



**ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL
SIMPANG BANGKONG DAN SIMPANG MILO SEMARANG
BERDASARKAN KONSUMSI BAHAN BAKAR MINYAK**

TESIS

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

Oleh

**EKO NUGROHO JULIANTO
L4A002050**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2007**

Halaman Pengesahan

**ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL
SIMPANG BANGKONG DAN SIMPANG MILO SEMARANG
BERDASARKAN KONSUMSI BAHAN BAKAR MINYAK**

Disusun Oleh

**EKO NUGROHO JULIANTO
L4A002050**

Diiptahankan di depan Tim Penguji pada tanggal :

14 Januari 2008

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

Tim Penguji :

1. Ketua : Untung Sirinanto, ATD, MSc
2. Sekretaris : Ir. Epf Eko Yulipriyono, MS
3. Anggota 1 : Ir. Joko Siswanto, MSP
4. Anggota 2 : Ir. Ismiyati, MS

Semarang,

Universitas Diponegoro
Program Pascasarjana
Magister Teknik Sipil
Ketua,

Dr. Ir. Suripin, M.Eng
NIP. 131668511

ABSTRAK

Simpang di Kota Semarang sebagian besar merupakan simpang sebidang, sehingga akan menyebabkan terjadinya konflik yang menimbulkan beberapa permasalahan lalu lintas seperti kemacetan. Untuk mengurangi atau meminimalkan konflik tersebut, simpang-simpang yang ada di atur dengan menggunakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL).

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis variabel kinerja persimpangan dengan lampu lalu lintas. Variabel kinerja simpang tersebut adalah waktu hilang, kapasitas simpang dan derajat kejenuhan, panjang antrian, kendaraan terhenti dan tundaan. Tujuan yang hendak dicapai melalui penelitian ini secara khusus adalah menampilkan kinerja simpang yang dikaitkan dengan kebutuhan bahan bakar minyak.

Penelitian ini akan menganalisis variabel kinerja simpang dengan menggunakan MKJI yang dilakukan dalam kondisi awal dan terbangun untuk waktu puncak pagi dan kondisi awal pada waktu puncak siang dan sore. Pada pendekatan MKJI, variabelnya adalah ukuran kota, geometrik, arah arus, volume, kecepatan dan fase. Setelah dilakukan analisis akan diperoleh variabel kinerja simpang dengan lampu lalu lintas yang meliputi derajat kejenuhan, panjang antrian, jumlah waktu henti dan tundaan. Untuk melakukan analisis kebutuhan bahan bakar minyak variabel kinerja simpang bersinyal yang digunakan dalam penelitian ini adalah tundaan.

Berdasarkan hasil analisis data diperoleh hasil bahwa pengaturan lalu lintas yang dilakukan saat ini sudah dapat membantu pengguna jalan untuk melakukan penghematan bahan bakar minyak meskipun belum maksimal. Kebutuhan bahan bakar minyak untuk menempuh ruas jalan Brigjen Katamso yang terletak diantara Simpang Milo dan Simpang Bangkong dari arah timur ke barat maupun dari barat ke timur pada kondisi awal memerlukan bahan bakar minyak sebesar yaitu 0,533 liter/smp pada tundaan total sebesar 1298,92 detik/smp. Sedangkan untuk waktu puncak pagi pada kondisi terbangun dengan memerlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,078 liter/smp pada tundaan total sebesar 128,28 detik/smp untuk arah timur ke barat. Kebutuhan bahan bakar minyak pada waktu puncak siang untuk arah gerakan dari timur ke barat maupun dari arah barat ke timur dengan total tundaan yang terjadi sebesar 194,35 detik/smp adalah sebesar 0,104 liter/smp untuk waktu puncak siang dan total tundaan 186,49 detik/smp adalah sebesar 0,101 liter/smp untuk waktu puncak sore.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa hipotesis yang disampaikan dalam penelitian ini terbukti dimana konsumsi bahan bakar minyak bagi kendaraan yang lewat dua simpang bersinyal lebih kecil dibandingkan dengan rute alihan. Rekomendasi yang disampaikan untuk meningkatkan kinerja Simpang Bangkong dan Simpang Milo adalah dengan melaksanakan pengaturan lalu lintas satu arah untuk arah timur ke barat pada jalan Brigjen Katamso selama satu hari penuh. Rekomendasi ini muncul dengan pertimbangan memberikan kemudahan akses menuju ke pusat kota dan banyaknya pilihan jalur untuk meninggalkan pusat kota menuju ke arah timur.

Kata kunci : Simpang bersinyal, Tundaan, Bahan bakar minyak, Rute alihan.

ABSTRACT

Most of intersection in Semarang city is not interchange, so that will cause the happening of conflict that generating some problems of traffic like jam. To minimized conflict, intersections provided by traffic signal.

The research that analyzed performance variable of signalized intersection. Intersection performace variable are lost time, capacity and degree of sturation, length of queue, number of stop vehicle and delay. The target of this research is to present the performance of signalized intersection that related to oil fuel consumption.

Analysis of performance variable by using Indonesian Highway Capacity Manual approach that performed within existing condition and condition which have been arranged for morning peak hour, daytime peak hour and evening peak hour. At Indonesian Highway Capacity Manual approach, the variable are city size, enviroment, side resistance, geometric, traffic flow direction, volume, speed and phase. After the analysis executed will be obtained the performance of signalized intersection variable that covering degree of saturation, queue length, number of stop vehicle dan delay. To analyse requirement of variable oil fuel, performance variable of signalized intersection which used in this research is delay.

Pursuant at data analysis, arrangement of traffic in this time have earned to assist consumer walke to conduct thrift of fuel though not yet is maximal. Requirement of fuel to go through Brigjen Katamso street between Milo intersection and Bangkong intersection of east direction to west direction and east direction to west in the morning peak hour at existing condition needing fuel 0,533 litre/pcu with total average delay 1298,92 second/pcu. For morning peak hour at condition which have been arranged need fuel 0,078 litre/pcu with total average delay 128,28 second/pcu for east direction to west. Requirement of fuel at daytime peak hour for the direction of eastward movement to west and west easterly totally average delay that happened is 194,35 second/pcu is equal to 0,104 litre/pcu and totally average delay is 186,49 second/pcu is equal to 0,101 litre/pcu for evening peak hour

Data analysis indicate that hypothesis in this proven research that fuel consumption for vehicle passing two signalized intersection is smaller than transition route. Recommendation to increase performance of Bangkong intersection and Milo intersection by executing arrangement of one way traffic for east to west during one day full at Brigjen Katamso street. This recommendation emerge to give amenity access to go to downtown and there are a lot of choice walke to leave downtown for east.

Keywords : Signalized intersection, Delay, Fuel, Transition route

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya akhirnya tesis dengan judul "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Simpang Bangkong Dan Simpang Milo Semarang Berdasarkan Konsumsi Bahan Bakar" telah dapat diselesaikan. Tesis dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan tugas akhir di Magister Teknik Sipil Studi Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Selesainya penulisan tesis ini adalah berkat bantuan dari berbagai pihak, terutama Bapak Untung Sirinanto, ATD, M.Sc. selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Epf. Eko Yulipriyono, MS. selaku Pembimbing II karena kedua beliau inilah yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan sehingga tesis ini dapat terwujud. Oleh karenanya penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua beliau tersebut. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada :

1. Ketua beserta seluruh staf pengajar Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang yang telah memberikan bekal keilmuan yang berkaitan dengan penulisan tesis ini;
2. Tim penguji tesis yang telah banyak membantu dalam pengarahan perbaikan tesisi;
3. Pimpinan di lingkungan Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ijin dan fasilitas untuk melanjutkan studi di Program Pascasarjana Universitas Diponegoro;
4. Semua staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan untuk penyelesaian tesis ini;
5. Rekan-rekan mahasiswa angkatan 2002 Konsentrasi Manajemen dan Rekayasa Infrastruktur Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Diponegoro yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan untuk penyelesaian tesis ini;
6. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian tesis ini, baik secara moril maupun materiil, yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Demikianlah dengan selesainya tesis ini, sekali lagi saya sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak atas segala bantuan yang telah diberikan.

Semarang, Desember 2007

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAKSI	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pokok Permasalahan	4
1.3. Maksud, Tujuan dan Manfaat Penelitian	7
1.4. Batasan Penelitian	7
1.5. Sistematika Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Peraturan Perundangan dibidang LLAJ (Undang-Undang Nomor 14 Tahun 1992 beserta peraturan pelaksanaannya)	10
2.1.1. Pembinaan dan Penyelenggaraan	10
2.1.2. Lalu Lintas	10
2.1.3. Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas	11
2.2. Pengendalian Persimpangan	13
2.2.1. Pengendalian Persimpangan Dengan APILL	13
2.2.2. Tujuan Pengaturan Simpang Bersinyal	14
2.2.3. Karakteristik Simpang	15
2.2.4. Karakteristik Sinyal Lalu Lintas	15
2.2.5. Definisi dalam Simpang Bersinyal	16
2.2.6. Simpang Terkoordinasi	17
2.3. Optimasi Simpang Bersinyal	19
2.4. Ukuran Kinerja Simpang Bersinyal Berdasarkan MKJI, 1997	21
2.4.1. Waktu Hilang	21
2.4.2. Kapasitas simpang dan derajat kejenuhan	23
2.4.3. Panjang antrian	24
2.4.4. Kendaraan berhenti	26
2.4.5. Tundaan	26
2.5. Nilai Bahan Bakar (<i>Fuel Savings</i>)	27
2.6. Konsumsi Bahan Bakar	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1. Kerangka Umum Pendekatan	30
3.2. Kondisi Daerah Studi	31
3.3. Pengumpulan Data	32
3.3.1. <i>Road Inventory Survey</i>	33
3.3.2. Survei Kecepatan Tempuh	33
3.3.3. Survei lalu lintas	34

3.3.4. Panjang Antrian	36
3.3.5. Pengaturan Waktu Sinyal	36
3.4. Skema Penanganan	36
3.4.1. Kondisi Awal	36
3.4.2. Kondisi Terbangun	37
3.5. Pelaksanaan Penelitian	38
3.6. Analisis Data	39
3.6.1. Penentuan Kondisi Lapangan	39
3.6.2. Penentuan Arus Lalu Lintas	39
3.6.3. Penentuan Kapasitas Dan Derajat Kejenuhan	39
3.6.4. Penentuan Perilaku Lalu Lintas	39
3.6.5. <i>Setting</i> Sinyal Lalulintas	40
3.6.6. Analisis Konsumsi Bahan Bakar	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1. Pengumpulan data	41
4.1.1. Road Inventory Survey	41
4.1.2. Waktu tempuh	44
4.1.3. Volume lalu lintas	46
4.1.4. Plat nomor kendaraan	53
4.1.5. Panjang antrian	56
4.1.6. Pengaturan sinyal	57
4.2. Analisis Data	64
4.2.1. Prinsip Analisis Data	64
4.2.2. Analisis Data Kondisi awal pada Simpang Milo	65
4.2.3. Analisis Data Kondisi awal pada Simpang Bangkok	77
4.2.4. Analisis Data Kondisi terbangun waktu puncak pagi pada Simpang Milo	88
4.2.5. Analisis Data Kondisi terbangun waktu puncak pagi pada Simpang Milo	92
4.2.6. Kecepatan tempuh dan Kebutuhan bahan bakar minyak	95
4.3. Pembahasan	102
4.3.1. Kondisi daerah studi	102
4.3.2. Analisis kinerja simpang pada kondisi awal dan kondisi terbangun	106
4.3.2. Kebutuhan bahan bakar minyak	114
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	125
3.1. Kesimpulan	125
3.2. Saran	127
DAFTAR PUSTAKA	128
LAMPIRAN	
A. Hasil pengukuran geometrik simpang	129
B. Hasil survei lalu lintas	132
C. Hasil survei panjang antrian	140
D. Hasil survei plat nomor kendaraan	146
E. Hasil perhitungan pendekatan MKJI	167
F. Hasil perhitungan konsumsi BBM	191

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
2.1.	Faktor Koreksi Konsumsi Bahan Bakar Dasar Kendaraan	28
4.1.	Kondisi lapangan Simpang Milo	41
4.2.	Kondisi lapangan Simpang Bangkok	42
4.3.a.	Waktu dan jarak tempuh Bangkok-Sidodadi Timur-Dr. Cipto-Halmahera-Barito	44
4.3.b.	Waktu dan jarak tempuh Jalan MT. Haryono (belok kanan)-Jl. Brigjen Katamso (Milo)	44
4.3.c.	Waktu dan jarak tempuh Jalan Ahmad Yani (lurus)-Jl. Brigjen Katamso (Milo)	45
4.3.d.	Waktu dan jarak tempuh Jl. Brigjen Katamso (Milo)-Jl. Brigjen Katamso (Bangkong)	45
4.3.e.	Waktu dan jarak tempuh Jl. Dr. Cipto (belok kanan)-Jl. Brigjen Katamso (Bangkong)	45
4.3.f.	Waktu dan jarak tempuh Jl. Brigjen Katamso (Milo)-Jembatan Banjir Kanal Timur	46
4.4.	Hasil survei plat nomor kendaraan	53
4.5.a.	Hasil survei panjang antrian pada simpang Milo	57
4.5.b.	Hasil survei panjang antrian pada simpang Bangkok	57
4.6.a.	Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal di Simpang Milo	59
4.6.b.	Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak pagi	59
4.6.c.	Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak siang untuk kondisi awal di Simpang Milo	60
4.6.d.	Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak sore untuk kondisi awal di Simpang Milo	60
4.7.a.	Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal dan terbangun di Simpang Bangkok	62
4.7.b.	Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak siang untuk kondisi awal di Simpang Bangkok	63
4.7.c.	Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak siang untuk kondisi awal di Simpang Bangkok	63
4.8.a.	Persentase kendaraan yang bergerak ke arah timur pada jam 06.00-08.00 yang tercatat di pos pencatatan Jembatan Banjir Kanal Timur	65
4.8.b.	Persentase kendaraan yang bergerak ke arah timur pada jam 06.00-08.00 yang tercatat di pos pencatatan Jalan Kopol Maksam	65
4.8.c.	Volume lalu lintas Simpang Milo waktu puncak pagi untuk kondisi awal.....	66
4.8.d.	Rasio berbelok Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal	66
4.9.	Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal	67
4.10.	Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal	68
4.11.	Hasil perhitungan antrian tiap pendekat Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal	68
4.12.	Hasil perhitungan angka henti tiap pendekat waktu puncak pagi pada Simpang Milo untuk kondisi awal	69

4.13.	Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal	69
4.14.a.	Volume lalu lintas Simpang Milo waktu puncak siang untuk kondisi awal	70
4.14.b.	Rasio berbelok Simpang Milo pada waktu puncak siang untuk kondisi awal	70
4.15.	Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan Simpang Milo pada waktu puncak siang untuk kondisi awal	71
4.16.	Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Milo pada waktu puncak siang untuk kondisi awal	72
4.17.	Hasil perhitungan antrian tiap pendekat Simpang Milo pada waktu puncak siang untuk kondisi awal	72
4.18.	Hasil perhitungan angka henti tiap pendekat waktu puncak siang pada Simpang Milo untuk kondisi awal	73
4.19.	Perhitungan tundaan simpang rata-rata Simpang Milo pada waktu puncak siang untuk kondisi awal	73
4.20.a.	Volume lalu lintas Simpang Milo waktu puncak sore untuk kondisi awal	74
4.20.b.	Rasio berbelok Simpang Milo pada waktu puncak sore untuk kondisi awal	74
4.21.	Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan Simpang Milo pada waktu puncak sore untuk kondisi awal	75
4.22.	Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Milo pada waktu puncak sore untuk kondisi awal	76
4.23.	Hasil perhitungan antrian tiap pendekat Simpang Milo pada waktu puncak sore untuk kondisi awal	76
4.24.	Hasil perhitungan angka henti tiap pendekat waktu puncak sore pada Simpang Milo untuk kondisi awal	77
4.25.	Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata Simpang Milo pada waktu puncak sore untuk kondisi awal	77
4.26.a.	Volume lalu lintas Simpang Bangkok waktu puncak pagi untuk kondisi awal	78
4.26.b.	Rasio berbelok Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal	79
4.27.	Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal	80
4.28.	Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal	80
4.29.	Hasil perhitungan antrian tiap pendekat Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal	80
4.30.	Hasil perhitungan angka henti tiap pendekat waktu puncak pagi pada Simpang Bangkok untuk kondisi awal	81
4.31.	Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal	81
4.32.a.	Volume lalu lintas Simpang Bangkok waktu puncak siang untuk kondisi awal	82
4.32.b.	Rasio berbelok Simpang Bangkok pada waktu puncak siang untuk kondisi awal	82
4.33.	Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan Simpang Bangkok pada waktu puncak siang untuk kondisi awal	83
4.34.	Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Bangkok pada waktu puncak siang untuk kondisi awal	83
4.35.	Hasil perhitungan antrian tiap pendekat Simpang Bangkok pada waktu puncak siang untuk kondisi awal	84

4.36.	Hasil perhitungan jumlah kendaraan terhenti tiap pendekat waktu puncak siang pada Simpang Bangkok untuk kondisi awal	84
4.37.	Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata Simpang Bangkok pada waktu puncak siang untuk kondisi awal	85
4.38.a.	Volume lalu lintas Simpang Bangkok waktu puncak sore untuk kondisi awal	85
4.38.b.	Rasio berbelok Simpang Bangkok pada waktu puncak sore untuk kondisi awal	86
4.39.	Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan di Simpang Bangkok pada waktu puncak sore untuk kondisi awal	86
4.40.	Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Bangkok pada waktu puncak sore untuk kondisi awal	87
4.41.	Hasil perhitungan antrian tiap pendekat Simpang Bangkok pada waktu puncak sore untuk kondisi awal	87
4.42.	Hasil perhitungan angka henti tiap pendekat waktu puncak sore pada Simpang Bangkok untuk kondisi awal	88
4.43.	Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata Simpang Bangkok pada waktu puncak sore untuk kondisi awal	88
4.44.a.	Volume lalu lintas di Simpang Milo waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	89
4.44.b.	Rasio berbelok di Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	89
4.45.	Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan di Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	90
4.46.	Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan di Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	90
4.47.	Hasil perhitungan antrian tiap pendekat di Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	91
4.48.	Perhitungan jumlah kendaraan terhenti tiap pendekat waktu puncak pagi pada Simpang Milo untuk kondisi terbangun	91
4.49.	Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata di Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	91
4.50.a.	Volume lalu lintas Simpang Bangkok waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	92
4.50.b.	Rasio berbelok di Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	93
4.51.	Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan di Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	93
4.52.	Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	94
4.53.	Hasil perhitungan antrian tiap pendekat di Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	94
4.54.	Hasil perhitungan jumlah kendaraan terhenti tiap pendekat waktu puncak pagi pada Simpang Bangkok untuk kondisi terbangun	95
4.55.	Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata di Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	95
4.56.a.	Kebutuhan bahan bakar minyak untuk meninggalkan Simpang Milo	96
4.56.b.	Kebutuhan bahan bakar minyak untuk meninggalkan Simpang Bangkok	97
4.57.a.	Hasil perhitungan kecepatan tempuh pada rute Jalan MT. Haryono - Jembatan Banjir Kanal Timur	97

4.57.b. Hasil perhitungan kebutuhan BBM pada rute jalan MT. Haryono - Jembatan Banjir Kanal Timur	98
4.58.a. Hasil perhitungan kecepatan tempuh pada rute Jalan Ahmad Yani - Jembatan Banjir Kanal Timur	98
4.58.b. Hasil perhitungan kebutuhan BBM pada rute jalan Ahmad Yani - Jembatan Banjir Kanal Timur	99
4.59.a. Hasil perhitungan kecepatan tempuh pada rute Simpang Milo pendekat timur - Simpang Bangkong pendekat timur	99
4.59.b. Hasil perhitungan kebutuhan BBM pada rute Simpang Milo pendekat timur - Simpang Bangkong pendekat timur	100
4.60.a. Hasil perhitungan kecepatan tempuh pada rute Jalan Dr. Cipto gerakan belok kanan - Simpang Bangkong pendekat timur	100
4.60.b. Hasil perhitungan kebutuhan BBM pada rute Jalan Dr. Cipto gerakan belok kanan - Simpang Bangkong pendekat timur	100
4.61.a. Hasil perhitungan kecepatan tempuh untuk meninggalkan dua simpang setelah menempuh ruas jalan diantara simpang	101
4.61.b. Hasil perhitungan kebutuhan BBM untuk meninggalkan dua simpang setelah menempuh ruas jalan diantara simpang	101
4.62. Perbedaan kondisi awal dan kondisi terbangun pada tiap simpang	107
4.63. Nilai faktor-faktor penentu kinerja simpang untuk Simpang Milo	108
4.64. Nilai faktor-faktor penentu kinerja simpang untuk simpang Bangkong	111
4.65. Kebutuhan BBM untuk memempuh rute jalan MT. Haryono sampai jembatan banjir kanal timur	115
4.66. Kebutuhan BBM untuk memempuh rute jalan Ahmad Yani sampai jembatan banjir kanal timur	117
4.67. Kebutuhan BBM untuk memempuh rute jalan Dr. Cipto sampai Simpang Bangkong	119
4.68. Kebutuhan BBM untuk memempuh rute jalan Brigjen Katamso (Simpang Milo pendekat timur) sampai Simpang Bangkong	121
4.69. Kebutuhan BBM untuk memempuh jalan Brigjen Katamso berdasarkan tundaan simpang rata-rata pada Simpang Milo dan Simpang Bangkong	121
4.70. Kebutuhan BBM untuk menempuh jalan Brigjen Katamso berdasarkan tundaan simpang rata-rata pada Simpang Milo dan Simpang Bangkong	123

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
1.1.	Lokasi Penelitian	8
2.1.	Prinsip Kerja Simpang Terkoordinasi	18
2.2.	Model dasar arus jenuh (Akceklik, 1989)	22
3.1.	Diagram Alir Penelitian	30
4.1.	Pengkodean arah pada Simpang Milo	46
4.2.a.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S1-U1 pada kondisi awal	47
4.2.b.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S1-U2 pada kondisi awal	47
4.2.c.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S1-U3 pada kondisi awal	47
4.2.d.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S1-T1 pada kondisi awal	48
4.2.e.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S1-T2 pada kondisi awal	48
4.2.f.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S1-B2 pada kondisi awal	48
4.2.g.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S1-B3 pada kondisi terbangun	49
4.3.	Pengkodean arah Simpang Bangkok	49
4.4.a.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkok untuk pendekat S2-S1 pada kondisi terbangun	50
4.4.b.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkok untuk pendekat S2-S2 pada kondisi terbangun	50
4.4.c.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkok untuk pendekat S2-S3 pada kondisi terbangun	50
4.4.d.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkok untuk pendekat S2-T1 pada kondisi terbangun	51
4.4.e.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkok untuk pendekat S2-T2 pada kondisi terbangun	51
4.4.f.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkok untuk pendekat S2-T3 pada kondisi terbangun	51
4.4.g.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkok untuk pendekat S2-B1 pada kondisi terbangun	52
4.4.h.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkok untuk pendekat S2-B2 pada kondisi terbangun	52
4.4.i.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkok untuk pendekat S2-B3 pada kondisi terbangun	52
4.5.a.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S1-U1 pada kondisi awal	53
4.5.b.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S1-B2 pada kondisi awal	54
4.5.c.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S1-B3 pada kondisi awal	54
4.5.d.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkok untuk pendekat S2-S1 pada kondisi awal	54

4.5.e.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S2-S2 pada kondisi awal	55
4.5.f.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-S3 pada kondisi awal	55
4.5.g.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-B1 pada kondisi awal	55
4.5.h.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-B2 pada kondisi awal	56
4.5.i.	Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-B3 pada kondisi awal	56
4.6.	Bagan alir analisis data	64
4.7.	Simpang Milo	102
4.8.	Simpang Bangkong	104
4.9.	Panjang jalan Brigjen Katamso sampai Jembatan BanjirKanal Timur	109
4.10.	Antrian yang terjadi di pendekat timur Simpang Milo pada waktu puncak siang	110
4.11.	Panjang jalan Brigjen Katamso antara Simpang Bangkong dan Simpang Milo .	112
4.12.	Antrian yang terjadi di pendekat barat Simpang Bangkong pada waktu puncak siang	113
4.13.	Jalur yang ditempuh kendaraan untuk ke arah timur dari jalan MT. Haryono pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal, puncak siang dan puncak sore	114
4.14.	Jalur yang ditempuh kendaraan untuk ke arah timur dari jalan MT. Haryono pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	115
4.15.	Jalur yang ditempuh kendaraan untuk ke arah timur dari jalan Ahmad Yani pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal, puncak siang dan puncak sore	116
4.16.	Jalur yang ditempuh kendaraan untuk ke arah timur dari jalan Ahmad Yani pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun	117
4.17.	Jalur yang ditempuh kendaraan untuk ke arah barat dari jalan Dr. Cipto pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal, puncak siang dan puncak sore	118
4.18.	Jalur yang ditempuh kendaraan untuk ke arah barat dari jalan Brigjen Katamso Timur (Milo) pada waktu puncak pagi, puncak siang dan puncak sore	120
4.19.	Jalur yang ditempuh kendaraan dari arah barat maupun timur untuk meninggalkan Simpang Bangkong dan Simpang Milo	123

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Semarang yang merupakan pusat regional Jawa Tengah yang memikul tiga fungsi kegiatan utama, yakni pusat kegiatan pemerintahan, pusat kegiatan perdagangan dan pusat kegiatan transportasi (RIK Semarang, 1975-2000). Perkembangan ini telah menciptakan daya tarik investasi bagi pengembangan kegiatan perdagangan dan jasa di dalamnya, terutama pada titik-titik lokasi yang strategis. Sebagai jantung perekonomian Jawa Tengah, Kota Semarang yang terletak di pantai Utara Jawa Tengah, tepatnya pada garis 6° 5' - 7° 10' Lintang Selatan dan 110° 35' Bujur Timur. Sedang luas wilayah mencapai 37.366.838 Ha atau 373,7 km² pada tahun 2002 memiliki jumlah penduduk sebanyak 1.322.320 jiwa yang tersebar dalam 16 Kecamatan, memiliki struktur ruang yang spesifik dengan berkembangnya pusat-pusat pelayanan kegiatan perdagangan dan berbagai karakteristiknya.

Jalan sebagai prasarana transportasi merupakan kebutuhan yang amat penting bagi manusia. Pada era sekarang ini fungsi jalan terasa sangat berperan. Dengan adanya kondisi jalan yang memadai, baik itu fisik maupun non fisik, baik itu dalam jumlah maupun tingkat kebutuhannya, diharapkan hasil pembangunan yang telah dicapai dapat dirasakan oleh segenap masyarakat.

Penggunaan kendaraan bermotor telah menjadi bagian penting dalam kehidupan masyarakat saat ini baik sebagai alat mobilitas maupun sebagai tolok ukur tingkat keberhasilan seseorang. Hal ini tercermin dari kenyataan semakin tingginya tingkat motorisasi penduduk dari tahun ke tahun. Secara umum kendaraan bermotor terbagi menjadi dua jenis yaitu kendaraan umum dan kendaraan pribadi, dimana penggunaan kendaraan pribadi lebih menonjol dibandingkan dengan kendaraan umum. Hal ini disebabkan karena kendaraan pribadi biasanya memberikan tingkat pelayanan yang lebih baik dibandingkan dengan kendaraan umum, baik yang dioperasikan oleh pemerintah maupun operator swasta. Ditambah lagi dengan tingkat kenyamanan dan keamanan dari kendaraan umum di kota Semarang yang masih belum memadai.

Jumlah kendaraan pribadi yang lebih banyak pada saat-saat tertentu khususnya pada jam puncak sering mengakibatkan kemacetan di beberapa ruas jalan di kota

Semarang, kemacetan ini menyebabkan biaya operasi kendaraan (BOK) dan waktu perjalanan bertambah dimana nilai untuk waktu perjalanan yang berlaku bagi masing-masing orang atau pribadi berbeda-beda.

Biaya operasional penggunaan jalan terdiri atas biaya operasi kendaraan (*vehicle operating cost*) dan biaya waktu (*Time value*). Kedua faktor biaya tersebut sangat terkait dengan kecepatan kendaraan. Pada kecepatan rendah, atau pada suatu kondisi kemacetan lalu lintas biaya operasi kendaraan cenderung mengalami peningkatan, dimana terjadi pemborosan BBM, keausan komponen kendaraan serta pemborosan waktu. Oleh sebab itu, setiap upaya yang dapat meningkatkan kelancaran arus lalu lintas ke tingkat kecepatan optimum, akan dapat meredusir biaya operasional penggunaan jalan.

Pembangunan perumahan di kota-kota besar banyak dilakukan di pinggiran kota atau wilayah pengembangan kota. Demikian pula di kota Semarang lokasi pembangunan perumahan diarahkan ke wilayah pengembangan kota.

Kota Semarang yang secara topografis terdiri dari daerah pebukitan yang berada di pinggiran kota bagian selatan hingga bagian barat dan daerah dataran yang berada di bagian tengah, utara dan bagian timur. Daerah pengembangan atau pinggiran kota mempunyai jaringan jalan maupun ketersediaan angkutan umum belum sebaik seperti di dalam kota.

Perumahan yang terdiri dari rumah dan lingkungannya sebagai tempat hunian merupakan titik awal dan akhir pergerakan manusia dalam melaksanakan kegiatan sehari-hari. Perumahan merupakan tempat hunian tenaga kerja yang banyak diperlukan di tempat-tempat kegiatan industri, pemerintahan, pendidikan dan tempat-tempat kegiatan ekonomi lainnya yang umumnya berada di pusat kota dan sekitarnya.

Memperhatikan pola guna lahan kota Semarang, terutama untuk bagian timur, yang digunakan sebagai kawasan permukiman, lokasi permukiman yang berada di pinggir kota diakibatkan oleh lahan di daerah pusat kota khususnya di kota Semarang sudah terlalu ramai dimana sering terjadi masalah-masalah lalu lintas seperti halnya kemacetan yang dikarenakan lalu lintas sudah semakin padat. Penggunaan lahan dengan berbagai aktifitas masyarakat yang ada di wilayah tersebut, merupakan suatu sumber bangkitan menuju pusat kota Semarang yang merupakan pusat perdagangan dan jasa serta perkantoran.

Permukiman yang menjadi sumber bangkitan dari Kota Semarang bagian timur adalah Perumahan Sinar Waluyo dan Perumahan Gemah yang berada di kelurahan Kedung

Mundu. Perumahan Korpri dan Perumahan Plamongan Indah yang berada di kelurahan Pedurungan Kidul. Perumahan Kekancan Mukti yang berada di kelurahan Pedurungan Tengah. Perumahan BPD yang berada di kelurahan Tlogomulyo dan Kelurahan Kalicari. Perumahan Dolog yang berada di kelurahan Tlogosari Wetan. Perumahan Tlogosari dan Perumahan Graha Mukti yang berada di kelurahan Tlogosari Kulon. Selain perumahan yang dikelola oleh suatu pengembang atau insatansi terdapat pula kawasan permukiman lain yang berada di luar kawasan perumahan tersebut. Dari kawasan tersebut dapat diprediksi jumlah penduduk yang ada yaitu sebanyak 212.941 jiwa yang terdiri dari 49.789 Kepala keluarga. Masyarakat yang tinggal di perumahan dan permukiman yang berada di kawasan Semarang bagian Timur menjadikan Jalan Brigjen Sudiarto (Jl. Majapahit) sebagai akses untuk menuju ke pusat kota. Dengan asumsi bahwa setiap Kepala Keluarga terdiri 4 orang maka dapat diprediksi jumlah orang yang akan melalui jalan tersebut pada jam-jam sibuk.

Jika ditinjau lebih jauh terlihat bahwa makin jauh dari pusat kota (CBD) maka kesempatan kerja makin rendah dan di lain pihak terdapat intensitas perumahan yang makin tinggi. Dan tingkat perjalanan yang muncul dari masing-masing daerah ke arah pusat kota sebenarnya menunjukkan adanya hubungan antara kepadatan penduduk dengan kesempatan kerja yang ada, di mana kondisinya sangat tergantung pada jarak lokasi daerah yang bersangkutan ke pusat kota. Pada lokasi tertentu di mana kepadatan penduduknya lebih tinggi dari kesempatan kerja yang tersedia akan menyebabkan terjadinya surplus penduduk, di mana kelebihan orang-orang ini harus melakukan perjalanan ke pusat kota untuk bekerja.

Kenyataan yang sederhana ini menentukan dasar karakteristik pola perjalanan orang di kota. Pada jam sibuk pagi hari akan terjadi arus lalu lintas perjalanan orang yang menuju ke pusat kota (CBD) dan sekitar daerah perumahan, sedangkan pada jam sibuk sore hari dicirikan oleh arus lalu lintas perjalanan orang dari pusat kota ke sekitar daerah perumahan. Arus lalu lintas ini prosentasenya sekitar, 50-70% dari total jumlah perjalanan harian yang dibangkitkan di dalam suatu daerah perkotaan, dan oleh karena itu merupakan faktor terpenting yang membentuk pola perjalanan orang di suatu kota.

Simpang Lima Semarang sebagai salah satu pusat perdagangan (CBD) yang di kota Semarang menuntut suatu kondisi lalu lintas angkutan yang lancar. Simpang Lima yang

merupakan titik sentral pertemuan dari lima arah yang dewasa ini sering mengalami masalah transportasi pada kawasan tersebut. Lima arah tersebut adalah :

1. Dari arah Utara : Jalan Gajah Mada
2. Dari arah Timur Laut : Jalan KH Ahmad Dahlan
3. Dari arah Timur : Jalan Ahmad Yani
4. Dari arah Barat : Jalan Pandanaran
5. Dari arah Selatan : Jalan Pahlawan

Waktu terjadinya pergerakan sangat tergantung pada kapan seseorang melakukan aktifitas untuk kehidupan kesehariannya. Dengan demikian waktu perjalanan sangat tergantung dari maksud perjalanan. Perjalanan ke tempat kerja biasanya merupakan perjalanan yang dominan. Oleh sebab itu, waktu perjalanan untuk maksud perjalanan kerja biasanya mengikuti pola waktu kerja. Pada pagi hari sekitar jam 06.00 pagi sampai jam 08.00 akan dijumpai begitu banyak perjalanan untuk tujuan bekerja dan pada sore hari sekitar jam 16.00 sampai jam 18.00 dijumpai banyak perjalanan dari tempat kerja ke rumah masing-masing.

Di samping kedua puncak tersebut dijumpai pula waktu puncak lainnya, yaitu sekitar jam 12.00 sampai 14.00. di mana pada saat itu orang-orang yang bekerja bepergian untuk makan siang dan kembali lagi ke kantornya masing-masing. Tentu saja jumlah perjalanan yang dilakukan pada siang hari ini tidak sebanyak pagi atau sore hari, mengingat bahwa makan siang terkadang dapat dilakukan di kantor ataupun kantin di sekitar kantor.

Kondisi jalan di Kota Semarang memiliki kecenderungan pada bidang horisontal yang sama sehingga memungkinkan terjadinya pertemuan sebidang atau membentuk suatu persimpangan. Adanya persimpangan tersebut akan menyebabkan terjadinya konflik yang menimbulkan beberapa permasalahan lalu lintas seperti kemacetan. Untuk mengurangi konflik tersebut, persimpangan-persimpangan yang ada di atur dengan menggunakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL).

Persimpangan merupakan salah satu bagian terpenting dari suatu jaringan jalan perkotaan. Di Kota Semarang, persimpangan yang diatur dengan menggunakan APILL antara lain adalah :

- a. Simpang empat Jl. Brigjen Katamso, Jl. Kumpul Maksum dan Jl. Dr. Cipto;
- b. Simpang empat Jl. Brigjen Katamso, Jl. MT. Haryono dan Jl. Ahmad Yani;

1.2. Pokok Permasalahan

Jalan Ahmad Yani, dengan LHR tahun 2001 sebesar 82.456 kendaraan per hari merupakan jalan arteri sekunder, 4 lajur 2 arah. Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota, dan menerus antar kota. Pengguna lokal ada yang menggunakan kendaraan pribadi, ada yang mengandalkan layanan angkutan umum, termasuk becak. Pengguna jasa angkutan umum lebih senang menunggu dan menyetop angkutan umum di dekat persimpangan, bahkan sebelum Pertigaan ke Atmodirono, sehingga jika mereka akan masuk/naik angkutan umum terjadi tundaan dan kemacetan beberapa detik. Tundaan menjadi lebih lama, yaitu jika angkot maupun bus kota ngetem untuk menunggu datangnya calon penumpang.

Jalan Brigjen Katamso, dengan LHR tahun 2001 sebesar 70.692 kendaraan per hari merupakan jalan kolektor primer, pembagian waktu penggunaan jalan adalah 4 lajur 1 arah (pagi hari untuk arah barat ke timur) dan 4 lajur 2 arah (siang, sore dan malam hari). Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota, dan menerus antar kota. Pengguna lokal ada yang menggunakan kendaraan pribadi, ada yang mengandalkan layanan angkutan umum, termasuk becak.

Jalan Brigjen Sudiarto, dengan LHR tahun 2001 sebesar 71.883 kendaraan per hari merupakan jalan kolektor primer, pembagian waktu penggunaan jalan adalah 3 lajur 1 arah mulai pertigaan Jalan Halmahera ke arah timur (pagi hari) dan 4 lajur 2 arah (siang, sore dan malam hari). Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota, dan menerus antar kota. Pengguna lokal ada yang menggunakan kendaraan pribadi, ada yang mengandalkan layanan angkutan umum, termasuk becak. Mereka lebih senang menunggu dan menyetop angkutan umum di dekat persimpangan, sehingga jika mereka akan masuk/naik angkutan umum terjadi tundaan dan kemacetan beberapa detik.

Jalan MT Haryono, dengan LHR tahun 2001 sebesar 71.637 kendaraan per hari merupakan jalan arteri sekunder, 4 lajur 1 arah. Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota, dan menerus antar kota. Pengguna lokal ada yang menggunakan kendaraan pribadi, ada yang mengandalkan layanan angkutan umum, termasuk becak. Untuk turun dari dan akan naik

ke angkutan umum, para calon dan pengguna menginjakkan kaki di tepi perkerasan jalan dengan pembatas lajur lambat dengan lajur cepat. Letaknya 300 meter dari Persimpangan Bangkok. Karena letaknya yang relatif jauh, banyak calon pengguna angkutan umum enggan berjalan ke sana. Mereka lebih senang menunggu dan menyetop angkutan umum di dekat persimpangan, sehingga jika mereka akan masuk/naik angkutan umum terjadi tundaan dan kemacetan beberapa detik. Tundaan menjadi lebih lama, yaitu jika angkot maupun mikrolet ngetem untuk menunggu datangnya calon penumpang.

Jalan Dr.Cipto, dengan LHR tahun 2001 sebesar 53.489 kendaraan per hari merupakan jalan arteri primer, 4 lajur 1 arah. Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota, dan menerus antar kota. Pengguna lokal ada yang menggunakan kendaraan pribadi, ada yang mengandalkan layanan angkutan umum, termasuk becak. Pengguna jasa angkutan umum lebih senang menunggu dan menyetop angkutan umum di dekat persimpangan, sehingga jika mereka akan masuk/naik angkutan umum terjadi tundaan dan kemacetan beberapa detik.

Ruas jalan Ahmad Yani - Brigjen Katamso merupakan akses menuju Simpang Lima dari arah Timur termasuk jalan tersibuk di kota Semarang, terutama pada hari kerja, selain itu di sepanjang jalan tersebut banyak sekali simpul-simpul persimpangan berlampu lalu lintas sehingga sering terjadi konflik. Konflik yang terjadi adalah kemacetan lalu lintas diakibatkan banyaknya berbagai jenis kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut.

Berdasarkan survei pendahuluan, kemacetan-kemacetan yang terjadi terletak pada simpul-simpul persimpangan tersebut disebabkan adanya manuver-manuver dipersimpangan seperti berpencar (*diverging*), bergabung (*merging*), berpotongan (*crossing*), dan bersilangan (*weaving*). Adanya manuver-manuver ini menyebabkan terjadinya berbagai macam konflik (titik potong) pada persimpangan. Konflik-konflik ini mengakibatkan berkurangnya kapasitas, berkurangnya keselamatan dan menambah kelambatan untuk tiap-tiap kendaraan.

Fungsi utama lampu pengatur lalu lintas adalah mengurangi konflik-konflik yang terjadi pada persimpangan dengan menghentikan beberapa pergerakan arus kendaraan dan pada saat bersamaan memberikan kesempatan bagi arus kendaraan lain untuk bergerak. Akibat dari pergerakan arus kendaraan yang berhenti akan menimbulkan tundaan bagi arus kendaraan di belakangnya, tetapi tundaan tersebut akan diimbangi dengan peningkatan

kecepatan kendaraan-kendaraan yang bergerak melalui adanya pengurangan konflik terutama pada simpang Bangkong dan simpang Milo serta jalan Brigjen Katamso yang merupakan ruas jalan yang paling padat karena pada lokasi tersebut sering terjadi kemacetan.

Memperhatikan kondisi dari lokasi studi, terutama pada jalan Brigjen Katamso, maka dapat disampaikan pula alasan pemilihan lokasi penelitian selain yang telah diuraikan diatas adalah adanya pengaturan lalu lintas dengan menjadikan ruas jalan Brigjen Katamso menjadi satu arah mulai dari Jembatan Banjir Kanal Timur sampai dengan Simpang Bangkong pada jam 06.00 - 08.00. Pengaturan seperti yang dilakukan pada ruas jalan Brigjen Katamso tersebut tidak dilakukan pada simpang bersinyal lainnya yang memiliki arus lalu lintas yang padat.

1.3. Maksud, Tujuan dan Manfaat Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja persimpangan dengan lampu lalu lintas pada kondisi eksisting. Variabel kinerja simpang yang akan dievaluasi adalah kapasitas simpang dan derajat kejenuhan, panjang antrian, kendaraan terhenti dan tundaan.

Tujuan yang hendak dicapai melalui penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah pengaturan lalu lintas yang dilakukan saat ini merupakan suatu tindakan yang tepat serta menampilkan kinerja simpang berdasarkan konsumsi bahan bakar yang dipengaruhi tundaan.

