times F_{rt} \text{ (IHCM, 1997)} \quad (2.2)$$

$$S_o = 600 \times W_e \text{ (IHCM, 1997)} \quad (2.3)$$

dimana :

- S = Arus jenuh (smp/waktu hijau efektif)
- S_o = Arus jenuh dasar (smp/ waktu hijau efektif)
- F_{cs} = Faktor koreksi arus jenuh akibat ukuran kota (jumlah penduduk)
- F_{sf} = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya gangguan samping yang meliputi tipe lingkungan jalan dan kendaraan tidak bermotor
- F_g = Faktor koreksi koreksi arus jenuh akibat kelandaian jalan
- F_p = Faktor koreksi arus jenuh akibat adanya kegiatan perparkiran dekat dengan lengan perparkiran
- F_{lt} = Faktor koreksi kapasitas akibat adanya pergerakan belok kiri
- F_{rt} = Faktor koreksi kapasitas akibat adanya pergerakan belok kanan
- W_e = Lebar kaki persimpangan yang digunakan untuk mengalirkan kendaraan (meter)

2.3.7.1 Arus Jenuh Dalam Model Dasar

Seperti pada **gambar 2.8.**, menunjukkan keadaan yang terjadi bila suatu antrian kendaraan yang tertahan oleh tanda lampu merah pada suatu jalan pendekat, kemudian mendapat hak jalan.

Pada mulanya, kendaraan-kendaraan melakukan percepatan sampai mencapai kecepatan normal, kemudian laju kendaraan berangsur-angsur berkurang dan menjadi konstan dan disebut sebagai arus jenuh, yaitu laju lalu lintas keluar (mulai berjalan setelah berhenti pada lampu merah) maksimum yang dapat dipertahankan. Dengan menganggap terdapat jumlah kendaraan yang cukup banyak dalam antrian untuk berjalan keluar pada waktu lampu hijau, kendaraan-kendaraan akan terus berjalan keluar pada arus jenuh ini sampai waktu hijau habis. Beberapa kendaraan akan lewat melalui lampu kuning, tetapi laju pengeluaran akan turun sampai nol.

Selang waktu diantara permulaan menyala hijau dan permulaan waktu hijau efektif disebut *start lost time*. Jumlah dari waktu antar hijau dan *start lost time* disebut *start lag*. Selang waktu diantara akhir nyala hijau dengan akhir waktu hijau efektif disebut *end lag* atau *end gain*.

2.3.8 Terminologi Dalam Sinyal Lalu Lintas

2.3.8.1 Waktu Hijau Efektif

Dalam model dasar, luas dibawah kurva menyatakan jumlah kendaraan yang keluar dari antrian selama periode tersebut, maka bilangan yang dihasilkan adalah jalur lampu hijau efektif. Ini lebih kecil dibandingkan waktu hijau ditambah waktu kuning, yaitu luas dibawah kurva digantikan oleh segi empat yang luasnya sama. Dengan menganggap bahwa lewatnya kendaraan tetap sama tetapi arus mengalir pada laju yang konstan selama periode hijau yang efektif. Permulaan arus berangkat menyebabkan terjadinya apa yang disebut sebagai 'Kehilangan awal' dari waktu hijau efektif, arus berangkat setelah akhir waktu hijau menyebabkan suatu 'Tambahan akhir' dari waktu hijau efektif. Dari gambar 2.7 besarnya waktu hijau efektif dapat dihitung sebagai Waktu Hijau Efektif = Tampilan waktu hijau – Kehilangan awal + Tambahan akhir.

2.3.8.2 Waktu Hilang

Pengertian waktu hilang menurut Hobbs (1995), adalah waktu hilang untuk pergerakan pada awal saat kendaraan mulai manuver bergerak setelah mendapat hak jalan pada saat lampu hijau menyala. Besarnya waktu hilang bervariasi, tergantung pada kondisi tempat dan faktor-faktor lain. Pada umumnya besarnya sekitar 2 detik, namun dapat berkisar 0 sampai 8 detik pada tempat-tempat yang sulit atau pengemudi-pengemudi yang bereaksi lamban.

2.3.8.3 Waktu Antar Hijau

Waktu antar hijau adalah selang waktu antara periode hijau dari suatu fase dengan permulaan periode hijau dari fase yang berikutnya. Waktu antar hijau terdiri dari periode kuning (*amber*) dan periode semua merah (*all-red*).

2.3.8.4 Waktu Siklus

Panjang waktu siklus dari suatu sistem pengoperasian lampu lalu lintas dengan waktu yang tetap sangat tergantung pada kondisi lalu lintas. Persimpangan yang padat lalu lintasnya memerlukan waktu siklus yang lebih panjang daripada persimpangan yang lalu lintasnya jarang. Untuk suatu kondisi arus lalu lintas yang ada, setiap durasi waktu siklus mempengaruhi *delay* rata-rata dari kendaraan yang melewati persimpangan. Apabila waktu siklus amat pendek, proporsi dari waktu siklus yang terpakai untuk hilang (*lost time*) pada periode antar (*intergreen*) saat *starting delay* adalah tinggi, akan mengakibatkan pengendalian lalu lintas tidak efisien serta *delay* yang berkepanjangan. Sebaliknya bila waktu siklus terlalu panjang, kendaraan-kendaraan yang menunggu akan melewati garis stop selama bagian permulaan waktu hijau dan selanjutnya hanyalah kendaraan-kendaraan yang datang kemudian, dengan jarak kedatangan yang panjang. Oleh karena tingkat pengaliran atau pengeluaran arus jenuh yang terbesar adalah selama terdapat antrian pada pendekatan (*approach*), maka waktu siklus yang terlalu panjang akan mengakibatkan pengoperasian lampu lalu lintas tidak efisien (Hobbs, 1995).

2.3.8.5 Fase

Fase adalah urutan pergerakan kendaraan yang diterapkan pada satu atau lebih arus lalu lintas, dimana selama pengulangan sinyal arus-arus tersebut menerima perintah yang sama secara simultan. Sinyal dapat terdiri dari 2,3, atau 4 phase, tergantung pada komposisi dan arah dari arus lalu lintas serta jalur pergerakan maupun layout persimpangan. Jumlah phase sedapat mungkin diminimalkan karena setiap penambahan jumlah phase akan memperpanjang waktu ulang sehingga antrian yang terjadi akan semakin bertambah.

2.3.9 Metode Pengukuran Arus Lalu Lintas

Dalam pengukuran arus lalu lintas ada 4 metode pengukuran (Morlok dan Hainim, 1985), yaitu :

1. Pengukuran dari satu titik (*Point Method*)

Metode pengukuran pada satu titik dilakukan dengan cara menghitung kendaraan yang melewati satu titik tertentu dalam jangka waktu tertentu. Metode ini merupakan metode yang paling awal digunakan.

2. Pengukuran pada satu penggal jalan (*Section Method*)

Metode pengukuran pada satu penggal jalan dilakukan dengan cara memasang detector pada dua titik tersebut. Pada metode ini didapat satu variabel lain selain dari jumlah kendaraan per satuan waktu yaitu kecepatan. Hal ini di dapat karena dengan melewati dua titik itu maka akan terjadi selang waktu diantaranya sehingga kecepatan dapat diukur.

3. Pengukuran sepanjang jalan yang diamati (*Along a Length*)

Metode ketiga ini adalah pengukuran sepanjang jalan yang diamati. Hal ini dilakukan dengan memasang kamera video di sebuah gedung yang tinggi atau menara sehingga seluruh sistem yang diamati akan terekam. Dengan metode ini didapat lagi sebuah variabel baru selain kecepatan yaitu kepadatan. Kepadatan didapat dengan menghitung jumlah kendaraan pada saat tertentu (dengan foto) dan dihitung kepadatannya per satuan panjang jalan.

4. Pengukuran dengan pengamat yang bergerak (*Moving Observer*)

Metode keempat adalah dengan cara pengamat yang bergerak. Metode ini dilakukan dengan cara masuk ke dalam arus lalu lintas bergerak mengikuti arus tersebut. Metode ini tidak dapat menggambarkan data yang spesifik tapi hanya memberikan data kuantitatif saja.

2.4 Statistik

2.4.1 Probabilitas

Probabilitas merupakan bagian dari kehidupan sehari-hari, hal ini karena kita hidup di dalam dunia dimana kita tidak dapat menentukan suatu keluaran sistem dengan suatu kepastian. Misalnya kita mendengar ramalan cuaca bahwa besok akan hujan, maka kita segera bersiap membawa payung, namun kenyataannya yang terjadi tidak hujan. Hal ini terjadi karena peramalan cuaca tersebut didasarkan atas pengalaman yang terjadi sebelumnya.

Untuk menghadapi ketidakpastian ini maka berkembanglah teori probabilitas. Teori probabilitas merupakan teori yang pertama kali dikembangkan

oleh Jacob Bernoulli untuk memprediksi keluaran dalam permainan judi dan akhirnya berkembang hingga kini dan dapat digunakan untuk mempelajari sistem lalu lintas. Penggunaan teori probabilitas dalam hal ini adalah untuk mengetahui probabilitas rute yang akan dipilih oleh pengendara, apakah lurus ataukah belok.

Dalam teori probabilitas kejadian adalah suatu subset dari ruang sampel. Kejadian didefinisikan suatu kondisi yang terjadi dalam eksperimen. kejadian biasanya dinotasikan dengan huruf besar seperti A, B, dan sebagainya. Operasi yang dilakukan pada kejadian antara lain gabungan ($A \cup B$), perpotongan ($A \cap B$), atau komplemen (E^c) (selain E). Probabilitas adalah kejadian relative yang terjadi saat melakukan eksperimen. $P(E)$ adalah notasi probabilitas kejadian E terjadi dan bernilai 0 dan 1. Kadang kejadian satu terjadi dan diikuti dengan kejadian lainnya $P(E/F) = P(E \cap F) / P(F)$, kejadian E dan F dikatakan saling bebas jika $P(E \cap F) = P(E) P(F)$.

2.4.2 Pengertian Populasi, Sampel, dan Distribusi Teoritis

Populasi merupakan keseluruhan unsur yang memiliki satu atau beberapa ciri atau karakteristik yang sama. Perumusan populasi tidak terbatas pada populasi yang terdiri dari benda atau manusia tertentu, tetapi juga dapat berupa populasi yang terdiri dari nilai-nilai kuantitatif yang diperoleh dari hasil pengukuran atau observasi dari satu atau beberapa ciri dari unsur-unsur populasi yang terdiri dari benda-benda atau manusia itu sendiri. Salah satu tujuan utama statistik adalah melakukan pendugaan terhadap populasi atau karakteristiknya. Pada umumnya penelitian terhadap populasi dilakukan dengan cara sampel yaitu melakukan observasi terhadap sebagian dari keseluruhan populasi. Dalam memilih sampel umumnya dilakukan secara sistematis yaitu berdasarkan suatu sistem tertentu, atau secara random yaitu cara pemilihan sampel dimana tiap unsure dalam populasi mempunyai kesempatan yang sama untuk terpilih dan satu sama lain bersifat independen.

Sampel sendiri dapat diartikan sebagai wakil dari populasi. Hal ini dilakukan dengan mengambil sebagian dari anggota populasi untuk diukur karakteristiknya dan kemudian digunakan sebagai populasi. Dengan demikian sampel dapat mempresentasikan populasi yang sesungguhnya. Sampel harus

disusun dalam suatu distribusi probabilistic yang dapat mewakili keseluruhan populasi data. Pada distribusi ini diperlukan uji kesesuaian melalui uji statistik formal atau secara sederhana dengan pendekatan grafis dengan cara membandingkan histogram data dan distribusi teoritis. Pada uji ini akan mengukur dan menilai deviasi distribusi sampel dibandingkan dengan teoritisnya.

Pemilihan suatu unsur dasar atau observasi dari suatu populasi akan menghasilkan sembarang kejadian dari sejumlah kejadian yang mungkin dapat terjadi. Maka pemilihan secara random sejumlah n unsur dari suatu populasi sebenarnya terdiri dari sejumlah n percobaan dari suatu eksperimen random, yang hasilnya merupakan nilai-nilai sampel. Misalnya A adalah sembarang nilai yang diperoleh dari pemilihan suatu sampel random sebesar satu dari suatu populasi yang telah dispesifikasikan. Kalau A dapat menyatakan sembarang nilai-nilai yang mungkin terjadi dan nilai-nilai tersebut tidak semuanya sama, maka nilai A dapat dianggap sebagai suatu kuantitas variabel yang nilainya tergantung pada hasil eksperimen random itu sendiri dan disebut sebagai variabel random. Variabel random dapat bersifat diskrit atau kontinu. Variabel diskrit hanya dapat dinyatakan dengan nilai-nilai yang terbatas jumlahnya. Sedangkan variabel kontinu dapat dinyatakan oleh semua nilai dalam suatu *range* interval tertentu. Dalam proses sampel secara aktual, harga-harga variabel diskrit memiliki atribut atau ciri yang ingin diketahui. Sedangkan variabel kontinu didapat dari hasil pengukuran ciri-ciri unsur populasi atas dasar skala yang kontinu, sehingga dapat diasumsikan bahwa jumlah unsur populasinya memang tidak terbatas. Populasi kontinu demikian dapat digunakan sebagai dasar pendekatan terhadap distribusi actual yang diskrit agar datanya sendiri dapat dimanipulasi secara matematis.

Distribusi frekuensi relatif dari hasil observasi variabel random X yang diskrit merupakan distribusi empiris. Sedangkan distribusi teoritis atau distribusi populasi variabel random merupakan bentuk batas bagi distribusi empiris jika besarnya sampel ditambah sampai dengan tidak terhingga. Artinya jika observasi dilakukan secara berulang-ulang dalam jumlah yang tidak terhingga maka distribusi frekuensi relative empiris akan mendekati distribusi frekuensi relatif teoritisnya.

Variabel random X dapat dinyatakan dengan sembarang nilai yang mungkin timbul dalam observasi yaitu $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ dengan probabilitas $f(X_1), f(X_2), f(X_3), \dots, f(X_k)$ dimana $f(X_1) + f(X_2) + f(X_3) + \dots + f(X_k) = 1$. Distribusi variabel random X dapat dianggap sebagai distribusi frekuensi relative teoritis dari sebuah sampel yang pengukurannya dapat berupa suatu himpunan variabel diskrit ataupun variabel kontinu dari serangkaian data.

Apabila dari suatu populasi tidak dapat ditentukan parameter-parameter yang diperlukan untuk menentukan distribusi sampel yang diambil dari populasi tersebut maka dapat digunakan *maximum likelihood estimators* (MLE). Apabila $f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ merupakan fungsi kepadatan bersama dari $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, suatu sampel random yang diambil dari suatu populasi dengan parameter θ adalah nilai θ yang membuat fungsi kepadatan bersama, suatu fungsi yang dianggap sebagai fungsi dari θ , untuk $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ yang tetap. Prinsip dari MLE apabila diterapkan untuk pendugaan, ialah memilih penduga, yang membuat probabilitas untuk memperoleh sampel yang diobservasi menjadi maksimum. Berikut akan disajikan sejumlah distribusi yang nantinya akan diuji dalam uji kesesuaian data untuk menentukan distribusi dari sampel yang diambil dalam pelaksanaan studi. Pemilihan distribusi didasarkan pada kenyataan bahwa variabel random dari sampel adalah kontinu, ketersediaan parameter dari populasi dan MLE untuk pendugaan parameter yang tidak diketahui dari populasi.

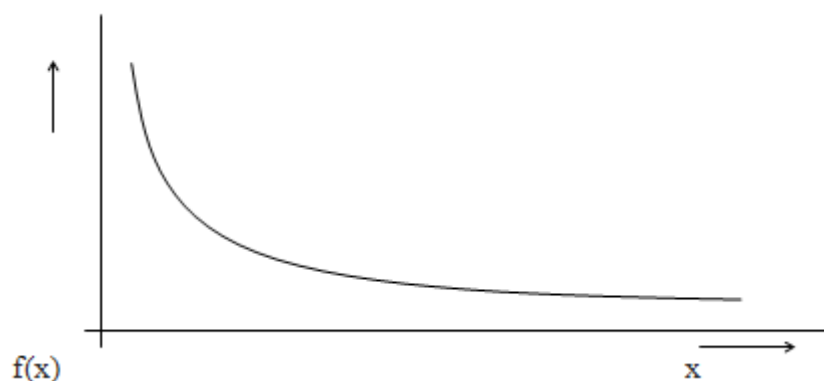
2.4.2.1 Distribusi Eksponensial

Salah satu distribusi kemungkinan yang digunakan secara luas untuk waktu antar kedatangan (waktu antara dua kedatangan yang sukses) adalah distribusi eksponensial. Diketahui untuk beberapa sistem antrian distribusi eksponensial dapat menyediakan data observasi aktual yang tepat. Selain itu juga harus dipertimbangkan waktu pelayanan terdistribusi secara eksponensial.

Distribusi kemungkinan eksponensial didefinisikan sebagai variabel X random yang berlanjut dengan parameter r dan dengan fungsi densitas kemungkinan $f(x)$ yang diberikan sebagai :

$$f(x) = r \cdot e^{-rx} \quad (x \geq 0) \quad (2.4)$$

Hal tersebut ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.9. Distribusi Eksponensial

Untuk distribusi eksponensial dengan parameter r , nilai yang diharapkan $E(x)$, adalah sebagai berikut :

$$E(x) = 1/r \quad (2.5)$$

Variansi $V(x)$, diberikan sebagai berikut :

$$V(X) = 1/r^2 \quad (2.6)$$

$F(x)$, densitas fungsi kemungkinan kumulatif untuk distribusi eksponensial rumusnya sebagai berikut:

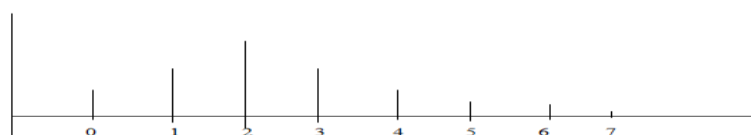
$$F(X) = 1 - e^{-rx} \quad (x > 0) \quad (2.7)$$

2.4.2.2 Distribusi Poisson

Besar kemungkinan jumlah kedatangan untuk setiap periode yang diberikan untuk berbagai proses pada kehidupan nyata pada umumnya adalah terdistribusi secara Poisson. Didefinisikan sebagai variabel acak Y dengan parameter λ dan dengan fungsi distribusi kemungkinan $p(y)$ yang dirumuskan sebagai berikut:

$$P(y) = P(Y=y) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^y}{y!} \quad y=0, 1, 2, 3, \dots \quad (2.8)$$

Hal ini ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.10. Distribusi Poisson

Untuk distribusi Poisson dengan parameter r , nilai yang diharapkan, $E(Y)$ dirumuskan sebagai :

$$E(Y) = r \quad (2.9)$$

Variansi $V(Y)$, dirumuskan :

$$V(Y) = r \quad (2.10)$$

2.4.2.3 Distribusi Uniform

Notasi $U(a,b)$ digunakan untuk data yang nilainya bervariasi secara acak diantara nilai a dan b .

Fungsi densitas

$$f_X(x_i) = \begin{cases} 1/(b-a) & \text{jika } a \leq x_i \leq b \\ 0 & \text{selain daripada itu} \end{cases} \quad (2.11)$$

Fungsi distribusi

$$F_X(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x_i \leq a \\ (x-a)/(b-a) & \text{jika } a \leq x_i \leq b \\ 1 & \text{jika } b \leq x_i \end{cases} \quad (2.12)$$

Parameter a dan b merupakan bilangan riil dengan nilai $a < b$, adalah parameter lokasi dan $b-a$ adalah parameter skala.

Range $[a,b]$

Rata-rata :

$$(a+b)/2 \quad (2.13)$$

Varians :

$$(b-a)^2/12 \quad (2.14)$$

Modus tidak eksis secara unik

MLE untuk a adalah x_i minimum dan MLE untuk b adalah x_i maksimum.

2.4.2.4 Distribusi Normal

Notasi $N(\mu, \sigma^2)$

Fungsi densitas

$$f_X(x_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (2.15)$$

untuk semua bilangan riil x

Fungsi distribusi tidak ada dalam bentuk yang mendekati sehingga dianggap :

$F_X(x_i)$ = luas area di bawah kurva distribusi normal yang bersesuaian dengan nilai

$$z = (x_i - \mu) / \sigma \quad (2.16)$$

Parameter Parameter lokasi $\mu \in (-\infty, \infty)$; parameter skala $\sigma > 0$

Range $[-\infty, \infty]$

Rata-rata μ

Varians σ^2

Modus μ

MLE untuk μ adalah $\bar{X}(n)$ dan untuk

$$\sigma = \left[\frac{n-1}{n} S^2(n) \right]^{1/2} \quad (2.17)$$



BAB III METODE PENELITIAN

Bab 3 berisi tentang metode penelitian ini yaitu dimulai dari pengumpulan data dan dilanjutkan dengan pengolahan data. Metode penelitian yang dibahas penentuan lokasi titik kemacetan, data-data yang dikumpulkan dan akan dimasukkan dalam model simulasi, dan proses pengolahan data dengan menggunakan SPSS dan ProModel

3.1 Penentuan Lokasi Kemacetan

3.1.1 Traffic Management Centre

Seiring dengan meningkatnya tuntutan masyarakat akan pelayanan Polri yang professional, Direktorat Lalu Lintas Polda Metro Jaya terus berusaha menyempurnakan dan mengembangkan kemampuannya dalam memberikan perlindungan, pengayoman, dan pelayanan terhadap masyarakat. Oleh karena itu Direktorat Lalu Lintas Polda Metro Jaya berusaha memenuhi harapan masyarakat tersebut dengan memanfaatkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam kegiatannya. Kebijakan Kepala Kepolisian Daerah Metropolitan Jakarta Raya tentang peningkatan pelayanan Polisi Lalu Lintas terhadap masyarakat oleh Direktorat Lalu Lintas Polda Metro Jaya diwujudkan dalam suatu system yang terintegrasi dalam suatu ruangan yang dilengkapi dengan teknologi computer yang dinamakan dengan *Traffic Management Centre*. Teknologi yang digunakan merupakan teknologi multimedia yang diintegrasikan dengan teknologi GPS sebagai sarana penunjangnya. *Traffic Management Centre* sendiri mulai dibentuk sejak tahun 2005.



Gambar 3.1. Logo *Traffic Management Centre*

Adapun tujuan dibentuknya *Traffic Management Centre* ini adalah sebagai berikut :

- sebagai pelayanan “quick response time” secara professional
- sebagai pelayanan penegakan hukum
- sebagai pusat informasi bagi polri dan juga masyarakat.

