

TUGAS AKHIR

**ANALISIS SIRKULASI LALU LINTAS PADA KAWASAN
GEDUNG *HOTEL AND CONVENTION CENTER* UNHAS
MENGUNAKAN PIRANTI LUNAK VISSIM**

***THE CIRCULATION TRAFFIC ANALYSIS AT UNIVERSITAS
HASANUDDIN HOTEL AND CONVENTION CENTER USING
VISSIM SOFTWARE***

**ANDRIAN DWI HAKMAR
D011 18 1008**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

ANALISIS SIRKULASI LALU LINTAS PADA KAWASAN GEDUNG *HOTEL AND CONVENTION CENTER* UNHAS MENGGUNAKAN PIRANTI LUNAK VISSIM

Disusun dan diajukan oleh:

ANDRIAN DWI HAKMAR

D011 18 1008

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 22 September 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

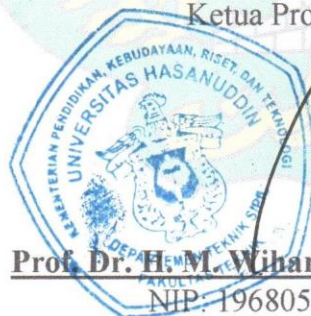


Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM
NIP: 197309262000121002



Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, M.T.
NIP: 196311271992031001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wibardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP: 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Andrian Dwi Hakmar, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Analisis Sirkulasi Lalu Lintas Pada Kawasan Gedung *Hotel and Convention Center UNHAS Menggunakan Piranti Lunak 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, 15 September 2022

Yang membuat pernyataan,



Andrian Dwi Hakmar
NIM: D011 18 1008

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas ridho nya saya dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk dapat menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Adapun tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di jalan utama kampus pada rencana kawasan pembangunan Gedung *Hotel and Convention Center* Universitas Hasanuddin Makassar.

Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Sirkulasi Lalu Lintas Pada Kawasan Gedung *Hotel and Convention Center* UNHAS menggunakan Piranti Lunak *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 terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sekaligus Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, M.T., 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.
5. Ibu Ir. Hajriyanti Yatmar, S.T., M.Eng., dan Kak Muhammad Ikhsan Sabil, S.T., yang telah meluangkan waktunya untuk memberi arahan serta masukan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penyusunan tugas akhir ini serta memberikan banyak motivasi untuk segera menyusun dan menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.
6. Seluruh Dosen yang telah membantu penulis selama mengikuti Pendidikan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

7. Seluruh staf dan karyawan di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, atas doa, kasih sayang, motivasi dan segala dukungannya selama ini baik secara moral dan materiil.
9. Kepada Andi Ahmad Ridha, A. Amrullah. T, M. Rizal Ananta Nugraha H, Ricky Rinaldi, Andi Nurfadillah Alifuddin, Nurul Izza Ramadhani dan Eka Buqra Pratama Sutra selaku Asisten Laboratorium Rekayasa Sistem Transportasi 2018 sebagai partner tim yang telah berjuang Bersama selama proses penelitian berlangsung
10. Kepada Sainal Basri Herlindong, Alifian Grimaldi Yahmad, Muh. Imam Arib Jayadi, Roy Erwin Patiung Randa, Amirah Kurnia Syahran, Debby Febriyanti Hardiono, Faranita Rasyid dan Nurul Awalia Parante selaku Asisten Laboratorium Rekayasa Sistem Transportasi 2019 juga sebagai partner yang telah membantu selama proses penelitian berlangsung
11. Teman-teman TRANSISI 2019 yang selalu memberikan support dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini. Juga terima kasih telah memberikan banyak kenangan indah dan berharga yang penulis dapatkan selama berstatus mahasiswa.

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.

ABSTRAK

Pengelolaan tata guna lahan sangat mempengaruhi aktivitas jalan di sekitarnya. Begitu pun dengan rencana pembangunan *Hotel and Convention Center* Universitas Hasanuddin. Pembangunan Hotel tersebut dapat mempengaruhi kinerja jalan di sekitarnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja jalan pada kondisi eksisting dan pada saat kondisi operasional hotel.

Metode yang digunakan survei langsung untuk memperoleh data geometrik dan volume kendaraan kemudian dianalisis menggunakan *software PTV Vissim* yang mengacu pada proses kalibrasi dan validasi model simulasi. Kalibrasi dilakukan secara *trial error* dengan mempertimbangkan perilaku pengemudi yang kemudian dilakukan *Uji GEH* dan *Uji Chi-square* terhadap volume kendaraan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tundaan terlama pada kondisi eksisting terjadi pada Bundaran Lengan Barat arah Belok Kanan selama 14,03 detik dengan LOS kategori B. sedangkan untuk kondisi operasional hotel tundaan terlama terjadi pada titik Putaran Lengan Selatan arah terus selama 50,06 detik dengan LOS kategori F.

