“ANALISIS KINERJA JARINGAN JALAN RUTE ANGKUTAN UMUM ANTAR KOTA DI KABUPATEN MAROS”

TUGAS AKHIR

Disusun :

N U R A D N A N
D111 01 727 - 1

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM REGULER SORE
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008

Resume Tugas Akhir :

"ANALISIS KINERJA JARINGAN JALAN RUTE ANGKUTAN UMUM ANTAR KOTA DI KAB. MAROS"

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Disusun :

NUR ADNAN
D111 01 727-1

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM REGULER SORE
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2008

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Kampus Tamalanrea Telp.(0411) 580 505 , Fax. (0411) 587 636 Makassar 90153

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti
Ujian Akhir Hasil pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik
Program Reguler Sore Universitas Hasanuddin

Judul :

"ANALISIS KINERJA JARINGAN JALAN RUTE ANGKUTAN UMUM ANTAR KOTA DI KABUPATEN MAROS"

Disusun Oleh :

? **NUR ADNAN** **D111 01 727-1**

? **VINA YOUNGKY** **D111 03 709-1**

Telah diperiksa dan disetujui oleh
Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, MT.	**Muralia Hustim, ST,MT**
Nip. 131 570 851	NIP. 132 281 794

Mengetahui,

Ketua Pelaksana Harian Program Reguler Sore Fakultas Teknik	Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik
Ir. H. Syarifuddin Dewa, M.Si.	**Ir.H. Abdul Madjid Akkas,MT**
Nip. 131 570 881	NIP : 130 936 995

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat ALLAH SWT dan juga Shalawat dan Salam kepada Rasullulah Muhammad SAW, karena berkat Rahmat dan Hidayah dari ALLAH SWT sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini, yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi pada jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam kesempatan yang indah ini, penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih sedalam – dalamnya kepada :

1. Yang tercinta kedua Orang Tua kami atas segala pengorbanan, jerih payah dan curahan keringat yang telah membina dan menyayangi serta memberi dukungan moral dan materi disertai dengan iringan doa selama ini kepada penulis.
2. Prof. DR. Ir. Saleh Pallu, M. Eng. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ir. H. Abdul Madjid Akkas, MT. Ketua Jurusan Sipil Fakulatas Teknik Universitas Hasanuddin, atas segala nasihat dan petunjuknya selama penulisan menjalani kehidupan mahasiswa di Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ir. H. Syarifuddin Dewa, Msi. Ketua Pelaksana Harian Program Reguler Sore Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Ir. Hj. Sumarni Hamid Ali, MT. selaku pembimbing pertama, yang senangtiasa mengarahkan dan memberikan petunjuk serta arahan bila penulisan mengalami kendala.
6. Muralia Hustim, ST.MT. selaku pembimbing Kedua, atas petunjuk dan saran–sarannya yang sangat membantu penulisan guna merampungkan penyusunan skripsi ini.
7. Muh. Isran Ramli, ST.MT. yang telah memberikan masukan dan arahan serta dorongan moril yang sangat membantu penulis.

8. Seluruh civitas akademika Fakultas Teknik Jurusan Sipil Program Reguler Sore Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu penulisan dan pengurusan kelengkapan berkas penyusunan skripsi kami.
9. Sahabat INSTRAL (Institut Survai Transpotasi dan Lingkungan) selaku Tim Survai yang telah banyak membantu.
10. Serta rekan-rekan kami yang senantiasa memberikan support dan motivasi hingga penulisan dapat merampungkan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa banyaknya kekurangan-kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, yang kesemuanya merupakan sifat keterbatasan sebagai manusia. Oleh karena itu saran kritik yang membangun sangat diharapkan untuk lebih menyempurnakan penulisan diakhir nanti, namun demikian penulis menyadari bahwa kesempurnaan hanyalah milik ALLAH SWT.

Makassar, Oktober 2008

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN ii
KATA PENGANTAR iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR LAMPIRAN xiv
BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang Masalah 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Maksud dan Tujuan Penulisan 3
1.4. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah 4
1.5. Sistematika Penulisan 5
BAB II KAJIAN PUSTAKA
2.1. Dasar Teori Arus Lalu Lintas 6
2.1.1 Jalan 6
2.1.2 Arus 8
2.2. Definisi Ruas dan Persimpangan 9
2.3. Karakteristik Arus Lalu Lintas Metode MKJI 11
2.3.1 Volume Lalu lintas 11
2.3.2 Geometrik Jalan 12
2.3.3 Pengaturan Lalu Lintas 13
2.3.4 Aktivitas Samping Jalan (Hambatan Samping) 13
2.3.5 Perilaku Pengemudi dan Populasi Kendaraan 14
2.4. Klasifikasi Persimpangan 15
2.5. Kinerja Simpang Bersinyal Metode MKJI 18
2.5.1 Waktu Sinyal 22
2.5.2 Derajat Kejenuhan 24
2.5.3 Karakteristik dan Kondisi Lalu Lintas 24

2.5.4 Kondisi Lingkungan 25
2.5.5 Faktor Koreksi 26
2.6. Kinerja Simpang Tak Bersinyal Metode MKJI 30
2.6.1 Kapasitas Persimpangan 30
2.6.2 Derajat Kejenuhan 40
2.6.3 Tundaan 41
2.7. Kinerja Ruas Jalan Metode MKJI 43
2.7.1 Klasifikasi/Jenis/Tipe 43
2.7.2 Kapasitas Jalan 44
2.7.3 Karakteristik Makro Lalu Lintas 48
2.7.4 Kinerja Lalu Lintas dan Jalan 51
BAB III METODOLOGI STUDI
3.1. Diagram Alir Metode Studi 58
3.2. Lokasi Studi 59
3.3. Studi Pendahuluan 60
3.4. Metode Pengumpulan Data 61
3.3.1 Survai Data Primer 61
3.3.2 Survai Data Sekunder 65
3.5. Metode Analisis Data 65
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1. Penyajian Hasil Survai dan Pengolahan Data 66
4.1.1. Sistem Arah Pergerakan Angkutan Umum 66
4.1.2. Sistem Rambu dan Marka Jalan 68
4.1.3. Kondisi Tata Guna Lahan 70
4.1.4. Kondisi Geometrik Jaringan Jalan 73
4.2. Karakteristik Arus Lalu Lintas 74
4.2.1. Ruas Jl. Jend. Sudirman km 28 (Pos 1) 74
4.2.2. Simpang Tak Bersinyal Jl. Jend. Sudirman-Jl. Topaz (Pos 2) 79
4.2.3. Simpang Tak Bersinyal Jl. Jend. Sudirman-Jl. Azalea (Pos 3) 82

4.2.4. Simpang Bersinyal Jl. Sudirman-Jl. Lanto DP. -Jl. Ratulangi-Jl.Taqwa (Pos 4) 84
4.2.5. Simpang Bersinyal Jl. Pettarani-Jl. A. Yani-Jl. Lanto DP.-Jl.Ibrahim (Pos 5)..... 93
4.2.6. Ruas Jl. Makmur Dg. Sitakka (Pos 6)..... 102
4.2.7. Simpang Tak Bersinyal Jl. Ratulangi-Jl. Sejahtera-Jl.Nurdin Sanrima (Pos 7)..... 104
4.2.8. Ruas Jl. DR. Sam Ratulangi (Pos 8) 106
4.3. Analisis dan Pembahasan 109
4.3.1. Rencana Alternatif Manajemen Lalu Lintas... 109
4.3.2. Analisis Alternatif Manajemen Lalu Lintas 114
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan 123
5.2 Saran-saran..... 124
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kelas Hambatan Samping	14
Tabel 2.2	Faktor koreksi ukuran kota (F_{cs})	26
Tabel 2.3	Faktor koreksi hambatan samping (F_{SF})	27
Tabel 2.4.	Jumlah lajur berdasarkan lebar rata-rata pendekat minor dan utama	34
Tabel 2.5.	Kode tipe simpang.....	35
Tabel 2.6.	Kapasitas dasar menurut tipe simpang	36
Tabel 2.7.	Faktor penyesuaian median jalan utama (F_M)	37
Tabel 2.8.	Faktor penyesuaian ukuran kota (FCS).....	37
Tabel 2.9.	Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan,hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{RSU})	38
Tabel 2.10.	Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (F_{MI})	40
Tabel 2.11.	Tabel kapasitas Dasar Jalan pada tipe jalan dan jumlah lajur	45
Tabel 2.12.	penyesuaian kapasitas untuk pengaruh lebar jalur untuk jalan perkotaan (Cw)	46
Tabel 2.13.	Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan.....	46
Tabel 2.14.	Faktor penyesuaian kerb	47
Tabel 2.15.	Faktor Penyesuaian Arah jalan tak terbagi	47
Table 2.16.	Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota (FCcs) pada jalan Luar kota.	48
Table 2.17.	Nilai Satuan Mobil Penumpang	49
Tabel 2.18.	ITP Berdasarkan Kecepatan Perjalanan Rata-Rata	57
Tabel 2.19.	ITP Berdasarkan Derajat Kejenuhan Lalu Lintas	57

Tabel 3.1.	Lokasi Survai Volume Lalu Lintas di Kota Maros Kab. Maros	62
Tabel 3.2.	Lokasi Survai di Kota Maros Kab. Maros	64
Tabel 4.1.	Sistem arah pergerakan Angkutan Umum di Kota Maros Kabupaten Maros	66
Tabel 4.2.	Jumlah Rambu dan Marka pada Ruas Jalan di Lokasi Studi	68
Tabel 4.3.	Kondisi Aktifitas di Sisi Kiri – Kanan Ruas Jalan	70
Tabel 4.4.	Kondisi Jenis Bangunan Samping di Sisi Jalan.....	71
Tabel 4.5.	Kondisi Geometrik Jaringan Jalan	73
Tabel 4.6.	Kinerja Karakteristik Lalu Lintas Arah ke Makassar di Jl. Sudirman	74
Tabel 4.7.	Kinerja Karakteristik Lalu Lintas Arah ke Pangkep di Jl. Sudirman	77
Tabel 4.8.	Kinerja Lalu Lintas di Simpang Jl. Jend. Sudirman – Jl. Topaz	79
Tabel 4.9.	Volume Lalu Lintas Simpang Jl. A. P. Pettrani – Jl. Azalea	82
Tabel 4.10.	Kinerja Lalu Lintas di Pendekat Jl. Taqwa (Pendekat Barat)	84
Tabel 4.11.	Kinerja Lalu Lintas di Pendekat Jl. Ratulangi (Utara) ..	86
Tabel 4.12.	Kinerja Lalu Lintas di Pendekat Jl. Lanto DP (Timur) ..	89
Tabel 4.13.	Kinerja Lalu Lintas di Pendekat Jl. Sudirman (Selatan).....	91
Tabel 4.14.	Kinerja Lalu Lintas di Pendekat Jl. Lanto DP (Pendekat Barat)	93
Tabel 4.15.	Kinerja Lalu Lintas di Pendekat Jl. Ibrahim (Pendekat Utara)	96

Tabel 4.16.	Kinerja Lalu Lintas di Pendekat Jl. A. Yani (Pendekat Timur)	98
Tabel 4.17.	Kinerja Lalu Lintas di Pendekat Jl. AP. Pettarani (Pendekat Selatan)	100
Tabel 4.18.	Kinerja lalu lintas di ruas Jl. Makmur Dg. Sitakka	102
Tabel 4.19.	Kinerja Simpang Jl. Ratulangi – Jl. Sejahtera – Jl. Nurdin Sanrima	104
Tabel 4.20.	Kinerja Lalu Lintas Arah ke Makassar di Jl. Ratulangi.....	106
Tabel 4.21.	Kinerja Lalu Lintas Arah ke Pangkep di Jl. Ratulangi.....	108
Tabel 4.22.	Alternatif 1 Rute Sirkulasi Lalu Lintas Angkutan Umum di Kota Maros Kabupaten Maros	110
Tabel 4.23.	Alternatif 2 Rute Sirkulasi Lalu Lintas Angkutan Umum di Kota Maros Kabupaten Maros.....	111
Tabel 4.24.	Alternatif 3 Rute Sirkulasi Lalu Lintas Angkutan Umum di Kota Maros Kabupaten Maros.....	112
Tabel 4.25.	Alternatif 4 Rute Sirkulasi Lalu Lintas Angkutan Umum di Kota Maros Kabupaten Maros.....	113
Tabel 4.26.	Nilai Volume Lalu Lintas Setiap Alternatif Manajemen Lalu Lintas	114
Tabel 4.27.	Derajat Kejenuhan Lalu Lintas Tiap Alternatif Manajemen Lalu Lintas	118