Ada beberapa macam program yang secara rutin maupun berkala yang dilakukan oleh *Traffic Management Centre*, yaitu antara lain :

1. Pelayanan “*Quick Response Time*” secara professional terhadap masyarakat.
2. Analisa pelanggaran dan kecelakaan lalu lintas (*Black Spot*).
3. Pusat informasi SIM,STNK,BPKB bagi Polri dan masyarakat.
4. Pusat informasi kegiatan dan kemacetan lalu lintas.
5. Pusat informasi Hilang Temu Kendaraan Bermotor.
6. Pusat kendali Patroli Ranmor dalam mewujudkan keselamatan dan Kamtibmas Lancar.
7. Pusat Informasi kualitas baku mutu udara.
8. Pusat pengendalian lalu lintas.

Dalam kegiatannya, tugas para awak ruangan *Traffic Management Centre* dititik beratkan sebagai Pusat Komando dan Pengendalian Operasional Kepolisian bidang Lalu Lintas. Seluruh data dari kewilayahan ditampung di ruangan dan kemudian diaolah untuk siap disajikan dan dilaporkan. Pengendalian data dilakukan dengan teknologi berikut ini :

- GPS (Global Positioning System)
- CCTV (Closed Circuit TeleVision)
- SMS (Short Messaging Service)
- Internet Service (Website)
- Identification Service (SIM, STNK , dan BPKB)
- Traffic Accident Service (Pelayanan Infomasi Laka Lantas)
- Law Enforcement Service (Pelayanan Penegakkan Hukum)
- Teleconference (Teknologi Konferensi Jarak Jauh)
- Faximilie
- Telepon Bebas Pulsa 112 (Hunting)

Sistem kerja dari *Traffic Management Centre* adalah menyusun suatu laporan berdasarkan laporan masyarakat, dimana masyarakat dapat menginformasikan segala sesuatu yang berhubungan dengan masalah lalu lintas melalui telepon (021-5276001), faximile (021-5276004), sms (1717), radio (Radio Suara FM 107,8 FM), dan internet (www.lantas.metro.polri.go.id). Laporan ini akan digunakan sebagai bahan analisa dan evaluasi (Anev) dan dikeluarkan secara rutin per minggu untuk dapat dijadikan bahan masukan bagi semua pihak. Laporan ini terdiri dari laporan data pengaduan masyarakat dan juga data laporan yang terbagi menjadi 2 bagian, yaitu masalah lalu lintas dan masalah di luar lalu lintas. Berikut ini adalah data laporan masyarakat yang masuk ke *Traffic Management Centre* mulai dari tahun 2005 sampai dengan tanggal 14 Maret 2009 (sampai dengan data diperoleh penulis) :

Tabel 3.1. Laporan Masyarakat Kategori Masalah di Luar Lalu Lintas

NO.	MASALAH LALU LINTAS	DESKRIPSI
1	LAKA	Laporan masyarakat menginformasikan kecelakaan lalu lintas
2	LANGGAR	Laporan masyarakat menginformasikan pelanggaran
3	MACET	Laporan masyarakat menginformasikan kemacetan lalu lintas
4	PELAYANAN SIM	Lokasi SIM keliling dan persyaratannya
5	PELAYANAN STNK	Lokasi STNK keliling dan persyaratannya
6	PELAYANAN BPKB	Persyaratan BPKB hilang atau mutasi
7	KENDARAAN HILANG	Laporan penemuan / kehilangan kendaraan
8	CEK NO.POL	Tentang pengecekan no.pol
9	SARAN MASYARAKAT	Eksistensi petugas di lapangan dan kerusakan prasarana jalan
10	KRITIK KINERJA POLRI	Laporan perilaku petugas / polri
11	PENILAIAN POSITIF POLRI	Ucapan terima kasih dengan pelayanan polri

(Sumber : *Traffic Management Centre*)

Tabel 3.2. Laporan Masyarakat Kategori Masalah Lalu Lintas

NO.	INFO MASUK TMC	DESKRIPSI
1	SMS	1717
2	TELEPON	021-5276001
3	INTERNET	www.lantas.metro.polri.go.id
4	RADIO	Radio Suara FM 107,8 FM
5	FAXIMILE	021-5276004

(Sumber : *Traffic Management Centre*)**Tabel 3.3.** Data Laporan Masyarakat Berdasarkan Sumber Laporan

NO.	INFO MASUK TMC	TAHUN					JUMLAH
		2005	2006	2007	2008	2009	
1	SMS 1717-112	264053	572887	589401	478417	75467	1980225
2	TELEPON	16292	31270	103338	136508	42418	329826
3	INTERNET	2812	3800	8924	11983	2276	29795
4	RADIO	22	17	4301	4371	2068	10779
5	FAXIMILE	4	2	270	742	120	1138
	JUMLAH	283183	607976	706234	632021	122349	2351763

(Sumber : *Traffic Management Centre*)**Tabel 3.4.** Data Laporan Masyarakat Kategori Masalah Lalu Lintas

NO.	MASALAH LALU LINTAS	TAHUN					JUMLAH
		2005	2006	2007	2008	2009	
1	LAKA	1742	4479	2145	2694	709	11769
2	LANGGAR	2676	5788	3771	2057	351	14643
3	MACET	21569	21400	17755	15079	3874	79677
4	PELAYANAN SIM	2957	41574	158024	145412	34216	382183
5	PELAYANAN STNK	171	15064	121993	121790	28577	287595
6	PELAYANAN BPKB	27	1778	1302	926	96	4129
7	KENDARAAN HILANG	48	103	168	127	19	465
8	CEK NO.POL	77312	182184	233409	142215	20455	655575
9	SARAN MASYARAKAT	2417	6506	4839	6342	849	20953
10	KRITIK KINERJA POLRI	1663	4817	2755	2953	330	12518
11	PENILAIAN POSITIF POLRI	315	915	894	2491	309	4924
	JUMLAH	110897	284608	547055	442086	89785	1474431

(Sumber : *Traffic Management Centre*)

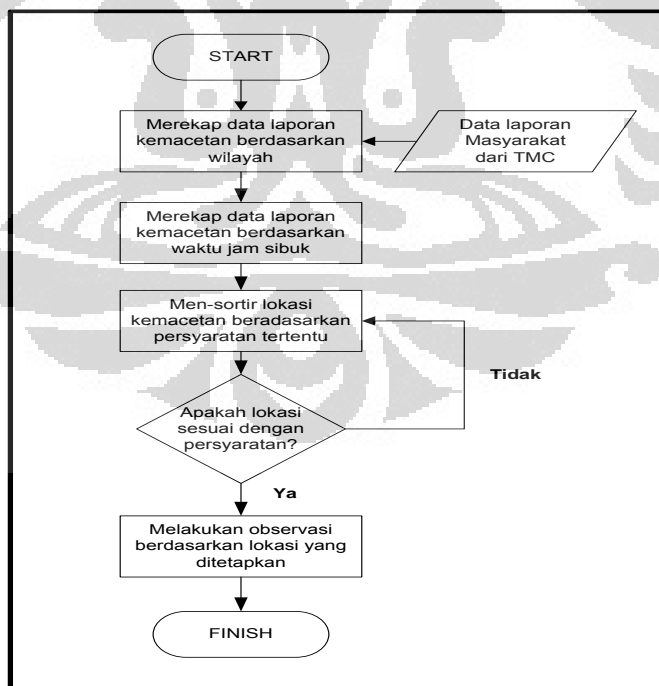
Tabel 3.5. Data Laporan Masyarakat Kategori Masalah di Luar Lalu Lintas

NO.	MASALAH DI LUAR LALU LINTAS	TAHUN					JUMLAH
		2005	2006	2007	2008	2009	
1	JUDI	1155	7076	4181	3874	441	16727
2	NARKOBA	1300	8492	5165	3851	511	19319
3	PREMANISME	585	5377	3042	4288	647	13939
4	ANCAMAN BOM	0	0	172	316	15	503
5	LAIN-LAIN	169246	302423	146619	177606	30950	826844
	JUMLAH	172286	323368	159179	189935	32564	877332

(Sumber : *Traffic Management Centre*)

3.1.2 Penentuan Titik Simpul Kemacetan

Untuk mengetahui titik simpul kemacetan yang memungkinkan untuk dijadikan representasi dari begitu banyaknya titik macet di DKI Jakarta dilakukan penentuan titik simpul kemacetan. Metode penentuan lokasi titik simpul kemacetan adalah dengan menggunakan data yang diperoleh dari Traffic Management Centre yang nantinya akan di-sort dengan beberapa persyaratan. Berikut ini adalah gambaran langkah penentuan lokasi titik simpul kemacetan sebagai tempat observasi penelitian :



Gambar 3.2. Flowchart Penentuan Lokasi Titik Simpul Kemacetan

3.1.2.1 Penentuan Lokasi Berdasarkan Wilayah

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan rekapitulasi terhadap data laporan masyarakat mengenai informasi kemacetan lalu lintas yang masuk TMC. Data yang akan diolah hanya data yang masuk dimulai dari tanggal 1 Januari 2009 sampai dengan 14 Maret 2009, dan dilaporkan via SMS ke nomor 1717. Berikut ini adalah contoh laporan masyarakat yang masuk ke TMC mengenai informasi kemacetan via SMS ke 1717 :

Tabel 3.6. Contoh Laporan Masyarakat Mengenai Kemacetan

Daerah	Pengirim	Isi SMS
Pusat	628138525xxxx	Arteri pmt hijau, pejompongan sampai karet tanah abang macet parah
Pusat	628581323xxxx	Pak jalan lontar tanah abang macet tdk jalan karna angkot pd ngetem tlng ditangani
Pusat	628578293xxxx	Selamat malam pak polisi pintu air kartini kendaraan macet mks
Timur	62217075xxxx	Saya prots dgn kampanye Golkar pagi ini yg pakai acara gerak jalan di sktr trminal Rambutan , pd saat orang mau prgi kerja,jlnan brhenti total!
Timur	628561630xxx	Wilayah psr klender macet total,mhn bantuan
Timur	62216899xxxx	Siank jln jend basuki rahmat macet bgt krn bnyk bus yg mau pawai brhenti d fly over .untk pawai partai demokrat.tks untk bantuannya.claudy
Selatan	628161171xxx	lagi2 dr arah PI menuju lebuk bulus antri panjang sore ini krn tdk ada polisi/ petugas tdk cukup yg mengatur di bundaran PI,mhn diperhatikan.oti
Selatan	62816701xxx	tl republika rusak,permpatan macet total. Mhn bantuan petugas : dari wahyudi pamulang
Selatan	628561291xxx	kpd yth pak polisi. Depan mal ambassador,parkir liar, keluar/masuk mobil, mobil puter arah karet.Bikin macet..

(Sumber : *Traffic Management Centre*)

Dari data laporan via SMS tersebut selanjutnya akan direkap setiap minggunya dalam bentuk laporan analisa dan evaluasi (anev) dan akan dikelompokkan berdasarkan laporan per wilayah (Pusat, Barat, Selatan, Timur, Utara). Sebagai catatan jumlah laporan tidak mencerminkan jumlah lokasi, mengingat ada beberapa laporan yang mengidentifikasi lokasi kemacetan yang sama. Berikut ini adalah contoh dari pengelompokkan data laporan masyarakat ke dalam klaster per wilayah :

Tabel 3.7. Contoh Pengelompokkan Data Laporan Per Wilayah

NO.	WILAYAH	LOKASI TKP	WAKTU					JUMLAH	KET.
			06.00-10.00	10.00-14.00	14.00-18.00	18.00-20.00	20.00-22.00		
1	WIL JAK-PUS	JL KS TUBUN			x			1	
		SURYOPRANOTO			x			1	
		IMAM BONJOL		x				1	
		KARET BIVAK		x				1	
		LATUJARHARY			x			1	
2	WIL JAK-UT	ANCOL				x		1	
3	WIL JAK-BAR	PURI INDAH				xxxxx	xx	7	
		CENGKARENG					x	1	
		KEBON JERUK				xxx	x	4	
		PURI INDAH		x				1	

(Sumber : *Traffic Management Centre*)

Selanjutnya dilakukan rekapitulasi terhadap semua data yang diperoleh dari TMC dan mengelompokkan berdasarkan per wilayah. Pengelompokkan dilakukan untuk setiap minggu dimulai dari 1 Januari 2009 sampai dengan 14 Maret 2009. Berikut adalah rekapitulasi akhir jumlah laporan masyarakat mengenai kemacetan lalu lintas per wilayah :

Tabel 3.8. Rekapitulasi Pengelompokkan Data Laporan Per Wilayah

Wilayah	JANUARI				FEBRUARI				MARET		total
	1-10	11-17	18-24	25-31	1-7	8-14	15-21	22-28	1-7	8-14	
Jakarta Pusat	33	29	21	3	17	8	13	7	24	5	160
Jakarta Utara	22	12	16	3	7	4	9	6	4	1	84
Jakarta Barat	34	50	21	8	30	9	14	14	18	13	211
Jakarta Selatan	51	54	30	33	38	36	15	42	83	22	404
Jakarta Timur	35	32	24	16	26	16	26	22	10	17	224
Total laporan (Sampai dengan 14 Maret 2009)											1083

3.1.2.2 Penentuan Lokasi Berdasarkan Jam Sibuk

Setelah melakukan rekapitulasi terhadap data laporan masyarakat dan mengelompokkan berdasarkan wilayah, langkah selanjutnya adalah mengelompokkan data tersebut berdasarkan jam sibuk. TMC sendiri telah mengelompokkan data laporan masyarakat mengenai kemacetan per jam sibuk, yaitu : pukul 06.00- 10.00, pukul 10.00 – 14.00, pukul 14.00-18.00, pukul 18.00-20.00, dan pukul 20.00-22.00.

Cara pengelompokkan data sama dengan pengelompokkan per wilayah, namun disini dilakukan penghitungan jumlah laporan berdasarkan kategori waktu. Berikut adalah rekapitulasi akhir jumlah laporan masyarakat mengenai kemacetan lalu lintas per kategori waktu :

Tabel 3.9. Rekapitulasi Pengelompokkan Data Laporan Per Kategori Waktu

JAM	JANUARI				FEBRUARI				MARET		total	hour	total / hour
	1-10	11-17	18-24	25-31	1-7	8-14	15-21	22-28	1-7	8-14			
06.00-10.00	78	80	42	16	56	40	25	20	14	4	375	4	93.75
10.00-14.00	25	20	16	11	21	8	10	22	16	10	159	4	39.75
14.00-18.00	60	27	16	9	17	14	23	11	45	21	243	4	60.75
18.00-20.00	12	33	28	11	14	9	10	27	58	19	221	2	110.5
20.00-22.00	0	15	11	16	10	3	9	11	6	4	85	2	42.5
Total laporan (Sampai dengan 14 Maret 2009)											1083		



Gambar 3.3. Perbandingan Jumlah Laporan/Jam untuk Kategori Waktu

Setelah ditentukan bahwa kategori waktu pukul 18.00-20.00 merupakan kategori dengan jumlah laporan terbanyak, maka data laporan masyarakat dapat di-sort hanya terbatas pada waktu tersebut. Selain itu lokasi kemacetan dengan

jumlah laporan yang sama hanya dihitung 1 lokasi, sehingga tidak ada data lokasi yang menumpuk. Dari penghitungan dapat diketahui bahwa jumlah total lokasi setelah dilakukan sortir (hanya pada kategori waktu 18.00-20.00) adalah sebanyak 114 lokasi titik kemacetan, dengan perbandingan sebagai berikut (daftar lengkap lokasi titik kemacetan pada lampiran) :

Tabel 3.10. Lokasi Kemacetan Per Wilayah

Wilayah	JUMLAH LOKASI	Persentase
JAKARTA TIMUR	23	20.18%
JAKARTA UTARA	9	7.89%
JAKARTA BARAT	17	14.91%
JAKARTA SELATAN	43	37.72%
JAKARTA PUSAT	22	19.30%
Total	114	100.00%



Gambar 3.4. Perbandingan Jumlah Lokasi Kemacetan Per Wilayah

3.1.2.3 Penentuan Lokasi Berdasarkan Persyaratan

Dari pengolahan data laporan masyarakat ke TMC sebelumnya didapatkan bahwa terdapat 114 lokasi titik simpul kemacetan di wilayah DKI Jakarta. Dari kesemua lokasi tersebut 37,72 % merupakan wilayah Jakarta Selatan yang memang merupakan wilayah yang padat dan dipenuhi dengan berbagai fasilitas dan lokasi pilihan. Berikut ini adalah daftar lokasi titik simpul kemacetan di wilayah Jakarta Selatan (sebanyak 43 titik) :

Tabel 3.11. Lokasi Kemacetan di Wilayah Jakarta Selatan

AMPERA	DUKUH ATAS	LENTENG AGUNG	RADIO DALAM
BARITO	FATMAWATI	MAMPANG	REL KA BINTARO PRM
BINTARO	GANDARIA	MEGA KUNINGAN	SANTA
BLOK M	HAJI NAWI	MINANGKABAU	SIMPRUG
BLOK S SENOPATI	HALIMUN	PAKUBUWONO	TAMAN PURING
BRAWIJAYA SANTA	JL MARGA SATWA	PANCORAN	TANAH KUSIR
BULUNGAN	JL.SAHARJO	PERMATA HIJAU	TANJUNG BARAT
BUNCIT – MAMPANG	KEBAYORAN	PONDOK INDAH	TENDEAN
CASABLANCA	KEMANG	PRAPANCA	ULUJAMI PESANGGRAHAN
CIGANJUR	KH AHMAD DAHLAN	PS MINGGU	WIJAYA
CIPULIR	LEBAK BULUS	PS RUMPUT	

Untuk menentukan tempat yang akan dijadikan lokasi penelitian untuk membuat sebuah pemetaan rute pengendara bermotor di titik simpul kemacetan, dilakukan kembali pemilihan lokasi titik simpul kemacetan yang memenuhi persyaratan berikut :

1. Merupakan jalan utama dengan persimpangan
2. Adanya fasilitas *traffic light*.
3. Banyak terdapat perkantoran dan juga sekolah atau universitas.
4. Banyak terdapat tempat hiburan dan perbelanjaan.
5. Dilalui oleh banyak motor, mobil, kendaraan umum, dan juga taksi.

Dari persyaratan diatas serta beberapa faktor lainnya, seperti kemudahan mencapai lokasi, maka penulis menetapkan 4 lokasi titik kemacetan yang nantinya akan dijadikan lokasi penelitian untuk membuat sebuah pemetaan rute pengendara bermotor di titik simpul kemacetan, yaitu :

1. Fatmawati
2. Buncit-Mampang
3. Pancoran
4. Lebak Bulus

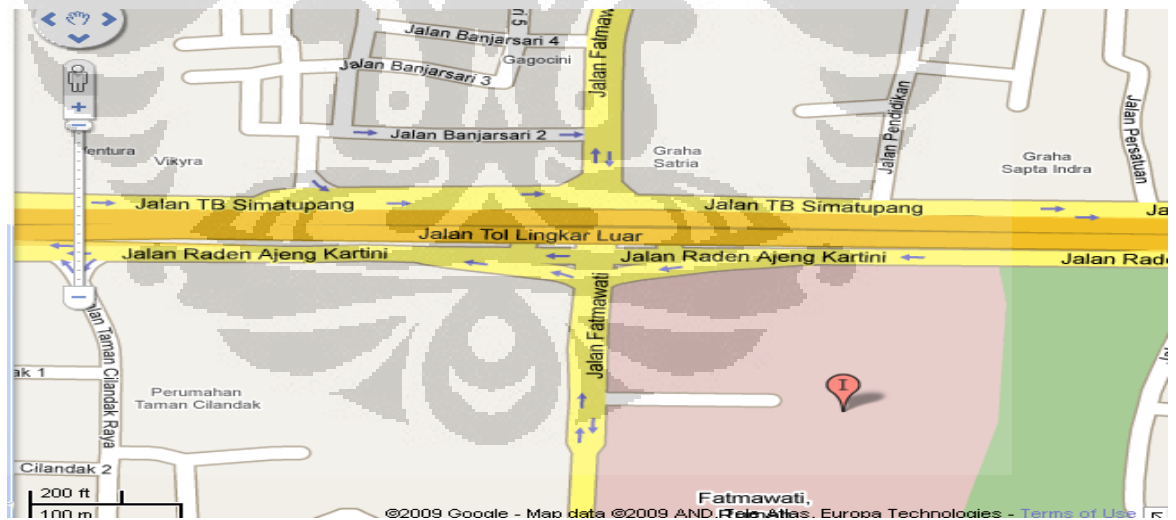
Namun karena keterbatasan waktu dalam pembuatan skripsi ini, lokasi penelitian untuk pembuatan sebuah pemetaan rute pengendara bermotor di titik simpul kemacetan ini hanya dilakukan pada satu lokasi yaitu Fatmawati, yaitu persimpangan yang terletak dekat dengan Rumah Sakit Fatmawati, Cilandak

Town Square, perkantoran wilayah TB Simatupang, pertokoan arah Fatmawati menuju Blok M.

3.2 Gambaran Daerah Pelaksanaan Penelitian

Pemetaan akan dilakukan di titik simpul perempatan Fatmawati. Pada pelaksanaan penelitian ini, obyek yang diamati adalah arus lalu lintas di perempatan fatmawati tepatnya yang berada dekat dengan RS Fatmawati dibawah Jalan Tol Lingkar Luar. Arus lalu lintas akan dipetakan dengan model sesuai dengan karakteristiknya. Perempatan ini merupakan perempatan sebidang dengan arus lalu lintas sebagai berikut :

- arus lalu lintas dari jalan fatmawati yang menuju pondok labu atau menuju selatan
- arus lalu lintas dari jalan tb simatupang
- arus lalu lintas dari jalan fatmawati yang meninggalkan pondok labu atau menuju utara
- arus lalu lintas dari jalan raden ajeng kartini.



Gambar 3.5. Peta Daerah Pelaksanaan Penelitian

(Sumber : www.googlemap.com)

3.3.1 Karakteristik Daerah Penelitian

Perempatan Fatmawati sebagai obyek penelitian memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Merupakan perempatan sebidang dengan masing-masing jalan memiliki jalan untuk belok langsung dan memiliki dua U-turn di arus lalu lintas jalan TB Simatupang dan jalan Raden Ajeng Kartini.
2. Terdiri dari beberapa jalur lalu lintas, dengan perincian sebagai berikut :
 - jalan Fatmawati yang menuju ke arah Pondok Labu, memiliki 2 jalur dengan 1 jalur terbagi dengan jalur yang akan belok langsung menuju arah *Citos*
 - jalan TB Simatupang yang menuju ke arah Depok, memiliki 3 jalur dengan 1 jalur terbagi dengan jalur untuk U-turn menuju lebak bulus, dan 1 jalur lagi terbagi langsung dengan jalur yang akan belok langsung menuju arah Blok-M
 - pemberhentian untuk arus lalu lintas yang berasal dari Jalan Raden Ajeng Kartini yang akan menuju ke Arah Blok M, jalan ini terdiri dari 3 jalur
 - jalan Fatmawati yang meninggalkan Pondok Labu, memiliki 5 jalur dengan 1 jalur terbagi langsung dengan jalur belok langsung ke arah Lebak Bulus
 - jalan Raden Ajeng Kartini, memiliki 6 jalur pada awalnya, kemudian untuk yang menuju lampu merah akan ada 4 jalur, 1 jalur untuk belok langsung ke arah Pondok Labu, 1 jalur lagi untuk kendaraan yang akan U-turn menuju arah *Citos*.

