**TUGAS AKHIR**

# ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL PADA JARINGAN JALAN DI KABUPATEN GOWA MENGGUNAKAN SOFTWARE VISSIM

## *THE PERFORMANCE ANALYSIS OF A SIGNED INTERSECTION ON ROAD NETWORK IN GOWA REGENCY USING THE VISSIM SOFTWARE*

**M. NUR WAHYU YUSUF**
**D011 17 1309**

**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**
**FAKULTAS TEKNIK**
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**
**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL PADA JARINGAN JALAN DI KABUPATEN GOWA MENGGUNAKAN SOFTWARE VISSIM**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**M. NUR WAHYU YUSUF**

**D011 17 1309**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 19 Oktober 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

| Pembimbing Utama, | Pembimbing Pendamping, |
|---|---|
| **Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST, MT** | **Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, MT** |
| NIP. 197309262000121002 | NIP. 196311271992031001 |

Ketua Program Studi,

**Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng**
Nip. 196805292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama M. Nur Wahyu Yusuf, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul " **ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL PADA JARINGAN JALAN DI KABUPATEN GOWA MENGGUNAKAN SOFTWARE VISSIM**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 2 September 2021

Yang membuat pernyataan,

M. Nur Wahyu Yusuf
NIM: D011 17 1309

# KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di simpang bersinyal Jl. Usman Salengke - Jl Malino - Jl. K.H. Wahid Hasyim pada Kawasan Sungguminasa Kabupaten Gowa.

Tugas Akhir yang berjudul "**Analisis Kinerja Simpang Bersinyal pada Jaringan Jalan di Kabupaten Gowa Menggunakan Software VISSIM"** ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan kepada seluruh pembaca pada umumnya dan kepada penulis khususnya.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis telah menerima banyak bantuan, petunjuk dan bimbingan maupun saran dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T**.,** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan

waktunya untuk memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.

4. Ibu Ir. Hajriyanti Yatmar, ST., M.Eng., dan Kak Muhammad Ikhsan Sabil, ST., yang telah meluangkan waktunya untuk memberi arahan serta masukan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan tugas akhir ini serta memberikan banyak mitovasi untuk segera mnyusun dan menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen yang telah membantu penulis selama mengikuti Pendidikan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh staf dan karyawan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Kedua orangtua dan keluarga tercinta, atas doa, kasih sayang, motivasi dan segala dukungannya selama ini baik secara moral dan materiil.
8. Kepada Wafiq Azizah yang selalu memberikan dukungan dan motifasi, dan juga selelau setia menjadi pendengar yang baik bagi penulis, diakala menyampaikan keluh kesah dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
9. Kepada Muhammad Rijal Rajab yang telah menjadi partnert dalam kondisi apapun sejak awal hingga akhir masa perkuliahan di

Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan juga partner dalam mengembangkan OK-GRUP kedepannya.

10. Kepada Asisten Laboratorium Rekayasa Sistem Trasnportasi 2017 sebagai partner tim yang telah berjuang Bersama selama proses penelitian berlangsung.
11. Kepada Meywana Alesticya Nandira, Masnia, Resni Amalia, Hasnidar Wahyuni, Febrika Rahmania Nurul, yuni Kartika dan Amin Muslihat sebagai anggota Ok-Grup yang telah menjadi teman terbaik dan selalu loyal dalam kondisi apapun.
12. Kepada Naen, Arung , Bacca, Irfan, Alwan sebagai Teman-teman dari Mawang Apartment yang selalu memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini dan memberikan pengelaman juga ilmu yang sangat berharga dibidang desain grafis bagi penulis.
13. Kepada teman sekantor, Hadid, Mahir, Randi yang senantiasa menemani dalam beberapa tahun terakhir untuk hidup sebagai anak rantau di tanah prantauan.
14. Teman-teman PLASTIS 2018 yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini. Juga terimakasih telah memberikan banyak kenangan indah dan berharga yang penulis dapatkan selalma berstatus mahasiswa/
15. Teman-teman WELMAN 2017 yang selalu memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan Rahmat-Nya kepada kita, dan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Gowa, September 2021

**M. Nur Wahyu Yusuf**

# ABSTRAK

Meningkatnya jumlah kendaraan di jalan raya dapat menimbulkan kemacetan lalu lintas yang dapat mempengaruhi tingkat pelayanan jalan. Persimpangan menjadi salah satu tempat terjadinya kemacetan lalu lintas. Dengan melakukan pendekatan pemodelan mikro simulasi lalu lintas menggunakan piranti VISSIM, yang selanjutnya dibandingkan dengan menggunakan model Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 dan PKJI 2014. Dengan tidak adanya pembaruan terhadap MKJI dan PKJI, sehingga tidak mampu lagi mendefinisikan kondisi simpang yang sekarang. Setelah simulasi ini dilakukan, nantinya akan dibandingkan antara hasil simulasi dengan hasil pengamatan langsung di lapangan untuk melihat apakah ada perbedaan yang signifikan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja simpang bersinyal di Kawasan Sungguminasa Kabupaten Gowa Jl. Usman Salengke – Jl. K. H. Wahid Hasyim – Jl. Malino dengan menggunakan MKJI 1997 dan PKJI 2014 serta menggunakan piranti VISSIM. Yang selanjutnya dilakukan perbandingan kinerja simpang bersinyal menggunakan MKJI 1997, PKJI 2014 dan Software PTV Vissim.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan perhitungan sesuai MKJI 1997 dan PKJI 2014. Serta melakukan simulasi dengan menggunakan piranti PTV Vissim untuk menghasilkan tundaan dan antrian yang terjadi.

Berdasarkan hasil perhitungan pada jam puncak dengan menggunakan MKJI panjang antrian rata rata adalah 82.4 m, panjang antrian maksimum 109.3 m, tundaan kendaraan 19,56 det/SMP. Berdasarkan sasil perhitungan untuk PKJI panjang antrian rata rata adalah 46,06 m, panjang antrian maksimum 59.1 m, tundaan kendaraan 20.48 det/SKR dan hasil dari software PTV Vissim panjang antrian rata rata adalah 59,95 m, panjang antrian maksimum 90,05m, tundaan kendaraan 28,151 det/Kend.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja simpang bersinyal di Kawasan Sungguminasa Kabupaten Gowa dengan menggunakan metode MKJI 1997, PKJI 2014 dan simulasi VISSIM diperoleh hasil yang hampir sama. Dengan Level of Service kategori C untuk metode MKJI 1997, PKJI 2014 dan Softaware PTV Vissim.

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....i

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**Error! Bookmark not defined.**

KATA PENGANTAR ..... iii

ABSTRAK..... vii

DAFTAR ISI..... viii

DAFTAR TABEL.....x

DAFTAR GAMBAR..... xv

BAB 1. PENDAHULUAN.....1

A. Latar Belakang .....1

B. Rumusan Masalah .....3

C. Tujuan Penelitian .....3

D. Batasan Masalah .....4

E. Manfaat Penelitian.....5

F. Sistematika Penulisan .....5

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....8

A. Jalan .....8

B. Persimpangan .....10

C. Manajemen Lalu Lintas .....20

D. Analisa Kinerja Simpang Bersinyal.....24

E. Konsepsi Model Mikro – Simulasi.....44

F. Konsep Mikro Simulasi Lalu Lintas Berbasis Vissim .....45

G. PTV Vissim .....49

BAB 3. METODE PENELITIAN.....63
A. Kerangka Kerja Penelitian.....63
B. Landasan Teori.....64
C. Metode Pengumpulan Data.....66
D. Metode Estimasi dan Analisis.....75
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....77
A. Karakteristik Lalu Lintas Simpang Bersinyal.....77
B. Analisis Kinerja Persimpangan dengan Metode MKJI 1997 dan PKJI 2014.....86
C. Mikro - Simulasi Lalu Lintas di Persimpangan.....103
D. Perbedaan Hasil Evaluasi Kinerja Persimpangan pada Metode MKJI 1997 dan Program VISSIM Intersection.....118
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....125
A. Kesimpulan.....125
B. Saran.....125
DAFTAR PUSTAKA.....127

# DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tingkat Pelayanan pada Persimpangan dengan APILL .....22

Tabel 2. Nilai Ekivalen Kendaraan Penumang (emp).....28

Tabel 3. Faktor Koreksi Ukuran Kota ($\mathrm{FCS}$) .....31

Tabel 4. Faktor koreksi Hambatan Samping ($\mathrm{FS}F$).....32

Tabel 5. Tingkat Pelayanan Untuk Simpang Bersinyal.....43

Tabel 6. Kriteria Tingkat Pelayanan Jalan Raya untuk Simpang Bersinyal .....51

Tabel 7. Penilaian Hasil Uji Statistik *GEH (Geoffrey E. Havers)*.....56

Tabel 8. Perlengkapan Survei.....69

Tabel 9. Rangkaian Kegiatan Survei.....74

Tabel 10. Kondisi Geometrik Simpang..... 77

Tabel 11. Urutan fase dan arah pergerakan lalu lintas persimpangan .....79

Tabel 12. Lama waktu sinyal lalu lintas.....79

Tabel 13. Pergitungan Waktu Puncak.....81

Tabel 14. Arus Lalu Lintas pada Kondisi Jam Puncak di Hari Libur (kend/jam).....85

Tabel 15. Arus Lalu Lintas pada Kondisi Jam Puncak di Hari Kerja (kend/jam).....85

Tabel 16. Arus Lalu Lintas pada Kondisi Jam Puncak di Hari Kerja (kend/jam).....86

Tabel 17. Lebar Pendekat Efektif PKJI 2014.....86

Tabel 18. Arus Jenuh Dasar $(S0)$ menggunakan MKJI 1997 .....87

Tabel 19. Arus Jenuh Dasar $(S0)$ menggunakan PKJI 2014.....87

Tabel 20. Rasio Arus dan Rasio Fase Jam Sibuk Menggunakan MKJI 1997.....88

Tabel 21. Rasio Arus dan Rasio Fase Jam Sibuk Menggunakan PKJI 2014 .....89

Tabel 22. Waktu Siklus dan Waktu Hijau Jam Sibuk Menggunakan MKJI 1997.....89

Tabel 23. Waktu Siklus dan Waktu Hijau Jam Sibuk Menggunakan PKJI 2014.....90

Tabel 24. Kapasitas Persimpangan pada Jam Sibuk Menggunakan MKJI 1997.....90

Tabel 25. Kapasitas Persimpangan pada Jam Sibuk Menggunakan PKJI 2014.....91

Tabel 26. Derajat kejenuhan persimpangan jam sibuk Menggunakan MKJI 1997 ..... 91

Tabel 27. Derajat kejenuhan persimpangan jam sibuk Menggunakan PKJI 2014 ..... 92

Tabel 28. Panjang antrian pada jam sibuk Menggunakan MKJI 1997 ..... 92

Tabel 29. Panjang antrian pada jam sibuk Menggunakan PKJI 2014 ..... 93

Tabel 30. Angka henti pada jam sibuk Menggunakan MKJI 1997 ..... 93

Tabel 31. Angka henti pada jam sibuk Menggunakan PKJI 2014 ..... 93

Tabel 32. Data Tundaan Lalu Lintas pada Jam Sibuk Menggunakan MKJI 1997 ..... 94

Tabel 33. Data Tundaan Lalu Lintas pada Jam Sibuk Menggunakan PKJI 2014 ..... 94

Tabel 34. Penentuan Waktu Sinyal dan Kapasitas Hari Libur Menggunakan MKJI 1997 ..... 95

Tabel 35. Penentuan Panjang Antrian, Jumlah Kendaraan Terhenti, dan Tundaan Hari Libur Menggunakan MKJI 1997 ..... 96

Tabel 36. Penentuan Waktu Sinyal dan Kapasitas Hari Kerja Menggunakan MKJI 1997 ..... 97

Tabel 37. Penentuan Panjang Antrian, Jumlah Kendaraan Terhenti, dan Tundaan Hari Kerja Menggunakan MKJI 1997 ..... 98

Tabel 38. Penentuan Waktu Sinyal dan Kapasitas Hari Libur Menggunakan PKJI 2014 ..... 99

Tabel 39. Penentuan Panjang Antrian, Jumlah Kendaraan Terhenti, dan Tundaan Hari Libur Menggunakan PKJI 2014 ..... 100

Tabel 40. Penentuan Waktu Sinyal dan Kapasitas Hari Kerja Menggunakan PKJI 2014 ..... 101

Tabel 41. Penentuan Panjang Antrian, Jumlah Kendaraan Terhenti, dan Tundaan Hari Kerja Menggunakan PKJI 2014 ..... 102

Tabel 42. Rekapitulasi Hasil Evaluasi Persimpangan dengan Metode MKJI 1997 dan PKJI 2014 ..... 103

Tabel 43. Komposisi Kendaraan ..... 104

Tabel 44. Kategori dan Dimensi Kendaraan ..... 105

Tabel 45. Fase Pergerakan Lalu Lintas Eksisting ..... 108

Tabel 46. *Trial and Error* pada Kalibrasi Model ..... 110

Tabel 47. Hasil Volume Kendaraan Model dan Observasi ..... 112

Tabel 48 Hasil Kalibrasi Parameter Model untuk Volume Lalu Lintas .... 113

Tabel 49. Perbandinagn an Hasil Model dan Hasil Observasi Lapngan Panjangn Antrian Rata-Rata .....114

Tabel 50. Perbandingan Hasil Model dan Hasil Observasi Lapngan Panjangn Antrian Maks. .....114