Suatu penelitian, hendaknya dapat memberikan manfaat kepada pihak-pihak yang berkaitan atau berkepentingan dengan penelitian tersebut. Dalam penelitian ini, dimana yang dilakukan adalah mengevaluasi kinerja Simpang Bangkong dan Simpang Milo, manfaat yang dapat diberikan adalah :

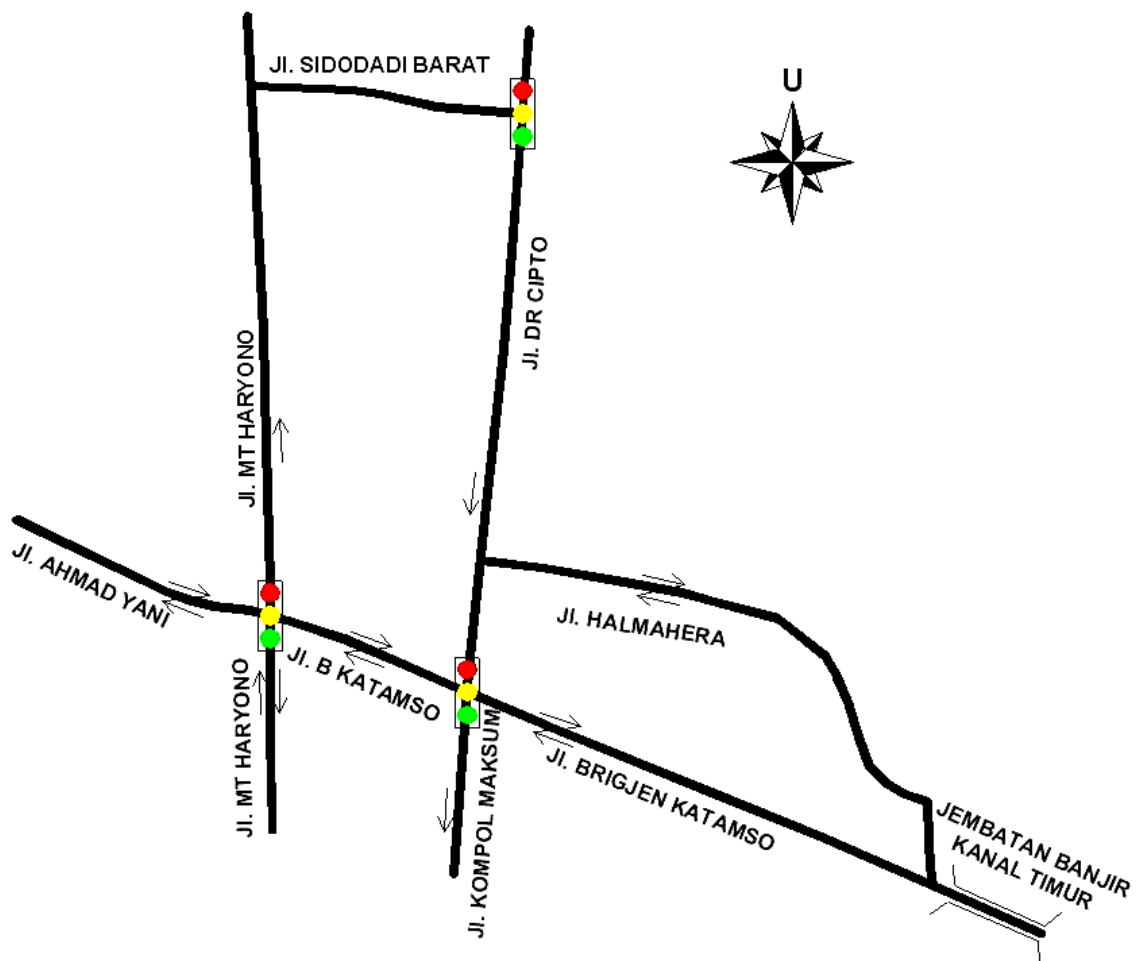
- a. Bagi pihak pengambil keputusan, manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan suatu acuan tentang pemberlakuan satu arah pada ruas jalan Brigjen Katamso pada pagi hari (pukul 06.00 - 08.00) ditinjau dari kinerja simpang dan konsumsi bahan bakar minyak. Sehingga pihak pengambil keputusan dapat melakukan suatu tindakan untuk lebih mengoptimalkan kinerja kedua simpang tersebut.
- b. Bagi pengguna jalan, manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran tentang kondisi kinerja Simpang Bangkong dan Simpang Milo berdasarkan kebutuhan

bahan bakar minyak. Sehingga pengguna jalan dapat mengetahui resiko yang harus ditanggung ketika melalui kedua simpang tersebut.

1. 4. Batasan Penelitian

Dengan keterbatasan waktu dan sumber daya yang ada, maka pembatasan penelitian ini adalah pada :

1. Lokasi penelitian yang ditetapkan adalah di Simpang Milo, yang merupakan pertemuan antara jalan Brigjen Katamso, jalan Dr Cipto dan jalan Kopol Maksum dan Simpang Bangkok, yang merupakan pertemuan antara jalan Ahmad Yani, jalan Brigjen Katamso dan jalan MT Haryono serta jalan yang digunakan saat dilakukan pengatutan satu arah pada jam 06.00 - 08.00 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.1.
2. Sistem sinyal yang diteliti adalah sistem sinyal dengan waktu siklus tetap (*fixed time*);
3. Data akan diperoleh langsung melalui survei yang dilakukan di lokasi penelitian yang akan dilakukan pada hari kerja normal (Senin-Kamis) pada kondisi lalu lintas sibuk;
4. Analisis data untuk mengevaluasi kinerja simpang menggunakan pendekatan MKJI;
5. Dalam analisis data, diasumsikan bahwa nilai waktu pengguna jalan yang melalui Simpang Milo dan Simpang Bangkok adalah sama dalam arti tidak memperhatikan tujuan serta kepentingan pengguna jalan yang melalui kedua simpang tersebut.



Gambar 1.1. Lokasi Penelitian

1. 5. Sistematika Penulisan

1.5.1. Pendahuluan

Bab ini berisi permasalahan yang hendak dibahas, termasuk didalamnya latar belakang, pokok permasalahan, maksud dan tujuan penelitian serta tempat penelitian dilaksanakan. Pada bagian akhir bab ini disampaikan manfaat dilakukannya penelitian ini.

1.5.2. Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka berisi tentang uraian-uraian teoritis sistematis mengenai variabel-variabel yang digunakan serta hubungan antara variabel tersebut dengan tingkat relevansinya.

1.5.3. Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tentang uraian data dan metoda yang digunakan dalam penelitian ini serta analisis yang akan dilakukan terhadap data yang diperoleh serta batasan-batasan dan asumsi yang digunakan.

1.5.4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan merupakan bagian yang sangat penting yang memuat hubungan sebab akibat antar variabel, interpretasi hasil serta implikasi teoritis dan praktis dari hasil penelitian.

1.5.5. Kesimpulan

Kesimpulan berisi tentang jawaban dari semua permasalahan-permasalahan yang diajukan, diteliti dan diamati. Termasuk didalamnya berupa saran-saran dan rekomendasi yang didasarkan dari hasil penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peraturan Perundangan dibidang LLAJ

(Undang-Undang Nomor 14 Tahun 1992 beserta peraturan pelaksanaannya)

2.1.1. Pembinaan dan Penyelenggaraan

Pembinaan dan penyelenggaraan lalu lintas dan angkutan jalan diatur dalam pasal 4 UU Nomor 14 Tahun 1992. Adapun pokok pokok pikiran yang terkandung dalam ketentuan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Memuat ketentuan bahwa negara mempunyai hak penguasaan atas penyelenggaraan lalu lintas dan angkutan jalan, wewenang pembinaan dan arah pembinaan.
- b. Pengertian hak penguasaan oleh negara tersebut adalah bahwa Negara mempunyai hak mengatur penyelenggaraan lalu lintas dan angkutan jalan, yang pelaksanaannya dilakukan oleh Pemerintah berupa pembinaan.
- c. Perwujudan Pembinaan tersebut meliputi :
 1. Aspek pengaturan, mencakup perencanaan, perumusan dan penentuan kebijaksanaan umum maupun teknis.
 2. Aspek pengendalian, berupa pengarahan dan bimbingan terhadap penyelenggaraan lalu lintas dan angkutan jalan.
 3. Aspek pengawasan adalah pengawasan terhadap penyelenggaraan lalu lintas dan angkutan jalan.
- d. Pembinaan lalu lintas dan angkutan sebagaimana dimaksudkan diatas, dilakukan dengan :
 1. Selalu diupayakan meningkatkan penyelenggaraan lalu lintas dan angkutan jalan dalam keseluruhan moda transportasi secara terpadu.
 2. Dilakukan dengan memperhatikan seluruh aspek kehidupan masyarakat yang meliputi aspek politik, ekonomi, sosial budaya, pertahanan dan keamanan termasuk memperhatikan lingkungan hidup, tata ruang energi, perkembangan pengetahuan dan teknologi serta hubungan internasional

2.1.2. Lalu Lintas

Ketentuan mengenai lalu lintas diatur dalam Bab VI UU Nomor 14 Tahun 1992 yang pada hakekatnya mengatur interaksi dinamis antara subyek yaitu pemakai jalan dan

masyarakat serta Pemerintah dengan obyek yang berupa prasarana dan kendaraan, sehingga jelas hak dan kewajibannya masing-masing.

Dalam Pasal 22, diatur penetapan ketentuan-ketentuan lalu lintas dalam peraturan pemerintah Untuk keperluan lebih menjamin keselamatan, keamanan, Kelancaran dan ketertiban lalu lintas dan angkutan jalan. Beberapa ketentuan dimaksud adalah :

a. Rekayasa lalu Lintas

Pengertian rekayasa lalu lintas meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan dan pemeliharaan fasilitas kelengkapan jalan serta rambu-rambu lalu lintas, marka jalan, lampu lalu lintas dan fasilitas keselamatan lalu lintas

b. Manajemen lalu Lintas

Sedangkan pengertian manajemen lalu lintas adalah meliputi kegiatan perencanaan, pengaturan, pengawasan dan pengendalian lalu lintas yang bertujuan untuk keselamatan, keamanan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas.

2.1.3. Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 43 tahun 1993 pasal 2, manajemen lalu lintas meliputi kegiatan :

a. Perencanaan lalu Lintas yang meliputi kegiatan :

1. Inventarisasi dan evaluasi tingkat pelayanan;
2. Penetapan tingkat pelayanan yang diinginkan;
3. Penetapan pemecahan permasalahan lalu lintas;
4. Penyusunan rencana dan program pelaksanaan perwujudannya.

b. Pengaturan lalu Lintas yang meliputi kegiatan penetapan kebijaksanaan lalu lintas pada jaringan atau ruas-ruas jalan tertentu.

c. Pengawasan lalu lintas yang meliputi kegiatan

1. Pemantauan dan penilaian terhadap pelaksanaan kebijaksanaan lalu lintas;
2. Tindakan korektif terhadap pelaksanaan kebijaksanaan lalu lintas.

d. Pengendalian lalu lintas yang meliputi kegiatan :

1. Pemberian arahan dan petunjuk dalam pelaksanaan kebijaksanaan;
2. Pemberian bimbingan dan penyuluhan kepada masyarakat mengenai hak dan kewajiban masyarakat dalam pelaksanaan kebijaksanaan lalu lintas.

Untuk mewujudkan tujuan manajemen lalu lintas sebagaimana dimaksud diatas, diperlukan dukungan perangkat keras sehingga diperlukan rekayasa lalu lintas yang meliputi kegiatan antara lain :

a. Perencanaan yang meliputi kegiatan :

1. Kebutuhan : memuat jumlah dan jenis perlengkapan pada setiap lokasi;
2. Pengadaan : memuat alokasi pengadaan dan distribusi;
3. Pemasangan : memuat jadwal pemasangan;
4. Pemeliharaan : memuat kegiatan rutin pemeliharaan seluruh perlengkapan jalan;
5. Penyusunan program perwujudannya merupakan program menyeluruh baik rencana kegiatan maupun keuangan.

b. Pelaksanaan program meliputi kegiatan pengadaan, Pemasangan dari pemeliharaan serta penghapusan.

Pada dasarnya, manajemen lalu lintas adalah merupakan suatu perencanaan transportasi jangka pendek (*operational planning*). Manajemen lalu lintas berhadapan dengan arus lalu lintas dan prasarana yang ada, serta bagaimana mengorganisasikannya agar dapat mencapai unjuk kerja secara keseluruhan yang terbaik

Tujuan pokok dari manajemen lalu lintas adalah memaksimalkan penggunaan sistem jalan yang ada dan meningkatkan keamanan jalan tanpa merusak kualitas lingkungan. Konsep penanganan pada manajemen lalu lintas berbasis pada konsep *low cost improvement* dengan time horizon jangka pendek, sehingga manajemen lalu lintas adalah suatu strategi yang sangat tepat untuk diterapkan pada perencanaan operasional yang mendesak.

Dalam melakukan identifikasi masalah pada suatu skema manajemen lalu lintas kriteria obyektif yang dipergunakan untuk mengevaluasi sistem diantaranya adalah : total waktu perjalanan, tingkat keselamatan, biaya perjalanan, kenyamanan, lingkungan dan konservasi energi.

Terdapat 3 (tiga) strategi umum dalam manajemen lalu lintas, dimana ketiganya tidak terpisahkan satu dengan lainnya, sebaliknya ketiganya dimungkinkan untuk dikombinasikan sebagai bagian dari skema penanganan manajemen lalu lintas. Adapun ketiga strategi yang dimaksud adalah : Manajemen terhadap kapasitas, Manajemen prioritas dan Manajemen terhadap permintaan.

2.2. Pengendalian Persimpangan

2.2.1. Pengendalian Persimpangan Dengan APILL

Banyak bentuk kontrol lalu lintas yang dikembangkan untuk mengurangi jumlah konflik dan meningkatkan keamanan pada persimpangan jalan, tetapi yang jelas paling penting adalah lampu (sinyal) pengatur lalu lintas. Disamping kontrol ini mencegah arus berjalan terus, dengan mengatur kesempatan untuk kendaraan berjalan setelah dihentikan dengan urutan tertentu pada arus lalu lintas yang mengalami konflik, tetapi kontrol ini juga mempunyai keuntungan dibanding bentuk-bentuk kontrol persimpangan jalan lainnya, misalnya dibanding dengan bundaran dan pemisahan secara fisik, karena sistem lalu lintas tidak banyak memerlukan ruang. Jenis-jenis utama lampu lalu lintas dirancang untuk dioperasikan pada persimpangan-persimpangan jalan yang terpencil atau pada suatu kontrol arah lalu lintas pada suatu jaringan jalan.

Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) adalah suatu perangkat peralalan teknis yang menggunakan isyarat lampu untuk mengatur lalu lintas di persimpangan atau pada ruas. Prinsip dasar dari persimpangan yang diatur dengan APILL ini adalah mengendalikan konflik yang terjadi pada suatu simpang dengan suatu isyarat lampu dengan cara mengatur pelepasan lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan. Keberhasilan dari pengendalian ini adalah berupa berkurangnya penundaan waktu untuk melalui persimpangan serta menurunnya angka kecelakaan pada persimpangan.

Fungsi utama lampu pengatur lalu lintas adalah mengurangi konflik-konflik yang terjadi pada persimpangan dengan menghentikan beberapa pergerakan arus kendaraan dan pada saat bersamaan memberikan kesempatan bagi arus kendaraan lain untuk bergerak. Akibat dari pergerakan arus kendaraan yang berhenti akan menimbulkan tundaan bagi arus kendaraan di belakangnya, tetapi tundaan tersebut akan diimbangi dengan peningkatan kecepatan kendaraan-kendaraan yang bergerak melalui adanya pengurangan konflik. Dengan demikian tujuan pemakaian lampu pengatur lalu lintas adalah mengurangi tundaan dan panjang antrian sehingga dapat meningkatkan kapasitas persimpangan.

Ada dua Jenis sistem utama dalam pengoperasian sinyal lalu lintas yaitu sistem sinyal *fixed-time* dan *traffic responsive*. Sistem sinyal *fixed-time* merupakan sistem operasi sinyal yang menggunakan waktu siklus tetap, modifikasi dari waktu siklus tetap ini dapat di-*setting* untuk periode waktu tertentu seperti untuk simulasi harian, mingguan atau jam sibuk dari

jam tidak sibuk. Sedangkan sistem sinyal *traffic responsive* merupakan sistem operasi sinyal yang menggunakan setting waktu siklus yang dapat berubah-ubah sesuai kondisi arus lalu lintas yang ada.

Baik sistem sinyal *fixed-time* maupun *traffic responsive* keduanya dapat dioperasikan secara terisolasi maupun terkoordinasi. Jika dioperasikan secara terisolasi maka suatu sistem sinyal tersebut berdiri sendiri untuk satu simpang saja, tetapi jika dioperasikan secara terkoordinasi, maka sistem sinyal tersebut saling terkait antara simpang yang satu dengan simpang yang lain dalam suatu sistem jaringan sinyal lalu lintas.

Sistem sinyal yang dioperasikan secara terisolasi memiliki waktu siklus yang berbeda-beda pada tiap simpangnya, sedangkan dalam sistem sinyal terkoordinasi, semua sinyal dalam jaringan mempunyai waktu siklus yang sama atau setengah dari nilai waktu siklus tersebut.

2.2.2. Tujuan Pengaturan Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal dalam kaitannya dengan konsep kapasitas perlu mempertimbangkan adanya alokasi waktu pada simpang bersinyal tersebut. Dalam suatu sinyal lalu lintas, secara prinsip memberikan alokasi waktu selama terjadinya konflik pergerakan lalu lintas dimana pergerakan lalu lintas tersebut mencari kebutuhan ruang yang sama. Cara dalam memberikan alokasi waktu tersebut memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kapasitas simpang dan pendekat-pendekatnya.

Metodologi yang dipergunakan dalam melakukan perhitungan kinerja simpang bersinyal didasarkan pada kapasitas simpang, tingkat pelayanan pada pendekat dan tingkat pelayanan pada simpang. Untuk melakukan evaluasi terhadap kapasitas simpang dilihat berdasarkan perbandingan antara arus yang terjadi dengan kapasitasnya. Sedangkan untuk mengevaluasi tingkat pelayanan simpang bersinyal didasarkan pada rata-rata tundaan henti pada tiap kendaraan.

Pada umumnya pengaturan lalu lintas dengan menggunakan sinyal digunakan untuk beberapa tujuan, yang antara lain adalah :

1. Menghindari terjadinya kemacetan pada simpang yang disebabkan oleh adanya konflik arus lalu lintas yang dapat dilakukan dengan menjaga kapasitas yang tertentu selama kondisi lalu lintas puncak;

2. Memberi kesempatan kepada kendaraan lain dan atau pejalan kaki dari jalan simpang yang lebih kecil untuk memotong jalan utama;
3. Mengurangi terjadinya kecelakaan lalu lintas akibat pertemuan kendaraan yang berlawanan arah.

2.2.3. Karakteristik Simpang

Untuk sebagian besar fasilitas jalan, kapasitas dan tingkat kinerja dari fasilitas tersebut merupakan fungsi dari keadaan geometrik dan tuntutan arus lalu lintas. Dengan menggunakan sinyal lalu lintas, kapasitas simpang dapat didistribusikan pada berbagai pendekatan dengan menggunakan cara memberikan alokasi waktu hijau pada tiap-tiap pendekatnya.

Maksud dari penggunaan sinyal lalu lintas adalah untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang datang dari berbagai arah yang saling berpotongan. Sinyal lalu lintas juga dapat dipergunakan untuk memisahkan arus lalu lintas dengan arah lurus dengan arus lalu lintas yang melakukan gerakan membelok atau untuk memisahkan gerakan lalu lintas membelok dengan pejalan kaki.

2.2.4. Karakteristik Sinyal Lalu Lintas

Jika dalam suatu simpang hanya konflik primer saja yang dipisahkan, maka adalah sangat memungkinkan untuk mengatur sinyal lalu lintas dengan hanya menggunakan dua fase saja yang masing-masing untuk jalan yang berpotongan. Metode seperti tersebut dapat dipergunakan apabila gerakan belok kanan pada suatu simpang dilarang. Pengaturan sinyal lalu lintas dengan dua fase dalam beberapa kejadian akan memberikan kapasitas yang lebih besar, maka pengaturan dengan cara tersebut dianjurkan untuk digunakan sebagai dasar dalam kebanyakan analisa sinyal lalu lintas.

Warna dari nyala sinyal lalu lintas yang umum digunakan adalah merah, kuning dan hijau. Agar mendapatkan kapasitas pengaliran dan tundaan yang optimal diperlukan pengaturan pada waktu penyalaan lampu-lampu tersebut. Beberapa istilah yang dipergunakan dalam pengendalian waktu penyalaan lampu lalu lintas antara lain adalah periode antar hijau, waktu merah semua dan waktu siklus. Maksud dari periode antar hijau diantara dua fase yang berurutan adalah untuk memberikan tanda bagi lalu lintas yang sedang bergerak bahwa fase sudah berakhir serta untuk menjamin agar kendaraan terakhir

pada fase hijau yang baru saja berakhir mempunyai waktu yang cukup untuk keluar dari daerah konflik sebelum kendaraan pertama dari fase berikutnya memasuki daerah konflik.

Fungsi untuk memberikan peringatan bahwa fase akan segera berakhir dipenuhi oleh sinyal dengan warna kuning. Sedangkan fungsi memberikan kesempatan kepada kendaraan terakhir untuk keluar dari daerah konflik dipenuhi oleh waktu merah semua yang juga berguna sebagai waktu pengosongan simpang diantara dua fase.

Waktu merah semua dan waktu untuk sinyal kuning biasanya sudah ditetapkan sebelumnya dan tidak berubah selama periode operasi. Jika waktu hijau dan waktu siklus juga ditetapkan sebelumnya, maka dikatakan sinyal tersebut dioperasikan secara kendali waktu tetap (*fixed time control*). Dalam sistem yang lama, pola waktu yang sama dipergunakan sepanjang hari atau sepanjang minggu. Sedangkan pada sistem yang baru, rencana waktu sinyal yang berbeda ditetapkan sebelumnya dan dipergunakan untuk waktu yang berbeda pula. Misalnya untuk pengaturan nyala lampu pada jam puncak (*peak hour*) berbeda dengan pengaturan nyala lampu lewat jam puncak (*off peak*).

2.2.5. Definisi dalam Simpang Bersinyal

Beberapa definisi umum yang perlu diketahui dalam kaitannya dengan permasalahan simpang bersinyal diantaranya adalah :

- a. Tundaan (*delay*) adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui simpang (detik);
- b. Panjang antrian (*queue length*) adalah panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekatan (meter);
- c. Antrian (*queue*) adalah jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekatan (kendaraan; smp);
- d. Fase (*phase stage*) adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas;
- e. Waktu siklus (*cycle time*) adalah waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (detik);
- f. Waktu hijau (*green time*) adalah waktu nyala lampu hijau dalam suatu pendekatan (detik);
- g. Rasio hijau (*green ratio*) adalah perbandingan waktu hijau dengan waktu siklus dalam suatu pendekatan;
- h. Waktu merah semua (*all red*) adalah waktu sinyal merah menyala secara bersamaan pada semua pendekatan yang dilayani oleh dua fase sinyal yang berurutan (detik);

- i. Waktu antar hijau (*inter green time*) adalah jumlah antara periode kuning dengan waktu merah semua antara dua fase sinyal yang berurutan (detik);
- j. Waktu hilang (*lost time*) adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap atau beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan (detik);
- k. Derajat kejenuhan (*degree of saturation*) adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat;
- l. Arus jenuh (*saturation flow*) adalah besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau);
- m. *Oversaturated* adalah suatu kondisi dimana volume kendaraan yang melewati suatu pendekat melebihi kapasitasnya;

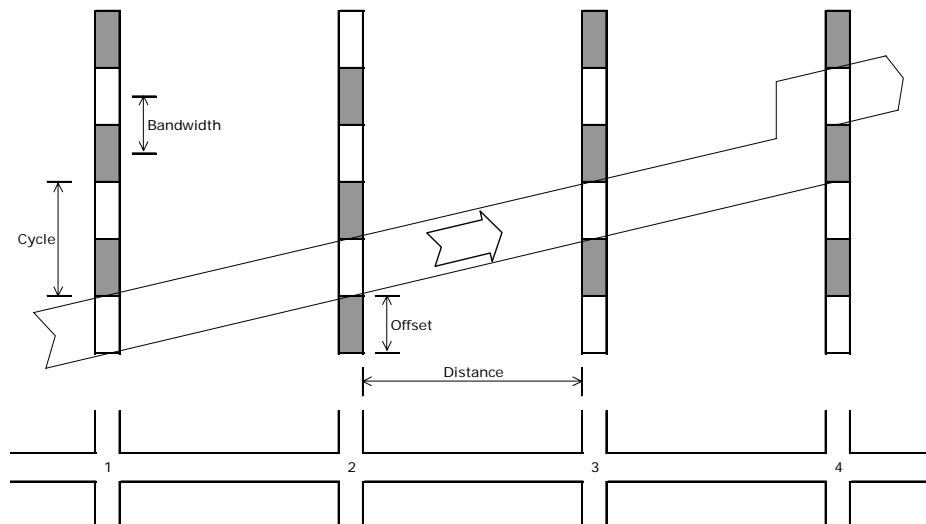
2.2.6. Simpang Terkoordinasi

Pengaturan simpang dengan menggunakan APILL yang dikoordinasikan mempunyai indikasi sebagai salah satu bentuk manajemen transportasi yang dapat memberikan keuntungan berupa efisiensi biaya operasional. Pengoperasian sistem sinyal dengan terkoordinasi itu sendiri pada dasarnya adalah merupakan pengoperasian APILL secara bersama-sama dengan konsep gelombang hijau (*green wave*) yang memungkinkan iringan kendaraan (*platoon*) berjalan melewati beberapa simpang bersinyal dengan selalu mendapatkan sinyal hijau secara berturut-turut sehingga meminimalkan tundaan (*delay*) dalam sistem jaringan.

Sistem sinyal terkoordinasi hanya memiliki waktu siklus (*cycletime*) yang disebut *common cycle time*. Waktu siklus antar simpang pada sistem sinyal terkoordinasi dapat sama, setengahnya atau kelipatannya. Kekurangan dari sistem ini adalah menjadikan *cycletime* per individu simpang tidak berada pada kondisi optimumnya. Namun demikian, hal ini dapat ditutupi dengan mengurangi *delay* pada jaringan jika dibandingkan dengan total *delay* apabila simpang-simpang tersebut tidak dikoordinasikan. Koordinasi akan berjalan dengan baik apabila variasi kecepatan kendaraan dalam suatu kelompok adalah kecil sehingga kelompok kendaraan yang terbentuk pada awal persimpangan tidak terlalu menyebar.

Sistem sinyal terkoordinasi akan efektif pada kondisi arus lalu lintas dalam kelompok kendaraannya relatif kecil dan jarak yang variasi antara dua simpang bersinyal yang

berurutan kurang dari 700 meter. Berdasarkan observasi pendahuluan kondisi pada lokasi penelitian mendekati karakteristik tersebut, dengan demikian teori-teori sinyal terkoordinasi memungkinkan untuk diaplikasikan pada lokasi yang diteliti. Ilustrasi prinsip kerja sistem sinyal terkoordinasi adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Prinsip Kerja Simbang Terkoordinasi

Dari gambar diatas dapat kita lihat dimana beberapa persimpangan yang berdekatan dikoordinasikan sedemikian rupa sehingga diharapkan hambatan total pada semua persimpangan yang dikoordinasikan menjadi berkurang. Koordinasi akan berjalan dengan baik bila variasi kecepatan kendaraan dalam suatu kelompok adalah kecil sehingga kelompok kendaraan tersebut tidak terlalu menyebar/terpisah (membentuk kelompok/*platoon*).

Pada gambar diatas diilustrasikan bahwa *platoon* yang terbentuk tersebut diusahakan untuk senantiasa memperoleh waktu hijau pada saat melintasi persimpangan sehingga dapat menurunkan hambatan total yang terjadi.

Karena kompleksnya jaringan, keragaman lalu lintas dan elemen-elemen lain yang berinteraksi misalnya perilaku pejalan kaki, parkir, lama waktu berhenti oleh bis, kemacetan oleh detektor, kemacetan kendaraan, kecelakaan keinginan untuk meminimumkan atau memaksimumkan fungsi tujuan bukanlah realita yang terjadi pada keadaan apapun. Akan tetapi, metode-metode seperti yang dikembangkan untuk keadaan-keadaan yang relatif dianggap ideal, membentuk kerangka untuk memperoleh penyelesaian yang sangat praktis pada pengontrolan lalu lintas. Hasil akhir dari keputusan kebijakan adalah diperlukannya pengujian terhadap tujuan-tujuan semula dan mengevaluasi efek yang menguntungkan atau merugikan pada kriteria yang pada mulanya berada pada urutan kurang penting. Dengan

mengumpulkan efek-efek ini, dengan memakai suatu teknik pembobotan, maka didapat bahwa penyelesaian terbaik menyeluruh pada mulanya tidak sangat jelas. Ini menunjukkan pentingnya analisis perimbangan biaya dan keuntungan (*cost-benefit analysis*) untuk memperoleh evaluasi proyek yang lebih realistis dan komprehensif, khususnya analisis-analisis pada situasi pilihan-pilihan antara dan aplikasinya menghasilkan tingkat-tingkat optimasi yang berbeda.

Efek dari aspek berhenti pada suatu persimpangan jalan yang dikontrol sinyal adalah mengumpulkan kendaraan-kendaraan dalam antrian di belakang garis berhenti. Bila antrian ini dilepas, setelah menerima lampu hijau, maka akan bergerak mula-mula dalam bentuk kumpulan. Bila kumpulan ini mendekati persimpangan lain yang dikontrol dengan sinyal, kedatangannya dibuat bersamaan dengan penerimaan hak jalan lampu hijau, sehingga kendaraan-kendaraan ini tidak mengalami waktu tunda. Pada area-area kota, pada situasi dua persimpangan atau lebih letaknya berdekatan, maka lebih baik setiap persimpangan jalan tidak dipertimbangkan secara terpisah, tetapi berkaitan dengan persimpangan-persimpangan didekatnya dan mengkoordinir penentuan waktu sinyal sehingga keuntungan maksimum didapatkan oleh arus kumpulan kendaraan ini.

Suatu bentuk yang sederhana, yang dikenal sebagai sistem serentak, kadang-kadang dibuat pada suatu jalan yang semua sinyal memberikan indikast yang sama pada waktu yang sama. Ini hanya cocok untuk pemasangan sinyal pada jalan dengan proporsi waktu hijau dominan, dan bentuk-bentuk ini mempunyai efek samping yang merugikan yaitu mendorong para sopir untuk berpacu dengan cepat guna memperoleh perubahan fase. Sistem yang lain, yang sangat cocok untuk pemasangan sinyal pada jarak yang sama pada sekitar interval 300 m, memberikan indikasi yang berlawanan pada saat yang sama pada jalan-jalan yang berturutan atau sistem dobel bergantian memakai waktu lebih (offset) $1/4$ siklus. Sistem-sistem dengan diagram waktu/jarak digambar yang memungkinkan suatu kendaraan melaju pada kecepatan yang telah ditentukan, disebut Sistem Progresif.

2.3. Optimasi Simpang Bersinyal

Dalam mengoptimalkan suatu simpang bersinyal diperlukan pengaturan lalulintas yang melalui simpang tersebut. Tujuan utama pengaturan lalulintas umumnya adalah untuk memberikan petunjuk-petunjuk yang terarah dan tidak menimbulkan keraguan. Pengaturan lalulintas di simpang dapat dicapai dengan menggunakan lampu lalulintas, marka dan rambu yang mengatur, mengarahkan dan memperhatikan pulau-pulau lalulintas.

Selanjutnya dari pemilihan pengaturan simpang dapat ditentukan dengan tujuan yang ingin dicapai sebagai berikut :

1. Mengurangi maupun menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan yang berasal dari berbagai kondisi titik konflik.
2. Menjaga kapasitas dari simpang dalam operasinya sehingga dapat dicapai pemanfaatan simpang yang sesuai dengan rencana.
3. Dalam operasinya, pengaturan simpang harus memberikan petunjuk yang jelas dan pasti serta sederhana, mengarahkan arus lalu lintas pada tempatnya yang sesuai.

Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas termasuk yang paling efektif terutama untuk volume lalu lintas pada kaki-kaki simpang yang relatif tinggi. Pengaturan ini dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas pada waktu yang berbeda-beda.

F.D. Hobbs (1979) dalam bukunya yang berjudul *Traffic Planning and Engineering* menjelaskan bahwa tabulasi kapasitas pertemuan jalan (*junction*) pada semua kondisi tidak mungkin untuk dilaksanakan dan seringkali kapasitas pada bagian lintasan yang menyeluruh lebih dibutuhkan dibandingkan dengan kapasitas pada daerah tertutup. Akan tetapi pertemuan jalan sebagian besar akan menentukan batas-batas kapasitas dan keamanan dari seluruh lintasan. Kesulitannya adalah untuk memutuskan jumlah unit, baik pejalan kaki ataupun kendaraan, yang akan mempergunakan fasilitas, dan dengan tingkat keamanan dan kenyamanan. Dari sudut pandang sosial, pada tingkat tertentu, kita harus siap untuk dapat menerima kelambatan lalu lintas yang lebih besar demi menambah tingkat keamanannya. Namun pada sebagian besar perhitungan yang memperbaiki aliran lalu lintas akan dapat mengurangi potensial kecelakaan.

Faktor-faktor yang dapat dipakai untuk mempengaruhi kapasitas suatu simpang meliputi:

1. Jumlah lajur yang cukup yang disediakan untuk mencegah agar volume yang tinggi tidak akan mengurangi kecepatan sampai dibawah optimum pada kondisi rencana, dan aliran yang besar harus dipisahkan arahnya.
2. Kapasitas yang tinggi yang membutuhkan keseragaman kecepatan kendaraan dan perbedaan kecepatan relatif kecil pada tempat masuk dan keluar.
3. Gerakan belokan yang banyak membutuhkan keistimewaan-keistimewaan seperti jalur tambahan yang terpisah.

4. Radius yang cukup untuk berbagai tipe kendaraan yang ada untuk menghindari pelanggaran batas terhadap jalur disampingnya dan tepi lapis perkerasan harus bebas dari rintangan.
5. Kelandaian yang sesuai untuk berbagai tipe dan jumlah kendaraan yang ada atau ketentuan khusus harus dibuat untuk tingkat-tingkat tertentu.

2.4. Ukuran Kinerja Simbang Bersinyal Berdasarkan MKJI, 1997

2.4.1. Waktu Hilang

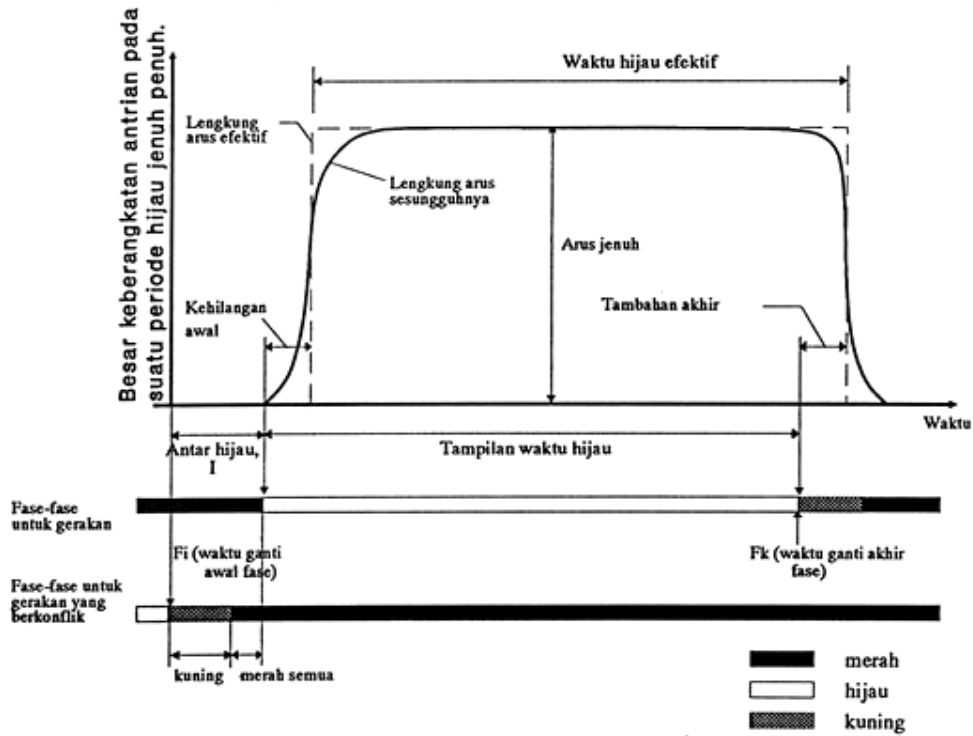
Pada suatu antrian kendaraan yang tertahan oleh tanda lampu merah pada suatu jalan pendekat kemudian mendapat hak jalan, mula-mula kendaraan melakukan percepatan sampai mencapai kecepatan normal ketika laju arus kendaraan kurang lebih konstan atau pada keadaan yang disebut arus jenuh, yaitu laju lalulintas keluar maksimum yang dapat dipertahankan (mulai berjalan setelah berhenti pada lampu merah). Dengan menganggap terdapat jumlah kendaraan yang cukup banyak dalam antrian untuk berjalan pada waktu lampu hijau (yaitu selama waktu lampu hijau lalulintas sangat jenuh), kendaraan-kendaraan akan terus berjalan keluar pada arus jenuh ini sampai waktu lampu hijau habis. Beberapa kendaraan akan lewat melalui lampu kuning, tetapi laju pengeluaran akan turun sampai mencapai nol.

Selama satu fase, jumlah waktu hijau (k) dan waktu kuning (a), dikurangi waktu hijau efektif (g), disebut sebagai waktu yang hilang (*lost time; l*), karena ini umumnya tidak terdapat pada fase lain untuk lewatnya kendaraan, dan ini ditulis sebagai berikut :

$$l = k + a - g \dots\dots\dots 2.1$$

Bila b menyatakan jumlah kendaraan rata-rata yang keluar selama fase jenuh, dengan arus jenuh s , maka g (waktu hijau efektif), adalah :

$$g = \frac{b}{s} \dots\dots\dots 2.2$$



Gambar 2.2. Model dasar arus jenuh (Akceklík, 1989)

Selain itu, pada beberapa keadaan, ada unsur lain dari waktu hilang yang diakibatkan dari beberapa sebab yang salah satunya adalah sinyal pada semua fase yang menunjukkan merah, atau merah/kuning bersama-sama. Waktu ini juga hilang pada persimpangan jalan karena tidak ada kendaraan yang bergerak. Bila unsur waktu hilang ini adalah R , maka waktu hilang total per siklus adalah :

$$L = nl + R = \sum(l - a) + \sum l \dots\dots\dots 2.3$$

dengan :

- L = waktu hilang rata-rata per fase.
- R = waktu hilang per siklus, karena *all red* atau *red* dan *amber* pada semua fase.
- n = jumlah fase
- l = periode pergantian hijau
- a = periode kuning

Dalam MKJI, waktu merah semua diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase harus memberi kesempatan untuk kendaraan terakhir untuk melewati garis henti pada akhir sinyal (kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang datang pertama dari fase berikutnya (melewati garis awal henti pada sinyal hijau) pada titik yang sama. Merah semua merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan yang datang dari garis henti sampai ke titik konflik dan panjang dari

kendaraan yang berangkat. Titik konflik kritis pada masing-masing fase adalah titik yang menghasilkan merah semua terbesar yang diperoleh dengan persamaan :

$$Merah\ Semua_i = \left[\frac{(L_{EV} - l_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]_{max} \dots\dots\dots 2.4$$

dengan :

$L_{EV}; L_{AV}$ = jarak garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

l_{EV} = panjang kendaraan yang berangkat (m)

$V_{EV}; V_{AV}$ = kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det)

Apabila periode merah semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, waktu hilang (*LTI*) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau sebagai berikut :

$$LTI = \Sigma (Merah\ Semua + Kuning)_i = \Sigma IG_i \dots\dots\dots 2.5$$

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah sebesar 3 detik.

2.4.2. Kapasitas simpang dan derajat kejenuhan

Menurut MKJI 1997, perhitungan kapasitas dapat dibuat dengan pemisahan jalur tiap pendekat, pada satu lengan dapat terdiri dari satu atau lebih pendekat, misal dibagi menjadi dua atau lebih sub pendekat. Hal ini diterapkan jika gerakan belok kanan mempunyai fase berbeda dari lalu lintas yang lurus atau dapat juga dengan merubah fisik jalan yaitu dengan membagi pendekat dengan pulau lalu lintas (*canalization*). Kapasitas (*C*) dari suatu pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$C = S \times \frac{g}{c} \dots\dots\dots 2.6$$

dengan :

C = kapasitas pendekat (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam hijau)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus

Nilai arus jenuh diasumsikan tetap selama fase hijau, namun pada kenyataannya kendaraan masih berhenti saat mulai hijau, kemudian perlahan naik dan mencapai puncak antara 10 -15 detik dan akan menurun perlahan-lahan sampai hijau berakhir. Kendaraan yang terlepas relatif tetap selama waktu kuning dan waktu merah semua sampai akhirnya turun selama 5 - 10 detik setelah awal sinyal merah.

Arus jenuh (*S*) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (*S₀*) untuk standard, dengan faktor penyesuaian (*F*) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \dots\dots\dots 2.7$$

Untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar *S₀* ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (*W_e*) yang diformulasikan seperti berikut ini :

$$S_0 = 600 \times W_e \dots\dots\dots 2.8$$

dengan :

- S₀* = Arus jenuh dasar
- W_e* = Lebar lengan simpang (m)
- F_{CS}* = Faktor koreksi Ukuran kota
- F_{SF}* = Faktor koreksi hambatan samping
- F_G* = Faktor koreksi gradien jalan
- F_P* = Faktor koreksi kondisi parkir
- F_{RT}* = Faktor koreksi proporsi belok kanan
- F_{LT}* = Faktor koreksi proporsi belok kiri

2.4.3. Panjang antrian

Dalam MKJI, antrian yang terjadi pada suatu pendekat adalah jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (*NQ*) yang merupakan jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (*NQ₁*) dan jumlah smp yang datang selama waktu merah (*NQ₂*) yang persamaannya dituliskan seperti berikut ini :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots 2.9$$

Panjang antrian (*QL*) pada suatu pendekat adalah hasil perkalian jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau (*NQ*) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m²) dan pembagian dengan lebar masuk, yang persamaannya dituliskan sebagai berikut :

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{MASUK}} \dots\dots\dots 2.10$$

Dari nilai derajat kejenuhan dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian (NQ_1) yang merupakan sisa dari fase terdahulu yang dihitung dengan rumus berikut :

- Untuk $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(D_s - 1) + \sqrt{(D_s - 1)^2 + \frac{8 \times (D_s - 0,5)}{C}} \right] \dots\dots\dots 2.11$$

dengan :

- NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase sebelumnya;
- DS = derajat kejenuhan
- GR = rasio hijau (g/c)
- C = kapasitas (smp/jam).

- Untuk $DS \leq 0,5$: $NQ_1 = 0$

Jumlah antrian yang datang selama fase merah (NR_2) dengan rumus seperti berikut :

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

dengan :

- NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah;
- DS = derajat kejenuhan
- GR = rasio hijau (g/c);
- c = waktu siklus (detik);
- Q_{masuk} = arus lalulintas pada tempat di luar LTOR (smp/jam)

Jika lebar jalur dan arus lalulintas telah digunakan pada penentuan waktu sinyal, arus yang digunakan adalah Q_{keluar} . Agar diperoleh nilai arus simpang total yang benar, penyesuaian terhadap arus tercatat untuk seluruh pendekat.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots 2.13$$

Untuk menentukan NQ_{max} dapat dicari berdasarkan grafik peluang untuk pembebanan lebih. Untuk perencanaan dan desain disarankan nilai $p_{OL} \leq 5\%$, untuk operasional disarankan $p_{OL} = 5 - 10\%$. Penghitungan panjang antrian (QL) didapat dari

hasil perkalian antara NQ_{max} dengan rata-rata yang ditempati tiap smp (20 m^2) dan dibagi lebar masuk (W_{masuk}), yang dirumuskan di bawah ini.