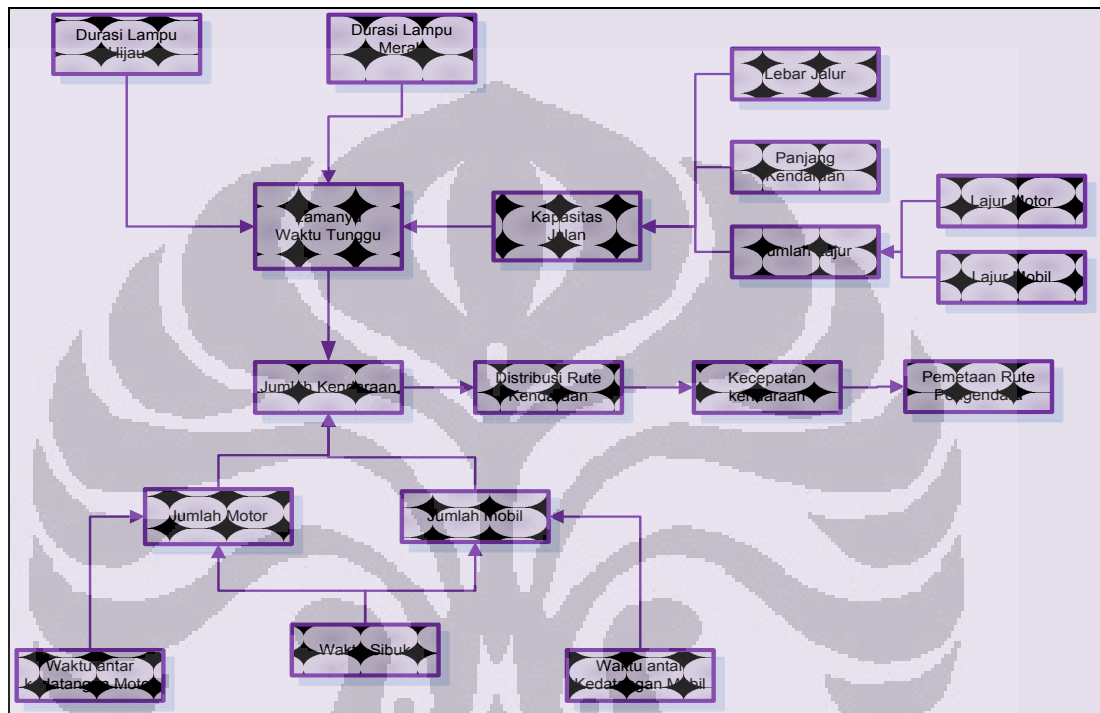
3.3.2 Sistem Kendali Lalu Lintas

Sistem kendali lalu lintas pada perempatan ini adalah lampu lalu lintas yang berada pada masing-masing arus dan masing-masing arus dipisahkan oleh pemisah berupa beton di sepanjang jalan. Adapun lampu lalu lintas yang ada pada daerah studi terletak di :

- jalan Fatmawati yang menuju ke arah Pondok Labu (TL 1)
- jalan TB Simatupang yang menuju ke arah Depok (TL 2)

- pemberhentian untuk arus lalu lintas yang berasal dari Jalan Raden Ajeng Kartini yang akan menuju ke Arah Blok M (TL 3)
- jalan Fatmawati yang meninggalkan Pondok Labu (TL 4)
- jalan Raden Ajeng Kartini (TL 5).

3.4 Pengumpulan Data Untuk Pemetaan



Gambar 3.6. Diagram Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan diagram di atas. Pengumpulan data akan dimulai dengan menghitung kedatangan kendaraan yang akan dipergunakan untuk mengetahui waktu antar kedatangan motor dan waktu antar kedatangan mobil (dalam hal ini dikarenakan pembatasan masalah untuk kendaraan adalah motor dan mobil). Selanjutnya akan dihitung jumlah motor dan mobil yang dapat keluar dari pelayanan lampu lalu lintas selama lampu hijau menyala. Kemudian akan dilakukan juga pengumpulan data untuk durasi lampu hijau dan lampu merah untuk lamanya waktu tunggu. Selain itu juga akan dilakukan pengumpulan data untuk kapasitas jalan yang akan di dasarkan pada lebar jalur, panjang kendaraan, dan jumlah lajur.

Data untuk jumlah kendaraan yang dapat keluar dari pelayanan lampu lalu lintas akan diikuti dengan data distribusi rute kendaraan. Rute kendaraan yang dimaksudkan di sini adalah asal tujuan dan arah kendaraan dalam persimpangan. Data selanjutnya yang akan dikumpulkan adalah data untuk kecepatan kendaraan. Setelah seluruh data diolah maka akan dilakukan pemetaan rute pengendara dalam persimpangan.

3.4.1 Data Kedatangan Kendaraan

Dalam pengumpulan data kedatangan kendaraan dilakukan pencatatan terhadap kedatangan pada masing-masing arus lalu lintas. Adapun metode pengambilan data dilakukan dengan sebagai berikut :

- dilakukan pencatatan volume kendaraan pada masing-masing arus lalu lintas pada tempat yang telah ditentukan
- pengambilan data dilakukan pada pukul 18.00-20.00 sesuai dengan hasil data rekapitulasi TMC untuk keadaan lalu lintas paling sibuk, yaitu pada hari senin-jumat pada tanggal 6-30 april 2009. tanggal pengambilan data ini merupakan tanggal dari awal pengamatan
- pengambilan data dilakukan dengan cara berdiri di suatu titik tanpa antrian, dengan mencatat jumlah kendaraan yang lewat setiap periode waktu, untuk kemudian diulang kembali sehingga data yang dibutuhkan mencukupi
- pencatatan kedatangan pada masing-masing jalan memiliki periode yang berbeda-beda, sesuai dengan lamanya lampu hijau.

Setelah mendapatkan data kedatangan pada masing-masing jalan akan didapat waktu antar kedatangan dengan memanipulasi data jumlah kedatangan kendaraan. Data jumlah kedatangan kendaraan diambil pada setiap periode tertentu, berarti selang waktu antar kedatangan satu kendaraan dengan kendaraan berikutnya dapat dikerahui dengan rumus :

$$Waktu\ antar\ kedatangan = \frac{interval\ waktu\ kedatangan}{jumlah\ h\ kedatangan\ kendaraan\ dalam\ interval\ waktu\ tersebut} \quad (3.1)$$

sehingga akan didapat satuannya adalah detik/unit

Berikut adalah contoh data jumlah kedatangan kendaraan yang dicatat, pada arus lalu lintas yang berasal dari Jalan Raden Ajeng Kartini yang menuju ke lebak bulus. Data selengkapnya akan ada pada **lampiran 2**.

Tabel 3.12. Data Waktu Antar Kedatangan Kendaraan untuk Jalan Raden Ajeng Kartini Menuju Lebak Bulus

TL 5	60 detik		Waktu Antar Kedatangan	
	Periode	Jumlah Mobil	Jumlah Motor	Mobil
1	73	125	0,822	0,480
2	62	103	0,968	0,583
3	69	86	0,870	0,698
4	72	76	0,833	0,789
5	69	84	0,870	0,714
6	62	82	0,968	0,732
7	60	79	1,000	0,759
8	56	77	1,071	0,779
9	60	91	1,000	0,659
10	62	84	0,968	0,714
11	56	120	1,071	0,500
12	70	103	0,857	0,583
13	55	104	1,091	0,577
14	60	105	1,000	0,571
15	58	100	1,034	0,600
16	61	126	0,984	0,476
17	66	108	0,909	0,556
18	73	126	0,822	0,476
19	75	117	0,800	0,513
20	66	85	0,909	0,706
21	72	93	0,833	0,645
22	55	111	1,091	0,541
23	59	125	1,017	0,480
24	71	86	0,845	0,698
25	55	104	1,091	0,577
26	69	117	0,870	0,513
27	67	123	0,896	0,488
28	60	130	1,000	0,462
29	69	95	0,870	0,632
30	74	98	0,811	0,612
Total	1936	3063	28,169	18,112

3.4.2 Data Probabilitas Tujuan dari Masing-Masing Kendaraan

Dalam membuat pemetaan dalam bentuk model ini dicatat juga data probabilitas tujuan dari masing-masing kendaraan. Dari data ini akan didapatkan diketahui kecenderungan rute dalam persimpangan dari masing-masing arus lalu lintas. Adapun metode pengambilan data dilakukan dengan sebagai berikut :

- pengambilan data dilakukan pada suatu titik percabangan jalan dengan jalan menghitung jumlah kendaraan pada masing-masing percabangan
- pengambilan data dilakukan pada pukul 18.00-20.00 sesuai dengan hasil data rekapitulasi TMC untuk keadaan lalu lintas paling sibuk, yaitu pada hari Senin-Jumat pada tanggal 6-30 April 2009. Tanggal pengambilan data ini merupakan tanggal dari awal pengamatan
- pengambilan data dilakukan ketika lampu menyala hijau, jadi periode untuk setiap ruas jalan pada persimpangan akan berbeda, kecuali untuk data kendaraan yang belok langsung. Namun untuk periode perhitungan kendaraan yang belok langsung juga disesuaikan dengan menyalanya lampu hijau
- dilakukan replikasi sebanyak 30 kali.

Berikut ini adalah contoh data rute kendaraan pada persimpangan di salah satu ruas jalan, yaitu pada Fatmawati yang menuju ke utara meninggalkan Pondok Labu. Data selengkapnya akan ada pada **lampiran 3**.

Tabel 3.13. Data Distribusi Kendaraan pada Persimpangan Fatmawati dari Ruas Jalan Fatmawati yang Menuju ke Utara Meninggalkan Pondok Labu

TL 4	Dalam Waktu 30 detik								
	Lurus arah Blok M			Belok arah <i>Citos</i>			Belok Langsung ke arah Lebak Bulus		
	Jumlah Mobil	Jumlah Motor	Total	Jumlah Mobil	Jumlah Motor	Total	Jumlah Mobil	Jumlah Motor	Total
1	5	25	30	20	34	54	1	2	2
2	2	26	28	15	37	52	1	2	2
3	4	42	46	18	44	62	2	0	0
4	8	23	31	11	49	60	2	0	0
5	9	30	39	20	32	52	0	0	0
6	11	20	31	24	31	55	1	1	1
7	6	37	43	19	40	59	1	0	0
8	7	28	35	12	36	48	0	4	4

Tabel 3.13. Data Distribusi Kendaraan pada Persimpangan Fatmawati dari Ruas Jalan Fatmawati yang Menuju ke Utara Meninggalkan Pondok Labu (Lanjutan)

TL 4	Dalam Waktu 30 detik								
	Lurus arah Blok M			Belok arah Citos			Belok Langsung ke arah Lebak Bulus		
	Jumlah Mobil	Jumlah Motor	Total	Jumlah Mobil	Jumlah Motor	Total	Jumlah Mobil	Jumlah Motor	Total
9	9	21	30	19	33	52	0	2	2
10	5	30	35	12	22	34	3	3	3
11	6	31	37	20	25	45	4	1	1
12	3	17	20	24	22	46	5	4	4
13	3	29	32	22	29	51	0	1	1
14	8	22	30	18	29	47	0	1	1
15	4	20	24	14	34	48	0	3	3
16	8	31	39	12	20	32	0	5	5
17	10	15	25	11	20	31	0	3	3
18	2	19	21	16	20	36	5	4	4
19	2	26	28	12	29	41	0	0	0
20	3	6	9	13	17	30	0	1	1
21	8	10	18	21	33	54	2	4	4
22	3	9	12	18	17	35	5	1	1
23	5	22	27	22	19	41	4	4	4
24	2	20	22	13	24	37	4	0	0
25	5	11	16	15	34	49	3	1	1
26	10	15	25	19	37	56	4	0	0
27	2	11	13	12	15	27	1	3	3
28	10	26	36	21	36	57	2	5	5
29	5	22	27	14	17	31	2	2	2
30	6	24	30	12	24	36	3	5	5
Total	171	668	839	499	859	1358	55	62	62

Probabilitas arah tujuan kendaraan tersebut diperoleh dengan membagi total kendaraan yang menuju ke suatu arah dengan total kendaraan yang berasal dari suatu tujuan tertentu. Berikut ini adalah hasil perhitungan probabilitas distribusi kendaraan pada jalan Fatmawati yang menuju ke utara meninggalkan Pondok Labu.

Tabel 3.14. Data Probabilitas Distribusi Tujuan Kendaraan dari Jalan Fatmawati (TL 4)

No	Jenis Kendaraan	Arus Lalu Lintas dari Fatmawati	Jumlah Kendaraan	Presentase
1	Mobil	ke arah blok M (meninggalkan Pondok Labu)	171	23,59%
		belok arah Citos	499	68,83%
		belok langsung ke arah lebak bulus	55	7,59%
2	Motor	ke arah blok M (meninggalkan Pondok Labu)	668	42,04%
		belok arah Citos	859	54,06%
		belok langsung ke arah lebak bulus	62	3,90%

Pada perhitungan probabilitas rute kendaraan pada persimpangan di atas, perhitungan dilakukan masing-masing per jenis kendaraan. Dengan masing-masing jenis kendaraan bernilai 100%.

3.4.3 Data Lamanya Siklus Lampu Lalu Lintas

Data lamanya siklus lampu lalu lintas dianggap sebagai data layanan yang diberikan terhadap suatu arus tertentu. Pengambilan data dilakukan dengan hanya mencatat lamanya lampu hijau dan lampu merah pada lampu lalu lintas di masing-masing ruas jalan. Berikut adalah perinciannya :

Tabel 3.15. Fase Lampu Lalu Lintas (Dalam Detik)

	TL 1	TL2	TL 3	TL4	TL 5
1	40	40	40	40	40
2	35	35	35	35	35
3	30	30	30	30	30
4	59	59	59	59	59
	164	164	164	164	164

Tabel 3.16. Lamanya Lampu Lalu Lintas Menyala

TL 1		TL 3		TL 5	
Hijau	0:00:40	Hijau	0:01:45	Hijau	0:00:59
Merah	0:02:04	Merah	0:00:59	Merah	0:01:45
TL 2		TL 4			
Hijau	0:00:59	Hijau	0:00:30		
Merah	0:01:45	Merah	0:02:14		

3.4.4 Fase Lampu Lalu Lintas

Siklus lampu lalu lintas pada perempatan fatmawati adalah selama 2 menit 44 detik. Fase lalu lintas yang terjadi pada perempatan fatmawati sebagai obyek penelitian terdiri dari 4 fase, sebagai berikut :

- fase 1
pada fase ini lampu yang menyala hijau adalah lampu pada TL 1 dan TL 3 selama 40 detik sedangkan lampu yang lainnya menyala merah
- fase 2
pada fase ini lampu yang menyala hijau hanya TL 3 selama 35 detik sedangkan lampu yang lainnya merah
- fase 3
pada fase ini lampu yang menyala hijau adalah TL 3 dan TL 4 selama 30 detik sedangkan lampu yang lainnya merah
- fase 4
pada fase ini lampu yang menyala hijau adalah TL 2 dan TL 5 selama 59 detik sedangkan lampu yang lainnya merah.

3.4.5 Data Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan akan digunakan untuk memetakan jalannya masing-masing mobil pada saat lampu hijau menyala, mulai dari mobil pertama hingga mobil terakhir yang dapat keluar dari antrian lampu. Kecepatan mobil akan dijadikan sebuah fungsi kecepatan. Data untuk kecepatan masing-masing mobil didapatkan dengan metode berikut :

- kecepatan mobil dihitung dengan menghitung lamanya waktu masing-masing mobil untuk dapat keluar dari lampu merah dari urutannya dalam satu jalur saat menunggu lampu menyala hijau
- dilakukan pengukuran jarak dari mulai mobil pertama sampai dengan mobil ke -15 dalam urutan di satu lajur ruas jalan
- ukuran satu mobil dalam perhitungan adalah sebesar 4 m, ukuran ini sudah ditambahkan dengan *allowance* jarak antar mobil. namun untuk mobil pertama jaraknya adalah sebesar 5 m, hal ini untuk memperhitungkan adanya *zebra cross* di setiap ruas jalan

- pengambilan data dilakukan pada saat lampu lalu lintas menyala hijau di masing-masing ruas jalan dan dilakukan replikasi sebanyak 15 kali.

Berikut adalah contoh lamanya waktu untuk satu mobil bisa berjalan keluar dari lampu lalu lintas pada saat lampu menyala hijau dimulai dari urutan mobil pertama :

Tabel 3.17. Data Waktu Kendaraan Keluar dari Lampu Lalu Lintas pada Saat Lampu Menyala Hijau di TL 1

Observasi	Waktu (Detik)															Total Waktu (Detik)
	Urutan Mobil pada saat Lampu Merah															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	3,83	7,04	9,41	12,50	14,50	15,98	18,29	21,30	23,27	24,42	25,77	27,59	30,31	32,19	33,57	299,97
2	4,04	6,46	9,95	12,13	14,99	16,56	18,32	20,80	23,34	26,67	28,92	31,91	33,02	34,15	37,68	318,94
3	2,97	4,78	6,60	8,88	11,21	16,71	18,06	21,93	24,25	26,07	28,97	34,95	37,44	38,98	40,41	322,21
4	6,10	8,15	10,19	17,12	23,27	27,37	29,07	30,91	33,75	36,11	38,38	41,66	43,55	45,68	47,48	438,79
5	3,63	4,64	7,79	11,80	13,90	15,83	17,74	19,24	20,86	24,18	25,14	27,46	29,24	31,51	35,09	288,05
6	7,97	10,21	16,16	17,58	19,91	21,97	24,81	27,80	30,66	33,33	35,35	40,01	42,59	45,26	46,82	420,43
7	1,62	3,33	5,25	7,74	9,92	12,07	13,77	15,25	18,01	20,63	21,35	24,98	27,95	30,85	34,83	247,55
8	3,50	6,91	9,72	14,12	16,78	19,42	21,83	24,00	26,84	32,09	36,31	38,72	41,72	44,38	46,94	383,28
9	2,82	5,74	8,47	10,25	13,60	16,18	18,22	21,71	23,56	27,20	30,74	33,16	36,45	39,15	45,10	332,35
10	3,43	6,54	9,07	11,38	13,43	15,19	17,01	20,13	22,47	23,96	25,31	26,64	30,00	31,65	33,15	289,36
11	6,37	10,31	15,29	17,00	20,61	23,69	26,00	28,34	31,34	33,20	36,95	38,61	40,76	45,54	48,12	422,13
12	2,96	6,99	10,60	14,96	20,78	23,48	26,13	28,30	31,85	36,16	38,97	41,11	43,59	44,69	45,90	416,47
13	9,93	13,01	15,52	19,21	21,69	24,72	27,75	29,67	32,18	34,09	35,59	39,05	41,02	43,82	48,04	435,29
14	7,25	13,65	17,72	21,99	24,67	26,21	29,83	31,82	34,36	38,13	40,74	43,07	45,73	48,23	50,77	474,17
15	3,38	9,68	14,03	18,20	21,73	24,46	30,17	34,40	37,83	39,22	43,23	45,76	48,03	50,94	56,18	477,24

Selanjutnya kecepatan kendaraan akan dihitung dengan menggunakan rumus dasar dari jarak yaitu :

$$V = \frac{s}{t} \quad (3.2)$$

dengan menggunakan jarak yang telah dijelaskan sebelumnya. Berikut adalah table perhitungan untuk kecepatan :

Tabel 3.18. Data Kecepatan Kendaraan Keluar dari Lampu Lalu Lintas pada Saat Lampu Menyala Hijau di TL1

	Urutan Mobil pada saat Lampu Merah di TL 1														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
rata2 t (detik)	4,65	7,83	11,05	14,32	17,40	19,99	22,47	25,04	27,64	30,36	32,78	35,65	38,09	40,47	43,34
s (meter)	5,00	9,00	13,00	17,00	21,00	25,00	29,00	33,00	37,00	41,00	45,00	49,00	53,00	57,00	61,00
v (m/s)	1,07	1,15	1,18	1,19	1,21	1,25	1,29	1,32	1,34	1,35	1,37	1,37	1,39	1,41	1,41

Setelah didapat kecepatan mobil mulai dari data waktu tersebut akan diolah dengan menggunakan SPSS untuk mencari fungsi dari kecepatan terhadap urutan mobil. Untuk pengolahan dalam SPSS digunakan *curve estimation* untuk mengetahui fungsi antara kecepatan dengan urutan mobil dalam setiap lajur. Dalam *curve estimation* ini digunakan pilihan untuk menghitung fungsi linear serta eksponensial. Berikut adalah hasil pengolahan data kecepatan untuk TL 1 :

Tabel 3.19. Pengolahan *Curve Estimation* Linear untuk Kecepatan pada TL1

Model Summary					
R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate		
.973	.947	.943	.025		
The independent variable is Urutan.					
ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	.147	1	.147	230.530	.000
Residual	.008	13	.001		
Total	.156	14			
The independent variable is Urutan.					
Coefficients					
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
Urutan	.023	.002	.973	15.183	.000
(Constant)	1.103	.014		80.268	.000

Tabel 3.20. Pengolahan *Curve Estimation* Eksponensial Kecepatan pada TL1

Model Summary					
R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate		
.965	.931	.925	.023		
The independent variable is Urutan.					
ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	.093	1	.093	174.405	.000
Residual	.007	13	.001		
Total	.099	14			
The independent variable is Urutan.					

Coefficients					
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
Urutan	.018	.001	.965	13.205	.000
(Constant)	1.109	.014		79.723	.000

The dependent variable is ln(TL1).

Selanjutnya akan di dapatkan fungsi dengan persamaan :

$$\text{Linear} \quad : y = b_0 + b_1 t \quad (3.3)$$

$$\text{Eksponensial} \quad : y = b_0 e^{b_1 t} \quad (3.4)$$

dengan b_0 dan b_1 merupakan unstandardized coefficients.