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jenis Persimpangan Jalan Sebidang .....12
Gambar 2. Jenis Persimpangan Jalan Tak Sebidang .....13
Gambar 3. Arus Memisah .....15
Gambar 4. Arus Menggabung .....15
Gambar 5. Arus Menyilang .....16
Gambar 6. Arus Memotong .....16
Gambar 7. Titik Konflik pada Persimpangan .....18
Gambar 8. Contoh Siklus Persimpangan Empat Lengan Prioritas Belok Kanan .....18
Gambar 9. Prinsip Rerouting pada Jaringan Jalan .....19
Gambar 10. Persimpangan Tidak Sebidang (Diamond Interchange And Cloverleaf Interchange) .....20
Gambar 11. Konflik-konflik pada simpang bersinyal empat lengan .....26
Gambar 12. Faktor Penyesuaian untuk Kelandaian (Fg) .....32
Gambar 13. Faktor Koreksi Parkir (FP) .....33
Gambar 14. . Koreksi Belok Kiri (FLT) .....33
Gambar 15. Koreksi Belok Kanan ($FRT$) .....34
Gambar 16. Ilustrasi Ambang Car Following Model Wiedemann 74 .....48
Gambar 17. Mikro - Simulasi Bundaran (*Roundabout*) .....49
Gambar 18. Mikro-Simulasi Transportasi Massal .....50
Gambar 19. Diagram Alir Prosedur Penelitian .....63
Gambar 20. Lokasi Penelitian .....67
Gambar 21. Lokasi Pos Surveyor .....71
Gambar 22. Diagram Alir Mikro-Simulasi PTV *Vissim* .....75
Gambar 23. Geometrik Persimpangan .....78
Gambar 24. Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Ringan .....107
Gambar 25. Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Sepeda Motor .....107
Gambar 26. Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Berat .....107
Gambar 27. Kecepatan Arus Bebas Kendaraan Sepeda Motor .....109

Gambar 28. Visualisasi 3D Mikro – Simulasi Sebelum dan Setelah Kalibrasi .....111
Gambar 29. Perbandingan Hasil Volume Model dan Observasi .....112
Gambar 30.Validasi Model Simulasi Puncak Pagi Antrian Rata-Rata ...115
Gambar 31. Validasi Model Antrian Maks (m).....115
Gambar 32 . Grafik Panjang Antrian Rata-rata dan Maksimum .....119

# BAB 1. PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu prasarana bagi kelancaran lalu lintas baik di perkotaan maupun pedesaan. Dengan pesatnya pembangunan suatu daerah sehingga semakin padat pula lalu lintasnya. Meningkatnya jumlah kendaraan di jalan raya dapat menimbulkan kemacetan lalu lintas yang dapat mempengaruhi tingkat pelayanan jalan. Kemacetan serta kesibukan lalu lintas itu sering terjadi pada ruas jalan atau persimpangan jalan.

Persimpangan menjadi salah satu tempat terjadinya titik konflik lalu lintas, sehingga kinerja simpang dapat menjadi faktor utama dalam menentukan penanganan yang paling tepat untuk mengoptimalkan fungsi simpang. Ada beberapa parameter yang digunakan untuk menilai kinerja suatu simpang diantaranya yaitu panjang antrian dan tundaan simpang.

Kabupaten Gowa merupakan kota yang berada di wilayah timur Indonesia dengan luas wilayah 1.883,33 km2 yang meliputi 18 kecamatan. Kabupaten Gowa memiliki jumlah penduduk sebanyak 772.684 jiwa dengan kepadatan mencapai 410,28 jiwa/ km2. (BPS Kabupaten Gowa, 2020).

Panjang jalan menurut status jalan di Kabupaten Gowa adalah jalan nasional sepanjang 23 km, jalan provinsi sepanjang 272 km, dan jalan kabupaten sepanjang 2644 km. (BPS Kota Makassar, 2018).

Dengan menurunnya kinerja simpang akan menimbulkan kerugian pada pengguna jalan karena terjadinya penurunan kecepatan, peningkatan tundaan, dan antrian kendaraan yang mengakibatkan naiknya biaya operasi kendaraan dan menurunnya kualitas lingkungan (Genda et al., 2014).

Dalam penelitian ini, digunakan simulasi lalu lintas dengan pendekatan pemodelan mikro simulasi lalu lintas menggunakan piranti VISSIM, untuk menghasilkan simulasi secara microscopic khususnya pada titik persimpangan yang akan dianalisis karena akan menghasilkan tundaan ,antrian , waktu perjalanan dan ,Level of Service (LOS) penggunaan perangkat lunak pada analisis persimpangan tersebut memudahkan perhitungan kinerja simpang serta menghasilkan perhitungan yang jauh lebih akurat dibandingkan perhitungan yang dilakukan secara manual atau menggunkan pendekat MKJI 1997 ataupun PKJI 2014.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian tugas akhir dengan judul :

**“ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL PADA JARINGAN JALAN DI KABUPATEN GOWA MENGGUNAKAN SOFTWARE VISSIM”**

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja simpang bersinyal di Kawasan Sungguminasa Kabupaten Gowa dengan menggunakan metode MKJI 1997 dan PKJI 2014?
2. Bagaimana kinerja simpang bersinyal di Kawasan Sungguminasa Kabupaten Gowa dengan pendekatan pemodelan mikro simulasi lalu lintas menggunakan piranti VISSIM.
3. Bagaimana perbandingan kinerja bersinyal menggunakan MKJI 1997, PKJI 2014, dan software VISSIM?

## C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis kinerja simpang bersinyal di Kawasan Sungguminasa Kabupaten Gowa dengan menggunakan MKJI 1997 dan PKJI 2014.
2. Menganalisis kinerja simpang bersinyal di Kawasan Sungguminasa Kabupaten Gowa dengan pendekatan pemodelan mikro simulasi lalu lintas menggunakan piranti VISSIM.

3. Membandingkan kinerja simpang bersinyal menggunakan MKJI 1997, PKJI 2014 dan software Vissim.

## D. Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini, ditetapkan beberapa batasan terhadap tinjauan yang dilakukan agar tidak menyimpang dari tujuan yang akan dicapai. Adapun batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada kawasan simpang bersinyal jalan di Kabupaten Gowa yaitu simpang bersinyal di Jl. Usman Salengke - Jl Malino - Jl. K.H. Wahid Hasyim pada Kawasan Sungguminasa Kabupaten Gowa.
2. Analisis data menggunakan data primer yaitu berupa data yang diperoleh saat survei volume lalu lintas pada simpang tersebut.
3. Jenis kendaraan yang dianalisis pada penelitian ini yaitu kendaraan ringan, kendaraan berat, dan sepeda motor.
4. Survei lalu lintas dilaksanakan pada periode pukul 07.00 – 09.00, 11.00 – 13.00 dan 16.00 - 18.00 WITA.
5. Kecepatan kendaraan diukur dengan speed gun di lapangan dan diambil secara acak pada semua jenis kendaraan.
6. Kinerja simpang dianalisis dengan menggunakan Program Software PTF VISSIM.

## E. Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diharapkan manfaat yang akan diperoleh sebagai berikut :

1. Mengetahui kinerja simpang bersinyal di kawasan penting di Sungguminasa Kab. Gowa dengan metode MKJI 1997 dan PKJI 2014.
2. Mengetahui kinerja simpang bersinyal pada Kawasan Sungguminasa Kabupaten Gowa setelah disimulasikan dengan alat mikro –simulasi.
3. Menjadi masukan dan bahan pertimbangan bagi Pemerintah dan Dinas Perhubungan Kabupaten Gowa dalam mengeluarkan kebijakan yang terkait dengan hasil penelitian ini, guna menghasilkan kinerja lalu lintas yang lebih baik pada simpang bersinyal di Jl. Usman Salengke, Jl Malino dan Jl. K.H. Wahid Hasyim Kawasan Sungguminasa pada khususnya dan Kabupaten Gowa pada umumnya.

## F. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis mencoba mengikuti aturan penulisan karya ilmiah yang benar, dan mencoba membagi isi dari tugas akhir ini dalam bentuk bab-bab yang merupakan pokok-pokok uraian masalah penelitian yang disusun secara sistematis. Isi setiap bab secara garis besar adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori-teori dan literatur terkait dengan objek dan/atau metodologi penelitian yang berasal dari buku-buku maupun dari tulisan-tulisan lain yang mendukung pencapaian tujuan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai uraian data dan metode penelitian, bahan penelitian, peralatan penelitian, dan cara pengujian yang dilakukan terhadap data-data yang diperoleh serta batasan dan asumsi yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil penelitian dan pengolahan data serta pembahasannya.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian secara singkat dan jelas sebagai jawaban dari masalah yang diangkat dalam penelitian serta memberikan saran-saran sehubungan dengan analisis yang telah dilakukan.

# BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

## A. Jalan

Jalan secara umum adalah suatu lintasan yang menghubungkan lalu lintas antar suatu daerah dengan daerah lainnya, baik itu barang maupun manusia. Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, serta kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan, maka jalan sedikit demi sedikit meningkat yang lebih baik, dengan menggunakan kontruksi perkerasan jalan sebagai penguat.

Menurut UU No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan, definisi jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap, dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah dan atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan kereta api dan jalan kabel. Jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri.

### A.1. Jalan Perkotaan

Jalan perkotaan merupakan segmen jalan yang mempunyai perkembangan secara permanen dan menerus sepanjang seluruh atau hampir seluruh jalan. Yang termasuk dalam kelompok jalan perkotaan

adalah jalan yang berada didekat pusat perkotaan dengan jumlah penduduk lebih dari 100.000 jiwa. Jalan di daerah perkotaan dengan jumlah penduduk yang kurang dari 100.000 juga dapat 8 digolongkan pada kelompok ini jika perkembangan samping jalan tersebut bersifat permanen dan terus menerus (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).

## A.2. Komponen Jalan

Menurut Saodang (2010), komponen jalan terdiri dari :

1. Jalur lalu lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang digunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan.

2. Median

Median Jalan adalah bagian jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah, guna memungkinkan kendaraan bergerak cepat dan aman. Fungsi median adalah memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan, ruang lapak tunggu penyeberangan jalan, penempatan fasilitas jalan, tempat prasarana pekerjaan sementara, penghijauan, pemberhentian darurat, cadangan lajur dan mengurangi silau dari lampu kendaraan pada malam hari dari arah berlawanan.

3. Bahu jalan

Bahu jalan adalah bagian jalan yang berdampingan ditepi jalur lalu lintas, dan harus diperkeras, berfungsi untuk lajur lalu lintas darurat, ruang bebas samping dan penyangga perkerasan terhadap beban lalu lintas.

4. Trotoar

Trotoar adalah jalur pejalan kaki yang terletak pada Damija, diberi lapisan permukaan, diberi elevasi yang lebih tinggi dari permukaan perkerasan, dan umumnya sejajar dengan jalur lalu lintas kendaraan.

5. Saluran Tepi/Samping

Saluran tepi/samping adalah selokan yang berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air hujan, limpasan dari permukaan jalan dan daerah sekitarnya.

6. Lajur lalu lintas

Lajur lalu lintas adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, meiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana.

## B. Persimpangan

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari jaringan jalan yang merupakan tempat titik konflik dan tempat kemacetan karena bertemunya dua ruas jalan atau lebih. Karena merupakan tempat terjadinya konflik dan kemacetan untuk itu maka perlu dilakukan pengaturan

dan pemodelan pada daerah simpang ini guna menghindari dan meminimalisir terjadinya konflik dan beberapa permasalahan yang mungkin timbul dipersimpangan. Di daerah perkotaan biasanya banyak memiliki simpang, dimana pengemudi harus memutuskan untuk berjalan lurus atau berbelok dan pindah jalan untuk mencapai satu tujuan.

Persimpangan adalah pertemuan antara 2 (dua) jalan atau lebih, baik sebidang maupun tak sebidang atau titik jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan saling berpotongan. Persimpangan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki.

Menurut Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (1996), persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan di mana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan bergerak secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya.

Persimpangan dibuat dengan tujuan untuk mengurangi potensi konflik diantara kendaraan (termasuk pejalan kaki) sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan (Khisty dan Lall, 2005).

## B.1. Jenis-Jenis Persimpangan

Jenis-jenis persimpangan dapat dibedakan antara lain berdasarkan pada hal berikut ini :

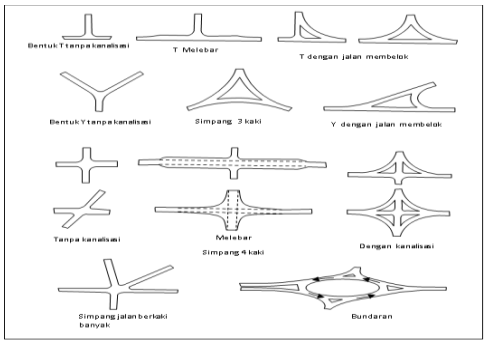
1) Bentuk bidang persimpangan

Menurut Harianto (2004), dilihat dari bentuknya ada 2 (dua) macam jenis persimpangan, yaitu :

a) Persimpangan sebidang

Persimpangan sebidang adalah persimpangan dimana berbagai jalan atau ujung jalan yang masuk ke persimpangan mengarahkan lalu-lintas masuk ke jalur yang berlawanan dengan lalu-lintas lainnya, seperti persimpangan pada jalan-jalan di kota. Persimpangan ini memiliki ketinggian atau elevasi yang sama. Pertemuan jalan sebidang ada 4 (empat) macam, yaitu :

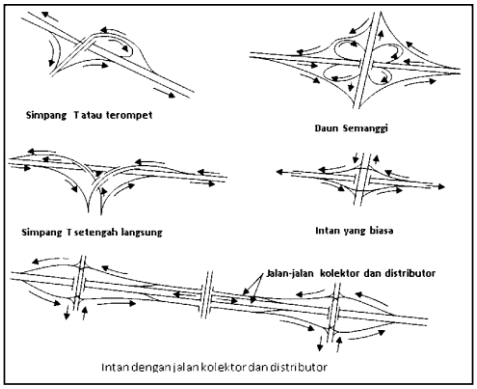
a. Pertemuan atau persimpangan bercabang 3 (tiga),
b. Pertemuan atau persimpangan bercabang 4 (empat),
c. Pertemuan atau persimpangan bercabang banyak,
d. Bundaran (rotary intersection).