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Tipe Simpang dan titik konflik	16
Gambar 2.2.	Berbagai jenis persimpangan jalan sebidang	17
Gambar 2.3.	Grafik Faktor Koreksi untuk belok kanan (F_{RT})	29
Gambar 2.4.	Grafik Faktor koreksi Belok Kiri (F_{LT})	29
Gambar 2.5.	Bagan alir perhitungan kapasitas	32
Gambar 2.6.	Lebar rata-rata pendekat	33
Gambar 2.7.	Ilustrasi tipe simpang tak bersinyal	35
Gambar 2.8.	Grafik penyesuaian lebar pendekat (F_W)	36
Gambar 2.9.	Grafik faktor penyesuaian belok kiri (FLT)	38
Gambar 2.10.	Grafik faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT})	39
Gambar 2.11.	Grafik faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (F_{MI})	39
Gambar 3.1.	Flowchart Metode Penelitian	58
Gambar 3.2.	Peta Wilayah Studi di Kota Maros Kabupaten Maros	59
Gambar 3.3.	Lokasi Survai Lalu Lintas di Kab. Maros	62
Gambar 4.1.	Sistem arah pergerakan Angkutan Umum di Kota Maros Kabupaten Maros	67
Gambar 4.2.	Letak dan Posisi Rambu dan Marka Jalan pada Jaringan Jalan di Kota Maros	69
Gambar 4.3.	Grafik Kondisi Aktifitas di Sisi Kiri – Kanan Ruas Jalan	71

Gambar 4.4. Grafik Kondisi Jenis Bangunan Samping di Sisi Jalan 72

Gambar 4.5. Visualisasi Kondisi Tata Guna Lahan 72

Gambar 4.6. Grafik Volume Lalu Lintas Jl. Jend. Sudirman (Arah Makassar) 75

Gambar 4.7. Grafik Derajat Kejenuhan Jl. Jend. Sudirman (Arah Makassar) 76

Gambar 4.8. Grafik Volume Lalu Lintas Jl. Jend. Sudirman (Arah Pangkep)..... 78

Gambar 4.9. Grafik Derajat Kejenuhan Jl. Jend. Sudirman (Arah Pangkep)..... 78

Gambar 4.10. Volume lalu lintas di Simpang Jl. Jend. Sudirman – Jl. Topaz 80

Gambar 4.11. Grafik Derajat Kejenuhan Simpang Jl. Sudirman – Jl. Topaz 81

Gambar 4.12. Grafik Volume Lalu Lintas Simpang Jl. AP. Pettrani – Jl. Azalea 83

Gambar 4.13. Grafik Derajat Kejenuhan Simpang Jl. AP. Pettrani – Jl. Azalea 83

Gambar 4.14. Grafik Volume Simpang Bersinyal Pendekat Jl. Taqwa (Barat)..... 85

Gambar 4.15. Grafik Derajat Kejenuhan Pendekat Jl. Taqwa (Barat)..... 85

Gambar 4.16 Grafik Volume Simpang di Pendekat Jl. Ratulangi (Utara) 87

Gambar 4.17. Grafik Derajat Kejenuhan Simpang Pendekat Jl. Ratulangi 88

Gambar 4.18. Volume Simpang Pendekat Jl. Lanto Dg. Pasewang (Timur)..... 89

Gambar 4.19. Grafik Derajat Kejenuhan Simpang Pendekat Jl. Lanto DP. 90

Gambar 4.20. Grafik Volume di Pendekat Selatan Jl. Jend. Sudirman..... 92

Gambar 4.21. Grafik Derajat Kejenuhan Pendekat Jl. Sudirman (Selatan)..... 92

Gambar 4.22. Grafik Volume Lalu Lintas Pendekat Jl. Lanto DP (Barat)..... 94

Gambar 4.23. Grafik Derajat Kejenuhan Pendekat Jl. Lanto DP (Barat)..... 95

Gambar 4.24. Grafik Volume Lalu Lintas Pendekat Jl. Ibrahim (Utara) 96

Gambar 4.25. Grafik Volume Lalu Lintas Pendekat Jl. Jend. A. Yani (Timur) 99

Gambar 4.26. Grafik Derajat Kejenuhan Pendekat Jl. Jend. A. Yani (Timur) 99

Gambar 4.27. Grafik Volume Lalu Lintas Pendekat Jl. AP.Pettarani (Selatan) 101

Gambar 4.28. Grafik Volume Lalu Lintas Jl. Makmur Dg. Sitakka 103

Gambar 4.29. Grafik Volume Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal Jl. DR. Sam Ratulanggi – Jl. Sejahtera – Jl. Nurdin Sanrima..... 105

Gambar 4.30. Grafik Volume Lalu Lintas pada Jl. Ratulangi (Arah Pangkep)..... 108

Gambar 4.31. Skenario 1 Alternatif Manajemen Sirkulasi Lalu Lintas Angkutan Umum di Kota Maros Kabupaten Maros..... 110

Gambar 4.32. Skenario 2 Alternatif Manajemen Sirkulasi Lalu Lintas Angkutan Umum di Kota Maros Kabupaten Maros..... 111

Gambar 4.33. Skenario 3 Alternatif Manajemen Sirkulasi Lalu Lintas Angkutan Umum di Kota Maros Kabupaten Maros 112

Gambar 4.34. Skenario 4 Alternatif Manajemen Sirkulasi Lalu Lintas Angkutan Umum di Kota Maros Kabupaten Maros 113

Gambar 4.35. Volume Arus di Pos 1 (Jl. Jend. Sudirman) 115

Gambar 4.36. Volume Arus di Pos 2 (Simpang Jl. Sudirman – Jl. Topaz) 115

Gambar 4.37. Volume Arus di Pos 3 (Simpang Jl. A. P. Pettrani – Jl. Azalea) 115

Gambar 4.38. Volume Arus di Pos 4 (Simpang Jl. Sudirman – Jl. Lanto DP. - Jl. Ratulangi – Jl. Taqwa)..... 116

Gambar 4.39. Volume Arus di Pos 5 (Simpang Jl. AP. Pettarani – Jl. A. Yani – Jl. Lanto DP – Jl. Ibrahim) 116

Gambar 4.40. Volume Arus di Pos 6 (Jl. Makmur Dg. Sitakka)

Gambar 4.41. Volume Arus di Pos 7 (Simpang Jl. Ratulangi – Jl. Sejahtera – Jl. Nurdin Sanrima) 117

Gambar 4.42. Volume Arus di Pos 8 (Jl. DR. Sam. Ratulangi) 117

Gambar 4.43. Volume Arus di Jembatan Maros 117

Gambar 4.44. Derajat Kejenuhan Lalu Lintas di Pos 1 (Jl. Jend. Sudirman) 119

Gambar 4.45. Derajat Kejenuhan Lalu Lintas di Pos 2 (Simpang Jl. Sudirman – Jl. Topaz)..... 119

Gambar 4.46. Derajat Kejenuhan Lalu Lintas di Pos 3 (Simpang Jl. AP. Pettrani – Jl. Azalea)..... 119

Gambar 4.47. Derajat Kejenuhan Lalu Lintas di Pos 4 (Simpang Jl. Sudirman – Jl. Lanto DP. - Jl. Ratulangi – Jl. Taqwa)..... 120

Gambar 4.48. Derajat Kejenuhan Lalu Lintas di Pos 5 (Simpang Jl. AP. Pettarani – Jl. A. Yani – Jl. Lanto DP – Jl. Ibrahim) 120

Gambar 4.49. Derajat Kejenuhan Lalu Lintas di Pos 6 (Jl. Makmur Dg. Sitakka) 120

Gambar 4.50. Derajat Kejenuhan Lalu Lintas di Pos 7 (Simpang Ratulangi – Jl. Sejahtera – Jl. Nurdin Sanrima)..... 121

Gambar 4.51. Derajat Kejenuhan Lalu Lintas di Pos 8 (Jl. DR. Sam Ratulangi) 121

Gambar 4.52. Derajat Kejenuhan Lalu Lintas di Jembatan Maros 121

DAFTAR TABEL

Lampiran 1 : Formulir Survai

Lampiran 2 : Visualisasi Kegiatan

Lampiran 3 : Hasil Perhitungan MKJI 1997

Lampiran 4 : Kondisi Rambu/marka Jalan

Lampiran 5 : Gambar

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Sebagai salah satu Propinsi di Indonesia, Sulawesi Selatan merupakan pusat kegiatan perdagangan, perindustrian, dan pendidikan. Dari tahun ke tahun Sulawesi Selatan mengalami pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin meningkat. Kenyataan ini mendorong Pemerintah Propinsi Sulawesi Selatan terus mengupayakan penyediaan prasarana dan sarana antar kota/kabupaten untuk memberikan pelayanan yang optimal kepada masyarakat dalam pemenuhan kegiatan sehari-hari.

Dalam hal ini, Kota Maros, merupakan wilayah dalam propinsi Sulawesi Selatan yang sudah mulai mengalami permasalahan tentang sirkulasi lalu lintas angkutan umum, dan berdasarkan survai pendahuluan ternyata terdapat sirkulasi lalu lintas di Kota Maros cenderung tidak seimbang dalam pembebanan jaringan jalan antara Jl. Jend. Sudirman dan Jl. A. P. Pettarani, sedangkan tujuan dari transportasi darat itu sendiri adalah untuk memperoleh suatu perjalanan yang aman, tertib, nyaman, cepat dan tepat pada waktunya, kelancaran kegiatan transportasi khususnya transportasi darat merupakan tuntutan efisiensi dan efektifitas dari suatu pelayanan jaringan jalan dan jembatan.

Hal yang menyebabkan tidak seimbangnya pembebanan jaringan jalan pada kedua jalan dikarenakan pada Jl. Jend. Sudirman terdapat jembatan barat dan Jl. A. P. Pettarani terdapat jembatan timur, yang ternyata dimana konstruksi kekuatan kedua jembatan yang tidak sama dan ini mengakibatkan kendaraan yang melewati jembatan barat lebih padat dibandingkan kendaraan yang melewati jembatan timur yang adanya keterbatasan dalam melayani kendaraan yang mempunyai beban lebih besar dari 8 ton. dan ini dibuktikan dengan terdapatnya rambu larangan pada jembatan timur yang tidak diperbolehkan kendaraan yang mempunyai beban lebih besar dari 8 ton. Sedangkan permasalahan yang lain terjadi pada tata guna lahan Kota Maros juga tidak berimbang pada Jl. Jend. Sudirman dan Jl. A. P. Pettarani, yang dimana pada Jl. Jend. Sudirman termasuk daerah komersil, berbeda dengan Jl. A. P. Pettarani yang termasuk daerah pemukiman.

Bertitik tolak dari fenomena dan permasalahan yang telah diuraikan di atas, dalam rangka optimalisasi pemanfaatan prasarana transportasi di Kota Maros, maka diperlukan penataan lalu lintas diantaranya yaitu menata sirkulasi angkutan umum antar kota dan angkutan umum dalam kota, menata konstruksi kedua jembatan dan menata tata guna lahan. Tetapi terlebih dahulu perlu dilakukan analisis kinerja lalu lintas. Untuk itu maka penulis tertarik untuk melakukan studi pada tugas akhir dengan judul : **"ANALISIS KINERJA LALU LINTAS PADA JARINGAN JALAN RUTE ANGKUTAN UMUM ANTAR KOTA DI KABUPATEN MAROS".**

1.2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan diatas, menjadi suatu permasalahan yang dapat dijadikan suatu rumusan masalah sebagai berikut:

a. Bagaimana kinerja arus lalu lintas pada jaringan jalan di Kota Maros ?
b. Bagaimana kondisi tata guna lahan pada sisi jalan di Kota Maros ?

1.3. MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Maksud dari penulisan ini adalah untuk memperoleh gambaran tentang kinerja lalu lintas pada jaringan jalan rute angkutan umum antar kota.

Sedangkan tujuan yang dicapai dari penulisan ini, adalah :

a. Menganalisis nilai kinerja lalu lintas pada ruas jalan yang menjadi rute angkutan umum antar kota di Kota Maros untuk berbagai skenario pembebanan jaringan jalan.
b. Menganalisis nilai kinerja lalu lintas pada persimpangan jalan yang menjadi rute angkutan umum antar kota di Kota Maros untuk berbagai skenario pembebanan jaringan jalan.

1.4. BATASAN MASALAH

Berdasarkan tujuan diatas maka pokok bahasan penulisan studi ini adalah ;

a. Mengadakan suatu analisa kinerja dengan mengunakan metode MKJI 1997 pada ruas jalan, diantaranya :

- Ruas jalan Jend. Sudirman
- Ruas jalan Makmur Dg. Sitakka
- Ruas jalan DR. Dam Ratulangi

b. Mengadakan suatu analisa kinerja dengan mengunakan metode MKJI 1997 pada simpan bersinyal dan tak bersinyal, diantaranya :
   - Simpang tak bersinyal Jl. Jend. Sudirman – Jl. Topaz.
   - Simpang tak bersinyal Jl. A. P. Pettarani – Jl. Azalea.
   - Simpang tak bersinyal Jl. DR. Sam ratulangi – Jl. Sejahtera – Jl. Nurdin Sanrima.
   - Simpang bersinyal Jl. Jend. Sudirman – Jl. Lanto Dg. Pasewang – Jl. DR. Sam Ratulangi – Jl. Taqwa.
   - Simpang bersinyal Jl. A. P. Pettarani – Jl. Jend. A. Yani – Jl. Lanto Dg. Pasewang – Jl. Ibrahim.
c. Indikator kinerja yang dianalisis hanya pada masalah derajat kejenuhan (DS).

1.5. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

a. Sebagai masukan kepada pemerintah dalam rangka pengaturan arah pergerakan/sirkulasi lalu lintas angkutan umum antar Kota dapat terpadu dengan sirkulasi lalu lintas lokal yang ada di wilayah Kota Maros.
b. Sebagai referensi bagi peneliti dan perencana manajemen lalulintas atau transportasi pada masa yang akan datang.

c. Bahan informasi bagi peneliti selanjutnya, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan transportasi perkotaan.