Setelah didapatkan fungsi persamaan untuk kecepatan dan urutan mobil, terlebih dahulu dilihat fungsi mana yang memiliki standard error yang lebih kecil, dan fungsi tersebutlah yang akan dimasukkan dalam pemetaan dengan model sesuai dengan bahasa program dalam ProModel. Untuk contoh perhitungan dalam TL 1 di atas, fungsi yang akan dimasukkan dalam model adalah fungsi eksponensial dengan fungsi : $y = 1.109 e^{0.018t}$, t merupakan urutan mobil dalam antrian pelayanan lampu merah.

3.4.6 Data Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan akan sangat bergantung kecepatan, volume dan kepadatan dari lalu lintas disuatu ruas jalan tertentu. Semakin banyak kendaraan di jalan maka akan terjadi penurunan kecepatan dari rata-rata kendaraan di jalan tersebut. Namun dalam pengumpulan data kapasitas jalan yang akan dimasukkan dalam pemetaan dengan model simulasi adalah data perhitungan dengan menggunakan asumsi. Perhitungan asumsi dimanipulasi dengan menghitung panjang jalan, banyaknya lajur pada masing-masing ruas jalan kemudian membaginya dengan menggunakan asumsi untuk masing-masing kendaraan, baik mobil ataupun motor.

Berikut adalah perhitungan asumsi untuk panjang masing-masing kendaraan serta panjang jalan yang akan dihitung dalam pemetaan :

- lebar satu lajur yang dijadikan acuan adalah 3,5 meter, sehingga bila dilewati oleh kendaraan dengan lebar maksimum 2,5 meter masih ada ruang bebas sebesar 0,5 meter dikiri kanan kendaraan
- pada TL 1, panjang jalan yang ada dalam pemetaan adalah ± 250 m

- pada TL 2, jarak dari TL 2 berada sampai dengan jalan terbagi dua dengan belok ke arah Blok M adalah ± 31 m, sedangkan dari TL 2 sampai dengan jalan terbagi dengan jalan dari arah tol adalah ± 130 m, kemudian untuk jalan dari TL 2 sampai dengan jalan belokan langsung putar balik yang dihitung secara lurus adalah ± 49 m
- pada TL 4, panjang jalan yang dimasukkan dalam pemetaan adalah ± 180 m, sedangkan untuk jalan sepanjang belokan yang ke arah cipete adalah ± 138 m
- pada TL 5, jarak dari TL 5 berada sampai dengan belokan putar balik menuju *Citos* adalah ± 56 m yang dihitung secara lurus, selanjutnya untuk jarak dari TL 5 sampai dengan belokan menuju arah Pondok Labu adalah ± 123 m
- kendaraan mobil di asumsikan memiliki panjang yang sama yaitu 4 m sedangkan untuk motor memiliki panjang yang sama yaitu 1.2 m. Asumsi panjang ini sudah termasuk allowance jarak antara kendaraan satu dengan kendaraan lainnya.

Kemudian data kapasitas hanya dihitung berdasarkan perkiraan mobil dan motor yang dapat tertampung dengan panjang jalan seperti yang telah disebutkan sebelumnya.

3.4.7 Rute Kendaraan yang Ada pada Persimpangan

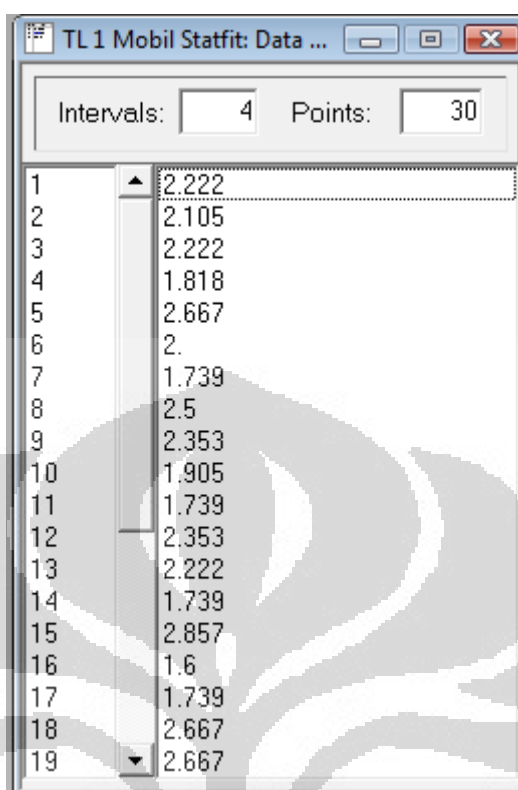
Rute kendaraan yang pada persimpangan Fatmawati adalah sebagai berikut :

- jalan Fatmawati yang menuju ke arah Pondok Labu memiliki 3 distribusi rute, yaitu : lurus menuju Pondok Labu, belok kanan menuju Lebak Bulus, dan belok kiri langsung menuju arah Cilandak Town Square. Untuk arah lurus menuju Pondok Labu dan belok kanan menuju Lebak Bulus, kendaraan harus melalui pelayanan lampu lalu lintas
- jalan TB Simatupang yang menuju ke arah Depok memiliki 3 distribusi rute, yaitu : lurus menuju arah Depok, belok kiri langsung menuju Blok M, belok kanan langsung putar balik menuju Lebak Bulus. Untuk arah lurus menuju Depok kendaraan harus melalui pelayanan lampu lalu lintas

- pemberhentian untuk arus lalu lintas yang berasal dari Jalan Raden Ajeng Kartini yang akan menuju ke arah Blok M hanya memiliki satu distribusi rute yaitu menuju arah Blok M
- jalan Fatmawati yang meninggalkan Pondok Labu memiliki 3 distribusi rute, yaitu : lurus menuju arah Blok M, lurus kemudian belok kanan menuju arah Depok, serta belok kiri langsung menuju Lebak Bulus. Untuk arah lurus menuju Blok M dan belok kanan menuju arah Depok kendaraan harus melalui pelayanan lampu lalu lintas
- jalan Raden Ajeng Kartini memiliki 3 distribusi rute, yaitu : belok kanan langsung putar balik ke arah Depok, belok kiri langsung menuju Pondok Labu, lurus menuju arah Lebak Bulus yang harus melalui pelayanan lampu lalu lintas, serta kendaraan yang akan menuju Blok M yang akan melalui pelayanan lampu lalu lintas sebanyak dua kali.

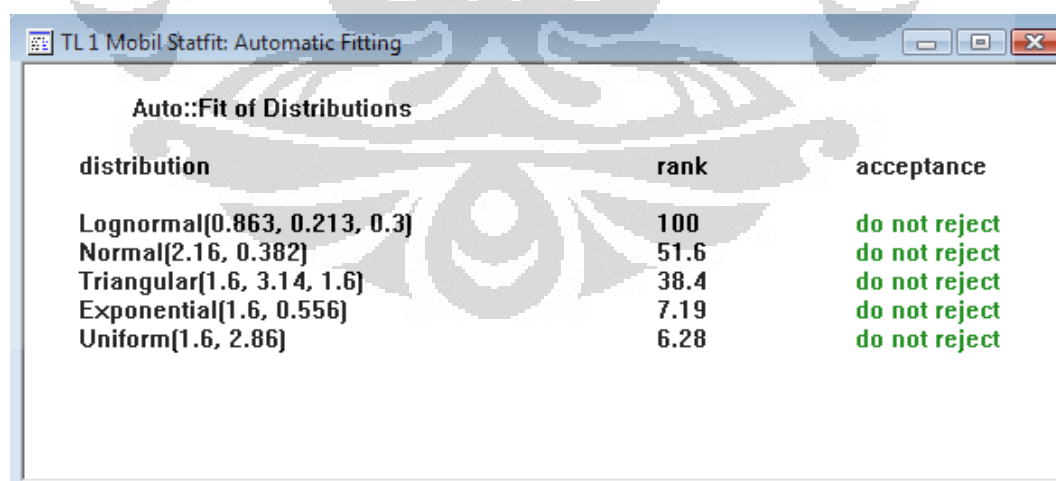
3.5 Uji Statistik Data

Uji data dilakukan sebelum data dimasukkan dalam bahasa program dalam ProModel. Pengujian statistik data dilakukan pada data waktu antar kedatangan kendaraan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan Stat Fit dalam ProModel. Data antar kedatangan yang diambil sebanyak 30 kali sampel untuk masing-masing TL yang ada dimasukkan ke dalam Stat Fit untuk memperoleh besarnya distribusi probabilitasnya. Berikut adalah contoh waktu antar kedatangan yang telah dimasukkan dalam tabel Stat Fit :

Tabel 3.21. Uji Stat Fit Dalam ProModel


Interval	Points
1	2.222
2	2.105
3	2.222
4	1.818
5	2.667
6	2.
7	1.739
8	2.5
9	2.353
10	1.905
11	1.739
12	2.353
13	2.222
14	1.739
15	2.857
16	1.6
17	1.739
18	2.667
19	2.667

Selanjutnya data tersebut diuji menggunakan auto fit yang ada, dengan memilih diskrete distribution maka akan didapat hasil sebagai berikut :



distribution	rank	acceptance
Lognormal(0.863, 0.213, 0.3)	100	do not reject
Normal(2.16, 0.382)	51.6	do not reject
Triangular(1.6, 3.14, 1.6)	38.4	do not reject
Exponential(1.6, 0.556)	7.19	do not reject
Uniform(1.6, 2.86)	6.28	do not reject

Gambar 3.7. Hasil Uji Stat Fit Dalam Promodel

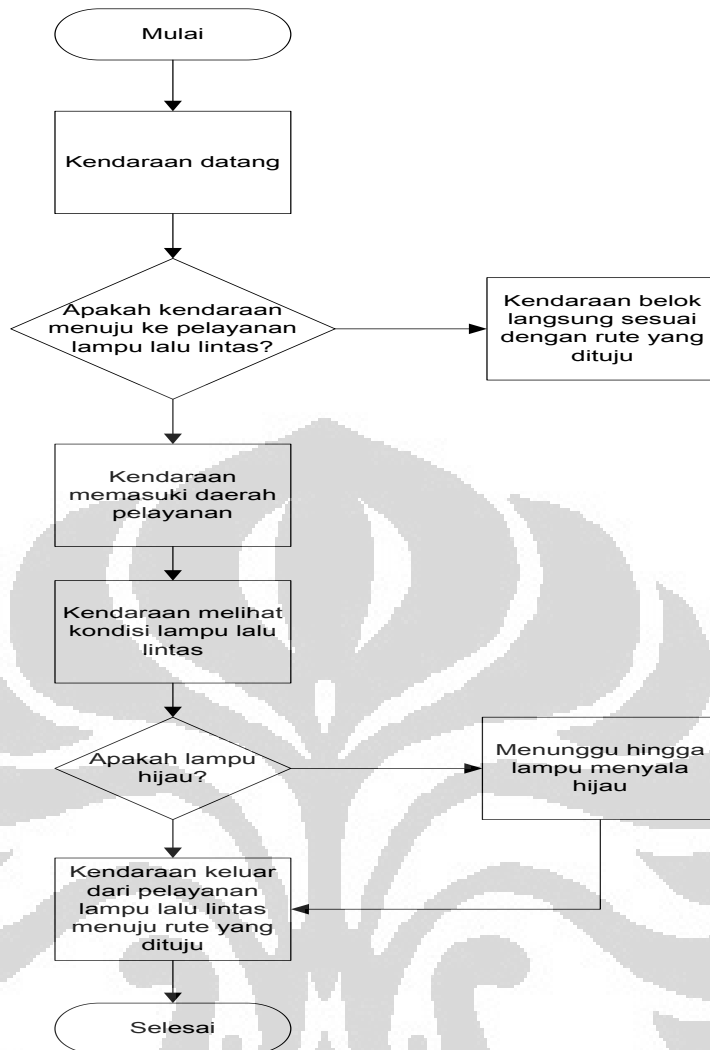
Dari keempat distribusi yang ditunjukkan pada hasil Stat Fit di atas yang akan dimasukkan ke dalam pemetaan dengan simulasi model adalah angka pada distribusi eksponensial.

3.6 Pemetaan Dengan Model Simulasi

Pembuatan simulasi pada kondisi aktual dimulai dengan pembuatan kerangka model yang melukiskan keadaan pada kondisi sebenarnya yang diterjemahkan ke dalam bahasa program.

3.6.1 Kerangka Model Simulasi

Pemetaan dengan simulasi ini melibatkan sistem yang memiliki karakteristik yang bersifat random, sehingga hasil simulasi pada kenyataannya juga bersifat random. Dan untuk menangani hal ini, akan dilakukan replikasi berganda untuk menguji sifat dari keluaran yang dihasilkan oleh model. Jumlah replikasi akan ditentukan sesuai dengan tingkat ketelitian yang dibutuhkan oleh keluaran. Pada penelitian kali ini, replikasi akan dilakukan sebanyak 3-10 kali.



Gambar 3.8. Diagram Alir Pergerakan Entitas Dalam Sistem

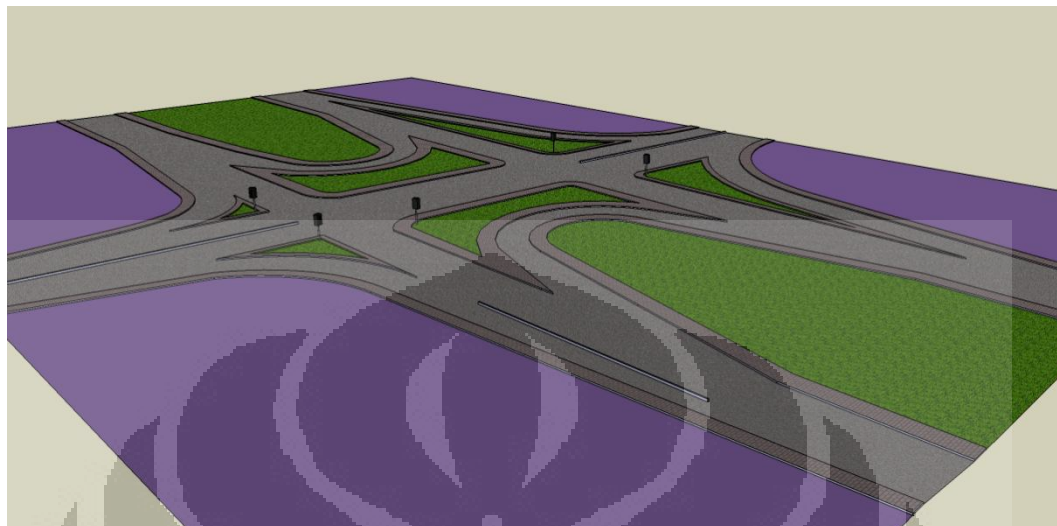
Dalam pembuatan model ini digunakan ProModel v6.0. ProModel akan mendefinisikan sejumlah elemen dasar yaitu : *Layout*, Lokasi (*Location*), Entitas (*Entities*), Kedatangan (*Arrival*), dan Proses (*Processing*). Selain elemen dasar tersebut ada juga elemen tambahan yang berupa Atribut (*Attribute*), Variabel (*Variable*) dan *User Distribution*.

3.6.2 Pendefinisian Elemen Umum

3.6.2.1 *Layout*

Pemetaan dengan model simulasi ini diawali dengan pembuatan *layout* model. *Layout* ini dibuat berdasarkan gambar yang diperoleh dari aplikasi *Google Earth* kemudian disesuaikan dengan keadaan yang sesungguhnya. *Layout* tersebut

akan memudahkan dalam penempatan lokasi-lokasi dalam model. Gambar pemetaan dalam model simulasi adalah seperti terlihat di bawah ini :



Gambar 3.9. *Layout Pemetaan*

3.6.2.1 Lokasi (*Locations*)

Lokasi adalah tempat-tempat pemrosesan entitas dalam sistem yang terbagi atas :

- tempat kedatangan entitas, merupakan lokasi kedatangan dari entitas. nama-nama lokasi kedatangan pada model ini menunjukkan adalah entitas itu
- lampu lalu lintas, pada lokasi ini terjadinya pergantian warna lampu lalu lintas dianalogikan dengan terjadi *downtime* yang terjadwal. dimana waktu *downtime* yang terjadi disesuaikan dengan lamanya fase lampu lalu lintas
- lokasi untuk menggambarkan pergerakan dari entitas dalam sistem, baik itu percabangan maupun pertemuan dari beberapa arus lalu lintas.

Icon	Name	Cap.	Units	Dts...	Stats	Rules...	Notes...
	TL_1M	1	1	None	Time Series	Oldest	
	TL_1H	1	1	None	Time Series	Oldest	
	TL_2M	1	1	None	Time Series	Oldest	
	TL_2H	1	1	None	Time Series	Oldest	
	TL_3M	1	1	None	Time Series	Oldest	
	TL_3H	1	1	None	Time Series	Oldest	
	TL_4M	1	1	None	Time Series	Oldest	
	TL_4H	1	1	None	Time Series	Oldest	
	TL_5M	1	1	None	Time Series	Oldest	
	TL_5H	1	1	None	Time Series	Oldest	
	lajur_1_1	30	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	kedatangan_TL_1	INF	1	None	Time Series	Oldest	
	kedatangan_TL_2	INF	1	None	Time Series	Oldest	
	kedatangan_TL_4	INF	1	None	Time Series	Oldest	
	kedatangan_TL_5	INF	1	None	Time Series	Oldest	
	TL_1_STOP_1	1	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	TL_2_STOP_1	1	1	None	Time Series	Oldest	
	TL_4_STOP_4	1	1	None	Time Series	Oldest	
	TL_5_STOP_1	1	1	None	Time Series	Oldest	

Gambar 3.10. Pendefinisian Lokasi

Karakteristik untuk tiap lokasi diisikan dalam *Location Edit Table*, yang terdiri dari *field-field* dimana tiap *field* menspesifikasikan :

- *icon* ; gambar yang akan mewakili lokasi dalam layout
- *name* ; nama dari lokasi
- *cap* ; kapasitas dari lokasi, yaitu jumlah entitas yang diproses pada suatu waktu. Maksimum kapasitas dari lokasi adalah 999999. Pengaturan dalam INF akan mengatur kapasitas nilai maksimum yang diperbolehkan
- *units* ; jumlah unit dari lokasi, maksimal 999
- *dts* ; mendefinisikan downtime dari lokasi termasuk waktu setup
- *stats* ; menspesifikasikan tingkat detail dari statistik yang akan dikumpulkan, *Basic* berarti hanya utilitasi dan waktu rata-rata dalam lokasi yang akan dikumpulkan dan *Time Series* berarti mengumpulkan statistik dasar dan seri waktu dalam lokasi
- *rules* ; *field* ini mendefinisikan bagaimana lokasi memilih entitas yang akan datang berikutnya. Sesuai dengan karakter lokasi model ini adalah *oldest by priority*, yaitu memilih entitas yang menunggu paling lama diantara beberapa yang memiliki prioritas rute tertinggi. FIFO, *First In First Out*
- *notes* ; pengisian informasi tambahan tentang lokasi.

3.6.2.2 Entitas (*Entities*)

Entitas merupakan segala sesuatu yang diproses dalam model. Dalam model ini entitas yang dimasukkan adalah mobil, motor, dan lampu lalu lintas sebanyak lima lampu. Karakteristik dari entitas dimasukkan dalam *entities editor* yang terdiri dari *field* :

- *icon* ; gambar yang mewakili entitas dalam sistem
- *name* ; nama entitas yang dimasukkan
- *speed* ; digunakan apabila entitas berpindah dengan sendirinya, kecepatan normal untuk sebuah mobil dan motor yang melalui jalan dalam model akan masuk pada *field* ini
- *stats* ; menspesifikasikan tingkat detail dari statistik yang ingin didapat dari lokasi. *None* berarti tidak ada statistik yang akan dikumpulkan, *Basic* berarti hanya utilitas dan waktu rata-rata dalam lokasi yang akan dikumpulkan dan *Time Series* berarti mengumpulkan statistik dasar dan plot seri waktu pada keluaran
- *notes* ; catatan tambahan mengenal entitas.

Icon	Name	Speed (mpm)	Stats	Notes...
	lamp_1	150	Time Series	
	lamp_2	150	Time Series	
	lamp_3	150	Time Series	
	lamp_4	150	Time Series	
	lamp_5	150	Time Series	
	mobil	588.33	Time Series	
	motor	588.33	Time Series	

Gambar 3.11. Pendefinisian Entitas

3.6.2.3 Kedatangan (*Arrivals*)

Kedatangan adalah entitas yang dijadwalkan untuk tiba dalam sistem. Penting untuk ditentukan terutama dalam mengatur jumlah entitas yang masuk ke dalam sistem yang dibuat. Suatu catatan kedatangan akan didefinisikan dengan menspesifikasikan jumlah entitas per kedatangan, frekuensi kedatangan, lokasi kedatangan, waktu kedatangan pertama dan total terjadinya kedatangan.

Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...	Disable
lamp_1	TL_1H	1	0 sec	1	INF		No
lamp_2	TL_2M	1	0 sec	1	INF		No
lamp_3	TL_3H	1	0 sec	1	INF		No
lamp_4	TL_4H	1	76 sec	1	INF		No
lamp_5	TL_5M	1	0 sec	1	INF		No
mobil	kedatangan_TL_1	1	0	INF	e(1.6) sec	tujuan_mobil =	No
mobil	kedatangan_TL_2	1	0	INF	e(1.25) sec	tujuan_mobil =	No
mobil	kedatangan_TL_4	1	0	INF	e(1.2) sec	tujuan_mobil =	No
mobil	kedatangan_TL_5	1	0	INF	e(0.8) sec	tujuan_mobil =	No
motor	kedatangan_TL_1	1	0	INF	e(0.727) sec	tujuan_motor =	No
motor	kedatangan_TL_2	1	0	INF	e(1) sec	tujuan_motor =	No
motor	kedatangan_TL_4	1	0	INF	e(1.2) sec	tujuan_mobil =	No
motor	kedatangan_TL_5	1	0	INF	e(0.462) sec	tujuan_motor =	No

Gambar 3.12. Pendefinisian Kedatangan

Karakteristik kedatangan diisikan dalam tabel *Arrivals Editor* yang terdiri dari *field* :

- *entity* ; nama entitas yang didatangkan
- *location* ; nama lokasi dimana entitas datang
- *qty each* ; jumlah entitas yang datang pada setiap interval waktu kedatangan. Angka yang valid yaitu antara 1 sampai dengan 999999
- *first time* ; waktu untuk kedatangan pertama
- *occurrences* ; kejadian kedatangan entitas (1-999999). INF dimaksudkan agar kedatangan yang telah ditentukan pada setiap waktu kedatangan dapat muncul tanpa batas
- *frequency* ; waktu antar kedatangan. Jika menggunakan siklus kedatangan, *field* ini berisi waktu dimulainya tiap siklus
- *logic* ; mendefinisikan logik kedatangan yang akan dieksekusi setiap entitas begitu entitas tersebut tiba
- *disable* ; pilihan untuk menentukan apakah ingin membuat kedatangan tidak berfungsi sementara tanpa menghilangkannya.