Gambar 1. Jenis Persimpangan Jalan Sebidang

b) Persimpangan Tak Sebidang

Persimpangan tak sebidang adalah persimpangan dimana jalan raya yang menuju ke persimpangan ditempatkan pada ketinggian yang berbeda. Pertemuan atau persimpangan jalan tidak sebidang, merupakan persimpangan dimana dua ruas jalan atau lebih saling bertemu tidak dalam satu bidang tetapi salah satu ruas berada di atas atau di bawah ruas jalan yang lain.




Gambar 2. Jenis Persimpangan Jalan Tak Sebidang

2) Jenis pengendaliannya

Menurut Khisty dan Lall (2005), berdasarkan urutan pengendalian dari kecil ke tinggi di persimpangan dapat diurutkan dalam 6 jenis, yaitu:

a) Rambu berhenti, ditempatkan pada persimpangan dengan kondisi jalan minor relative kurang penting terhadap jalan utama, persimpangan antara jalan-jalan luar kota dan jalan perkotaan dengan jalan raya.

b) Rambu pengendalian kecepatan, ditempatkan pada persimpangan dengan jalan minor di titik masuk menuju persimpangan ketika

perlu memberi hak jalan pada jalan utama, kondisi berhenti tidak diperlukan setiap saat.

c) Kanalisasi adalah proses pemisahan terhadap aliran kendaraan yang saling konflik ke dalam rute jalan yang jelas dengan menempatkan beton pemisah.

d) Bundaran adalah persimpangan kanalisasi yang terdiri dari sebuah lingkaran pusat yang dikelilingi oleh jalan satu arah.

e) Persimpangan tanpa rambu adalah persimpangan yang tidak memiliki peranti pengatur lalu lintas, sehingga pengemudi harus dapat mengamati keadaan agar dapat mengatur kecepatan.

f) Peralatan lampu lalu lintas, merupakan metode paling efektif untuk mengatur lalu lintas di persimpangan. Lampu lalu lintas adalah alat elektronik yang memberi hak jalan pada salah satu arus atau lebih sehingga arus kendaraan bias melewati persimpangan dengan aman dan efisien.

## B.2. Pola Pergerakan dan Konflik pada Persimpangan

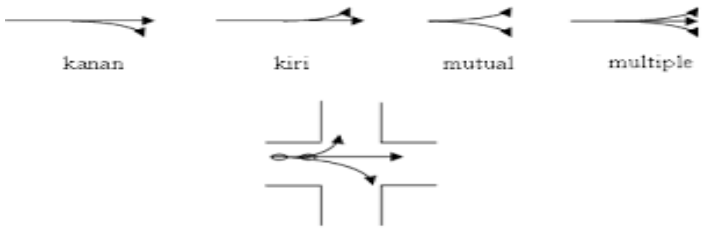
Didalam daerah simpang, lintasan kendaraan akan berpotongan pada satu titik titik konflik. Konflik ini akan menghambat pergerakan dan juga merupakan lokasi potensial untuk terjadinya bersentuhan/tabrakan (kecelakaan). Arus lalu lintas yang terkena konflik pada suatu simpang mempuyai tingkah laku yang komplek dan berhubungan langsung dengan tingkah laku gerakan tersebut.

1) Jenis Pertemuan Gerakan

Pada dasarnya ada empat jenis pertemuan arus lalu lintas di persimpangan, yaitu:

a) Gerakan memisah/berpencar (*Diverging*)

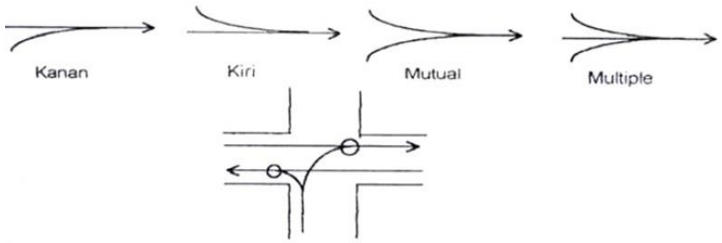
*Diverging* adalah peristiwa memisahnya kendaraan dari suatu arus yang sama ke jalur yang lain.




Gambar 3. Arus Memisah

b) Gerakan menyatu/bergabung (*Merging*)

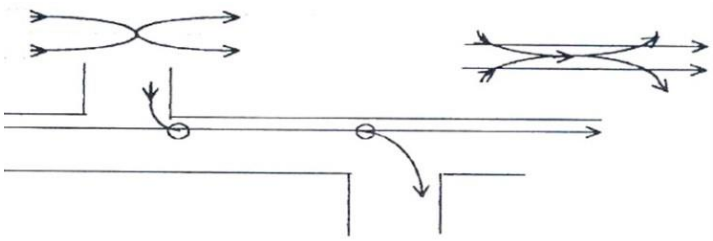
*Merging* adalah peristiwa menggabungnya kendaraan dari suatu jalur ke jalur yang lain.




Gambar 4. Arus Menggabung

c) Gerakan jalinan/bersilang (*Weaving*)

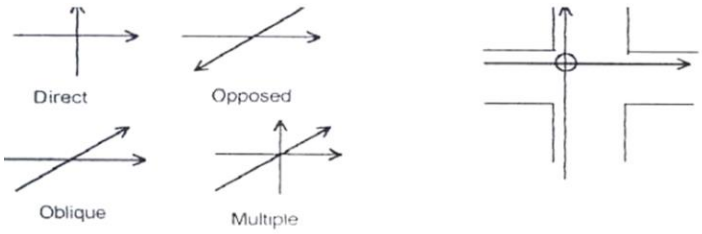
*Weaving* adalah pertemuan dua arus lalu lintas atau lebih yang berjalan menurut arah yang sama sepanjang suatu lintasan di jalan raya tanpa bantuan rambu lalu lintas. Gerakan ini sering terjadi pada suatu kendaraan yang berpindah dari suatu jalur ke jalur lain, kemudian bergerak ke jalur lainnya.



Gambar 5. Arus Menyilang

d) Gerakan memotong (*Crossing*)

*Crossing* adalah peristiwa perpotongan antara arus kendaraan dari satu jalur ke jalur yang lain pada persimpangan dimana keadaan yang demikian akan menimbulkan titik konflik pada persimpangan tersebut.




Gambar 6. Arus Memotong

2) Titik Konflik Pada Simpang

Keberadaan persimpangan pada suatu jaringan jalan, ditujukan agar kendaraan bermotor, pejalan kaki (pedestrian), dan kendaraan tidak bermotor dapat bergerak dalam arah yang berbeda dan pada waktu yang bersamaan. Dengan demikian pada persimpangan akan terjadi suatu keadaan yang menjadi karakteristik yang unik dari persimpangan yaitu munculnya konflik yang berulang sebagai akibat dari pergerakan (manuver) tersebut.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), berdasarkan sifatnya konflik yang ditimbulkan oleh manuver kendaraan dan keberadaan pedestrian dibedakan 2 tipe yaitu:

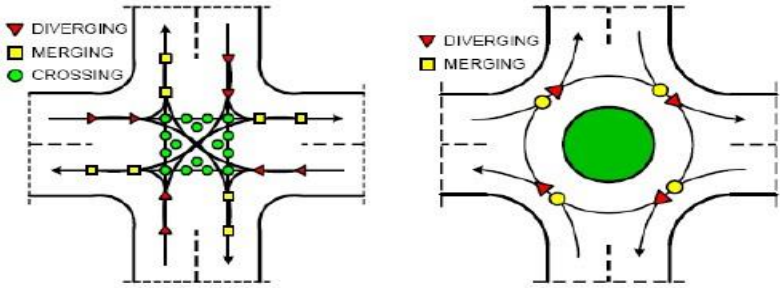
a) Konflik primer yaitu konflik yang terjadi antara gerakan lalu lintas yang saling berpotongan disebut juga konflik utama.
b) Konflik sekunder yaitu konflik yang terjadi antara gerakan lalu lintas membelok ke kanan dengan gerakan lalu lintas lurus arah berlawanan atau lalu lintas belok kiri dengan para pejalan kaki yang menyeberang disebut juga konflik kedua.

Didalam daerah simpang lintasan kendaraan akan berpotongan pada titiktitik konflik. Jumlah potensial titik-titik konflik pada simpang tergantung dari :

a) Jumlah kaki simpang
b) Jumlah lajur dari kaki simpang
c) Jumlah pengaturan simpang
d) Jumlah arah pergerakan

3) Daerah Konflik pada Simpang

Daerah konflik dapat digambarkan sebagai diagram yang memperlihatkan suatu aliran kendaraan dan manuver bergabung, menyebar, dan persilangan di simpang dan menunjukkan jenis konflik dan potensi kecelakaan di simpang. Adapun titik konflik yang terjadi pada persimpangan dapat dilihat pada gambar



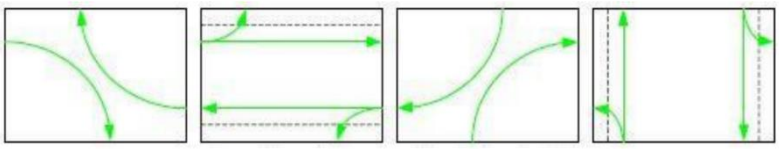

Gambar 7. Titik Konflik pada Persimpangan

## B.3. Solusi Mengatasi Konflik Di Persimpangan

Tujuan utama perencanaan simpang adalah mengurangi konflik antara kendaraan bermotor serta tidak bermotor dan penyediaan fasilitas yang memberikan kemudahan, kenyamanan, dan keselamatan terhadap pemakai jalan yang melalui persimpangan. Ada beberapa cara untuk mengurangi konflik pergerakan lalu-lintas pada suatu persimpangan (Tamin, 2000) :

1) Solusi *Time-sharing*,

Solusi ini melibatkan pengaturan penggunaan badan jalan untuk masing-masing arah pergerakan lalu-lintas pada setiap periode tertentu. Contohnya adalah pengaturan siklus pergerakan lalu-lintas pada persimpangan dengan sinyal/*signalized intersection*.

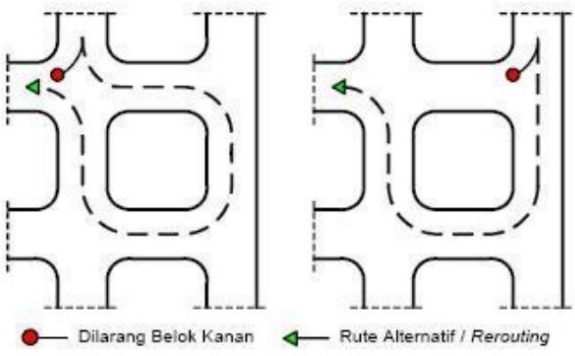


Gambar 8. Contoh Siklus Persimpangan Empat Lengan Prioritas Belok Kanan

2) Solusi *Space-sharing*

Prinsip dari solusi jenis ini adalah dengan merubah konflik pergerakan dari crossing menjadi jalinan atau weaving (kombinasi diverging dan merging). Contohnya adalah bundaran lalu-lintas (roundabout) seperti pada Gambar 2.9.

Prinsip roundabout ini juga bias diterapkan pada jaringan jalan yaitu dengan menerapkan larangan belok kanan pada persimpangan. Dengan adanya larangan belok kanan di suatu persimpangan, maka konflik di persimpangan dapat dikurangi. Untuk itu, sistem jaringan jalan harus mampu menampung kebutuhan pengendara yang hendak belok kanan, yakni dengan melewatkan kendaraan melalui jalan alternatif yang pada akhirnya menuju pada arah yang dikehendaki. Prinsip tersebut dinamakan rerouting (O'Flaherty, 1997).

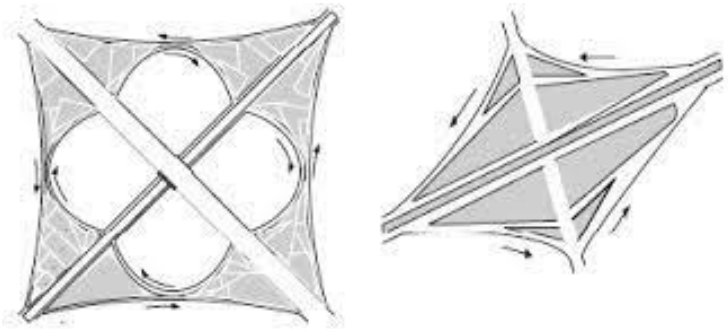



Gambar 9. Prinsip Rerouting pada Jaringan Jalan

3) Solusi *Grade Separation*

Solusi jenis ini meniadakan konflik pergerakan bersilangan, yaitu dengan menempatkan arus lalu-lintas pada elevasi yang berbeda pada titik konflik, bentuknya dapat berupa jalan layang dan jalan bawah tanah. Untuk

jalan layang, 23 dapat berbentuk *cloverleaf interchange* (contohnya Jembatan Semanggi di Jakarta) dan diamond interchange.