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan Tugas Akhir ini disesuaikan dengan Sistematika yang telah ditetapkan sebelumnya agar lebih mudah memahami isinya. Sistematika penulisan ini memuat hal-hal sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan hal-hal yang menjadi Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Maksud dan Tujuan Penelitian, Ruang Lingkup Penelitian, Manfaat Penelitian dan Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang dasar-dasar teori yang mendukung.

BAB III METODE STUDI

Bab ini menjelaskan metode-metode yang digunakan dalam menyelesaikan studi ini dengan berdasarkan pada pendekatan teori yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN DATA

Bab ini menguraikan tentang hasil yang diperoleh dari penelitian yang disajikan dalam bentuk table-tabel, barchart, dan gambar.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan tentang kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian dan saran-saran dari penulis berdasarkan pada hasil analisis yang telah dilakukan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori Arus Lalu Lintas

2.1.1 Jalan

Jalan, kadang-kadang disebut juga dengan jalan raya atau daerah milik jalan/*right of way*. Pengertian jalan meliputi badan jalan, trotoar, drainase dan seluruh perlengkapan jalan yang terkait , seperti rambu lalu lintas, lampu penerangan, dan lain-lain.

Klasifikasi jalan yang paling sederhana adalah dengan membaginya menjadi jalan utama (kecepatan/volume tinggi) dan jalan minor (akses tinggi). Klasifikasi menurut Undang-undang No.13 Tahun 1980 tentang Jalan dikelompokkan menjadi :

- Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- Jalan Kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

Jalan arteri adalah jalan utama, sedangkan jalan kolektor dan jalan lokal adalah jalan minor.

Klasifikasi jalan menurut Peraturan Pemerintah No.43 tahun 1993 tentang Prasarana dan lalu lintas jalan adalah sebagai berikut :

- Jalan Kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 18 m dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton.
- Jalan Kelas II, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 18 m dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton.
- Jalan Kelas III A, yaitu jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 18 m dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.
- Jalan Kelas III B, yaitu jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 12 m dan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.
- Jalan Kelas III C, yaitu jalan lokal yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,1 m,

ukuran panjang tidak melebihi 9 m dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton.

Berdasarkan administrasi pembinaan jalan, dimana jalan direncanakan, dibangun, dioperasikan dan dirawat oleh Pembina jalan, maka dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Jalan Negara/Nasional yaitu jalan yang dibina oleh Pemerintah Pusat.
- Jalan Propinsi yaitu jalan yang dibina oleh Pemerintah Daerah Tingkat I.
- Jalan Kabupaten/Kotamadya yaitu jalan yang dibina oleh Pemerintah Daerah Tingkat II.

2.1.2 Arus

Arus diartikan sebagai gerakan kendaraan yang melewati suatu ruas jalan tertentu sesuai dengan arah tujuan masing-masing. Karakteristik arus lalu lintas menjelaskan ciri arus lalu lintas secara kualitatif maupun kuantitatif dalam kaitannya dengan kecepatan, besarnya arus dan kepadatan lalu lintas serta hubungannya dengan waktu maupun jenis kendaraan yang menggunakan ruang jalan. Karakteristik diperlukan untuk menjadi acuan dalam perencanaan lalu lintas. Salah satu aspek lain dari lalu lintas adalah kecenderungan pertumbuhan arus tersebut, angka tersebut di Indonesia bisa sangat tinggi, sebagai akibat permintaan lalu lintas masih jauh dari kejenuhan, sehingga pertumbuhan tersebut masih akan terus berlangsung untuk waktu yang lama.

Karakteristik lalu lintas terdiri dari dua bagian yaitu karakteristik primer dan karakteristik sekunder. Karakteristik primer dalam teori arus lalu lintas yang saling terkait yaitu volume, kecepatan dan kepadatan.

? **Volume** adalah jumlah kendaraan yang melalui satu titik yang tetap pada jalan dalam satuan waktu. Volume biasanya dihitung dalam kendaraan/hari atau kendaraan/jam. Volume juga dapat dinyatakan dalam periode waktu yang lain.

$$q ? \frac{1}{h} \quad \text{.....} \qquad (2.1)$$

dimana : q = arus lalu lintas

h = waktu antara (time headway)

2.2 Definisi Ruas Jalan dan Persimpangan

Ruas jalan adalah dimana tempat beberapa kendaraan dan pejalan kaki yang bergerak mengikuti lintasan yang sama, sedangkan **Persimpangan** adalah simpul pada jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Persimpangan merupakan faktor-faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya daerah-daerah perkotaan.

Persimpangan jalan adalah sumber konflik lalu lintas, dimana satu perempatan jalan sebidang biasanya menghasilkan 16 titik konflik. Maka dari itu upaya memperlancar arus lalu lintas adalah dengan cara ‘meniadakan’ titik konflik ini.

Hubungan antara ruas dan persimpangan sangatlah erat dimana keduanya saling memiliki keterkaitan satu sama lain, hal ini tak lepas dengan arus kendaraan. Menurut Guide ti Traffic Engineering Practice Part I, Austroads 1988 kinerja arus lalu lintas dan kapasitas jalan dipengaruhi oleh kondisi fisik jaringan jalan, seperti :

- Lebar jalur jalan;
- Alinyemen vertikal dan horizontal jalan;
- Rancang geometrik jalan;
- Kondisi dan jenis perkerasan jalan;
- Lebar dan banyaknya lajur;
- Gradien;
- Jarak pandang;
- Frekuensi dan bentuk persimpangan;
- Kelengkapan jalan;
- Hamparan (*terrain*) dan daya tarik lalu lintas.

Apabila persyaratan teknis semua elemen tersebut terpenuhi, baik kualitas maupun kuantitas, maka kelancaran lalu lintas dapat teratasi. Guna memperlancar arus lalu lintas kendaraan, jalur jalan dapat ditetapkan menjadi lajur satu arah maupun lajur dua arah yang masing-masing dapat dibagi menjadi beberapa lajur sesuai dengan lebar badan jalan. **Jalur** adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan, sedangkan **lajur** adalah bagian jalur yang memanjang dengan atau tanpa marka jalan yang memiliki lebar cukup untuk laju satu kendaraan.

2.3 Karakteristik Arus lalu Lintas Metode MKJI

Pengertian mengenai karakteristik arus lalu lintas pada suatu jalur gerak merupakan suatu hal yang penting terhadap desain yang rasional untuk prasarana yang baru juga untuk meningkatkan prasarana yang telah ada untuk dapat memenuhi dan mengatasi perubahan-perubahan yang terjadi pada kondisi lalu lintas. Besarnya arus lalu lintas yang melewati suatu ruas jalan, merupakan hal yang utama yang harus diperhitungkan dalam perencanaan , karena hal ini berpengaruh langsung terhadap kapasitas jalan maupun jenis konstruksi yang akan digunakan.

2.3.1 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titiik pada ruas jalan tertentu untuk satu satuan waktu. Volume lalu lintas dapat dihitung dengan persamaan berikut (*Morlock, 1991*) :

$$q ? \frac{n}{T} \quad \text{.....} \quad (2.2)$$

dimana :

q = Volume lalu lintas yang melewati suatu titik

n = Jumlah kendaraan yang melewati titik tersebut dalam interval waktu T

Pada dasarnya jika arus tidak teratur dan kita menghendaki suatu volume rata-rata maka perhitungan volume lalu lintas harus diadakan untuk suatu periode yang cukup panjang, sehingga hanya terjadi suatu variasi yang kecil pada volume apabila terjadi perubahan pada interval waktu.

2.3.2 Geometrik Jalan

Geometrik jalan terdiri dari :

- Tipe jalan : Berbagai tipe jalan akan menunjukkan kinerja berbeda pada pembebanan lalu lintas tertentu; misalnya jalan terbagi dan tak terbagi; jalan satu arah.
- Lebar jalur lalu lintas : Kecepatan arus bebas dan kapasitas meningkat dengan pertambahan lebar jalur lalu lintas.
- Kereb : Sebagai batas antara jalur lalu lintas dan trotoar berpengaruh tehadap dampak hambatan samping pada kapasitas dan kecepatan. Kapasitas jalan dengan kereb lebih kecil daripada jalan dengan bahu. Selanjutnya kapasitas berkurang jika terdapat penghalang tetap dekat tepi jalur lalu lintas, tergantung apakah jalan mempunyai kereb atau bahu.
- Bahu : Jalan perkotaan tanpa kereb pada umumnya mempunyai bahu pada kedua sisi jalur lalu lintasnya. Lebar dan kondisi permukaannya mempengaruhi penggunaan bahu, berupa penambahan kapasitas, dan kecepatan pada arus tertentu, akibat pertambahan lebar bahu, terutama karena pengurangan hambatan samping yang disebabkan kejadian di sisi jalan seperti kendaraan angkutan umum berhenti, pejalan kaki dan sebagainya.
- Median : Median yang direncanakan dengan baik meningkatkan kapasitas.

? Alinyemen jalan : Lengkung horizontal dengan jari-jari kecil mengurangi kecepatan arus bebas. Tanjakan curam juga mengurangi kecepatan arus bebas. Karena secara umum kecepatan arus bebas di daerah perkotaan adalah rendah maka pengaruh ini diabaikan.

2.3.3 Pengaturan Lalu Lintas

Batas kecepatan jarang diberlakukan didaerah perkotaan Indonesia, dan karena hanya sedikit berpengaruh pada kecepatan arus bebas. Aturan lalu lintas lainnya yang berpengaruh pada kinerja lalu lintas adalah pembatasan parkir dan berhenti sepanjang sisi jalan, pembatasan akses tipe kendaraan tertentu, pembatasan akses dari lahan samping jalan dan sebagainya.

2.3.4 Aktivitas Samping Jalan

Banyak aktivitas samping jalan di Indonesia yang sering menimbulkan konflik, yang kadang-kadang besar pengaruhnya terhadap arus lalu lintas. Pengaruh konflik ini merupakan salah satu perhatian khusus terhadap kapasitas suatu jalan terutama di daerah perkotaan. Hambatan samping yang terutama berpengaruh pada kapasitas dan kinerja jalan perkotaan adalah :

? Pejalan kaki

? Angkutan umum dan kendaraan lain yang berhenti

? Kendaraan lambat, misalnya becak, sepeda.

Tingkat hambatan samping telah dikelompokkan dalam lima kelas dari yang sangat rendah sampai tingkat yang sangat tinggi sebagai fungsi dari frekuensi kejadian hambatan samping sepanjang segmen jalan.

Tabel 2.1. Kelas Hambatan Samping

Kelas hambatan Samping (SFC)	Kode	Jumlah berbobot kejadian /200/jam (dua sisi)	Kondisi Khusus
Sangat Rendah	VL	< 100	Daerah permukiman; jalan dengan jalan samping
Rendah	L	100 – 299	Daerah permukiman ; beberapa kendaraan umum dsb.
Sedang	M	300-499	Daerah industri, beberapa toko disisi jalan
Tinggi	H	500-899	Daerah komersial, aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	> 900	Daerah komersial dgn aktivitas pasar disamping jalan

(Sumber : MKJI, 1997)

2.3.5 Perilaku Pengemudi dan Populasi Kendaraan

Ukuran Indonesia serta keanekaragaman dan tingkat perkembangan daerah perkotaan menunjukkan bahwa perilaku pengemudi dan populasi kendaraan yaitu umur, tenaga dan kondisi kendaraan dan komposisi kendaraan adalah beraneka ragam. Karakteristik ini dimasukkan dalam prosedur perhitungan secara tidak langsung melalui ukuran kota. Kota yang lebih kecil menunjukkan perilaku pengemudi kurang gesit dan kendaraan yang kurang modern, menyebabkan kapasitas dan kecepatan lebih rendah pada arus tertentu, jika dibandingkan dengan kota yang lebih besar.

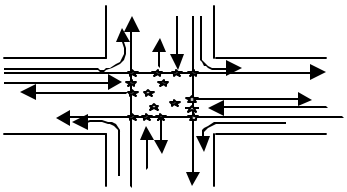
2.4 Klasifikasi Persimpangan

Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun kendaraan dengan pejalan kaki, oleh karena itu merupakan aspek yang penting di dalam pengendalian lalu lintas. Masalah utama (yang saling kait mengkait) pada persimpangan adalah :

a. Volume dan kapasitas , yang secara langsung mempengaruhi hambatan
b. Desain geometrik dan kebebasan pandang
c. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, lampu jalan
d. Parkir, akses dan pembangunan umum
e. Pejalan kaki
f. Jarak antar simpang

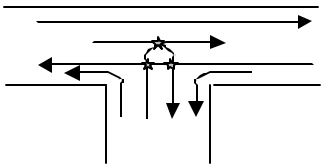
Untuk jenis tipe simpang konflik dapat dibagi menjadi :

(a). Simpang empat dua arah



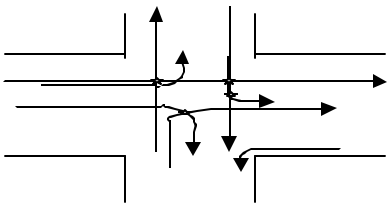
16 titik konflik

(b). Simpang tiga dua arah



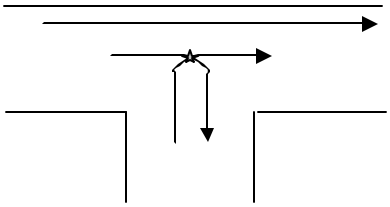
3 titik konflik

(c). Simpang empat satu arah



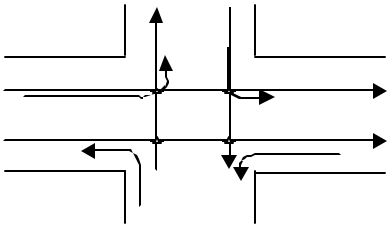
4 titik konflik

(d). Simpang tiga satu arah



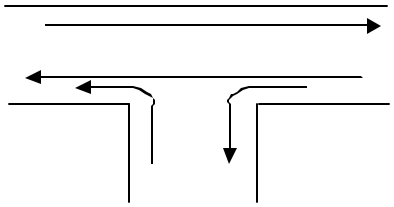
1 titik konflik

(e). Simpang empat dilarang belok kanan



Tidak ada titik konflik

(f). Simpang tiga dilarang Belok kanan



4 titik konflik

Gambar 2.1. Tipe Simpang dan titik konflik

Fungsi operasional utama persimpangan adalah untuk menyediakan tempat bagi perpindahan atau perubahan arah perjalanan.