Selanjutnya dilakukan upaya rekayasa lalu lintas dengan alternatif penutupan median pada pintu barat hotel dan menghasilkan kinerja lalu lintas yang lebih baik.

Kata Kunci: Sirkulasi, Kinerja Jalan, simulasi, kalibrasi, PTV Visim

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian.....	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Transportasi	7
B. Pergerakan Kendaraan	11
C. Manajemen Lalu Lintas	14
D. Analisis Kinerja Lalu Lintas.....	18
E. Konsepsi Model Mikro - Simulasi.....	22
F. Konsep Mikro Simulasi Lalu Lintas Berbasis <i>Vissim</i>	24
G. PTV <i>Vissim</i>	25
H. Hasil Kajian Terdahulu	31
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	39
A. Kerangka Kerja Penelitian	39
B. Landasan Teori	41
C. Metode Pengumpulan Data	42
D. Metode Estimasi dan Analisis.....	49
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	53

A. Karakteristik Lalu Lintas Jalan Kondisi Eksisting	53
B. Karakteristik Lalu Lintas Jalan Kondisi Operasional	86
C. Pengaruh Hotel Terhadap Sirkulasi Lalu Lintas	98
D. Skenario Alternatif Menggunakan Piranati <i>Vissim</i>	99
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	104
A. Kesimpulan	104
B. Saran	105
DAFTAR PUSTAKA.....	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sistem Transportasi Makro	10
Gambar 2. Bangkitan dan tarikan pergerakan.....	12
Gambar 3. Tingkat Pelayanan Berdasarkan Arus Lalu Lintas	16
Gambar 4. Mikro-Simulasi pada Bundaran (<i>Roundabout</i>).....	26
Gambar 5. Kerangka Penelitian	40
Gambar 6. Lokasi Penelitian.....	43
Gambar 7. Lokasi Pos Surveyor	46
Gambar 8. Diagram Alir Mikro-Simulasi PTV <i>Vissim</i>	50
Gambar 9. Kondisi Geometrik Lokasi Penelitian Pada Kondisi Eksisting .55	
Gambar 10. Sirkulasi Lalu Lintas Pada Kondisi Eksisting	56
Gambar 11. Sketsa Titik Konflik pada Kondisi Eksisting	57
Gambar 12. Volume Arus Lalu Lintas untuk Sepeda Motor Matic	59
Gambar 13. Volume Arus Lalu Lintas untuk Sepeda Motor Bebek.....	60
Gambar 14. Volume Arus Lalu Lintas Untuk Sepeda Motor Sport.....	61
Gambar 15. Volume Arus Lalu Lintas untuk <i>City Car Small</i>	62
Gambar 16. Volume Arus Lalu Lintas untuk <i>City Car Big</i>	63
Gambar 17. Volume Arus Lalu lintas untuk Sedan.....	64
Gambar 18. Volume Arus Lalu Lintas Untuk <i>MPV</i>	65
Gambar 19. Volume Arus Lalu Lintas untuk <i>SUV</i>	66
Gambar 20. Volume Arus Lalu Lintas untuk Angkot.....	67
Gambar 21. Volume Arus Lalu Lintas untuk Pick Up.....	68
Gambar 22. Komposisi Kendaraan pada Bundaran lengan Timur	69
Gambar 23. Komposisi Kendaraan pada Bundaran lengan Selatan	70
Gambar 24. Komposisi Kendaraan pada Bundaran lengan Barat	70
Gambar 25. Komposisi Kendaraan pada Putaran Lengan Selatan	71
Gambar 26. Komposisi Kendaraan pada Putaran Lengan Utara	72
Gambar 27. Komposisi Kendaraan pada Putaran Lengan Timur	72
Gambar 28. Distribusi Kecepatan Kendaraan	74
Gambar 29. Tampak Visual Trial 1	77

Gambar 30. Tampak Visual Trial 2	77
Gambar 31. Tampak Visual Trial 3	78
Gambar 32. Tampak Visual Trial 4	78
Gambar 33. Tampak Visual Trial 5	79
Gambar 34. Visualisasi 3D Mikro – Simulasi Sebelum dan Setelah Kalibrasi	80
Gambar 35. Validasi Model Simulasi dan Observasi.....	83
Gambar 36. Tundaan Rata-rata Tiap Pendekat Kondisi Eksisting.....	84
Gambar 37. Panjang Antrian Rata-Rata Kondisi Eksisting.....	85
Gambar 38. Sirkulasi Lalu Lintas Setelah Hotel Beroperasi	87
Gambar 39. Sketsa Titik Konflik pada Kondisi Operasional Hotel	88
Gambar 40. Validasi Model Simulasi dan Observasi Kondisi Operasional	95
Gambar 41. Tundaan Rata-rata Kendaraan Kondisi Operasional	96
Gambar 42. Panjang Antrian Rata-Rata Kondisi Operasional.....	97
Gambar 43. Potret Pengaruh Hotel Terhadap Sirkulasi Lalu Lintas	99
Gambar 44. Skenario Alternatif 1 Menggunakan Piranti <i>Vissim</i>	100
Gambar 45. Skenario Alternatif 2 Menggunakan Piranti <i>Vissim</i>	100
Gambar 46. Skenario Alternatif 3 menggunakan piranti <i>Vissim</i>	101
Gambar 47. Panjang Antrian Rata-Rata Tiap Kondisi	102
Gambar 48. Perbandingan Tundaan Kendaraan Kondisi Ekisting, Operasional dan Alternatif	102