Gambar 10. Persimpangan Tidak Sebidang (Diamond Interchange And Cloverleaf Interchange)

## C. Manajemen Lalu Lintas

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. KM 14 (2006), Manajemen dan rekayasa lalu lintas adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan seluruh jaringan jalan, guna peningkatan keselamatan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas.

Manajemen lalu lintas adalah pengelolaan dan pengendalian arus lalu lintas dengan melakukan optimasi penggunaan prasarana yang ada untuk memberikan kemudahan kepada lalu lintas secara efisien dalam penggunaan ruang jalan serta memperlancar pergerakan. Hal ini berhubungan dengan kondisi arus lalu lintas dan sarana penunjangnya pada saat sekarang dan mengorganisasikannya.

### C.1. Tujuan Manajemen Lalu Lintas

Tujuan dilaksanakannya Manajemen Lalu Lintas adalah :

1) Mendapatkan tingkat efisiensi dari pergerakan lalu lintas secara menyeluruh dengan tingkat aksesibilitas (ukuran kenyamanan) yang tinggi dengan menyeimbangkan permintaan pergerakan dengan sarana penunjang yang ada.
2) Meningkatkan tingkat keselamatan dari pengguna yang dapat diterima oleh semua pihak dan memperbaiki tingkat keselamatan sebaik mungkin.
3) Melindungi dan memperbaiki keadaan kondisi lingkungan dimana arus lalu lintas berada dan mempromosikan penggunaan secara efisien.

## C.2. Sasaran Manajemen Lalu Lintas

Sasaran manajemen lalu lintas sesuai dengan tujuan di atas adalah:

1) Mengatur dan menyederhanakan arus lalu lintas dengan melakukan manajemen terhadap tipe, kecepatan dan pemakai jalan yang berbeda untuk meminimumkan gangguan untuk melancarkan arus lalu lintas.
2) Mengurangi tingkat kemacetan lalu lintas dengan menambah kapasitas atau mengurangi volume lalu lintas pada suatu jalan. Melakukan optimasi ruas jalan dengan menentukan fungsi dari jalan dan terkontrolnya aktifitas-aktifitas yang tidak cocok dengan fungsi jalan tersebut.

## C.3. Perencanaan Lalu Lintas

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. KM 14 (2006), salah satu perencanaan lalu lintas yaitu penetapan tingkat pelayanan yang diinginkan. Adapun tingkat pelayanan pada persimpangan dengan APILL dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 1. Tingkat Pelayanan pada Persimpangan dengan APILL

| Tingkat Pelayanan | Tundaan (detik per kendaraan) |
|---|---|
| A | ≤5,0 |
| B | 5,1 - 15,0 |
| C | 15,1 - 25,0 |
| D | 25,1 - 40,0 |
| E | 40,1 - 60,0 |
| F | >60 |

## C.4. Strategi dan Teknik Manajemen Lalu Lintas

Menurut Putra (2011), terdapat tiga strategi manajemen lalu lintas secara umum yang dapat dikombinasikan sebagai bagian dari rencana manajemen lalu lintas. Adapun teknik-teknik tersebut adalah sebagai berikut :

1) Manajemen Kapasitas, terutama dalam pengorganisasian ruang jalan.

Langkah pertama dalam manajemen lalu lintas adalah membuat penggunaan kapasitas dan ruas jalan seefektif mungkin, sehingga pergerakan lalu lintas yang merupakan syarat utama.

Arus di persimpangan harus disurvei untuk meyakinkan penggunaan yang optimum. *Right of Way* harus diorganisasikan sedemikian rupa sehingga setiap bagian mempunyai fungsi sendiri, misal, jalur pejalan kaki, kapasitas jalan. Penggunaan ruang jalan sepanjang ruas jalan harus dikoordinasikan secara baik.

Jika akses dan parkir diperlukan, survei dapat dengan mudah menentukan demand-nya. Perlunya fasilitas pejalan kaki dapat dengan mudah disurvei. Oleh sebab itu, manajemen kapasitas adalah hal yang termudah dan teknik manajemen lalu lintas yang paling efektif untuk diterapkan.

2) Manajemen Prioritas

Terdapat beberapa ukuran yang dapat dipakai untuk menentukan prioritas pemilihan moda transportasi, terutama kendaraan penumpang (bus dan taksi) :

- Jalur khusus bus
- Prioritas persimpangan

Karena bus bergerak dengan jumlah penumpang yang banyak setiap ukuran, untuk memperbaiki kecepatannya walaupun dengan jumlah sedikit akan menguntungkan orang banyak. Kendaraan barang tidak diprioritas kecuali pada waktu mengantar barang. Metode utama adalah dengan mengizinkan parkir (*short term*) untuk pengantaran pada lokasi dimana kendaraan lainnya tidak diperbolehkan berhenti.

3) Manajemen *Demand*

Manajemen demand terdiri dari :

a) Merubah rute kendaraan pada jaringan dengan tujuan untuk memindahkan kendaraan dari daerah macet ke daerah tidak macet.
b) Merubah moda perjalanan, terutama dari kendaraan pribadi ke angkutan umum pada jam sibuk. Hal ini berarti penyediaan prioritas ke angkutan umum.
c) Yang menyebabkan adanya keputusan perlunya pergerakan apa tidak, dengan tujuan mengurangi arus lalu lintas dan juga kemacetan.
d) Kontrol pengembangan tata guna tanah.

## D. Analisa Kinerja Simpang Bersinyal

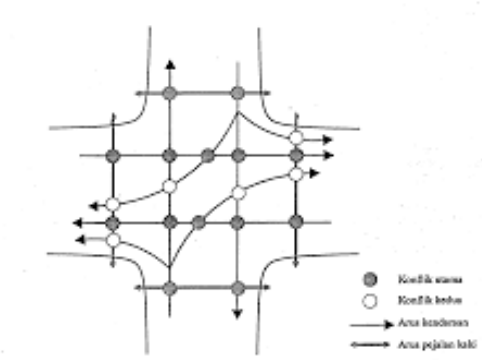
Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas (traffic light). Berdasarkan MKJI 1997, adapun tujuan penggunaan sinyal lampu lalu lintas (traffic light) pada persimpangan antara lain:

1) Menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas kendaraan dari masing-masing lengan.
2) Memberi kesempatan kepada kendaraan/dan pejalan kaki yang berasal dari jalan kecil untuk memotong ke jalan utama.
3) Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.

Kinerja suatu persimpangan dapat dilihat dari beberapa parameter pada persimpangan. Salah satu parameter ini adalah waktu tundaan per mobil yang dialami oleh arus yang melalui simpang. Tundaan terdiri atas tundaan geometri (geometric delay) dan tundaan lalu lintas (traffic delay). Tundaan geometri (geometric delay) adalah waktu menunggu yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok di simpangan dan/atau yang terhenti oleh lampu merah. Sedangkan tundaan lalu lintas (traffic delay) adalah waktu menunggu yang disebakan oleh interkasi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas. Parameter persimpangan yang lain adalah angka henti dan rasio kendaraan terhenti pada suatu sinyal. Nilai angka henti merupakan jumlah berhenti kendaraan rata-rata akibat adanya hambatan samping, juga termasuk kendaraan berhenti berulang-ulang dalam suatu antrian. Sedangkan rasio kendaraan yang terhenti menggambarkan rasio dari arus lalu lintas yang terpaksa terhenti sebelum mencapai garis henti. Kendaraan yang berhenti ini akibat adanya pengendalian sinyal. Hal lain yang perlu juga mendapat perhatian adalah besarnya panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat. Parameter-parameter ini yang mampu menggambarkan hambatan-hambatan yang terjadi pada suatu persimpangan.

Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna pada traffic light (merah, kuning, hijau) dilakukan untuk dapat memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu yang terjadi bersamaan. Konflik-konflik gerakan lalu lintas di persimpangan

bersinyal dapat dibagi menjadi dua, yaitu konflik-konfik utama dan konflik-konflik kedua, yang dapat dilihat pada Gambar 2.11 berikut ini.



Gambar 11. Konflik-konflik pada simpang bersinyal empat lengan

Pada dasarnya jumah potensial terjadinya titik-titik konflik di persimpangan tergantung pada beberapa faktor, seperti jumlah kaki persimpangan yang ada, jumlah lajur pada setiap kaki persimpangan, jumlah pergerakan yang ada dan sistem pengaturan yang ada.

Sinyal persimpangan biasanya memberi waktu untuk pergerakan dengan membagi pergerakan ke dalam beberapa fase, biasanya antara dua atau empat fase. Dalam menganalisis fase-fase ini dibutuhkan definisi dari terminologi yang digunakan untuk melihat fase-fase persimpangan. Fase sinyal dapat diintegrasikan pembelokan kanan yang terlindungi, yang fungsinya adalah untuk melindungi mobilmobil yang berbelok dari pergerakan mobil lurus yang berlawanan. Dengan adanya fase khusus untuk belok, pergerakan belok dapat menjadi lancar dibandingkan pembelokan yang dibolehkan tetapi tidak terlindung.

Untuk menganalisis simpang bersinyal ada beberapa metode yang dipakai, yaitu:

a) Metode MKJI 1997
b) Metode USHCM 1994
c) Metode Akcelik (Australia)
d) Metode Webster

Dalam penelitian ini digunakan dua metode analisis dalam menganalisis simpang bersinyal, yakni:

## D.1. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)

Simpang memiliki peranan penting untuk menyalurkan pergerakan lalu lintas dari berbagai pertemuan arus pergerakan. Fungsi utama simpang adalah mengalirkan dan mendistribusikan kendaraan yang lewat pada simpang sehingga mengurangi potensi konflik dan konsentrasi arus (breakdown). Pada simpang bersinyal, arus kendaraan yang memasuki persimpangan diatur secara bergantian untuk mendapatkan prioritas dengan berjalan terlebih dahulu yang dikendalikan oleh lampu lalu lintas. Sejauh ini, pedoman perencanaan dan pengoperasian simpang berdasarkan manual lalu lintas dari negara maju, kemudian diadopsi dengan mengkalibrasi beberapa faktor penyesuaian kondisi lokal. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) adalah manual yang menjadi pedoman perancangan, disain dan pengoperasian simpang bersinyal di Indonesia.

Secara teori MKJI (1997) mengadopsi konsep manual dari Amerika Serikat HCM (1985). Model analisa yang digunakan pada HCM (1985) didasarkan pada kondisi aliran lalu lintas seragam (homogenous traffic) dan

didominasi oleh tipe kendaraan mobil penumpang, serta aliran lalu lintas mengikuti konsep iring-iringan kendaraan perlajur (lane based) (Muntazar, et al. 2017).

### D.2. Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Arus lalu lintas (Q) adalah komposisi lalu lintas, dimana menyatakan arus lalu lintas dalam satuan mobil penumpang (smp). Dalam arti berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan Ekivalensi Mobil Penumpang (emp). Ekivalensi Mobil Penumpang (emp) sendiri adalah sebuah faktor koreksi yang dapat mengkonversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya. Dapat dilihat pada Tabel 2.4 di bawah ini:

Tabel 2. Nilai Ekivalen Kendaraan Penumang (emp)

| Jenis Kendaraan | Emp untuk pendekat: | |
|---|---|---|
| | Terlindung | Terlawan |
| Kendaraan Ringan (LV) | 1,0 | 1,0 |
| Kendaraan Berat (HV) | 1,3 | 1,3 |
| Sepeda Motor (MC) | 0,2 | 0,2 |

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, (MKJI, 1997)*

Nilai pada tabel digunakan untuk menghitung perbandingan belok kiri ($P_{LT}$) dan perbandingan belok kanan (PRT) dengan penjabaran rumus sebagai berikut:

$$P_{LT} = \frac{LT\ (smp/jam)}{Total\ (smp/jam)} \quad (2.1)$$

Dimana:

$P_{LT}$ : Rasio kendaraan belok kiri

$Q_{LT}$ : Arus lalu lintas belok kiri

$Q_{Total}$ : Arus lalu lintas total

$$P_{RT} = \frac{RT\ (smp/jam)}{Total\ (smp/jam)} \quad (2.2)$$

Dimana:

$P_{RT}$ : Rasio kendaraan belok kanan

$Q_{RT}$ : Arus lalu lintas belok kanan

$Q_{Total}$ : Arus lalu lintas total

Sedangkan untuk menetukan rasio kendaraan tak bermotor dihitung dengan membagi arus kendaraan tak bermotor ($Q_{UM}$) dengan arus kendaraan bermotor ($Q_{UV}$), yang dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{UM} = \frac{Q_{UM}}{Q_{UV}} \quad (2.3)$$

Dimana:

$P_{UM}$ : Rasio kendaraan tak bermotor

$Q_{UM}$ : Arus kendaraan tak bermotor

$Q_{UV}$ : Arus kendaraan bermotor

### D.3. Penerapan Fase Sinyal

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) penerapan fase sinyal di bagi menjadi arus terlindung dan terlawan. Arus terlawan

adalah arus lalu lintas belok kanan atau arus lalu lintas belok kanan dan kiri lawan arah dari satu kaki berada pada fase yang sama. Sedangankan arus terlindung adalah arus belok kanan yang dipisahkan fasenya dengan arus lurus atau arus belok kanan tidak diperbolehkan.

Periode merah semua antar fase juga harus lebih sama atau lebih besar dari LT. Total waktu hilang (LTI) dihutung dari hasil penjumlahan periode antar hijau (IG). Waktu kuning rata-rata yang digunakan di Indonesia adalah 3 detik. Selain itu penentuan waktu sinyal juga berdasarkan pemilihan tipe pendekat dan lebar efktif pendekat.