Elemen-elemen operasional persimpangan adalah sebagai berikut :

a. Berpisah arah jalan utama

b. Bergabung dengan jalan utama

c. Berpotongan dengan jalan lain

Persimpangan jalan terdiri dari dua kategori utama :

- Persimpangan sebidang
- Persimpangan tak sebidang (*interchange*)

Persimpangan sebidang adalah persimpangan dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk ke persimpangan mengarahkan lalu lintas masuk ke jalan yang dapat berlawanan dengan lalu lintas lainnya, seperti misalnya persimpangan pada jalan-jalan dikota.

Persimpangan tak sebidang, sebaliknya yaitu memisah-misahkan lalu lintas pada jalur yang berbeda-beda sedemikian rupa sehingga persimpangan jalur dari kendaraan-kendaraan hanya terjadi pada tempat dimana kendaraan-kendaraan memisah dari atau bergabung menjadi satu jalur gerak yang sama.

Tipe-tipe persimpangan sebidang antara lain :

a) Tipe T, tiga kaki, pertigaan atau simpang tiga

b) Tipe Y

c) Tipe empat kaki, perempatan atau simpang empat

d) Tipe rotary, persimpangan dengan bundaran

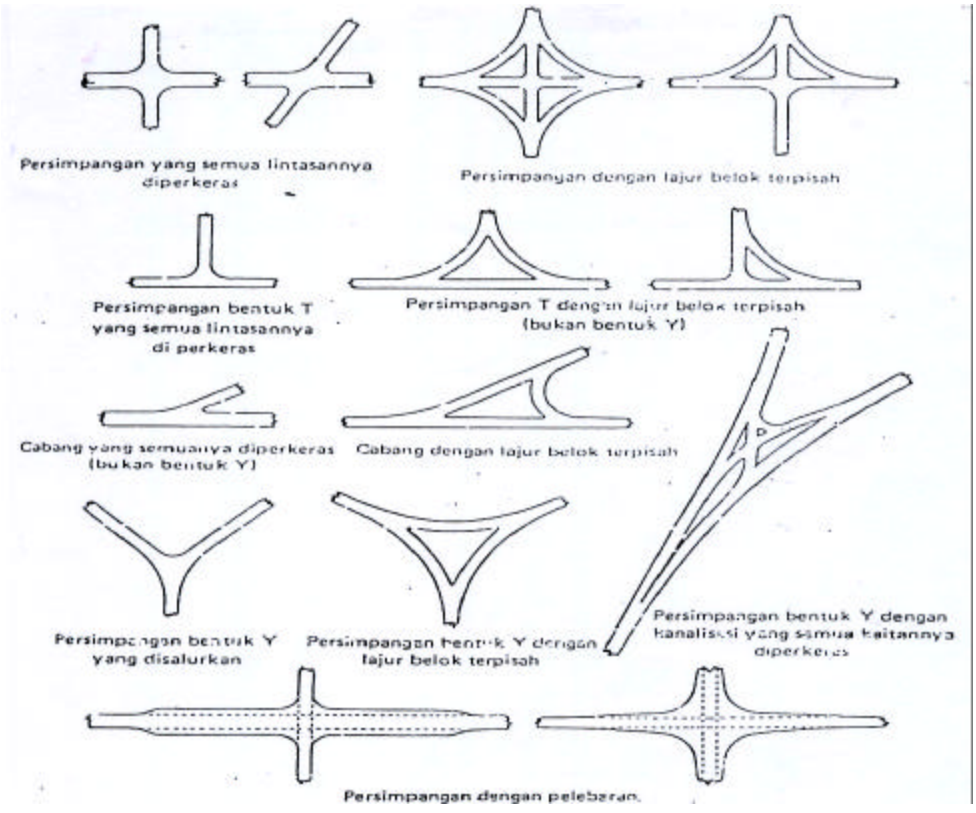
Bentuk persaimpangan ditentukan oleh :

a) Jumlah kaki persimpangan

b) Bentuk topografi

c) Pola lalu lintas (fluktuasi lalu lintas)

d) Tipe operasional yang diinginkan



Gambar 2.2. Berbagai jenis persimpangan jalan sebidang

Persimpangan dapat dibagi atas dua bagian yaitu :

- Persimpangan tanpa sinyal (*unsignalized intersection*)
- Persimpangan dengan sinyal (*signalized intersection*)

Yang akan dibahas dalam tulisan ini adalah persimpangan dengan *traffic light* (persimpangan dengan sinyal) dan persimpangan tanpa sinyal.

2.5. Kinerja Simpang Sinyal Metode MKJI

MKJI, 1997 (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) merupakan sarana yang paling penting untuk perencanaan yang tepat, desain, dan operasi fasilitas lalu lintas jalan. Administrasi jalan pada beberapa negara berkembang menitikberatkan untuk menghasilkan pedoman dan garis pedoman tertentu yang sesuai dengan kondisi negara mereka.

Hipotesa utama yang dihasilkan dalam pedoman MKJI, 1997 ini adalah bahwa karakteristik jalan indonesia pada dasarnya berbeda dengan negara berkembang lainnya. Ada beberapa pedoman kapasitas dari beberapa negara tertentu tetapi tidak mudah untuk diterapkan di Indonesia mengingat hal tersebut diatas.

Dua alasan yang dapat dijadikan dasar mengapa MKJI, 1997 yang dipakai di negara-negara barat tidak sesuai dengan kondisi yang ada di Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Komposisi lalu lintas di Indonesia mempunyai rasio yang tinggi untuk jenis kendaraan sepeda motor dan kendaraan tanpa mesin.

2. Jalan-jalan yang digunakan pada persimpangan tidak selamanya merupakan jalan yang lurus.

Karena itu Komite Direktorat Umum dari Bina Marga kemudian memperkenalkan standarisasi MKJI, 1997 untuk digunakan dalam merencana, mendesain, dan menganalisa kondisi jalan-jalan yang ada di Indonesia sehingga kemungkinan hasil yang diperoleh menunjukkan keadaan yang sebenarnya.

Karena itu kami menggunakan standarisasi ini sebagai dasar dalam penganalisaan tugas akhir ini.

Melalui kalkulasi yang teratur dengan input data yang sesuai, dapat ditentukan rancangan geometris yang memberikan tingkat pelaksanaan (LOP = *Level of Performance*) yang diinginkan untuk diterapkan pada arus *traffic light* dan kondisi lingkungan yang ada. Dengan cara yang sama nilai penurunan tingkat pelaksanaan pada fasilitas *traffic light* yang ada sebagai akibat dari perkembangan lalu lintas dapat dianalisa dan waktu yang dibutuhkan untuk ekspansi (perluasan) kapasitas dapat ditentukan.

Formula atau rumus dari kapasitas menurut MKJI, 1997 pada persimpangan dengan sinyal adalah sebagai berikut (*Sumber : MKJI,1993*) :

$$C = S \frac{g}{c} \quad \text{.....} \quad (2.3)$$

dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh, yaitu arus berangkat rata-rata dari antrian dalam pendekatan selam sinyal hijau (smp/jam hijau = smp/jam hijau)

g = Waktu hijau (det)

c = Waktu siklus (det)

Sehingga perlu untuk mengetahui atau menetapkan waktu sinyal dari persimpangan untuk menghitung kapasitas dan langkah-langkah pelaksanaan yang berbeda.

Pada rumus diatas, arus jenuh (s), dianggap konstan selama waktu hijau. Dalam kenyataannya, bagaimanapun tingkat pembebasan dimulai dari 0 pada permulaan dan mencapai nilai puncak setelah 10 - 15 detik. Kemudian berkurang sedikit demi sedikit sampai lampu hijau berakhir. Pelepasan juga berlanjut selama kuning – merah. Berhenti di 0, Normalnya 5 – 10 detik setelah sinyal mulai menyala.

Pembebasan start mengakibatkan apa yang dapat dilukiskan sebagai *start loss* (kehilangan waktu) dari *effective green time* (waktu hijau efektif), pembebasan setelah hijau berakhir mengakibatkan *End Gain* (penambahan akhir) dari waktu hijau efektif.

Eff.Hijau = waktu hijau menyala – kehilangan waktu + tambahan akhir

Dengan analisa data lapangan dari seluruh persimpangan yang disurvei diputuskan bahwa rata-rata kehilangan waktu dan penambahan akhir keduanya kurang lebih 8,9 detik. Menurut rumus diatas waktu hijau efektif akan sama dengan waktu hijau menyala untuk hal standar yang dipelajari. Kesimpulan dari analisa ini adalah waktu hijau menyala dan

tingkat arus jenuh puncak yang diteliti dilapangan untuk setiap tempat dapat digunakan rumus kapasitas diatas untuk menghitung kapasitas dari pendekat tanpa penyesuaian untuk periode kehilangan waktu dan periode penambahan akhir.

Arus jenuh (S) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dan arus jenuh awal (S_o) untuk suatu kondisi standar, dengan faktor koreksi (f) untuk definisi dari kondisi aktual dari kondisi yang telah ditetapkan sebelumnya (ideal) (*Sumber : MKJI, 1993*) :

$$S=S_o \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times \ldots \times F_n \quad \text{.....} \quad (2.4)$$

dimana :

S = Arus jenuh (smp/jam)

S_o = Arus jenuh dasar (smp/jam)

F = Faktor koreksi

Untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar (S_o), ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (W_e) (*Sumber : MKJI,1993*)

$$S_o = 600 \times W_e \quad \text{.....} \quad (2.5)$$

dimana :

S_o = Arus jenuh dasar (smp/jam)

W_e = Lebar efektif (m)

Koreksi dibuat untuk kondisi-kondisi berikut :

- Ukuran kota — CS, Penduduk dalam juta
- Hambatan samping — SF, tinggi atau rendah (juga merupakan sebuah fungsi dari lingkungan jalan).

- Kelandaian G, % naik (+) atau turun (-)
- Parkir P, jarak henti kendaraan terdepan
- Pergerakan membelok RT, % belok kiri/LT, % belok kanan

Untuk *approach tipe opposed* pembebasan antrian sangat dipengaruhi oleh perilaku dari pengemudi, kendaraan belok kanan memaksakan jalannya memotong lalu lintas arah lurus yang berlawanan arah dengannya.

Arus jenuh awal (S_o) ditetapkan sebagai fungsi lebar efektif pendekat (W_e) dan karena pengaruh dari faktor-faktor ini adalah *non linear*, maka arus lalu lintas belok kanan dalam *approach*-nya sebaik *approach* yang berlawanan.

Koreksi kemudian dibuat untuk kondisi aktual dengan mempertimbangkan ukuran kota, hambatan samping, kelandaian dan parkir seperti dalam rumus arus jenuh (S) diatas.

2.5.1 Waktu Sinyal

Waktu sinyal untuk kondisi dari waktu yang ditetapkan, ditentukan berdasarkan metode webster untuk meminimumkan secara keseluruhan penundaan kendaraan dalam persimpangan. Mula-mula waktu siklus (c) ditetapkan, setelah itu lamanya hijau (g) dalam setiap fase (i).

a. Waktu Siklus

Waktu siklus adalah suatu periode waktu yang telah ditentukan terlebih dahulu yang mana merupakan suatu rangkaian instruksi sinyal yang didesain untuk mengambil tempat. *(Sumber : MKJI,1993)*

c = (1,5 x LT +5) / (1 – SFR crit) …… (2.6)

dimana :

c = Waktu siklus sinyal (detik)

LT = Total waktu hilang per-siklus (detik)

FR = Arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)

FRcrit = Nilai tertinggi dari FR dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

S(FRcrit) = Perbandingan arus persimpangan = jumlah dari FRcrit untuk semua fase dalam siklus.