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Bangkitan dan Tarikan Pergerakan dari Berbagai Aktivitas Tata Guna Lahan.....	13
Tabel 2. Kebutuhan Ruang Parkir untuk Hotel dan Penginapan	13
Tabel 3. Kelas Hambatan Samping (SFC) Untuk Jalan Perkotaan	21
Tabel 4. Standarisasi Tingkat Pelayanan Jalan (<i>Level of Service</i>).....	22
Tabel 5. Penilaian Hasil Uji Statistik <i>GEH</i> (<i>Geoffrey E. Havers</i>).....	30
Tabel 6. Rangkuman Studi Terdahulu.....	35
Tabel 7. Peralatan Survei	45
Tabel 8. Matriks Rangkaian Kegiatan	49
Tabel 9. Inventaris Geometrik Jalan pada Kondisi Eksisting	53
Tabel 10. Jenis dan dimensi kendaraan.....	57
Tabel 11. <i>Trial and Error</i> pada Kalibrasi Model	75
Tabel 12. Hasil Kalibrasi Parameter Model untuk Volume Lalu Lintas Kondisi Eksisting	81
Tabel 13. Hasil Validasi Model dengan Observasi dengan Parameter Volume Kendaraan	82
Tabel 14. Hasil Analisis Kinerja Jalan Model Mikro-Simulasi Kondisi Eksisting	85
Tabel 15. Inventaris Geometrik Kondisi Operasional	86
Tabel 16. SRP yang Disediakan berdasarkan Ukuran Jenis kendaraan ..	89
Tabel 17. Volume Kendaraan Akibat Operasional Hotel berdasarkan Jumlah Kamar dan Luas Parkir.....	89
Tabel 18. Fasilitas yang Disediakan Hotel	90
Tabel 19. Volume Kendaraan Akibat Hotel Berdasarkan Fasilitas yang Disediakan.....	90
Tabel 20. Total Volume Kendaraan Akibat Operasional <i>Hotel and Convention Center</i>	91
Tabel 21. Tabel Hasil Kalibrasi Parameter Model untuk Volume Lalu Lintas Kondisi Operasional Hotel	92

Tabel 22. Hasil Validasi Model dengan Observasi dengan Parameter Volume Kendaraan	94
Tabel 23. Hasil Analisis Kinerja Jalan pada Kawasan <i>Hotel and Convention Center</i> pada Kondisi Operasional	97
Tabel 24. Perbandingan <i>Level of Service</i> Kondisi Eksisting, Operasional dan Alternatif	103

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Universitas Hasanuddin merupakan salah satu perguruan tinggi negeri terbaik di Indonesia dan bahkan terbaik se-Indonesia Timur. Untuk mempertahankan prestasi tersebut, Unhas selalu melakukan perubahan dan peningkatan manajemen pendidikan. Salah satu yang ditempuh ialah melakukan perubahan status Pendidikan, mulai dari Badan Layanan Umum (BLU), Badan Hukum Pendidikan (BPH) hingga Berstatus Perguruan Tinggi Berbadan Hukum (PTN-BH).

Sebagai Perguruan Tinggi yang berstatus PTN-BH, Unhas memiliki otonomi dalam mengelola keuangannya. Oleh sebab itu pembangunan sarana dan prasarana terus dilakukan untuk meningkatkan fasilitas kampus. Dalam hal ini salah satunya adalah mendirikan Hotel Unhas. Hotel unhas direncanakan dapat memwadahi kegiatan-kegiatan Unhas yang mengemban tugas riset dan pengembangan sains dan teknologi yang selalu melakukan konferensi Internasional sebagai akomodasi tempat yang nyaman bagi peserta.

Selain dari pihak Unhas sendiri ternyata keberadaan hotel ini juga menguntungkan bagi beberapa pihak. Keberadaan Rumah Sakit Unhas dan RSUP DR. Wahidin Sudirohusodo yang dekat dari lokasi berdirinya hotel dapat menarik keluarga pasien yang berjaga untuk menjadi alternatif pilihan menginap. Selain itu pengadaan wisuda setiap tahunnya juga dapat menarik keluarga calon sarjana yang berasal dari luar daerah untuk bisa

memilih hotel Unhas sebagai tempat penginapan atau relaksasi setelah wisuda.