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{masuk}} \dots\dots\dots 2.14$$

2.4.4. Kendaraan berhenti

Penghitungan laju henti (NS) untuk masing-masing pendekatan yang diidentifikasi sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti terulang dalam antrian), dapat dihitung dengan persamaan seperti berikut :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots 2.15$$

dengan :

c = waktu siklus (detik);

Q = arus lalulintas (smp/detik)

Penghitungan jumlah kendaraan terhenti (N_{sv}) untuk tiap pendekat dapat dihitung dengan persamaan :

$$N_{sv} = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots 2.16$$

Perhitungan laju henti rata-rata untuk seluruh simpang dilakukan dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kendaraan/jam, dihitung sebagai :

$$NS_{tot} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{TOT}} \dots\dots\dots 2.17$$

2.4.5. Tundaan

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), tundaan (D) pada suatu simpang dapat terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu :

- a. Tundaan lalu lintas (DT) yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang;
- b. Tundaan geometri (DG) yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan atau terhenti karena lampu merah.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j merupakan jumlah tundaan lalu lintas rata-rata (DT_j) dengan tundaan geometrik rata-rata (DG_j) yang persamaannya dapat dituliskan seperti berikut ini :

$$D_j = DT_j + DG_j \dots\dots\dots 2.18$$

Berdasarkan pada Akcelik, 1998, tundaan lalu lintas rata-rata (DT) pada suatu pendekat dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{1 - (GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \dots\dots\dots 2.19$$

Tundaan geometri rata-rata (DG) pada suatu pendekat dapat diperkirakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$DG = (1 - p_{sv}) \times p_T \times 6 + (p_{sv} \times 4) \dots\dots\dots 2.20$$

dengan :

p_{sv} = rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

p_T = rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

2.5. Nilai Bahan Bakar (*Fuel Savings*)

Karakteristik lalu lintas perkotaan yang padat dan sangat bervariasi merupakan salah satu penyebab dimana pengguna jalan tidak dapat menjalankan kendaraannya dengan dengan kecepatan yang konstan. Laboratorium Riset General Motor tahun 1995 telah mengkalibrasi suatu model hubungan antara konsumsi bahan bakar untuk berbagai jenis kendaraan yang berjalan pada lalu lintas perkotaan dengan berbagai kondisi mengemudi. Hubungan yang diperoleh merupakan hubungan linier dimana kendaraan akan mengkonsumsi bahan bakar pada kondisi minimal apabila kendaraan tersebut berjalan dengan kecepatan rencana 35 mil/jam.

Penggunaan bakar secara optimal adalah salah satu hal yang senantiasa diinginkan oleh pemakai jalan yang menggunakan kendaraan bermotor. Namun demikian, untuk dapat menghemat bahan bakar dipengaruhi oleh banyak faktor yang antara lain adalah kondisi lalu lintas serta kecepatan. Pemakaian bahan bakar dapat mencapai suatu kondisi tersebut apabila kondisi lalu lintas lancar dan kendaraan berjalan pada kecepatan konstan dalam arti tidak terjadi akselerasi maupun deselerasi yang frekuensinya sering. Selain hal tersebut, optimalisasi dalam pemakaian bahan bakar juga dipengaruhi oleh kondisi kendaraan, geometrik jalan dan lain sebagainya.

Dengan adanya suatu kondisi lalu lintas yang lancar dalam arti pemakai jalan dapat menjalankan kendaraannya pada kecepatan konstan dan waktu tempuh yang relatif cepat maka akan didapatkan keuntungan berupa penghematan dalam pemakaian bahan bakar.

2.6. Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar untuk setiap jenis moda transportasi secara umum sangat dipengaruhi oleh atribut kendaraan, atribut jalan, dan faktor regional pengoperasiannya (Watanadata et al, 1987). Model konsumsi bahan bakar dikelompokkan ke dalam 4 kategori berdasarkan proses pengumpulan data dan analisisnya (Taylor and Young, 1996), yakni: *instantaneous model*, *elemental model*, *running speed model*, dan *average travel speed model*. Model paling sederhana dan aplikatif untuk perencanaan adalah *average travel speed model*, di mana variabel model dapat diramalkan secara konsisten di sepanjang tahun tinjauan.

Secara agregat persamaan yang menggambarkan tingkat konsumsi bahan bakar (F) per satuan jarak tertentu untuk suatu tipe kendaraan atau moda transportasi tertentu dengan pendekatan *average travel speed model* adalah sebagai berikut (Khristy and Lall, 1990):

$$F = (k_1 + k_2) \times T \dots\dots\dots 2.23$$

dimana k_1 dan k_2 adalah koefisien yang berkaitan dengan tipe kendaraan dan koefisien parameter jarak atau waktu perjalanan.

Terdapat beberapa penelitian pernah dilakukan untuk membentuk model konsumsi bahan bakar di Indonesia, antara lain: PCI (1979), HDM-World Bank (1987), RUCM-Bina Marga dan Hoff & Overgaard (1992), LAPI ITB (1996). LAPI-ITB mengajukan formulasi konsumsi bahan bakar sebagai berikut:

$$\text{Konsumsi Bahan Bakar} = \text{basic fuel} (1 \pm (kk + kl + kr)) \dots\dots\dots 2.24$$

di mana *basic fuel* adalah konsumsi bahan bakar dasar dalam satuan liter/1000 km, kk adalah koreksi akibat kelandaian, kl koreksi akibat kondisi lalu lintas, dan kr adalah koreksi akibat kekasaran jalan (*roughness*). *Basic fuel* untuk setiap golongan kendaraan sebagai berikut:

$$\text{basic fuel Kendaraan Gol. I} = 0,0284 V^2 - 3,0644 V + 141,68 \dots\dots\dots 2.25.a$$

$$\text{basic fuel Kendaraan Gol. IIA} = 2.26533 * \text{Basic fuel Gol. I} \dots\dots\dots 2.25.b$$

$$\text{basic fuel Kendaraan Gol. IIB} = 2.90805 * \text{Basic fuel Gol. I} \dots\dots\dots 2.25.c$$

Kendaraan golongan I meliputi: sedan, jeep, pick up, bus kecil, truk (3/4), dan bus sedang, kendaraan golongan IIA meliputi: truk besar dan bus besar, dengan 2 gandar, sedangkan kendaraan golongan IIB meliputi: truk besar dan bus besar dengan 3 gandar atau lebih. Faktor koreksi untuk setiap variabel pada **persamaan (2.25)** diberikan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1. Faktor Koreksi Konsumsi Bahan Bakar Dasar Kendaraan

Faktor Koreksi	Keterangan	Batasan Kondisi	Koreksi
Koreksi Kelandaian Negatif (kk)	g = kelandaian (<i>gradient</i>)	$g < -5\%$	- 0,337
		$-5\% \leq g < 0\%$	- 0,158
Koreksi Kelandaian Positif (kk)	g = kelandaian (<i>gradient</i>)	$0\% \leq g < 5\%$	0,400
		$g \geq 5\%$	0,820
Koreksi Lalu Lintas (kl)	v/c = <i>volume per capacity ratio</i>	$0 \leq v/c < 0,6$	0,050
		$0,6 \leq v/c < 0,8$	0,185
		$v/c \geq 0,8$	0,253
Koreksi Kekasaran (kr)	r = <i>roughness</i>	$r < 3 \text{ m/km}$	0,035
		$r \geq 3 \text{ m/km}$	0,085

Sumber: LAPI-ITB (1996)

Muhamad Isnaeni (2003) meneliti indikator lalu lintas dari sisi lingkungan yaitu konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang didalam penelitian tersebut menghitung konsumsi bahan bakar dengan menggunakan formulasi konsumsi bahan bakar yang diajukan oleh LAPI-ITB yang telah dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang, sehingga konsumsi bahan bakar dapat diestimasi dengan persamaan berikut :

$$F_1 = A + BV + CV^2$$

$$F_2 = EV^2 \quad \dots\dots\dots 2.26$$

$$F_3 = D$$

dengan :

F_1 = Konsumsi BBM pada kecepatan konstan (liter/100 smp-km)

F_2 = Konsumsi BBM pada saat akselerasi/deselerasi (liter/smp)

F_3 = Konsumsi BBM pada saat idling (liter/smp-jam)

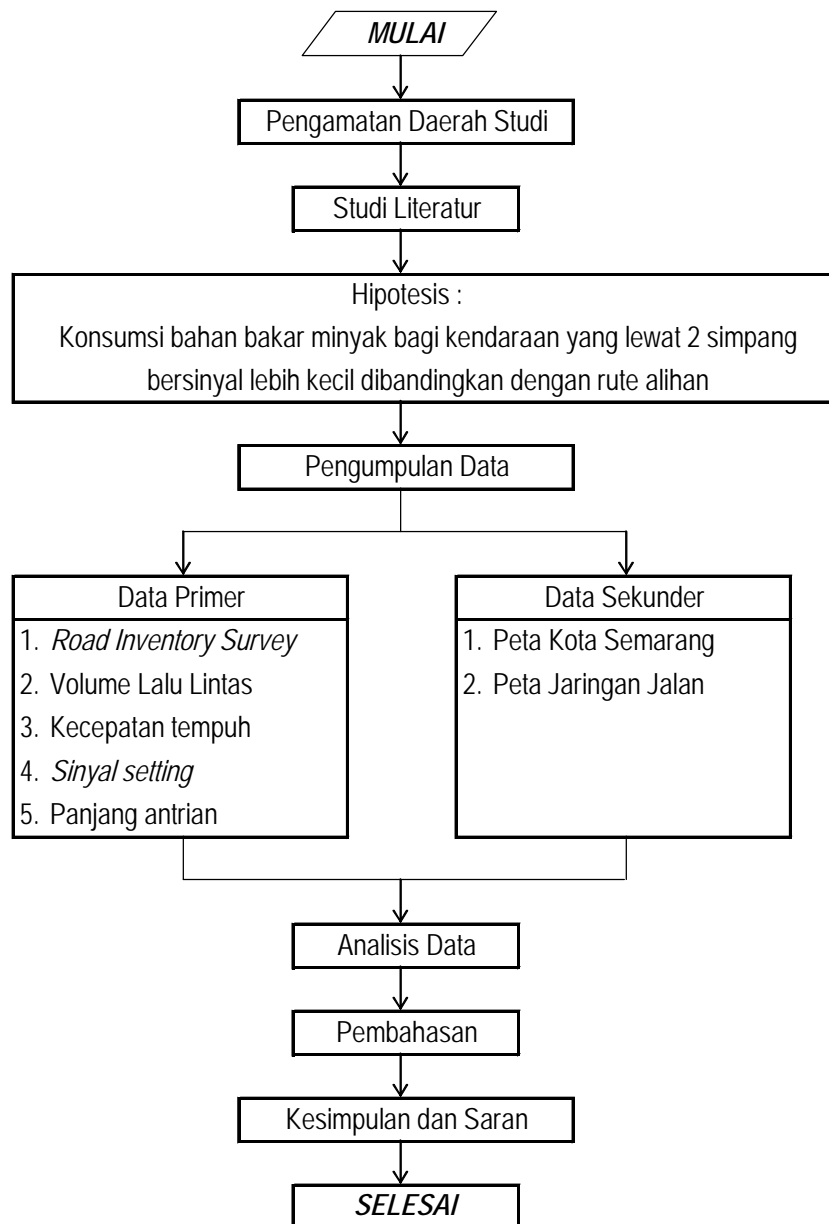
V = Kecepatan kendaraan (km/jam)

$$A = 170.10^{-1} \quad B = -455.10^{-3} \quad C = 490.10^{-5} \quad D = 140.10^{-2} \quad E = 770.10^{-8}$$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Kerangka Umum Pendekatan

Metodologi yang digunakan dalam studi ini adalah metode survei dan eksperimen model. Bagan alir yang menerangkan metodologi studi dimaksud adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2. Kondisi Daerah Studi

Jalan Ahmad Yani merupakan jalan arteri sekunder, 4 lajur 2 arah. Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota, dan menerus antar kota. Pengguna lokal ada yang menggunakan kendaraan pribadi, ada yang mengandalkan layanan angkutan umum, termasuk becak. Pengguna jasa angkutan umum lebih senang menunggu dan menyetop angkutan umum di dekat persimpangan, bahkan sebelum Pertigaan ke Atmodirono, sehingga jika mereka akan masuk/naik angkutan umum terjadi tundaan dan kemacetan beberapa detik.

Jalan Brigjen Katamso merupakan jalan kolektor primer, pembagian waktu penggunaan jalan adalah 4 lajur 1 arah (pagi hari untuk arah barat ke timur) dan 4 lajur 2 arah (siang, sore dan malam hari). Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota dan menerus antar kota.

Jalan MT Haryono merupakan jalan arteri sekunder, 4 lajur 1 arah (mulai dari persimpangan dengan jalan Brigjen Katamso dan jalan Ahmad Yani) dan 4 lajur 2 arah (sampai persimpangan dengan jalan Brigjen Katamso dan jalan Ahmad Yani). Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota, dan menerus antar kota. Untuk turun dari dan akan naik ke angkutan umum, para calon dan pengguna menginjakkan kaki di tepi perkerasan jalan dengan pembatas lajur lambat dengan lajur cepat. Letaknya 300 meter dari persimpangan. Karena letaknya yang relatif jauh, banyak calon pengguna angkutan umum enggan berjalan ke sana. Mereka lebih senang menunggu dan menyetop angkutan umum di dekat persimpangan, sehingga jika mereka akan masuk/naik angkutan umum terjadi tundaan dan kemacetan beberapa detik.

Jalan Dr.Cipto merupakan jalan arteri primer, 4 lajur 1 arah. Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota, dan menerus antar kota. Pengguna jasa angkutan umum lebih senang menunggu dan menyetop angkutan umum di dekat persimpangan, sehingga jika mereka akan masuk/naik angkutan umum terjadi tundaan dan kemacetan beberapa detik.

Pada pagi hari sampai dengan pukul 08.00 arus lalu lintas dari jalan Ahmad Yani maupun dari jalan MT Haryono yang menuju ke arah timur tidak dapat melalui jalan Brigjen Katamso karena pembagian waktu penggunaan jalan Brigjen Katamso pada pagi

hari untuk arah barat ke timur adalah 4 lajur 1 arah. Arus lalu lintas yang akan ke timur diarahkan melalui jalan Sidodadi Barat kemudian masuk ke jalan Dr Cipto dan jalan Halmahera.

3.3. Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan untuk analisa didapatkan dengan cara pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder sesuai dengan kebutuhan penelitian. Inventarisasi data diperoleh dengan melakukan survei langsung ke lapangan dan instansi-instansi terkait. Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data primer untuk analisis data, yang terdiri dari (a) Data inventaris jalan yang, (b) Data kecepatan, (c) Volume lalu lintas, (d) *Signal setting*, dan (e) Panjang antrian, dilakukan dengan melaksanakan survei dan pengamatan langsung di area studi;
- b. Pengumpulan data sekunder untuk menunjang penelitian. Data tersebut didapatkan dari sejumlah laporan dan dokumen yang telah disusun oleh instansi terkait, serta hasil studi dan literatur lainnya. Data yang dibutuhkan meliputi : (a) Peta Kota Semarang dan (b) Peta Jaringan Jalan.

Pelaksanaan pengumpulan data dan informasi dilakukan dengan menggunakan tiga teknik pengumpulan data, yaitu :

- a. Survei instansional

Survei instansional ini juga akan digunakan untuk mengenali perubahan-perubahan serta perkembangan yang terjadi dalam aspek kebijaksanaan pembangunan serta ide/gagasannya berdasarkan persepsi instansi dan aparat pemerintahan yang terkait.

- b. Survei lapangan

Survei lapangan dilakukan dengan pengamatan, observasi visual, pengukuran dan penghitungan di lapangan untuk memperoleh gambaran dan informasi yang sebenarnya tentang kondisi yang terjadi di lapangan.

- c. Dokumentasi

Metode dokumentasi merupakan metode pengumpulan data yang menghasilkan catatan-catatan penting yang berhubungan dengan masalah yang diteliti. Dokumentasi berarti barang-barang tertulis. Dengan memperhatikan definisi di atas, maka dapat disimpulkan bahwa metode dokumentasi adalah metode penyelidikan untuk

memperoleh keterangan-keterangan atau informasi yang digunakan dalam rangka mendapatkan data-data yang diperlukan dalam penelitian.

Metode dokumentasi yang digunakan pada penelitian ini adalah untuk memenuhi kebutuhan data sekunder yang berkaitan dengan penelitian ini. Data yang akan dikumpulkan melalui metode dokumentasi antara lain adalah Peta Kota Semarang dan Peta Jaringan Jalan.

Adapun tahapan survei pengumpulan data dilakukan dalam dua tahapan, yaitu:

- a. Persiapan survei, yang meliputi kegiatan Kajian kepustakaan, persiapan teknik dan mobilisasi tenaga.
- b. Pelaksanaan survei, yang dilakukan setelah kegiatan persiapan dan perencanaan survei telah dilakukan dengan matang.

3.3.1. Road Inventory Survey

a. Geometrik Simpang

Survei geometrik simpang dilakukan untuk memperoleh data fisik lengan simpang yang selanjutnya akan digunakan untuk menghitung kapasitas *link*. Survei ini dilakukan oleh 2 orang tenaga survei, tenaga survei I bertugas menggambar layout simpang dan tenaga survei II bertugas mengukur dimensi simpang dengan meteran/pita ukur. Hasil pengukuran dicatat pada formulir yang telah disediakan. Survei ini dilakukan pada semua simpang yang akan diteliti;

b. Tanda dan Rambu Jalan

Survei tanda dan rambu jalan dilakukan untuk memperoleh data tentang marka jalan dan rambu-rambu yang berada pada area penelitian. Survei ini dilakukan oleh 2 (dua) orang tenaga survei di area penelitian. Tenaga survei mendata jumlah rambu dan marka yang ada dan mendokumentasikan rambu dan marka yang ada, kemudian dicatat pada formulir survei yang telah disiapkan sebelumnya.

3.3.2. Survei Kecepatan Tempuh

Dalam survey kecepatan tempuh, dikenal tiga macam kecepatan *Spot Speed* yaitu kecepatan seketika, *Running Speed* yaitu kecepatan rata-rata kendaraan selama bergerak. *Journey Speed* yaitu kecepatan rata-rata kendaraan yang dihitung dari jarak tempuh dibagi waktu tempuh, jadi termasuk waktu kendaraan berhenti (misalnya pada lampu lalu lintas).

Kecepatan merupakan parameter utama kedua yang menjelaskan keadaan arus lalu lintas di jalan. Kecepatan dapat didefinisikan sebagai gerak dari kendaraan dalam jarak persatuan waktu.

Secara khas kecepatan bepergian, waktu bepergian dan survei tundaan dilaksanakan pada suatu bagian jaringan jalan untuk mengidentifikasi tempat dan penyebab terjadinya kemacetan lalu lintas; mengukur akibat atau dampak sebelum dan setelah dilakukan peningkatan manajemen lalu lintas dan menyediakan masukan untuk rencana pengangkutan atau perjalanan.

Survei ini menyediakan informasi tentang kecepatan dalam menempuh suatu jalur atau rute dari suatu jalan atau keseluruhan rute. Kecepatan perjalanan digambarkan sebagai jarak tempuh perjalanan yang dibagi oleh total waktu perjalanan. Waktu Perjalanan ini meliputi waktu yang diperlukan dalam menempuh suatu perjalanan, termasuk didalamnya yaitu ketika kendaraan sedang bergerak dan waktu berhenti, yaitu ketika kendaraan pada posisi berhenti di traffic light, kemacetan lalu lintas, dan lain lain. Total waktu perjalanan juga berisi waktu tundaan perjalanan, yaitu perbedaan antara waktu perjalanan yang nyata dan waktu perjalanan yang diukur pada kondisi lalu lintas tidak ada hambatan yang terlampaui banyak.

Survei waktu perjalanan dilakukan untuk memperoleh waktu tempuh tiap *link* yang selanjutnya akan dikonversi menjadi data kecepatan *link* dengan bantuan data panjang *link*. Survei ini dilakukan oleh 3 (tiga) orang tenaga survei dengan menggunakan mobil penumpang. Tenaga survei I bertugas mengemudikan kendaraan, tenaga survei II merekam waktu tempuh menggunakan stopwatch, sedangkan tenaga survei III mencatat waktu pada formulir survei yang telah disediakan. Waktu yang dicatat adalah waktu mulai, waktu berhenti karena sinyal atau penyebab lainnya dan waktu selesai. Selanjutnya waktu perjalanan tersebut akan digunakan untuk menghitung kecepatan perjalanan;

3.3.3. Survei lalu lintas

a. Survei lalu lintas di persimpangan

Survei *turning movement* dilakukan untuk memperoleh data arus lalu lintas yang berangkat dari tiap lengan simpang untuk masing-masing arah pergerakan yaitu belok kiri, lurus dari belok kanan. Survei ini dilakukan oleh 6-12 orang tenaga survei di tiap simpang. Setiap tenaga survei mencacah data lalu lintas simpang dengan menggunakan

counter selama kurang lebih 2 jam pada setiap waktu puncak, yaitu puncak pagi (06.00-08.00), puncak siang (13.00-15.00) dan puncak sore (16.30-18.00). Sedangkan hari pelaksanaannya adalah hari Rabu yang mewakili hari kerja normal. Pada survei ini, arus lalu lintas atau kendaraan diklasifikasikan berdasarkan jenisnya sesuai standar MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) yaitu kendaraan ringan/mobil penumpang, kendaraan berat (bus dan truk), dan sepeda motor.

b. Survei nomor plat kendaraan

Ini adalah metode sederhana yang tidak memerlukan bantuan polisi atau peralatan yang rumit, tetapi memiliki kerugian yakni informasi tentang asal perjalanan atau tujuan akhir perjalanan tidak dapat diperoleh. Pengamat perlu berada pada tempat yang mempunyai pandangan luas dan tak terhalang, dan untuk arus yang besar nomor plat dan waktu lewat kendaraan dapat direkam ke dalam pita (*tape*). Pos-pos perekaman harus memberlakukan waktu mulai dan waktu berakhir yang sama, berdasar waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak antara pos yang satu dengan pos lainnya. Metode sampling sulit dipakai, tetapi satu metode lainnya dapat dipakai yaitu hanya merekam nomor plat yang jumlah digitnya dipilih. Bila waktu perjalanan antara dua pos hanya beberapa menit, maka sedikit kesalahan yang dapat timbul dengan merekam nomor plat kendaraan hanya sampai beberapa digit. Kemungkinan munculnya angka yang sama pada sejumlah x kendaraan dalam suatu kelompok kendaraan sejumlah v yang lewat pada periode waktu tertentu dapat dihitung berdasar distribusi Poisson.

Metode ini dapat dengan mudah dipakai pada berbagai rute tanpa menimbulkan penundaan (*delay*) atau mempengaruhi kebiasaan pemakai jalan dan tidak terpengaruh oleh keadaan cuaca karena pengamat dapat ditempatkan di pos pengamatan yang terlindung dari cuaca, meskipun pada malam hari dapat timbul kesulitan. Penyimpangan hasil dapat terjadi oleh perekaman nomor plat kendaraan yang tercatat memasuki area tapi tidak tercatat pada saat keluar dari area pengamatan (karena kelalaian atau kendaraan berhenti sangat lama) atau kendaraan yang tercatat hanya pada saat keluar saja.

Untuk analisis secara manual, nomor-nomor plat kendaraan yang tercatat pada daftar pos yang satu dicarikan pasangannya (nomor plat yang sama) dari daftar pos yang lain. Pada urutan waktu yang benar, disusun secara terpisah nomor plat kendaraan yang masuk dan yang berhenti di area tersebut atau terlihat meninggalkan area ini.

3.3.4. Panjang Antrian

Survei antrian dilakukan untuk memperoleh jumlah kendaraan yang antri pada lajur-lajur lengan simpang akibat durasi sinyal merah. Survei ini dilakukan oleh 2 (dua) orang tenaga survei. Tenaga survei I bertugas mencacah jumlah kendaraan yang antri untuk jenis sepeda motor dan kendaraan berat, sedangkan tenaga survei II bertugas mencacah jumlah kendaraan yang antri untuk jenis mobil penumpang, dan kendaraan tak bermotor. Survei dilakukan baik selama sinyal merah maupun pada permulaan sinyal hijau dan pendataan dilakukan minimal sebanyak 20 (dua puluh) kali atau selama waktu puncak yang telah ditentukan.

Survei ini dilakukan untuk memperoleh jumlah antrian observasi (dalam satuan smp) yang akan digunakan sebagai pembanding pada proses validasi model. Survei jumlah antrian dilaksanakan bersamaan dengan pelaksanaan survei *turning movement*.

3.3.5. Pengaturan Waktu Sinyal

Survei sistem sinyal dilakukan untuk memperoleh data waktu/sistem operasi yang mengatur pergantian pergerakan kendaraan yang masuk simpang. Survei ini dilakukan oleh 2 (dua) orang tenaga survei di tiap simpang. Tenaga survei mendata jumlah fase, bentuk fase, urutan fase dan durasi waktu siklus yang terdiri dari 3 (tiga) aspek yaitu hijau, kuning dan merah. Pengukuran waktu siklus (dalam detik) dilakukan dengan menggunakan *stopwatch*, kemudian dicatat pada formulir survei yang telah disiapkan sebelumnya. Untuk memastikan pencatatan durasi waktu siklus sudah benar, maka pengamatan dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali untuk setiap lengan simpang.

3.4. Skema Penanganan

3.4.1. Kondisi Awal

Memperhatikan kondisi daerah studi seperti tersebut diatas, maka skenario penanganan untuk kondisi awal adalah :

- a. Dengan menggunakan hasil dari survei plat nomor kendaraan, ditentukan jumlah kendaraan yang akan bergerak dari barat ke timur yang melalui melalui jalan Brigjen Katamsa pada pagi hari;
- b. Dalam analisis data, gerakan belok kiri langsung diabaikan karena saat pengambilan data dilakukan lajur untuk belok kiri langsung digunakan untuk berhenti bagi kendaraan

yang antri akibat sinyal merah untuk arah gerakan lurus. Kondisi ini digunakan pada semua waktu puncak untuk Simpang Milo maupun Simpang Bangkok;

- c. Menghitung variabel kinerja simpang dengan menggunakan pendekatan MKJI untuk semua waktu puncak (pagi, siang dan sore);
- d. Pada semua waktu puncak, pengaturan lalu lintas yang digunakan adalah pengaturan yang sesuai dengan pengaturan sinyal;
- e. Menghitung konsumsi bahan bakar minyak pada semua waktu puncak dengan berdasarkan pada tundaan yang terjadi menggunakan formulasi konsumsi bahan bakar dari LAPI-ITB yang telah dikonversikan ke dalam satuan liter/smp.
- f. Nilai waktu pengguna jalan yang melalui Simpang Milo dan Simpang Bangkok pada semua waktu puncak diabaikan.

3.4.2. Kondisi Terbangun

Memperhatikan kondisi daerah studi seperti tersebut diatas, maka skenario penanganan untuk kondisi terbangun adalah :

- a. Kondisi terbangun hanya terjadi pada saat jam puncak pagi saja dimana pada saat itu diberlakukan pengaturan lalu lintas dengan mengatur jalan Brigjen Katamsno menjadi satu arah untuk pergerakan dari timur ke barat.
- b. Menghitung kecepatan tempuh kendaraan yang melalui jalur jalan MT Haryono - jalan Sidodadi - jalan Dr Cipto - jalan Halmahera sampai Jembatan Banjir Kanal Timur yang dilakukan pada jam 06.00 - 08.00;
- c. Dalam analisis data, gerakan belok kiri langsung diabaikan karena saat pengambilan data dilakukan lajur untuk belok kiri langsung digunakan untuk berhenti bagi kendaraan yang antri akibat sinyal merah untuk arah gerakan lurus. Kondisi ini diaplikasikan pada semua waktu puncak pagi untuk Simpang Bangkok. Sedangkan untuk Simpang Milo, gerakan belok kiri langsung pada pendekat timur berlangsung dengan lancar sehingga dalam analisis data gerakan tersebut diperhitungkan;
- d. Menghitung variabel kinerja simpang dengan menggunakan pendekatan MKJI untuk semua waktu puncak pagi;
- e. Menghitung konsumsi bahan bakar minyak pada semua waktu puncak dengan berdasarkan pada tundaan yang terjadi menggunakan formulasi konsumsi bahan bakar dari LAPI-ITB yang telah dikonversikan ke dalam satuan liter/smp.

- f. Nilai waktu pengguna jalan yang melalui Simpang Milo dan Simpang Bangkok pada semua waktu puncak diabaikan.

Dengan pertimbangan bahwa arus lalu lintas tidak bersifat konstan maka besarnya arus setiap harinya akan berubah, namun perubahan tersebut akan cenderung 'stabil' dalam interval tertentu maka dampak dari beroperasinya sistem sinyal dalam studi ini diestimasi berdasarkan kemungkinan adanya deviasi volume lalu lintas dari sampel yang diambil pada saat survei dilakukan.

3.5. Pelaksanaan Penelitian

Studi dilaksanakan dengan mengacu kepada bagan alir metodologi studi sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1. Berdasarkan bagan tersebut, maka studi dimulai dengan inventarisasi data yang terdiri atas data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan melalui survei geometrik simpang, *turning movement*, sistem sinyal, waktu perjalanan, volume kendaraan dan jumlah antrian pada persimpangan sebelum dikoordinasikan.

Pengumpulan data primer (survei primer) untuk studi ini bertujuan untuk mendapatkan data lapangan yang diperlukan untuk analisis selanjutnya. Pengumpulan data primer dilakukan selama hari-hari tertentu, yaitu pada hari yang dianggap bahwa arus lalu lintas mengalami saat-saat puncak (*peak*). Dengan rumusan rencana ini maka pelaksanaan survei dapat dilakukan secara koordinasi dan terencana dengan baik. Perlu diingat di sini bahwa untuk setiap jenis data bentuk rencana pelaksanaan survei akan berbeda satu dengan yang lainnya, ditinjau dari waktu pelaksanaan, jumlah tenaga *surveyor* yang terlibat, organisasi pelaksanaan survei maupun biaya yang dibutuhkan.

Survei dilaksanakan dengan pembagian periode waktu masing-masing selama kurang lebih 2 jam pada setiap waktu puncak, yaitu puncak pagi (06.00 - 08.00), puncak siang (13.00 - 15.00) dan puncak sore (16.30 - 18.00). Sedangkan hari pelaksanaannya adalah hari Rabu tanggal 5 Januari 2005 yang mewakili hari kerja normal.

3.6. Analisis Data

3.6.1. Penentuan Kondisi Lapangan

Kondisi lapangan didapatkan dari data hasil survei lapangan yang meliputi jumlah fase yang ada, waktu siklus, waktu hilang total, denah geometri simpang, lebar pendekat, dan kondisi lingkungan simpang.

3.6.2. Penentuan Arus Lalu Lintas

Penentuan arus lalu lintas didapat dari data arus lalu lintas hasil survei lapangan. Karena data hasil survei diambil tiap interval 15 menit maka harus dijumlahkan terlebih dahulu masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan, sehingga diperoleh nilai total arus lalu lintas masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan.

Nilai total yang didapat masih dalam kendaraan per jam (kend./jam) maka harus dikalikan terlebih dahulu dengan nilai ekivalen mobil penumpang (emp) untuk kondisi terlindung maupun terlawan agar menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam).

3.6.3. Penentuan Kapasitas Dan Derajat Kejenuhan

Dalam menentukan kapasitas dan derajat kejenuhan harus ditentukan terlebih dahulu tipe pendekatnya apakah terlawan (O) atau terlindung (P), setelah itu ditentukan lebar efektif (W_e), nilai arus jenuh dasar (S_0), faktor-faktor penyesuaian, nilai arus jenuh yang disesuaikan (S), rasio arus (FR), rasio fase (PR), waktu siklus pra penyesuaian (cua), waktu siklus disesuaikan (c), dan waktu hijau (g) sehingga kemudian dapat dihitung kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (DS).

3.6.4. Penentuan Perilaku Lalu Lintas

Penentuan perilaku lalu lintas ini meliputi penentuan jumlah kendaraan antri (NQ), panjang antrian (QL), angka henti kendaraan stop/smp (NS), jumlah kendaraan terhenti (Nsv), kendaraan terhenti rata-rata stop/smp (NSTOT), tundaan lalu lintas rata-rata (DT), tundaan geometri rata-rata (DG), tundaan total, dan tundaan simpang rata-rata (DI).

3.6.5. Setting Sinyal Lalulintas

Menurut MKJI 1997, besarnya waktu hijau yang pendek dari 10 detik harus dihindari karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Berdasarkan hasil perhitungan waktu hijau dan waktu siklus, serta hasil penentuan waktu kuning yang disesuaikan untuk kondisi di Indonesia, maka dapat diketahui lamanya waktu masing-masing sinyal lalulintas (*traffic signal setting*).

3.6.6. Analisis Konsumsi Bahan Bakar

Analisis konsumsi bahan bakar dilakukan dengan menghitung kebutuhan bahan bakar (liter/smp) untuk setiap kondisi berdasarkan tundaan pada tiap pendekatan dan tundaan rata-rata simpang dengan menggunakan persamaan yang diajukan oleh LAPI ITB yang sudah dikonversikan ke dalam satuan mobil penumpang.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengumpulan data

4.1.1. Road Inventory Survey

Dalam melakukan road inventory survey, yang dilakukan adalah survei geometrik simpang untuk memperoleh data fisik lengan simpang yang selanjutnya akan digunakan untuk menghitung kapasitas *link* dan survei rambu dan marka jalan..

a. Simpang Milo

Hasil pengumpulan data inventarisasi jalan yang dilakukan pada daerah studi adalah seperti tabel berikut ini.

Tabel 4.1. Kondisi lapangan Simpang Milo

Nama Jalan	Median	Belok kiri langsung	Pendekat			
			Lebar pendekat	Lebar masuk	Lebar LTOR	Lebar keluar
Brigjen Katamso (B)	Tidak		16,4	6,7		7,7
Brigjen Katamso (T)	Tidak	ya	15,6	5,7	3,3	9,7
Dr. Cipto	Tidak	Tidak	16,8	16,8		14,7

Sumber : hasil survei, Januari 2005

Rambu-rambu lalu lintas dan marka jalan yang ada pada simpang tersebut. Adapun hasilnya adalah :

1. Jalan Brigjen Katamso (B), rambu dan marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah :

a) Rambu :

- 1) Rambu larangan belok kiri;
- 2) Rambu dilarang berhenti;
- 3) Lampu pengatur lalu lintas.

b) Marka :

Marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah marka yang membagi lajur pada jalur jalan untuk arah lurus dan belok kanan dengan bentuk garis putus putus dan marka yang membagi jalan menjadi 2 jalur yang berbentuk garis lurus tidak putus-putus serta garis henti yang berbentuk garis lurus tidak putus-putus.

2. Jalan Brigjen Katamso (T), rambu dan marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah :

- a) Rambu :
- 1) Rambu kelas jalan;
 - 2) Rambu yang berisi himbauan untuk menggunakan jembatan penyeberangan;
 - 3) Lampu pengatur lalu lintas.
- b) Marka :
- Marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah marka yang membagi lajur pada jalur jalan untuk arah belok kiri dan lurus dengan bentuk garis putus putus dan marka yang membagi jalan menjadi 2 jalur yang berbentuk garis lurus tidak putus-putus serta garis henti yang berbentuk garis lurus tidak putus-putus.
3. Jalan Dr. Cipto, rambu dan marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah :
- a) Rambu :
- 1) Lampu pengatur lalu lintas.
- b) Marka :
- Marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah marka yang membagi lajur pada jalur jalan untuk arah belok kanan, lurus dan belok kiri dengan bentuk garis putus putus dan garis henti yang berbentuk garis lurus tidak putus-putus.
- Gambar geometrik simpang yang diperoleh dari hasil pengukuran akan disajikan dalam dalam lampiran A gambar 1.

b. Simpang Bangkong

Hasil pengumpulan data inventarisasi jalan yang dilakukan pada daerah studi adalah seperti tabel berikut ini.

Tabel 4.2. Kondisi lapangan Simpang Bangkong

Nama Jalan	Median	Belok kiri langsung	Pendekat			
			Lebar pendekat	Lebar masuk	Lebar LTOR	Lebar keluar
Ahmad Yani	ya	ya	11,4	6,9	4,5	8,3
Brigjen Katamso	tidak	ya	9,6	6,3	3,3	9,7
MT. Haryono	ya	ya	12,5	8,8	3,7	11,2

Sumber : hasil survei, Januari 2005

Rambu-rambu lalu lintas dan marka jalan yang ada pada simpang tersebut. Adapun hasilnya adalah :

1. Jalan Ahmad Yani, rambu dan marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah :
 - a) Rambu :
 - 1) Rambu arah yang diwajibkan;

- 2) Rambu kelas jalan;
- 3) Rambu larangan untuk kendaraan berat pengangku barang (truk);
- 4) Rambu beri kesempatan.
- 5) Lampu pengatur lalu lintas.

b) Marka :

Marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah marka yang membagi lajur pada jalur jalan untuk arah belok kiri, lurus dan belok kanan dengan bentuk garis putus-putus dan garis henti yang berbentuk garis lurus tidak putus-putus.

2. Jalan Brigjen Katamsa, rambu dan marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah :

a) Rambu :

- 1) Rambu kelas jalan;
- 2) Rambu penunjuk kelas jalan bagi kendaraan berat pengangku barang (truk);
- 3) Lampu pengatur lalu lintas.

b) Marka :

Marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah marka yang membagi lajur pada jalur jalan untuk arah belok kiri, lurus dan belok kanan dengan bentuk garis putus-putus dan marka yang membagi jalan menjadi 2 jalur yang berbentuk garis lurus tidak putus-putus serta garis henti yang berbentuk garis lurus tidak putus-putus.

3. Jalan MT. Haryono (sisi utara), rambu dan marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah :

a) Rambu :

- 1) Rambu arah yang diwajibkan;
- 2) Rambu dilarang stop;
- 3) Rambu dilarang parkir
- 4) Rambu penunjuk jalan satu arah;
- 5) Lampu pengatur lalu lintas.

b) Marka :

Marka yang terdapat pada jalan tersebut adalah marka yang membagi lajur pada jalur jalan untuk arah belok kiri, lurus dan belok kanan dengan bentuk garis putus-putus dan garis henti yang berbentuk garis lurus tidak putus-putus.

Gambar geometrik simpang yang diperoleh dari hasil pengukuran akan disajikan dalam lampiran A gambar 2

4.1.2. Waktu tempuh

Survei ini menyediakan informasi tentang kecepatan dalam menempuh suatu jalur atau rute dari suatu jalan atau keseluruhan rute. Kecepatan perjalanan digambarkan sebagai jarak tempuh perjalanan yang dibagi oleh total waktu perjalanan. Waktu tempuh ini meliputi waktu yang diperlukan ketika kendaraan sedang bergerak dan waktu berhenti, yaitu ketika kendaraan pada posisi berhenti di traffic light, kemacetan lalu lintas, dan lain lain. Total waktu perjalanan juga berisi waktu tundaan perjalanan, yaitu perbedaan antara waktu perjalanan yang nyata dan waktu perjalanan yang diukur pada kondisi lalu lintas tidak ada hambatan yang terlampaui banyak. Survei waktu perjalanan dilakukan untuk memperoleh waktu tempuh tiap *link* yang selanjutnya akan dikonversi menjadi data kecepatan *link* dengan bantuan data panjang *link*.