Jika waktu siklus lebih pendek dari waktu ini ada resiko yang serius bagi persimpangan untuk lewat jenuh. Waktu siklus yang terlalu panjang mengakibatkan meningkatnya rata-rata penundaan terhadap lalu lintas. Jika S(FRcrit) mendekati atau lebih dari satu, maka persimpangan adalah lewat jenuh dan rumus akan mengakibatkan nilai waktu siklus yang sangat tinggi atau negatif.

b. Waktu Hijau

Waktu hijau adalah durasi dari fase hijau dalam suatu pendekat *(Sumber : MKJI,1993)*

g_i = (c – LT) x (FRcrit) / S(FRcrit) …… (2.7)

dimana :

g_i = Waktu hijau menyala dalam fase i (detik)

LT = Total waktu hilang per-siklus (detik)

FRcrit = Nilai tertinggi dari FR dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

S(FRcrit) = Perbandingan arus persimpangan = jumlah dari FRcrit untuk semua fase dalam siklus.

Pelaksanaan dari persimpangan dengan sinyal umumnya sedikit lebih peka untuk salah dalam pendistribusian waktu hijau untuk sebuah waktu siklus yang terlalu panjang. Bahkan persimpangan kecil dari rasio hijau (g/c) yang ditetapkan dari rumus diatas mengakibatkan peningkatan yang tinggi dari penundaan rata-rata dalam persimpangan.

2.5.2 Derajat Kejenuhan

Kapasitas Pendekat (C) diperoleh dengan mengalihkan arus jenuh dengan hijau (g/c) untuk setiap pendekat. Lihat rumus kapasitas di atas Derajat kejenuhan adalah perbandingan antara arus (Q) dengan kapasitas (C) *(Sumber : MKJI,1993)*

DS = Q / C = Q x c / (s x g) …….. (2.8)

dimana :

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

2.5.3 Karakteristik dan Kondisi Lalu Lintas

a. Satuan Mobil Penumpang (smp)

Smp adalah faktor konversi tipe-tipe kendaraan yang berbeda dengan melihat kepada kebutuhan waktu hijau untuk lepas dari antrian dalam

suatu *approach* dibandingkan dengan sebuah mobil penumpang (untuk mobil penumpang atau kendaraan ringan smp = 1,0)

b. *Opposed dicharge* (Type O)

Pelepasan dengan konflik antara pergerakan belok kanan dengan pergerakan lurus/belok kiri dari *approach* yang berbeda dengan lampu hijau menyela pada fase yang sama.

c. *Protected dicharge* (Type P)

Pelepasan tanpa adanya konflik antara pergerakan balok kanan dengan lalu lintas arah lurus.

a. *Left* - Turning (LT)

Indeks untuk lalu lintas belok kiri

b. *Left – Turn on Red* (LTOR)

Indeks untuk lalu lintas belok kiri yang dibolehkan lewat pada saat lampu merah menyala.

c. *Right – Turning* (RT)

Indeks untuk lalu lintas belok kanan

d. *Straight – Through* (ST)

Indeks untuk lalu lintas bergerak lurus

2.5.4 Kondisi Lingkungan (*Enviromental Condition*)

Keadaan lingkungan persimpangan diperlukan untuk menentukan faktor koreksi tipe kota, dan lingkungan sekitar jalan. Variabel-variabel yang diperlukan adalah sebagai berikut :

a. *Commercial* (Komersil)

Penggunaan lahan secara komersil seperti adanya toko-toko, restaurant/rumah makan ataupun perkantoran dengan sisi jalan langsung dimanfaatkan sebagai tempat pejalan kaki ataupun kebutuhan parkir kendaraan.

b. *Residential* (Pemukiman)

Penggunaan lahan sebagai daerah pemukiman dengan sisi jalan langsung dimanfaatkan sebagai tempat pejalan kaki ataupun kebutuhan parkir kendaraan.

c. *Restricted Acces* (Keperluan Khusus)

Penggunaan lahan untuk keperluan khusus sehingga sisi jalan terbatas pemakainya.

2.5.5 Faktor Koreksi

Variabel-variabel yang diperlukan untuk menentukan arus jenuh.

a. Ukuran kota (Fcs)

Ukuran kota diklasifikasikan berdasarkan jumlah penduduk yang mendiami suatu kota dimana lokasi persimpangan tersebut berada.

Tabel 2.2 Faktor koreksi ukuran kota (F_{cs})

Penduduk Kota (juta jiwa)	Faktor Koreksi Ukuran Kota F_{CS}
> 3,0	1.05
1,0 - 3,0	1
0,3 - 1,0	0.94
< 0,3	0.83

b. Hambatan samping (F_{SF})

Faktor koreksi hambatan samping (F_{SF}). Jika hambatan samping tidak diketahui, dapat diasumsikan tinggi agar kapasitasnya yang diperkirakan tidak berlebih.

Tabel 2.3 Faktor koreksi hambatan samping (F_{SF})

Lingkungan Jalan	Faktor koreksi F_{SF}	
	Hambatan Samping Tinggi	Hambatan Samping Rendah
Komersial (COM)	0.93	0.95
Pemukiman (RES)	0.96	0.98
Akses terbatas (RA)	1.00	1.00

Faktor koreksi kelandaian (F_P) ditetapkan dengan rumus yang merupakan fungsi dari jarak antara *stop line* (garis henti) dengan kendaraan yang diparkir pertama dengan lebar *approach* (W_A).

Pengaruh lingkungan yang merupakan interaksi antara arus lalu lintas dan aktivitas-aktivitas disekitar jalan yang mengakibatkan menurunnya kapasitas dan kecepatan kendaraan.

1) Tinggi *(High)*

Apabila pergerakan kendaraan yang keluar dan masuk persimpangan dapat terganggu akibat aktivitas-aktivitas yang ada disisi jalan seperti pejalan kaki baik yang menyusuri maupun menyeberang jalan, angkutan kota dan bus yang berhenti untuk menurunkan atau memuat penumpang disembarang tempat serta keluar masuknya kendaraan dari areal parkir yang ada di sisi jalan.

2) Rendah *(Low)*

Apabila pergerakan kendaraan tidak terganggu oleh aktivitas-aktivitas yang ada di sekitar jalan.

c. Kelandaian (Fg)

d. Parkir

Ditentukan sebagai fungsi dari jarak dari garis stop line sampai ke kendaraan yang berhenti paling depan dan lebar *approach*.

e. Faktor pergerakan membelok

Faktor ini terbagi atas dua :

1) Belok kanan (F_{RT})

Hanya untuk *approach* tipe P, tanpa median, dan jalan dua arah.

2) Belok kiri (F_{LT})

Hanya untuk *approach* tipe P, tanpa belok kiri langsung (L_{TOR}) :

f. Penentuan Faktor Koreksi untuk Nilai Arus Jenuh Dasar

Berikut hanya untuk *Approach* Tipe P

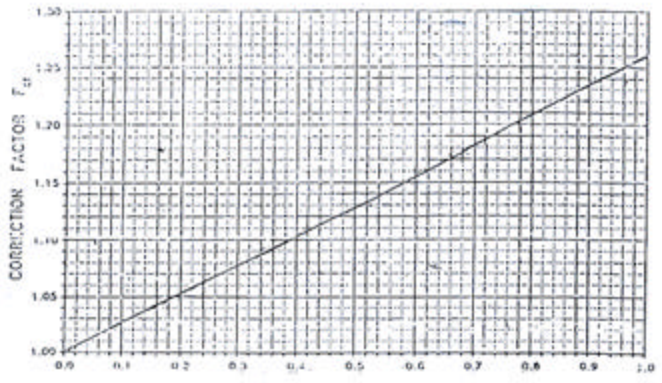
Faktor Koreksi Belok Kanan (F_{RT}) ditetapkan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan P_{RT}

Hanya untuk approach tipe P , tanpa median , jalan dua arah.

Rumus yang dipergunakan adalah *(Morlok,1991)* :

$F_{RT} = 1.0 + P_{RT} \times 0.26$ ..... (2.9)

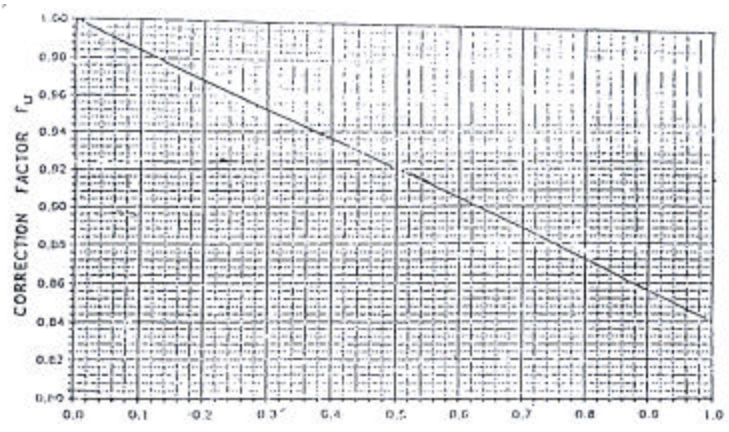
F_{RT} dapat juga diperoleh dengan menggunakan gambar 2.3. berikut :



Gambar 2.3. Grafik Faktor Koreksi untuk belok kanan (F_{RT})

Pada jalan dua jalur tanpa median, kendaraan yang belok kanan selama pelepasan protected (*approach* tipe P) mempunyai kecenderungan untuk memotong *centerline* (garis tengah jalan) sebelum garis henti sat menyelesaikan gerakan berbelok. Hal ini menyebabkan meningkatnya nilai arus jenuh pada rasio yang tinggi dari lalu lintas belok kanan.

Faktor koreksi Belok Kiri (F_{LT}) ditetapkan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan F_{LT} diperoleh dari Gambar 2.4. berikut :



Gambar 2.4. Grafik Faktor koreksi Belok Kiri (F_{LT})

2.6. Kinerja Simpang Tak Bersinyal Metode MKJI

2.6.1 Kapasitas Persimpangan

Kapasitas jalan adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu bagian tertentu dari satu atau seluruh jalur jalan dalam satu arah/dua arah.

Kapasitas jalan dapat dibedakan atas beberapa jenis menurut keperluan penggunaannya, yaitu :

- Kapasitas dasar

  Kapasitas dasar adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati suatu titik tertentu, pada suatu jalur atau jalan raya selama satu jam dalam keadaan jalan dan lalu lintas mendekati ideal yang dapat dicapai.

- Kapasitas yang mungkin

  Kapasitas yang mungkin adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati suatu titik tertentu, pada suatu jalur atau jalan raya selama satu jam dalam keadaan lalu lintas dan jalan raya yang sedang berlaku.

- Kapasitas praktis

  Kapasitas praktis adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati suatu titik tertentu, pada suatu jalur atau jalan raya selama satu jam tanpa menimbulkan kepadatan lalu lintas yang besar, dimana tidak terjadi keterlambatan, bahaya atau halangan kebebasan pergerakan pengemudi dalam kondisi lalu lintas dan jalan raya yang berlaku.

? Kapasitas ideal

Kapasitas ideal adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati suatu jalan selama satu jam pada keadaan lalu lintas yang seideal mungkin.

Menurut F.D. Hobbs, kapasitas adalah ukuran kinerja (performance) pada kondisi yang bervariasi, dapat diterapkan pada suatu lokasi tertentu atau pada suatu jaringan jalan yang sangat kompleks.

Sedangkan berdasarkan MKJI (1997), kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (geometrik, arus lalu lintas dan lingkungan).

Kapasitas total untuk seluruh lengan simpang adalah hasil perkalian antara kapasitas (Co) yaitu kapasitas pada kondisi tertentu (ideal) dan faktor-faktor penyesuaian (F), dengan memperhitungkan kondisi lapangan terhadap kapasitas. Berdasarkan MKJI (1997), persamaan kapasitas dapat dilihat pada rumus berikut :

$$C = C_o \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \quad \text{.....} \quad (2.10)$$

Dimana :

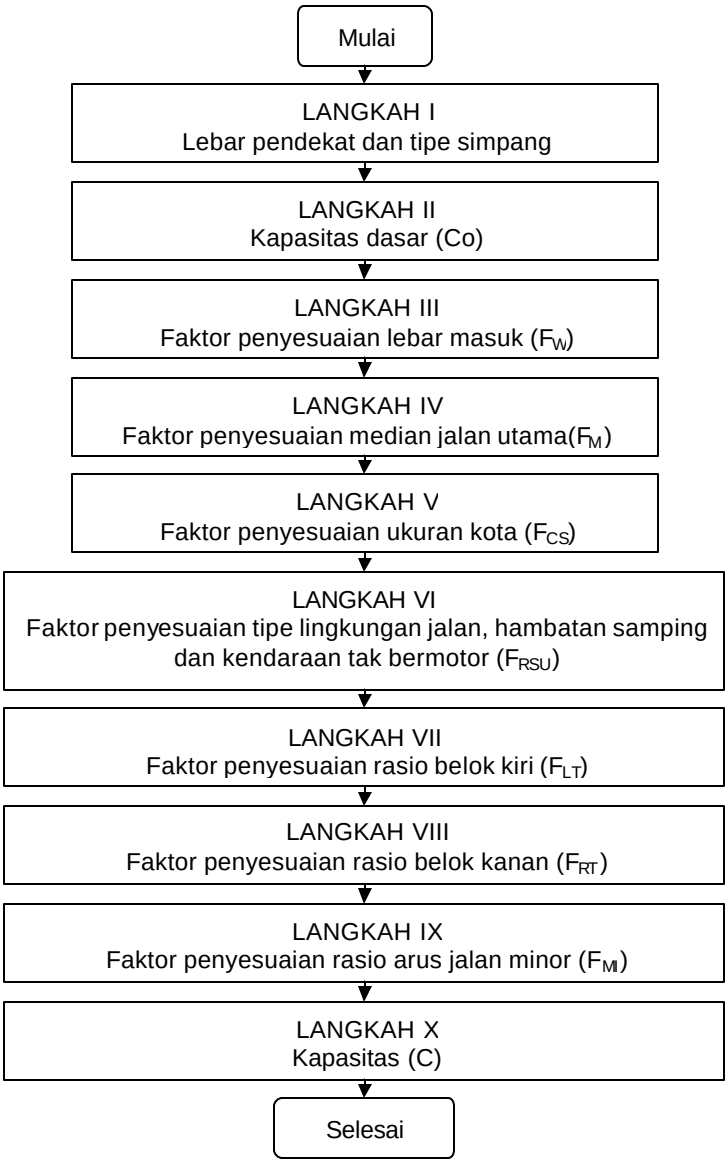
C	=	Kapasitas
C_o	=	Kapasitas Dasar
F_W	=	Faktor penyesuaian lebar masuk
F_M	=	Faktor penyesuaian median jalan utama
F_{CS}	=	Faktor penyesuaian ukuran kota
F_{RSU}	=	Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor

F_{LT} = Faktor penyesuaian rasio belok kiri

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

F_{MI} = Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor

Langkah-langkah perhitungan kapasitas disajikan secara visual dalam bentuk bagan alir pada gambar 2.5. berikut :



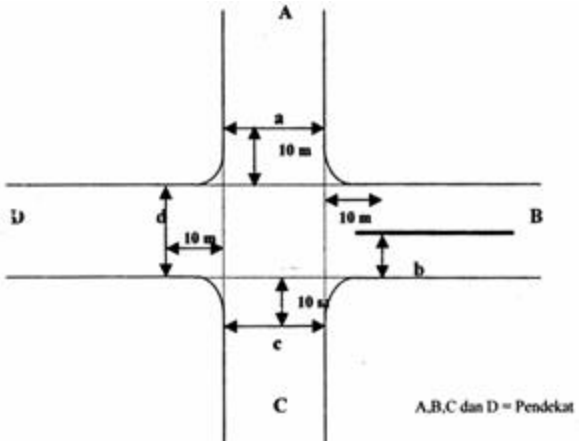
Gambar 2.5. Bagan alir perhitungan kapasitas

Untuk memudahkan perhitungan kapasitas, masing-masing langkah perhitungan diberikan penjelasan sebagai berikut :

1. Lebar pendekat dan tipe simpang

   a. Lebar pendekat

      Lebar pendekat adalah lebar dari tempat masuknya kendaraan dalam suatu lengan persimpangan jalan yang diperkeras, diukur di bagian tersempit, yang digunakan oleh lalu lintas yang bergerak. Dalam hal ini lebar pendekat jalan utama dan lebar pendekat jalan minor. Lebar pendekat ini diukur pada jarak 10 m dari garis imajiner, untuk lebih jelasnya disajikan secara visual pada gambar 2.6. berikut:



Gambar 2.6. Lebar rata-rata pendekat

Berdasarkan MKJI (1997), lebar rata-rata pendekat dapat dihitung dengan rumus berikut :

$W_1 = (W_A + W_B + W_C + W_D)$/Jumlah lengan simpang…… (2.11)

W_1 = (a/2 + b + c/2 + d/2)/4 (pada lengan B ada median), jika A hanya untuk keluar, maka a = 0 :

W_1 = (b + c/2 + d/2)/3 ..... (2.12)

Lebar rata-rata pendekat minor dan utama (lebar masuk)

W_{AC} = (a/2 + c/2)/2 …… (2.13)

W_{BD} = (b + d/2)/2 ..... (2.14)

Dimana :

W_1 = Lebar rata-rata pendekat (m)

W_{AC} = Lebar rata-rata pendekat minor (m)

W_{BD} = Lebar rata-rata pendekat utama (m)

b. Jumlah lajur

Jumlah lajur ditentukan dari lebar rata-rata pendekat jalan minor dan jalan utama. Untuk lebih jelasnya disajikan secara visual dalam tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4. Jumlah lajur berdasarkan lebar rata-rata pendekat minor dan utama

Lebar rata-rata pendekat minor dan utama (m)	Jumlah lajur (total untuk kedua arah)
W_{BD} = (b + d)/2 < 5,5	2
= 5,5	4
W_{AC} = (a/2 + c/2)/2 < 5,5	2
= 5,5	4

c. Tipe simpang

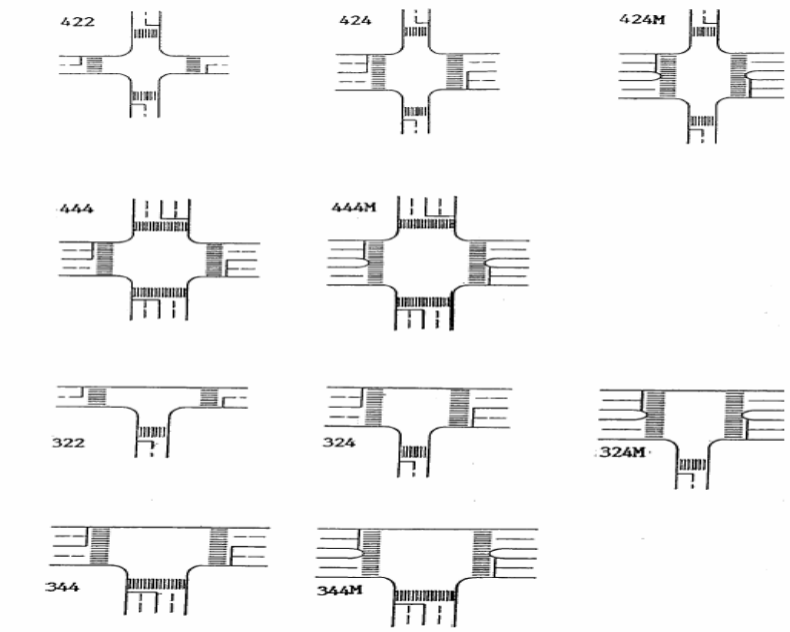
Tipe simpang adalah kode untuk jumlah lengan simpang dan jumlah lajur pada jalan minor dan jalan utama persimpangan.

Untuk lebih jelasnya disajikan secara visual pada tabel 2.5. berikut :

Tabel 2.5. Kode tipe simpang

Kode IT	Jumlah lengan simpang	Jumlah lajur jalan minor	Jumlah lajur jalan utama
322	3	2	2
324	3	2	4
342	3	4	2
422	4	2	2
424	4	2	4

Untuk memudahkan perbedaan dari masing-masing kode simpang disajikan secara visual dalam gambar 2.7. berikut :



Gambar 2.7. Ilustrasi tipe simpang tak bersinyal

2. Kapasitas dasar (Co)

Kapasitas dasar adalah kapasitas persimpangan jalan total untuk suatu kondisi tertentu yang sudah ditentukan sebelumnya (kondisi dasar).

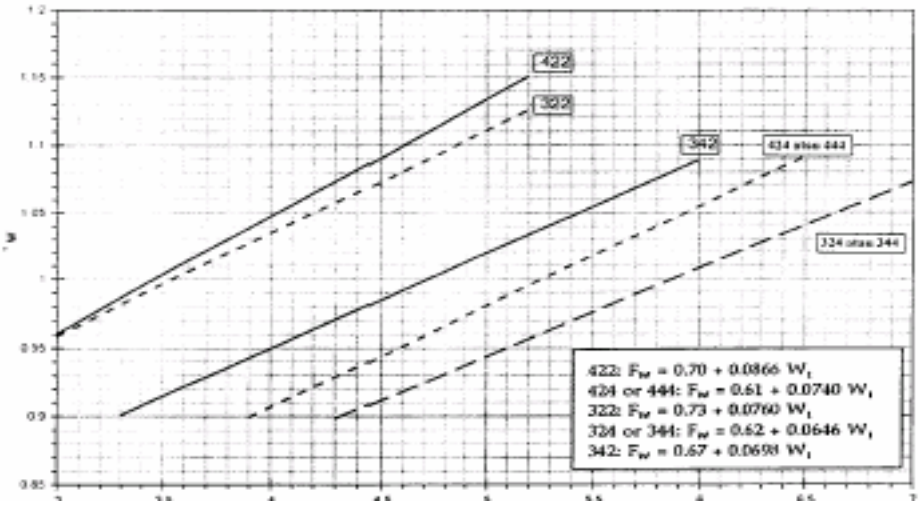
Nilai kapasitas dasar dapat ditentukan dari suatu tipe simpang. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6. Kapasitas dasar menurut tipe simpang

Tipe simpang IT	Kapasitas dasar smp/jam
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 444	3400

3. Faktor penyesuaian lebar pendekat (F_W)

Faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan lebar masuk persimpangan jalan. Nilai penyesuaian lebar pendekat dapat diperoleh apabila tipe simpang, lebar rata-rata semua pendekat telah diketahui atau dapat diperoleh berdasarkan grafik hubungan rata-rata pendekat persimpangan dengan tipe simpang. Hal ini disajikan secara visual pada gambar 2.8. berikut :



Gambar 2.8. Grafik penyesuaian lebar pendekat (F_W)

4. Faktor penyesuaian median jalan utama (F_M)

Faktor penyesuaian median jalan utama adalah faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan tipe median jalan utama. Faktor ini diperoleh dengan berdasarkan tabel 2.7 berikut :

Tabel 2.7. Faktor penyesuaian median jalan utama (F_M)

Uraian	Tipe M	Faktor penyesuaian median, (F_M)
Tidak ada median jalan utama	Tidak ada	1,00
Ada median jalan utama, lebar < 3 m	Sempit	1,05
Ada median jalan utama, lebar ≥ 3 m	Lebar	1,20

5. Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})

Faktor penyesuaian ukuran kota adalah faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan ukuran kota. Faktor ini dapat diperoleh berdasarkan tabel 2.8 berikut :

Tabel 2.8. Faktor penyesuaian ukuran kota (FCS)

Ukuran kota CS	Penduduk Juta	Faktor penyesuaian ukuran kota F_{CS}
Sangat kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1 -0,5	0,88
Sedan	0,5- 1,0	0,94
Besar	1,0-3,0	1,00
Sangat besar	> 3,0	1,05

6. Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{RSU})

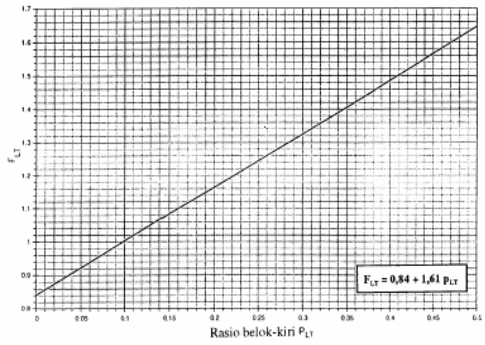
Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{RSU}) dapat ditentukan berdasarkan tabel 2.9 di bawah ini :

Tabel 2.9. Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{RSU})

Kelas tipe lingkungan jalan RE	Kelas hambatan samping SF	Rasio kendaraan tak bermotor p_{UM}					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥ 0,25
Komersial	tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Permukiman	tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	rendah	0,98	0,93	0 88	0,83	0,78	0,74
Akses terbatas	tinggi/sedang/rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

7. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT})

Faktor penyesuaian belok kiri adalah faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat belok kiri. Faktor penyesuaian belok kiri dapat ditentukan apabila rasio belok kiri telah diketahui (P_{LT}). Atau dapat diperoleh dengan menggunakan gambar 2.9. berikut :

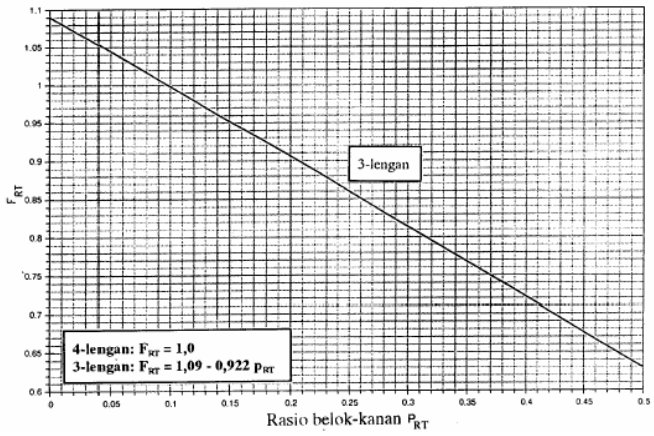


Gambar 2.9. Grafik faktor penyesuaian belok kiri (FLT)

8. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT})

Faktor penyesuaian belok kanan adalah faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat belok kanan. Untuk simpang 4 - lengan mempunyai $F_{RT} = 1$.