Dengan begitu besarnya fasilitas, hotel ini dapat menjadi salah satu tarikan pengunjung yang akan mempengaruhi pergerakan kendaraan dan kinerja jalan yang ada di sekitar area berdirinya hotel tersebut. Untuk mengetahui berapa besarnya tarikan pergerakan hotel dan kinerja jalan, perlu dilakukan suatu penelitian yaitu analisis sirkulasi lalu lintas pada Kawasan *Hotel and Convention Center* menggunakan *software Vissim* ini. Diharapkan penelitian ini dapat mengetahui pergerakan kendaraan serta dampak kinerja jalan yang diberikan akibat berdirinya hotel ini.

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana kinerja jalan Kawasan *Hotel and Convention Center* pada kondisi eksisting dengan pendekatan pemodelan mikro-simulasi lalu lintas menggunakan piranti *Vissim*?
2. Bagaimana kinerja jalan setelah beroperasinya Hotel dengan pendekatan pemodelan mikro-simulasi lalu lintas menggunakan piranti *Vissim*?
3. Bagaimana pengaruh berdirinya *Hotel and Convention Center* pada sirkulasi Lalu Lintas Pada Kawasan tersebut?.

C. Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis kinerja jalan Kawasan *Hotel and Convention Center* pada kondisi eksisting dengan pendekatan pemodelan mikro simulasi lalu lintas menggunakan piranti *Vissim*
2. Menganalisis kinerja jalan setelah beroperasinya Hotel dengan pendekatan pemodelan mikro simulasi lalu lintas menggunakan piranti *Vissim*
3. Mengetahui pengaruh berdirinya *Hotel and Convention Center* pada sirkulasi lalu lintas pada Kawasan tersebut.

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 berdirinya *Hotel and Convention Center*
2. Analisis data menggunakan data primer yaitu berupa data yang diperoleh saat survei volume lalu lintas pada ruas jalan sebelum pintu masuk-keluar hotel dan daerah bundaran Unhas
3. Jenis kendaraan yang dianalisis 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 jalan dianalisis dengan menggunakan Program PTV *Vissim*.

E. Manfaat Penelitian

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

1. Mengetahui Sirkulasi lalu lintas Kawasan berdirinya *Hotel and Convention Center*
2. Mengetahui kinerja jalan pada kondisi eksisting dan setelah beroperasinya Hotel setelah disimulasikan dengan pemodelan mikro simulasi PTV *Vissim*
3. Mengetahui dampak yang ditimbulkan hotel terhadap sirkulasi lalu lintas pada Kawasan tersebut.
4. Sebagai masukan dan bahan pertimbangan bagi pihak Unhas dalam mengeluarkan kebijakan terkait dengan hasil penelitian ini.

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. Transportasi

A.1. Pengertian Transportasi

Transportasi adalah kegiatan pemindahan penumpang dan barang dari satu tempat ke tempat lainnya. Dalam transportasi terdapat unsur pergerakan (*movement*), dan secara fisik terjadi perpindahan tempat atas barang atau penumpang dengan atau tanpa alat angkut keempat yang lain.

Berdasarkan pengertian tersebut diketahui bahwa terdapat beberapa variabel yang terlibat dalam menunjang keberlangsungan suatu proses dari terjadinya transportasi. Variabel-variabel tersebut di antaranya adalah adanya wilayah asal pergerakan, adanya tujuan pergerakan, adanya sarana penunjang yang berfungsi sebagai pendukung serta adanya pelaku pergerakan berupa manusia dan/atau barang yang menyebabkan timbulnya permintaan terhadap transportasi.

Interaksi antara sistem kebutuhan akan transportasi dan sistem prasarana transportasi ini akan menghasilkan pergerakan manusia dan/atau barang dalam bentuk pergerakan kendaraan. Sistem pergerakan yang aman, cepat, nyaman, murah, handal, dan sesuai dengan lingkungannya dapat tercipta jika sistem pergerakan tersebut diatur oleh sistem rekayasa dan manajemen lalu lintas yang baik.

Tamin (2000) menjelaskan, pergerakan lalu lintas timbul karena adanya proses pemenuhan kebutuhan. Pergerakan yang berupa pergerakan manusia dan.atau barang tersebut jelas membutuhkan moda

transportasi (sarana) dan media (prasarana) tempat moda transportasi tersebut bergerak. Prasarana transportasi yang diperlukan merupakan sistem mikro yang biasa dikenal dengan sistem jaringan yang meliputi sistem jaringan jalan raya, kereta api, terminal bus dan kereta api, bandara serta pelabuhan.

A.2. Perencanaan Transportasi

Beberapa perencanaan transportasi yang telah berkembang sampai saat ini dan yang paling populer adalah “Model Perencanaan Transportasi Empat Tahap (*Four Step Models*)”. Perencanaan model ini adalah gabungan beberapa seri submodel yang masing-masing dilakukan dengan terpisah dan berurutan. Submodel tersebut adalah aksesibilitas, bangkitan dan tarikan pergerakan, sebaran pergerakan, pemilihan moda, pemilihan rute dan arus lalu lintas dinamis.