Tabel 4.3.a. Waktu dan jarak tempuh Bangkong-Sidodadi Timur-Dr. Cipto-Halmahera-Barito

Asal	No	Jarak	Waktu
		(m)	(detik)
Jl. Ahmad Yani	1.	2.101,6	189,10
	2.	2.101,6	213,76
	3.	2.101,6	208,14
	4.	2.101,6	226,47
Rerata			209,36
Jl. MT. Haryono	1.	2.127,3	198,48
	2.	2.127,3	222,19
	3.	2.127,3	219,27
	4.	2.127,3	244,23
Rerata			221,05

sumber : Data hasil survei, januari 2005

Tabel 4.3.b. Waktu dan jarak tempuh
Jalan MT. Haryono (belok kanan)-Jl. Brigjen Katamsa (Milo))

No	PAGI		SIANG		SORE	
	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jarak (m)	Waktu (detik)
1.	270,00	22,30	270,00	28,43	270,00	29,64
2.	270,00	23,69	270,00	27,60	270,00	28,79
3.	270,00	25,08	270,00	26,83	270,00	28,01
4.			270,00	26,07	270,00	27,27
5.			270,00	25,40	270,00	26,61
6.			270,00	24,80	270,00	26,00
7.			270,00	24,20	270,00	25,41
8.			270,00	23,66	270,00	24,86
9.			270,00	23,11	270,00	23,96
Rerata		23,69		25,57		26,73

sumber : Data hasil survei, januari 2005

Tabel 4.3.c. Waktu dan jarak tempuh
Jalan Ahmad Yani (lurus)-Jl. Brigjen Katamso (Milo)

No	PAGI		SIANG		SORE	
	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jarak (m)	Waktu (detik)
1.	277,00	18,61	277,00	24,77	277,00	27,49
2.	277,00	20,18	277,00	24,03	277,00	26,69
3.	277,00	21,57	277,00	23,33	277,00	26,02
4.			277,00	22,63	277,00	25,33
5.			277,00	21,93	277,00	24,74
6.			277,00	21,26	277,00	27,21
7.			277,00	29,47	277,00	31,90
8.			277,00	33,82	277,00	34,61
9.			277,00	39,31	277,00	37,67
Rerata		20,12		26,73		29,07

sumber : Data hasil survei, januari 2005

Tabel 4.3.d. Waktu dan jarak tempuh
Jl. Brigjen Katamso (Milo)-Jl. Brigjen Katamso (Bangkong)

No	PAGI		SIANG		SORE	
	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jarak (m)	Waktu (detik)
1.	284,00	38,29	284,00	23,83	284,00	24,29
2.	284,00	38,33	284,00	22,61	284,00	22,65
3.	284,00	38,18	284,00	21,53	284,00	21,57
4.	284,00	39,82	284,00	20,60	284,00	20,57
5.	284,00	41,71	284,00	21,36	284,00	21,18
6.	284,00	43,35	284,00	22,25	284,00	22,03
7.	284,00	26,16	284,00	27,25	284,00	23,01
8.	284,00	27,95	284,00	33,71	284,00	29,23
9.	284,00	30,23	284,00	38,10	284,00	35,44
Rerata		36,00		25,69		24,44

sumber : Data hasil survei, januari 2005

Tabel 4.3.e. Waktu dan jarak tempuh
Jl. Dr. Cipto (belok kanan)-Jl. Brigjen Katamso (Bangkong)

No	PAGI		SIANG		SORE	
	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jarak (m)	Waktu (detik)
1.	262,00	26,54	262,00	25,61	262,00	27,99
2.	262,00	26,58	262,00	24,39	262,00	26,35
3.	262,00	26,43	262,00	23,31	262,00	25,27
4.	262,00	28,07	262,00	22,38	262,00	24,27
5.	262,00	29,96	262,00	23,14	262,00	24,88
6.	262,00	31,60	262,00	24,03	262,00	25,73
7.	262,00	16,00	262,00	27,44	262,00	26,71
8.	262,00	17,79	262,00	33,90	262,00	31,34
9.	262,00	20,07	262,00	38,29	262,00	37,55
Rerata		24,78		26,94		27,79

sumber : Data hasil survei, januari 2005

Tabel 4.3.f. Waktu dan jarak tempuh
Jl. Brigjen Katamso (Milo)-Jembatan Banjir Kanal Timur

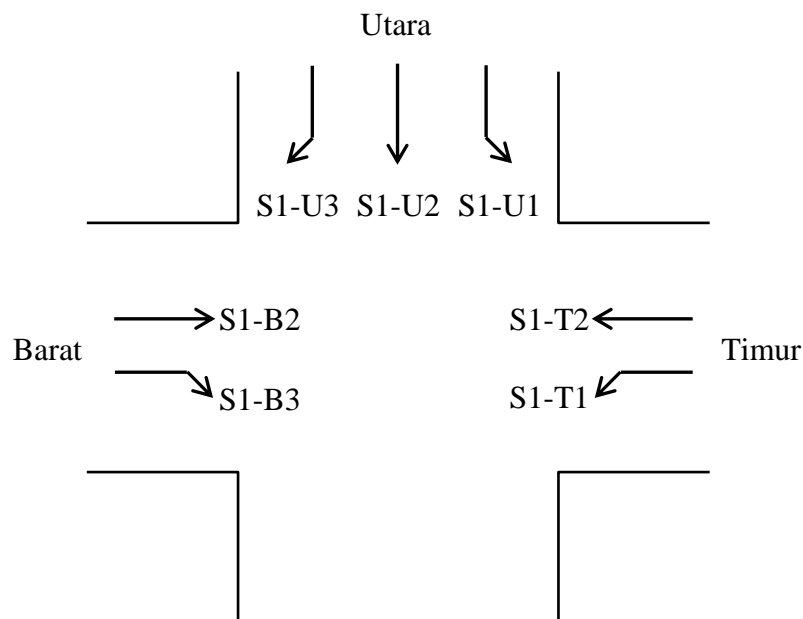
No	SIANG		SIANG		SORE	
	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jarak (m)	Waktu (detik)	Jarak (m)	Waktu (detik)
1.	532,00	47,23	532,00	55,06	532,00	56,82
2.	532,00	50,67	532,00	58,69	532,00	60,69
3.	532,00	52,63	532,00	62,83	532,00	65,13
4.	532,00	54,89	532,00	67,60	532,00	70,27
Rerata		51,36		61,05		63,23

sumber : Data hasil survei, januari 2005

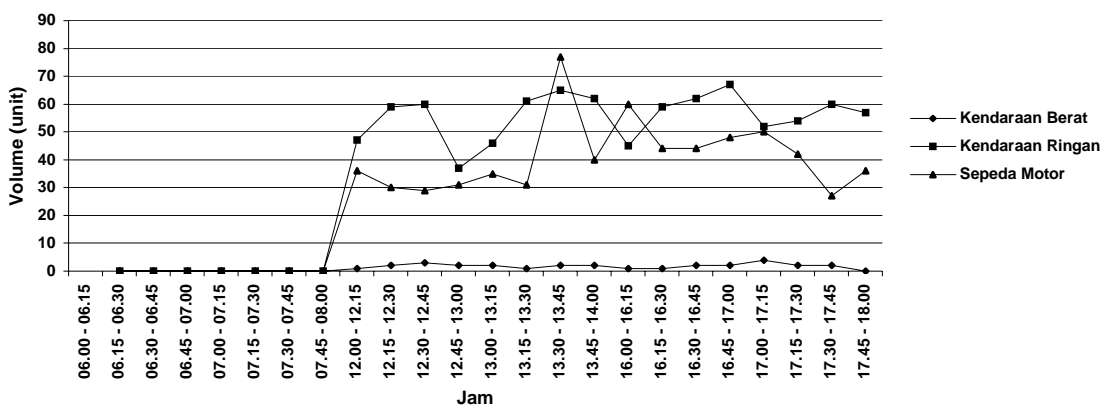
4.1.3. Volume lalu lintas

a. Simpang Milo

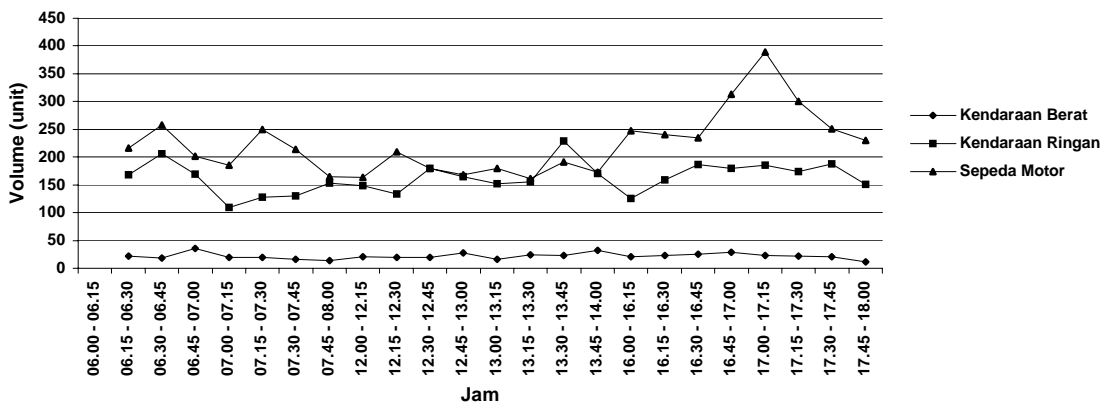
Hasil perhitungan arus lalu lintas disajikan dalam bentuk tabel sebagaimana diperlihatkan dalam Lampiran B Tabel 1 sampai dengan Tabel 4 dengan satuan kendaraan dan satuan mobil penumpang (smp) untuk tiap-tiap arahnya. Adapun pengkodean untuk tiap arah pergerakan kendaraan diperlihatkan dalam Gambar 4.1. sedangkan bila ditampilkan dalam grafik, fluktuasi arus lalu lintas untuk tiap arah pergerakan diperlihatkan dalam gambar 4.2.a sampai dengan Gambar 4.2.g. Perhitungan arus lalu lintas yang dilakukan dari hasil survei merupakan hasil perhitungan yang dilakukan tiap 15 menit.



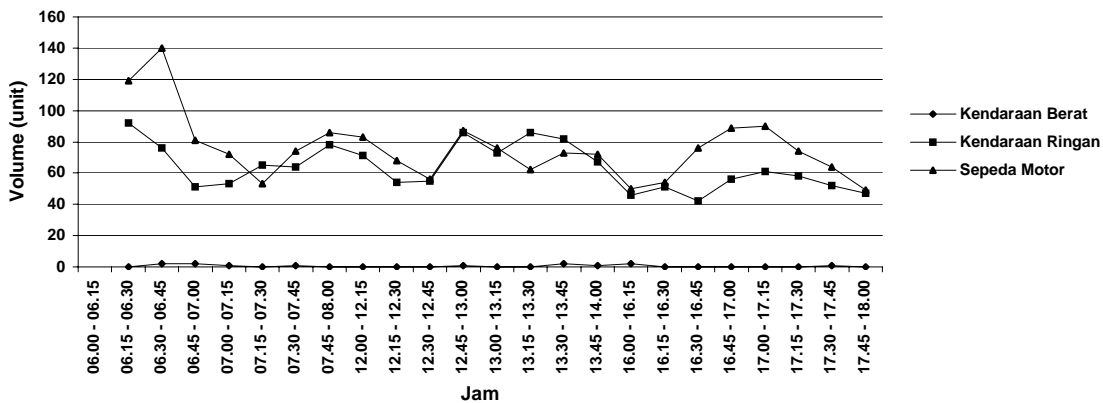
Gambar 4.1. Pengkodean arah pada Simpang Milo



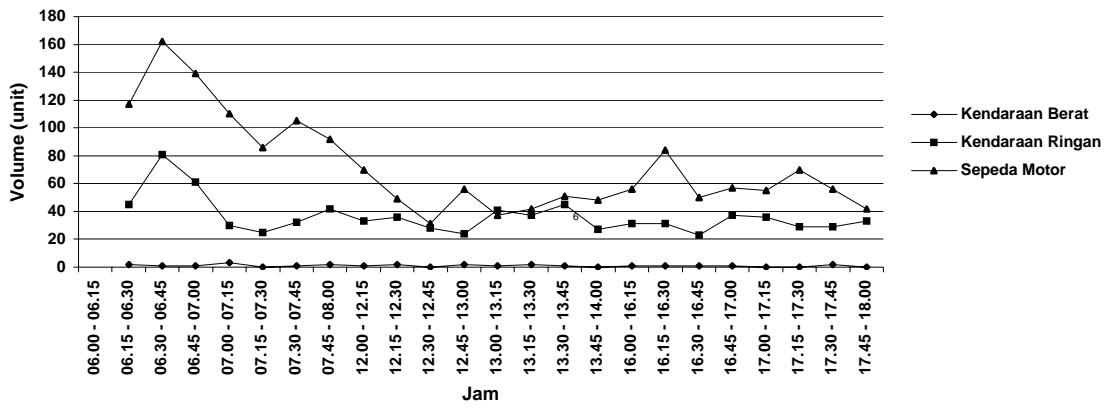
Gambar 4.2.a. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simping Milo untuk pendekat S1-U1 pada kondisi awal



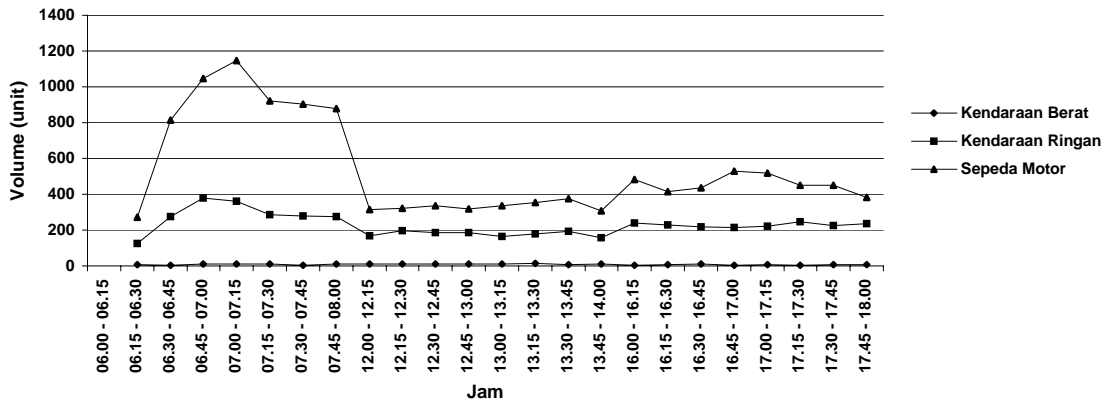
Gambar 4.2.b. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simping Milo untuk pendekat S1-U2 pada kondisi awal



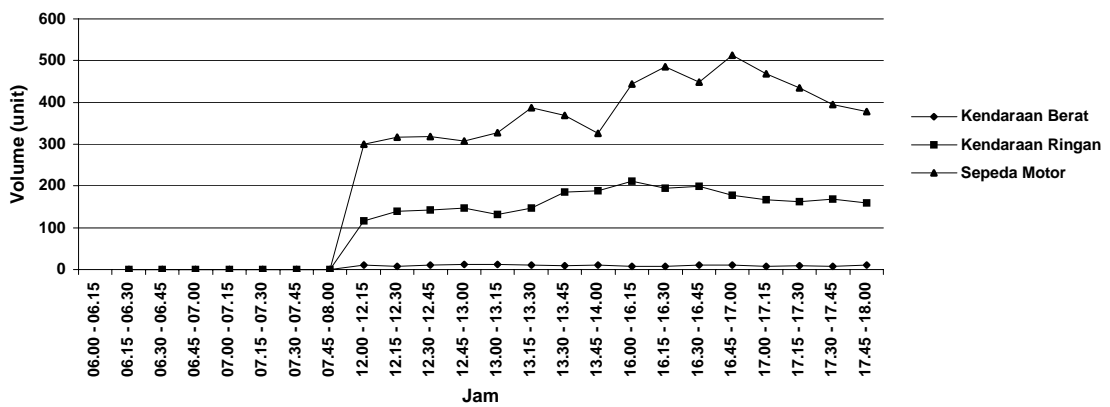
Gambar 4.2.c. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simping Milo untuk pendekat S1-U3 pada kondisi awal



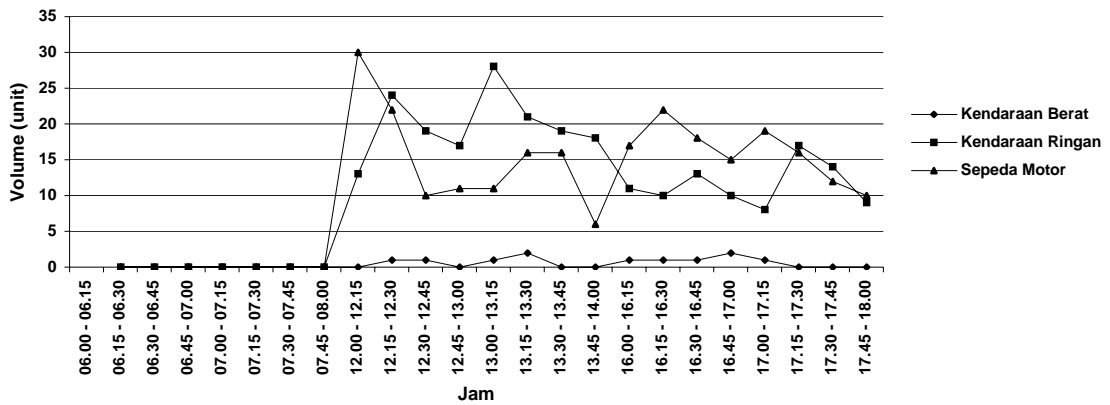
Gambar 4.2.d. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simping Milo untuk pendekat S1-T1 pada kondisi awal



Gambar 4.2.e. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simping Milo untuk pendekat S1-T2 pada kondisi awal



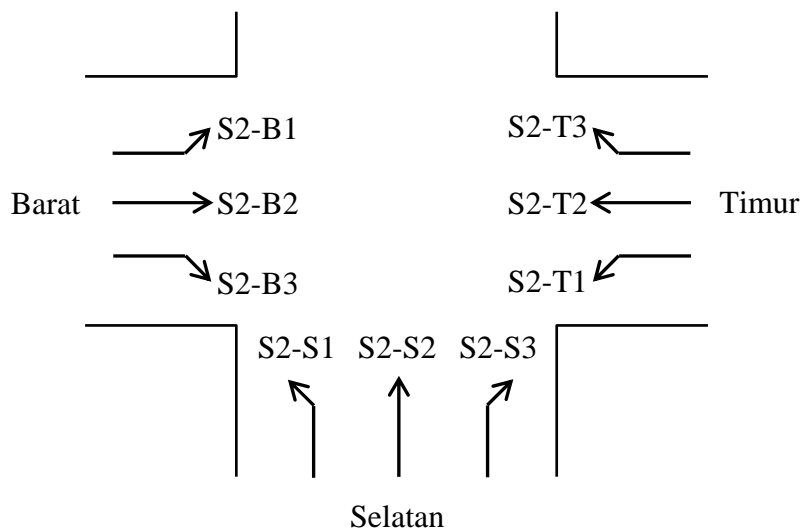
Gambar 4.2.f. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simping Milo untuk pendekat S1-B2 pada kondisi awal



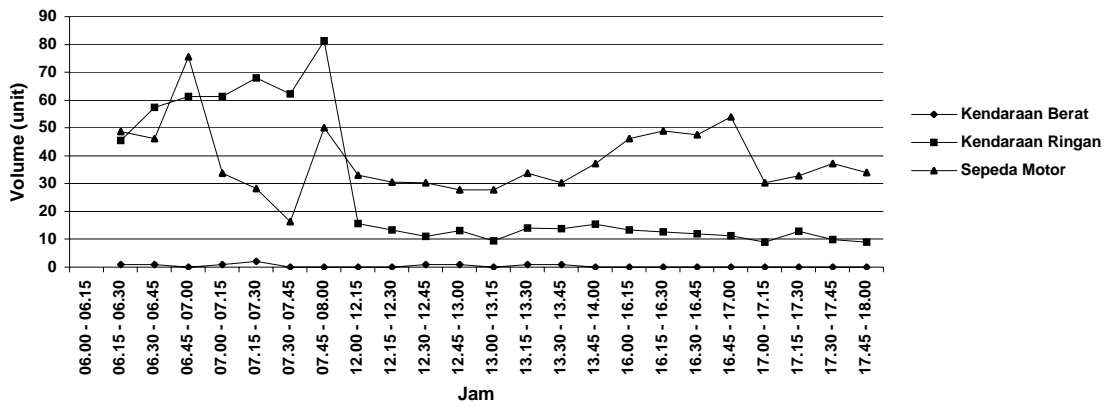
Gambar 4.2.g. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S1-B3 pada kondisi terbangun

b. Simpang Bangkong

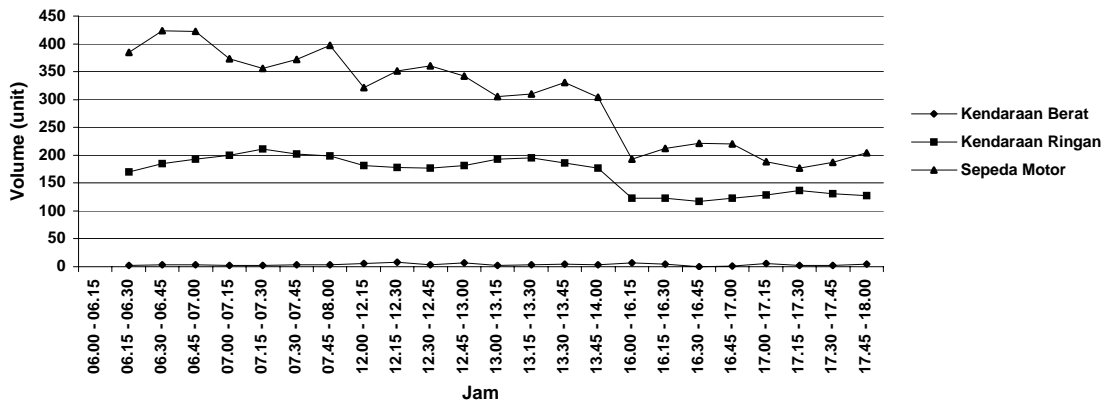
Hasil perhitungan arus lalu lintas disajikan dalam bentuk tabel sebagaimana diperlihatkan dalam Lampiran B Tabel 5 sampai dengan Tabel 8 dengan satuan kendaraan dan satuan mobil penumpang (smp) untuk tiap-tiap arahnya. Adapun pengkodean untuk tiap arah pergerakan kendaraan diperlihatkan dalam Gambar 4.1. sedangkan bila ditampilkan dalam grafik, fluktuasi arus lalu lintas untuk tiap arah pergerakan diperlihatkan dalam gambar 4.4.a sampai dengan Gambar 4.4.i. Perhitungan arus lalu lintas yang dilakukan dari hasil survei merupakan hasil perhitungan yang dilakukan tiap 15 menit.



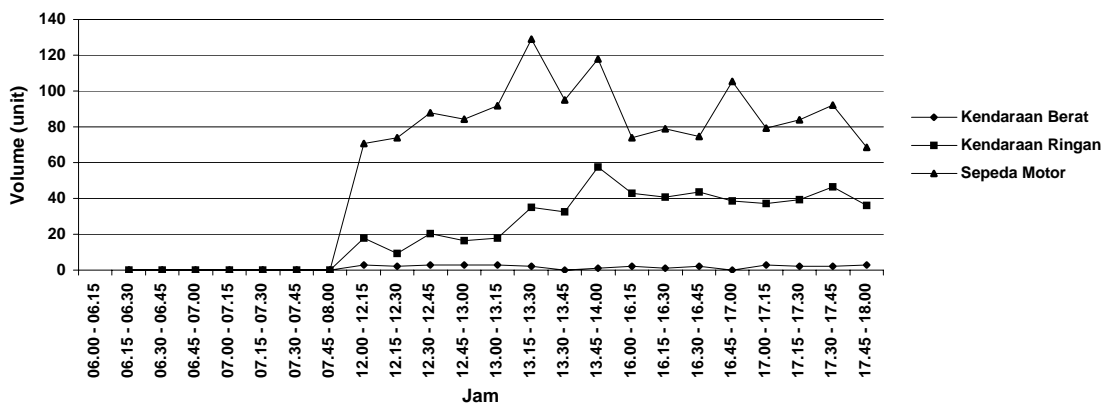
Gambar 4.3. Pengkodean arah Simpang Bangkong



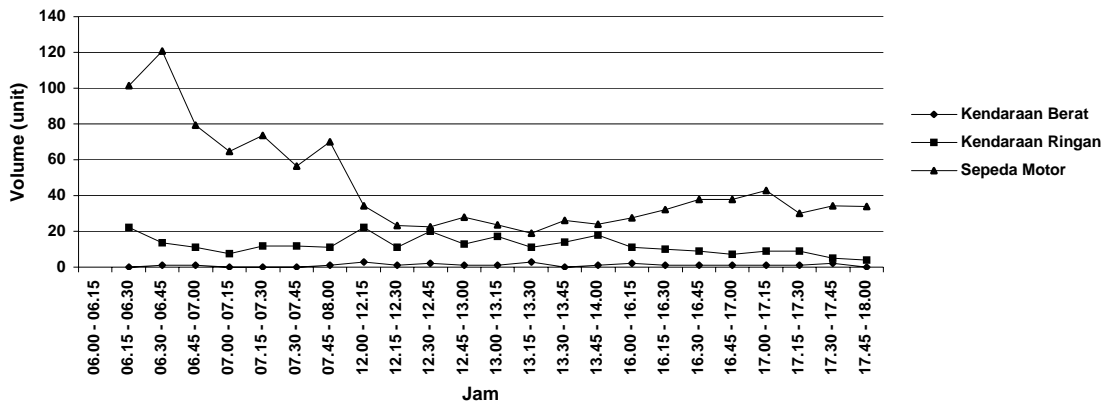
Gambar 4.4.a. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-S1 pada kondisi terbangun



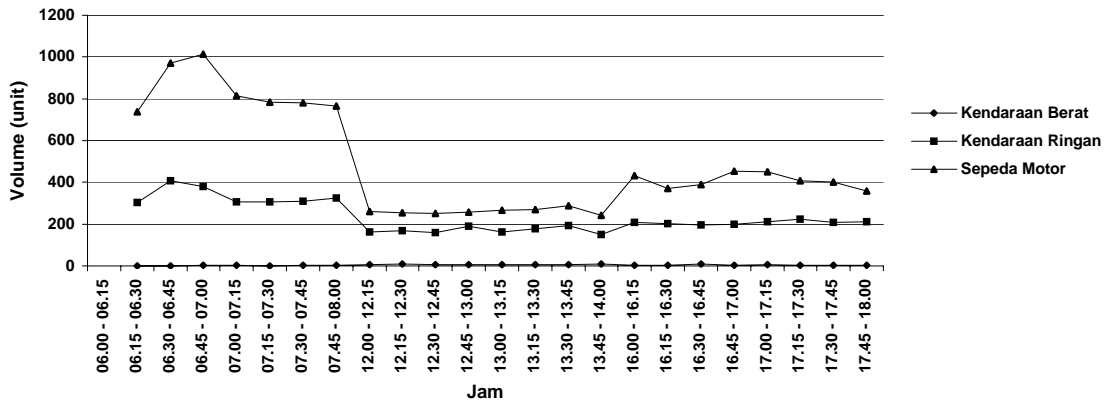
Gambar 4.4.b. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-S2 pada kondisi terbangun



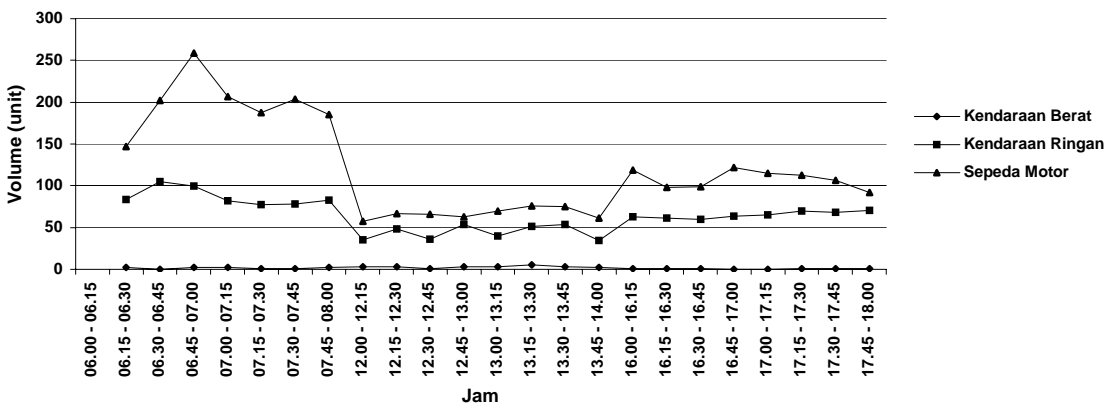
Gambar 4.4.c. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-S3 pada kondisi terbangun



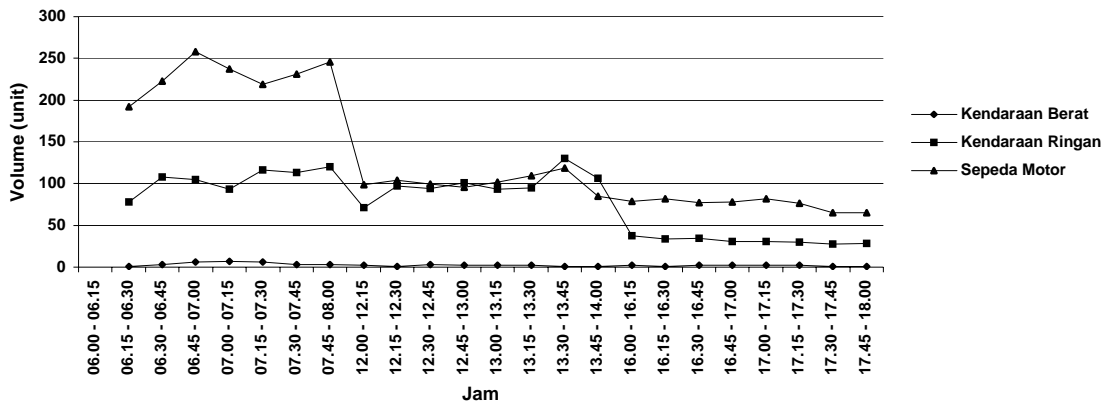
Gambar 4.4.d. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-T1 pada kondisi terbangun



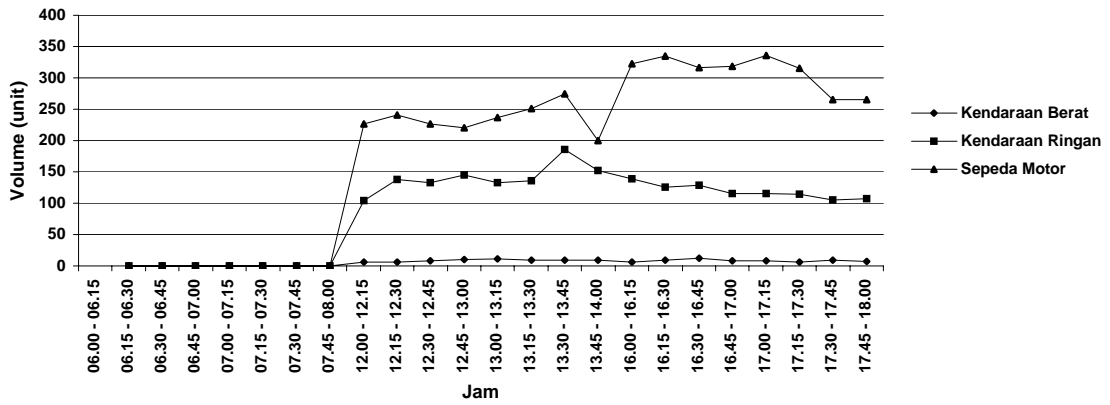
Gambar 4.4.e. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-T2 pada kondisi terbangun



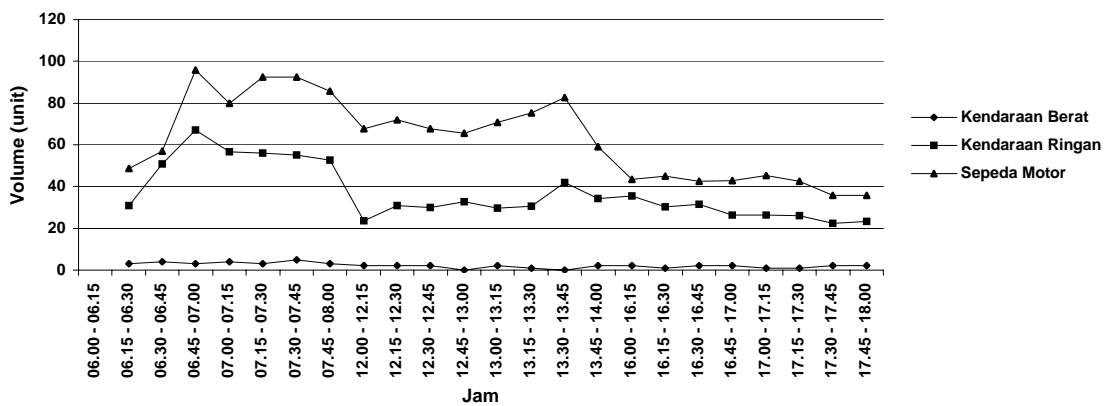
Gambar 4.4.f. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-T3 pada kondisi terbangun



Gambar 4.4.g. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-B1 pada kondisi terbangun



Gambar 4.4.h. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-B2 pada kondisi terbangun



Gambar 4.4.i. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-B3 pada kondisi terbangun

4.1.4. Plat nomor kendaraan

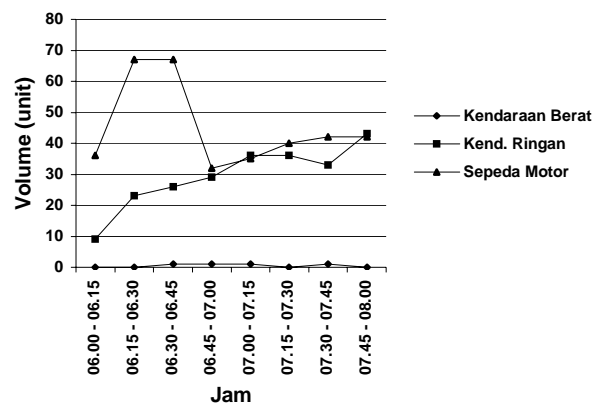
Survei ini dilakukan untuk memprediksi jumlah kendaraan yang akan melalui jalan Brigjen Katamso pada pagi hari saat pada ruas jalan tersebut diberlakukan satu arah yaitu dari timur ke barat. Pada saat itu, kendaraan yang menuju ke arah timur harus berputar melalui jalan MT. Haryono, Sidodadi Timur, Dr. Cipto dan jalan Halmahera kemudian masuk ke jalan Brigjen Sudiarto menuju ke arah timur. Setelah dilakukan pencocokan plat nomor dari asal masing-masing kendaraan diperoleh hasil seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 4.4. Hasil survei plat nomor kendaraan

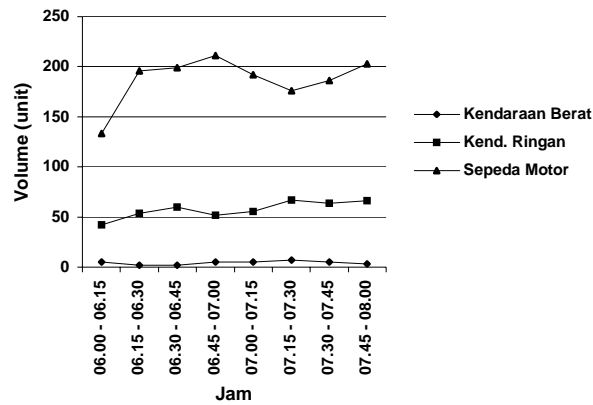
Asal	Pos Pencatatan	Jumlah Kendaraan		
		HV	LV	MC
Jl. MT. Haryono	Jembatan Banjir Kanal Timur	9	159	572
Jl. Ahmad Yani		22	324	948
Jl. Dr. Cipto		5	264	391
Jl. MT. Haryono	Jl. Kopol Maksum	1	19	33
Jl. Ahmad Yani		2	56	165

Sumber : Hasil survei, januari 2005

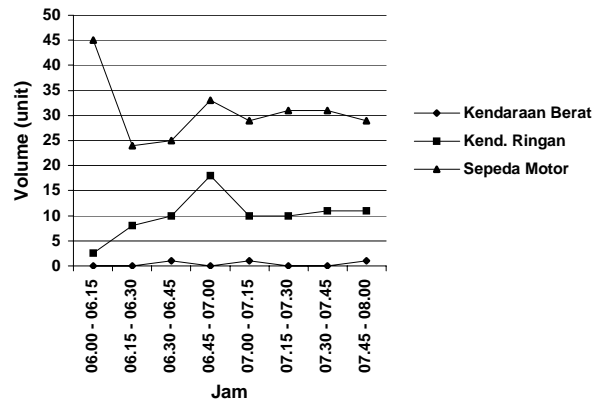
Setelah dilakukan pengolahan, data hasil survei plat nomor tersebut nantinya akan digunakan sebagai data untuk kondisi awal pada Simpang Bangkok. Perhitungan arus lalu lintas yang dilakukan dari hasil survei merupakan hasil perhitungan yang dilakukan tiap 15 menit. Fluktuasi arus lalu lintas yang diperoleh dari pengolahan data hasil survei tersebut akan disajikan pada Gambar 4.5.a sampai dengan Gambar 4.5.i.



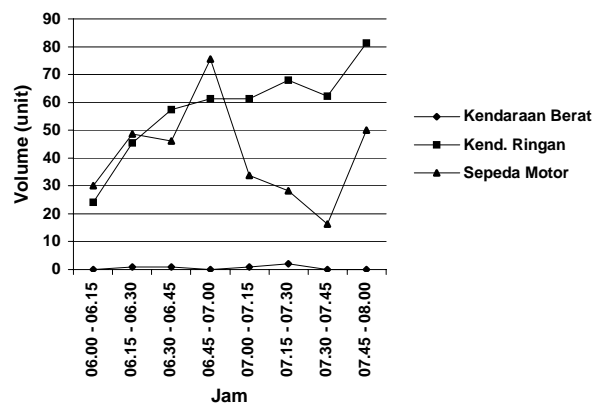
Gambar 4.5.a. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S1-U1 pada kondisi awal



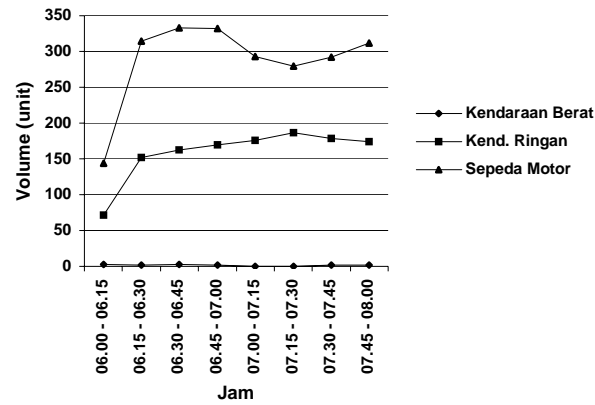
Gambar 4.5.b. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simping Milo untuk pendekat S1-B2 pada kondisi awal



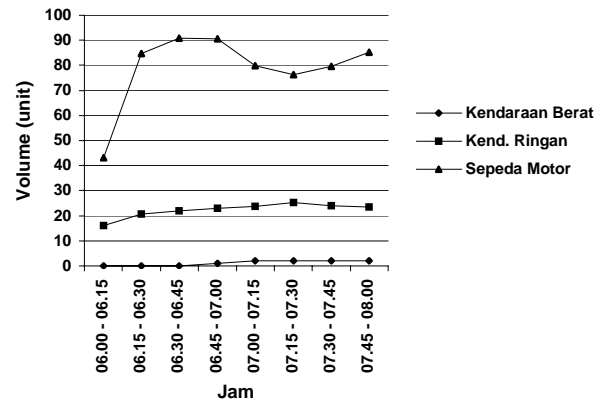
Gambar 4.5.c. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simping Milo untuk pendekat S1-B3 pada kondisi awal



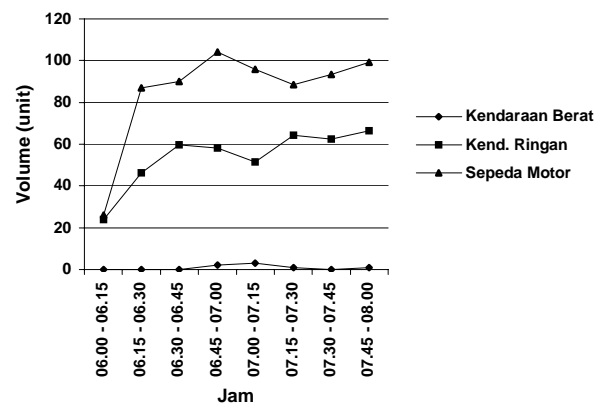
Gambar 4.5.d. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simping Bangkok untuk pendekat S2-S1 pada kondisi awal



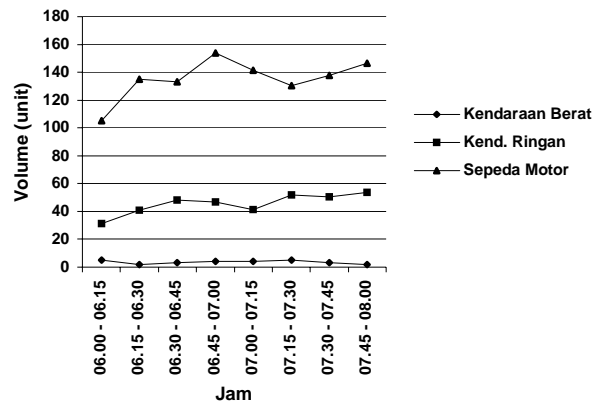
Gambar 4.5.e. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Milo untuk pendekat S2-S2 pada kondisi awal



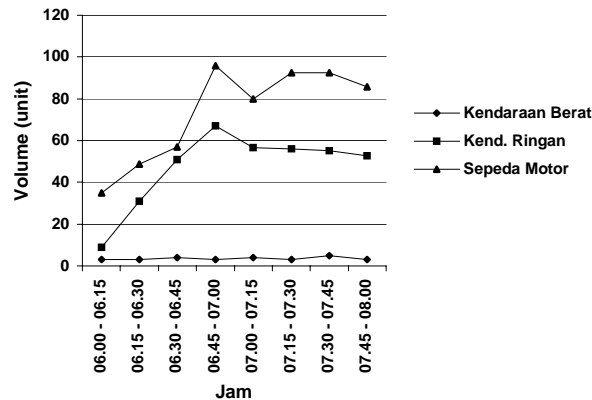
Gambar 4.5.f. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkok untuk pendekat S2-S3 pada kondisi awal



Gambar 4.5.g. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkok untuk pendekat S2-B1 pada kondisi awal



Gambar 4.5.h. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-B2 pada kondisi awal



Gambar 4.5.i. Fluktuasi arus lalu lintas pada Simpang Bangkong untuk pendekat S2-B3 pada kondisi awal

4.1.5. Panjang antrian

Survei antrian dilakukan untuk memperoleh jumlah kendaraan yang antri pada lajur-lajur lengan simpang akibat durasi sinyal merah. Survei ini dilakukan baik selama sinyal merah maupun pada permulaan sinyal hijau dan hasil yang diperoleh digunakan untuk memperoleh jumlah antrian observasi (dalam satuan smp) yang akan digunakan sebagai pembandingan pada proses validasi model serta pelaksanaannya bersamaan dengan pelaksanaan survei *turning movement*.

Hasil survei disajikan dalam bentuk tabel sebagaimana diperlihatkan dalam lampiran C, secara ringkas hasil yang diperoleh adalah seperti tabel berikut ini.

Tabel 4.5.a. Hasil survei panjang antrian pada simpang Milo

Simpang	Pendekat	QL	Waktu		
			Pagi	Siang	Sore
S1	Utara	Minimum	17	29	34
		Maksimum	40	73	65
		Rerata	24	41	47
	Timur	Minimum	56	91	116
		Maksimum	91	186	158
		Rerata	70	121	130
	Barat	Minimum	0	14	19
		Maksimum	0	30	42
		Rerata	0	20	30

Sumber : Hasil survei, januari 2005

Tabel 4.5.b. Hasil survei panjang antrian pada simpang Bangkok

Simpang	Pendekat	QL	Waktu		
			Pagi	Siang	Sore
S2	Selatan	Minimum	68	51	56
		Maksimum	83	70	87
		Rerata	74	60	69
	Timur	Minimum	54	53	44
		Maksimum	90	124	66
		Rerata	70	71	53
	Barat	Minimum	10	79	87
		Maksimum	23	130	166
		Rerata	17	94	114

Sumber : Hasil survei, januari 2005

4.1.6. Pengaturan sinyal

Survei sistem sinyal dilakukan untuk memperoleh data waktu/sistem operasi yang mengatur pergantian pergerakan kendaraan yang masuk simpang. Data yang dikumpulkan adalah jumlah fase, bentuk fase, urutan fase dan durasi waktu siklus yang terdiri dari 3 (tiga) aspek yaitu hijau, kuning dan merah.

a. Simpang Milo

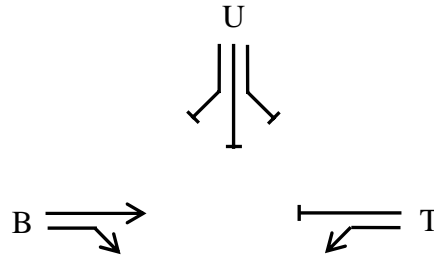
Dari survei lapangan diperoleh pembagian fase, waktu sinyal dan siklus tiap fase. Penentuan fase pertama dimulai dari arah barat ke timur. Pada simpang jalan Brigjen Katamso-Dr. Cipto-Kompol Maksum, saat pagi hari kendaraan yang menuju ke arah timur dialihkan melalui jalan Halmahera kemudian masuk ke jalan Brigjen Sudiarto menuju ke arah timur. Memperhatikan kondisi tersebut, maka fase yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Kondisi awal

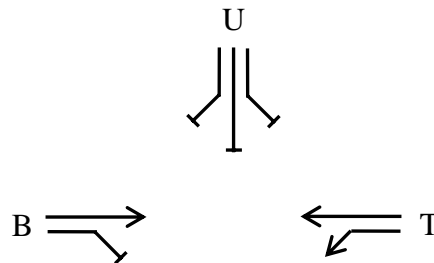
Pada kondisi awal, pengaturan fase yang untuk waktu pagi, siang dan sore adalah sama.