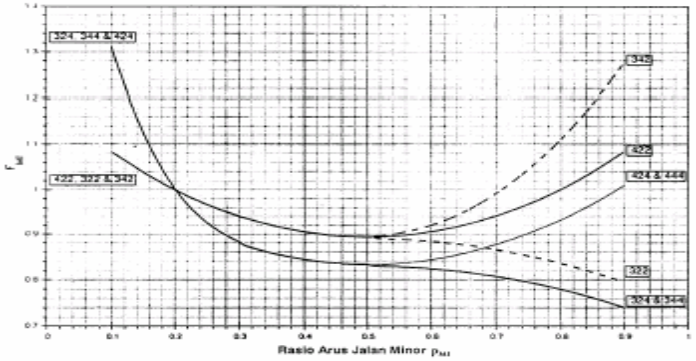
Sedangkan faktor penyesuaian belok kanan untuk 3 lengan ditentukan dari gambar 2.10. berikut ini :



Gambar 2.10. Grafik faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT})

9. Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor

Faktor penyesuaian arus jalan minor adalah faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat rasio arus jalan minor. Untuk menentukan F_{MI} ini terlebih dahulu menghitung rasio arus jalan minor (P_{MI}) dengan tipe simpang tertentu. Setelah rasio arus jalan minor (P_{MI}) diperoleh, maka faktor penyesuaian arus jalan minor dapat diketahui dengan melihat gambar 2.11 atau tabel 2.10 berikut :



Gambar 2.11. Grafik faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (F_{MI})

Tabel 2.10. Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (F_{MI})

IT	F_{MI}	P_{MI}
422	$1,19 \times p_{MI}^2 - 1,19 \times p_{MI} + 1,19$	0,1-0,9
424	$16,6 \times p_{MI}^4 - 33,3 \times p_{MI}^3 + 25,3 \times p_{MI}^2 - 8,6 \times p_{MI} + 1,95$	0,1 -0,3
444	$1,11 \times p_{MI}^2 - 1,11 \times p_{MI} + 1,11$	0,3-0,9
322	$1,19 \times p_{MI}^2 - 1,19 \times p_{MI} + 1,19$	0,1-0,5
	$-0,595 \times p_{MI}^2 + 0,595 \times p_{MI}^3 + 0,74$	0,5-0,9
342	$1,19 \times p_{MI}^2 - 1,19 \times p_{MI} + 1,19$	0,1 -0,5
	$2,38 \times p_{MI}^2$ -P $2,38 \times p_{MI} + 1,49$	0,5-0,9
324	$16,6 \times p_{MI}^2 - 33,3 \times p_{MI}^3 + 25,3 \times p_{MI}^2 - 8,6 \times p_{MI} + 1,95$	0,1-0,3
344	$1,11 \times p_{MI}^2 - 1,11 \times p_{MI} + 1,11$	0,3-0,5
	$-0,555 \times p_{MI}^2 + 0,555 \times p_{MI} + 0,69$	0,5-0,9

2.6.2 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas. Nilai DS dapat menunjukkan apakah simpang tersebut masih layak sebagai simpang tak bersinyal atau tidak.

Berdasarkan MKJI (1997), nilai derajat kejenuhan diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$DS = Q_{TOT}/C \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.15)$$

Dimana :

DS = Derajat kejenuhan

Q_{TOT} = Volume lalu lintas total (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

Adapun nilai derajat kejenuhan yang disarankan MKJI 1997 pada simpang tak bersinyal yaitu 0.80 < DS < 0.90. Jika nilai DS > 0.90, hal ini menunjukkan bahwa simpang tersebut tidak latak sebagai simpang tak bersinyal.

2.6.3 Tundaan

Tundaan terjadi sebagai akibat adanya hambatan karena pengurangan kecepatan bergerak. Kendaraan bergerak dengan kecepatan lebih kecil dari 5 km/jam.

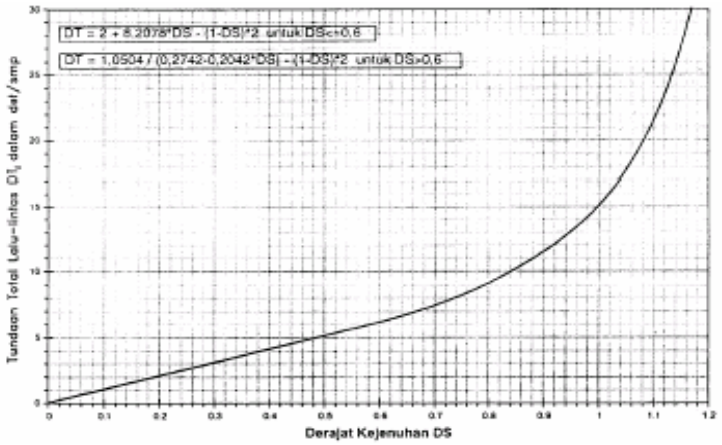
Tundaan pada simpang dapat terjadi karena dua sebab, yaitu :

1. Tundaan Lalu Lintas (DT) akibat interaksi lalu lintas dengan gerakan yang lain dalam simpang.
2. Tundaan geometrik (DG) akibat perlambatan dan percepatan kendaraan yang terganggu dan tak terganggu.

Berdasarkan MKJI (1997), tundaan dibagi menjadi :

? Tundaan lalu lintas Simpang (DT_1)

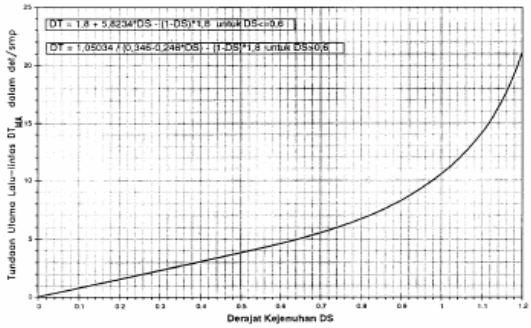
Adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang. DT1 dientukan dari kurva empiris antara DT1 dan DS pada gambar 2.13. di bawah ini :



Gambar 2.13. Grafik tundaan Lalu Lintas Simpang VS Derajat Kejenuhan

? Tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA})

Adalah tundaan lalu lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama. DT_{MA} ditentukan dariu kurva empiris antara DT_{MA} dan DS, dapat dilihat pada gambar 2.14. di bawah ini.



Gambar 2.14. Grafik Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama VS Derajat Kejenuhan

? Tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI})

Tundaan lalu lintas jalan minor rata-rata ditentukan berdasarkan tundaan simpang rata-rata dan tundaan jalan utama rata-rata, diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$DT_{MI} = (Q_{TOT} \times D_{TI} - Q_{MA} \times DT_{MA})/Q_{MI} \quad \text{.....} \quad (2.24)$$

Dimana :

Q_{TOT} = arus total (smp/jam)

DT_1 = tundaan lalu lintas simpang

Q_{MA} = arus jalan utama (smp/jam)

DT_{MA} = tundaan lalu lintas jalan utama

Q_{MI} = arus jalan minor (smp/jam)

? Tundaan geometrik simpang (DG)

Adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang.

Berdasarkan MKJI (1997), DG dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

Untuk DS < 1,0 :

$DG = (1 – DS) \times (p_T \times 6 + 1(1 - p_T) \times 3) + DS \times 4$ …… (2.25)

Untuk DS = 1,0 ; DG = 4

Dimana :

DG = tundaan geometrik simpang

DS = derajat kejenuhan

p_T = rasio belok total

? Tundaan simpang (D)

Berdasarkan MKJI (1997), tundaan simpang dihitung sebagai berikut :

$D = DG + DT_1$ ..... (2.26)

Dimana :

DG = tundaan geometrik simpang

DT_1 = tundaan lalu lintas simpang

2.7. Kinerja Ruas Jalan Metode MKJI

2.7.1. Klasifikasi/ Jenis/ Tipe

Tipe jalan perkotaan secara umum dapat dibagi atas (MKJI, 1997) :

✍ Jalan dua lajur dua arah (2/2 UD)

✍ Jalan empat lajur dua arah (4/2 UD)

- tak terbagi (yaitu tanpa median) (4/2 UD)
- terbagi (yaitu dengan median) (4/2 D)

✍ Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 UD)

✍ Jalan satu arah (1-3/1)

2.7.2. Kapasitas Jalan

A. Pengertian Kapasitas

Kapasitas dapat didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan persatuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan 2 lajur 2 arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah kapasitas ditentukan per lajur, (MKJI, 1997).

Nilai kapasitas telah diamati melalui pengumpulan data lapangan selama memungkinkan. Karena lokasi yang mempunyai arus mendekati kapasitas segmen jalan sedikit (sebagaimana terlihat dari kapasitas simpang sepanjang jalan), kapasitas juga telah diperkirakan dari analisa kondisi iringan lalu lintas dan secara teoritis dengan mengasumsikan hubungan matematik antara kerapatan, kecepatan dan arus.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas jalan kota adalah sebagai berikut, (MKJI, 1997) :

$C = Co \times FCw \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_c$ ……. (2.16)

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

Co = Kapasitas dasar (smp/jam)

FCw = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{sp} = Faktor penyesuaian pemisah arah

FC_{sf} = Faktor penyesuaian Hambatan samping

FC_{cs} = Faktor penyesuaian Ukuran kota

B. Kapasitas Dasar

Kapasitas Dasar jalan tergantung pada tipe jalan, jumlah lajur, seperti terlihat pada Tabel 2.11 berikut ini (MKJI, 1997) :

Tabel 2.11. Tabel kapasitas Dasar Jalan pada tipe jalan dan jumlah lajur

Tipe Jalan kota	Kapasitas dasar (smp/jam)	Keterangan
4 lajur dipisah atau jalan satu arah	1650	Per lajur
4 lajur tidak dipisah	1500	Per lajur
2 lajur tidak dipisah	2900	Kedua arah

C. Faktor Penyesuaian Lebar Jalan

Lebar badan jalan efektif sangat mempengaruhi kapasitas jalan seperti terlihat pada Tabel 2.12 (MKJI, 1997).

D. Faktor penyesuaian Kerb dan Bahu Jalan

a. Jalan dengan Bahu

Kapasitas dipengaruhi oleh lebar bahu, faktor penyesuaian untuk bahu jalan dapat dilihat pada Tabel 2.12 (MKJI, 1997).

Tabel 2.12. penyesuaian kapasitas untuk pengaruh lebar jalur untuk jalan perkotaan (Cw)

Tipe Jalan kota	Lebar Jalan efektif (m)	Cw	Keterangan
4 lajur dipisah atau jalan satu arah	3,00	0,92	Per lajur
	3,25	0,96	
	3,50	1,00	
	3,75	1,04	
	4,00	1,08	
4 lajur tidak dipisah	3,00	0,91	Per lajur
	3,25	0,95	
	3,50	1,00	
	3,75	1,05	
	4,00	1,09	
2 lajur tidak dipisah	5	0,56	Kedua arah
	6	0,87	
	7	1,00	
	8	1,14	
	9	1,25	
	10	1,29	
	11	1,34	

Tabel 2.13. Faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan

Tipe jalan	Gesekan samping	Faktor penyesuaian bahu jalan dengan jarak ke penghalang			
		Lebar efektif bahu jalan Ws (m)			
		< 0,5 m	1,0 m	1,5 m	> 2 m
4/2 Dipisah median	VL	0,96	0,98	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,88	0,92	0,95	0,98
	VH	0,84	0,88	0,92	0.96
4/2 Tidak dipisah	VL	0,96	0,99	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,87	0,92	0,94	0,98
	VH	0,80	0,86	0,90	0.95
2/2 tidak dipisah atau jalan Satu arah	VL	0,94	0,96	0,99	1,01
	L	0,92	0,94	0,97	1,00
	M	0,89	0,92	0,95	1,98
	H	0,82	0,86	0,90	0,95
	VH	0,73	0,79	0,85	0.91

b. Jalan dengan kerb

Faktor penyesuaian untuk kerb dapat dilihat pada Tabel 2.14 berikut (MKJI, 1997) :

Tabel 2.14. Faktor penyesuaian kerb

Tipe jalan	Gesekan samping	Faktor penyesuaian bahu jalan dengan jarak ke penghalang			
		Lebar efektif bahu jalan Ws (m)			
		< 0,5 m	1,0 m	1,5 m	> 2 m
4/2 Dipisah median	VL	0,95	0,97	0,99	1,01
	L	0,94	0,96	0,98	1,00
	M	0,91	0,93	0,95	1,98
	H	0,86	0,89	0,92	0,95
	VH	0,81	0,85	0,88	0.92
4/2 Tidak dipisah	VL	0,95	0,97	0,99	1,01
	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,90	0,92	0,95	1,97
	H	0,84	0,87	0,90	0,93
	VH	0,77	0,81	0,85	0.90
2/2 tidak dipisah atau jalan Satu arah	VL	0,93	0,95	0,97	0,99
	L	0,90	0,92	0,95	0,97
	M	0,86	0,88	0,91	0,94
	H	0,78	0,81	0,84	0,88
	VH	0,68	0,72	0,77	0.82

E. Faktor Penyesuaian Arah

Faktor penyesuaian arah ini hanya berlaku pada jalan tak terbagi, seperti terlihat pada Tabel 2.15 berikut ini (MKJI, 1997) :

Tabel 2.15. Faktor Penyesuaian Arah jalan tak terbagi

Pemisah Arah		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	4/2 tidak dipisah	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

F. Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota (Fcs)

Berdasarkan hasil penelitian ternyata ukuran kota mempengaruhi kapasitas seperti terlihat pada Tabel 2.16 berikut (MKJI, 1997) :

Table 2.16. Faktor penyesuaian kapasitas
untuk ukuran kota (FCcs) pada jalan Luar kota.