3.6.2.4 Proses (*Processing*)

Proses mendefinisikan rute dari entitas di dalam sistem dan proses apa saja yang akan dialami pada tiap lokasi yang dimasukinya. Dalam menentukan proses melibatkan dua tabel pengubah, yaitu *Process Edit Table* yang menspesifikasikan

apa yang terjadi pada entitas ketika tiba pada lokasi dan Routing Edit Table yang menspesifikasikan kemana entitas akan dirutekan setelah proses selesai.

Dengan menggunakan logika tertentu, lama waktu menjalani proses dan penentuan tujuan dari setiap entiti akan didefinisikan dalam proses. Selain itu juga lokasi kedatangan pada setiap entiti akan diberikan atribut yang menandakan tujuan dari entiti tersebut. Selanjutnya pada setiap percabangan ruas jalan dibuat sebuah logika yang akan menyaring setiap entiti yang melewatinya berdasarkan atribut yang telah didefinisikan. Entitas akan bergerak sesuai dengan atributnya.

Langkah –langkah dari proses dimasukkan ke dalam *Process Edit Table* yang terdiri dari *field* :

- *entities* ; tipe entitas yang akan diproses
- *location* ; lokasi dimana proses terjadi
- *operation* ; logic operasi yang dijalankan

Sedangkan rute entitas yang dimasukkan ke dalam *Routing Edit Table*, terdiri dari *field* :

- *blk* ; berisi nomor blok dari blok rute, satu blok rute dapat terdiri dari satu atau lebih rute alternative yang akan dipilih sesuai aturan dari pemilihan rutenya
- *output* ; nama entitas hasil keluaran proses yang akan dirutekan ke lokasi berikutnya
- *destination* ; lokasi tujuan entitas setelah proses selesai
- *rule* ; mendefinisikan aturan untuk pilihan tujuan rute, apat diketikkan langsung ke dalam *field* atau dipilih dari kotak dialog *Routing Rule*
- *move logic* ; untuk mendefinisikan metode pergerakan atau logic lainnya yang akan dieksekusi pada waktu antara ketika lokasi berikutnya sudah dirutekan dan entitas tiba, tetapi belum masuk pada lokasi berikutnya.

The image shows two windows from a simulation software. The left window, titled 'Process', lists various entities and their operations. The right window, titled 'Routing for ALL @ kedatangan_TL_2', shows a routing table with columns for 'Blk', 'Output...', 'Destination...', 'Rule...', and 'Move Logic...'.

Entity...	Location...	Operation...
ALL	lajur_1_2_4	
ALL	TL_1_EXIT	
ALL	kedatangan_TL_2	
ALL	lajur_2_1	IF tujuan_mobil = 1 or tuju
ALL	lajur_2_1_0	IF tujuan_mobil = 1 or tuju
ALL	lajur_2_1_1	IF Var2 = 1 then
ALL	TL_2_STOP_1	wait until Var2 = 2
ALL	TL_2_GO_1	
ALL	lajur_2_2	IF tujuan_mobil = 1 or tuju
ALL	lajur_2_2_0	IF tujuan_mobil = 1 or tuju
ALL	lajur_2_1_2	IF Var2 = 1 then
ALL	TL_2_STOP_2	wait until Var2 = 2
ALL	TL_2_GO_2	

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	ALL	lajur_2_1	RANDOM 1	
	ALL	lajur_2_2	RANDOM	
	ALL	lajur_2_3	RANDOM	

Gambar 3.13. Pendefinisian Proses

3.6.3 Pendefinisian Elemen Tambahan

Mendefinisikan elemen tambahan diartikan sebagai pendefinisian elemen penunjang untuk mengeksekusi model.

3.6.3.1 Atribut (*Attributes*)

Atribut adalah suatu predikat yang akan dipasangkan dengan lokasi atau entitas, dan dapat berupa bilangan real atau integer. *Field* yang ada dalam atribut adalah :

- *id* ; nama atribut
- *type* ; tipe atribut yaitu interger atau real
- *classification* ; atribut untuk entitas atau untuk lokasi
- *notes* ; catatan tambahan tentang atribut.

The image shows a window titled 'Attributes' with a table listing various attributes. The columns are 'ID', 'Type', 'Classification', and 'Notes...'.

ID	Type	Classification	Notes...
Speed_TL_1_1	Integer	Ent	
Speed_TL_1_2	Integer	Ent	
Speed_TL_2_1	Integer	Ent	
Speed_TL_2_2	Integer	Ent	
Speed_TL_2_3	Integer	Ent	
tujuan_mobil	Integer	Ent	
asal_motor	Integer	Ent	
asal_mobil	Integer	Ent	
Speed_TL_3_1	Integer	Ent	
Speed_TL_3_2	Integer	Ent	
Speed_TL_3_3	Integer	Ent	
Speed_TL_4_1	Integer	Ent	
Speed_TL_4_2	Integer	Ent	
Speed_TL_4_3	Integer	Ent	
Speed_TL_4_4	Integer	Ent	
Speed_TL_5_1	Integer	Ent	
Speed_TL_5_2	Integer	Ent	
Speed_TL_5_3	Integer	Ent	
Speed_TL_5_4	Integer	Ent	
Speed_TL_5_5	Integer	Ent	

Gambar 3.14. Pendefinisian Atribut

3.6.3.2 Variabel (*Variables*)

Variabel adalah predikat untuk mempresentasikan nilai numerik yang berubah-ubah untuk menunjukkan kondisi yang bisa di ubah-ubah. Karakteristik dari variabel diisikan ke dalam *Variable Edit Table* dengan *field* :

- *icon* ; jika diperlukan gambar agar variabel muncul pada layar
- *id* ; nama variabel
- *type* ; tipe variabel, real atau integer
- *initial value* ; nilai inisial dari variabel yang akan di-*assign* pada awal simulasi
- *stats* ; level statistik yang diinginkan, apakah None, Basic atau Time Series
- *notes* ; catatan tambahan tentang variabel.

Icon	ID	Type	Initial value	Stats	Notes...
No	Lampu_lalu_lintas_1	Integer	0	Time Series, T	
No	Lampu_lalu_lintas_2	Integer	0	Time Series, T	
No	Lampu_lalu_lintas_3	Integer	0	Time Series, T	
No	Lampu_lalu_lintas_4	Integer	0	Time Series, T	
No	Lampu_lalu_lintas_5	Integer	0	Time Series, T	
Yes	Output_TL_1	Integer	0	Time Series, T	
Yes	Output_TL_2	Integer	0	Time Series, T	
Yes	Output_TL_5	Integer	0	Time Series, T	
Yes	Output_TL_4	Integer	0	Time Series, T	
Yes	Output_TL_3	Integer	0	Time Series, T	

Gambar 3.15. Pendefinisian Variable

Variabel yang digunakan dalam model ini adalah sebagai berikut :

- *lampu lalu lintas* ; bertipe integer dengan nilai inisial 0, berfungsi untuk menunjukkan perubahan lampu lalu lintas, merah ataupun hijau pada masing-masing TL yang ada
- *output* ; bertipe integer dengan nilai inisial 0, berfungsi untuk menunjukkan jumlah keluaran kendaraan pada masing-masing TL yang ada.

3.6.3.3 Distribusi Terdistribusi (*user distributions*)

Distribusi ini dalam model digunakan sebagai petunjuk beberapa probabilitas entity yang akan diberikan nilai atribut sesuai dengan tujuan entiti yang akan diberikan. Distribusi ini berjenis diskrit dengan probabilitas dalam persen.

Karakteristik dari distribusi ini diisikan ke dalam *User Distributions Editor*, dengan *field* :

- *id* ; nama distribusi
- *type* ; jenis distribusi yang dibuat, apakah diskrit atau kontinu
- *cumulative* ; pilihan untuk mendefinisikan model distribusinya apakah berjenis kumulatif atau tidak
- *table* ; pilihan apakah tabel distribusi terdefinisi atau tidak.

Selain itu untuk mendefinisikan secara lebih jelas terdapat tabel pengubah selanjutnya dengan *field* :

- *percentage* ; besar presentase distribusi untuk masing-masing rute yang ada.
- *value* ; masing-masing rute yang ada yang direpresentasikan dengan menggunakan angka.

ID	Type	Cumulative	Table...
dist_tujuan_mobil_TL_1	Discrete	No	Defined
dist_tujuan_motor_TL_1	Discrete	No	Defined
dist_tujuan_mobil_TL_2	Discrete	No	Defined
dist_tujuan_motor_TL_2	Discrete	No	Defined
dist_tujuan_mobil_TL_5	Discrete	No	Defined
dist_tujuan_motor_TL_5	Discrete	No	Defined
dist_tujuan_mobil_TL_4	Discrete	No	Defined
dist_tujuan_motor_TL_4	Discrete	No	Defined

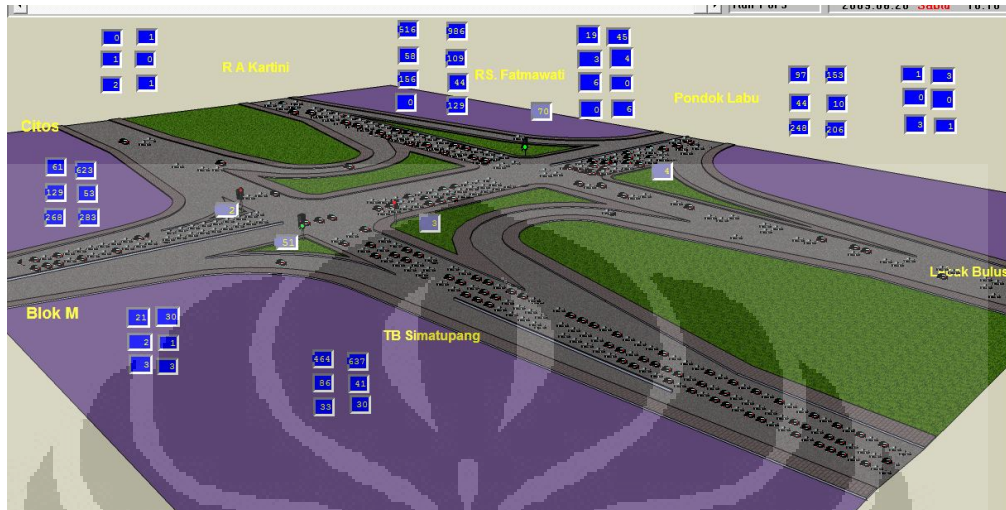
Percentage	Value
16.94	1
26.71	2
56.35	3

Gambar 3.16. Pendefinisian *User Distributions*

3.6.4 Animasi

Animasi menggambarkan pemetaan dengan menggunakan model simulasi ini, proses yang terjadi selama simulasi dijalankan, terlihat dalam animasi.

Animasi digunakan untuk membantu mengamati dan memahami perilaku sistem dari yang dipetakan, selain itu juga untuk menjadikan model menjadi lebih menarik. Gambar berikut ini merupakan *snapshot* animasi dari model yang telah dibuat:

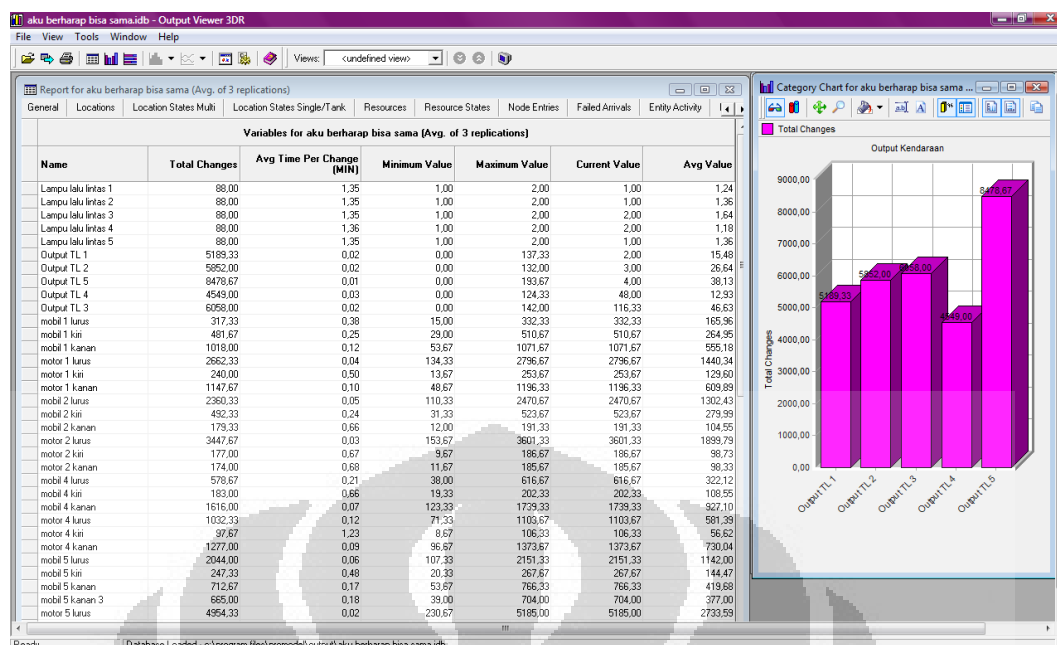


Gambar 3.17. *Snapshot* Animasi Pemetaan dengan Model Simulasi pada Persimpangan Fatmawati

Pada animasi tersebut juga terdapat statistik perhitungan jumlah kendaraan pada masing-masing rute. Sehingga dapat terlihat perubahan-perubahan yang ada pada model.

3.7 Output Model

Setelah simulasi dijalankan, *output* dari model simulasi dapat terlihat dalam bentuk sheet ataupun grafik. Dibawah ini terlihat bentuk langsung *output* dari ProModel :



Gambar 3.18. Output Simulasi dari ProModel

3.8 Verifikasi dan Validasi Model

3.8.1 Verifikasi Model

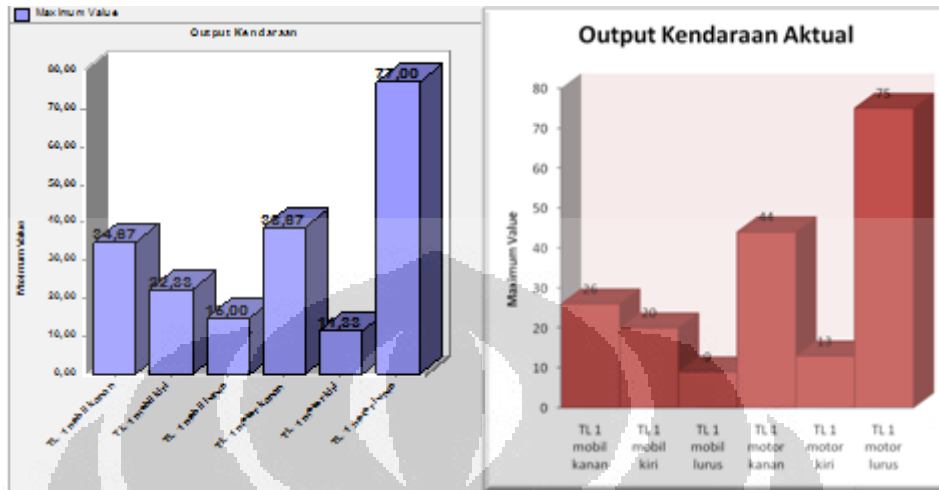
Verifikasi dilakukan untuk mengetahui apakah model telah dibuat dengan benar, berkaitan dengan penulisan dan struktur dari *logic* model. Hal-hal yang dilakukan untuk verifikasi pemetaan dengan menggunakan model simulasi ini adalah:

- pengecekan kembali *syntax* model untuk memastikan bahwa model telah dibuat dengan benar, maka dilakukan pengecekan kembali terhadap penulisan semua elemen dalam model dan memastikan tidak ada kesalahan dalam menuliskan semua proses
- mengamati perilaku sistem dalam animasi
- memeriksa *output* model

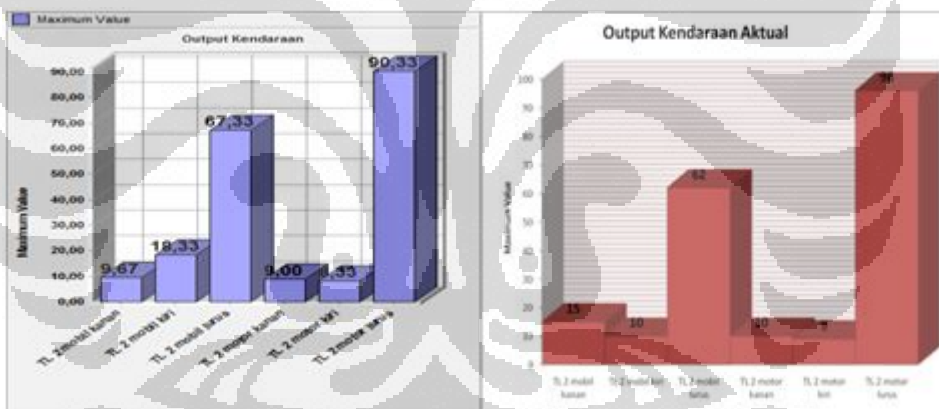
3.8.2 Validasi Model

Untuk membuktikan bahwa model yang dibuat telah valid, *output* model dibandingkan dengan data historis. *Output* model yang hampir sama dengan data hasil pencatatan data dalam pengamatan, hal ini menunjukkan bahwa model telah valid. Hal-hal yang dilakukan untuk validasi model adalah sebagai berikut:

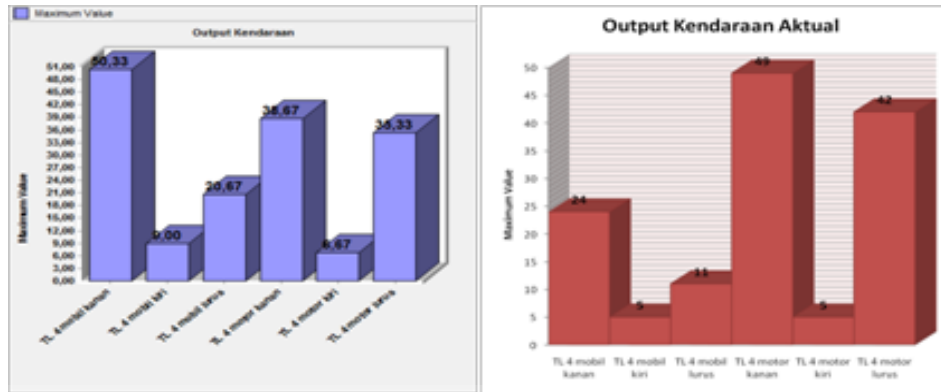
- memeriksa jumlah *output* kendaraan. *Output* model tersebut kemudian dibandingkan dengan data historis pelabuhan. Di bawah ini adalah grafik dari model dan aktual dari masing-masing keluaran di setiap TL :



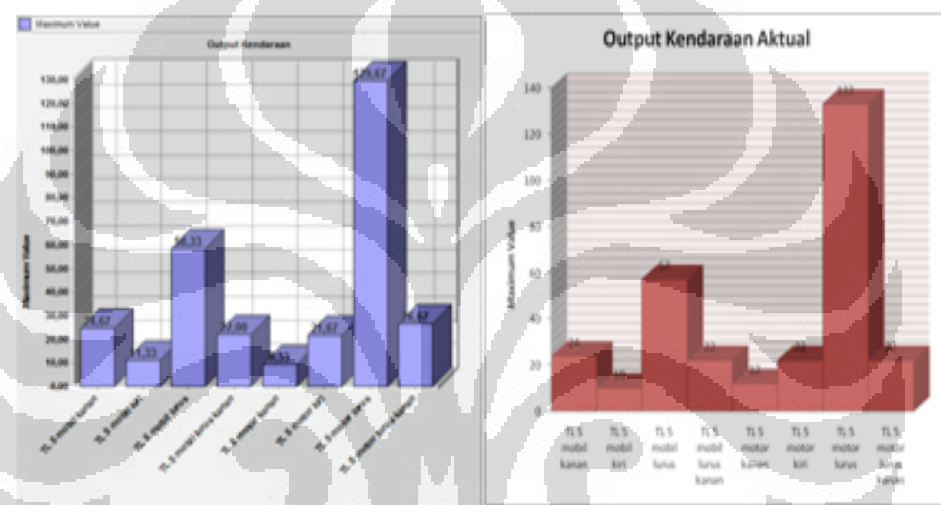
Gambar 3.19. Grafik *Output* Kendaraan pada TL 1 antara Model dengan Aktual



Gambar 3.20. Grafik *Output* Kendaraan pada TL 2 antara Model dengan Aktual



Gambar 3.21. Grafik *Output* Kendaraan pada TL 4 antara Model dengan Aktual



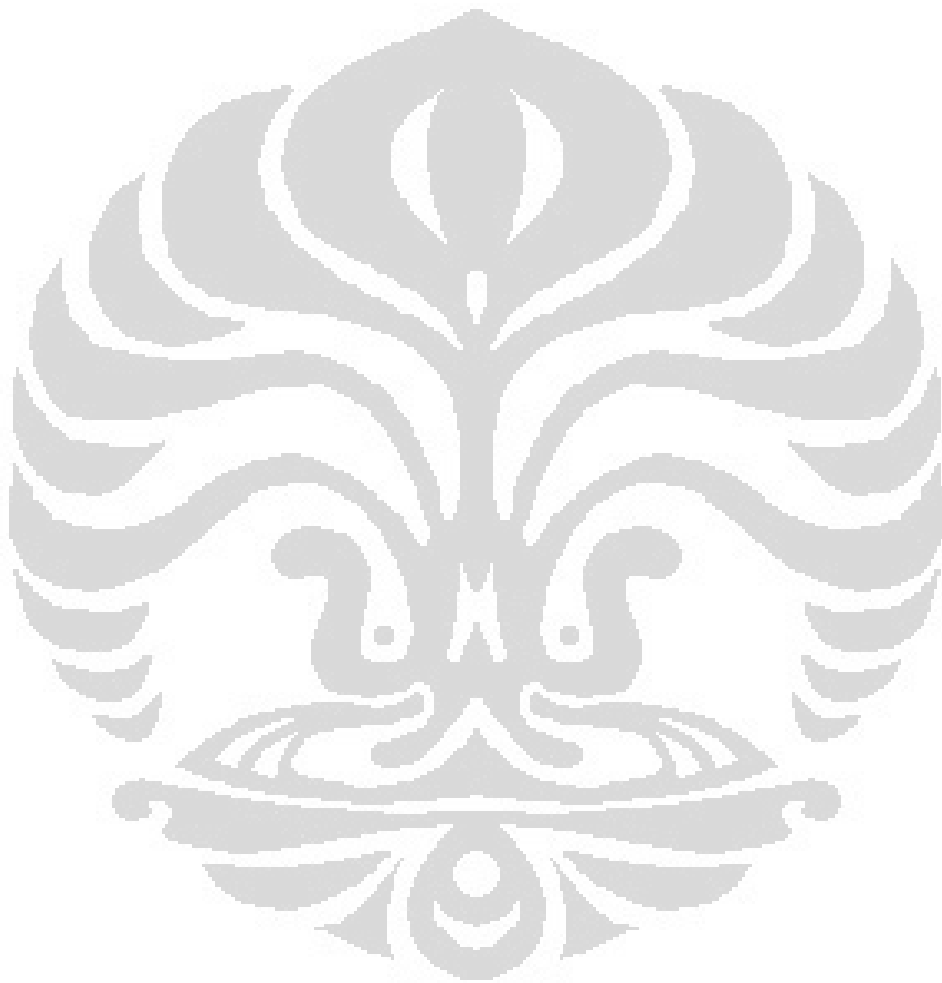
Gambar 3.22. Grafik *Output* Kendaraan pada TL 5 antara Model dengan Aktual

Tabel 3.22. Perbandingan *Output* Model dan Data Aktual Dalam Tabel

Rute	Model								Aktual							
	TL1		TL2		TL4		TL5		TL1		TL2		TL4		TL5	
	Mobil	Motor	Mobil	Motor	Mobil	Motor	Mobil	Motor	Mobil	Motor	Mobil	Motor	Mobil	Motor	Mobil	Motor
Pondok Labu	15	77					11	22	9	75					10	22
Citos	22	11	67	90	50	39	25	9	20	13	62	96	24	49	24	12
Lebak Bulus	35	39	10	9	9	7	58	130	26	44	15	10	5	5	57	133
Blok M			18	8	21	35					10	9	11	42		
TL 3							22	27							22	22

- membuat kondisi ekstrim pada model, yaitu menaikkan tingkat kedatangan penumpang dan kendaraan dengan siklus lampu lalu lintas tetap. Hasil simulasi menunjukkan terjadi antrian yang cukup panjang pada tiap ruas jalan, hal ini sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Hal ekstrim lainnya adalah dengan menambahkan lamanya waktu siklus lampu lalu lintas dengan kedatangan tetap sama. *Output* simulasi menunjukkan bahwa antrian menjadi

lebih sedikit dibandingkan aslinya. Hal ini sesuai dengan hasil yang diharapkan. Dengan demikian, maka model yang telah dibuat ini dapat dikatakan valid.