Hasil survei pengaturan fase untuk kondisi awal adalah sebagai berikut :

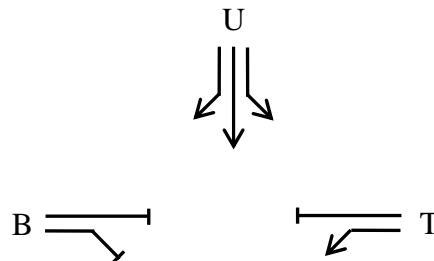
a) Fase 1



b) Fase 2



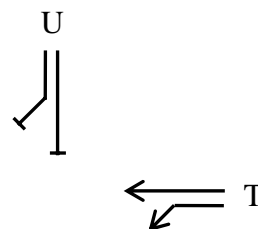
c) Fase 3



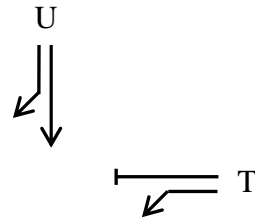
2. Kondisi terbangun

Pada kondisi terbangun, pengaturan fase yang untuk waktu pagi berbeda dengan waktu siang dan sore. Sementara itu pengaturan fase untuk waktu siang dan sore sama dengan pengaturan fase pada waktu dimaksud untuk kondisi awal. Hasil survei pengaturan fase untuk kondisi terbangun pada waktu pagi adalah sebagai berikut :

a) Fase 1



b) Fase 2



Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase untuk masing-masing jam puncak disesuaikan dengan pemabagian fase. Hasil pencatatan waktu sinyal untuk kondisi awal dan kondisi terbangun pada Simpang Milo disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 4.6.a. Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal di Simpang Milo

Sinyal	Stage	Pengamatan (detik)				Siklus (detik)
		I	II	III	Rerata	
All Red	I - II	2,35	2,42	2,21	2,33	
	II - III	2,23	2,66	2,37	2,42	
	III - I	2,36	2,43	2,36	2,38	
Merah	I	32,86	34,15	33,38	33,46	100,01
Kuning	I	3,32	3,16	3,58	3,35	
Hijau	I	63,68	62,73	63,16	63,19	
Merah	II	62,09	61,98	61,54	61,87	100,28
Kuning	II	3,42	3,21	3,12	3,25	
Hijau	II	35,56	34,78	35,13	35,16	
Merah	III	67,42	67,2	67,15	67,26	100,51
Kuning	III	3,11	3,46	2,93	3,17	
Hijau	III	30,04	29,95	30,26	30,08	

Sumber : Hasil survei, januari 2005

Tabel 4.6.b. Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun pada Simpang Milo

Sinyal	Stage	Pengamatan (detik)				Siklus (detik)
		I	II	III	Rerata	
All Red	I - II	2,35	2,42	2,21	2,33	
	II - I	2,23	2,66	2,37	2,42	
Merah	I	32,86	34,15	33,38	33,46	100,01
Kuning	I	3,32	3,16	3,58	3,35	
Hijau	I	63,68	62,73	63,16	63,19	
Merah	II	67,42	67,2	67,15	67,26	100,51
Kuning	II	3,11	3,46	2,93	3,17	
Hijau	II	30,04	29,95	30,26	30,08	

Sumber : Hasil survei, januari 2005

Tabel 4.6.c. Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak siang untuk kondisi awal di Simpang Milo

Sinyal	Stage	Pengamatan (detik)				Siklus (detik)
		I	II	III	Rerata	
All Red	I - II	2,79	2,25	2,56	2,53	
	II - III	2,45	2,31	2,27	2,34	
	III - I	2,18	2,53	2,34	2,35	
Merah	I	32,53	32,14	31,94	32,20	90,74
Kuning	I	3,41	3,46	3,52	3,46	
Hijau	I	55,2	54,88	55,14	55,07	
Merah	II	61,98	61,94	62,09	62,00	90,36
Kuning	II	3,22	2,78	2,91	2,97	
Hijau	II	24,9	26,18	25,07	25,38	
Merah	III	62,06	62,33	62,1	62,16	90,40
Kuning	III	2,82	3,12	3,41	3,12	
Hijau	III	24,91	25,66	24,79	25,12	

Sumber : Hasil survei, januari 2005

Tabel 4.6.d. Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak sore untuk kondisi awal di Simpang Milo

Sinyal	Stage	Pengamatan (detik)				Siklus (detik)
		I	II	III	Rerata	
All Red	I - II	2,25	2,72	2,63	2,53	
	II - III	2,19	2,23	2,35	2,26	
	III - I	2,39	2,42	2,28	2,36	
Merah	I	41,91	42,51	41,86	42,09	100,19
Kuning	I	2,93	3,29	2,99	3,07	
Hijau	I	55,12	55,02	54,94	55,03	
Merah	II	61,63	61,9	61,95	61,83	100,48
Kuning	II	3,07	2,98	2,98	3,01	
Hijau	II	35,99	36,06	34,87	35,64	
Merah	III	61,98	62,23	62,38	62,20	100,38
Kuning	III	2,96	3,44	3,11	3,17	
Hijau	III	34,97	35,18	34,88	35,01	

Sumber : Hasil survei, januari 2005

b. Simpang Bangkok

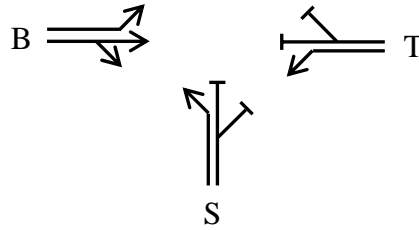
Dari survei lapangan diperoleh pembagian fase, waktu sinyal dan siklus tiap fase. Penentuan fase pertama dimulai dari arah barat ke timur. Pada Simpang Bangkok, saat pagi hari kendaraan yang menuju ke arah timur harus berputar melalui jalan MT. Haryono, Sidodadi Timur, Dr. Cipto dan jalan Halmahera kemudian masuk ke jalan Brigjen Sudiarto

menuju ke arah timur. Memperhatikan kondisi tersebut, maka pengaturan fase yang diperoleh adalah pengaturan untuk kondisi awal dan kondisi terbangun.

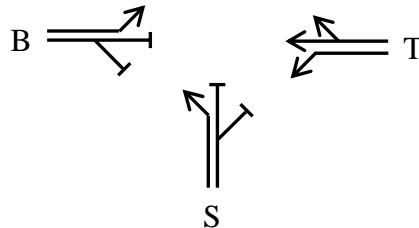
1. Kondisi awal

Pada kondisi awal, pengaturan fase yang untuk waktu pagi, siang dan sore adalah sama. Hasil survei pengaturan fase untuk kondisi awal adalah sebagai berikut :

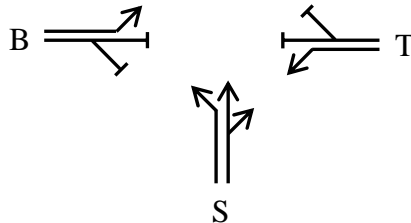
a) Fase 1



b) Fase 2



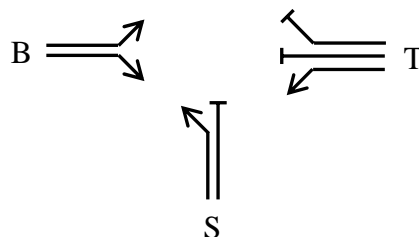
c) Fase 3



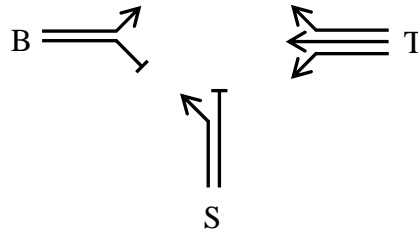
2. Kondisi terbangun

Pada kondisi terbangun, pengaturan fase yang untuk waktu pagi berbeda dengan waktu siang dan sore. Sementara itu pengaturan fase untuk waktu siang dan sore sama dengan pengaturan fase pada waktu dimaksud untuk kondisi awal. Hasil survei pengaturan fase untuk kondisi terbangun pada waktu pagi adalah sebagai berikut :

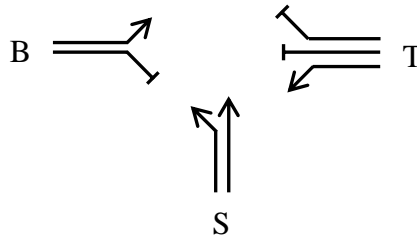
a) Fase 1



b) Fase 2



c) Fase 3



Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase untuk masing-masing jam puncak disesuaikan dengan pembagian fase. Waktu sinyal untuk kondisi awal dan kondisi terbangun pada simpang Simpang Bangkok adalah sama, hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 4.7.a. Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal dan terbangun di Simpang Bangkok

Sinyal	Stage	Pengamatan (detik)				Siklus (detik)
		I	II	III	Rerata	
All Red	I - II	2,37	2,59	2,64	2,53	
	II - III	2,51	2,46	2,57	2,51	
	III - I	2,42	2,63	2,36	2,47	
Merah	I	77,00	77,37	77,16	77,18	100,90
Kuning	I	3,27	3,24	3,35	3,29	
Hijau	I	20,73	20,52	20,07	20,44	
Merah	II	56,81	56,27	56,81	56,63	99,42
Kuning	II	2,97	2,97	2,57	2,84	
Hijau	II	39,72	40,21	39,92	39,95	
Merah	III	72,25	71,98	72,43	72,22	100,32
Kuning	III	2,74	2,55	2,90	2,73	
Hijau	III	25,86	25,31	24,94	25,37	

Sumber : Hasil survei, januari 2005

Tabel 4.7.b. Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak siang untuk kondisi awal di Simpang Bangkong

Sinyal	Stage	Pengamatan (detik)				Siklus (detik)
		I	II	III	Rerata	
All Red	I - II	2,41	2,43	2,74	2,53	
	II - III	2,42	2,65	2,39	2,49	
	III - I	2,34	2,71	2,55	2,53	
Merah	I	62,33	62,05	62,15	62,18	90,04
Kuning	I	2,99	3,21	2,17	2,79	
Hijau	I	25,08	25,03	25,11	25,07	
Merah	II	62,17	62,07	61,71	61,98	90,08
Kuning	II	3,07	2,85	3,13	3,02	
Hijau	II	24,96	25,04	25,24	25,08	
Merah	III	61,8	61,66	62,32	61,93	90,03
Kuning	III	2,65	2,87	2,95	2,82	
Hijau	III	25,38	25,46	25,01	25,28	

Sumber : Hasil survei, januari 2005

Tabel 4.7.c. Hasil pencatatan waktu sinyal dan siklus tiap fase pada waktu puncak siang untuk kondisi awal di Simpang Bangkong

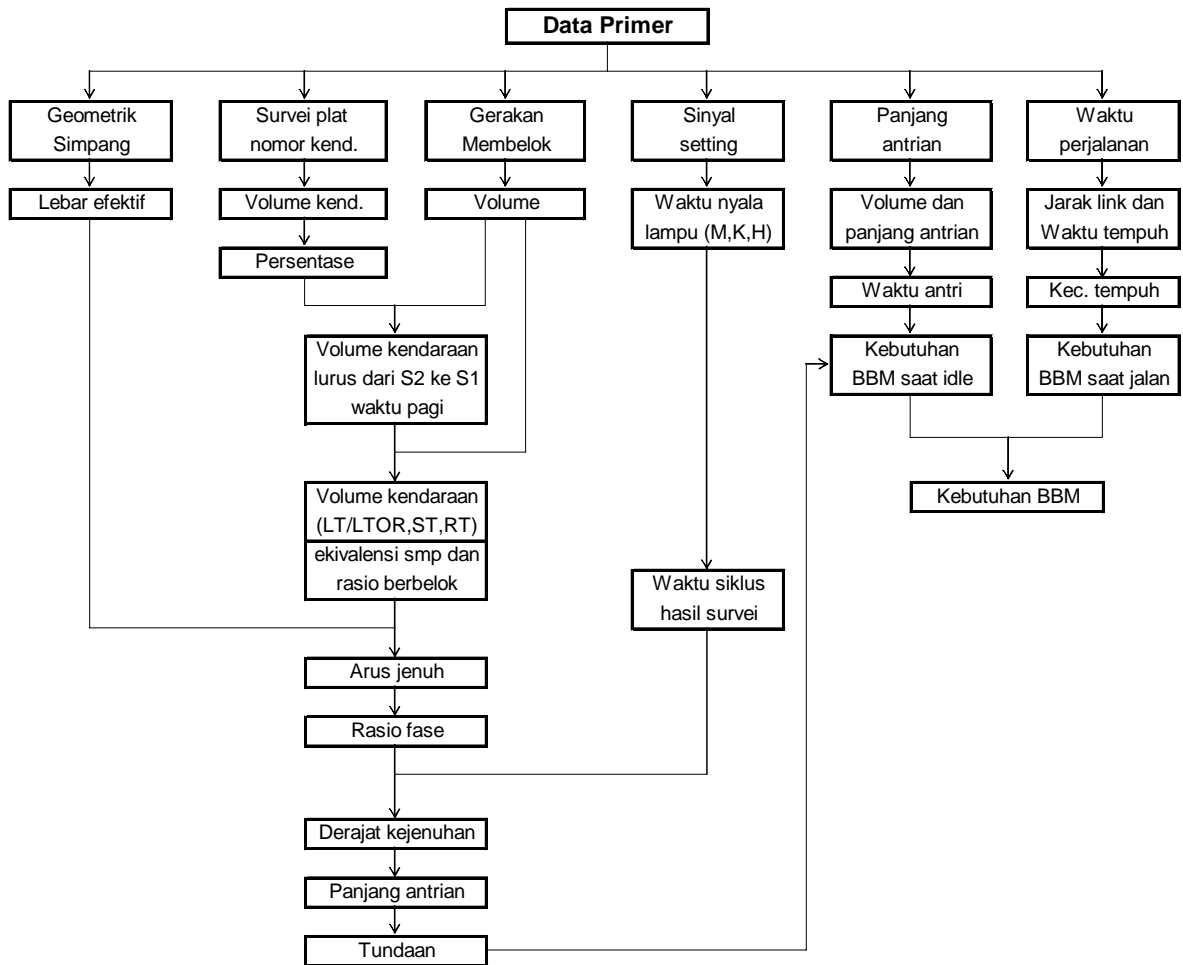
Sinyal	Stage	Pengamatan (detik)				Siklus (detik)
		I	II	III	Rerata	
All Red	I - II	2,14	2,56	1,87	2,19	
	II - III	2,81	2,52	2,85	2,73	
	III - I	2,69	2,82	2,78	2,76	
Merah	I	72,62	72,39	72,38	72,46	100,50
Kuning	I	2,94	3,16	3,10	3,07	
Hijau	I	25,09	24,94	24,89	24,97	
Merah	II	62,59	62,37	62,12	62,36	100,93
Kuning	II	3,11	3,18	3,10	3,13	
Hijau	II	35,61	35,52	35,18	35,44	
Merah	III	71,63	71,62	71,78	71,68	99,43
Kuning	III	2,84	3,11	3,49	3,15	
Hijau	III	24,36	25,04	24,41	24,60	

Sumber : Hasil survei, januari 2005

4.2. Analisis Data

4.2.1. Prinsip Analisis Data

Analisis data yang akan dilakukan adalah dengan menganalisis data hasil survei dengan pendekatan MKJI dan menghitung konsumsi bahan bakar pada kondisi awal dan kondisi terbangun dengan langkah-langkah analisis sesuai dengan diagram alir seperti terlihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Bagan alir analisis data

4.2.2. Analisis data kondisi awal pada Simpang Milo

1. Waktu puncak pagi

a. Volume lalu lintas

Pada kondisi awal, arus lalu lintas yang diperhitungkan adalah arus lalu lintas yang sesuai dengan alat pengatur isyarat lalu lintas dan belum diiberalakukan pengaturan lalu lintas untuk arah timur ke barat menjadi satu arah..

Mengingat hasil survei volume kendaraan yang dilakukan adalah pada kondisi terbangun, maka perlu dilakukan prediksi untuk volume lalu lintas untuk kendaraan yang akan bergerak dari arah barat menuju arah timur. Untuk memprediksi volume lalu lintas tersebut digunakan data yang diperoleh dari hasil survei plat nomor kendaraan. Adapun hasil prediksi jumlah kendaraan tersebut disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.8.a. Persentase kendaraan yang bergerak ke arah timur pada jam 06.00-08.00 yang tercatat di pos pencatatan Jembatan Banjir Kanal Timur

Pos pencatatan : Jembatan Banjir Kanal Timur									
Asal	Jumlah kendaraan						Persentase jumlah kendaraan		
	tercatat di pos awal			dengan nomor sama					
	HV	LV	HV	HV	LV	HV	HV	LV	HV
Jl. MT. Haryono	20	1374	2771	9	159	572	45,00	11,57	20,64
Jl. Ahmad Yani	34	764	1711	22	324	948	64,71	42,41	55,41
Jl. Dr. Cipto	151	1542	2114	5	264	391	3,31	17,12	18,50

Jumlah kendaraan yang berasal dari jalan Dr. Cipto diperoleh pada pos pencatatan yang terletak di jalan Halmahera yang telah dicocokkan dengan hasil pencatatan pada pos yang terletak di Jembatan Banjir Kanal Timur. Data tersebut akan digunakan untuk volume kendaraan pendekat utara arah gerakan belok kiri.

Selain untuk arah kendaraan dari barat ke timur, pada survei plat nomor kendaraan juga diperoleh data volume kendaraan yang bergerak dari tempat asal dan menuju ke selatan. Data tersebut akan digunakan sebagai data volume kendaraan pada pendekat barat untuk arah gerakan belok kanan. Adapun hasilnya disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.8.b. Persentase kendaraan yang bergerak ke arah timur pada jam 06.00-08.00 yang tercatat di pos pencatatan Jalan Kumpul Maksum

Pos pencatatan : Jalan Kumpul Maksum									
Asal	Jumlah kendaraan						Persentase jumlah kendaraan		
	tercatat di pos awal			dengan nomor sama					
	HV	LV	HV	HV	LV	HV	HV	LV	HV
Jl. MT. Haryono	20	1374	2771	1	19	33	5,00	1,38	1,19
Jl. Ahmad Yani	34	764	1711	2	56	165	5,88	7,33	9,64

Volume arus lalu lintas didapat dari data arus lalu lintas hasil survei lapangan yang dilakukan dengan interval 15 menit maka harus dijumlahkan terlebih dahulu masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan, sehingga diperoleh nilai total arus lalu lintas masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan. Sedangkan untuk analisis, volume lalu lintas yang digunakan volume lalu lintas pada jam puncak. Dari hasil tabulasi data dapat diketahui bahwa jam puncak untuk kondisi awal terjadi pada jam 06.15 - 07.15.

Nilai total yang didapat dalam satuan kendaraan, maka harus dikalikan terlebih dahulu dengan nilai ekivalen mobil penumpang (emp) untuk kondisi terlindung maupun terlawan agar menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam). Hasil yang diperoleh akan disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.8.c. Volume lalu lintas Simpang Milo waktu puncak pagi untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Waktu	Arah	Arus lalu lintas kendaraan bermotor (MV)								
			HV			LV			MC		
			Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam	
				LD	LW		LD	LW		LD	LW
U	Pagi	LT	3	4	4	114	114	114	201	40	80
		ST	95	124	124	652	652	652	860	172	344
		RT	5	7	7	272	272	272	412	82	165
T	Pagi	LTOR	5	7	7	197	197	197	497	99	199
		ST	34	44	44	1300	1300	1300	5262	1052	2105
B	Pagi	ST-1	4	5	5	101	101	101	395	79	158
		RT	2	3	3	46	46	46	111	22	44
		ST-2	12	16	16	141	141	141	475	95	190

sumber : hasil olahan data primer

Setelah volume lalu lintas diketahui, maka dilanjutkan dengan perhitungan rasio kendaraan berbelok yang hasil perhitungannya disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.8.d. Rasio berbelok Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Waktu	Arah	MV			Rasio kend. berbelok	
			Kend/ jam	smp/jam		P _{LT}	P _{RT}
				LD	LW		
U	Pagi	LT	318	158	198		
		ST	1607	948	1120		
		RT	689	361	443		
T	Pagi	LTOR	699	303	402	0,10	
		ST	6596	2396	3449		
B	Pagi	ST-1	501	186	265		
		RT	159	71	93		0,26
		ST-2	628	252	347		

sumber : hasil olahan data primer

b. Arus jenuh

Pada perhitungan arus jenuh dasar (S_0), jika disesuaikan dengan pengaturan lalu lintas yang ada, pada pendekatan dari arah timur diberlakukan LTOR. Namun karena jumlah kendaraan yang berbelok ke kiri jumlahnya relatif kecil dan lajur yang disediakan untuk gerakan LTOR digunakan untuk berhenti kendaraan yang akan bergerak lurus sehingga mengakibatkan kendaraan yang akan melakukan gerakan LTOR tertunda. Memperhatikan keadaan tersebut, maka dalam analisis data dianggap tidak ada gerakan LTOR dan gerakan membelok ke kiri dianggap sesuai dengan pengaturan sinyal.

Arus jenuh disesuaikan (S) dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0) untuk standard, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh disesuaikan diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor penyesuaian di lapangan, maka dapat diketahui besarnya nilai arus jenuh yang telah disesuaikan. Berikut ini akan disajikan tabel perhitungan arus jenuh untuk tiap pendekatan.

Tabel 4.9. Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal

Pendekat		W_e	Arus jenuh							
Kode	Tipe		S_0 (smp/jam)	Faktor penyesuaian				Hanya tipe P		S (smp/jam)
				F_{CS}	F_{SF}	F_G	F_P	F_{RT}	F_{LT}	
U-LT	P	6,30	3780	1,000	0,950	1,000	1,000	1,00	1,00	3591
U-ST	P	7,30	4380	1,000	0,950	1,000	1,000	1,00	1,00	4161
U-RT	P	3,20	1920	1,000	0,950	1,000	1,000	1,00	1,00	1824
T	P	7,90	4740	1,000	0,950	1,000	1,000	1,00	0,98	4413
B-1	P	4,85	2910	1,000	0,950	1,000	1,000	1,07	1,00	2963
B-2	P	3,20	1920	1,000	0,950	1,000	1,000	1,00	1,00	1824

sumber : hasil olahan data primer

c. Kapasitas simpang dan derajat kejenuhan

Dalam menentukan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk kondisi awal, harus ditentukan terlebih dahulu tipe pendekatnya apakah terlawan (O) atau terlindung (P), setelah itu ditentukan lebar efektif (W_e), nilai arus jenuh dasar (S_0), faktor-faktor penyesuaian, nilai arus jenuh yang disesuaikan (S), rasio arus (FR), rasio fase (PR). Sedangkan untuk waktu siklus disesuaikan (c) dan waktu hijau (g) digunakan data dari hasil survei. Kemudian dapat dihitung kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (DS).

Berdasarkan nilai arus jenuh yang telah disesuaikan, berikut ini disajikan tabel hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk tiap pendekat.

Tabel 4.10. Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal

Kode Pendekat	S (smp/jam)	Q (smp/jam)	g (detik)	C (smp/jam)	DS (Q/C)
U-LT	3591	158	30	1077	0,147
U-ST	4161	948	30	1248	0,759
U-RT	1824	361	30	547	0,660
T	4413	2129	35	1545	1,379
B-1	2963	256	25	741	0,346
B-2	1824	252	38	693	0,363

sumber : hasil olahan data primer

d. Antrian

Nilai panjang antrian diperoleh dari kendaraan yang tersisa pada fase sebelumnya (NQ_1) ditambah dengan jumlah kendaraan yang datang selama waktu merah (NQ_2). Nilai NQ_1 ditentukan oleh besarnya derajat kejenuhan (DS). Untuk $DS \leq 0.5$ nilai $NQ_1 = 0$, sedangkan untuk $DS > 0.5$ maka nilai NQ_1 dapat dihitung.

Nilai DS yang besar akan menghasilkan nilai NQ_1 dan NQ_2 yang besar pula. Akibat arus yang besar, juga akan berpengaruh terhadap panjang antriannya. Panjang antrian yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh nilai NQ_{MAX} tetapi juga dipengaruhi oleh lebar masuknya.

Tabel 4.11. Hasil perhitungan antrian tiap pendekat Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah kendaraan antri (smp)				QL (m)
				NQ_1	NQ_2	NQ_{TOT}	NQ_{MAX}	
U-LT	1077	0,147	0,30	0,00	3,22	3,22	4	14
U-ST	1248	0,759	0,30	1,07	23,86	24,92	35	95
U-RT	547	0,660	0,30	0,47	8,75	9,21	13	80
T	1545	1,379	0,35	294,72	74,30	369,02	513	1299
B-1	741	0,346	0,25	0,00	5,85	5,85	8	46
B-2	693	0,363	0,38	0,00	5,03	5,03	7	21

sumber : hasil olahan data primer

e. Angka henti

Angka henti (NS) merupakan jumlah berhenti rata-rata per kendaraan termasuk didalamnya berhenti berulang di dalam suatu antrian sebelum melewati suatu simpang.

Tingginya nilai angka henti disebabkan karena perbandingan jumlah kendaraan antri dengan arus lalu lintas pada suatu pendekat yang relatif besar.

Tabel 4.12. Hasil perhitungan angka henti tiap pendekat waktu puncak pagi pada Simpang Milo untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Q (smp/jam)	NQ_{TOT}	NS (stop/smp)	(N_{SV}) (smp/jam)	Kend. Terhenti rata-rata (stop/smp)
U-LT	158	3,2	0,659	104	3,29
U-ST	948	24,9	0,852	808	
U-RT	361	9,2	0,827	299	
T	2129	369,0	5,615	11956	
B-1	256	5,8	0,739	189	
B-2	252	5,0	0,647	163	

sumber : hasil olahan data primer

f. Tundaan

Tundaan yang terjadi pada simpang bersinyal dapat diakibatkan oleh lalu lintas (DT) dan tundaan akibat geometrik (DG). Tundaan akibat lalu lintas didasarkan pada gerakan masing-masing kendaraan yang secara bersama melewati simpang.

Tabel 4.13. Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal

Kode Pendekat	DT (det/smp)	DG (det/smp)	D (det/smp)	D_{TOTAL} (smp.det)	D Simpang rata-rata (detik/smp)
U-LT	25,63	2,64	28,3	4469	460,88
U-ST	34,80	3,41	38,2	36205	
U-RT	33,61	3,31	36,9	13324	
T	727,71	19,01	746,7	1590135	
B-1	30,79	3,39	34,2	8762	
B-2	22,30	2,59	24,9	6268	

sumber : hasil olahan data primer

2. Waktu puncak siang

a. Volume lalu lintas

Pada kondisi awal, arus lalu lintas yang diperhitungkan adalah arus lalu lintas yang sesuai dengan alat pengatur isyarat lalu lintas. Volume arus lalu lintas didapat dari data arus lalu lintas hasil survei lapangan yang dilakukan dengan interval 15 menit maka harus dijumlahkan terlebih dahulu masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan, sehingga diperoleh nilai total arus lalu lintas masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan. Sedangkan untuk analisis, volume lalu lintas yang

digunakan volume lalu lintas pada jam puncak. Dari hasil tabulasi data dapat diketahui bahwa jam puncak untuk kondisi awal terjadi pada jam 13.00 - 14.00.

Nilai total yang didapat dalam satuan kendaraan, maka harus dikalikan terlebih dahulu dengan nilai ekivalen mobil penumpang (emp) untuk kondisi terlindung maupun terlawan agar menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam). Hasil yang diperoleh akan disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.14.a. Volume lalu lintas Simpang Milo waktu puncak siang untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Waktu	Arah	Arus lalu lintas kendaraan bermotor (MV)								
			HV			LV			MC		
			Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam	
				LD	LW		LD	LW		LD	LW
U	Siang	LT	234	304	304	7	7	7	183	37	73
		ST	706	918	918	95	95	95	705	141	282
		RT	308	400	400	3	3	3	283	57	113
T	Siang	LTOR	150	195	195	4	4	4	178	36	71
		ST	694,7	903	903	42	42	42	1371	274	548
B	Siang	ST-1	377	490	490	29	29	29	630	126	252
		RT	86	112	112	3	3	3	49	10	20
		ST-2	276	359	359	14	14	14	779,4	156	312

sumber : hasil olahan data primer

Setelah volume lalu lintas diketahui, maka dilanjutkan dengan perhitungan rasio kendaraan berbelok yang hasil perhitungannya disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.14.b. Rasio berbelok Simpang Milo pada waktu puncak siang untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Waktu	Arah	MV			Rasio kend. berbelok	
			Kend/ jam	smp/jam		P _{LT}	P _{RT}
				LD	LW		
U	Siang	LT	424	348	384		
		ST	1506	1154	1295		
		RT	594	460	517		
T	Siang	LTOR	332	235	270	0,15	
		ST	2108	1219	1493		
B	Siang	ST-1	1036	645	771		
		RT	138	125	134		0,15
		ST-2	1069	529	685		

sumber : hasil olahan data primer

b. Arus jenuh

Pada perhitungan arus jenuh dasar (S_0), jika disesuaikan dengan pengaturan lalu lintas yang ada, pada pendekat dari arah timur diberlakukan LTOR. Namun karena jumlah kendaraan yang berbelok ke kiri jumlahnya relatif kecil dan lajur yang disediakan untuk

gerakan LTOR digunakan untuk berhenti kendaraan yang akan bergerak lurus sehingga mengakibatkan kendaraan yang akan melakukan gerakan LTOR tertunda. Memperhatikan keadaan tersebut, maka dalam analisis data dianggap tidak ada gerakan LTOR dan gerakan membelok ke kiri dianggap sesuai dengan pengaturan sinyal.

Arus jenuh disesuaikan (S) dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0) untuk standard, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh disesuaikan diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor penyesuaian di lapangan, maka dapat diketahui besarnya nilai arus jenuh yang telah disesuaikan. Berikut ini akan disajikan tabel perhitungan arus jenuh untuk tiap pendekat.

Tabel 4.15. Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan Simpang Milo pada waktu puncak siang untuk kondisi awal

Pendekat		W_e	Arus jenuh							
Kode	Tipe		S_0 (smp/jam)	Faktor penyesuaian				Hanya tipe P		S (smp/jam)
				F_{CS}	F_{SF}	F_G	F_P	F_{RT}	F_{LT}	
U-LT	P	6,30	3780	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	3591
U-ST	P	7,30	4380	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	4161
U-RT	P	3,20	1920	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1824
T	P	7,90	4740	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	0,97	4390
B-1	P	5,66	3394	1,00	0,95	1,00	1,00	1,04	1,00	3355
B-2	P	3,20	1920	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1824

sumber : hasil olahan data primer

c. Kapasitas simpang dan derajat kejenuhan

Dalam menentukan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk kondisi awal, harus ditentukan terlebih dahulu tipe pendekatnya apakah terlawan (O) atau terlindung (P), setelah itu ditentukan lebar efektif (W_e), nilai arus jenuh dasar (S_0), faktor-faktor penyesuaian, nilai arus jenuh yang disesuaikan (S), rasio arus (FR), rasio fase (PR). Sedangkan untuk waktu siklus disesuaikan (c) dan waktu hijau (g) digunakan data dari hasil survei. Kemudian dapat dihitung kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (DS).

Berdasarkan nilai arus jenuh yang telah disesuaikan, berikut ini disajikan tabel hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk tiap pendekat.

Tabel 4.16. Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Milo pada waktu puncak siang untuk kondisi awal

Kode Pendekat	S (smp/jam)	Q (smp/jam)	g (detik)	C (smp/jam)	DS (Q/C)
U-LT	3591	280	25	998	0,280
U-ST	4161	971	25	1156	0,840
U-RT	1824	369	25	507	0,727
T	4390	1214	25	1219	0,996
B-1	3355	640	25	932	0,687
B-2	1824	450	28	567	0,793

sumber : hasil olahan data primer

d. Antrian

Nilai panjang antrian diperoleh dari kendaraan yang tersisa pada fase sebelumnya (NQ_1) ditambah dengan jumlah kendaraan yang datang selama waktu merah (NQ_2). Nilai NQ_1 ditentukan oleh besarnya derajat kejenuhan (DS). Untuk $DS \leq 0.5$ nilai $NQ_1 = 0$, sedangkan untuk $DS > 0.5$ maka nilai NQ_1 dapat dihitung.

Nilai DS yang besar akan menghasilkan nilai NQ_1 dan NQ_2 yang besar pula. Akibat arus yang besar, juga akan berpengaruh terhadap panjang antriannya. Panjang antrian yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh nilai NQ_{MAX} tetapi juga dipengaruhi oleh lebar masuknya.

Tabel 4.17. Hasil perhitungan antrian tiap pendekat Simpang Milo pada waktu puncak siang untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah kendaraan antri (smp)				QL (m)
				NQ_1	NQ_2	NQ_{TOT}	NQ_{MAX}	
U-LT	998	0,280	0,28	0,00	5,48	5,48	8	24
U-ST	1156	0,840	0,28	2,07	22,85	24,93	35	95
U-RT	507	0,727	0,28	0,82	8,34	9,16	13	80
T	1219	0,996	0,28	16,15	30,31	46,46	65	163
B-1	932	0,687	0,28	0,60	14,29	14,89	21	118
B-2	567	0,793	0,31	1,38	10,29	11,68	16	48

sumber : hasil olahan data primer

e. Angka henti

Angka henti (NS) merupakan jumlah berhenti rata-rata per kendaraan termasuk didalamnya berhenti berulang di dalam suatu antrian sebelum melewati suatu simpang. Tingginya nilai angka henti disebabkan karena perbandingan jumlah kendaraan antri dengan arus lalu lintas pada suatu pendekat yang relatif besar.

Tabel 4.18. Hasil perhitungan angka henti tiap pendekat waktu puncak siang pada Simpang Milo untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Q (smp/jam)	NQ_{TOT}	NS (stop/smp)	(N_{SV}) (smp/jam)	Kend. Terhenti rata-rata (stop/smp)
U-LT	280	5,5	0,634	177	0,93
U-ST	971	24,9	0,832	808	
U-RT	369	9,2	0,806	297	
T	1214	46,5	1,240	1505	
B-1	640	14,9	0,753	482	
B-2	450	11,7	0,840	378	

sumber : hasil olahan data primer

f. Tundaan

Tundaan yang terjadi pada simpang bersinyal dapat diakibatkan oleh lalu lintas (DT) dan tundaan akibat geometrik (DG). Tundaan akibat lalu lintas didasarkan pada gerakan masing-masing kendaraan yang secara bersama melewati simpang.

Tabel 4.19. Perhitungan tundaan simpang rata-rata Simpang Milo pada waktu puncak siang untuk kondisi awal

Kode Pendekat	DT (det/smp)	DG (det/smp)	D (det/smp)	D_{TOTAL} (smp.det)	D Simpang rata-rata (detik/smp)
U-LT	25,45	2,54	28,0	7830	56,84
U-ST	37,07	3,33	40,4	39202	
U-RT	35,27	3,22	38,5	14183	
T	80,13	4,73	84,9	103049	
B-1	31,31	3,24	34,6	22129	
B-2	37,13	3,36	40,5	18226	

sumber : hasil olahan data primer

3. Waktu puncak sore

a. Volume lalu lintas

Pada kondisi awal, arus lalu lintas yang diperhitungkan adalah arus lalu lintas yang sesuai dengan alat pengatur isyarat lalu lintas. Volume arus lalu lintas didapat dari data arus lalu lintas hasil survei lapangan yang dilakukan dengan interval 15 menit maka harus dijumlahkan terlebih dahulu masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan, sehingga diperoleh nilai total arus lalu lintas masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan. Sedangkan untuk analisis, volume lalu lintas yang digunakan volume lalu lintas pada jam puncak. Dari hasil tabulasi data dapat diketahui bahwa jam puncak untuk kondisi awal terjadi pada jam 16.30 - 17.30.

Nilai total yang didapat dalam satuan kendaraan, maka harus dikalikan terlebih dahulu dengan nilai ekivalen mobil penumpang (emp) untuk kondisi terlindung maupun terlawan agar menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam). Hasil yang diperoleh akan disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.20.a. Volume lalu lintas Simpang Milo waktu puncak sore untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Waktu	Arah	Arus lalu lintas kendaraan bermotor (MV)								
			HV			LV			MC		
			Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam	
				LD	LW		LD	LW		LD	LW
U	Sore	LT	235	306	306	10	10	10	184	37	74
		ST	726	944	944	99	99	99	1237	247	495
		RT	217	282	282	0	0	0	329	66	132
T	Sore	LTOR	125	163	163	2	2	2	232	46	93
		ST	903	1174	1174	28	28	28	1933	387	773
B	Sore	ST-1	296,1	385	385	21	21	21	625,5	125	250
		RT	48	62	62	4	4	4	68	14	27
		ST-2	409,5	532	532	16	16	16	1238	248	495

sumber : hasil olahan data primer

Setelah volume lalu lintas diketahui, maka dilanjutkan dengan perhitungan rasio kendaraan berbelok yang hasil perhitungannya disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.20.b. Rasio berbelok Simpang Milo pada waktu puncak sore untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Waktu	Arah	MV			Rasio kend. berbelok	
			Kend/ jam	smp/jam		P _{LT}	P _{RT}
				LD	LW		
U	Sore	LT	429	352	389		
		ST	2062	1290	1538		
		RT	546	348	414		
T	Sore	LTOR	359	211	257	0,12	
		ST	2864	1589	1975		
B	Sore	ST-1	942,6	531	656		
		RT	120	80	94		0,12
		ST-2	1663	796	1043		

sumber : hasil olahan data primer

b. Arus jenuh

Pada perhitungan arus jenuh dasar (S_0), jika disesuaikan dengan pengaturan lalu lintas yang ada, pada pendekat dari arah timur diberlakukan LTOR. Namun karena jumlah kendaraan yang berbelok ke kiri jumlahnya relatif kecil dan lajur yang disediakan untuk gerakan LTOR digunakan untuk berhenti kendaraan yang akan bergerak lurus sehingga mengakibatkan kendaraan yang akan melakukan gerakan LTOR tertunda. Memperhatikan

keadaan tersebut, maka dalam analisis data dianggap tidak ada gerakan LTOR dan gerakan membelok ke kiri dianggap sesuai dengan pengaturan sinyal.

Arus jenuh disesuaikan (S) dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0) untuk standard, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh disesuaikan diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor penyesuaian di lapangan, maka dapat diketahui besarnya nilai arus jenuh yang telah disesuaikan. Berikut ini akan disajikan tabel perhitungan arus jenuh untuk tiap pendekat.

Tabel 4.21. Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan Simpang Milo pada waktu puncak sore untuk kondisi awal

Pendekat		W_e	Arus jenuh							
Kode	Tipe		S_0 (smp/jam)	Faktor penyesuaian				Hanya tipe P		S (smp/jam)
				F_{CS}	F_{SF}	F_G	F_P	F_{RT}	F_{LT}	
U-LT	P	6,30	3780,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	3591
U-ST	P	7,30	4380,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	4161
U-RT	P	3,20	1920,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1824
T	P	7,90	4740,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	0,98	4419
B-1	P	5,83	3498,87	1,00	0,95	1,00	1,00	1,03	1,00	3436
B-2	P	3,20	1920,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1824

sumber : hasil olahan data primer

c. Kapasitas simpang dan derajat kejenuhan

Dalam menentukan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk kondisi awal, harus ditentukan terlebih dahulu tipe pendekatnya apakah terlawan (O) atau terlindung (P), setelah itu ditentukan lebar efektif (W_e), nilai arus jenuh dasar (S_0), faktor-faktor penyesuaian, nilai arus jenuh yang disesuaikan (S), rasio arus (FR), rasio fase (PR). Sedangkan untuk waktu siklus disesuaikan (c) dan waktu hijau (g) digunakan data dari hasil survei. Kemudian dapat dihitung kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (DS).

Berdasarkan nilai arus jenuh yang telah disesuaikan, berikut ini disajikan tabel hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk tiap pendekat.

Tabel 4.22. Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Milo pada waktu puncak sore untuk kondisi awal

Kode Pendekat	S (smp/jam)	Q (smp/jam)	g (detik)	C (smp/jam)	DS (Q/C)
U-LT	3591	285	35	1257	0,227
U-ST	4161	1102	35	1456	0,757
U-RT	1824	283	35	638	0,443
T	4419	1500	35	1547	0,970
B-1	3436	515	15	515	1,000
B-2	1824	678	38	693	0,978

sumber : hasil olahan data primer

d. Antrian

Nilai panjang antrian diperoleh dari kendaraan yang tersisa pada fase sebelumnya (NQ_1) ditambah dengan jumlah kendaraan yang datang selama waktu merah (NQ_2). Nilai NQ_1 ditentukan oleh besarnya derajat kejenuhan (DS). Untuk $DS \leq 0.5$ nilai $NQ_1 = 0$, sedangkan untuk $DS > 0.5$ maka nilai NQ_1 dapat dihitung.

Nilai DS yang besar akan menghasilkan nilai NQ_1 dan NQ_2 yang besar pula. Akibat arus yang besar, juga akan berpengaruh terhadap panjang antriannya. Panjang antrian yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh nilai NQ_{MAX} tetapi juga dipengaruhi oleh lebar masuknya.

Tabel 4.23. Hasil perhitungan antrian tiap pendekat Simpang Milo pada waktu puncak sore untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah kendaraan antri (smp)				QL (m)
				NQ_1	NQ_2	NQ_{TOT}	NQ_{MAX}	
U-LT	1257	0,227	0,35	0,00	5,59	5,59	8	25
U-ST	1456	0,757	0,35	1,05	27,07	28,12	39	107
U-RT	638	0,443	0,35	0,00	6,04	6,04	8	52
T	1547	0,970	0,35	10,67	41,00	51,66	72	182
B-1	515	1,000	0,15	11,32	14,31	25,64	36	204
B-2	693	0,978	0,38	9,60	18,58	28,18	39	117

sumber : hasil olahan data primer

e. Angka henti

Angka henti (NS) merupakan jumlah berhenti rata-rata per kendaraan termasuk didalamnya berhenti berulang di dalam suatu antrian sebelum melewati suatu simpang. Tingginya nilai angka henti disebabkan karena perbandingan jumlah kendaraan antri dengan arus lalu lintas pada suatu pendekat yang relatif besar.

Tabel 4.24. Hasil perhitungan angka henti tiap pendekat waktu puncak sore pada Simpang Milo untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Q (smp/jam)	NQ_{TOT}	NS (stop/smp)	(N_{SV}) (smp/jam)	Kend. Terhenti rata-rata (stop/smp)
U-LT	285	5,6	0,635	181	1,08
U-ST	1102	28,1	0,827	911	
U-RT	283	6,0	0,692	196	
T	1500	51,7	1,116	1674	
B-1	515	25,6	1,612	831	
B-2	678	28,2	1,347	913	

sumber : hasil olahan data primer

f. Tundaan

Tundaan yang terjadi pada simpang bersinyal dapat diakibatkan oleh lalu lintas (DT) dan tundaan akibat geometrik (DG). Tundaan akibat lalu lintas didasarkan pada gerakan masing-masing kendaraan yang secara bersama melewati simpang.

Tabel 4.25. Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata Simpang Milo pada waktu puncak sore untuk kondisi awal

Kode Pendekat	DT (det/smp)	DG (det/smp)	D (det/smp)	D_{TOTAL} (smp.det)	D Simpang rata-rata (detik/smp)
U-LT	22,94	2,54	25,5	7258	74,72
U-ST	31,33	3,31	34,6	38173	
U-RT	25,00	2,77	27,8	7854	
T	56,80	4,38	61,2	91776	
B-1	121,59	5,97	127,6	65733	
B-2	80,45	5,39	85,8	58185	

sumber : hasil olahan data primer

4.2.3. Analisis data kondisi awal pada Simpang Bangkong

1. Waktu Puncak Pagi

a. Volume lalu lintas

Pada kondisi awal, arus lalu lintas yang diperhitungkan adalah arus lalu lintas yang sesuai dengan alat pengatur isyarat lalu lintas. Dalam hal ini volume kendaraan yang diperhitungkan adalah volume lalu lintas saat sinyal hijau menyala dan dilakukan waktu pagi ketika pada pendekat arah timur belum diberlakukan satu jalur mulai dari jembatan banjir kanal timur sampai dengan pendekat arah timur pada Simpang Bangkong.