### D.4. Arus Jenuh Dasar ($S_0$)

Arus jenuh dasar adalah jumlah antrian keberangkatan di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau). Menurut MKJI (1997) tipe pendekat dibedakan menjadi 2 (dua) tipe yaitu sebagai berikut ini:

1) Tipe berlawanan (*O* = *opposed*), apabila pada arus berangkat terjadi konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan.
2) Tipe terlindung (*P* = *protected*), apabila pada arus berangkat tidak terjadi konflik dengan lalu lintas dan arah yang berlawanan.

Pada arus berangkat terlindung atau tipe pendekat P, arus jenuh dasar dirumuskan sebagai berikut:

$$S_0 = 600 \times We \tag{2.4}$$

Dimana:

$S_0$ : Arus jenuh dasar

$We$ : Lebar efektif pendekat

## D.5. Faktor Penyesuaian

Faktor koreksi untuk nilai arus lalu lintas jenuh dasar yang digunakan pada kedua tipe pendekat yaitu tipe terlindung pada simpang adalah sebagai berikut:

1) Faktor koreksi ukuran kota ($F_{CS}$) ditentukan sesuai tabel 2.5.

Tabel 3. Faktor Koreksi Ukuran Kota ($F_{CS}$)

| Jumlah Penduduk (Juta Jiwa) | Faktor Koreksi Ukuran Kota ($F_{CS}$) |
|---|---|
| > 3,0 | 1,05 |
| 1,0-3,0 | 1,00 |
| 0,5-1,0 | 0,94 |
| 0,1-0,5 | 0,83 |
| < 0,1 | 0,82 |

*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, (MKJI, 1997)*

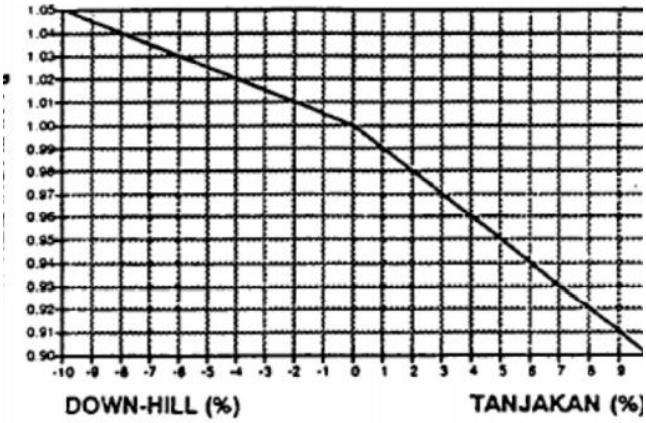
2) Faktor koreksi hambatan samping ($F_{SF}$) ditentukan sesuai Tabel 4

Tabel 4. Faktor koreksi Hambatan Samping ($F_{SF}$)

| Lingkungan Jalan | Hambatan Samping | Tipe fase | Rasio kendaraan tak bermotor (FSF) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0,00 | 0,05 | 0,10 | 0,16 | 0,20 | ≥0,25 |
| Komersial (KOM) | Tinggi | Terlawan | 0,93 | 0,88 | 0,84 | 0,79 | 0,74 | 0,70 |
| | | Terlindung | 0,93 | 0,91 | 0,88 | 0,87 | 0,85 | 0,81 |
| | Sedang | Terlawan | 0,94 | 0,89 | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,71 |
| | | Terlindung | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,88 | 0,86 | 0,82 |
| | Rendah | Terlawan | 0,95 | 0,90 | 0,86 | 0,81 | 0,76 | 0,72 |
| | | Terlindung | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,89 | 0,87 | 0,83 |
| Pemukiman (KIM) | Tinggi | Terlawan | 0,96 | 0,91 | 0,86 | 0,81 | 0,78 | 0,72 |
| | | Terlindung | 0,96 | 0,94 | 0,92 | 0,99 | 0,86 | 0,84 |
| | Sedang | Terlawan | 0,97 | 0,92 | 0,87 | 0,82 | 0,79 | 0,73 |
| | | Terlindung | 0,97 | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,87 | 0,85 |
| | Rendah | Terlawan | 0,98 | 0,93 | 0,88 | 0,83 | 0,80 | 0,74 |
| | | Terlindung | 0,98 | 0,96 | 0,94 | 0,91 | 0,88 | 0,86 |
| Akses Terbatas | Tinggi/ Sedang/ Rendah | Terlawan | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 |
| | | Terlindung | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,88 |

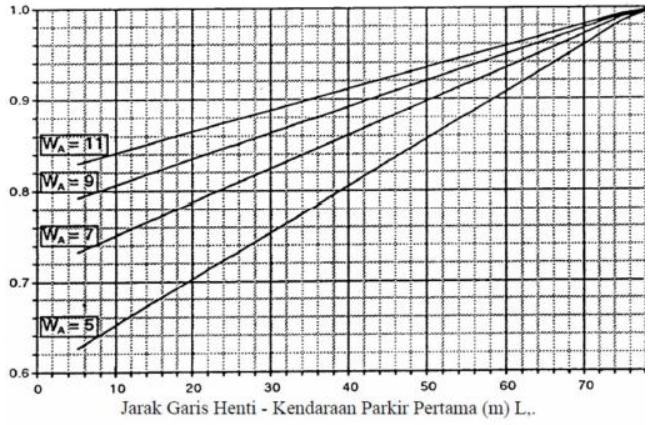
*Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, (MKJI, 1997)*

3) Faktor penyesuaian untuk kelandaian ($F_g$) sesaui gambar 2.15.




Gambar 12. Faktor Penyesuaian untuk Kelandaian ($F_g$)

4) Faktor penyesuaian untuk kelandaian ($F_P$) sesaui gambar 2.16.




Gambar 13. Faktor Koreksi Parkir ($F_P$)

Selain menggunakan grafik diatas FP juga dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F_P = [L_P/3 - (W_A - 2) \times (L_P/3 - g)\,/W_A]/g \qquad (2.5)$$

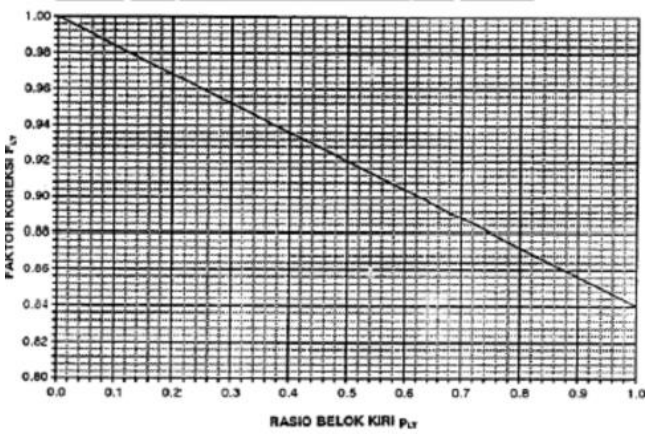
Dimana:

$L_P$ : Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m) atau panjang dari lajur pendek

$W_A$ : Lebar pendekat (m)

$g$ : Waktu hijau pada pendekat

5) Faktor koreksi belok kiri ($F_{LT}$)




Gambar 14. . Koreksi Belok Kiri ($F_{LT}$)

Selain menggunakan grafik diatas FLT juga dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{LT} = Q_{LT}/Q_{TOT} \quad (2.6)$$

Dimana:

$P_{LT}$ : Persentase belok kiri

$Q_{LT}$ : Jumlah arus yang belok kiri pada tiap pendekat (smp/jam)

$Q_{TOT}$ : Jumlah total arus pada tiap pendekat (smp/jam)

Setelah diketahui PLT, besarnya (FLT) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

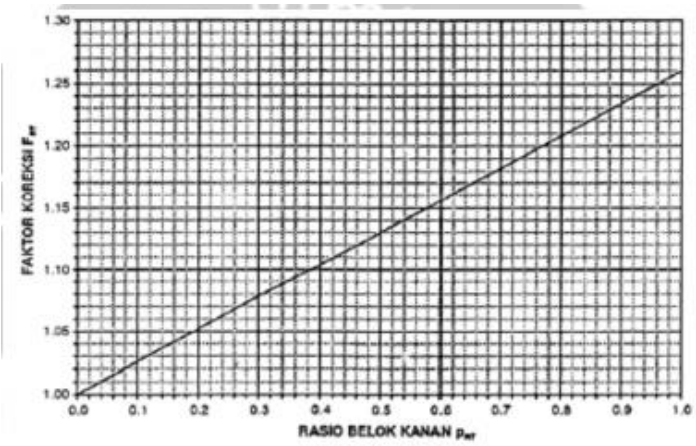
$$F_{LT} = 1{,}0 - (P_{LT} \times 0{,}16) \quad (2.7)$$

Dimana:

$F_{LT}$ : Faktor penyesuaian belok kiri

$P_{LT}$ : Rasio belok kiri

6) Faktor koreksi belok kanan ($F_{RT}$)




Gambar 15. Koreksi Belok Kanan ($F_{RT}$)

Selain menggunakan grafik diatas FRT juga dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{RT} = Q_{RT}/Q_{TOT} \quad (2.8)$$

Dimana:

$P_{RT}$ : Persentase belok kanan

$Q_{RT}$ : Jumlah arus yang belok kanan pada tiap pendekat (smp/jam)

$Q_{TOT}$ : Jumlah total arus pada tiap pendekat (smp/jam)

Setelah diketahui PRT, kemudian FRT dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$F_{RT} = 1 + (P_{LT} \times 0{,}26) \quad (2.9)$$

Dimana:

$F_{RT}$ : Faktor penyesuaian belok kiri

$P_{RT}$ : Rasio belok kiri

### D.6. Nilai Arus Jenuh (S)

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), nilai arus jenuh dikatakan sebagai arus jenuh pada saat berada pada keadaan lalu lintas standar. Nilai arus jenuh adalah nilai hasil dari perkalian arus jenuh dasar (So) dengan faktor penyesuaian pada kondisi sebenarnya. Nilai arus jenuh (S) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_g \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (2.10)$$

Dimana:

$S_0$ : Arus jenuh dasar

$F_{CS}$ : Faktor koreksi ukuran kota

$F_{SF}$ : Faktor koreksi hambatan samping

$F_g$ : Faktor koreksi kelandaian

$F_P$ : Faktor koreksi parkir

$F_{RT}$ : Faktor koreksi belok kanan

$F_{LT}$ : Faktor koreksi belok kiri

## D.7. Perbandingan Arus Lalu Lintas (Q) dengan Arus Jenuh (S)

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), perbandingan atau rasio arus jenuh yang terjadi pada tiap pendekat dengan fase yang sama, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$FR = Q/S \quad (2.11)$$

Dimana:

$FR$ : Rasio arus jenuh

$Q$ : Jumlah arus jenuh lalu lintas (smp/jam)

$S$ : Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam hijau)

Jumlah *flow ratio* dalam satu fase lebih dari satu, maka perlu diambil nilai yang kritis. Harga rasio arus jenuh terbesar pada setiap fase disebut rasio arus jenuh ($FR_{CRIT}$), sedangkan penjumlahan dari $FR_{CRIT}$ keseluruhan satu fase pada satu siklus dinamakan arus simpang (IFR).

$$IFR = \sum(FR_{CRIT}) \quad (2.12)$$

Rasio fase (PR) untuk masing – masing fase dihitung dengan rumus berikut ini :

$$PR = \frac{FR_{CRIT}}{IFR} \quad (2.13)$$

## D.8. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), waktu siklus (c) merupakan waktu untuk urutan lengkap dari perupahan sinyal dari awal hijau yang berurutan pada fase yang sama. Waktu siklus hasil perhitungan ini merupakan waktu siklus optimum. Waktu siklus dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$c = \sum g + LTI \quad (2.14)$$

Dimana:

$c$ : Waktu siklus yang disesuaikan

$\sum g$ : Jumlah total waktu hijau (det)

$LTI$ : Waktu hilang

Waktu hijau (g) merupakan kendali lalu lintas aktuasi kendaraan (det) dan sebagai waktu nyala hijau dalam sauatu pendekat. Waktu hijau dapat dihitung dengan rumus:

$$gi = (C_{UA} - L_{TI}) \times PRi \quad (2.15)$$

Dimana:

$gi$ : Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

$C_{UA}$ : Waktu siklus sebelum waktu penyesuaian sinyal (det)

$L_{TI}$ : Waktu hilang total per siklus (det)

$PRi$ : Rasio $FR_{CRIT}/\sum(FR_{CRIT})$

## D.9. Perilaku Lalu Lintas

Perilaku lalu lintas sendiri adalah suatu ukuran dari berbagai perilaku lalu lintas yang ditentukan berdasarkan pada arus lalu lintas, derajat kejenuhan dan waktu sinyal. Perilaku lalu lintas juga sangat dipengaruhi oleh panjang antrian, angka henti, dan tundaan sebagai mana dijabarkan di bawah ini.