BAB 4 PEMBAHASAN

Bab 4 berisi pembahasan dari pengumpulan dan pengolahan data penelitian. Pembahasan dilakukan terhadap hasil pengolahan data serta analisis untuk skenario dalam model simulasi.

4.1 Penentuan Lokasi Kemacetan

Penentuan sebuah titik kemacetan untuk pemetaan rute ini dilakukan dengan merekapitulasi semua data laporan masyarakat yang masuk ke Traffic Management Centre (TMC). Keseluruhan data yang masuk diklusterkan kembali sesuai dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Wilayah.
2. Waktu (jam sibuk).
3. Persyaratan (merupakan jalan protokol dengan persimpangan, adanya fasilitas *traffic light*, banyak terdapat lokasi perkantoran dan juga sekolah atau universitas, banyak terdapat lokasi hiburan dan perbelanjaan, dilalui oleh banyak motor, mobil, kendaraan umum, dan juga taksi.

Pengklusteran ini dimaksudkan agar sebuah titik macet yang nantinya akan menjadi objek observasi memungkinkan untuk dijadikan sebuah representasi model pemetaan rute pengendara bermotor di titik simpul kemacetan dari begitu banyaknya titik macet yang diperoleh dari TMC. Metode pengklusteran dipilih dengan urutan di atas dikarenakan beberapa pertimbangan. Pengklusteran per wilayah dilakukan karena dengan lima wilayah yang dimiliki oleh DKI Jakarta, setiap daerah memiliki karakteristik sendiri terlebih lagi dengan masing-masing daerah memiliki kebijakan sistem lalu lintas yang berbeda-beda pula.

Kemudian pengklusteran juga dilakukan berdasarkan waktu (jam sibuk) dikarenakan, dari data yang ada terlihat bahwa laporan kemacetan akan ramai pada jam-jam tertentu. Dan kemacetan yang terjadi pada pagi hari dan sore hari telah menjadi rahasia umum di banyak wilayah di DKI Jakarta.

Selanjutnya untuk pengklusteran berdasarkan persyaratan dilakukan berdasar pada masukan dari beberapa pihak, termasuk wawancara dengan

beberapa orang dalam TMC yang biasa menangani masalah kemacetan di wilayah DKI Jakarta. Selain itu juga berdasarkan pada analisa yang logis mengenai hubungan antara persyaratan yang ada dengan kemacetan.

Dalam penentuan titik macet dengan menggunakan persyaratan, merupakan jalan utama dengan persimpangan, dapat dianalisa dengan menitikberatkan pada persimpangan yang merupakan sumber konflik lalu lintas yang rawan terhadap kecelakaan karena sering kali terjadi konflik antara kendaraan satu dengan kendaraan lainnya. Dan pada persimpangan setiap kendaraan harus bergantian lewat sesuai dengan fasenya.

Kemudian persyaratan adanya fasilitas *traffic light*, hal ini tentunya didasarkan pada pentingnya aspek pengendali lalu lintas dalam sebuah persimpangan. Dengan begitu banyaknya rute yang dapat dituju dalam sebuah persimpangan tentunya sebuah pengendali lalu lintas menjadi sebuah keharusan untuk ada.

Lalu untuk persyaratan lainnya seperti banyaknya terdapat perkantoran, sekolah, universitas, tempat hiburan serta tempat perbelanjaan didasarkan pada pengamatan bahwa setiap wilayah ataupun lokasi yang banyak terdapat tempat yang seperti disebutkan, pasti merupakan wilayah yang rawan sekali terhadap timbulnya kepadatan kendaraan. Sedangkan untuk persyaratan dilalui banyak motor, mobil pribadi, kendaraan umum, dan juga taksi, dikarenakan inilah yang menjadi entity dalam pemetaan rute nantinya. Jika hanya beberapa saja yang melewati wilayah tersebut, maka wilayah tersebut tidak dapat digunakan sebagai model representasi untuk sebuah pemetaan rute pada titik kemacetan.

Pengelompokkan data dilakukan untuk setiap minggu dimulai dari 1 Januari 2009 sampai dengan 14 Maret 2009. Hal ini hanya sebagai acuan bahwa data yang digunakan untuk pengelompokan adalah data yang paling terbaru yang masuk ke TMC.

Dari **tabel 3.7** terlihat bahwa wilayah Jakarta Selatan merupakan wilayah dengan laporan kemacetan terbesar. Dari 1083 titik yang diadakan sebagai titik kemacetan oleh masyarakat, 404 diantaranya berada pada wilayah Jakarta Selatan. Hal ini mengingat Jakarta Selatan dipenuhi dengan lokasi perkantoran, lokasi hiburan, pusat perbelanjaan, sekolah, dan jalan protokol yang selalu padat.

Kemudian untuk pengelompokan berdasarkan waktu (jam sibuk) terlihat pada **tabel 3.9**, dapat disimpulkan bahwa kategori waktu yang paling sering terjadi kemacetan berdasarkan laporan masyarakat adalah pada pukul 18.00-20.00, dengan lokasi wilayah yang paling sering terjadi kemacetan. Pembagian waktu dalam pengelompokan ini dilakukan berdasarkan tingkat kepentingan seperti jam berangkat kerja, jam istirahat dan makan siang, jam pulang kerja, dan juga jam malam. Pada pukul 18.00-20.00 laporan yang masuk mencapai 32% dari total laporan masuk pada jam yang lainnya. Dapat disimpulkan bahwa pada waktu 18.00-20.00 merupakan kategori waktu dimana laporan masyarakat mengenai kemacetan paling sering terjadi. Secara jumlah total, jumlah laporan pada kategori pukul 18.00-20.00 masih di bawah kategori pukul 14.00-18.00, yaitu 221 berbanding 243, namun bobot laporan per jam untuk kategori pukul 18.00-20.00 merupakan yang tertinggi yaitu 110,5 laporan per jam nya atau sebesar 31,82 % dari total laporan per jam nya.

Rekapitulasi selanjutnya dilakukan berdasarkan waktu (jam sibuk) tersebut, namun kalau pada rekapitulasi sebelumnya dilakukan pada laporan masyarakat yang masuk ke TMC, tetapi pada rekapitulasi ini dilakukan pada titik macetnya. Setelah dilakukan sortir, pada pukul 18.00-20.00 terdapat 114 lokasi titik kemacetan, dengan hasil presentasi seperti pada **tabel 3.10**. Terlihat bahwa Jakarta Selatan tetap memiliki presentase tertinggi dalam sortir berdasarkan waktu. Dari 114 titik yang ada diseluruh DKI Jakarta, 43 diantaranya berada di Jakarta Selatan. Ini berarti 37.72% berada di Jakarta Selatan, seperti terlihat pada **gambar 3.4**.

Titik kemacetan yang terdapat di Jakarta Selatan, seperti yang disebutkan pada **tabel 3.11**, dikluster kembali berdasarkan persyaratan yang telah ditentukan. Dari beberapa aspek persyaratan tersebut serta beberapa faktor lainnya, seperti kemudahan mencapai lokasi, maka penulis menetapkan lokasi titik kemacetan yang nantinya akan dijadikan tempat observasi variabel-variabel karakteristik pengendara kendaraan bermotor penyebab kemacetan lalu lintas, yaitu : persimpangan fatmawati.

4.2 Gambaran, Karakteristik Daerah Penelitian, dan Sistem Kendali Lalu Lintas

Pada **gambar 3.5**, terlihat bahwa persimpangan sebidang di Fatmawati tersebut dalam akan memiliki beberapa konflik. Persimpangan yang merupakan simpul dalam jaringan transportasi dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu, dikendalikan dengan penentuan siapa yang terlebih dahulu mendapatkan kesempatan untuk jalan.

Sedangkan untuk volume kendaraan terjadi tidak merata, menyebabkan seringkali terjadi kepadatan pada semua jalur lalu lintas. Kepadatan tersebut terjadi di saat-saat tertentu, yaitu pada saat jam-jam sibuk di pagi hari dan sore hari terutama di hari kerja. Pada pagi hari kepadatan disebabkan oleh volume lalu lintas kendaraan yang menuju perkantoran ke arah Jalan Fatmawati yang menuju Blok M, serta berasal dari volume lalu lintas dari Jalan TB Simatupang. Begitu pula yang terjadi pada sore hari, ditambah lagi dengan kepadatan volume lalu lintas kendaraan jalan TB Simatupang yang menuju Depok.

4.3 Pemetaan Persimpangan

Diagram untuk pengumpulan data terlihat seperti pada **gambar 3.6**. Pengumpulan data untuk pemetaan kondisi yang ada pada persimpangan Fatmawati ini diawali dengan melakukan pengamatan pada proses bisnis existing sistem lalu lintas di persimpangan di Fatmawati. Pengamatan ini akan menghasilkan data tentang lamanya waktu tunggu mobil dan motor di persimpangan di Fatmawati. Lamanya waktu tunggu kendaraan (mobil dan motor) dipengaruhi oleh durasi lampu hijau dan durasi lampu merah pada lampu lalu lintas, kapasitas jalan dan jumlah kendaraan. Dari pengamatan yang dilakukan diketahui bahwa durasi lampu merah dan lampu hijau menyala tidak sama. Begitu pula dengan fase untuk lampu lalu lintas.

Jumlah kendaraan ini terdiri dari jumlah motor dan mobil yang masuk dalam antrian. Banyaknya mobil dan motor dipengaruhi oleh waktu antar kedatangan mobil dan motor tersebut. Semakin sering mobil dan motor yang datang maka semakin banyak pula mobil dan motor yang berada di antrian lampu lalu lintas namun hal ini juga dipengaruhi oleh distribusi kendaraan pada masing-

masing ruas jalan. Distribusi rute kendaraan pada persimpangan inilah yang nantinya akan dijadikan acuan untuk pembuatan usulan optimasi pada persimpangan setelah dipetakan sesuai dengan keadaan aktualnya. Kapasitas jalan mempengaruhi lamanya waktu tunggu, kapasitas jalan sendiri juga dipengaruhi oleh lebar lajur, panjang kendaraan dan jumlah lajur yang ada di jalur tersebut. Semakin sempit lajur dan semakin sedikit jumlah lajur pada jalan maka antrian akan semakin panjang, panjang kendaraan juga mempengaruhi kapasitas jalan karena semakin panjang kendaraan maka semakin sedikit kendaraan yang bisa masuk di sistem. Selanjutnya dari jumlah kendaraan yang berhasil menjadi keluaran dari antrian lampu lalu lintas, dilihat distribusi rute dari masing-masing jalan. Kemudian sebelum pembuatan pemetaan dengan menggunakan simulasi terlebih dahulu dicari data mengenai kecepatan kendaraan normal, dan juga kecepatan kendaraan pada saat kendaraan akan keluar dari lampu merah dimulai pada kendaraan pertama sehingga dapat menggambarkan kondisi lalu lintas yang ada pada persimpangan tersebut.

4.3.1 Kedatangan Kendaraan

Pencatatan kedatangan kendaraan pada masing-masing jalur dilakukan untuk menghitung waktu antar kedatangan kendaraan yang akan dimasukkan dalam model. Dengan menghitung waktu antar kedatangan kita dapat melihat jalur yang paling cepat menjadi padat. Hal ini dikarenakan dengan semakin cepat waktu antar kendaraan yang masuk maka akan semakin padat jalur tersebut. Namun dalam pembuatan model simulasi, data ini tidak langsung akan dimasukkan, melainkan dicari terlebih dahulu besarnya distribusi untuk data waktu antar kendaraan tersebut.

Untuk TL 1, dari keseluruhan data yang ada, motor memiliki waktu antar kedatangan antara 0.727 – 1.6 detik, sedangkan untuk mobil 1.6 – 2.857 detik. Hal ini terlihat pada **tabel 3.12**. Pada TL 1 jumlah motor yang datang dalam satu periode kedatangan selalu lebih besar dibandingkan dengan jumlah mobil yang datang. Data selanjutnya yang terlihat dalam **lampiran 2** memiliki perincian sebagai berikut :

- pada TL 2, mobil memiliki waktu antar kedatangan 1.250 – 2.609 detik, sedangkan untuk motor 1.0 – 1.714 detik.
- pada TL 4, mobil memiliki waktu antar kedatangan 1.2 – 4.286 detik, sedangkan untuk mobil 3.0 – 15.00 detik. Melihat angka ini dapat langsung terlihat bahwa di TL 4 mobil ataupun motor datang tidak secepat seperti kedatangan pada jalur yang lainnya.
- pada TL 5, mobil memiliki waktu antar kedatangan 0.8 – 1.091 detik, sedangkan untuk motor 0.462 – 0.789 detik. Dari keseluruhan data yang didapat, waktu antar kedatangan pada TL 5 adalah yang paling cepat. Dapat dianalisa bahwa jalur di TL 5 inilah yang memiliki kepadatan paling besar.

Dalam suatu ruas jalan apabila kendaraan yang datang semakin banyak maka penurunan kecepatan pun akan terjadi sehingga kepadatan pun dapat terlihat dalam ruas jalan tersebut seperti yang digambarkan pada **gambar 2.4**.

Dalam pemetaan dengan simulasi model nantinya, kedatangan kendaraan akan dijadikan suatu populasi yang tidak terbatas dengan menggunakan distribusi probabilitas tertentu. Dinyatakan sebagai populasi yang tidak terbatas karena, tidak pernah ada batasan untuk jumlah kendaraan boleh melewati suatu ruas jalan. Distribusi probabilitas untuk kedatangan kendaraan tertentu tersebut akan di dapatkan dalam pengujian statistik untuk masing-masing data sebelum dimasukkan dalam *logic software* ProModel.

4.3.2 Probabilitas Tujuan dari Masing-Masing Kendaraan

Probabilitas tujuan dari masing-masing kendaraan digunakan untuk mengetahui rute serta distribusi dari masing-masing kendaraan yang melewati persimpangan. Probabilitas ditunjukkan dengan memperlihatkan nilai presentase untuk masing-masing rute. Seperti terlihat pada **tabel 3.14**, presentase paling banyak untuk mobil dan motor adalah presentase untuk rute dari TL 4 menuju arah *Citos*, yaitu sebanyak 68.83% dan 54.06%. Diikuti dengan presentase ke arah Blok M, dan ke arah Lebak Bulus. Sedangkan untuk rute dari TL lainnya terlihat pada lampiran dan dapat dijelaskan seperti berikut :

- pada TL 1, untuk mobil memiliki presentase rute terbesar yaitu ke arah Lebak Bulus sebesar 56.35%, diikuti dengan arah belok ke arah *Citos* dan presentase

terkecil adalah mobil yang menuju arah Pondok Labu. Sedangkan untuk motor, presentase terbesar yaitu ke arah Pondok Labu sebesar 66.02%, diikuti dengan motor ke arah Lebak Bulus dan belok ke arah *Citos*.

- pada TL 2 rute kendaraan paling banyak ke arah *Citos* dengan presentase untuk mobil sebesar 77.98% dan untuk motor sebesar 91.09%. Dilanjutkan dengan presentase untuk arah Blok M dan arah kembali ke Lebak Bulus.
- pada TL 5, berbeda dengan TL lainnya, TL 5 memiliki 4 preferensi rute, lebih banyak daripada TL lainnya. Presentase terbesar untuk mobil adalah pada arah Lebak Bulus sebesar 55.62%, selanjutnya adalah presentase mobil belok putar balik ke arah *Citos*, belok menuju TL 3 dan terakhir yang memiliki presentase terkecil adalah rute belok Menuju ke Pondok Labu. Sedangkan untuk motor presentase terbesar adalah rute menuju Lebak Bulus, sebesar 77.26%, kemudian presentase arah belok menuju TL 3, belong langsung ke arah Pondok Labu, dan terakhir adalah belok langsung menuju *Citos*.

Probabilitas presentase inilah yang nantinya akan dijadikan acuan dalam melihat apakah pemetaan dengan menggunakan simulasi model ini sudah sesuai dengan aktual yang ada. Jika dilihat dari presentase masing-masing jalan, serta besarnya kendaraan yang melalui masing-masing jalur, dapat terlihat besar kepadatan yang ada di masing-masing jalur, dan hal ini dapat dijadikan acuan untuk penetapan kebijakan marka serta rambu lalu lintas yang ada. Seperti misalnya penujupan untuk salah satu jalur agar lalu lintas menjadi lebih lancar. Tentunya hal ini dengan mempertimbangkan waktu yang ada.

4.3.3 Lamanya Siklus Lampu Lalu Lintas Dan Fase Lampu Lalu Lintas

Dalam mendesain sebuah persimpangan, tentunya fase serta pembagian waktu sinyal adalah hal yang penting. Dengan melihat konflik yang ada dalam persimpangan, fase serta pembagian waktu sinyal atau dengan kata lain siklus lampu lalu lintas akan dirancang sedemikian rupa, sehingga sasaran untuk lampu lalu lintas sebagai pengendali dalam sebuah persimpangan dapat tercapati. Pengendalian dalam sebuah persimpangan adalah suatu keharusan, mengingat banyaknya konflik yang terjadi dalam suatu persimpangan. Terjadinya kemacetan pada arus lalu lintas biasanya terjadi pada persimpangan dimana suatu jalan

digunakan oleh beberapa arus lalu lintas yang berbeda pada waktu bersamaan. Penggunaan lampu lalu lintas adalah cara untuk pengendalian arus dalam sebuah persimpangan.

Fase lampu lalu lintas merupakan urutan pergerakan kendaraan yang diterapkan pada satu atau lebih arus lalu lintas, dimana selama pengulangan sinyal arus lalu lintas menerima perintah yang sama secara simultan. Dalam pemetaan dengan model simulasi, lamanya siklus lampu ini akan menentukan lamanya suatu kendaraan mendapatkan pelayanan dari lampu lalu lintas. Fase lampu lalu lintas dibatasi hanya untuk lampu merah dan hijau saja dilakukan untuk mempermudah perhitungan dalam model simulasi. Selain daripada itu, dalam model simulasi seluruh pengendalian disimulasikan sebagai pengendara yang disiplin, jadi diasumsikan waktu lainnya yang ada dalam sebuah siklus adalah waktu yang terbuang untuk pengendara yang sebenarnya. Pada **tabel 3.15** ataupun **tabel 3.16**, terlihat durasi untuk lampu menyala merah dan lampu menyala hijau berbeda-beda untuk setiap TL. Pada TL 2 dan TL 5 memiliki lampu menyala hijau yang lebih lama dibandingkan dengan lampu menyala hijau pada TL 1 dan TL 4, hal ini dapat dijelaskan dari data kedatangan kendaraan yang ada pada masing-masing jalur TL. TL 2 dan TL 5 cenderung memiliki kedatangan kendaraan yang lebih besar dibandingkan kedatangan kendaraan pada TL 1 dan TL 3. Sedangkan lampu lalu lintas TL 3 adalah sebuah pengecualian, dikarenakan TL 3 ini merupakan sebuah transit untuk pengendalian kendaraan yang akan menuju rute arah Blok M dari arah TL 4 dan TL 5.

4.3.4 Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan dimasukkan dalam pemetaan dengan menggunakan simulasi model ini dikarenakan oleh kecepatan mempunyai hubungan dengan volume arus lalu lintas yang ada. Dengan volume arus lalu lintas yang besar tentunya akan membuat kecepatan dari masing-masing kendaraan menjadi menurun. Perhitungan kecepatan kendaraan dalam pemetaan ini digunakan untuk mensimulasikan model sesuai dengan keadaan aktualnya. Pada kenyataannya pada saat kendaraan mengantri di lampu lalu lintas yang menyala merah, masing-masing pengendara akan mengkondisikan kendaraannya ke dalam keadaan

normal, dan saat lampu lalu lintas menyala hijau, kendaraan akan mulai bergerak mulai dari kecepatan nol, sampai masing-masing kendaraan dapat keluar dari lampu lalu lintas tersebut. Kecepatan didapatkan dengan menggunakan rumus dasar kecepatan, sesuai dengan konsep dasar kecepatan. Kecepatan yang dapat didefinisikan sebagai laju perubahan posisi didapat dari perbandingan antara perpindahan jarak dan selang waktu. Namun dalam pemetaan yang dimasukkan dalam simulasi model adalah fungsi probabilitas dari kecepatan masing-masing kendaraan yang telah didapat sebelumnya. Hal ini dikarenakan masing-masing kendaraan akan bergerak dengan kecepatan yang berbeda-beda sesuai urutannya dalam sistem antrian lampu lalu lintas.