Dengan berdasarkan pada Tabel 4.8.a. dapat ditentukan jumlah volume lalu lintas untuk pendekat barat arah gerakan lurus dan pendekat selatan arah gerakan belok kanan. Volume arus lalu lintas didapat dari data arus lalu lintas hasil survei lapangan yang dilakukan dengan interval 15 menit maka harus dijumlahkan terlebih dahulu masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan, sehingga diperoleh nilai total arus lalu lintas masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan. Sedangkan untuk analisis, volume lalu lintas yang digunakan volume lalu lintas pada jam puncak. Dari hasil tabulasi data dapat diketahui bahwa jam puncak untuk kondisi awal terjadi pada jam 06.30 - 07.30.

Nilai total yang didapat dalam satuan kendaraan, maka harus dikalikan terlebih dahulu dengan nilai ekivalen mobil penumpang (emp) untuk kondisi terlindung maupun terlawan agar menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam). Hasil yang diperoleh akan disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.26.a. Volume lalu lintas Simpang Bangkok waktu puncak pagi untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Waktu	Arah	Arus lalu lintas kendaraan bermotor (MV)								
			LV			HV			MC		
			Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam	
				LD	LW		LD	LW		LD	LW
S	Pagi	LTOR	248	248	248	4	5	5	183	37	73
		ST	694	694	694	5	7	7	1237	247	495
		RT	94	94	94	5	7	7	338	68	135
T	Pagi	LTOR	44	44	44	2	3	3	338	68	135
		ST	1401	1401	1401	8	10	10	3581	716	1433
		RT	363	363	363	5	7	7	855	171	342
B	Pagi	LTOR	234	234	234	6	8	8	378	76	151
		ST	188	188	188	16	21	21	559	112	223
		RT	230	230	230	14	18	18	325	65	130

sumber : hasil olahan data primer

Setelah volume lalu lintas diketahui, maka dilanjutkan dengan perhitungan rasio kendaraan berbelok yang hasil perhitungannya disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.26.b. Rasio berbelok Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Waktu	Arah	MV			Rasio kend.	
			Kend/ jam	smp/jam		berbelok	
				LD	LW	P _{LT}	P _{RT}
S	Pagi	LTOR	435	290	327	0,21	
		ST	1936	948	1195		
		RT	436	168	235		0,12
T	Pagi	LTOR	384	114	182	0,04	
		ST	4991	2128	2844		
		RT	1224	541	712		0,19
B	Pagi	LTOR	618	317	393	0,33	
		ST	763	321	433		
		RT	569	313	378		0,33

sumber : hasil olahan data primer

b. Arus jenuh

Arus jenuh disesuaikan (S) dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S₀) untuk standard, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh disesuaikan diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor penyesuaian di lapangan, maka dapat diketahui besarnya nilai arus jenuh yang telah disesuaikan. Berikut ini akan disajikan tabel perhitungan arus jenuh untuk tiap pendekat.

Tabel 4.27. Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal

Pendekat		W _e	Arus jenuh							
Kode	Tipe		S ₀ (smp/jam)	Faktor penyesuaian				Hanya tipe P		S (smp/jam)
				F _{CS}	F _{SF}	F _G	F _P	F _{RT}	F _{LT}	
S	P	7,75	4650	1,00	0,95	1,00	1,00	1,031	1,000	4554
T	P	7,73	4641	1,00	0,95	1,00	1,00	1,051	0,993	4601
B	P	4,63	2777	1,00	0,95	1,00	1,00	1,086	1,000	2864

sumber : hasil olahan data primer

c. Kapasitas simpang dan derajat kejenuhan

Dalam menentukan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk kondisi awal, harus ditentukan terlebih dahulu tipe pendekatnya apakah terlawan (O) atau terlindung (P), setelah itu ditentukan lebar efektif (W_e), nilai arus jenuh dasar (S₀), faktor-faktor

penyesuaian, nilai arus jenuh yang disesuaikan (S), rasio arus (FR), rasio fase (PR). Sedangkan untuk waktu siklus disesuaikan (c) dan waktu hijau (g) digunakan data dari hasil survei. Kemudian dapat dihitung kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (DS).

Berdasarkan nilai arus jenuh yang telah disesuaikan, berikut ini disajikan tabel perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk tiap pendekat.

Tabel 4.28. Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal

Kode Pendekat	S (smp/jam)	Q (smp/jam)	g (detik)	C (smp/jam)	DS (Q/C)
S	4554	1116	25	1139	0,980
T	4601	2783	40	1840	1,512
B	2864	634	20	573	1,107

sumber : hasil olahan data primer

d. Antrian

Nilai panjang antrian diperoleh dari kendaraan yang tersisa pada fase sebelumnya (NQ_1) ditambah dengan jumlah kendaraan yang datang selama waktu merah (NQ_2). Nilai NQ_1 ditentukan oleh besarnya derajat kejenuhan (DS). Untuk $DS \leq 0.5$ nilai $NQ_1 = 0$, sedangkan untuk $DS > 0.5$ maka nilai NQ_1 dapat dihitung .

Tabel 4.29. Hasil perhitungan antrian tiap pendekat Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah kendaraan antri (smp)				QL (m)
				NQ_1	NQ_2	NQ_{TOT}	NQ_{MAX}	
S	1139	0,980	0,25	11,78	30,79	42,56	59,16	134
T	1840	1,512	0,40	473,02	117,33	590,35	820,59	2605
B	573	1,107	0,20	35,59	18,10	53,70	74,64	216

sumber : hasil olahan data primer

Nilai DS yang besar akan menghasilkan nilai NQ_1 dan NQ_2 yang besar pula. Akibat arus yang besar, juga akan berpengaruh terhadap panjang antriannya. Panjang antrian yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh nilai NQ_{MAX} tetapi juga dipengaruhi oleh lebar masuknya.

e. Angka henti

Angka henti (NS) merupakan jumlah berhenti rata-rata per kendaraan termasuk didalamnya berhenti berulang di dalam suatu antrian sebelum melewati suatu simpang.

Tingginya nilai angka henti disebabkan karena perbandingan jumlah kendaraan antri dengan arus lalu lintas pada suatu pendekat yang relatif besar.

Tabel 4.30. Hasil perhitungan angka henti tiap pendekat waktu puncak pagi pada Simpang Bangkong untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Q (smp/jam)	NQ_{TOT}	NS (stop/smp)	(N_{SV}) (smp/jam)	Kend. Terhenti rata-rata (stop/smp)
S	1116	43	1,236	1379	4,33
T	2783	590	6,874	19127	
B	634	54	2,743	1740	

sumber : hasil olahan data primer

f. Tundaan

Tundaan yang terjadi pada simpang bersinyal dapat diakibatkan oleh lalu lintas (DT) dan tundaan akibat geometrik (DG). Tundaan akibat lalu lintas didasarkan pada gerakan masing-masing kendaraan yang secara bersama melewati simpang.

Tabel 4.31. Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata Simpang Bangkong pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal

Kode Pendekat	DT (det/smp)	DG (det/smp)	D (det/smp)	D_{TOTAL} (smp.det)	D Simpang rata-rata (detik/smp)
S	74,5	4,5	79,0	88112	838,05
T	970,8	19,2	990,0	2754699	
B	264,8	4,0	268,9	170510	

sumber : hasil olahan data primer

2. Waktu Puncak Siang

a. Volume lalu lintas

Pada kondisi awal, arus lalu lintas yang diperhitungkan adalah arus lalu lintas yang sesuai dengan alat pengatur isyarat lalu lintas. Pada kondisi awal, arus lalu lintas yang diperhitungkan adalah arus lalu lintas yang sesuai dengan alat pengatur isyarat lalu lintas. Volume arus lalu lintas didapat dari data arus lalu lintas hasil survei lapangan yang dilakukan dengan interval 15 menit maka harus dijumlahkan terlebih dahulu masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan, sehingga diperoleh nilai total arus lalu lintas masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan. Sedangkan untuk analisis, volume lalu lintas yang digunakan volume lalu lintas pada jam puncak. Dari hasil tabulasi data dapat diketahui bahwa jam puncak untuk kondisi awal terjadi pada jam 13.00 - 14.00.

Nilai total yang didapat dalam satuan kendaraan, maka harus dikalikan terlebih dahulu dengan nilai ekivalen mobil penumpang (emp) untuk kondisi terlindung maupun terlawan agar menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam). Hasil yang diperoleh akan disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.32.a. Volume lalu lintas Simpang Bangkok waktu puncak siang untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Waktu	Arah	Arus lalu lintas kendaraan bermotor (MV)								
			LV			HV			MC		
			Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam	
				LD	LW		LD	LW		LD	LW
S	Siang	LTOR	50,35	50	50	3	4	4	119,4	24	48
		ST	755,1	755	755	17	22	22	1287	257	515
		RT	102	102	102	8	10	10	399,6	80	160
T	Siang	LTOR	55	55	55	5	7	7	96,7	19	39
		ST	721,6	722	722	24	31	31	1080	216	432
		RT	198,6	199	199	14	18	18	282,6	57	113
B	Siang	LTOR	419,5	419	419	7	9	9	425,5	85	170
		ST	599,8	600	600	39	51	51	981,8	196	393
		RT	135	135	135	3	4	4	294,3	59	118

sumber : hasil olahan data primer

Setelah volume lalu lintas diketahui, maka dilanjutkan dengan perhitungan rasio kendaraan berbelok yang hasil perhitungannya disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.32.b. Rasio berbelok Simpang Bangkok pada waktu puncak siang untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Waktu	Arah	MV			Rasio kend. berbelok	
			Kend/ jam	smp/jam		P _{LT}	P _{RT}
				LD	LW		
S	Siang	LTOR	173	78	102	0,06	
		ST	2059	1035	1292		
		RT	510	192	272		0,15
T	Siang	LTOR	157	81	100	0,06	
		ST	1825	969	1185		
		RT	495	273	330		0,21
B	Siang	LTOR	852	514	599	0,33	
		ST	1621	847	1043		
		RT	432	198	257		0,13

sumber : hasil olahan data primer

b. Arus jenuh

Arus jenuh disesuaikan (S) dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S₀) untuk standard, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi

sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh disesuaikan diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor penyesuaian di lapangan, maka dapat diketahui besarnya nilai arus jenuh yang telah disesuaikan. Berikut ini akan disajikan tabel perhitungan arus jenuh untuk tiap pendekat.

Tabel 4.33. Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan Simpang Bangkong pada waktu puncak siang untuk kondisi awal

Pendekat		We	Arus jenuh							
Kode	Tipe		S ₀ (smp/jam)	Faktor penyesuaian				Hanya tipe P		S (smp/jam)
				F _{CS}	F _{SF}	F _G	F _P	F _{RT}	F _{LT}	
S	P	7,50	4502	1,00	0,95	1,00	1,00	1,04	1,00	4441
T	P	7,62	4570	1,00	0,95	1,00	1,00	1,05	0,99	4530
B	P	6,02	3615	1,00	0,95	1,00	1,00	1,03	1,00	3547

sumber : hasil olahan data primer

c. Kapasitas simpang dan derajat kejenuhan

Dalam menentukan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk kondisi awal, harus ditentukan terlebih dahulu tipe pendekatnya apakah terlawan (O) atau terlindung (P), setelah itu ditentukan lebar efektif (We), nilai arus jenuh dasar (So), faktor-faktor penyesuaian, nilai arus jenuh yang disesuaikan (S), rasio arus (FR), rasio fase (PR). Sedangkan untuk waktu siklus disesuaikan (c) dan waktu hijau (g) digunakan data dari hasil survei. Kemudian dapat dihitung kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (DS).

Berdasarkan nilai arus jenuh yang telah disesuaikan, berikut ini disajikan tabel perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk tiap pendekat.

Tabel 4.34. Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Bangkong pada waktu puncak siang untuk kondisi awal

Kode Pendekat	S (smp/jam)	Q (smp/jam)	g (detik)	C (smp/jam)	DS (Q/C)
S	4441	1227	25	1233	0,995
T	4530	1323	25	1258	1,051
B	3547	1045	25	985	1,060

sumber : hasil olahan data primer

d. Antrian

Nilai panjang antrian diperoleh dari kendaraan yang tersisa pada fase sebelumnya (NQ₁) ditambah dengan jumlah kendaraan yang datang selama waktu merah (NQ₂). Nilai

NQ_1 ditentukan oleh besarnya derajat kejenuhan (DS). Untuk $DS \leq 0.5$ nilai $NQ_1 = 0$, sedangkan untuk $DS > 0.5$ maka nilai NQ_1 dapat dihitung .

Tabel 4.35. Hasil perhitungan antrian tiap pendekat Simpang Bangkong pada waktu puncak siang untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah kendaraan antri (smp)				QL (m)
				NQ_1	NQ_2	NQ_{TOT}	NQ_{MAX}	
S	1233	0,995	0,28	15,91	30,61	46,52	64,66	147
T	1258	1,051	0,28	40,77	33,74	74,51	103,57	216
B	985	1,060	0,28	37,05	26,73	63,78	88,66	257

sumber : hasil olahan data primer

Nilai DS yang besar akan menghasilkan nilai NQ_1 dan NQ_2 yang besar pula. Akibat arus yang besar, juga akan berpengaruh terhadap panjang antriannya. Panjang antrian yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh nilai NQ_{MAX} tetapi juga dipengaruhi oleh lebar masuknya.

e. Angka henti

Angka henti (NS) merupakan jumlah berhenti rata-rata per kendaraan termasuk didalamnya berhenti berulang di dalam suatu antrian sebelum melewati suatu simpang. Tingginya nilai angka henti disebabkan karena perbandingan jumlah kendaraan antri dengan arus lalu lintas pada suatu pendekat yang relatif besar.

Tabel 4.36. Hasil perhitungan jumlah kendaraan terhenti tiap pendekat waktu puncak siang pada Simpang Bangkong untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Q (smp/jam)	NQ_{TOT}	NS (stop/smp)	(N_{SV}) (smp/jam)	Kend. Terhenti rata-rata (stop/smp)
S	1227	47	1,365	1675	1,59
T	1323	75	2,028	2682	
B	1045	64	2,198	2296	

sumber : hasil olahan data primer

f. Tundaan

Tundaan yang terjadi pada simpang bersinyal dapat diakibatkan oleh lalu lintas (DT) dan tundaan akibat geometrik (DG). Tundaan akibat lalu lintas didasarkan pada gerakan masing-masing kendaraan yang secara bersama melewati simpang.

Tabel 4.37. Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata Simpang Bangkong pada waktu puncak siang untuk kondisi awal

Kode Pendekat	DT (det/smp)	DG (det/smp)	D (det/smp)	D _{TOTAL} (smp.det)	D Simpang rata-rata (detik/smp)
S	78,9	5,0	83,9	102898	137,52
T	149,8	6,5	156,3	206708	
B	168,6	5,5	174,1	181899	

sumber : hasil olahan data primer

3. Waktu Puncak Sore

a. Volume lalu lintas

Pada kondisi awal, arus lalu lintas yang diperhitungkan adalah arus lalu lintas yang sesuai dengan alat pengatur isyarat lalu lintas. Volume arus lalu lintas didapat dari data arus lalu lintas hasil survei lapangan yang dilakukan dengan interval 15 menit maka harus dijumlahkan terlebih dahulu masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan, sehingga diperoleh nilai total arus lalu lintas masing-masing jenis kendaraan dan arah pergerakan. Sedangkan untuk analisis, digunakan volume lalu lintas pada jam puncak. Dari hasil tabulasi data dapat diketahui bahwa jam puncak untuk kondisi awal terjadi pada jam 16.00 - 17.00.

Nilai total yang didapat dalam satuan kendaraan, maka harus dikalikan terlebih dahulu dengan nilai ekivalen mobil penumpang (emp) untuk kondisi terlindung maupun terlawan agar menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam). Hasil yang diperoleh akan disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.38.a. Volume lalu lintas Simpang Bangkong waktu puncak sore untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Waktu	Arah	Arus lalu lintas kendaraan bermotor (MV)								
			LV			HV			MC		
			Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam	
				LD	LW		LD	LW		LD	LW
S	Sore	LTOR	49,29	49	49	0	0	0	196,4	39	79
		ST	486,4	486	486	13	17	17	848	170	339
		RT	165,7	166	166	5	7	7	332,8	67	133
T	Sore	LTOR	37	37	37	5	7	7	135,6	27	54
		ST	806,5	806	806	18	23	23	1644	329	658
		RT	246,3	246	246	3	4	4	436,8	87	175
B	Sore	LTOR	135,9	136	136	7	9	9	315,2	63	126
		ST	508,3	508	508	35	46	46	1291	258	517
		RT	123,7	124	124	7	9	9	174,4	35	70

sumber : hasil olahan data primer

Setelah volume lalu lintas diketahui, maka dilanjutkan dengan perhitungan rasio kendaraan berbelok yang hasil perhitungannya disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.38.b. Rasio berbelok Simpang Bangkong pada waktu puncak sore untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Waktu	Arah	MV			Rasio kend. berbelok	
			Kend/jam	smp/jam		P _{LT}	P _{RT}
				LD	LW		
S	Sore	LTOR	246	89	128	0,09	
		ST	1347	673	843		
		RT	504	239	305		0,24
T	Sore	LTOR	178	71	98	0,05	
		ST	2469	1159	1488		
		RT	686	338	425		0,22
B	Sore	LTOR	458	208	271	0,18	
		ST	1835	812	1070		
		RT	305	168	203		0,14

sumber : hasil olahan data primer

b. Arus jenuh

Arus jenuh disesuaikan (S) dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S₀) untuk standard, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh disesuaikan diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor penyesuaian di lapangan, maka dapat diketahui besarnya nilai arus jenuh yang telah disesuaikan. Berikut ini akan disajikan tabel perhitungan arus jenuh untuk tiap pendekat.

Tabel 4.39. Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan di Simpang Bangkong pada waktu puncak sore untuk kondisi awal

Pendekat		W _e	Arus jenuh							
Kode	Tipe		S ₀ (smp/jam)	Faktor penyesuaian				Hanya tipe P		S (smp/jam)
				F _{CS}	F _{SF}	F _G	F _P	F _{RT}	F _{LT}	
S	P	6,70	4020	1,00	0,95	1,00	1,00	1,06	1,00	4056
T	P	7,53	4519	1,00	0,95	1,00	1,00	1,06	1,00	4534
B	P	5,93	3556	1,00	0,95	1,00	1,00	1,04	1,00	3502

sumber : hasil olahan data primer

c. Kapasitas simpang dan derajat kejenuhan

Dalam menentukan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk kondisi awal, harus ditentukan terlebih dahulu tipe pendekatnya apakah terlawan (O) atau terlindung (P),

setelah itu ditentukan lebar efektif (W_e), nilai arus jenuh dasar (S_o), faktor-faktor penyesuaian, nilai arus jenuh yang disesuaikan (S), rasio arus (FR), rasio fase (PR). Sedangkan untuk waktu siklus disesuaikan (c) dan waktu hijau (g) digunakan data dari hasil survei. Kemudian dapat dihitung kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (DS).

Berdasarkan nilai arus jenuh yang telah disesuaikan, berikut ini disajikan tabel perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk tiap pendekat.

Tabel 4.40. Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Bangkong pada waktu puncak sore untuk kondisi awal

Kode Pendekat	S (smp/jam)	Q (smp/jam)	g (detik)	C (smp/jam)	DS (Q/C)
S	4056	912	25	1014	0,899
T	4534	1496	35	1587	0,943
B	3502	980	25	875	1,119

sumber : hasil olahan data primer

d. Antrian

Nilai panjang antrian diperoleh dari kendaraan yang tersisa pada fase sebelumnya (NQ_1) ditambah dengan jumlah kendaraan yang datang selama waktu merah (NQ_2). Nilai NQ_1 ditentukan oleh besarnya derajat kejenuhan (DS). Untuk $DS \leq 0.5$ nilai $NQ_1 = 0$, sedangkan untuk $DS > 0.5$ maka nilai NQ_1 dapat dihitung .

Tabel 4.41. Hasil perhitungan antrian tiap pendekat Simpang Bangkong pada waktu puncak sore untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah kendaraan antri (smp)				QL (m)
				NQ_1	NQ_2	NQ_{TOT}	NQ_{MAX}	
S	1014	0,899	0,25	3,69	24,50	28,19	39,19	89
T	1587	0,943	0,35	6,76	40,33	47,09	65,46	136
B	875	1,119	0,25	56,93	28,34	85,27	118,52	344

sumber : hasil olahan data primer

Nilai DS yang besar akan menghasilkan nilai NQ_1 dan NQ_2 yang besar pula. Akibat arus yang besar, juga akan berpengaruh terhadap panjang antriannya. Panjang antrian yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh nilai NQ_{MAX} tetapi juga dipengaruhi oleh lebar masuknya.

e. Angka henti

Angka henti (NS) merupakan jumlah berhenti rata-rata per kendaraan termasuk didalamnya berhenti berulang di dalam suatu antrian sebelum melewati suatu simpang.

Tingginya nilai angka henti disebabkan karena perbandingan jumlah kendaraan antri dengan arus lalu lintas pada suatu pendekat yang relatif besar.

Tabel 4.42. Hasil perhitungan angka henti tiap pendekat waktu puncak sore pada Simpang Bangkong untuk kondisi awal

Kode Pendekat	Q (smp/jam)	$N_{Q_{TOT}}$	NS (stop/smp)	(N_{SV}) (smp/jam)	Kend. Terhenti rata-rata (stop/smp)
S	912	28	1,002	913	1,39
T	1496	47	1,020	1526	
B	980	85	2,820	2763	

sumber : hasil olahan data primer

f. Tundaan

Tundaan yang terjadi pada simpang bersinyal dapat diakibatkan oleh lalu lintas (DT) dan tundaan akibat geometrik (DG). Tundaan akibat lalu lintas didasarkan pada gerakan masing-masing kendaraan yang secara bersama melewati simpang.

Tabel 4.43. Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata Simpang Bangkong pada waktu puncak sore untuk kondisi awal

Kode Pendekat	DT (det/smp)	DG (det/smp)	D (det/smp)	D_{TOTAL} (smp.det)	D Simpang rata-rata (detik/smp)
S	49,4	4,0	53,4	48681	111,77
T	46,9	4,0	50,9	76205	
B	273,1	7,8	281,0	275288	

sumber : hasil olahan data primer

4.2.4. Analisis data kondisi terbangun waktu puncak pagi pada Simpang Milo

1. Volume lalu lintas

Pada kondisi terbangun, arus lalu lintas yang diperhitungkan adalah arus lalu lintas yang diatur dengan alat pengatur isyarat lalu lintas serta pengaturan lalu lintas yang dilakukan selain oleh alat pengatur isyarat lalu lintas. Pada waktu puncak pagi, pengaturan lalu lintas yang dilakukan adalah pada pendekat arah timur diberlakukan satu jalur mulai dari jembatan banjir kanal timur sampai dengan pendekat arah timur pada Simpang Bangkong.

Volume arus lalu lintas didapat dari data arus lalu lintas hasil survei lapangan yang dilakukan dengan interval 15 menit maka harus dijumlahkan terlebih dahulu masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan, sehingga diperoleh nilai total arus lalu lintas masing-masing jenis kendaraan dan arah pergerakan. Sedangkan untuk

analisis digunakan volume lalu lintas pada jam puncak. Dari hasil tabulasi data dapat diketahui bahwa jam puncak untuk kondisi awal terjadi pada jam 06.15-07.15.

Nilai total yang didapat dalam satuan kendaraan, maka harus dikalikan terlebih dahulu dengan nilai ekivalen mobil penumpang (emp) untuk kondisi terlindung maupun terlawan agar menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam). Hasil yang diperoleh akan disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.44.a. Volume lalu lintas di Simpang Milo waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Kode Pendekat	Waktu	Arah	Arus lalu lintas kendaraan bermotor (MV)								
			HV			LV			MC		
			Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam	
				LD	LW		LD	LW		LD	LW
U	Pagi	ST	95	124	124	652	652	652	860	172	344
		RT	5	7	7	272	272	272	412	82	165
T	Pagi	LT	5	7	7	197	197	197	497	99	199
		ST	34	44	44	1300	1300	1300	3929	786	1571

sumber : hasil olahan data primer

Setelah volume lalu lintas diketahui, maka dilanjutkan dengan perhitungan rasio kendaraan berbelok yang hasil perhitungannya disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.44.b. Rasio berbelok di Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Kode Pendekat	Waktu	Arah	MV			Rasio kend. berbelok	
			Kend/ jam	smp/jam		P _{LT}	P _{RT}
				LD	LW		
U	Pagi	ST	1607	948	1120		
		RT	689	361	443		
T	Pagi	LT	699	303	402	0,12	
		ST	5262	2129	2915		

sumber : hasil olahan data primer

hasil perhitungan tersebut akan digunakan untuk melakukan perhitungan arus jenuh yang disesuaikan.

2. Arus jenuh

Arus jenuh disesuaikan (S) dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_o) untuk standard, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh disesuaikan diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor penyesuaian di lapangan, maka dapat diketahui besarnya nilai arus jenuh yang telah disesuaikan. Berikut ini akan disajikan tabel perhitungan arus jenuh untuk tiap pendekat.

Tabel 4.45. Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan di Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Pendekat		W_e	Arus jenuh							
Kode	Tipe		S_0 (smp/jam)	Faktor penyesuaian				Hanya tipe P		S (smp/jam)
				F_{CS}	F_{SF}	F_G	F_P	F_{RT}	F_{LT}	
U-ST	P	13,60	8160	1,00	0,95	1,00	1,00	1,000	1,000	7752
U-RT	P	3,20	1920	1,00	0,95	1,00	1,00	1,000	1,000	1824
T	P	9,55	5730	1,00	0,95	1,00	1,00	1,000	1,000	5444

sumber : hasil olahan data primer

3. Kapasitas simpang dan derajat kejenuhan

Dalam menentukan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk kondisi awal, harus ditentukan terlebih dahulu tipe pendekatnya apakah terlawan (O) atau terlindung (P), setelah itu ditentukan lebar efektif (W_e), nilai arus jenuh dasar (S_0), faktor-faktor penyesuaian, nilai arus jenuh yang disesuaikan (S), rasio arus (FR), rasio fase (PR). Sedangkan untuk waktu siklus disesuaikan (c) dan waktu hijau (g) digunakan data dari hasil survei. Kemudian dapat dihitung kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (DS).

Berdasarkan nilai arus jenuh yang telah disesuaikan, berikut ini disajikan tabel perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk tiap pendekat.

Tabel 4.46. Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan di Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Kode Pendekat	S (smp/jam)	Q (smp/jam)	g (detik)	C (smp/jam)	DS (Q/C)
U-ST	7752	948	30	2326	0,407
U-RT	1824	361	30	547	0,660
T	5444	2915	60	3266	0,893

sumber : hasil olahan data primer

4. Antrian

Nilai panjang antrian diperoleh dari kendaraan yang tersisa pada fase sebelumnya (NQ_1) ditambah dengan jumlah kendaraan yang datang selama waktu merah (NQ_2). Nilai NQ_1 ditentukan oleh besarnya derajat kejenuhan (DS). Untuk $DS \leq 0.5$ nilai $NQ_1 = 0$, sedangkan untuk $DS > 0.5$ maka nilai NQ_1 dapat dihitung .

Tabel 4.47. Hasil perhitungan antrian tiap pendekat di Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Kode Pendekat	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah kendaraan antri (smp)				QL (m)
				NQ ₁	NQ ₂	NQ _{TOT}	NQ _{MAX}	
U-ST	2326	0,407	0,30	0,00	20,99	20,99	29	43
U-RT	547	0,660	0,30	0,47	8,75	9,21	13	80
T	3266	0,893	0,60	3,58	69,74	73,32	102	213

sumber : hasil olahan data primer

Nilai DS yang besar akan menghasilkan nilai NQ₁ dan NQ₂ yang besar pula. Akibat arus yang besar, juga akan berpengaruh terhadap panjang antriannya. Panjang antrian yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh nilai NQ_{MAX} tetapi juga dipengaruhi oleh lebar masuknya.

5. Angka henti

Angka henti (NS) merupakan jumlah berhenti rata-rata per kendaraan termasuk didalamnya berhenti berulang di dalam suatu antrian sebelum melewati suatu simpang. Tingginya nilai angka henti disebabkan karena perbandingan jumlah kendaraan antri dengan arus lalu lintas pada suatu pendekat yang relatif besar.

Tabel 4.48. Perhitungan jumlah kendaraan terhenti tiap pendekat waktu puncak pagi pada Simpang Milo untuk kondisi terbangun

Kode Pendekat	Q (smp/jam)	NQ _{TOT}	NS (stop/smp)	(N _{SV}) (smp/jam)	Kend. Terhenti rata-rata (stop/smp)
U-ST	948	21,0	0,718	680	0,74
U-RT	361	9,2	0,827	299	
T	2915	73,3	0,815	2376	

sumber : hasil olahan data primer

6. Tundaan

Tundaan yang terjadi pada simpang bersinyal dapat diakibatkan oleh lalu lintas (DT) dan tundaan akibat geometrik (DG). Tundaan akibat lalu lintas didasarkan pada gerakan masing-masing kendaraan yang secara bersama melewati simpang.

Tabel 4.49. Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata di Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Kode Pendekat	DT (det/smp)	DG (det/smp)	D (det/smp)	D _{TOTAL} (smp.det)	D Simpang rata-rata (detik/smp)
U-ST	27,91	2,87	30,8	29166	32,18
U-RT	33,61	3,31	36,9	13324	
T	21,17	3,36	24,5	71527	

sumber : hasil olahan data primer

4.2.5. Analisis data kondisi terbangun waktu puncak pagi pada Simpang Bangkong

1. Volume lalu lintas

Pada kondisi terbangun, arus lalu lintas yang diperhitungkan adalah arus lalu lintas yang diatur dengan alat pengatur isyarat lalu lintas serta pengaturan lalu lintas yang dilakukan selain oleh alat pengatur isyarat lalu lintas. Pada waktu puncak pagi, pengaturan lalu lintas yang dilakukan adalah pada pendekat arah timur diberlakukan satu jalur mulai dari jembatan banjir kanal timur sampai dengan pendekat arah timur pada Simpang Bangkong.

Volume arus lalu lintas didapat dari data arus lalu lintas hasil survei lapangan yang dilakukan dengan interval 15 menit maka harus dijumlahkan terlebih dahulu masing-masing jenis kendaraan untuk masing-masing arah pergerakan, sehingga diperoleh nilai total arus lalu lintas masing-masing jenis kendaraan dan arah pergerakan. Sedangkan untuk analisis digunakan volume lalu lintas pada jam puncak. Dari hasil tabulasi data dapat diketahui bahwa jam puncak untuk kondisi awal terjadi pada jam 06.30-07.30.

Nilai total yang didapat dalam satuan kendaraan, maka harus dikalikan terlebih dahulu dengan nilai ekivalen mobil penumpang (emp) untuk kondisi terlindung maupun terlawan agar menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam). Hasil yang diperoleh akan disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4.50.a. Volume lalu lintas Simpang Bangkong waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Kode Pendekat	Waktu	Arah	Arus lalu lintas kendaraan bermotor (MV)								
			LV			HV			MC		
			Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam		Kend/ jam	smp/jam	
				LD	LW		LD	LW		LD	LW
S	Pagi	LTOR	248	248	248	4	5	5	183	37	73
		ST	788	788	788	10	13	13	1575	315	630
T	Pagi	LTOR	44	44	44	2	3	3	338	68	135
		ST	1401	1401	1401	8	10	10	3581	716	1433
		RT	363	363	363	5	7	7	855	171	342
B	Pagi	LTOR	422	422	422	22	29	29	937	187	375
		RT	230	230	230	14	18	18	325	65	130

sumber : hasil olahan data primer

Setelah volume lalu lintas diketahui, maka dilanjutkan dengan perhitungan rasio kendaraan berbelok yang hasil perhitungannya disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.50.b. Rasio berbelok di Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Kode Pendekat	Waktu	Arah	MV			Rasio kend.	
			Kend/ jam	smp/jam		berbelok	
				LD	LW	P _{LT}	P _{RT}
S	Pagi	LTOR	435	290	327	0,21	
		ST	2373	1116	1431		
T	Pagi	LTOR	384	114	182	0,05	
		ST	4991	2128	2844		
		RT	1224	541	712		
B	Pagi	LTOR	1381	638	825	0,67	
		RT	569	313	378		0,33

sumber : hasil olahan data primer

Hasil perhitungan tersebut kan digunakan untuk melakukan perhitungan arus jenuh yang disesuaikan.

2. Arus jenuh

Arus jenuh disesuaikan (S) dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S₀) untuk standard, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh disesuaikan diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Berdasarkan nilai arus jenuh dasar dan faktor-faktor penyesuaian di lapangan, maka dapat diketahui besarnya nilai arus jenuh yang telah disesuaikan. Berikut ini akan disajikan hasil perhitungan arus jenuh untuk tiap pendekat.

Tabel 4.51. Hasil perhitungan arus jenuh yang disesuaikan di Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Pendekat		W _e	Arus jenuh							
Kode	Tipe		S ₀ (smp/jam)	Faktor penyesuaian				Hanya tipe P		S (smp/jam)
				F _{CS}	F _{SF}	F _G	F _P	F _{RT}	F _{LT}	
S	P	8,80	5280	1,00	0,95	1,00	1,00	1,000	1,000	5016
T-ST	P	9,60	5760	1,00	0,95	1,00	1,00	1,000	0,992	5427
T-RT	P	8,30	4980	1,00	0,95	1,00	1,00	1,000	1,000	4731
B	P	4,63	2777	1,00	0,95	1,00	1,00	1,086	1,000	2864

sumber : hasil olahan data primer

3. Kapasitas simpang dan derajat kejenuhan

Dalam menentukan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk kondisi awal, harus ditentukan terlebih dahulu tipe pendekatnya apakah terlawan (O) atau terlindung (P),

setelah itu ditentukan lebar efektif (W_e), nilai arus jenuh dasar (S_0), faktor-faktor penyesuaian, nilai arus jenuh yang disesuaikan (S), rasio arus (FR), rasio fase (PR). Sedangkan untuk waktu siklus disesuaikan (c) dan waktu hijau (g) digunakan data dari hasil survei. Kemudian dapat dihitung kapasitas (C) dan derajat kejenuhan (DS).

Berdasarkan nilai arus jenuh yang telah disesuaikan, berikut ini disajikan tabel hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk tiap pendekat.

Tabel 4.52. Hasil perhitungan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan Simpang Bangkong pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Kode Pendekat	S (smp/jam)	Q (smp/jam)	g (detik)	C (smp/jam)	DS (Q/C)
S	5016	1116	25	1254	0,890
T-ST	5427	2242	40	2171	1,033
T-RT	4731	541	40	1892	0,286
B	2864	313	20	573	0,547

sumber : hasil olahan data primer

4. Antrian

Nilai panjang antrian diperoleh dari kendaraan yang tersisa pada fase sebelumnya (NQ_1) ditambah dengan jumlah kendaraan yang datang selama waktu merah (NQ_2). Nilai NQ_1 ditentukan oleh besarnya derajat kejenuhan (DS). Untuk $DS \leq 0.5$ nilai $NQ_1 = 0$, sedangkan untuk $DS > 0.5$ maka nilai NQ_1 dapat dihitung .

Tabel 4.53. Hasil perhitungan antrian tiap pendekat di Simpang Bangkong pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Kode Pendekat	Kapasitas	Derajat Kejenuhan	Rasio Hijau	Jumlah kendaraan antri (smp)				QL (m)
				NQ_1	NQ_2	NQ_{TOT}	NQ_{MAX}	
S	1254	0,890	0,25	3,37	29,89	33,27	46,24	105
T-ST	2171	1,033	0,40	47,61	63,66	111,27	154,66	322
T-RT	1892	0,286	0,40	0,00	10,17	10,17	14,14	34
B	573	0,547	0,20	0,10	7,82	7,92	11,01	32

sumber : hasil olahan data primer

Nilai DS yang besar akan menghasilkan nilai NQ_1 dan NQ_2 yang besar pula. Akibat arus yang besar, juga akan berpengaruh terhadap panjang antriannya. Panjang antrian yang terjadi tidak hanya dipengaruhi oleh nilai NQ_{MAX} tetapi juga dipengaruhi oleh lebar masuknya.

5. Angka henti

Angka henti (NS) merupakan jumlah berhenti rata-rata per kendaraan termasuk didalamnya berhenti berulang di dalam suatu antrian sebelum melewati suatu simpang. Tingginya nilai angka henti disebabkan karena perbandingan jumlah kendaraan antri dengan arus lalu lintas pada suatu pendekat yang relatif besar.

Tabel 4.54. Hasil perhitungan jumlah kendaraan terhenti tiap pendekat waktu puncak pagi pada Simpang Bangkong untuk kondisi terbangun

Kode Pendekat	Q (smp/jam)	NQ_{TOT}	NS (stop/smp)	(N_{SV}) (smp/jam)	Kend. Terhenti rata-rata (stop/smp)
S	1116	33	0,966	1078	1,03
T-ST	2242	111	1,608	3605	
T-RT	541	10	0,610	330	
B	313	8	0,819	257	

sumber : hasil olahan data primer

6. Tundaan

Tundaan yang terjadi pada simpang bersinyal dapat diakibatkan oleh lalu lintas (DT) dan tundaan akibat geometrik (DG). Tundaan akibat lalu lintas didasarkan pada gerakan masing-masing kendaraan yang secara bersama melewati simpang.

Tabel 4.55. Hasil perhitungan tundaan simpang rata-rata di Simpang Bangkong pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Kode Pendekat	DT (det/smp)	DG (det/smp)	D (det/smp)	D_{TOTAL} (smp.det)	D Simpang rata-rata (detik/smp)
S	45,8	3,9	49,8	55515	96,10
T-ST	109,6	6,2	115,9	259745	
T-RT	20,3	2,4	22,8	12306	
B	36,6	4,4	40,9	12827	

sumber : hasil olahan data primer

4.2.6. Kecepatan tempuh dan kebutuhan bahan bakar minyak

Penggunaan bakar secara optimal adalah salah satu hal yang senantiasa diinginkan oleh pemakai jalan yang menggunakan kendaraan bermotor. Namun demikian, untuk dapat menghemat bahan bakar dipengaruhi oleh banyak faktor yang antara lain adalah kondisi lalu lintas serta kecepatan. Pemakaian bahan bakar dapat mencapai suatu kondisi tersebut apabila kondisi lalu lintas lancar dan kendaraan berjalan pada kecepatan konstan dalam arti tidak terjadi akselerasi maupun deselerasi yang frekuensinya sering. Selain hal tersebut, optimalisasi dalam pemakaian bahan bakar juga dipengaruhi oleh kondisi kendaraan, geometrik jalan dan lain sebagainya.

Kecepatan tempuh diperoleh dengan hasil perbandingan antara jarak tempuh dengan waktu tempuh yang dirumuskan seperti berikut ini.

$$V = \frac{S}{t}$$

dengan keterangan :

V = kecepatan (km/jam)

S = jarak (km)

t = waktu (jam)

1. Jalan MT. Haryono - Jembatan Banjir Kanal Timur

Dari hasil perhitungan tundaan dapat diketahui tundaan yang terjadi pada masing-masing pendekat di Simpang Bangkok dan Simpang Milo. Nilai tundaan tersebut digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan bakar minyak untuk meninggalkan masing-masing pendekat. Sedangkan dari data hasil survei waktu perjalanan diperoleh data berupa jarak dan waktu tempuh yang selanjutnya akan dikonversi menjadi data kecepatan *link* untuk menempuh rute dari Jalan MT. Haryono sampai di Jembatan banjir kanal. Kecepatan tempuh diperoleh dari hasil perbandingan antara jarak tempuh dengan waktu tempuh sehingga kecepatan untuk menempuh rute dari Jalan MT. Haryono sampai di Jembatan banjir kanal timur yang hasilnya seperti berikut ini.

Tabel 4.56.a. Hasil perhitungan kecepatan tempuh pada rute Jalan MT. Haryono - Jembatan Banjir Kanal Timur

Indikator	Asal/tujuan	Jarak	Waktu (detik)				Kecepatan tempuh (km/jam)			
			Pagi		Siang	Sore	Pagi		Siang	Sore
			Terbgn	Awal			Terbgn	Awal		
Tundaan	S2-S3		49,76	78,97	83,86	53,40				
	S1-B			24,89	40,50	85,84				
Waktu Tempuh	S2-S3 ke S1-B	270,00		23,69	25,57	26,73		41,03	38,02	36,37
	S2-S3 ke Jembatan BKT	2.127,30	221,05				34,65			
	S1-B ke Jembatan BKT	532,00		51,36	61,05	63,23		37,29	31,37	30,29

sumber : hasil olahan data primer

Setelah kecepatan antar *link* diketahui, maka dilanjutkan dengan menghitung kebutuhan bahan bakar minyak ketika kendaraan berjalan dengan kecepatan konstan, saat akselerasi dan saat *idle* dengan berdasarkan pada tundaan rata-rata yang terjadi pada pendekat selatan Simpang Bangkok. Formulasi yang digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan bakar adalah formulasi dari LAPI-ITB yang telah dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang. Hasil perhitungan disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.56.b. Hasil perhitungan kebutuhan BBM pada rute jalan MT. Haryono - Jembatan Banjir Kanal Timur

Indikator	Asal/tujuan	Kebutuhan BBM (liter/smp)			
		Pagi		Siang	Sore
		Terbgn	Awal		
Tundaan	S2-S3	0,019	0,031	0,033	0,021
	S1-B		0,010	0,016	0,033
V _{konstan}	S2-S3 ke S1-B		0,018	0,018	0,019
	S2-S3 ke Jembatan BKT	0,151			
	S1-B ke Jembatan BKT		0,036	0,040	0,041
Akselerasi	S2-S3 ke S1-B		0,013	0,011	0,010
	S2-S3 ke Jembatan BKT	0,009			
	S1-B ke Jembatan BKT		0,011	0,008	0,007
Total Kebutuhan BBM		0,180	0,118	0,126	0,131

sumber : hasil olahan data primer

2. Jalan Ahmad Yani - Jembatan Banjir Kanal Timur

Dari hasil perhitungan tundaan dapat diketahui tundaan yang terjadi pada masing-masing pendekat di Simpang Bangkok dan Simpang Milo. Nilai tundaan tersebut digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan bakar minyak untuk meninggalkan masing-masing pendekat. Sedangkan dari data hasil survei waktu perjalanan diperoleh data berupa jarak dan waktu tempuh. Kecepatan tempuh diperoleh dari hasil perbandingan antara jarak tempuh dengan waktu tempuh sehingga kecepatan untuk menempuh rute dari Jalan Ahmad Yani sampai di Jembatan banjir kanal timur yang hasilnya seperti berikut ini.