1) Jumlah antrian (NQ) dan panjang antrian (QL)

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), jumlah antrian adalah jumlah antrian pada awal sinyal hijau (NQ1) ditambah dengan sisa dari fase hijau sebelumnya (NQ2) maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$NQ = NQ1 + NQ2 \tag{2.16}$$

Persamaan untuk penentuan jumlah antrian smp (NQ1) yang tersisa dari fase hijau dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$NQ_1 = 0{,}25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1^2 + \frac{8 \times (DS - 0{,}5)}{C}}\right] \tag{2.17}$$

Jika DS ≥ 0,5 selain dari itu NQ1 = 0

Dimana:

$NQ_1$ : Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

$DS$ : Derajat kejenuhan

$GR$ : Rasio hijau

$C$ : Kapasitas (smp/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau (S × GR)

Penentuan besarnya nilai jumlah antrian smp yang tersisa pada fase hijau sebelumnya ($NQ_2$), dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (2.18)$$

Dimana:

$NQ_2$ : Jumlah smp yang datang selama fase merah

$DS$ : Derajat kejenuhan

$GR$ : Rasio hijau

$c$ : Waktu siklus disesuaikan (det)

$Q_{masuk}$ : Arus lalu lintas pada pendekat tersebut (smp/det)

Menurut MKJI (1997), panjang antrian QL diperoleh dari perkalian NQ dengan luas rata – rata yang dipergunakan per-smp ($20\ m^2$) dan pembagian dengan lebar masuk seperti yang dirumuskan di bawah ini :

$$QL = \frac{NQmax \times 20}{Wmasuk} \quad (2.19)$$

Dimana:

$QL$ : Panjang antrian

$NQmax$ : Jumlah antrian

$Wmasuk$ : Lebar masuk

2) Kendaraan henti

Meurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997), kendaraan henti adalah kendaraan yang berhenti pada suatu pendekat akibat penerapan sinyal. Angka henti (NS) adalah rerata dari jumlah kendaraan

yang berhenti dalam suatu pendekat. Guna menghitung angka henti maka dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$NS = 0{,}9 \times NQ/Q \times c \times 3600 \quad (2.20)$$

Dimana:

$NS$ : Angka henti

$NQ$ : Jumlah kendaraan yang antri pada suatu pendekat

$c$ : Waktu siklus disesuaikan

$Q$ : Arus lalu lintas (smp/jam)

Setelah nilai angka henti diperoleh, selanjutnya dilakukan penjumlahan nilai kendaraan terhenti ($N_{SV}$) pada tiap pendekat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N_{SV} = Q \times NS \quad (2.21)$$

Dimana:

$N_{SV}$ : Jumlah kendaraan terhenti

$Q$ : Arus lalu lintas (smp/jam)

$NS$ : Angka henti

Dari nilai NSV setiap lengan sudah didapat maka dilanjutkan dengan menjumlahkan nilai $N_{SV}$ yang dibagi dengan arus simpang total (Q) menjadi NStotal yaitu seperti pada rumus di bawah ini:

$$NS_{Total} = \sum N_{SV}/Q_{TOT} \quad (2.22)$$

Dimana:

$NS_{Total}$ : Angka henti total

$\sum N_{SV}$ : Jumlah kendaraan terhenti

$Q_{TOT}$ : Arus lalu lintas (smp/jam)

3) Tundaan

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997). Tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan saat melewati simpang. Faktor penyebabnya dibagi menjadi dua yaitu:

a) Tundaan lalu lintas

Tundaan lalu lintas terjadi akibat adanya interaksi dan gerakan lalu lintas yang bertentangan. Melalui hal tersebut maka tundaan lalu lintas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$DT = c \times d \times ((NQ_1 \times 3600)/C) \quad (2.23)$$

Dimana:

$DT$ : Tundaan lalu lintas rata – rata (det/smp)

$c$ : Waktu siklus yang disesuaikan (det)

$d$ : $0{,}5 \times (1 - GR)^2/(1 - GR \times DS)$

$GR$ : Rasio hijau = (g/c)

$DS$ : Derajat kejenuhan

$NQ_1$ : Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

$C$ : Kapasitas (smp/jam)

b) Tundaan geometri

Suatu tundaan berupa perlambatan dan percepatan gerak kendaraan yang membelok pada simpang. Tundaan geometrik rerata (DG) pada tiap pendekat dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 \times (P_{SV} \times 4) \quad (2.24)$$

Dimana:

$DG_j$ : Tundaan geometrik rata – rata untuk pendekat j (det/smp)

$P_{SV}$ : Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = Min (NS, 1)

$P_T$ : Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Tundaan rerata pada tiap pendekat (D) dihitung dengan menjumlahkan tundaan lalu lintas dan tundaan geometrik pada masing masing pendekat:

$$D = DT + DG$$

$$DG_{TOT} = D \times Q$$

## D.10. Tingkat Pelayanan Persimpangan

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997). Tingkat pelayanan persimpangan adalah gambaran dari kondisi lalu lintas yang memaparkan kualitas perjalanan, yang disebabkan oleh berbagai volume lalu lintas. Sedangkan ukuran dari tingkat pelayanan suatu simpang teragantung dari derajat kejenuhan dan volume kendaraan. Sebagai indikator, tingkat pelayanan mengacu pada tundaan rerata dari masing masing pendekat. Seperti yang tercantum pada Tabel 2.7.

Tabel 5. Tingkat Pelayanan Untuk Simpang Bersinyal

| TINGKAT PELAYANAN | TUNDAAN (det//smp) |
|---|---|
| A | ≤5,0 |
| B | 5,1 – 15,0 |
| C | 15,1 – 25,0 |
| D | 25,1 – 40,0 |
| E | 40,1 – 60,0 |
| F | ≥60,1 |

## D.11. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (dalam pembahasan selanjutnya disebut PKJI) merupakan upaya pemutakhiran Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) yang dilakukan oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi dan Rekayasa Sipil (Subpanitia Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan) melalui Gugus Kerja Teknik Lalu Lintas dan Lingkungan Jalan. Secara umum, pemutakhiran ini terfokus pada modifikasi nilai-nilai ekivalensi mobil penumpang (emp) atau ekivalen kendaraan ringan (ekr), dan kapasitas dasar (C0), serta penyesuaian istilah dan notasi parameter.

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) diterbitkan tahun 1997, dan sejak saat itu digunakan sebagai acuan dalam kegiatan perencanaan, perancangan, dan operasi fasilitas lalu lintas jalan. Manual ini merupakan hasil penelitian empiris di beberapa tempat yang dianggap mewakili karakteristik lalu lintas di Indonesia pada masa itu. Nilai parameter yang ditampilkan dalam manual ini tidak mutlak harus digunakan, namun dapat

disesuaikan dengan lokasi dan waktu kajian yang dilakukan. Penggunaan nilai parameter MKJI untuk kondisi saat ini seringkali menghasilkan hasil analisis yang kurang sesuai dengan kondisi di lapangan.

## E. Konsepsi Model Mikro – Simulasi

Konsep model simulasi sangat sering sekali digunakan dalam lalu lintas dalam merencanakan sebuah kegiatan transportasi khususnya yang bersifat dinamis dan sangat luas, konsep lalu lintas yang sangat luas yang mempunyai berbagai macam karakteristik serta parameter yang banyak sehingga perlunya pendekatan model simulasi sebagai bentuk penyederhanaan dari sebuah permasalahan kompleks tersebut.

Model sendiri dapat didefinisikan sebagai bentuk penyederhanaan dari kondisi di lapangan model tersebut mempunyai ukuran dan bentuk yang tergantung model yang dibangun dari suatu permasalahan, sedangkan simulasi merupakan suatu prose peniruan dari sesuatu yang nyata beserta dengan keadaan sekelilingnya. Aksi melakukan simulasi ini secara umum untuk menggambarkan sifat karakteristik kunci dari kelakuan sistem fisik atau sistem yang abstrak tertentu (Aryandi dan Munawar, 2014). Menurut Law dan Kelton (1991), pada dasarnya model simulasi dikelompokkan dalam tiga dimensi yaitu :

1) Model Simulasi Deterministik dengan Model Simulasi Stokastik. Model simulasi yang akan dibentuk tidak mengandung variabel yang bersifat random, maka model simulasi tersebut dikatakan sebagi

simulasi deterministik. Sistem yang dimodelkan dalam simulasi mengandung beberapa input yang bersifat random, maka pada sistem seperti ini model simulasi yang dibangun disebut model simulasi stokastik.

2) Model Simulasi Kontinu dengan Model Simulasi Diskret. Untuk mengelompokkan suatu model simulasi apakah diskret atau kontinyu, sangat ditentukan oleh sistem yang dikaji.

3) Model Simulasi Statis dengan Model Simulasi Dinamis. Model simulasi statis digunakan untuk mempresentasikan sistem pada saat tertentu atau sistem yang tidak terpengaruh oleh perubahan waktu. Sedangkan model simulasi dinamis digunakan jika sistem yang dikaji dipengaruhi oleh perubahan waktu.

## F. Konsep Mikro Simulasi Lalu Lintas Berbasis Vissim

Simpang memiliki peranan penting untuk menyalurkan pergerakan lalu lintas dari berbagai pertemuan arus pergerakan. Fungsi utama simpang adalah mengalirkan dan mendistribusikan kendaraan yang lewat pada simpang sehingga mengurangi potensi konflik dan konsentrasi arus (breakdown). Pada simpang bersinyal, arus kendaraan yang memasuki persimpangan diatur secara bergantian untuk mendapatkan prioritas dengan berjalan terlebih dahulu yang dikendalikan oleh lampu lalu lintas. Sejauh ini, pedoman perencanaan dan pengoperasian simpang berdasarkan manual lalu lintas dari negara maju, kemudian diadopsi

dengan mengkalibrasi beberapa faktor penyesuaian kondisi lokal. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) adalah manual yang menjadi pedoman perancangan, disain dan pengoperasian simpang bersinyal di Indonesia.

Secara teori MKJI (1997) mengadopsi konsep manual dari Amerika Serikat HCM (1985). Model analisa yang digunakan pada HCM (1985) didasarkan pada kondisi aliran lalu lintas seragam (homogenous traffic) dan didominasi oleh tipe kendaraan mobil penumpang, serta aliran lalu lintas mengikuti konsep iring-iringan kendaraan perlajur (lane based) (Muntazar, et al. 2017).

Aliran lalu lintas di Negara berkembang seperti di Indonesia tergolong campuran (mixed traffic) dan didominasi oleh kendaraan roda dua. Pergerakan arus lalu lintas tidak mengikuti aliran perlajur (non-lane based), bahkan sering dijumpai pengemudi yang melakukan perpindahan antar lajur (lane changing) atau mendahului kendaraan lain (overtaking). Untuk kasus di persimpangan, tidak jarang dijumpai dilapangan, roda dua berusaha mengisi antrian lebih depan pada garis henti persimpangan. Kondisi mempengaruhi proses pelepasan arus (discharge flow) pada saat sinyal hijau menyala. Ini merupakan sebuah bukti bahwa konsep dasar pengembangan manual lalu lintas di negara maju sangatlah berbeda karakteristik, sehingga dalam dunia praktisi penggunaan manual hasil adopsi, tanda adanya proses kalibrasi dan validasi akan tidak handal.

Model simulasi lalu lintas merupakan sebuah pendekatan yang efektif untuk menganalisis operasi lalu lintas karena bisa menghasilkan output yang relative mendekati kondisi nyata. Kebanyakan model simulasi berdasarkan pada kondisi non-mixed traffic, fokus pada lalu lintas dengan kendaraan roda empat dan sistim kontrol berdasarkan penggunaan lajur kendaraan. Kondisi tersebut tidak cocok untuk Indonesia di mana arus lalu lintas bersifat heterogen (campuran), dengan berbagai jenis kendaraan dan proporsi sepeda motor yang tinggi dan kedisiplinan penggunaan lajur yang rendah, terutama saat antrian di kaki simpang (Yulianto dan Setiono, 2013). Mikro–simulasi mampu mensimulasikan perilaku kendaraan individu dalam jaringan jalan yang telah ditetapkan dan digunakan untuk memprediksi kemungkinan dampak dari perubahan pola trafik yang dihasilkan dari perubahan arus lalu lintas atau dari perubahan lingkungan fisik. Dalam konsep mikro-simulasi dikenal model yang digunakan pada alat mikro-simulasi yaitu car following model.

Teori Car Following Model menjelaskan bagaimana satu kendaraan mengikuti kendaraan lain dan bagaimana pengemudi bereaksi terhadap perubahan posisi relatif dan kecepatan kendaraan didepannya (Gouioez et al., 2013).

Menurut Menneni dan Sun (2008), terdapat empat sistem berbeda dalam Car Following Model yaitu:

1) Free-flow: Kendaraan tidak dipengaruhi oleh kendaraan lainnya; kendaraan tersebut terus mempertahankan kecepatan yang

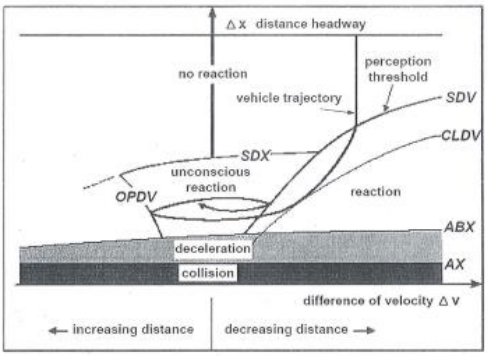
diinginkan tetapi berfluktuasi akibat batas kontrol yang tidak sempurna.

2) Approaching: Ketika kendaraan mulai mendekati kendaraan lainnya, mulai dilakukan perlambatan untuk menyamakan kecepatan kendaraan didepannya hingga mencapai jarak aman yang diinginkan.

3) Following: Dalam kondisi mengemudi ini, secara tidak sadar kendaraan mengikuti kendaraan didepannya dan menjaga perbedaan kecepatan dengan perlambatan yang rendah.