Selain itu juga dapat dikatakan bahwa hubungan kecepatan dan kepadatan adalah linear, semakin tinggi kecepatan lalu lintas dibutuhkan ruang bebas yang lebih besar antar kendaraan yang mengakibatkan jumlah kendaraan perkilometer menjadi lebih kecil. Kemudian untuk hubungan kecepatan dan arus adalah parabolik yang menunjukkan bahwa semakin besar arus kecepatan akan turun sampai suatu titik yang menjadi puncak parabola tercapai kapasitas setelah itu kecepatan akan semakin rendah lagi dan juga arus juga akan semakin kecil.

4.3.5 Kapasitas Jalan Dan Rute Kendaraan Yang Ada Pada Persimpangan

Perhitungan kapasitas jalan yang hanya berdasarkan pada pertimbangan berapa banyak kendaraan yang dapat masuk pada jalan yang ada dalam pemetaan adalah untuk memberikan penjelasan pada kapasitas untuk lokasi pada masing-masing ruas jalan. Karena dalam simulasi nantinya diperlukan data untuk kapasitas dari masing-masing lokasi yang akan digambarkan, sehingga terlihat kepadatan yang terjadi dalam model simulasi tersebut.

Besarnya distribusi kendaraan untuk masing-masing rute yang akan dilihat dari hasil pemetaan nantinya. Dari besarnya presentase distribusi di masing-masing rute akan dilakukan eksperimen dalam pemetaan model untuk mengetahui apakah penutupan untuk salah satu rute dapat mempengaruhi kepadatan yang ada ataupun jumlah keluaran kendaraan dari pelayanan antrian lampu lalu lintas.

4.4 Uji Statistik

Uji statistik yang dilakukan adalah untuk memperlihatkan distribusi probabilitas dari kedatangan antar kendaraan pada setiap ruas jalan yang telah diambil datanya. Dengan melakukan uji statistik ini dapat dispesifikasikan dari data yang ada tipe distribusi apa yang cocok untuk dapat dijadikan acuan dalam waktu antar kedatangan kendaraan. Selanjutnya dari hasil distribusi probabilitas yang keluar yang dipilih untuk dimasukkan dalam pemetaan dengan menggunakan adalah distribusi eksponensial. Hal ini dikarenakan distribusi eksponensial merupakan distribusi yang sering digunakan untuk merepresentasikan waktu antar kejadian acak, seperti waktu antar kedatangan penumpang pada model antrian atau waktu antar kegagalan. Untuk waktu antar kedatangan kendaraan dalam model simulasi ini pun digunakan distribusi probabilitas eksponensial.

4.5 Simulasi Model

4.5.1 Pemetaan Dengan Simulasi Model

Pemetaan dengan menggunakan model simulasi ini dilakukan untuk menjabarkan distribusi kendaraan, keluaran kendaraan dari pelayanan lampu lalu lintas dan pengaruhnya terhadap kemacetan pada titik simpul kemacetan atau persimpangan.

Pembuatan model bertujuan untuk menggambarkan perilaku sistem yang telah terdefiniskan secara valid. Selain itu model juga diusahakan untuk menyediakan representasi statistik atau grafik untuk mencapai sasaran penelitian. Dalam skripsi ini pemetaan akan direpresentasikan dengan sebuah model simulasi. Keunggulan dari simulasi ini adalah model tidak harus mengandung semua data detail tetapi sudah dapat dijalankan. Namun secara bertahap detail dan kompleksitas dapat ditambahkan ke dalam model yang telah dibuat. Seperti yang tergambar pada **gambar 3.8**, secara umum proses yang akan terjadi dalam sistem untuk masing-masing ruas jalan adalah sebagai berikut :

Entitas dalam hal ini yaitu mobil dan motor, datang dan masuk ke dalam sistem dengan suatu distribusi tertentu. Kemudian entitas akan melakukan keputusan yang pertama yaitu, penentuan rute untuk langsung belok tanpa masuk

pada pelayanan lampu lalu lintas atau rute yang dituju harus melalui pelayanan lampu lalu lintas. Selanjutnya entitas yang datang dan masuk ke sistem pelayanan akan diberikan atribut suatu titik yang menggambarkan lampu lalu lintas.

Kemudian entitas yang telah diberi atribut lampu lalu lintas akan bergerak ke suatu titik yang menggambarkan lampu lalu lintas. Entitas akan melakukan keputusan kembali dengan melihat keadaan lalu lintas, apabila hijau entitas akan segera melanjutkan perjalanan menuju rute yang dituju. Dalam simulasi ini rute akan disesuaikan dengan distribusi yang terlihat dari pengumpulan data. Pada saat penentuan rute ini entitas akan terpisah berdasarkan atribut yang ada pada entitas tersebut.

4.5.2 Verifikasi dan Validasi Model

Model yang telah jadi dan diketahui outputnya harus diverifikasi dan divalidasi terlebih dahulu, untuk memastikan bahwa model yang dibuat adalah benar dan valid. Dalam pemetaan ini verifikasi dan validasi dilakukan untuk memikat bahwa model yang telah dibuat sudah sesuai dengan keadaan sebenarnya. Verifikasi yang dilakukan menunjukkan bahwa perilaku entitas dalam sistem sudah berjalan sesuai dengan *logic* model yang seharusnya, pada saat model berjalan pun animasi yang berjalan pada model telah sesuai dengan yang semestinya. Dalam validasi untuk memeriksa kesesuaian *output* dalam model dengan yang sebenarnya telah ditunjukkan pada **gambar 3.19 – gambar 3.22**. Dari grafik terlihat bahwa keluaran kendaraan pada setiap rute distribusi dalam model ataupun aktual tidak jauh berbeda. Karakteristik dalam simulasi ini bersifat random dan berisikan data-data distribusi probabilitas sehingga hasil *output* pada model dibandingkan dengan aktual tidaklah sama persis melainkan mendekati. Dengan melihat kedekatan angka pada hasil *output*, maka model dapat dikatakan valid.

4.5.3 Hasil Output Simulasi Model

Model dijalankan selama 2 jam dengan replikasi 3 kali, hal ini dengan mempertimbangkan waktu pengambilan data yang hanya diambil saat pukul 18.00-20.00. Selanjutnya dapat terlihat bahwa dari hasil pencatatan langsung

ataupun simulasi model, TL1 dan TL 4 memiliki jumlah keluaran kendaraan yang lebih kecil dibandingkan dengan keluaran TL lainnya. Dari keseluruhan rute yang ada dalam persimpangan dapat terlihat dibawah ini baik model maupun aktual, banyaknya kendaraan yang menuju rute tersebut dari semua TL yang ada :

Tabel 4.1. Total Kendaraan Menuju Masing-Masing Rute

Rute	Model								Total dalam Model	Aktual								Total Aktual
	TL1		TL2		TL4		TL5			TL1		TL2		TL4		TL5		
	Mobil	Motor	Mobil	Motor	Mobil	Motor	Mobil	Motor		Mobil	Motor	Mobil	Motor	Mobil	Motor	Mobil	Motor	
Pondok Labu	15	77					11	22	125	9	75					10	22	116
Citos	22	11	67	90	50	39	25	9	314	20	13	62	96	24	49	24	12	300
Lebak Bulus	35	39	10	9	9	7	58	130	296	26	44	15	10	5	5	57	133	295
Blok M			18	8	21	35			83			10	9	11	42			72
TL 3							22	27	49							22	22	44

Melihat angka total, baik yang ada pada model ataupun aktual, rute menuju arah *Citos* lah yang merupakan rute terbanyak yang dituju oleh kendaraan baik motor maupun mobil, selanjutnya adalah rute menuju Lebak bulus, kemudian rute menuju Pondok Labu, serta rute menuju Blok M. Untuk rute menuju TL 3 kendaraan nantinya akan menuju arah Blok M seluruhnya. Fenomena distribusi rute ini terjadi hanyalah pada jam sibuk di sore hari. Hal ini pasti akan sangat berbeda ketika pengamatan dilakukan pada pagi hari. Dapat di analisa untuk banyaknya kendaraan yang memilih rute menuju arah *Citos* adalah karena para pekerja ataupun pengendara yang melewati fatmawati adalah mungkin pengendara-pengendara yang berasal dari Depok dan sekitarnya, sehingga pada sore hari kepadatan kendaraan akan terjadi pada ruas jalan yang menuju *Citos* ini. Selanjutnya untuk pengendara yang menuju arah Lebak Bulus yang terjadi adalah sebaliknya, pengendara yang berasal dari arah Depok dan sekitarnya pada sore hari akan kembali ke rumah yang menuju arah Lebak Bulus, sehingga kepadatan terjadi di ruas-ruas jalan yang akan menuju Lebak Bulus.

Melalui simulasi model pemetaan yang dilakukan selama 2 jam dengan 3 kali replikasi kita dapat melihat kemungkinan kendaraan yang datang dari tiap ruas jalan yang ada pada persimpangan, yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.2. Total Kedatangan Kendaraan dari Setiap Ruas Jalan/TL

Kedatangan Kendaraan	Total
TL 1	14973
TL 2	12996
TL 4	12157
TL 5	25249

Dari tabel di atas ruas jalan pada TL 5 adalah ruas jalan yang memiliki kedatangan kendaraan yang paling besar. Selanjutnya dapat terlihat juga banyaknya kendaraan yang dapat keluar dari sistem adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3. Total Kendaraan yang ke Luar dari Seluruh Ruas Jalan/TL

<i>Name</i>	<i>Total Exits</i>	<i>Current Qty In System</i>
mobil	10931	15305
motor	16717	23588

Total exits menunjukkan kendaraan yang dapat keluar dari sistem lalu lintas yang ada pada persimpangan, dengan simulasi selama 2 jam dan 3 kali replikasi. Sedangkan *current quantity in system* adalah kendaraan yang masih tertahan dalam sistem atau dapat dikatakan masih menunggu pelayanan lampu lalu lintas. Selain data di atas, dapat diketahui juga tentang lamanya suatu kendaraan menunggu di masing-masing ruas jalan. Distribusi probabilitas kedatangan yang didapat dari pengamatan dan pencatatan jika dimasukkan ke dalam model simulasi menunjukkan angka kedatangan yang dan keluaran seperti yang terlihat pada **tabel 4.2** dan **tabel 4.3** . Dengan angka kedatangan yang jauh lebih besar dari keluaran maka, dapat dipastikan kemacetan yang terjadi di sistem lalu lintas pada persimpangan fatmawati tersebut. Bahkan kendaraan yang masih ada dan menjadi antrian dalam sistem menunjukkan angka yang jauh lebih besar. Untuk itu diperlukan sebuah penanganan untuk dapat mengurangi kemacetan yang ada pada persimpangan. Langkah selanjutnya pada pemetaan dengan menggunakan simulasi model ini akan dilakukan eksperimen pada model dengan mempertimbangkan beberapa hal.

4.6 Skenario dan Analisis

4.6.1 Skenario I

Skenario pertama didasarkan pada pertimbangan fungsi kecepatan pada masing-masing ruas jalan. Melihat fungsi kecepatan terhadap urutan kendaraan yang merupakan fungsi eksponensial, maka dapat dianalisa, semakin jauh urutan dari kendaraan, pada saat lampu lalu lintas menyala hijau, urutan kendaraan yang lebih belakang akan memiliki kecepatan yang lebih besar dari pada sebelumnya. Hal ini sesuai dengan penjelasan dalam diagram waktu-ruang, apabila kendaraan pertama bergerak dengan kecepatan konstan, kendaraan berikutnya akan bergerak mengikuti kendaraan pertama dengan kecepatan yang dipercepat, dan di saat kendaraan pertama berhenti untuk sejenak maka kendaraan berikutnya tersebut akan bergerak diperlambat. Selanjutnya disaat kendaraan bergerak kembali, kendaraan berikutnya akan kembali mempercepat kendaraan mengikuti kendaraan pertama.

Dengan menggunakan logika ini, skenario pertama dibuat yaitu dengan menaikkan fase lampu lalu lintas 50% dari waktu sebelumnya. Dibawah ini adalah waktu lampu lalu lintas dalam skenario untuk fase lampu lalu lintas yang dinaikkan 50% dari waktu sebelumnya :

Tabel 4.4. Fase Lampu Lalu Lintas untuk Skenario 1

	TL 1	TL2	TL 3	TL4	TL 5
1	60	60	60	60	60
2	53	53	53	53	53
3	45	45	45	45	45
4	88	88	88	88	88
	246	246	246	246	246

Dari fase di **tabel 4.4** , maka durasi lamanya lampu lalu lintas menyala pun akan berubah, berikut adalah tabel untuk durasi lampu lalu lintas dalam skenario 1 :

Tabel 4.5. Lamanya Lampu Lalu Lintas Menyala pada Skenario 1

TL 1	
Hijau	0:01:00
Merah	0:03:06
TL 2	
Hijau	0:01:28
Merah	0:02:38
TL 3	
Hijau	0:02:28
Merah	0:01:28
TL 4	
Hijau	0:00:45
Merah	0:03:31
TL 5	
Hijau	0:01:28
Merah	0:02:38

Setelah fase lampu lalu lintas pada model dirubah, model simulasi dijalankan selama 1.4 jam dengan replikasi sebanyak 10 kali. Durasi 1.4 jam pada model didasarkan atas pertimbangan lamanya data aktual terambil dalam 30 kali pengulangan.

Tabel 4.6. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 1 pada TL 1

Rute	TL 1				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Pondok Labu	9	75	19	120	111%	60%
Citos	20	13	30	15	49%	15%
Lebak Bulus	26	44	52	56	100%	27%

Terlihat pada **tabel 4.6.** perbandingan *output* aktual dengan skenario 1 pada TL 1, besar presentase peningkatan pada masing-masing rute tidak sama, hal ini dikarenakan distribusi probabilitas random yang dimasukkan dalam model untuk kedatangan kendaraan serta fungsi kecepatan yang dimasukkan dalam model. Rute mobil yang keluar dari TL 1 menuju arah Pondok Labu meningkat

sebanyak 111%, kemudian untuk arah menuju Lebak Bulus meningkat sebanyak 100%, dan untuk rute arah *Citos* meningkat sebanyak 49%. Sedangkan untuk motor yang keluar dari TL 1 menuju arah Pondok Labu meningkat sebanyak 60%, kemudian untuk arah menuju Lebak Bulus meningkat 27% dan untuk arah *Citos* meningkat 15%. Angka *output* yang ada pada **tabel 4.6.** merupakan angka rata-rata dari 10 replikasi yang dilakukan. Begitu pula dengan angka aktual, merupakan angka rata-rata dari pengambilan data yang dilakukan sebanyak 30 kali. Angka presentasi untuk kendaraan ke arah *Citos*, tidak menunjukkan peningkatan yang melebihi peningkatan waktunya, hal ini dikarenakan untuk kendaraan yang ke arah *Citos*, tidak perlu melalui layanan lampu lalu lintas. Hanya saja akan terpengaruh jika terjadi kepadatan yang melebihi kapasitas jalan yang ada sebelum kendaraan mencapai belokan untuk menuju rute ke arah *Citos*. Sedangkan untuk angka presentase mobil yang menuju Pondok Labu dan Lebak Bulus dapat mencapai lebih dari peningkatan lamanya layanan lampu lalu lintas dikarenakan fungsi eksponensial untuk kecepatan terhadap urutan kendaraan yang ada. Pada saat lampu hijau menyala lebih lama tentunya akan mengeluarkan lebih banyak kendaraan dan masing-masing kendaraan akan bergerak semakin cepat mengikuti fungsi eksponensial yang dimasukkan dalam model, sehingga kendaraan yang keluar dapat jauh lebih banyak.

Tabel 4.7. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 1 pada TL 2

Rute	TL 2				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Citos	62	96	110	154	77%	60%
Lebak Bulus	15	10	17	12	13%	20%
Blok M	10	9	31	17	210%	89%

Terlihat pada **tabel 4.7.** perbandingan *output* aktual dengan skenario 1 pada TL 2, besar presentase peningkatan pada masing-masing rute juga tidak sama, hal ini dikarenakan distribusi probabilitas random yang dimasukkan dalam model untuk kedatangan kendaraan serta fungsi kecepatan yang dimasukkan dalam model. Rute mobil yang keluar dari TL 2 menuju arah *Citos* meningkat sebanyak 77%, kemudian untuk arah menuju Lebak Bulus meningkat sebanyak

13%, dan untuk rute arah Blok M meningkat sebanyak 210%. Sedangkan untuk motor yang keluar dari TL 2 menuju arah *Citos* meningkat sebanyak 60%, kemudian untuk arah menuju Lebak Bulus meningkat 20% dan untuk arah Blok M meningkat 89%. Angka *output* yang ada pada **tabel 4.7.** merupakan angka rata-rata dari 10 replikasi yang dilakukan. Begitu pula dengan angka aktual, merupakan angka rata-rata dari pengambilan data yang dilakukan sebanyak 30 kali. Untuk rute *Citos* dan Lebak Bulus adalah rute kendaraan belok langsung dan tidak dalam layanan lampu lalu lintas, namun untuk rute belok langsung ini akan terpengaruh apabila kepadatan kendaraan terjadi sehingga untuk dapat belok langsung pun tersendat oleh kendaraan yang termasuk dalam layanan lampu lalu lintas.

Tabel 4.8. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 1 pada TL 4

Rute	TL 4				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Citos	24	49	74	62	207%	26%
Lebak Bulus	5	5	12	7	140%	36%
Blok M	11	42	28	49	151%	16%

Terlihat pada **tabel 4.8.** perbandingan *output* aktual dengan skenario 1 pada TL 4, besar presentase peningkatan sama seperti TL yang sebelumnya tidak sama untuk masing-masing rute, hal ini dikarenakan distribusi probabilitas random yang dimasukkan dalam model untuk kedatangan kendaraan serta fungsi kecepatan yang dimasukkan dalam model. Rute mobil yang keluar dari TL 4 menuju arah *Citos* meningkat sebanyak 207%, kemudian untuk arah menuju Lebak Bulus meningkat sebanyak 140%, dan untuk rute arah Blok M meningkat sebanyak 151%. Sedangkan untuk motor yang keluar dari TL 4 menuju arah *Citos* meningkat sebanyak 26%, kemudian untuk arah menuju Lebak Bulus meningkat 36% dan untuk arah Blok M meningkat 15%. Angka *output* yang ada pada **tabel 4.8.** merupakan angka rata-rata dari 10 replikasi yang dilakukan. Begitu pula dengan angka aktual, merupakan angka rata-rata dari pengambilan data yang dilakukan sebanyak 30 kali. Angka presentasi pada TL 4 ini menunjukkan peningkatan yang jauh lebih tinggi untuk mobil dibandingkan dengan motor.

Tabel 4.9. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 1 pada TL 5

Rute	TL 5				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Pondok Labu	10	22	10	22	4%	0%
Citos	24	12	25	12	5%	0%
Lebak Bulus	57	133	71	164	25%	23%
TL 3	22	22	22	23	2%	5%

Terlihat pada **tabel 4.9.** perbandingan *output* aktual dengan skenario 1 pada TL 5, besar presentase peningkatan pada masing-masing rute tidak sama, hal ini dikarenakan distribusi probabilitas random yang dimasukkan dalam model untuk kedatangan kendaraan serta fungsi kecepatan yang dimasukkan dalam model. Besar peningkatan pada keluaran di TL 5 di masing-masing rute tidak menunjukkan angka yang signifikan. Pada TL 5, untuk rute *Citos* dan Pondok Labu merupakan rute untuk belok langsung. Sedangkan untuk arah rute kendaraan yang menuju ke TL 3 tidaklah mengalami peningkatan yang signifikan juga, karena TL 3 memiliki kapasitas yang tidak banyak. Di saat kendaraan pada TL 5 akan menuju ke TL 3, di TL tiga akan tertahan dengan lampu lalu lintas pada TL 3 yang menyala merah.

4.6.2 Skenario 2

Dalam skenario ini, lamanya fase lampu lalu lintas akan dinaikkan 100% dari waktu aslinya. Berikut adalah fase lampu lalu lintas yang akan dimasukkan dalam model untuk skenario 2 :

Tabel 4.10. Fase Lampu Lalu Lintas untuk Skenario 2

	TL 1	TL2	TL 3	TL4	TL 5
1	80	80	80	80	80
2	70	70	70	70	70
3	60	60	60	60	60
4	118	118	118	118	118
	328	328	328	328	328

Dari fase di **tabel 4.10**, maka durasi lamanya lampu lalu lintas menyala pun akan berubah, berikut adalah tabel untuk durasi lampu lalu lintas dalam skenario 1 :

Tabel 4.11. Lamanya Lampu Lalu Lintas Menyala pada Skenario 2

TL 1	
Hijau	0:01:20
Merah	0:04:08
TL 2	
Hijau	0:01:58
Merah	0:03:30
TL 3	
Hijau	0:03:30
Merah	0:01:58
TL 4	
Hijau	0:01:00
Merah	0:04:28
TL 5	
Hijau	0:01:58
Merah	0:03:30

Setelah fase lampu lalu lintas pada model dirubah, model simulasi dijalankan selama 1.4 jam dengan replikasi sebanyak 10 kali. Durasi 1.4 jam pada model didasarkan atas pertimbangan lamanya data aktual terambil dalam 30 kali pengulangan.

Tabel 4.12. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 2 pada TL 1

Rute	TL 1				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Pondok Labu	9	75	24	155	161%	107%
Citos	20	13	34	19	68%	45%
Lebak Bulus	26	44	64	70	144%	58%

Pada TL 1 dalam skenario kedua, terlihat peningkatan masing-masing pada setiap rute tujuan kendaraan. Rute menuju Pondok labu dari TL 1 untuk mobil mengalami peningkatan sebesar 161% sedangkan untuk motor sebesar 107%. Rute menuju *Citos* untuk mobil meningkat sebesar 68%, sedangkan untuk motor meningkat sebesar 45%. Dan rute untuk arah Lebak bulus meningkat 144% untuk mobil, serta 58% untuk motor. Hal ini menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Untuk rute arah *Citos* yang merupakan arah belok langsung tidak menunjukkan peningkatan seperti rute arah Pondok Labu dan Lebak Bulus. Hal ini karena untuk arah *Citos*, kendaraan tidak perlu menunggu pelayanan lampu lalu lintas. Kemudian presentase peningkatan kendaraan yang tidak sama sebesar 100% seperti lamanya fase yang dinaikkan sebesar 100%, dikarenakan fungsi kecepatan terhadap urutan kendaraan yang meningkat secara eksponensial.