Tabel 4.57.a. Hasil perhitungan kecepatan tempuh pada rute Jalan Ahmad Yani - Jembatan Banjir Kanal Timur

Indikator	Asal/tujuan	Jarak	Waktu (detik)				Kecepatan tempuh (km/jam)			
			Pagi		Siang	Sore	Pagi		Siang	Sore
			Terbgn	Awal			Terbgn	Awal		
Tundaan	S2-B1			268,88	174,14	280,97				
	S1-B			24,89	40,50	85,84				
Waktu Tempuh	S2-B2 ke S1-B	277,00		20,12	26,73	29,07		49,56	37,31	34,30
	S2-B1 ke Jembatan BKT	2.101,60	209,36				36,14			
	S1-B ke Jembatan BKT	532,00		51,36	61,05	63,23		37,29	31,37	30,29

sumber : hasil olahan data primer

Setelah kecepatan antar *link* diketahui, dilanjutkan dengan menghitung kebutuhan bahan bakar minyak ketika kendaraan berjalan dengan kecepatan konstan, saat akselerasi dan saat *idle* dengan berdasarkan pada tundaan rata-rata yang terjadi pada pendekat barat

Simpang Bangkong untuk tiap waktu puncak pada masing-masing kondisi. Hasil perhitungan disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.57.b. Hasil perhitungan kebutuhan BBM pada rute jalan Ahmad Yani - Jembatan Banjir Kanal Timur

Indikator	Asal/tujuan	Kebutuhan BBM (liter/smp)			
		Pagi		Siang	Sore
		Terbgn	Awal		
Tundaan	S2-S1		0,105	0,068	0,109
	S1-B		0,010	0,016	0,033
$V_{konstan}$	S2-B2 ke S1-B		0,018	0,019	0,020
	S2-B1 ke Jembatan BKT	0,146			
	S1-B ke Jembatan BKT		0,036	0,040	0,041
Akselerasi	S2-S3 ke S1-B		0,019	0,011	0,009
	S2-B1 ke Jembatan BKT	0,010			
	S1-B ke Jembatan BKT		0,011	0,008	0,007
Total Kebutuhan BBM		0,156	0,198	0,161	0,220

sumber : hasil olahan data primer

3. Jalan Brigjen Katamso (Milo) - Simpang Bangkong

Dari hasil perhitungan tundaan dapat diketahui tundaan yang terjadi pada masing-masing pendekat di Simpang Bangkong dan Simpang Milo. Nilai tundaan tersebut digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan bakar minyak untuk meninggalkan masing-masing pendekat. Sedangkan dari data hasil survei waktu perjalanan diperoleh data berupa jarak dan waktu tempuh. Kecepatan tempuh diperoleh dari hasil perbandingan antara jarak tempuh dengan waktu tempuh sehingga kecepatan untuk menempuh rute dari Jalan Brigjen Katamso (Milo) - Simpang Bangkong yang hasilnya seperti berikut ini.

Tabel 4.58.a. Hasil perhitungan kecepatan tempuh pada rute Simpang Milo pendekat timur - Simpang Bangkong pendekat timur

Indikator	Asal/tujuan	Jarak	Waktu (detik)				Kecepatan tempuh (km/jam)			
			Pagi		Siang	Sore	Pagi		Siang	Sore
			Terbgn	Awal			Terbgn	Awal		
Tundaan	S1-T		24,54	746,72	84,87	61,18				
	S2-T		115,86	989,99	156,26	50,93				
Waktu Tempuh	S1-T ke S2-T	284,00	36,00	36,00	25,69	24,44	28,40	28,40	39,79	41,83

sumber : hasil olahan data primer

Setelah kecepatan antar link diketahui, maka dapat dilanjutkan dengan melakukan analisis konsumsi bahan bakar, yaitu dengan menghitung kebutuhan bahan bakar minyak ketika kendaraan berjalan dengan kecepatan konstan, saat akselerasi dan saat *idle*. Hasil perhitungan disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.58.b. Hasil perhitungan kebutuhan BBM pada rute Simpang Milo pendekatan timur - Simpang Bangkong pendekatan timur

Indikator	Asal/tujuan	Kebutuhan BBM (liter/smp)			
		Pagi		Siang	Sore
		Terbgn	Awal		
Tundaan	S1-T	0,010	0,290	0,033	0,024
	S2-T	0,045	0,385	0,061	0,020
$V_{konstan}$	S1-T ke S2-T	0,020	0,020	0,019	0,025
Akselerasi	S1-T ke S2-T	0,006	0,006	0,012	0,013
Total Kebutuhan BBM		0,081	0,701	0,125	0,082

sumber : hasil olahan data primer

4. Jalan Dr. Cipto - Simpang Bangkong

Dari hasil perhitungan tundaan dapat diketahui tundaan yang terjadi pada masing-masing pendekatan di Simpang Bangkong dan Simpang Milo. Nilai tundaan tersebut digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan bakar minyak untuk meninggalkan masing-masing pendekatan. Sedangkan dari data hasil survei waktu perjalanan diperoleh data berupa jarak dan waktu tempuh. Kecepatan tempuh diperoleh dari hasil perbandingan antara jarak tempuh dengan waktu tempuh sehingga kecepatan untuk menempuh rute dari Jalan Dr. Cipto arah gerakan belok kanan - Simpang Bangkong yang hasilnya seperti berikut ini.

Tabel 4.59.a. Hasil perhitungan kecepatan tempuh pada rute Jalan Dr. Cipto gerakan belok kanan - Simpang Bangkong pendekatan timur

Indikator	Asal/tujuan	Jarak	Waktu (detik)				Kecepatan tempuh (km/jam)			
			Pagi		Siang	Sore	Pagi		Siang	Sore
			Terbgn	Awal			Terbgn	Awal		
Tundaan	S1-U		36,92	36,92	38,49	27,77				
	S2-T		115,86	989,99	156,26	50,93				
Waktu Tempuh	S1-U ke S2-T	262,00	24,78	24,78	26,94	27,79	38,06	38,06	35,01	33,94

sumber : hasil olahan data primer

Setelah kecepatan antar *link* diketahui, maka dapat dilanjutkan dengan melakukan analisis konsumsi bahan bakar, yaitu dengan menghitung kebutuhan bahan bakar minyak ketika kendaraan berjalan dengan kecepatan konstan, saat akselerasi dan saat *idle*. Formulasi yang digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan bakar adalah formulasi dari LAPI-ITB yang telah dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang. Hasil perhitungan disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.59.b. Hasil perhitungan kebutuhan BBM pada rute Jalan Dr. Cipto gerakan belok kanan - Simpang Bangkok pendekat timur

Indikator	Asal/tujuan	Kebutuhan BBM (liter/smp)			
		Pagi		Siang	Sore
		Terbgn	Awal		
Tundaan	S1-U	0,014	0,014	0,015	0,011
	S2-T	0,045	0,385	0,061	0,020
$V_{konstan}$	S1-U ke S2-T	0,018	0,023	0,019	0,021
Akselerasi	S1-U ke S2-T	0,011	0,011	0,009	0,009
Total Kebutuhan BBM		0,088	0,433	0,104	0,061

sumber : hasil olahan data primer

5. Kebutuhan BBM untuk meninggalkan simpang

Dari hasil perhitungan tundaan dapat diketahui tundaan rata-rata yang terjadi pada masing-masing simpang. Nilai tundaan tersebut akan digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan bakar minyak untuk meninggalkan masing-masing simpang.

Tabel 4.60.a. Kebutuhan bahan bakar minyak untuk meninggalkan Simpang Milo

Waktu	Kondisi	D simpang rata-rata (detik/smp)	Kebutuhan BBM (liter/smp)
Pagi	Awal	460,88	0,179
	Terbangun	32,18	0,013
Siang	Awal	56,84	0,022
Sore	Awal	74,72	0,029

sumber : hasil olahan data primer

Tabel 4.60.b. Kebutuhan bahan bakar minyak untuk meninggalkan Simpang Bangkok

Waktu	Kondisi	D simpang rata-rata (detik/smp)	Kebutuhan BBM (liter/smp)
Pagi	Awal	838,05	0,326
	Terbangun	96,10	0,037
Siang	Awal	137,52	0,053
Sore	Awal	111,77	0,043

sumber : hasil olahan data primer

Setelah dilakukan perhitungan konsumsi bahan bakar untuk menempuh rute tertentu dengan berdasarkan pada tundaan tiap pendekat, maka berikut ini dilakukan perhitungan konsumsi bahan bakar minyak untuk menempuh ruas jalan Brigjen Katamso yang berada diantara Simpang Milo dan Simpang Bangkok dengan menggunakan tundaan rata-rata simpang dan jarak serta kecepatan tempuh rata-rata untuk arah timur ke barat

maupun arah barat ke timur pada waktu puncak pagi, puncak siang dan puncak sore untuk kondisi awal.

Tabel 4.61.a. Hasil perhitungan kecepatan tempuh untuk meninggalkan dua simpang setelah menempuh ruas jalan diantara simpang (arah timur ke barat)

Waktu	Kondisi	Rerata waktu tempuh (detik)	Rerata jarak tempuh (meter)	Rerata kec. tempuh (km/jam)	Total tundaan simpang rata-rata (km/jam)	Kebutuhan BBM (liter/smp)
Pagi	Awal	30,39	273,00	33,23	1.298,92	0,534
	Terbangun	30,39		30,39	128,28	0,079
Siang	Awal	26,32		26,32	194,35	0,105
Sore	Awal	27,79		27,79	186,49	0,101

sumber : hasil olahan data primer

Tabel 4.61.b. Hasil perhitungan kebutuhan BBM untuk meninggalkan dua simpang setelah menempuh ruas jalan diantara simpang (arah barat ke timur)

Waktu	Kondisi	Rerata waktu tempuh (detik)	Rerata jarak tempuh (meter)	Rerata kec. tempuh (km/jam)	Total tundaan simpang rata-rata (km/jam)	Kebutuhan BBM (liter/smp)
Pagi	Awal	21,91	273,50	21,905	1.298,92	0,539
	Terbangun					
Siang	Awal	26,15		26,147	194,35	0,105
Sore	Awal	27,90		27,900	186,49	0,101

sumber : hasil olahan data primer

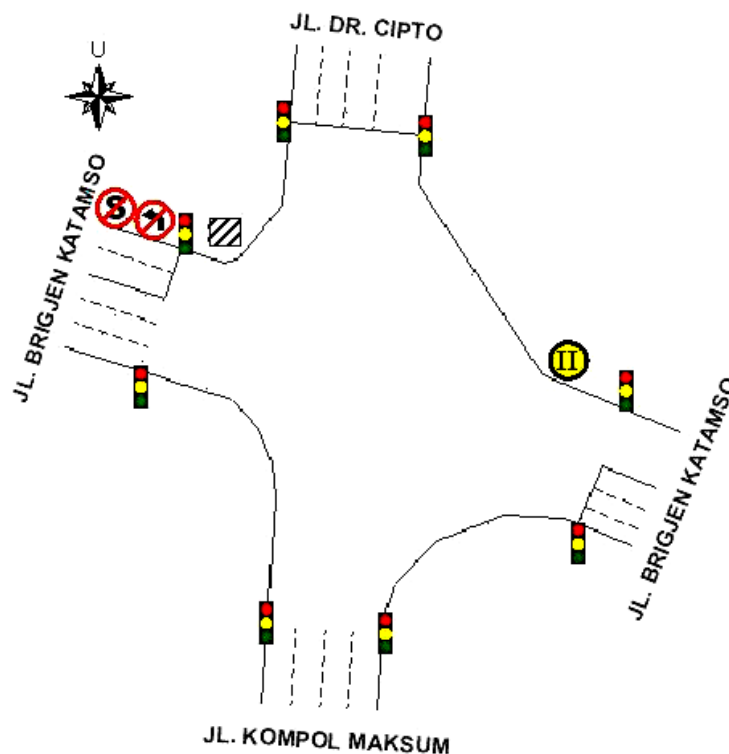
4.3. Pembahasan

Lokasi penelitian dilakukan merupakan salah satu jalan utama di kota Semarang yang menghubungkan Semarang bagian timur yang salah satu peruntukannya adalah sebagai kawasan permukiman dengan pusat kota Semarang yang merupakan pusat berbagai macam aktivitas, baik pemerintahan, pendidikan maupun perdagangan. Selain itu, jalan tersebut juga merupakan jalan masuk arus lalu lintas yang berasal dari luar kota Semarang yang akan masuk ke kota Semarang.

Dari hasil survei di lapangan diketahui bahwa penataan dan penggunaan lahan yang berada di sekitar persimpangan sudah sarat dengan berbagai macam kegiatan seperti perkantoran, perdagangan dan pendidikan yang dari tahun ke tahun mempunyai kecenderungan untuk selalu meningkat. Peningkatan aktivitas yang terjadi di sekitar persimpangan tersebut akan mengakibatkan terjadinya penumpukan kegiatan pada satu lokasi, namun demikian penumpukan kegiatan tersebut tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas jalan.

4.3.1. Kondisi daerah studi

1. Simpang Milo



Gambar 4.7. Simpang Milo

Dengan memperhatikan secara visual maupun dari data-data yang diperoleh dari berbagai sumber tentang Simpang Milo, maka ada beberapa hal yang dapat disampaikan dalam bahasan ini. Simpang Milo merupakan simpang empat yang mempertemukan jalan Dr. Cipto (pendekat sebelah utara), jalan Kumpul Maksum (pendekat sebelah selatan) dan jalan Brigjen Katamso (pendekat timur dan barat). Untuk pengaturan lalu lintas yang melalui simpang tersebut diatur dengan menggunakan lampu lalu lintas. Pada waktu pagi hari (pukul 06.00 – 08.00), lalu lintas pada ruas jalan Brigjen Katamso diberlakukan satu arah, yaitu untuk arah timur ke barat.

Jalan Dr. Cipto (pendekat utara) merupakan jalan satu arah dari utara ke selatan dengan 1 lajur untuk pergerakan belok kiri yang lebarnya 6,30 meter, 2 lajur untuk pergerakan lurus yang lebarnya 7,30 meter dan 1 lajur untuk pergerakan belok kanan yang lebarnya 3,20 meter sehingga keseluruhan lebar pendekat adalah 16,80 meter. Jalan tersebut merupakan salah satu jalur yang digunakan oleh kendaraan yang akan meninggalkan kota Semarang menuju arah selatan serta banyak dilewati oleh kendaraan berat jenis bus baik bus kota maupun bus antar kota.

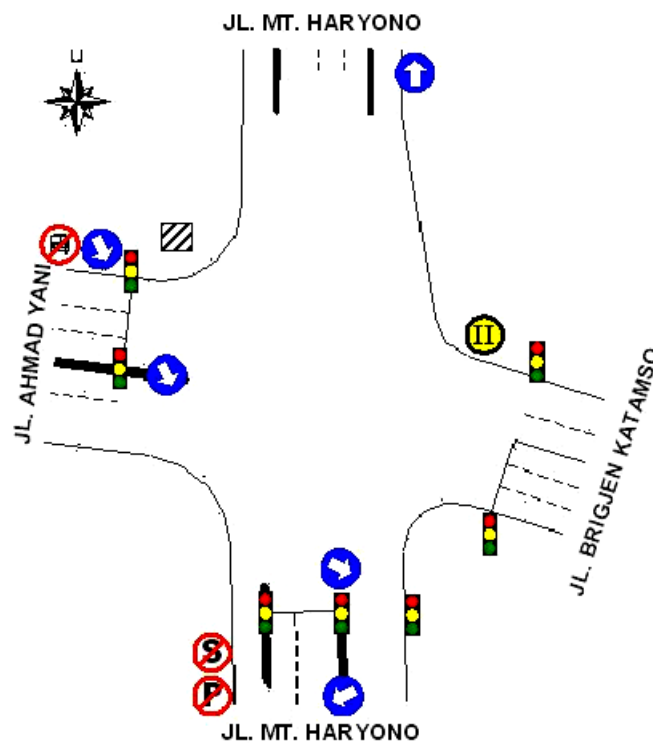
Jalan Kumpul Maksum (pendekat selatan) merupakan jalan arteri primer dengan pengaturan lalu lintas satu arah dari utara ke selatan dengan 4 lajur yang masing-masing lebarnya adalah 3,80 meter, 3,70 meter, 3,50 meter, dan 3,70 meter, sehingga keseluruhan lebar pendekat adalah 14,70 meter. Jalan Kumpul Maksum merupakan jalan arteri primer, 4 lajur 1 arah. Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota dan menerus antar kota. Pengguna jasa angkutan umum lebih senang menunggu dan menyetop angkutan umum di dekat persimpangan, sehingga jika mereka akan masuk/naik angkutan umum terjadi tundaan dan kemacetan beberapa detik.

Jalan Brigjen Katamso (pendekat timur) terdapat 2 jalur dengan 2 lajur untuk arah barat ke timur yang lebarnya 7,70 meter dan 3 lajur untuk arah timur ke barat yang lebarnya 7,90 meter dengan pergerakan lalu lintas lurus dan belok kiri jalan terus. Namun untuk pergerakan belok kiri jalan terus, pengguna yang akan menggunakan kesempatan itu sering terganggu karena volume lalu lintas pada jalur tersebut sangat padat dan lajur untuk belok kiri digunakan untuk berhenti bagi kendaraan yang akan bergerak lurus.

Sedangkan untuk jalan Brigjen Katamso (pendekat barat) terdapat 2 jalur dengan 2 lajur untuk arah barat ke timur yang lebarnya 6,70 meter dengan arah pergerakan lurus dan belok kanan serta 3 lajur untuk arah timur ke barat yang lebarnya 9,70 meter dengan

arah pergerakan lurus. Jalan Brigjen Katamso (pendekat barat) merupakan jalan kolektor primer, pembagian waktu penggunaan jalan adalah 5 lajur 1 arah (pagi hari untuk arah barat ke timur) dan 5 lajur 2 arah (siang, sore dan malam hari). Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota dan menerus antar kota.

2. Simpang Bangkong



Gambar 4.8. Simpang Bangkong

Dengan memperhatikan secara visual maupun dari data-data yang diperoleh dari berbagai sumber tentang Simpang Bangkong, maka ada beberapa hal yang dapat disampaikan dalam bahasan ini. Simpang Bangkong merupakan simpang empat yang mempertemukan jalan MT. Haryono (pendekat sebelah utara dan selatan), jalan Brigjen Katamso (pendekat timur) dan jalan Ahmad Yani (pendekat sebelah barat). Untuk pengaturan lalu lintas yang melalui simpang tersebut diatur dengan menggunakan lampu lalu lintas. Pada waktu pagi hari (pukul 06.00 – 08.00), lalu lintas pada ruas jalan Brigjen Katamso diberlakukan satu arah sampai di Simpang Bangkong, yaitu untuk arah timur ke barat. Sehingga lalu lintas yang berasal dari barat yang ingin menuju ke arah timur harus berputar melalui jalan MT. Haryono (utara) kemudian melewati jalan Sidodadi Barat, jalan

Dr. Cipto lalu memasuki jalan Halmahera hingga sampai di Jembatan Banjir Kanal Timur baru kemudian melanjutkan perjalanan ke arah timur.

Jalan MT Haryono (pendekat sebelah utara) merupakan jalan arteri sekunder, 4 lajur 1 arah (mulai dari persimpangan dengan jalan Brigjen Katamso dan jalan Ahmad Yani) dan pada pendekat sebelah selatan terdiri dari 4 lajur 2 arah (sampai persimpangan dengan jalan Brigjen Katamso dan jalan Ahmad Yani).

Jalan MT. Haryono (pendekat sebelah selatan) merupakan jalan satu arah dari arah selatan untuk menuju ke utara dengan 3 lajur yang masing-masing lebarnya adalah 5,00 meter, 3,20 meter, dan 3,00 meter, sehingga keseluruhan lebar pendekat adalah 11,20 meter serta pada pendekat ini terdapat median jalan. Jalan MT. Haryono (pendekat selatan) terdapat 2 jalur dengan 3 lajur untuk arah selatan ke utara yang lebarnya 14,50 meter termasuk lebar median jalan dan 2 lajur untuk arah utara ke selatan yang lebarnya 7,50 meter sehingga pendekat ini secara keseluruhan memiliki lebar 22 meter.

Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota, dan menerus antar kota. Untuk turun dari dan akan naik ke angkutan umum, para calon dan pengguna menginjakkan kaki di tepi perkerasan jalan dengan pembatas lajur lambat dengan lajur cepat. Letaknya 300 meter dari persimpangan. Karena letaknya yang relatif jauh, banyak calon pengguna angkutan umum enggan berjalan ke sana. Mereka lebih senang menunggu dan menyetop angkutan umum di dekat persimpangan, sehingga jika mereka akan masuk/naik angkutan umum terjadi tundaan dan kemacetan beberapa detik.

Jalan Brigjen Katamso merupakan jalan kolektor primer, pembagian waktu penggunaan jalan adalah 4 lajur 1 arah (pagi hari untuk arah barat ke timur) dan 4 lajur 2 arah (siang, sore dan malam hari). Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota dan menerus antar kota.

Jalan Brigjen Katamso (pendekat timur) terdapat 2 jalur dengan 2 lajur untuk arah barat ke timur yang lebarnya 8,30 meter dan 3 lajur untuk arah timur ke barat yang lebarnya 9,60 meter dengan pergerakan lalu lintas belok kanan, lurus dan belok kiri jalan terus. Pendekat timur tersebut secara keseluruhan memiliki lebar pendekat 17,90 meter. Untuk pergerakan belok kiri jalan terus, pengguna yang akan menggunakan kesempatan itu sering terganggu karena volume lalu lintas pada jalur tersebut sangat padat dan lajur untuk belok kiri digunakan untuk berhenti bagi kendaraan yang akan bergerak lurus.

Jalan Brigjen Katamso merupakan jalan kolektor primer, pembagian waktu penggunaan jalan adalah 4 lajur 1 arah (pagi hari untuk arah barat ke timur) dan 4 lajur 2 arah (siang, sore dan malam hari). Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota dan menerus antar kota.

Jalan Brigjen Katamso (pendekat timur) terdapat 2 jalur dengan 2 lajur untuk arah barat ke timur yang lebarnya 8,30 meter dan 3 lajur untuk arah timur ke barat yang lebarnya 9,60 meter dengan pergerakan lalu lintas belok kanan, lurus dan belok kiri jalan terus. Pendekat timur tersebut secara keseluruhan memiliki lebar pendekat 17,90 meter. Untuk pergerakan belok kiri jalan terus, pengguna yang akan menggunakan kesempatan itu sering terganggu karena volume lalu lintas pada jalur tersebut sangat padat dan lajur untuk belok kiri digunakan untuk berhenti bagi kendaraan yang akan bergerak lurus.

Jalan Ahmad Yani merupakan jalan arteri sekunder, 4 lajur 2 arah. Tinggi kerb trotoir terhadap permukaan jalan bagian tepi 0,20 m. Pengguna jalan adalah pelaku transpor lokal dalam kota, dan menerus antar kota. Pengguna lokal ada yang menggunakan kendaraan pribadi, ada yang mengandalkan layanan angkutan umum, termasuk becak. Pengguna jasa angkutan umum lebih senang menunggu dan menyetop angkutan umum di dekat persimpangan, bahkan sebelum Pertigaan ke Atmodirono, sehingga jika mereka akan masuk/naik angkutan umum terjadi tundaan dan kemacetan beberapa detik.

Jalan Ahmad Yani (pendekat barat) terdapat 2 jalur dengan 3 lajur untuk arah barat ke timur yang lebarnya 11,40 meter dengan arah pergerakan belok kiri jalan terus, lurus dan belok kanan serta 2 lajur untuk arah timur ke barat yang lebarnya 9,70 meter dengan arah pergerakan lurus. Pada pendekat ini terdapat median jalan.

4.3.2. Analisis kinerja simpang pada kondisi awal dan kondisi terbangun

Secara garis besar, ada beberapa hal yang dapat membedakan antara kondisi awal dan kondisi terbangun. Hal-hal yang dapat membedakan antara kondisi awal dan kondisi terbangun antara Simpang Milo dan Simpang Bangkong secara garis besar adalah fase dan pergerakan dan pengaturan lalu lintas. Adapun perbedaannya akan disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.62. Perbedaan kondisi awal dan kondisi terbangun pada tiap simpang

Simpang	Pendekat	Kondisi Awal	Kondisi Terbangun
Milo		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terdapat 3 fase 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terdapat 2 fase
	Utara	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arah pergerakan lalu lintasnya adalah belok kiri, lurus dan belok kanan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arah pergerakan lalu lintasnya adalah lurus dan belok kanan
	Timur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Digunakan untuk 2 arah pada semua waktu puncak ▪ Arah pergerakan lalu lintasnya adalah belok kiri langsung dan lurus ▪ Waktu sinyal hijau 35 detik 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Digunakan untuk 1 arah (timur ke barat) pada waktu puncak pagi ▪ Arah pergerakan lalu lintasnya adalah belok kiri langsung dan lurus ▪ Waktu sinyal hijau 60 detik
	Barat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Digunakan untuk 2 arah pada semua waktu puncak ▪ Arah pergerakan lalu lintasnya adalah lurus dan belok kanan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Digunakan untuk 1 arah (timur ke barat) pada waktu puncak pagi ▪ Arah pergerakan lalu lintasnya adalah lurus dan belok kanan
Bangkong		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terdapat 3 fase 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terdapat 3 fase
	Selatan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Digunakan untuk 2 arah pada semua waktu puncak ▪ Arah pergerakan lalu lintasnya adalah belok kiri langsung, lurus dan belok kanan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Digunakan untuk 2 arah pada semua waktu puncak ▪ Arah pergerakan lalu lintasnya adalah belok kiri langsung dan lurus
	Timur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Digunakan untuk 2 arah pada semua waktu puncak ▪ Arah pergerakan lalu lintasnya adalah belok kiri langsung, lurus dan belok kanan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Digunakan untuk 1 arah (timur ke barat) pada waktu puncak pagi ▪ Arah pergerakan lalu lintasnya adalah belok kiri langsung, lurus dan belok kanan
	Barat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Digunakan untuk 2 arah pada semua waktu puncak ▪ Arah pergerakan lalu lintasnya adalah belok kiri langsung, lurus dan belok kanan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Digunakan untuk 2 arah pada semua waktu puncak ▪ Arah pergerakan lalu lintasnya adalah belok kiri langsung dan belok kanan

1. Simpang Milo

Perbandingan kinerja pada kondisi awal hanya dapat dilakukan pada saat jam puncak pagi saja karena pada saat itu terdapat perbedaan dalam pengaturan lalu lintas. Sebagai dasar dalam melakukan perbandingan, maka perlu ditetapkan pedoman yang akan dijadikan ukuran dalam kinerja simpang. Dalam MKJI 1997, beberapa hal yang dijadikan tolok ukur kinerja simpang antara lain adalah kapasitas simpang, derajat kejenuhan, antrian dan tundaan. Dalam penelitian ini, yang akan dijadikan sebagai pedoman untuk menentukan kinerja simpang yang berkaitan dengan konsumsi bahan bakar adalah tundaan yang terjadi pada tiap pendekat. Pada tabel berikut ini ditunjukkan perbandingan nilai-nilai untuk tiap faktor tersebut.

Tabel 4.63. Nilai faktor-faktor penentu kinerja simpang untuk Simpang Milo

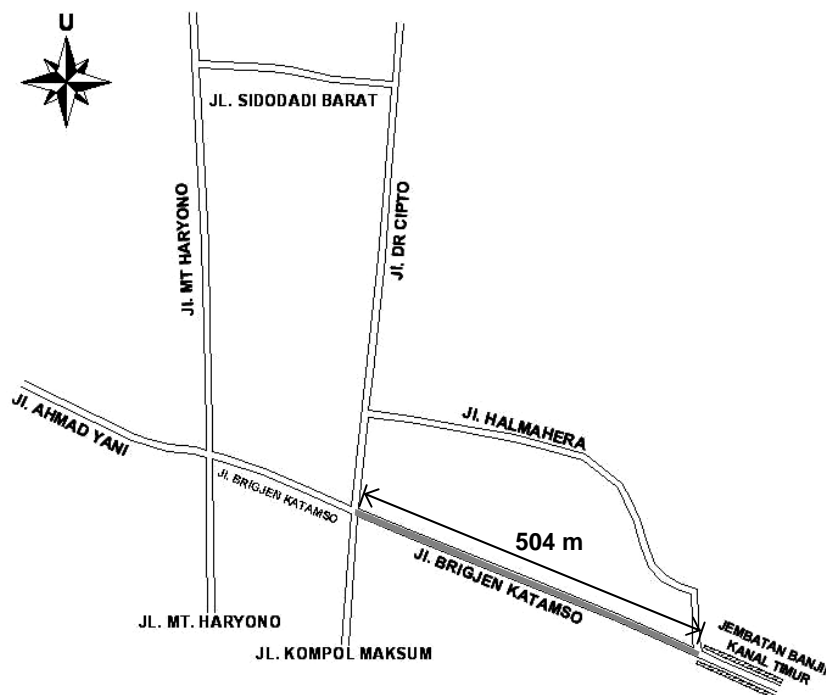
Waktu	Indikator Kinerja	Kondisi Awal						Kondisi Terbangun		
		Kode Pendekat						Kode Pendekat		
		U-LT	U-ST	U-RT	T	B-1	B2	U-ST	U-RT	T
Pagi	C	1077	1248	547	1545	741	693	2326	547	3266
	DS	0,147	0,759	0,660	1,379	0,346	0,363	0,407	0,660	0,893
	QL	14	95	80	1299	46	21	43	80	213
	NS	0,659	0,852	0,827	5,615	0,739	0,647	0,718	0,827	0,815
	NSV	3,29						0,74		
	D rata-rata	28,3	38,2	36,9	746,7	34,2	24,9	30,8	36,9	24,5
	D simpang	460,88						32,18		
Siang	C	998	1156	507	1219	932	567			
	DS	0,280	0,840	0,727	0,996	0,687	0,793			
	QL	24	95	80	163	118	48			
	NS	0,634	0,832	0,806	1,240	0,753	0,840			
	NSV	0,93								
	D rata-rata	28,0	40,4	38,5	84,9	34,6	40,5			
	D simpang	56,84								
Sore	C	1257	1456	638	1547	515	693			
	DS	0,227	0,757	0,443	0,970	1,000	0,978			
	QL	25	107	52	182	204	117			
	NS	0,635	0,827	0,692	1,116	1,612	1,347			
	NSV	1,08								
	D rata-rata	25,5	34,6	27,8	61,2	127,6	85,8			
	D simpang	74,72								

sumber : hasil analisis data

Tabel 4.63. menyajikan nilai-nilai dari tiap faktor yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan tingkat kinerja simpang berdasarkan MKJI 1997. Dari nilai kapasitas simpang dapat diketahui bahwa besarnya kapasitas simpang dipengaruhi oleh lebar efektif dari tiap-tiap pendekat dan lamanya waktu hijau. Pendekat pada Simpang Milo yang memiliki kapasitas terbesar adalah pada pendekat timur (1545 smp/jam). Hal ini terjadi karena pada pendekat timur memiliki lebar pendekat yang terbesar termasuk lebar pendekat untuk LTOR. Dalam analisis data, arah gerakan belok kiri langsung diabaikan dan dianggap belok kiri sesuai sinyal karena dalam kenyataan di lapangan saat pengambilan data dilaksanakan arus lalu lintas untuk belok kiri langsung terganggu oleh kendaraan yang antri untuk bergerak lurus saat sinyal merah menyala. Demikian pula dengan waktu puncak siang dan sore, kapasitas simpang terbesar dimiliki oleh pendekat timur. Dengan diberlakukannya pengaturan lalu lintas satu arah, maka kapasitas pendekat timur menjadi semakin besar (3266 smp/jam) dan arus lalu lintas untuk gerakan belok kiri langsung dapat berjalan dengan lancar.

Dari nilai derajat kejenuhan dapat diketahui bahwa pada kondisi awal (terutama waktu puncak pagi) arus lalu lintas di Simpang Milo pada pendekat timur lebih padat

dibandingkan dengan pendekat lainnya yang ditunjukkan dengan nilai sebesar 1,379. Pada waktu puncak siang untuk konsidi awal derajat kejenuhan terbesar terjadi pada pendekat timur sebesar 0,996 dan untuk waktu puncak sore derajat kejenuhan sebesar 0,978 terjadi pada pendekat barat. Hal ini terjadi karena pada waktu puncak sore arus lalu lintas yang bergerak dari arah barat menuju ke timur besar sedangkan kapasitas simpang pada pendekat barat kecil.



Gambar 4.9. Panjang jalan Brigjen Katamso sampai Jembatan Banjir Kanal Timur

Demikian pula halnya dengan panjang antrian, antrian yang terjadi saat kondisi awal terutama pada waktu puncak pagi (1.299 meter) lebih panjang dibandingkan dengan saat kondisi terbangun (213 meter). Panjang antrian pada pendekat timur ini merupakan yang terpanjang jika dibandingkan dengan pendekat lain pada waktu puncak pagi. Pada waktu puncak siang dan sore, antrian terpanjang juga terjadi pada pendekat timur yaitu sebesar 163 meter untuk waktu puncak siang dan 182 meter untuk waktu puncak sore.

Jika dibandingkan dengan panjang jalan Brigjen Katamso sampai di Jembatan Banjir Kanal Timur yang memiliki panjang 504 meter, maka kondisi ini menunjukkan akan terjadi kemacetan total. Hal ini terjadi karena panjang ruas jalan tidak mampu menampung panjang antrian yang terjadi. Sehingga pengatutan lalu lintas yang diberlakukan saat ini merupakan suatu langkah yang tepat karena dengan pengaturan lalu lintas tersebut, maka pergerakan dapat berjalan dengan baik meskipun belum mencapai kondisi yang optimal.



Gambar 4.10. Antrian yang terjadi di pendekat timur Simpang Milo pada waktu puncak siang

Nilai angka henti pada kondisi awal untuk waktu puncak pagi menunjukkan bahwa untuk dapat meninggalkan simpang kendaraan harus berhenti lebih dari 5 (lima) kali, sedangkan pada pendekat lainnya hanya memerlukan satu kali berhenti bagi tiap kendaraan untuk dapat meninggalkan simpang. Sedang untuk kondisi terbangun pada waktu puncak pagi, untuk meninggalkan simpang setiap kendaraan hanya perlu berhenti satu kali. Secara keseluruhan untuk semua pendekat, untuk meninggalkan simpang pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal harus berhenti lebih dari 3 (tiga) kali. Hal ini ditunjukkan dengan nilai kendaraan terhenti rata-rata sebesar 3,29 stop/smp. Pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun nilai kendaraan terhenti rata-rata sebesar 0,74 stop/smp. Untuk waktu puncak siang pada kondisi awal nilai kendaraan terhenti rata-rata sebesar 0,93 stop/smp sedangkan untuk waktu puncak sore nilai kendaraan terhenti rata-rata sebesar 1,08 stop/smp.

Tundaan rata-rata yang terjadi pada saat kondisi awal yang terjadi pada jam puncak pagi untuk tiap-tiap pendekat memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi terbangun. Perbedaan yang sangat besar terjadi pada pendekat timur, dimana saat kondisi awal adalah sebesar 746,7 detik/smp dan pada saat kondisi terbangun sebesar 24,5 detik/smp. Sedangkan tundaan simpang rata-rata pada kondisi awal sebesar 460,88 detik/smp untuk waktu puncak pagi, untuk waktu puncak siang sebesar 56,84 detik/smp dan 74,72 detik/smp untuk waktu puncak sore. Sedang nilai tundaan simpang rata-rata saat kondisi terbangun pada waktu puncak pagi adalah sebesar 31,85 detik/smp.

2. Simpang Bangkong

Perbandingan kinerja pada kondisi awal hanya dapat dilakukan pada saat jam puncak pagi saja karena pada saat itu terdapat perbedaan dalam pengaturan lalu lintas. Sebagai dasar dalam melakukan perbandingan, maka perlu ditetapkan pedoman yang akan dijadikan ukuran dalam kinerja simpang. Dalam MKJI 1997, beberapa hal yang dijadikan tolok ukur kinerja simpang antara lain adalah kapasitas simpang, derajat kejenuhan, antrian dan tundaan. Dalam penelitian ini, yang akan dijadikan sebagai pedoman untuk menentukan kinerja simpang yang berkaitan dengan konsumsi bahan bakar adalah tundaan yang terjadi pada tiap pendekat. Pada tabel berikut ini ditunjukkan perbandingan nilai-nilai untuk tiap faktor tersebut. Pada tabel berikut ini ditunjukkan perbandingan nilai-nilai untuk tiap faktor tersebut.

Tabel 4.64. Nilai faktor-faktor penentu kinerja simpang untuk simpang Bangkong

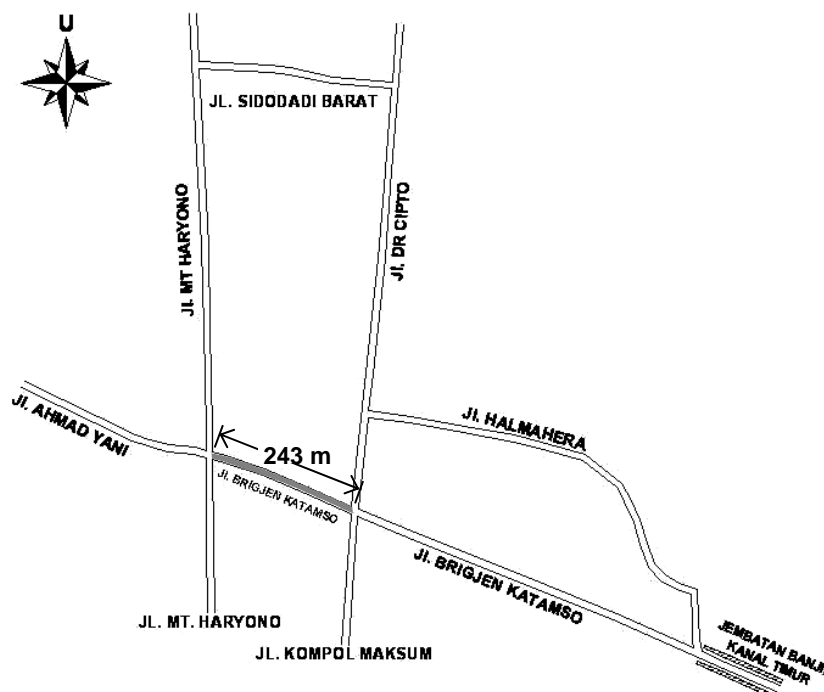
Waktu	Indikator Kinerja	Kondisi Awal			Kondisi Terbangun			
		Kode Pendekat			Kode Pendekat			
		S	T	B	S	T-ST	T-RT	B
Pagi	C	1139	1840	573	1254	2171	1892	573
	DS	0,980	1,512	1,107	0,890	1,033	0,286	0,547
	QL	134	2605	216	105	322	34	32
	NS	1,236	6,874	2,743	0,966	1,608	0,610	0,819
	NSV	4,33			1,03			
	D rata-rata	79,0	990,0	268,9	49,8	115,9	22,8	40,9
	D simpang	838,05			96,10			
Siang	C	1233	1258	985				
	DS	0,995	1,051	1,060				
	QL	147	216	257				
	NS	1,365	2,028	2,198				
	NSV	1,59						
	D rata-rata	83,9	156,3	174,1				
	D simpang	137,52						
Sore	C	1014	1587	875				
	DS	0,899	0,943	1,119				
	QL	89	136	344				
	NS	1,002	1,020	2,820				
	NSV	1,39						
	D rata-rata	53,4	50,9	281,0				
	D simpang	111,77						

sumber : hasil analisis data

Tabel 4.64. menyajikan nilai-nilai dari tiap faktor yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan tingkat kinerja simpang berdasarkan MKJI 1997. Dari nilai kapasitas simpang dapat diketahui bahwa besarnya kapasitas simpang dipengaruhi oleh lebar efektif dari tiap-tiap pendekat dan lamanya waktu hijau. Pendekat pada Simpang Bangkong yang memiliki kapasitas terbesar adalah pada pendekat timur (1840 smp/jam). Hal ini terjadi

karena pada pendekatan timur memiliki lebar pendekatan yang terbesar termasuk lebar pendekatan untuk LTOR. Dalam analisis data untuk waktu puncak pagi pada kondisi terbangun dan kondisi awal serta untuk waktu puncak siang pada kondisi awal, arah gerakan belok kiri langsung diabaikan dan dianggap belok kiri sesuai sinyal karena dalam kenyataan di lapangan saat pengambilan data dilaksanakan arus lalu lintas untuk belok kiri langsung terganggu oleh kendaraan yang antri untuk bergerak lurus saat sinyal merah menyala. Untuk waktu puncak sore pada kondisi terbangun, arus lalu lintas belok kiri langsung dapat berjalan dengan lancar karena arus lalu lintas secara keseluruhan yang menuju ke barat pada sore hari lebih sedikit jika dibandingkan pada waktu puncak lainnya.

Dari nilai derajat kejenuhan dapat diketahui bahwa pada kondisi awal (terutama waktu puncak pagi) arus lalu lintas di Simpang Milo pada pendekatan timur lebih padat dibandingkan dengan pendekatan lainnya yang ditunjukkan dengan nilai sebesar 1,512. Pada waktu puncak siang untuk kondisi awal derajat kejenuhan terbesar terjadi pada pendekatan barat sebesar 1,060 dan untuk waktu puncak sore derajat kejenuhan sebesar 1,119 terjadi pada pendekatan barat. Hal ini terjadi karena pada waktu puncak sore arus lalu lintas yang bergerak dari arah barat menuju ke timur besar sedangkan kapasitas simpang pada pendekatan barat kecil.



Gambar 4.11. Panjang jalan Brigjen Katamso antara Simpang Bangkong dan Milo

Demikian pula halnya dengan panjang antrian, antrian yang terjadi saat kondisi awal terutama pada waktu puncak pagi (2.605 meter) lebih panjang dibandingkan dengan

saat kondisi terbangun (322 meter). Panjang antrian pada pendekat timur ini merupakan yang terpanjang jika dibandingkan dengan pendekat lain pada waktu puncak pagi. Pada waktu puncak siang dan sore, antrian terpanjang terjadi pada pendekat barat yaitu sebesar 257 meter untuk waktu puncak siang dan 344 meter untuk waktu puncak sore.

Jika dibandingkan dengan panjang jalan Brigjen Katamsa antara Simpang Bangkok dan Simpang Milo yang memiliki panjang 243 meter, panjang antrian yang terjadi pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal akan menyebabkan terjadinya macet total. Hal ini terjadi karena panjang ruas jalan tidak mampu menampung panjang antrian yang terjadi. Sehingga pengatutan lalu lintas yang diberlakukan saat ini merupakan suatu langkah yang tepat karena dengan pengaturan lalu lintas tersebut, maka pergerakan dapat berjalan dengan baik meskipun belum mencapai kondisi yang optimal.