Model perencanaan Transportasi Empat Tahap (*Four Step Models*) tersebut (Tamin,2000) antara lain:

- a. Model Bangkitan Pergerakan (*Trip Generation Model*) adalah pemodelan transportasi yang berfungsi untuk lalu meramalkan jumlah perjalanan yang berasal dari suatu zona lahan dan jumlah perjalanan (*trip*) yang datang ke suatu zona lahan pada masa depan (tahun rencana) per satuan waktu.
- b. Model Sebaran Pergerakan (*Trip Distribution Models*) adalah pemodelan transportasi yang memperlihatkan jumlah perjalanan

bermula dari suatu zona asal yang terdistribusi ke zona tujuan ataupun sebaliknya.

- c. Model Pemilihan Moda Transportasi (*Mode Choice Models*) ialah pemodelan perencanaan angkutan yang memiliki kegunaan untuk menentukan beban perjalanan (*trip*) ataupun mengetahui jumlah barang dan orang yang akan menggunakan berbagai moda transportasi yang ada untuk melayani suatu titik asal-tujuan.
- d. Model Pemilihan Rute (*Trip Assignment Models*) adalah pemodelan yang memperlihatkan dan mempresiksi pelaku perjalanan yang telah memilih suatu rute dan lalu lintas yang terhubung dengan jaringan transportasi.

A.3. Moda Transportasi

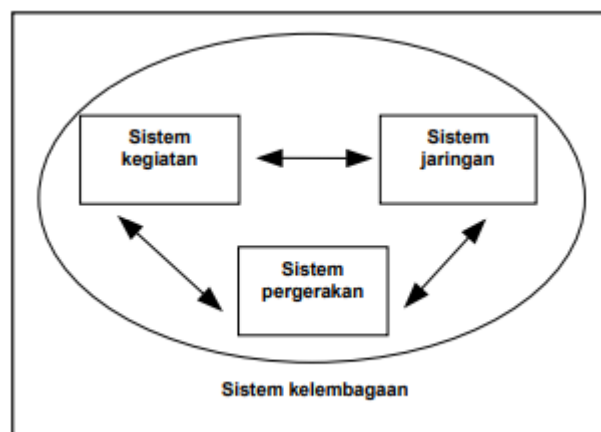
Moda merupakan sarana yang digunakan untuk memindahkan orang dan/atau barang dari suatu tempat ke tempat yang lain. Moda transportasi dapat berupa moda transportasi darat, moda transportasi laut, dan moda transportasi udara, di mana masing-masing moda tersebut memiliki ciri dan karakteristik sendiri (Munawara, 2005). Secara umum ada dua jenis kelompok besar moda transportasi, yaitu:

- a. Kendaraan Pribadi (*Private Transportation*), yaitu: moda transportasi yang dikhususkan untuk pribadi seseorang dan seseorang itu bebas memakainya ke mana saja, dimana saja dan kapan saja bahkan mungkin juga dia tidak memakainya sama sekali (kendaraannya disimpan).

- b. Kendaraan Umum (*Public Transportation*), yaitu: moda transportasi yang diperuntukan untuk bersama (Orang Banyak), menerima pelayanan bersama, mempunyai arah dan titik tujuan yang sama, serta terikat dengan peraturan trayek yang sudah ditentukan dan jadwal yang sudah ditetapkan.

A.4. Sistem Transportasi Makro

Sistem transportasi makro terdiri dari beberapa sistem transportasi mikro. Sistem menyeluruh (makro) dapat dipecahkan menjadi beberapa sistem yang lebih kecil (mikro) yang masing-masing saling terkait dan saling mempengaruhi seperti terlihat pada gambar berikut



Gambar 1. Sistem Transportasi Makro

Sistem transportasi mikro terdiri dari:

- a. Sistem Kegiatan
- b. Sistem Jaringan Prasarana Transportasi
- c. Sistem Pergerakan Lalu Lintas
- d. Sistem Kelembagaan

Pergerakan lalu lintas timbul karena adanya proses pemenuhan kebutuhan. Kita perlu bergerak karena kebutuhan kita tidak bisa dipenuhi di tempat kita berada. Setiap tata guna lahan atau sistem kegiatan (sistem mikro yang pertama) mempunyai jenis kegiatan yang akan membangkitkan pergerakan dan akan menarik pergerakan dalam proses pemenuhan kebutuhan.

Pergerakan yang berupa pergerakan manusia dan/atau barang tersebut membutuhkan moda transportasi (sarana) dan media (prasarana) tempat moda transportasi itu bergerak. Prasarana transportasi yang diperlukan merupakan sistem mikro yang kedua yang bisa dikenal dengan sistem jaringan yang meliputi sistem jaringan jalan raya, kereta api, terminal bus dan kereta api, bandara dan pelabuhan laut.