Ukuran kota (jumlah penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0.86
0,1 – 0,5	0.90
0,5 - 1,0	0.94
1,0 - 3,0	1.00
> 3,0	1.04

2.7.3. Karakteristik makro lalu lintas

Karakteristik makro Lalu Lintas tergantung pada beberapa faktor yang berhubungan dengan daerah tersebut. Besaran ini bervariasi setiap jamnya dalam sehari, dan tiap hari dalam sepekan, serta tiap bulan dalam setahun. Variasi lalu lintas yang demikian ini disebut dengan Fluktuasi.

1. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik pada suatu jalur gerak atau jalan raya per satuan waktu, volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalur yang lebih besar sehingga dapat tercipta kenyamanan dan keamanan berlalu lintas.

Arus lalu lintas terdiri dari beberapa jenis kendaraan dimana setiap kendaraan memiliki karakteristik sendiri sehingga diperlukan angka penyesuaian. Setiap pembanding untuk kendaraan di Indonesia dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp). Angka penyesuaiannya dapat dilihat pada Tabel 2.17 berikut (MKJI, 1997) :

Table 2.17. Nilai Satuan Mobil Penumpang

NO	JENIS KENDARAAN	FAKTOR KOEFISIEN	
1	Kendaraan Ringan	1,0	
2	Kendaraan Berat	Arus lalu lintas Total dua arah (kend/jam)	
		0 sampai 1799	1,3
		? 1800	1,2
3	Sepeda motor	Arus lalu lintas Total dua Arah (kend/jam)	
		0 sampai 1799	0,40
		? 1800	0,25
4	Kendaraan tak bermotor	0,33	

Dengan menyesuaikan setiap jenis kendaraan terhadap setiap mobil penumpang, maka volume lalu lintas dapat dihitung dangan rumus :

$$q ? \frac{n}{t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.17)$$

dimana :

q = Volume lalu lintas (smp/jam)

n = Jumlah kendaraan yang dihitung

t = Interval waktu pengamatan

Volume lalu lintas pada suatu jalan raya tergantung pada beberapa faktor yang berhubungan dengan kondisi daerah setempat. Besaran ini bervariasi, menurut waktu dapat di kelompokkan menjadi 3 bagian utama yaitu (MKJI, 1997) :

1. Perubahan akibat pertumbuhan lalu lintas

? Pertumbuhan normal, yaitu naiknya jumlah kendaraan yang berada di jalan atau naiknya jumlah perjalanan (*Trip*).

- *Differted Traffic*, yaitu lalu lintas yang mengubah rute perjalanan karena alasan tertentu.
- *Converted Traffic*, yaitu lalu lintas karena ada angkutan yang sebelumnya tidak melalui jalur tersebut sekarang melewatinya.
- *Generated traffic*, yaitu lalu lintas yang ditimbulkan oleh adanya pembangunan atau perbaikan jalan.

2. Variasi berkala

Sifatnya yang penting untuk diselidiki dari variasi berkala adalah apakah kejadiannya secara beraturan, karena variasi yang beraturan dapat dipakai untuk membantu meramalkan volume lalu lintas diwaktu yang lain.

Dalam pergerakan lalu lintas variasi berkala dibedakan atas 3 variasi yaitu:

- Variasi Bulanan, yaitu dalam jangka waktu 1 tahun mungkin tepat disebut variasi akibat musim karena ternyata variasi ini lebih tergantung pada keadaan musim dari pada bulannya. Variasi bulanan tergantung pada keadaan musim dimana pada bulan April sampai Oktober (musim kemarau) terjadi peningkatan volume lalu lintas dan pada bulan Oktober sampai April (musim hujan) volume lalu lintas mengalami pernurunan.

- Variasi Harian, yaitu dalam seminggu sangat dipengaruhi oleh kegiatan manusia yang umumnya mempunyai jadwal kegiatan dalam seminggu. Variasi harian ini mempunyai kecenderungan untuk tetap dan konstan.
- Variasi Menurut Jam, yaitu dalam jangka waktu sehari erat hubungannya dengan aktivitas manusia untuk satu hari normal tertentu, variasi menurut jam konstan dan biasanya terlihat jam sibuk pada pagi dan sore hari.

3. Variasi Tak Berkala

Variasi ini tak berulang secara beraturan dan dapat disebabkan oleh kejadian yang diluar dugaan seperti adanya bencana alam, hari raya, kunjungan pembesar dan sebagainya.

2.7.4. Kinerja Lalu lintas dan jalan

A. Derajat kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

Dengan menggunakan kapasitas C maka dapat ditentukan rasio Q dan C yaitu derajat kejenuhan seperti rumus dibawah ini :

$$DS = \frac{Q}{C} \qquad \text{……..……} \qquad (2.18)$$

dmana :

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus total kendaraan pada waktu tertentu (smp/ jam)

C = Kapasitas jalan (smp/jam)

B. Tingkat pelayanan

Tingkat pelayanan jalan adalah suatu ukuran kualitas perjalanan dalam arti luas menggambarkan kondisi lalu lintas yang mungkin timbul pada suatu jalan akibat dari berbagai volume lalu lintas. Pada kenyataannya peningkatan jumlah kendaraan yang melewati suatu arus jalan mengakibatkan penurunan tingkat pelayanan jalan sebagai akibat kapasitas ruas jalan tidak lagi seimbang dengan pertumbuhan penduduk dan jumlah kendaraan atau sebagai akibat adanya kawasan dengan intensitas kegiatan yang tinggi sehingga merangsang arus pergerakan ke kawasan tersebut.

Untuk menentukan tingkat pelayanan jalan ada dua faktor utama yang harus diperhatikan yaitu :

- Kecepatan perjalanan yang menunjukkan keadaan umum di jalan.
- Perbandingan antara volume terhadap kapasitas (rasio q/c) yang mana menunjukkan kepadatan lalu lintas dan kebebasan bergerak bagi kendaraan.

Tingkat pelayanan jalan terbagi atas tingkatan (Morlock, 1995) :

a. Tingkat Pelayanan A

Tingkat pelayanan ini menunjukkan keadaan lalu lintas bebas tanpa hambatan, volume dan kepadatan lalu lintas rendah dan kecepatan kendaraan tinggi, pengemudi dapat memilih kepadatan yang diinginkan.

b. Tingkat pelayanan B

Tingkat pelayanan ini menunjukkan keadaan arus lalu lintas stabil, kecepatan mulai dipengaruhi keadaan lalu lintas lain, pengemudi masih mempunyai kemungkinan memilih kecepatan yang diinginkan. Kecepatan lalu lintas dan volume lalu lintas yang tertinggi pada tingkat pelayanan ini digunakan untuk ketentuan-ketentuan perencanaan jalur di luar kota.

c. Tingkat pelayanan C

Tingkat pelayanan ini menunjukkan arus lalu lintas stabil, kecepatan dan kemampuan bergerak kendaraan semakin terbatas.

d. Tingkat Pelayanan D

Tingkat pelayanan ini menunjukkan arus lalu lintas mendekati tidak stabil dimana kecepatan perjalanan yang dikehendaki secara terbatas masih dapat dipertahankan meskipun sangat dipengaruhi oleh perubahan-perubahan dalam perjalanan yang menentukan kecepatan yang cukup besar.

e. Tingkat Pelayanan E

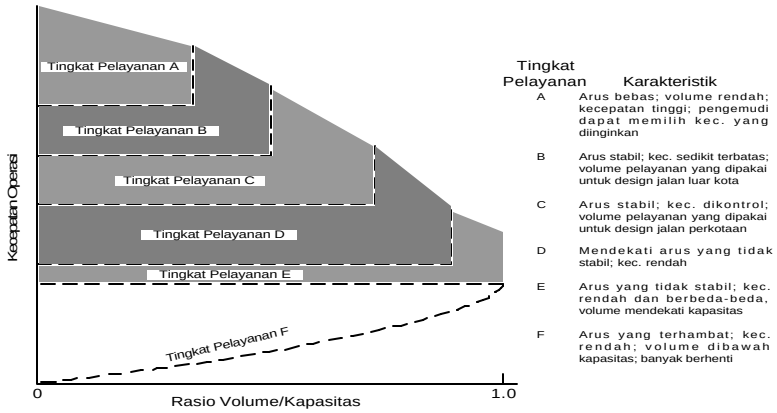
Tingkat pelayanan ini menunjukkan arus lalu lintas tidak stabil dimana kecepatan rendah bervariasi, sering terjadinya kemacetan, atau

kendaraan berhenti beberapa saat, volume kira-kira mendekati sama dengan kapasitas jalan sedang kecepatan pada kapasitas ini pada umumnya sebesar kurang 50 km/jam.

f. Tingkat Pelayanan F

Tingkat pelayanan ini menunjukkan arus lalu lintas tertahan pada kecepatan rendah volume lebih besar dari kapasitas jalan sehingga seringkali terjadi kemacetan dan antrian yang panjang, arus lalu lintas sangat rendah sehingga volume dapat turun mencapai nol.

Secara visual, keenam jenis tingkat pelayanan tersebut di atas, disajikan pada Gambar 2.12. Dari keenam jenis tingkat pelayanan diatas maka yang memenuhi syarat jalan yang diinginkan adalah tingkat pelayanan A, B, C, dan D dimana rasio q/c < 1. Pada tingkat pelayanan E dan F, dimana volume lalu lintas telah melebihi kapasitas jalan q/c = 1, sehingga dalam keadaan ini menyebabkan terjadinya penurunan kualitas pelayanan.



Gambar 2.12. : Hubungan umum antara kecepatan, tingkat pelayanan dan ratio volume terhadap kapasitas untuk jalan. (a) Hubungan yang tergambar secara grafis . (b) Karakteristik–karakteristik tingkat pelayanan (*Higway capacity Manual, 1965).*

Indikator Tingkat Pelayanan (ITP) pada suatu ruas jalan menunjukkan kondisi secara keseluruhan ruas jalan tersebut. Tingkat Pelayan jalan ditentukan berdasarkan nilai kuantitatif seperti nilai Volume per kapasitas (V/C), kecepatan perjalan, dan factor lain yang ditentukan berdasarkan nilai kualitatif seperti kebebasan pengemudi dalam memilih kecepatan, derajat hambatan lalu lintas, serta kenyamanan (Tamin, 2002).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi Kapasitas dan Tingkat Pelayanan Jalan antara lain :

a. Faktor keadaan jalan

- Lebar jalur

  Lebar jalur sangat mempengaruhi kapasitas jalan, semakin lebar jalur maka semakin besar kapasitas dari jalan tersebut.

- Kebebasan samping

  Halang-halangan disisi jalan yang terlalu dekat dengan sisi atau batas jalan, akan mempengaruhi jalannya kendaraan karena mengurangi lebar efektif dari lajur jalan.

- Lebar dan bahu jalan

  Bahu jalan yang sempit dapat mengurangi lebar efektif dari jalur lalu lintas, hal ini biasa terjadi jika kendaraan dalam keadaan darurat atau kendaraan yang di parkir.

- Kondisi permukaan

  Kondisi permukaan yang jelek menyebabkan tahanan guling kendaraan menjadi besar, sehingga kecepatan operasi kendaraan

semakin menurun meskipun pada volume yang kecil, dalam hal ini kecepatan menurunkan tingkat pelayanan jalan.

- Alinyemen

  Faktor ini digunakan untuk menyatakan besarnya kecepatan rata-rata dan pembatasan jarak pandang pada suatu jalan, agar tingkat pelayanan pada jalan tersebut tidak menurun disaat kendaraan melewati tikungan atau tanjakan.

- Kelandaian jalan

  Pada jalan yang menanjak jarak antara kendaraan dapat lebih kecil sehingga memungkinkan peningkatan kapasitas, tapi bila jarak pandang terhalang oleh kelandaian maka kapasitas akan menurun.

b. Faktor lalu lintas

- Truck dan bus

  Truck dan bus akan mengurangi kapasitas dari suatu jalan karena truck atau bus menempati ruang lajur dalam arus lalu lintas yang setara dengan beberapa mobil penumpang sedangkan kecepatannya lebih lambat sehingga menurunkan tingkat pelayanan jalan.

- Distribusi jalan

  Distribusi lalu lintas pada lajur jalan yang tidak seimbang akan mengurangi kapasitas dan tingkat pelayanan.

Secara umum, Indeks Tingkat Pelayanan (ITP) dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.18 dan Tabel 2.19 berikut (Tamin, 2002) :

Tabel 2.18. ITP Berdasarkan Kecepatan Perjalanan Rata-Rata

Kelas Arteri	I	II	III
Kecepatan (km/jam)	**72 - 56**	**56 - 48**	**56 - 40**
ITP	**=>Kecepatan Perjalanan Rata-rata (km/jam)**		
A	= 56	= 48	= 40
B	= 45	= 38	= 31
C	= 35	= 29	= 21
D	= 28	= 23	= 15
E	= 21	= 16	= 11
F	< 21	< 16	< 11

Sumber : (Ofyar Z. Tamin, 2002)

Tabel 2.19. ITP Berdasarkan Derajat Kejenuhan Lalu Lintas

Tingkat Pelayanan	% dari Kecepatan Bebas	Derajat Kejenuhan Lalu Lintas
A	= 90	= 0,35
B	= 70	= 0,54
C	= 50	= 0,77
D	= 40	= 0,93
E	= 33	= 1,00
F	< 33	< 1,00

Sumber : (Ofyar Z. Tamin, 2002)