Gambar 4.12. Antrian yang terjadi di pendekat barat Simpang Bangkok pada waktu puncak siang

Nilai angka henti pada kondisi awal untuk waktu puncak pagi menunjukkan bahwa untuk dapat meninggalkan simpang kendaraan harus berhenti lebih dari 6 (enam) kali, sedangkan pada pendekat lainnya hanya memerlukan satu kali berhenti bagi tiap kendaraan untuk dapat meninggalkan simpang. Sedang untuk kondisi terbangun pada waktu puncak pagi, untuk meninggalkan simpang setiap kendaraan hanya perlu berhenti satu kali. Secara keseluruhan untuk semua pendekat, untuk meninggalkan simpang pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal harus berhenti lebih dari 4 (empat) kali. Hal ini ditunjukkan dengan nilai kendaraan terhenti rata-rata sebesar 4,33 stop/smp. Pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun nilai kendaraan terhenti rata-rata sebesar 1,03 stop/smp. Untuk waktu puncak siang pada kondisi awal nilai kendaraan terhenti rata-rata

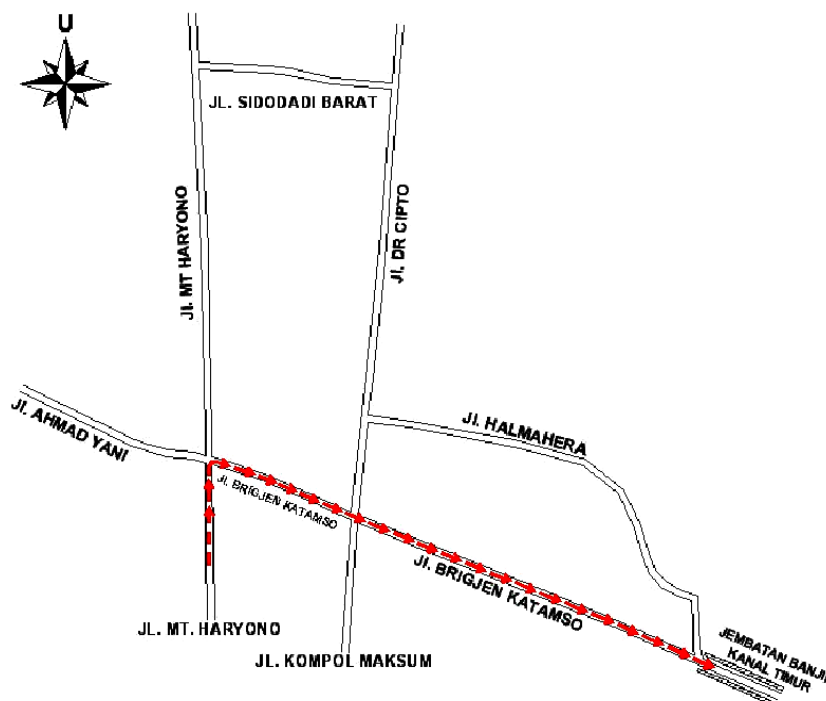
sebesar 1,59 stop/smp sedangkan untuk waktu puncak sore nilai kendaraan terhenti rata-rata sebesar 1,39 stop/smp.

Tundaan rata-rata yang terjadi pada saat kondisi awal yang terjadi pada jam puncak pagi untuk tiap-tiap pendekat memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi terbangun. Perbedaan yang sangat besar terjadi pada pendekat timur, dimana saat kondisi awal adalah sebesar 990,0 detik/smp dan pada saat kondisi terbangun sebesar 115, detik/smp. Sedangkan tundaan simpang rata-rata pada kondisi awal sebesar 838,05 detik/smp untuk waktu puncak pagi, untuk waktu puncak siang sebesar 137,52 detik/smp dan 111,77 detik/smp untuk waktu puncak sore. Sedang nilai tundaan simpang rata-rata saat kondisi terbangun pada waktu puncak pagi adalah sebesar 96,10 detik/smp.

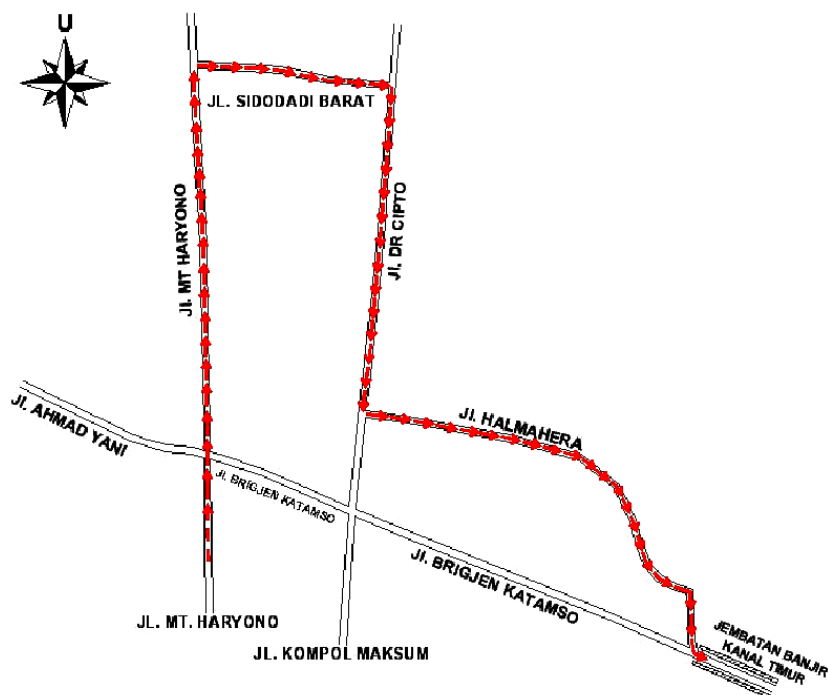
4.3.3. Konsumsi bahan bakar minyak

1. Konsumsi BBM rute jalan MT. Haryono - Jembatan Banjir Kanal Timur

Konsumsi bahan bakar minyak untuk rute jalan MT. Haryono sampai Jembatan Banjir Kanal Timur dilakukan pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal dan terbangun serta pada waktu puncak siang dan sore. Jalur yang ditempuh pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal sama dengan jalur yang ditempuh pada waktu puncak siang dan sore.



Gambar 4.13 Jalur yang ditempuh kendaraan untuk arah ke timur dari jalan MT. Haryono pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal, puncak siang dan puncak sore



Gambar 4.14. Jalur yang ditempuh kendaraan untuk arah ke timur dari jalan MT. Haryono pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Tabel 4.65. Kebutuhan BBM untuk memempuh rute jalan MT. Haryono sampai jembatan banjir kanal timur

Segmen	Kebutuhan BBM (liter/smp)			
	Pagi		Siang	Sore
	Terbangun	Awal		
Meninggalkan Simpang Bangkong	0,019	0,031	0,033	0,021
Menempuh Jl. Brigjen Katamso		0,031	0,029	0,029
Meninggalkan Simpang Milo		0,010	0,016	0,033
Menempuh Simpang Milo - JBKT		0,047	0,048	0,048
Menempuh Simpang Bangkong - JBKT	0,161			
Total kebutuhan bahan bakar minyak	0,180	0,118	0,126	0,131
Total tundaan	49,76	103,86	124,36	139,24
Total waktu tempuh	221,05	75,05	86,61	89,95
Total waktu perjalanan (detik)	270,80	178,90	210,97	229,19
Total jarak tempuh (meter)	2.127,30		802,00	

sumber : hasil analisis data

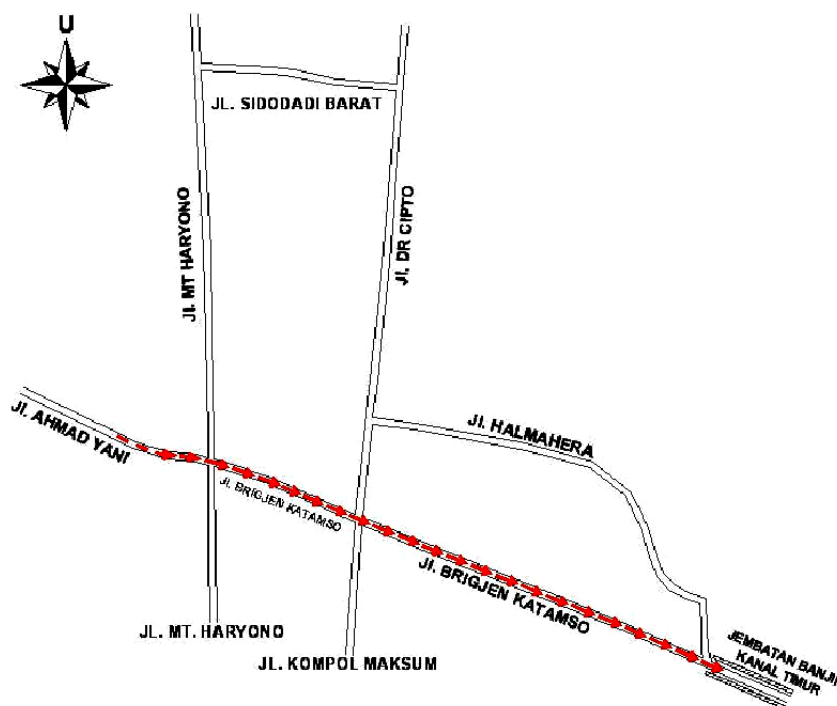
Dari tabel diatas ditunjukkan bahwa kebutuhan bahan bakar minyak untuk menempuh rute antara jalan MT. Haryono belok kanan sampai jembatan banjir kanal timur pada kondisi awal dan rute dari MT. Haryono (lurus) berputar melalui jalan Sidodadi Barat, jalan Dr. Cipto hingga sampai di Jembatan Banjir Kanal Timur pada kondisi terbangun setelah diperhitungkan dengan tundaan yang terjadi pada pendekatan yang dimaksud pada semua kondisi menunjukkan bahwa pada jam puncak pagi pada kondisi

terbangun memerlukan bahan bakar minyak yang lebih besar yaitu 0,180 liter/smp dengan tundaan total sebesar 49,76 detik/smp untuk menempuh jarak sejauh 2.137 meter.

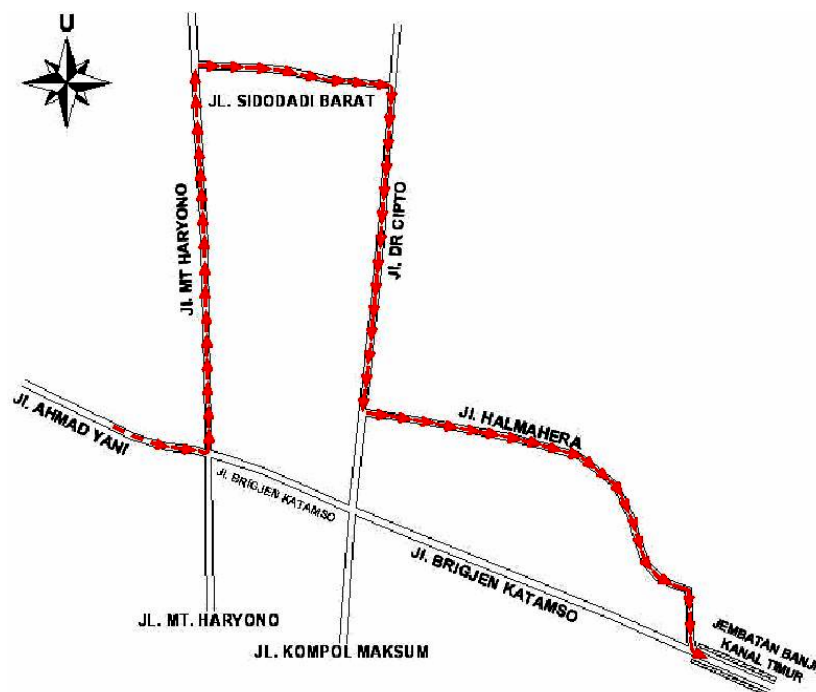
Sedangkan pada waktu puncak pagi pada kondisi awal memerlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,118 liter/smp dengan tundaan total sebesar 103,86 detik/smp untuk menempuh jarak sejauh 802 meter. Besarnya kebutuhan bakar minyak pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun lebih disebabkan karena diberlakukannya pengaturan lalu lintas yang memberlakukan satu arah untuk arah timur ke barat pada waktu puncak pagi sehingga kendaraan yang bergerak dari MT. Haryono (lurus) berputar melalui jalan Sidodadi Barat, jalan Dr. Cipto hingga sampai di Jembatan Banjir Kanal Timur akan menempuh jarak yang lebih jauh.

Sedangkan kebutuhan bahan bakar pada waktu puncak siang adalah sebesar 0,126 liter/smp dengan tundaan total sebesar 124,36 detik/smp dan 0,131 liter/smp dengan total tundaan sebesar 139,24 detik/smp untuk waktu puncak sore. Sedangkan jarak yang ditempuh untuk kedua waktu puncak tersebut adalah 802 meter. Konsumsi bahan bakar minyak untuk waktu puncak siang dan sore disebabkan oleh tundaan yang terjadi pada pendekat selatan Simpang Bangkok dan pendekat barat Simpang Milo.

2. Kebutuhan BBM rute jalan Ahmad Yani - Jembatan Banjir Kanal Timur



Gambar 4.15. Jalur yang ditempuh kendaraan untuk arah ke timur dari jalan Ahmad Yani pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal, puncak siang dan puncak sore



Gambar 4.16. Jalur yang ditempuh kendaraan untuk arah ke timur dari jalan Ahmad Yani pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun

Tabel 4.66. Kebutuhan BBM untuk memempuh rute jalan Ahmad Yani sampai jembatan banjir kanal timur

Segmen	Kebutuhan BBM (liter/smp)			
	Pagi		Siang	Sore
	Terbangun	Awal		
Meninggalkan Simpang Bangkok		0,105	0,068	0,109
Menempuh Jl. Brigjen Katamso		0,037	0,030	0,029
Meninggalkan Simpang Milo		0,010	0,016	0,033
Menempuh Simpang Milo - JBKT		0,047	0,048	0,048
Menempuh Simpang Bangkok - JBKT	0,156			
Total kebutuhan bahan bakar minyak	0,156	0,198	0,161	0,220
Total tundaan	0,00	293,77	214,64	366,81
Total waktu tempuh	209,36	71,48	87,77	92,30
Total waktu perjalanan (detik)	209,36	365,25	302,41	459,11
Total jarak tempuh (meter)	2.101,60		809,00	

sumber : hasil analisis data

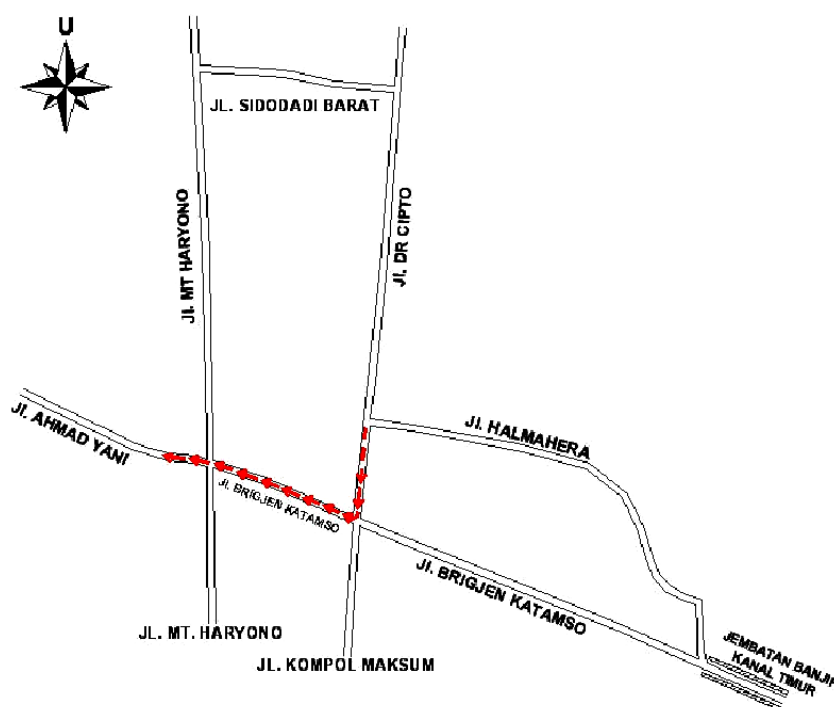
Dari tabel diatas ditunjukkan bahwa kebutuhan bahan bakar minyak untuk menempuh rute antara jalan Ahmad Yani sampai jembatan banjir kanal timur pada kondisi awal dan rute dari jalan Ahmad Yani berputar melalui MT. Haryono (utara), jalan Sidodadi Barat, jalan Dr. Cipto dan jalan Halmahera hingga sampai di Jembatan Banjir Kanal Timur pada kondisi terbangun setelah diperhitungkan dengan total tundaan yang terjadi pada pendekat yang dimaksud pada semua kondisi menunjukkan bahwa pada jam puncak pagi pada kondisi terbangun memerlukan bahan bakar minyak yang lebih besar yaitu 0,156

liter/smp untuk menempuh jarak sejauh 2.101 meter dan tidak mengalami tundaan saat meninggalkan simpang Bangkong karena pada pendekatan barat berlaku pengaturan lalu lintas LTOR.

Sedangkan pada waktu puncak pagi pada kondisi awal memerlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,198 liter/smp dengan tundaan total sebesar 293,77 detik/smp dengan menempuh jarak sejauh 809 meter. Besarnya kebutuhan bahan bakar minyak pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun lebih disebabkan karena diberlakukannya pengaturan lalu lintas yang memberlakukan satu arah untuk arah timur ke barat pada waktu puncak pagi sehingga kendaraan yang bergerak dari jalan Ahmad Yani harus berputar melalui jalan MT. Haryono, jalan Sidodadi Barat, jalan Dr. Cipto hingga sampai di Jembatan Banjir Kanal Timur akan menempuh jarak yang lebih jauh.

Sedangkan kebutuhan bahan bakar pada waktu puncak siang adalah sebesar 0,161 liter/smp dengan tundaan total sebesar 214,64 detik/smp dan 0,220 liter/smp dengan total tundaan sebesar 366,81 detik/smp untuk waktu puncak sore. Sedangkan jarak yang ditempuh untuk kedua waktu puncak tersebut adalah 809 meter. Konsumsi bahan bakar minyak untuk waktu puncak siang dan sore disebabkan oleh tundaan yang terjadi pada pendekatan selatan Simpang Bangkong dan pendekatan barat Simpang Milo.

3. Dr. Cipto - Simpang Bangkong



Gambar 4.17. Jalur yang ditempuh kendaraan untuk arah ke barat dari jalan Dr. Cipto pada waktu puncak pagi, puncak siang dan puncak sore

Tabel 4.67. Kebutuhan BBM untuk memempuh rute jalan Dr. Cipto sampai Simpang Bangkong

Segmen	Kebutuhan BBM (liter/smp)			
	Pagi		Siang	Sore
	Terbangun	Awal		
Meninggalkan Simpang Milo	0,014	0,014	0,015	0,011
Menempuh Jl. Brigjen Katamso	0,029	0,029	0,028	0,028
Meninggalkan Simpang Bangkong	0,045	0,385	0,061	0,020
Total kebutuhan bahan bakar minyak	0,088	0,428	0,104	0,058
Total tundaan	152,78	1.026,91	194,75	78,70
Total waktu tempuh	24,78	24,78	26,94	27,79
Total waktu perjalanan (detik)	177,56	1.051,69	221,69	106,49
Total jarak tempuh (meter)	262,00			

sumber : hasil analisis data

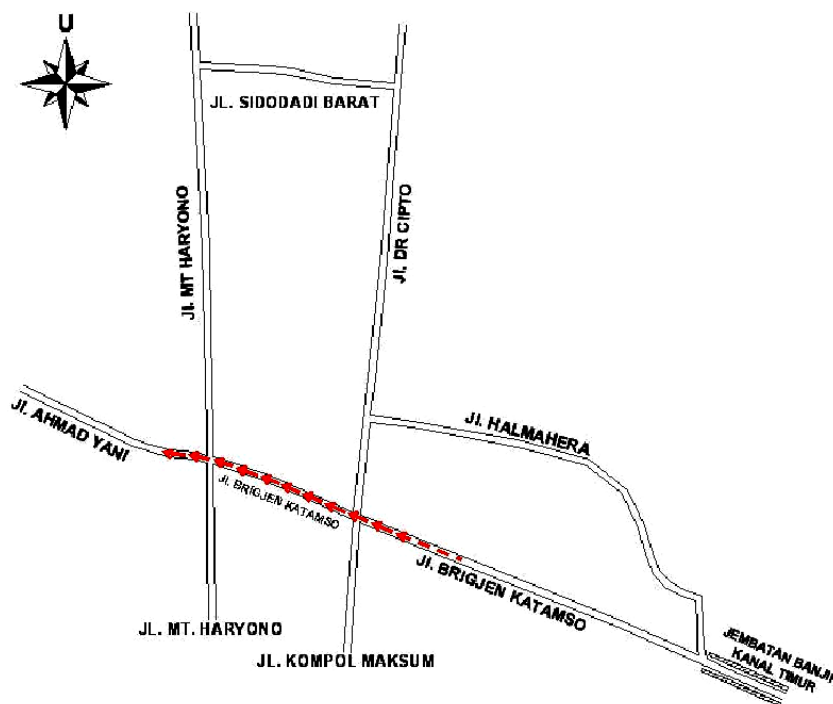
Dari tabel diatas ditunjukkan bahwa kebutuhan bahan bakar minyak untuk menempuh rute antara jalan Dr. Cipto ke arah barat sampai Simpang Bangkong pada kondisi awal dan kondisi terbangun setelah diperhitungkan dengan total tundaan yang terjadi pada pendekatan yang dimaksud pada semua kondisi menunjukkan bahwa pada jam puncak pagi pada kondisi terbangun memerlukan bahan bakar minyak sebesar 0,088 liter/smp dengan tundaan total sebesar 152,78 detik/smp dengan menempuh jarak sejauh 262 meter.

Pada waktu puncak pagi pada kondisi awal memerlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,428 liter/smp dengan tundaan total sebesar 1026,91 detik/smp dengan menempuh jarak sejauh 262 meter. Besarnya kebutuhan bakar minyak pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal lebih disebabkan karena pengaturan lalu lintas yang diberlakukan pada kondisi tersebut yaitu sama dengan waktu puncak siang dan sore yaitu untuk jalan Brigjen Katamso diberlakukan 2 (dua) arah.

Sedangkan kebutuhan bahan bakar pada waktu puncak siang adalah sebesar 0,104 liter/smp dengan tundaan total sebesar 194,75 detik/smp dan 0,058 liter/smp dengan total tundaan sebesar 78,70 detik/smp untuk waktu puncak sore. Sedangkan jarak yang ditempuh untuk kedua waktu puncak tersebut adalah 262 meter

Memperhatikan keadaan tersebut, maka pengaturan lalu lintas yang saat ini dilakukan pada puncak pagi memberikan manfaat secara tidak langsung pada pengguna jalan yang melewati Simpang Milo dari arah utara menuju ke barat pada saat pagi hari yaitu dengan konsumsi bahan bakar yang lebih kecil jika dibandingkan dengan lalu lintas yang diberlakukan 2 arah.

4. Brigjen Katamso (Milo) - Simpang Bangkong



Gambar 4.18. Jalur yang ditempuh kendaraan untuk arah ke barat dari jalan Brigjen Katamso Timur (Milo) pada waktu puncak pagi, puncak siang dan puncak sore

Tabel 4.68. Kebutuhan BBM untuk memempuh rute jalan Brigjen Katamso (Simpang Milo pendekat timur) sampai Simpang Bangkong

Segmen	Kebutuhan BBM (liter/smp)			
	Pagi		Siang	Sore
	Terbangun	Awal		
Meninggalkan Simpang Milo	0,010	0,290	0,033	0,024
Menempuh Jl. Brigjen Katamso	0,029	0,029	0,031	0,030
Meninggalkan Simpang Bangkong	0,045	0,385	0,061	0,020
Total kebutuhan bahan bakar minyak	0,084	0,704	0,125	0,074
Total tundaan	140,39	1.736,71	241,12	112,11
Total waktu tempuh	36,00	36,00	25,69	27,79
Total waktu perjalanan (detik)	176,40	1.772,71	266,82	139,90
Total jarak tempuh (meter)	273,00			

sumber : hasil analisis data

Dari tabel diatas ditunjukkan bahwa kebutuhan bahan bakar minyak untuk menempuh rute antara jalan Brigjen Katamso (Simpang Milo pendekat timur) sampai Simpang Bangkong pada kondisi awal dan kondisi terbangun setelah diperhitungkan dengan total tundaan yang terjadi pada pendekat yang dimaksud pada semua kondisi menunjukkan bahwa pada jam puncak pagi pada kondisi terbangun memerlukan bahan bakar minyak yang lebih besar yaitu 0,084 liter/smp dengan tundaan total sebesar 140,39 detik/smp dengan menempuh jarak sejauh 273 meter.

Untuk waktu puncak pagi pada kondisi awal memerlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,704 liter/smp dengan tundaan total sebesar 1736,71 detik/smp dengan menempuh jarak sejauh 273 meter. Besarnya kebutuhan bakar minyak pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal lebih disebabkan karena pengaturan lalu lintas yang diberlakukan pada kondisi tersebut yaitu sama dengan waktu puncak siang dan sore yaitu untuk jalan Brigjen Katamsa diberlakukan 2 (dua) arah.

Sedangkan kebutuhan bahan bakar pada waktu puncak siang adalah sebesar 0,125 liter/smp dengan tundaan total sebesar 241,12 detik/smp dan 0,074 liter/smp dengan total tundaan sebesar 112,11 detik/smp untuk waktu puncak sore. Sedangkan jarak yang ditempuh untuk kedua waktu puncak tersebut adalah 273 meter

Memperhatikan keadaan tersebut, maka pengaturan lalu lintas yang saat ini dilakukan pada puncak pagi memberikan manfaat secara tidak langsung pada pengguna jalan yang melewati Simpang Milo dari arah timur menuju ke barat pada saat pagi hari yaitu dengan konsumsi bahan bakar yang lebih kecil jika dibandingkan dengan lalu lintas yang diberlakukan 2 arah.

5. Kebutuhan BBM untuk meninggalkan simpang

Analisis konsumsi bahan bakar minyak didasarkan pada data yang diperoleh saat survei lapangan dilaksanakan. Data tersebut adalah data pada kondisi awal dan pada kondisi terbangun. Dari hasil analisis diketahui bahwa kebutuhan bahan bakar minyak untuk meninggalkan suatu simpang atau menempuh salah satu link sangat dipengaruhi oleh besarnya nilai tundaan pada simpang atau link yang bersangkutan.

Tabel 4.69. Hasil perhitungan konsumsi BBM untuk tiap simpang berdasarkan tundaan rata-rata simpang

Waktu	Kondisi	D Simpang rata-rata (detik/smp)		Kebutuhan BBM (liter/smp)	
		Milo	Bangkong	Milo	Bangkong
Pagi	Awal	460,88	838,05	0,179	0,326
	Terbangun	32,18	96,10	0,013	0,037
Siang	Awal	56,84	137,52	0,022	0,053
Sore	Awal	74,72	111,77	0,029	0,043

sumber : hasil analisis data

Dari tabel diatas, ditunjukkan tundaan rata-rata yang terjadi dan kebutuhan bahan bakar minyak yang diperlukan untuk meninggalkan masing-masing simpang. Tundaan rata-rata simpang yang terjadi di Simpang Milo pada waktu puncak pagi untuk kondisi

awal dimana diasumsikan bahwa tidak diberlakukan pengaturan lalu lintas dengan lajur satu arah untuk arah timur ke barat adalah sebesar 460,88 detik/smp. Akibat dari tundaan tersebut, maka untuk meninggalkan simpang diperlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,179 liter/smp. Sedang pada kondisi terbangun, dimana sudah diberlakukan pengaturan lalu lintas menggunakan satu arah untuk arah barat ke timur tundaan yang terjadi sebesar 32,18 detik/smp dan bahan bakar yang diperlukan untuk meninggalkan simpang adalah sebesar 0,013 liter/smp. Dari kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengaturan lalu lintas yang dilakukan sudah dapat mengurangi kebutuhan bahan bakar minyak untuk meninggalkan simpang Milo pada waktu puncak pagi.

Pada waktu puncak siang dengan tundaan simpang rata-rata sebesar 56,84 detik/smp, untuk meninggalkan simpang diperlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,022 liter/smp. Sedang untuk waktu puncak sore dengan tundaan rata-rata simpang sebesar 74,72 detik/smp dibutuhkan bahan bakar minyak sebanyak 0,029 liter/smp untuk meninggalkan simpang.

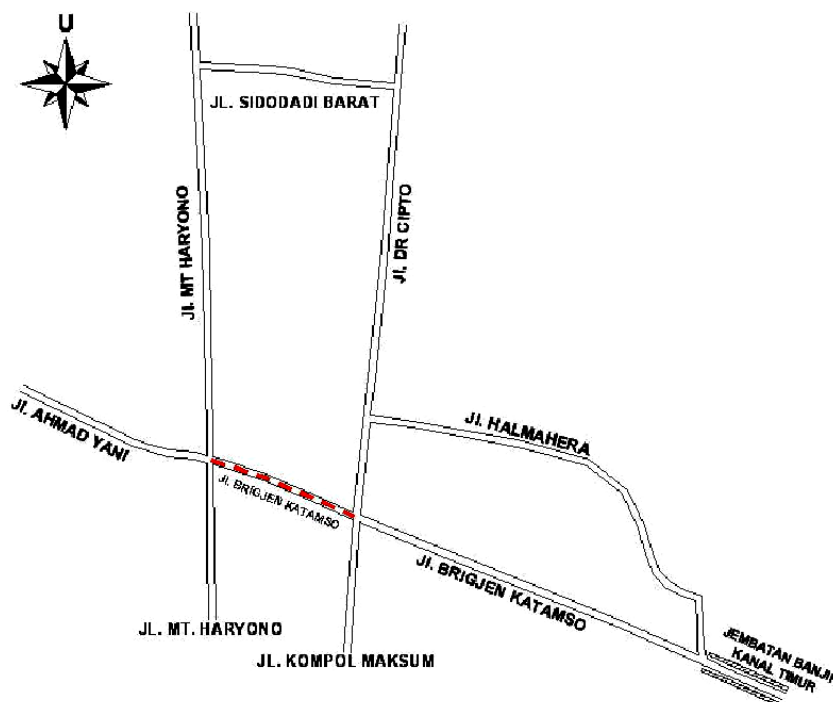
Tundaan rata-rata simpang yang terjadi di Simpang Bangkok pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal dimana tidak diberlakukan pengaturan lalu lintas dengan lajur satu arah untuk arah timur ke barat dan kendaraan yang akan bergerak ke timur yang berasal dari arah selatan maupun barat tidak perlu berputar melalui MT. Haryono, jalan Sidodadi Barat, jalan Dr. Cipto hingga sampai di Jembatan Banjir Kanal Timur adalah sebesar 838,05 detik/smp. Akibat dari tundaan tersebut, maka untuk meninggalkan simpang diperlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,326 liter/smp.

Pada kondisi terbangun, dimana sudah diberlakukan pengaturan lalu lintas menggunakan satu arah untuk arah barat ke timur sehingga mengakibatkan kendaraan yang akan menuju ke arah timur yang berasal dari selatan maupun barat harus berputar melalui MT. Haryono, jalan Sidodadi Barat, jalan Dr. Cipto hingga sampai di Jembatan Banjir Kanal Timur, tundaan rata-rata simpang yang terjadi sebesar 96,10 detik/smp dan bahan bakar yang diperlukan untuk meninggalkan simpang adalah sebesar 0,037 liter/smp. Dari kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengaturan lalu lintas yang dilakukan sudah dapat mengurangi kebutuhan bahan bakar minyak untuk meninggalkan simpang Bangkok pada waktu puncak pagi.

Pada waktu puncak siang dengan tundaan simpang rata-rata yang terjadi di Simpang Bangkok sebesar 137,52 detik/smp, untuk meninggalkan simpang diperlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,053 liter/smp. Sedang untuk waktu puncak sore dengan

tundaan rata-rata simpang sebesar 111,77 detik/smp dibutuhkan bahan bakar minyak sebanyak 0,043 liter/smp untuk meninggalkan simpang.

Dari hasil perhitungan konsumsi bahan bakar minyak dengan berdasar kepada tundaan simpang rata-rata untuk tiap waktu puncak menunjukkan bahwa semakin besar tundaan rata-rata yang terjadi pada suatu simpang akan semakin besar pula konsumsi bahan bakar minyak yang dipergunakan.



Gambar 4.19. Jalur yang ditempuh kendaraan dari arah barat maupun timur untuk meninggalkan Simpang Bangkong dan Simpang Milo

Tabel 4.70. Kebutuhan BBM untuk menempuh jalan Brigjen Katamso berdasarkan tundaan simpang rata-rata pada Simpang Milo dan Simpang Bangkong

Waktu	Kondisi	Rerata waktu tempuh (detik)	Rerata jarak tempuh (meter)	Rerata kec. tempuh (km/jam)	Total tundaan simpang rata-rata (detik/smp)	Kebutuhan BBM (liter/smp)
Pagi	Awal	26,15	273,00	27,57	1.298,92	0,533
	Terbangun	30,39		30,39	128,28	0,078
Siang	Awal	26,23		26,23	194,35	0,104
Sore	Awal	27,84		27,84	186,49	0,101

sumber : hasil analisis data

Dari tabel diatas ditunjukkan bahwa kebutuhan bahan bakar minyak untuk menempuh ruas jalan Brigjen Katamso yang terletak diantara Simpang Milo dan Simpang Bangkong dari arah timur ke barat maupun dari arah barat ke timur pada kondisi awal dan kondisi terbangun setelah diperhitungkan dengan total tundaan simpang rata-rata yang terjadi pada kedua simpang serta kecepatan dan jarak untuk menempuh ruas jalan yang

menghubungkan kedua simpang tersebut menunjukkan bahwa pada jam puncak pagi pada kondisi awal untuk arah timur ke barat memerlukan bahan bakar minyak yang paling besar yaitu 0,533 liter/smp dengan tundaan total sebesar 1298,92 detik/smp dengan menempuh jarak sejauh 273 meter dengan kecepatan rata-rata 27,57 km/jam.

Sedangkan untuk waktu puncak pagi pada kondisi terbangun memerlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,078 liter/smp dengan tundaan total sebesar 128,28 detik/smp dengan menempuh jarak sejauh 273 meter dengan kecepatan rata-rata 30,29 km/jam. Besarnya kebutuhan bakar minyak pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal lebih disebabkan karena pengaturan lalu lintas yang diberlakukan pada kondisi tersebut yaitu sama dengan waktu puncak siang dan sore yaitu untuk jalan Brigjen Katamsa diberlakukan 2 (dua) arah mengakibatkan terjadinya tundaan yang besar.

Kebutuhan bahan bakar pada waktu puncak siang dan sore lebih dipengaruhi oleh total tundaan simpang rata-rata yang terjadi pada Simpang Milo dan Simpang Bangkong. Total tundaan yang terjadi untuk waktu puncak siang lebih besar jika dibandingkan dengan pada waktu puncak sore yaitu sebesar 194,35 detik/smp dengan kebutuhan bahan bakar 0,104 liter/smp dengan jarak sejauh 273 meter dan kecepatan rata-rata sebesar 26,23 km/jam untuk waktu puncak siang dan 186,49 detik/smp untuk waktu puncak sore dengan kebutuhan bahan bakar minyak 0,101 liter/smp dengan jarak tempuh sejauh 273 meter dan kecepatan rata-rata sebesar 27,84 km/jam.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap kinerja Simpang Milo dan Simpang Bangkok serta konsumsi bahan bakar minyak yang digunakan untuk menempuh rute dengan awal keberangkatan dari kedua simpang tersebut, maka yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah :

1. Pengaturan lalu lintas yang dilakukan saat ini, dimana pada waktu pagi diberlakukan satu arah untuk pergerakan dari timur ke barat akan menyebabkan lebar efektif pada pendekat timur menjadi semakin besar. Akibat dari semakin besarnya lebar efektif, maka kapasitas simpang juga akan semakin besar. Kondisi ini ditunjukkan pada nilai kapasitas simpang untuk waktu puncak pagi pada kondisi terbangun di Simpang Milo yang memiliki nilai sebesar 3266 smp/jam dan pada Simpang Bangkok memiliki nilai sebesar 2171 smp/jam untuk pendekat timur arah pergerakan lurus.
2. Dari nilai derajat kejenuhan pada masing-masing pendekat yang sebagian besar memiliki nilai lebih besar dari 0,800 menunjukkan bahwa lalu lintas yang melalui simpang tersebut cukup padat. Terutama pada waktu pagi untuk arah timur ke barat dan waktu sore untuk arah barat ke timur.
3. Akibat dari nilai derajat kejenuhan yang cukup tinggi ($>0,800$) akan menyebabkan terjadinya antrian yang cukup panjang pada tiap-tiap pendekat. Antrian terpanjang di Simpang Milo terjadi pada kondisi awal untuk waktu puncak pagi yang berada pada pendekat timur yaitu sebesar 1299 meter dan untuk Simpang Bangkok juga terjadi pada waktu dan kondisi yang sama dengan panjang antrian mencapai 2605 meter. Antrian yang terjadi tersebut melebihi panjang ruas jalan yang ditentukan. Untuk pendekat timur Simpang Bangkok panjang ruas jalan antara Simpang Bangkok dan Simpang Milo adalah sepanjang 243 meter, sedangkan untuk Simpang Milo sampai Jembatan Banjir Kanal Timur berjarak 504 meter, sehingga pengaturan lalu lintas dengan mengatur jalan Brigjen Katamsa menjadi satu arah pada waktu puncak pagi adalah pilihan yang tepat yang dilakukan oleh pengambil keputusan meskipun belum optimal. Bagi pengguna jalan, pengaturan lalu lintas tersebut memberikan keuntungan dalam melalui kedua simpang tersebut dengan terjadinya tundaan yang lebih singkat.

4. Untuk Simpang Bangkong, pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal tundaan rata-rata simpang yang terjadi sebesar 838,05 detik/smp sehingga untuk meninggalkan simpang diperlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,326 liter/smp. Pada kondisi terbangun, tundaan rata-rata simpang yang terjadi sebesar 96,10 detik/smp dan bahan bakar minyak yang diperlukan sebesar 0,037 liter/smp. Pada waktu puncak siang dengan tundaan simpang rata-rata sebesar 137,52 detik/smp dan diperlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,053 liter/smp. Pada waktu puncak sore dengan tundaan rata-rata simpang sebesar 111,77 detik/smp dibutuhkan bahan bakar minyak sebanyak 0,043 liter/smp.
5. Kebutuhan bahan bakar minyak untuk menempuh ruas jalan Brigjen Katamsa yang terletak diantara Simpang Milo dan Simpang Bangkong dari arah timur ke barat maupun arah barat ke timur pada kondisi awal memerlukan bahan bakar minyak sebesar yaitu 0,533 liter/smp dengan tundaan total sebesar 1298,92 detik/smp. Sedangkan untuk waktu puncak pagi pada kondisi terbangun dengan arah timur ke barat memerlukan bahan bakar minyak sebanyak 0,078 liter/smp dengan tundaan total sebesar 128,28 detik/smp. Besarnya kebutuhan bakar minyak pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal lebih disebabkan karena pengaturan lalu lintas yang diberlakukan pada kondisi awal dimana jalan Brigjen Katamsa diberlakukan dua arah mengakibatkan terjadinya tundaan yang besar.
6. Konsumsi bahan bakar minyak yang diperlukan untuk meninggalkan Simpang Bangkong dari pendekat barat, maka pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun yang memerlukan bahan bakar minyak sebesar 0,156 liter/smp untuk sampai di Jembatan Banjir Kanal Timur lebih sedikit dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar minyak pada waktu puncak sore yang sebesar 0,220 liter/smp. Dengan memperhatikan kondisi ini, bagi pengguna jalan yang melalui Simpang Bangkong untuk menuju ke arah timur dapat mempertimbangkan untuk menggunakan rute yang sama dengan waktu puncak pagi pada kondisi terbangun. Bagi pengambil keputusan, keadaan ini dapat dijadikan pertimbangan untuk menentukan pola pengaturan lalu lintas di Simpang Bangkong untuk arah ke timur pada waktu puncak sore.
7. Jika membandingkan konsumsi bahan bakar minyak yang diperlukan untuk meninggalkan Simpang Milo dan Simpang Bangkong yang berangkat dari jalan Dr. Cipto, maka pada waktu puncak pagi untuk kondisi terbangun yang memerlukan bahan bakar minyak sebesar 0,088 liter/smp lebih sedikit dibandingkan dengan konsumsi

bahan bakar minyak pada waktu puncak pagi untuk kondisi awal yang sebesar 0,428 liter/smp. Dengan memperhatikan kondisi ini, bagi pengguna jalan yang melalui Simpang Milo untuk menuju ke arah barat memperoleh keuntungan dengan konsumsi bahan bakar minyak yang lebih kecil. Bagi pengambil keputusan, keadaan ini harus dipertahankan dan diupayakan agar bisa lebih optimal dengan melakukan pola pengaturan lalu lintas yang lebih baik di Simpang Milo.

8. Memperhatikan hasil analisis data, menunjukkan bahwa hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini yaitu konsumsi bahan bakar minyak bagi kendaraan yang lewat dua simpang bersinyal lebih kecil dibandingkan dengan rute alihan adalah terbukti.

5.2. Saran

1. Agar lebih representatif, maka hasil penelitian ini masih perlu diperluas dengan menggunakan variabel-variabel yang lebih lengkap antara lain tingkat pertumbuhan kendaraan bermotor.
2. Agar penggunaan bahan bakar dapat lebih optimal perlu dilakukan optimalisasi pada kinerja simpang agar tundaan yang terjadi di Simpang Milo dan Simpang Bangkong dapat lebih diminimalisir.
3. Memperhatikan kondisi dari Simpang Bangkong maupun Simpang Milo, maka salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang adalah dengan melaksanakan pengaturan lalu lintas satu arah untuk arah timur ke barat pada jalan Brigjen Katamso selama satu hari penuh. Rekomendasi ini muncul dengan pertimbangan memberikan kemudahan akses menuju ke pusat kota dan banyaknya pilihan jalur untuk meninggalkan pusat kota menuju ke arah timur. Selain rekomendasi yang berupa tindakan, dapat juga disampaikan rekomendasi yang berupa kajian teoritis dimana perlu dilakukan penelitian terhadap polusi udara yang ditimbulkan akibat dari pemakaian bahan bakar saat terjadi tundaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, 1 (1999), *Rekayasa Lalu Lintas*, Cetakan Pertama, Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas Angkutan Kota, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta.
- Akcelik, R. (1989), *Traffic Signals; Capacity and Timing Analysis*, Australian Road Research Board, Report No. 123, Vermont South, Victoria, Australia.
- Button, K.J. (1986), *Transport Economics*, Gower Publishing Company Ltd, London.
- DPU, (1990), *Traffic Management*, Regional Cities Urban Transport DKI Jakarta Training, Dirjen Bina Marga
- DPU, (1996), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Hobbs, F.D (1979), *Traffic Planning and Engineering* Published by Pergamon Press
- Hoff and Overgaard (1992), *Road User Cost Model, Second Technical Advisory Services on Planning and Programming to the Directorate of Planning*, Directorate General of Highways, Ministry of Public Works.
- Isnaeni, M. (2003), *Efek Lingkungan Interaksi Transportasi Dan Tata Ruang Kota*, Tesis S2 Magister Rekayasa Transportasi ITB, Bandung.
- Lembaga Afiliasi dan Penerapan Industri ITB bekerjasama dengan PT. Jasa Marga (1996) *Laporan Akhir Studi Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan*, Bandung, Indonesia.
- McShane, W.R., Roess, R.P., (1990), *Traffic Engineering*, Prentice Hall, Inc., Englewood, New Jersey.
- Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas.
- Pignataro, L.J. (1973), *Traffic Engineering, Theory and Practice*, Prentice Hall, Inc., Englewood, New Jersey.
- Salter, R.J. (1978), *Highway Traffic Analysis and Design.*, Published by The Macmillan Press Ltd.
- Salter, R.J. (1983), *Traffic Engineering.*, University of Bradford.
- Undang-Undang Nomor 14 Tahun 1992 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
- Willumsen, L.G, Coymans, J.E (1989), *The Value of Fixed Time Signal Coordination in Developing Countries*, Traffic Engineering & Control, London.
- Zegeer, C.V, Deen, R.C (1978), *Traffic Conflict As A Diagnostic Tool in Highway Safety*, Transportation Research Record 667, Transportation Research Board, Washington, D.C, USA.