Interaksi antara sistem kegiatan dan sistem jaringan ini menghasilkan pergerakan manusia dan/atau barang dalam bentuk pergerakan manusia dan/atau barang dalam bentuk pergerakan kendaraan dan/atau orang (pejalan kaki). Suatu sistem mikro yang ketiga adalah sistem pergerakan yang aman, cepat, nyaman, murah, handal, dan sesuai dengan lingkungannya dapat tercipta jika pergerakan tersebut diatur oleh sistem rekayasa dan manajemen lalu lintas yang baik.

B. Pergerakan Kendaraan

B.1. Bangkitan dan Tarikan Pergerakan

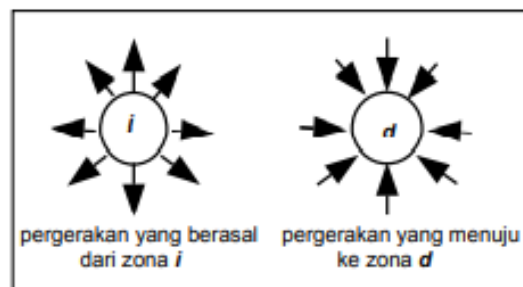
Bangkitan pergerakan adalah tahapan model yang memperkirakan jumlah pergerakan yang berasal dari suatu zona atau tata guna lahan dan

jumlah pergerakan yang tertarik ke suatu tata guna lahan atau zona. (Tamin,2009).

Pergerakan lalu lintas merupakan fungsi tata guna lahan yang menghasilkan pergerakan lalu lintas. Bangkitan lalu lintas mencakup:

- a. Lalu lintas yang meninggalkan suatu lokasi
- b. Lalu lintas yang menuju atau tiba ke suatu lokasi

Bangkitan dan tarikan pergerakan terlihat secara diagram pada gambar 2.2 (Tamin,2000).



Gambar 2. Bangkitan dan tarikan pergerakan

B.2. Jenis Tata Guna Lahan

Jenis tata guna lahan yang berbeda (permukiman, pendidikan, dan komersial) mempunyai ciri bangkitan lalu lintas yang berbeda:

- a. Jumlah arus lalu lintas
- b. Jenis lalu lintas (pejalan kaki, mobil, truk)
- c. Lalu lintas pada waktu tertentu (kantor menghasilkan lalu lintas pada pagi dan sore hari, sedangkan pertokoan menghasilkan arus lalu lintas sepanjang hari).

Jumlah dan jenis lalu lintas yang dihasilkan oleh setiap tata guna lahan merupakan hasil dari fungsi parameter sosial dan ekonomi:

- a. 1 ha perumahan menghasilkan 60-70 pergerakan kendaraan per minggu
- b. 1 ha perkantoran menghasilkan 700 pergerakan kendaraan per hari
- c. 1 ha tempat parkir umum menghasilkan 12 pergerakan kendaraan per hari.

Tabel 1. Bangkitan dan Tarikan Pergerakan dari Berbagai Aktivitas Tata Guna Lahan

Deskripsi aktivitas Tata Guna Lahan	Rata-rata Jumlah Pergerakan Kendaraan Per 100 m ²	Jumlah Kajian
Pasar Swalayan	136	3
Pertokoan	85	21
Pusat Pertokoan	38	38
Restoran Siap Santap	595	6
Restoran	60	3
Gedung Perkantoran	13	22
Rumah Sakit	18	12
Perpustakaan	45	2
Daerah Industri	5	98

Sumber: Black (1981)

Sementara itu khusus untuk bangkitan/tarikan hotel dan penginapan dilihat dari beberapa pendekatan yaitu berdasarkan jumlah kamar dan luasan parkir yang disediakan serta berdasarkan fasilitas lain yang digunakan.

Tabel 2. Kebutuhan Ruang Parkir untuk Hotel dan Penginapan

		Hotel dan penginapan				
Jumlah Kamar (buah)		100	150	200	250	350
Tarif Standar	<100	154	155	156	158	161
	100-150	300	450	476	477	480
	150-200	300	450	600	798	799
	200-250	300	450	600	900	1050

Bangkitan pergerakan bukan saja beragam dari dalam jenis tata guna lahan, tetapi juga tingkat aktivitasnya. Semakin tinggi penggunaan sebidang tanah, semakin tinggi pergerakan lalu lintas yang dihasilkannya. Salah satu ukuran intensitas aktivitas sebidang tanah adalah kepadatannya.

B.3. Sebaran Pergerakan

Sebaran pergerakan menghubungkan interaksi antara tata guna lahan, jaringan transportasi, dan arus lalu lintas. Pola sebaran arus lalu lintas antara zona asal ke zona tujuan adalah hasil dari dua hal yang terjadi secara bersamaan, yaitu lokasi dan intensitas tata guna lahan yang akan menghasilkan arus lalu lintas, dan pemisah ruang, interaksi antara dua buah tata guna lahan yang akan menghasilkan pergerakan manusia dan/atau barang.