4) Emergency: Jika jarak kendaraan yang mengikut lebih kecil dari jarak aman yang diinginkan, maka terjadi reaksi yaitu melakukan perlambatan maksimum untuk mencegah tabrakan.

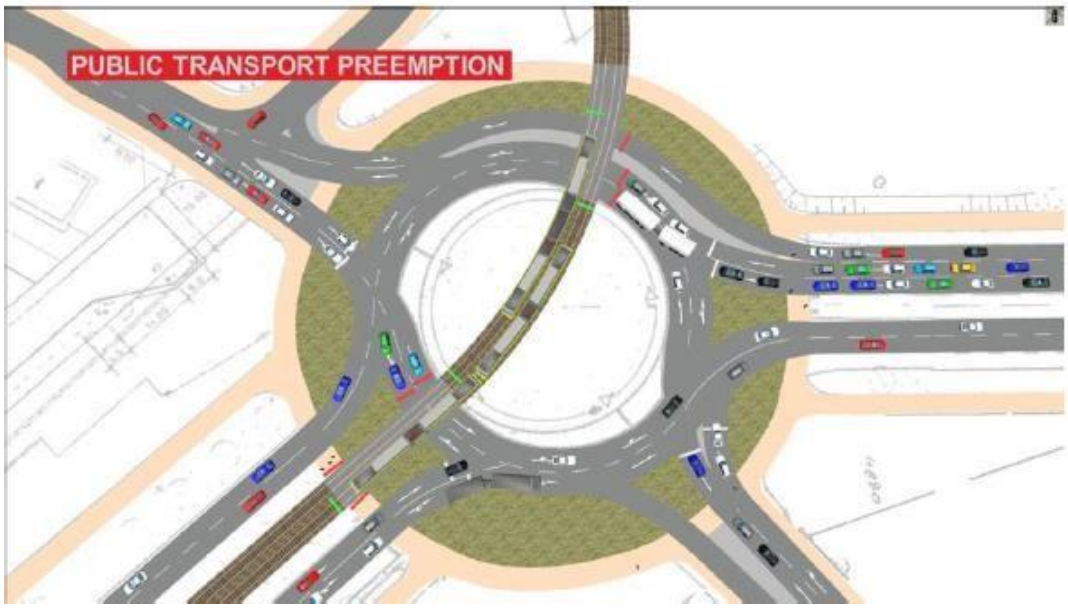
Dalam model mikro-simulasi ada dua model yang digunakan pada alat yaitu Car Following Weidemann 74 dan Car Following Weidemann 99. Model Wiedemann 74 disarankan untuk digunakan pada jalan perkotaan, sedangkan model Wiedemann 99 disarankan untuk digunakan pada jalan antarkota atau jalan bebas hambatan (Menneni dan Sun, 2008).




Gambar 16. Ilustrasi Ambang Car Following Model Wiedemann 74

## G. PTV Vissim

*Vissim* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi arus lalu lintas secara mikroskopis terkemuka yang dikembangkan oleh PTV Planung Transpotasi Verkehr AG di Karlsruhe, Jerman. *Vissim* pertama kali dikembangkan di Jerman pada tahun 1992 yang saat ini menjadi perangkat lunak transportasi yang paling sekarang sedang digunakan di seluruh dunia oleh publik, perusahaan dan universitas. *Vissim* alat mikro-simulasi lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan dan pemodelan lalu lintas untuk perkotaan mau pun pada pedesaan baik untuk analisis arus kendaraan atau pun arus pejalan kaki serta memiliki kemampuan untuk mensimulasi berbagai jenis moda lalu lintas secara bersamaan. (Aryandi dan Munawar, 2014).




Gambar 17. Mikro - Simulasi Bundaran (*Roundabout*)

Gambar 18. Mikro-Simulasi Transportasi Massal

Menurut PTV Group (2015), *Vissim* dapat digunakan untuk beberapa kasus antara lain :

1) Membuat perbandingan geometrik persimpangan
2) Perencanaan pengembangan lalu lintas
3) Analisis kapasitas
4) Sistem control lalu lintas
5) Operasi sistem sinyal lalu lintas dan studi pengaturan ulang
6) Simulasi transportasi public

Tingkat pelayanan (*level of service*) adalah ukuran kinerja ruas jalan atau simpang jalan yang dihitung berdasarkan tingkat penggunaan jalan, kecepatan, kepadatan dan hambatan yang terjadi. Pada pengolahan data yang digunakan oleh *Vissim*, metode yang digunakan mengacu pada peraturan di Amerika yang dimuat dalam manual kapasitas jalan raya (*Highway Capacity Manual*) tahun 2010. Level of Service (LOS) digunakan

secara luas untuk memberi penilaian kinerja operasi jalan bebas hambatan. Metode HCM 2010 berdasarkan pada kepadatan kendaraan dari setiap segmen jalan. Metode kalkulasi tingkat pelayanan jalan bebas hambatan terdiri dari minimum 5 hingga maksimum 8 step termasuk beberapa persamaan analitis (Transportation Research Board, 2010).

Cara lain untuk mengevaluasi kinerja fasilitas jalan bebas hambatan adalah dengan menggunakan alat mikrosimulasi. Ada beberapa alat mikro-simulasi, *Vissim* adalah salah satu yang memungkinkan pengguna untuk memodelkan kondisi lalu lintas di dunia nyata dengan tingkat akurasi yang tinggi. Meski demikian, *Vissim* sebagai alat mikro-simulasi memerlukan persiapan dan kalibrasi model yang memakan waktu (Jolovic et al., 2016).

Manual kapasitas jalan raya (*Highway Capacity Manual*) tahun 2010 membagi tingkat pelayanan jalan raya (LOS) menjadi 2 yaitu tingkat pelayanan pada simpang bersinyal dan tidak bersinyal. Tingkat pelayanan pada simpang bersinyal (*signalized intersection level of service*) dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 6. Kriteria Tingkat Pelayanan Jalan Raya untuk Simpang Bersinyal

| **Level of Service** | **Average Control Delay (second / vehicle)** | **General Description** |
|---|---|---|
| A | ≤ 10 | Free flow |
| B | > 10 - 20 | Stable flow (slight delays) |
| C | > 20 - 35 | Stable flow (acceptable delays) |

| Level of Service | Average Control Delay (second / vehicle) | General Description |
|---|---|---|
| D | > 35 - 55 | Approaching unstable flow (tolerance delay, occasionally wait through mpre than one signal cycle before proceeding) |
| E | > 55 - 80 | Unstable flow (intolerable delay) |
| F | > 80 | Forced flow (congested and queues fail to clear) |

### G.1. Parameter Mikro – Simulasi Lalu Lintas Berbasis *Vissim*

Lalu lintas heterogen ditandai dengan adanya kendaraan-kendaraan yang memiliki karakteristik statis (perbedaan panjang, lebar, dll) dan dinamis (percepatan/perlambatan, kecepatan, dll) yang beragam. Kendaraan ini termasuk kendaraan bermotor tidak konvensional (roda tiga) dan kendaraan tidak bermotor (sepeda, gerobak, dll.). Aspek lain seperti tidak adanya marka lajur dan ketidakdisiplinan pengendara menyakibatkan gerakan kendaraan yang kompleks terutama pada persimpangan (Manjunatha et al., 2012).

Parameter mikro – simulasi berbasis *vissim* merupakan nilai akan digunakan dalam melakukan proses kalibrasi dan validasi dalam permodelan simulasi lalu lintas yang dilakukan. Pada perangkat lunak *Vissim* terdapat 168 parameter yang tertanam dalam perangkat lunak *vissim* dalam berdasarkan parameter tersebut dipilih beberapa parameter berkendara yang sesuai dengan kondisi lalu lintas heterogen yang ada di Indonesia untuk menghasilkan model yang sesuai dengan kondisi yang ada

di lapangan, parameter berkendara yang dipilih pada permodelan antara lain:

1) Parameter *Following*
    a) *Look Ahead Distance (min, max)* yaitu jarak minimum dan maksimum suatu kendaraan dapat melihat ke depan dalam tujuan melakukan reaksi terhadap kendaraan lain di depannya.
    b) *Observed Vehicle* yaitu banyaknya kendaraan yang dapat diamati oleh pengemudi yang memengaruhi seberapa baik pengemudi ketika ingin melakukan pergerakan atau reaksi.
    c) *Look Back Distance (min, max)* yaitu jarak minimum dan maksimum suatu kendaraan dapat melihat ke belakang dalam tujuan melakukan reaksi terhadap kendaraan lain di belakangnya.
    d) *Average Standstill Distance* yaitu rata-rata jarak yang diinginkan antara dua kendaraan.
    e) *Additive Part of Safety Distance* yaitu nilai penambah dalam penentuan jarak aman yang diinginkan.
    f) *Mutiplicative Part of Safety Distance* yaitu nilai pengali dalam penentuan jarak aman yang diinginkan. Nilai yang semakin besar menghasilkan distribusi yang besar.
2) Parameter *Lane Change*

a. *Minimum Headway* yaitu jarak minimum yang harus tersedia di antara dua kendaraan setelah perpindahan lajur sehingga kendaraan di belakang dapat menyiap.

b. *Safety Distance Reduction* yaitu nilai reduksi jarak aman antar kendaraan didepan dan dibelakang yang memengaruhi sifat agresif kendaraan yang menyiap. Semakin kecil maka perilaku menyiap semakin sering terjadi.

3) Parameter *Lateral*

a. *Desired Position at Free Flow* yaitu posisi kendaraan terhadap lajur dalam kondisi arus bebas.

b. *Overtake at Same Lane* yaitu perilaku pengemudi kendaraan agar dapat menyiap baik dari sisi sebelah kanan mau pun sisi sebelah kiri.

c. *Minimum Lateral Distance* yaitu jarak lateral minimum kendaraan pada saat berada di samping kendaraan yang lain. Parameter ini dibagi menjadi dua yaitu jarak lateral kendaraan pada kecepatan 0 km/jam dan 50 km/jam.

4) Parameter *Signal Control*

a. *Behaviour at Red/Amber Signal* yaitu perilaku pengendara terhadap sinyal *red/amber* yang tergantung perilaku regional atau negara.

## G.2. Konsep Kalibrasi dan Validitas Model Simulasi

Kalibrasi pada *Vissim* merupakan proses dalam membentuk nilai-nilai parameter yang sesuai sehingga model dapat mereplikasi lalu lintas hingga kondisi yang semirip mungkin. Proses kalibrasi dapat dilakukan berdasarkan perilaku pengemudi dengan mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya mengenai kalibrasi dan validasi menggunakan *Vissim*. Validasi pada *Vissim* merupakan proses pengujian kebenaran dari kalibrasi dengan membandingkan hasil observasi dan hasil simulasi. Proses kalibrasi dan validasi dilakukan berdasarkan jumlah volume arus lalu lintas dan panjang antrian (Putri dan Irawan, 2015).

Dalam proses kalibrasi model, persamaan *Geoffrey E. Haver* dapat digunakan. Rumus *GEH* merupakan rumus statistik modifikasi dari *Chi-squared* dengan menggabungkan perbedaan antara nilai relatif dan mutlak. Rumus *GEH* sendiri dapat dilihat pada Persamaan 2.25 dan memiliki ketentuan khusus dari nilai error yang dihasilkan seperti pada Tabel 7.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{simulated} - q_{observed})^2}{0{,}5 \times (q_{simulated} + q_{observed})}} \qquad (2.25)$$

Dimana :

$q$ = Data volume arus lalu lintas (kendaraan/jam)

Tabel 7. Penilaian Hasil Uji Statistik *GEH (Geoffrey E. Havers)*

| **Nilai** | **Keterangan** |
|---|---|
| GEH < 5,0 | Diterima |
| 5,0 ≤ GEH ≤ 10,0 | Peringatan: kemungkinan model error atau data buruk |
| GEH > 10,0 | Ditolak |

Metode yang digunakan untuk proses validasi adalah dengan menggunakan rumus dasar *Chi-squared*. Uji *Chi- square* dilakukan dengan membandingkan antara *mean* hasil simulasi dengan *mean* hasil observasi. Rumus umum *Chi- square* $(x^2)$ dapat dilihat pada persamaan 2.26 sebagai berikut.

$$x^2 = \sum_{i=1}^{k} \left| \frac{O_i - E_i}{E_i} \right|^2 \quad (2.26)$$

Dimana :

$O_i$ = Data observasi

$E_i$ = Data ekspektasi

Tingkat signifikan dengan derajat keyakinanan Uji *Chi- square* sebesar 95 % atau α = 0.05 dan kriteria uji yaitu hasil diterima apabila hasil hitung ≤ hasil tabel *Chi- square.*

## H. Hasil Kajian Terdahulu

Berdasarkan kajian pustaka yang dibahas pada sub-bab sebelumnya mengacu pada beberapa studi terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa studi terdahulu yang terkait dengan penelitian ini antara lain:

Muhammad Rahmat Muslim dkk, *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Haji Bau – Jl. Cendrawasih – Jl. Arif Rate Di Makassar* Pada penelitian ini bertujuan untuk : a) Menganalisis kinerja lalu lintas kondisi eksisting simulasi pada simpang bersinyal Haji Bau - Jl. Cendrawasih - Jl. Arif Rate dengan menggunakan program software Vissim. b) Menganalisis optimasi kinerja lalu lintas pada simpang bersinyal Haji Bau - Jl. Cendrawasih - Jl. Arif Rate untuk berbagai upaya rekayasa lalu lintas dengan menggunakan program software Vissim. Hasil penelitian ini yaitu a) Kinerja lalu lintas kondisi eksisting pada Simpang Bersinyal Haji Bau – Jl. Cendrawasih – Jl. Arif Rate berdasarkan hasil mikro-simulasi dengan software Vissim menunjukkan bahwa panjang antrian rata-rata terbesar terjadi pada jam sibuk sore (16.00 – 17.00). Pada jam sibuk sore diperoleh panjang antrian pada pendekat Arif Rate yaitu 62,50 m, pendekat Haji Bau yaitu 17,25 m, dan pendekat Cendrawasih yaitu 14,41 m. Sedangkan untuk nilai tundaan pada pendekat Cendrawasih memiliki waktu tundaan yang paling besar yaitu 15,97 detik/kendaraan, pendekat Haji Bau yaitu 13,67 detik/kendaraan, dan pendekat Arif Rate yaitu 12,28 detik/kendaraan. Kinerja simpang pada Simpang Bersinyal Haji Bau – Jl. Cendrawasih – Jl. Arif Rate untuk upaya rekayasa lalu lintas dilakukan dengan rekayasa lalu lintas yaitu optimasi waktu siklus dan fase sinyal. Alternatif pertama yaitu dengan menurunkan waktu siklus menjadi 60 detik dengan tetap menggunakan pengaturan 2 fase sama seperti

kondisi eksisting. Alternatif kedua yaitu dengan menurunkan waktu siklus menjadi 60 detik, tetapi fase diubah menjadi pengaturan 3 fase dengan late start pada pendekat Cendrawasih dengan tujuan mengurangi konflik dengan arus lalu lintas dari pendekat Arif Rate yang besar. Diperoleh alternatif terbaik adalah alternatif kedua dengan persentase penurunan panjang antrian pada pendekat Cendrawasih; Haji Bau; dan Arif Rate secara berturut-turut sebesar -48%; -22%; dan -76%. Alternatif kedua juga menghasilkan persentase penurunan tundaan pada pendekat Cendrawasih; Haji Bau; dan Arif Rate secara berturut-turut sebesar -51%; -5%; dan -50%.