Tabel 4.13. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 2 pada TL 2

Rute	TL 2				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Citos	62	96	141	201	128%	110%
Lebak Bulus	15	10	15	12	0%	20%
Blok M	10	9	36	15	256%	67%

Pada TL 2, peningkatan terlihat besar pada rute menuju arah *Citos*, yaitu sebesar 128% untuk mobil dan 110% untuk motor. Peningkatan yang lebih dari 100% dari yang seharusnya sama seperti lamanya peningkatan layanan lampu untuk skenario 2 dikarenakan kecepatan kendaraan yang meningkat secara eksponensial sesuai dengan urutan kendaraan dalam antrian lampu lalu lintas. Sehingga apabila nyala lampu lebih lama 100%, bukan berarti keluaran lampu lebih banyak 100%, tetapi bisa jauh lebih banyak dari 100%. Presentase untuk arah lebak bulus tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, karena walaupun waktu lampu menyala hijau ditingkatkan 100%, kendaraan yang akan diberlok langsung menuju arah Lebak Bulus dalam model, tidaknya terpengaruh pada lamanya lampu, kecuali terjadi kepadatan pada ruas jalan TL 2 ini. Sedangkan untuk arah Blok M menunjukkan peningkatan hingga 256% untuk mobil, lebih dikarenakan apabila waktu lampu lalu lintas menyala hijau lebih lama, maka

kepadatan di lajur yang menuju arah Blok M kecil, sehingga dengan waktu nyala lampu hijau yang lebih lama, kendaraan akan lebih banyak yang dapat belok.

Tabel 4.14. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 2 pada TL 4

Rute	TL 4				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Citos	24	49	91	74	278%	51%
Lebak Bulus	5	5	15	9	206%	82%
Blok M	11	42	36	62	227%	48%

Peningkatan cukup tinggi terjadi pada kendaraan mobil untuk seluruh rute pada TL 4 ini, 278% untuk rute menuju *Citos*, 206% untuk rute menuju Lebak Bulus, 227% untuk rute menuju Blok M. Sedangkan untuk motor peningkatan yang terjadi bahkan tidak mencapai 100% seperti kenaikan lamanya lampu lalu lintas yang sebesar 100%. Motor yang menuju *Citos* dari TL 4 pada simulasi skenario 2 meningkat sebesar 51%. Motor yang menuju Lebak Bulus meningkat sebesar 82%. Sedangkan motor yang menuju Blok M meningkat sebesar 48%.

Tabel 4.15. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 2 pada TL 5

Rute	TL 5				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Pondok Labu	10	22	6	12	-37%	-46%
Citos	24	12	16	5	-35%	-57%
Lebak Bulus	57	133	65	135	14%	2%
TL 3	22	22	11	13	-49%	-41%

Pada TL 5 ini tidak sama sekali menunjukkan peningkatan kendaraan untuk seluruh rute. Bahkan beberapa rute dalam simulasi skenario 2 ini menunjukkan nilai keluaran yang lebih kecil.

Namun pada skenario 2 ini dalam model simulasi tidak diperhitungkan mengenai kedatangan kendaraan dengan kapasitas kendaraan pada masing-masing ruas jalan. Tingkat kedatangan antar kendaraan yang sangat tinggi untuk masing-masing ruas jalan, terutama pada ruas yang selalu terlihat padat sekali, seperti TL

2 dan TL 5. Lamanya waktu lampu lalu lintas juga harus memperhitungkan kedatangan kendaraan yang ada seta kapasitas jalan, sehingga dalam kenyataannya, skenario dua ini belum tentu dapat direalisasikan.

4.6.3 Skenario 3

Pada skenario 3 ini, dilakukan penutupan untuk pelayanan lampu lalu lintas pada ruas jalan TL 1. Kendaraan yang datang pada ruas jalan TL 1 seluruhnya dialihkan dengan belok langsung menuju arah *Citos*. Dengan penutupan pelayanan lampu lalu lintas TL 1 ini maka fase lampu lalu lintas pada persimpangan akan berubah seperti di bawah ini :

Tabel 4.16. Fase Lampu Lalu Lintas pada Skenario 3

		TL2	TL 3	TL4	TL 5
1	TL 1	40	40	40	40
2		35	35	35	35
3		30	30	30	30
4		59	59	59	59
		164	164	164	164

Fase berubah dengan prioritas lampu hijau menyala lebih lama pada TL 2 dan TL 5. Hal ini dikarenakan ruas pada saat pengamatan, jalan pada TL 2 dan TL 5 terlihat menunjukkan kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan ruas jalan lainnya. Selain itu juga rute distribusi pengendara pada persimpangan terbanyak adalah rute menuju arah *Citos*.

Dengan penutupan pelayanan lampu lalu lintas TL 1 ini, TL 2 dan TL 5 dapat menyala hijau lebih lama dibandingkan semula. Lampu TL 2 dan TL 5 menyala hijau lebih lama dengan siklus lampu lalu lintas yang tetap, sehingga lampu lalu lintas menyala merah akan lebih kecil dari sebelumnya. Dan untuk TL 3, lampu lalu lintas menyala hijau jadi lebih sebentar dibandingkan aktualnya. Penentuan *output* kendaraan pada model dilakukan merata-ratakan hasil simulasi selama 1.4 jam dengan replikasi sebanyak 10 kali.

Tabel 4.17. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 3 pada TL 2

Rute	TL 2				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Citos	62	96	105	144	69%	50%
Lebak Bulus	15	10	15	12	0%	23%
Blok M	10	9	29	12	193%	33%

Penutupan pelayanan lampu lalu lintas untuk TL 1 mengubah fase lampu lalu lintas pada TL 2. TL 2 menyala hijau lebih lama 40 detik. Dengan begitu keluaran pada TL 2 meningkat untuk setiap rute. Namun untuk mobil dengan rute menuju Lebak Bulus tidak menunjukkan presentase peningkatan. Untuk mobil menuju rute *Citos* menunjukkan peningkatan 69%, sedangkan motor menunjukkan peningkatan sebesar 50%. Kemudian untuk mobil menuju rute Blok M memperlihatkan peningkatan yang cukup besar, yaitu 193%, sedangkan untuk motor menunjukkan peningkatan sebesar 33%.

Tabel 4.18. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 3 pada TL 4

Rute	TL 4				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Citos	24	49	47	26	96%	-47%
Lebak Bulus	5	5	5	5	-6%	0%
Blok M	11	42	12	23	9%	-45%

Skenario ketiga tidak menimbulkan peningkatan keluaran *output* yang signifikan pada masing-masing rute pada persimpangan dari TL 4. Hanya untuk mobil dengan rute menuju *Citos* yang menunjukkan peningkatan yang cukup besar yaitu sebesar 96%.

Tabel 4.19. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 3 pada TL 5

Rute	TL 5				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Pondok Labu	10	22	15	28	49%	26%
Citos	24	12	35	12	45%	0%
Lebak Bulus	57	133	86	188	52%	41%
TL 3	22	22	31	33	42%	49%

Pada TL 5, kenaikan keluaran kendaraan dengan skenario tiga menunjukkan presentase yang hamper sama untuk masing-masing rute persimpangan dan masing-masing jenis kendaraan. TL 5 sama seperti TL 2 juga mengalami kenaikan lamanya lampu menyala hijau dengan ditutupnya pelayanan lampu lalu lintas TL 1.

4.6.4 Skenario 4

Dalam skenario 4, pelayanan lampu lalu lintas pada TL 4 ditiadakan, sehingga tidak ada kendaraan yang keluar dari TL 4 menuju rute yang dituju, melainkan belok langsung ke arah Lebak Bulus. Fase lampu lalu lintas pada persimpangan menjadi berubah dengan ditutupnya pelayanan TL 4.

Tabel 4.20. Fase Lampu Lalu Lintas untuk Skenario 4

	TL 1	TL2	TL 3	TL4	TL 5
1	40	40	40		40
2	35	35	35		35
3	30	30	30		30
4	59	59	59		59
	164	164	164	164	

Dengan lamanya siklus lampu lalu lintas yang tidak berubah TL 2 dan TL 5 tetap mengalami perpanjangan waktu untuk lampu hijau menyala. Namun pada skenario keempat ini TL 1 dan TL 3 mendapatkan prioritas pertama untuk menyala hijau.

Tabel 4.21. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 4 pada TL 1

Rute	TL 1				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Pondok Labu	9	75	15	89	66%	18%
Citos	20	13	22	13	9%	0%
Lebak Bulus	26	44	39	42	49%	-4%

Hasil simulasi model dengan menggunakan skenario 4 menunjukkan hasil yang cukup tinggi untuk mobil dengan menuju Pondok Labu dari TL 1, yaitu 66%. Kemudian untuk mobil rute menuju Lebak Bulus menunjukkan peningkatan sebesar 49%. Sedangkan untuk rute lainnya baik mobil ataupun motor tidak mempunyai peningkatan yang signifikan.

Tabel 4.22. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 4 pada TL 2

Rute	TL 2				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Citos	62	96	95	132	53%	38%
Lebak Bulus	15	10	12	11	-22%	8%
Blok M	10	9	26	10	163%	16%

Pada TL 2 peningkatan terjadi besar pada rute menuju Blok M, hal ini mungkin dikarenakan arus kendaraan dapat jauh lebih lancar karena lampu lalu lintas menyala hijau lebih lama dari biasanya. Seperti yang terlihat untuk rute menuju *Citos* meningkat sebesar 53% untuk mobil dan 38% untuk motor. Selanjutnya untuk putar balik menuju Lebak Bulus, tidak memiliki perubahan yang signifikan, dan bila dianalisa pun memang kendaraan yang menuju rute itu adalah kendaraan-kendaraan yang belok langsung dan tanpa pelayanan lampu lalu lintas kecuali jika kepadatan terjadi pada ruas jalan, sehingga menghambat kendaraan yang akan putar balik langsung.

Tabel 4.23. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 4 pada TL 5

Rute	TL 5				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Pondok Labu	10	22	15	27	45%	24%
Citos	24	12	34	12	41%	-2%
Lebak Bulus	57	133	83	184	46%	38%
TL 3	22	22	32	35	46%	58%

Peningkatan keluaran untuk setiap rute pada TL 5 seluruhnya hampir sama seperti yang terlihat pada **tabel 4.23**.

4.6.5 Skenario 5

Pada skenario 5, dilakukan penutupan untuk layanan TL 3. Dengan penutupan layanan TL 3 ini, kendaraan dari TL 5 tidak bias memilih rute untuk ke TL 3. Kemudian dalam skenario 5 ini, penutupan layanan lampu lalu lintas juga dilakukan pada TL 1 dan TL 4. Penutupan layanan ketiga lampu lalu lintas tersebut mengartikan bahwa dalam skenario 5 ini tidak digunakan pengendali lampu lalu lintas. Sehingga kendaraan tidak mengantri untuk pelayanan lampu lalu lintas. Dengan kata lain rute yang dapat dipilih pengendara untuk masing-masing ruas jalan adalah sebagai berikut :

- kendaraan yang ada pada ruas jalan TL 1 hanya bisa belok kiri menuju arah *Citos*
- kendaraan pada ruas jalan TL 2 dapat lurus menuju arah *Citos*, belok kiri menuju arah Blok M, serta belok kanan menuju arah Lebak Bulus
- kendaraan pada ruas jalan TL 4 hanya bias belok kiri menuju arah Lebak Bulus
- kendaraan pada ruas jalan TL 5 dapat lurus menuju arah Lebak Bulus, belok kiri menuju arah Pondok Labu, belok kanan menuju arah *Citos*.

Berikut adalah hasil *output* kendaraan dari TL 2 dan TL 5 dengan menggunakan skenario 5 :

Tabel 4.24. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 5 pada TL 2

Rute	TL 2				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Citos	62	96	125	175	101%	82%
Lebak Bulus	15	10	15	14	-1%	42%
Blok M	10	9	32	14	221%	51%

Perhitungan keluaran kendaraan pada **tabel 4.24.** adalah keluaran dalam satu siklus lampu lalu lintas yang sebenarnya, yaitu 164 detik. Kendaraan dapat keluar dari ruas jalan TL 2 mencapai lebih dari 2 kali lipat dari sebelumnya menggunakan lampu lalu lintas. Terlihat peningkatan keluaran kendaraan dengan rute menuju arah *Citos* dari ruas jalan TL 2 mencapai 221%. Hal ini dikarenakan seluruh kendaraan yang akan melewati ruas jalan TL 2, dapat berjalan dengan kecepatan yang lebih besar dibandingkan dengan keadaan aktualnya, saat kendaraan harus mengantri menunggu layanan lampu lalu lintas.

Tabel 4.25. Perbandingan *Output* Aktual dengan Skenario 5 pada TL 5

Rute	TL 5				% Peningkatan	
	Aktual		Skenario		Mobil	Motor
	Mobil	Motor	Mobil	Motor		
Pondok Labu	10	22	53	42	425%	93%
Citos	24	12	54	18	125%	47%
Lebak Bulus	57	133	191	368	235%	177%

Untuk keluaran kendaraan pada ruas jalan TL 5 selama 164 detik juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan dari angka aktualnya. Peningkatan kendaraan menuju arah Lebak Bulus mencapai lebih dari 2 kali lipat aktualnya, yaitu sebesar 235%. Jika pada keadaan aktual awalnya kendaraan pada TL 5 dapat menuju rute Blok M dengan melalui TL 3, pada skenario 5 ini kendaraan yang akan menuju rute tersebut harus terlebih dahulu lurus menuju arah Lebak Bulus. Keadaan dalam simulasi skenario 5 ini adalah dengan tanpa memperhitungkan faktor lainnya seperti kapasitas dan adanya jalan masuk untuk tol yang dapat menghambat laju kendaraan yang menuju *Citos*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab 5 merupakan kesimpulan serta saran dari keseluruhan penelitian mengenai pemetaan distribusi rute pengendalian pada suatu titik simpul kemacetan serta hasil dari uji skenario pada model yang telah dibuat.

5.1 Kesimpulan

Sesuai dengan tujuan dari penelitian, yaitu memperoleh pemetaan rute perjalanan pengendara bermotor di salah satu titik simpul kemacetan di DKI Jakarta serta melakukan uji beberapa skenario dalam model simulasi untuk melihat pengaruhnya terhadap model simulasi, maka di dapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- dalam keadaan aktual, rute menuju arah *Citos* dalam perimpangan Fatmawati adalah rute paling banyak dipilih oleh pengendara dari keseluruhan ruas jalan di persimpangan. Selanjutnya adalah rute menuju Lebak Bulus, Pondok Labu dan Blok M. Hal ini terjadi pada kendaraan motor ataupun mobil
- dengan menggunakan skenario pertama dalam model simulasi, yaitu menaikkan 50% lamanya siklus lampu lalu lintas yang ada, didapatkan hasil kenaikan keluaran kendaraan sebesar 111% dan 60% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Pondok Labu dari ruas jalan Fatmawati (utara), 100% dan 27% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Lebak Bulus dari ruas jalan Fatmawati (utara), 77% dan 60% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah *Citos* dari ruas jalan TB. Simatupang, 151% dan 16% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Blok M dari ruas jalan Fatmawati (selatan), 207% dan 26% untuk mobil dan motor dengan rute menuju *Citos* dari ruas jalan Fatmawati (Selatan), 25% dan 23% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Lebak Bulus dari ruas jalan R.A Kartini
- dengan menggunakan skenario kedua dalam model simulasi, yaitu menaikkan 100% lamanya siklus lampu lalu lintas yang ada, didapatkan hasil kenaikan keluaran kendaraan sebesar 161% dan 107% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Pondok Labu dari ruas jalan Fatmawati (utara), 144% dan

58% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Lebak Bulus dari ruas jalan Fatmawati (utara), 128% dan 110% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah *Citos* dari ruas jalan TB. Simatupang, 227% dan 48% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Blok M dari ruas jalan Fatmawati (selatan), 278% dan 51% untuk mobil dan motor dengan rute menuju *Citos* dari ruas jalan Fatmawati (selatan), 14% dan 2% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Lebak Bulus dari ruas jalan R.A Kartini

- dengan menggunakan skenario ketiga dalam model simulasi, yaitu penutupan untuk pelayanan lampu lalu lintas pada ruas jalan Fatmawati (utara) dan kendaraan yang datang pada ruas jalan tersebut dialihkan dengan belok langsung menuju arah *Citos* dan dengan menggunakan siklus lampu lalu lintas yang sama dengan aktual, didapatkan hasil kenaikan keluaran kendaraan sebesar 69% dan 50% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah *Citos* dari ruas jalan TB. Simatupang, 9% dan -45% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Blok M dari ruas jalan Fatmawati (selatan), 96% dan -47% untuk mobil dan motor dengan rute menuju *Citos* dari ruas jalan Fatmawati (Selatan), 52% dan 41% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Lebak Bulus dari ruas jalan R.A Kartini
- dengan menggunakan skenario keempat dalam model simulasi, yaitu penutupan untuk pelayanan lampu lalu lintas pada ruas jalan Fatmawati (selatan) dan kendaraan yang datang pada ruas jalan tersebut dialihkan dengan belok langsung menuju arah Lebak Bulus dan dengan menggunakan siklus lampu lalu lintas yang sama dengan aktual, didapatkan hasil kenaikan keluaran kendaraan sebesar 66% dan 18% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Pondok Labu dari ruas jalan Fatmawati (utara), 49% dan -4% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Lebak Bulus dari ruas jalan Fatmawati (utara), 53% dan 38% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah *Citos* dari ruas jalan TB. Simatupang, 46% dan 38% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Lebak Bulus dari ruas jalan R.A Kartini
- pada skenario kelima dalam model simulasi, dilakukan penutupan untuk layanan lampu lalu lintas di tengah persimpangan Fatmawati. Dengan penutupan layanan ini, kendaraan dari ruas jalan R.A Kartini tidak bias

memilih rute untuk ke pelayanan lampu lalu lintas di tengah persimpangan. Kemudian dalam skenario kelima ini, penutupan layanan lampu lalu lintas juga dilakukan pada ruas jalan Fatmawati (utara) dan ruas jalan Fatmawati (selatan). Penutupan layanan ketiga lampu lalu lintas tersebut mengartikan bahwa dalam skenario kelima ini tidak digunakan pengendali lampu lalu lintas. Sehingga kendaraan tidak mengantri untuk pelayanan lampu lalu lintas. Dengan skenario kelima ini keluaran kendaraan dari ruas jalan TB. Simatupang dan R.A. Kartini dengan menggunakan waktu per 164 detik, mengalami kenaikan sebesar 101% dan 82% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah *Citos* dari ruas jalan TB. Simatupang, 235% dan 117% untuk mobil dan motor dengan rute menuju arah Lebak Bulus dari ruas jalan R.A. Kartini. Dari keseluruhan skenario yang dilakukan terhadap model simulasi, hasil *output* yang paling optimal adalah skenario 5 ini.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah dilakukan perhitungan model kembali dengan memperhitungkan faktor lalu lintas lainnya secara keseluruhan dari teknik perencanaan transportasi, untuk dapat dimasukkan kembali dalam model simulasi dan dapat diimplementasikan secara nyata guna untuk menangani kemacetan lalu lintas yang ada. Dari kesimpulan yang didapat, terobosan yang paling sesuai untuk menangani kemacetan lalu lintas yang ada di salah satu titik macet tepatnya Fatmawati ini adalah dengan mencopot lampu lalu lintas yang ada, seperti yang telah dilakukan oleh Mahmoud Ahmadinejad kala menjabat sebagai walikota Teheran, yang menerapkan kebijakan mencabut lampu lalu lintas di perempatan-perempatan atau persimpangan besar di Teheran dan mengubahnya menjadi jalur putar balik yang sangat efektif. Namun tentunya untuk implementasi nyatanya diperlukan penelitian yang lebih lanjut lagi dari penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Chang, Hsin-Li., & Chen, Pin-Chuan. (2005). The impact of traffic information on drivers' route choice-using competence sets analysis. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6, 2425-2440.
- Constant, A. (2007). *The recent dramatic decline in road mortality in France*. December 6, 2007. <http://her.oxfordjournals.org/cgi/reprint/23/5/>
- Harrel, Charles., Bowden, Royce., & Ghosh, Biman K. (2000). *Simulation using ProModel*. McGraw-Hill: New York.
- Kelton, W. D. et al. (1998). *Simulation with Arena*. Mc Graw Hill: Boston.
- Kelton, W.D., & Law, A.M. (2000). *Simulation modelling and analysis*. McGraw-Hill. 2000. Singapore.
- Kompleksitas Transportasi Jakarta Pusat*. (n.d). September 06, 2007. <http://www.bapekojakartapusat.go.id/index.php?q=node/24>
- Kutz, Myer. (2004). *Handbook of transportation engineering*. McGraw-Hill: New York.
- Morlok, Edward K., & Hainim, Johan K. (1985). *Pengantar teknik & perencanaan transportasi*. Erlangga: Jakarta.
- Papacostas, C. S., & Prevedouros P.D. (1993). *Transportation engineering and planning (2nd ed)*. Prentice Hall: New Jersey.
- Prijanto. (2008). *Mengatasi kemacetan di Jakarta*. Buku Coklat: Jakarta.
- Prijanto. (2008). *Mengurangi kemacetan membangun sumber daya manusia*. Buku Biru: Jakarta.
- Restrukturisasi Sistem Transportasi Jakarta Sebuah Keharusan*. (n.d). Mei 01, 2003. <http://pelangi.or.id/news.php?hid=39>

RSNI. (2004). *Geometri jalan perkotaan*. Jakarta.

Setiawan, Sendi. (1991). *Simulasi teknik pemrograman dan metode analisis*. Andi Offset: Yogyakarta.

Solusi memecahkan kemacetan di Jakarta. (n.d). November 14, 2007.
<http://www.komisikepolisianindonesia.com/main.php?page=artikle&id=138>

Sudarmanto , R.Gunawan. (2005). *Analisis regresi linear ganda dengan SPSS*. Yogyakarta : Graha Ilmu.

Tippler, Paul A. (1998). *Fisika untuk sains dan teknik (Jilid 1)*. Erlangga: Jakarta.

Transportasi. (n.d). 2006

<http://www.bappedajakarta.go.id/jktbangun02.asp>

Universitas Widyagama Malang. (2008). *Diktat Kuliah Rekayasa Lalu Lintas Teknik Sipil*. Malang : Universitas Widyagama Malang.

Yamin, Sofyan, & Kurniawan, Heri. (2009). *SPSS complete seri 1*. Jakarta : Salemba Infotek.