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 pengolahan 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 sistem pergerakan. Ini berhubungan dengan kondisi dari arus lalu lintas dan sarana penunjangnya

pada saat sekarang dan bagaimana mengorganisasikannya untuk mendapat penampilan yang terbaik.

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 tersebut sebaik mungkin
3. Melindungi dan memperbaiki keadaan kondisi lingkungan lalu lintas tersebut berada
4. Mempromosikan penggunaan energi secara efisien.

C.2. Sasaran Manajemen Lalu Lintas

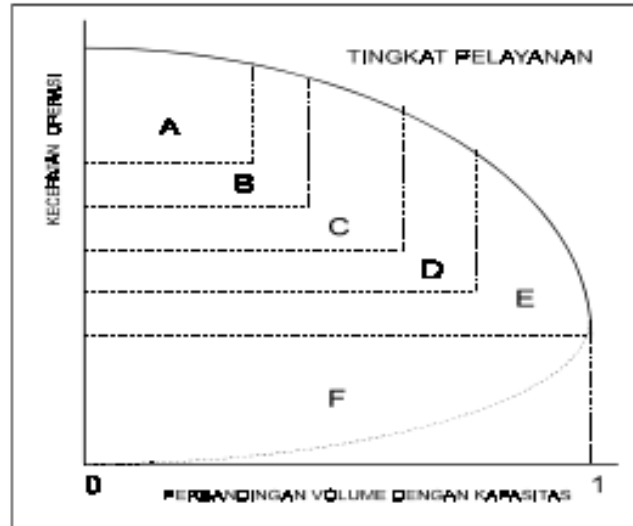
Sasaran manajemen lalu lintas sesuai dengan tujuan sebelumnya adalah:

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 aktivitas-aktivitas yang tidak cocok dengan fungsi jalan tersebut.

C.3. Perencanaan Lalu Lintas

Berdasarkan peraturan Menteri perhubungan No. KM 14 (2006), salah satu perencanaan lalu lintas yaitu penetapan tingkat pelayanan yang diinginkan Tingkat pelayanan berkaitan dengan kecepatan operasi atau fasilitas jalan, yang tergantung pada perbandingan antara arus terhadap kapasitas. Oleh karena itu, tingkat pelayanan pada suatu jalan tergantung pada arus lalu lintasnya. *Highway Capacity Manual* mempunyai enam buah tingkat pelayanan yang diilustrasikan pada Gambar 3. dibawah ini:



Gambar 3. Tingkat Pelayanan Berdasarkan Arus Lalu Lintas

- Tingkat Pelayanan A, yaitu arus bebas
- Tingkat pelayanan B, yaitu arus stabil (untuk merancang jalan antar kota)

- Tingkat pelayanan C, yaitu arus stabil (untuk merancang jalan perkotaan)
- Tingkat pelayanan D, yaitu arus mulai tidak stabil
- Tingkat pelayanan E, yaitu arus tidak stabil (tersendat-sendat)
- Tingkat pelayanan F, yaitu arus terhambat (berhenti, antrian, macet).

C.4. Strategi dan Teknik Manajemen Lalu Lintas

Terdapat tiga strategi manajemen lalu lintas secara umum yang dapat dikombinasikan sebagai bagian dari rencana manajemen lalu lintas.

Teknik-teknik tersebut adalah:

1. Manajemen kapasitas, terutama dalam pengorganisasian ruang jalan. Langkah pertama dalam manajemen lalu lintas adalah membuat penggunaan kapasitas jalan dan ruas jalan seefektif mungkin, sehingga pergerakan lalu lintas yang lancar merupakan syarat utama.

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 ukurannya, untuk memperbaiki kecepatannya walaupun

dengan jumlah sedikit akan menguntungkan banyak orang. Juga sering ditemui taksi yang mendapat prioritas.

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) Control pengembangan tata guna lahan.

D. Analisis Kinerja Lalu Lintas

Analisis kinerja lalu lintas dapat ditentukan berdasarkan nilai derajat kejenuhan atau kecepatan tempuh pada suatu kondisi jalan tertentu yang terkait dengan geometrik, arus lalu lintas, dan lingkungan jalan untuk kondisi eksisting maupun kondisi desain. Semakin rendah nilai derajat kejenuhan atau semakin tinggi kecepatan tempuh menunjukkan semakin baik kinerja lalu lintas.

D.1. Karakteristik Geometrik

Menurut Aodang (2010) Komponen jalan terdiri dari:

1. Jalur lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang digunakan untuk lalu lintas 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 penyebrangan 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 di tepi jalur lalu lintas, dan harus di perkeras, 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, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana.