Fahmi Pratama dkk, *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Terkoordinasi Jl. Gunung Bawakaraeng Berbasis Mikro-Simulasi.* Pada penelitian ini bertujuan untuk : a) Menganalisis kinerja eksisting simpang bersinyal yang terdapat di ruas Jalan Gunung Bawakaraeng dengan pendekatan mikro-simulasi lalu lintas menggunakan *Software Vissim*, b) Mengoptimasi fase lalu lintas dan waktu siklus APILL pada simpang bersinyal yang terdapat di ruas Jalan Gunung Bawakaraeng dengan pendekatan mikro-simulasi lalu lintas menggunakan *Software Vissim*, c) Mengoptimasi fase lalu lintas dan waktu siklus APILL pada simpang bersinyal yang terdapat di ruas Jalan Gunung Bawakaraeng secara terkoordinasi dengan pendekatan mikro-simulasi lalu lintas menggunakan *Software Vissim*. Hasil penelitian yaitu hasil mikro-simulasi *Vissim* menunjukkan peningkatan kinerja simpang tidak terlalu meningkat secara signifikan seperti antrian pada pendekat timur kondisi eksisting adalah 113 m dan kondisi setelah koordinasi adalah 98.34 m pada periode jam puncak pagi sedangkan untuk antrian juga tidak

memperlihatkan peningkatan yang signifikan dari kondisi eksisting nilainya adalah 42.27 detik dan setelah koordinasi adalah 38.39 detik ini menunjukkan masih perlunya peningkatan kinerja pada simpang ini.

Nurhayati dkk, *Analisis Kinerja Lalu Lintas Akibat Pengaturan Sistem Pergerakan Kendaraan Pada Jl. A.P. Pettarani di Makassar.* Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja lalu lintas pada Jl. A.P. Pettarani yang meliputi : a) volume rata-rata kendaraan, b) kecepatan rata-rata, c) kapasitas ruas jalan, d) derajat kejenuhan ruas jalan dan persimpangan Jl. A.P. Pettarani.

Andi Auliyah Wahab dkk, *Studi Manajemen Dan Rekayasa Simpang Tiga Pettarani – Alauddin di Kota Makassar.* Penelitian ini bertujuan untuk : a) Mensimulasikan kondisi arus lalu lintas pada simpang Jalan A.P. Pettarani – Jalan Sultan Alauddin dengan menggunakan *Software Vissim.* b) Menganalisis kinerja lalu lintas kondisi eksisting simulasi simpang Jalan A.P. Pettarani – Jalan Sultan Alauddin dengan menggunakan *Software Vissim.* c) Menganalisis kinerja pergerakan lalu lintas pada simpang Jalan A.P. Pettarani – Jalan Sultan Alauddin untuk berbagai upaya rekayasa lalu lintas dengan menggunakan program *Software Vissim.* Hasil penelitian yaitu Kinerja simpang untuk upaya rekayasa lalu lintas dilakukan dengan 4 alternatif. Nilai panjang antrian kendaraan pada pendekat Timur Jalan Sultan Alauddin sebesar 208.42 m; 169.47 m; 185.39 m; dan 119.65 m, pada pendekat Barat Jalan Sultan Alauddin 139.56 m; 203.26 m; 144.14 m; dan 141.35 m, pada Barat U-Turn sebesar 5.67 m; 9.35 m; 2.08 m; dan 1.77 m, pada pendekat Utara Jalan A.P.Pettarani sebesar 208.63 m; 205.15 m; 155.61 m; dan 146.62 m. Sehingga pada kasus ini tetap memakai alternatif kondisi eksisting

karena menghasilkan kinerja lalu lintas yang lebih baik daripada fase pergerakan yang lainnya.

Nurjannah Haryanti P dkk, *Mikrosimulasi Mixed Traffic Pada Simpang Bersinyal Dengan Perangkat Lunak Vissim (Studi Kasus : Simpang Tugu, Yogyakarta).* Pada penelitian ini bertujuan untuk : a) Melihat hasil model simulasi kinerja simpang Tugu Yogyakarta, b) Mengoptimalisasi sinyal lampu lalu lintas pada Tugu Yogyakarta, c) Menganalisa perbedaan kondisi antara sebelum dan sesudah dikoordinasi. Hasil penelitian yaitu *VISSIM* mampu mengidentifikasi berbagai kelas kendaraan dengan berbagai tipe dan jenis kendaraan. Selain itu proses kalibrasi pada pemodelan simulasi menggunakan *VISSIM* merupakan hal yang sangat penting dan sensitif. Khususnya untuk parameter yang tersedia pada *Car Following Model* dengan tipe Wiedemann 74 yaitu *average standstill distance*, *additive part of safety distance* dan *multiplicative part of safety distance* karena parameter tersebut memberikan perubahan besar dalam proses kalibrasi hingga rerata selisih error antara data observasi dengan data sebelum dikalibrasi mencapai 65% untuk volume arus lalu lintas dan 496% untuk panjang antrian. Kemudian setelah dilakukan pengoptimalan lampu lalu lintas, didapatkan bahwa terjadi pengurangan panjang antrian hingga 39% per jam.

Rama Dwi Aryandi melakukan penelitian dengan judul **"**Penggunaan *Software Vissim* Untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta)" . Penelitian ini bertujuan untuk (a) mengetahui proporsi pengguna jalan meliputi kendaraan tak bermotor, kendaraan bermotor, dan kendaraan umum di simpang Mirota Kampus saat ini. (b) mengetahui

panjang antrian maksimum, minimum, rata-rata, serta tundaan pada kondisi eksisting. (c) membandingkan hasil analisis panjang antrian maksimum, minimum, rata-rata serta tundaan dengan menggunakan *Software Vissim* dan pengamatan langsung di lapangan. Hasil yang diperoleh dari analisis tersebut yaitu bahwa panjang antrian rata-rata di lapangan dan pemodelan atau simulasi dengan *Software Vissim* hampir sama, yaitu 60 m dan 61 m. Diketahui juga bahwa terdapat perbedaan yang cukup jauh pada antrian terpanjang dan terpendek yang terjadi berdasarkan pengamatan langsung dan simulasi menggunakan *Software Vissim*, yaitu 76 m dan 64 m untuk antrian terpanjang dan 39 m dan 51 m untuk antrian terpendek. Perbedaan ini terjadi karena adanya perbedaan penyebaran antrian antara realita di lapangan dengan simulasi *Software Vissim*.

Marissa Ulfah dkk., melakukan penelitian dengan judul "Mikrosimulasi Lalu Lintas pada Simpang Tiga dengan Software Vissim (Studi Kasus: Simpang Jalan A.P. Pettarani – Jalan Let. Jend. Hertasning – Jalan Rappocini Raya)". Penelitian ini bertujuan untuk (a) mensimulasikan kondisi arus lalu lintas dengan perilaku pengemudi, (b) menganalisis kinerja lalu lintas kondisi eksisting simulasi, dan (c) menganalisis fase lalu lintas dan waktu siklus APILL pada simpang. Metode analisis yang digunakan adalah mikrosimulasi menggunakan software vissim, dengan melakukan kalibrasi, validasi model simpang secara trial dan error, mempertimbangkan perilaku pengemudi, melakukan uji GEH terhadap volume kendaraan, serta uji chi-square terhadap panjang antrian kendaraan. Berdasarkan hasil simulasi diketahui parameter kalibrasi tiap periode dipengaruhi oleh faktor volume kendaraan, jam puncak dan tidak puncak masing-masing pendekat. Hasil

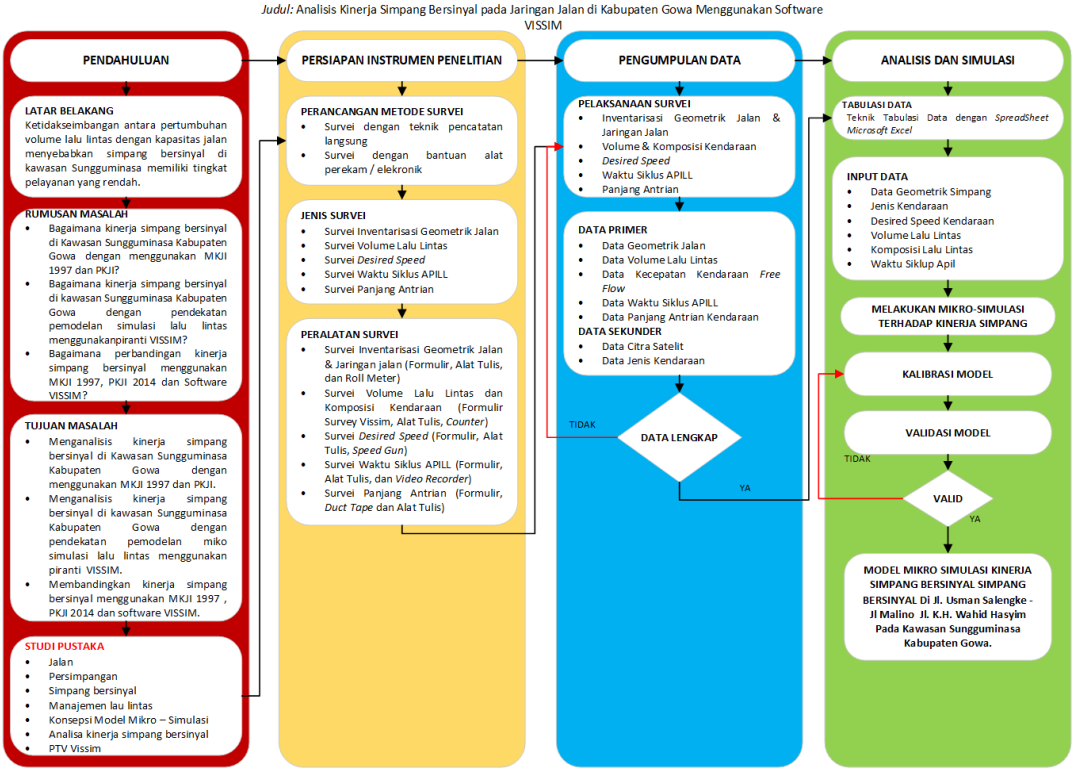
analisis berupa panjang antrian terbesar terjadi pada pendekat Jl. A. P. Pettarani selatan jalur lambat sebesar 351,33 m, dan jalur cepat sebesar 327,32 m. Dilanjutkan dengan alternatif lalu lintas pada simpang dengan melakukan perubahan waktu siklus lampu lalu lintas agar dapat menghasilkan kinerja simpang yang lebih baik.

Pipit Candra Windarto dkk., melakukan penelitian dengan judul "Analisis Simpang Bersinyal Menggunakan Software Vissim". Penelitian ini bertujuan untuk (a) mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi kinerja simpang bersinyal, (b) mengevaluasi kinerja simpang bersinyal, dan (c) memberi alternatif solusi. Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa volume lalu lintas menjadi faktor utama kinerja lalu lintas. Berdasarkan alternatif diperoleh solusi terbaik adalah alternatif dengan perencanaan jalan satu arah masuk, pelebaran jalan dan interpolasi lampu hijau sehingga diperoleh nilai tundaan dan derajat kejenuhan yang lebih baik diabnding kondisi eksisting.

# BAB 3. METODE PENELITIAN

## A. Kerangka Kerja Penelitian

Kerangka kerja penelitian sangat berguna agar dapat melihat secara jelas langkah-langkah yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan, karena dengan adanya kerangka tersebut maka dapat diketahui arah penelitian dan parameter - parameter apa yang akan digunakan untuk memecahkan masalah tersebut. Bagan alir metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1. berikut :




Gambar 19. Diagram Alir Prosedur Penelitian