D.2. Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Menurut MKJI (1997), nilai arus lalu lintas (Q) mencerminkan komposisi arus lalu lintas dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (smp). Semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) di ubah menjadi satuan mobil penumpang dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tiap tipe kendaraan sebagai berikut:

1. Kendaraan Ringan (LV)

Kendaraan ringan merupakan kendaraan bermotor dua as beroda 4 dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (termasuk mobil penumpang, opelet, mikrobiu, pick-up, dan truk kecil sesuai klasifikasi bina marga).

2. Kendaraan Berat (HV)

Kendaraan berat merupakan kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,50 m biasanya berada lebih dari 4 (termasuk bis, truk 2 as, truk 3 as, truk kombinasi sesuai klasifikasi bina marga).

3. Sepeda Motor (MC)

Sepeda motor merupakan kendaraan bermotor berdasarkan dua atau tiga roda sesuai sistem klasifikasi bina marga.

4. Pengaruh kendaraan tak bermotor dimasukkan sebagai kejadian terpisah dalam faktor penyesuaian hambatan samping. Ekuivalen mobil penumpang (emp) untuk masing-masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan dan arus total yang dinyatakan dalam kend/jam.

D.3. Hambatan Samping

Banyaknya kegiatan samping jalan sering menimbulkan konflik dengan arus lalu lintas, diantaranya menyebabkan kemacetan bahkan sampai terjadinya kecelakaan lalu lintas. Hambatan samping juga terbukti sangat berpengaruh pada kapasitas dan kinerja jalan.

Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas dari aktivitas samping segmen jalan seperti kendaraan masuk atau keluar sisi jalan. Sedangkan kelas hambatan samping untuk jalan perkotaan tertera pada tabel 3. di bawah ini:

Tabel 3. Kelas Hambatan Samping (SFC) Untuk Jalan Perkotaan

Frekuensi Berbobot Kejadian	Kondisi Khusus	Kelas Hambatan Samping
< 100	Pemukiman, Hampir tidak ada pemukiman	Sangat Rendah
100 - 299	Pemukiman, beberapa angkutan umum, dll.	Rendah
300 - 499	Daerah Industri dengan toko-toko di sisi jalan	Sedang
500 - 899	Daerah niaga dengan aktivitas sisi jalan yang tinggi	Tinggi

> 900	Daerah niaga dengan aktivitas pasar sisi jalan yang sangat tinggi	Sangat Tinggi
-------	---	---------------

D.4. Tingkat Pelayanan Jalan (*Level of Service*)

Tingkat pelayanan pada umumnya digunakan sebagai ukuran dari pengaruh yang membatasi akibat peningkatan volume. Setiap ruas jalan dapat digolongkan pada tingkat tertentu yaitu antara A sampai F yang mencerminkan kondisi pada kebutuhan atau volume pelayanan tertentu.

Tabel 4. Standarisasi Tingkat Pelayanan Jalan (*Level of Service*)

Nilai DS	Klasifikasi Tingkat Pelayanan	Notasi
0.01 - 0.20	Arus bebas, volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki	A
0.2 - 0.44	Arus stabil, kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas, pengemudi masih dapat bebas dalam memilih	B
0.45 - 0.74	Arus stabil, kecepatan dapat dikontrol oleh lalu lintas	C
0.75 - 0.84	Arus mulai tidak stabil, kecepatan rendah dan berbeda-beda, volume mendekati kapasitas	D
0.85 - 1.00	Arus tidak stabil, kecepatan rendah dan berbeda-beda, volume mendekati kapasitas	E
>1.00	Arus yang terhambat, kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, sering terjadi kemacetan pada waktu yang cukup lama	F

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

E. Konsepsi Model Mikro - Simulasi

Konsepsimulasi sering sekali digunakan dalam lalu lintas dalam merencanakan sebuah kegiatan transportasi khususnya yang bersifat dinamis dan sangat luas, konsep lalu lintas yang sangat luas mempunyai berbagai macam karakteristik serta parameter yang banyak sehingga perlu

dilakukan 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 tergantung model yang dibangun dari suatu permasalahan, sedangkan simulasi merupakan suatu proses 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 sebagai 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 Diskrit. Untuk mengelompokkan suatu model simulasi apakah diskrit atau kontinu, 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*

Model simulasi lalu lintas merupakan sebuah pendekatan yang efektif untuk menganalisis operasi lalu lintas karena sebuah pendekatan yang efektif untuk menganalisis operasi lalu lintas karena bisa menghasilkan output yang relatif mendekati kondisi nyata. Kebanyakan model simulasi berdasarkan pada kondisi *non-mixed traffic*, fokus pada lalu lintas dengan kendaraan roda empat dan sistem 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 jalur 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 pola trafik yang dihasilkan dari perubahan arus lalu lintas atau dari perubahan lingkungan fisik. Dalam konsep mikro-simulasi dikenal dengan model yang digunakan pada alat mikro-simulasi yaitu *car following model*.

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 tetap 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 di depannya dan menjaga perbedaan kecepatan dengan perlambatan yang rendah.
- 4) *Emergency*: jika jarak kendaraan yang mengikuti lebih kecil jarak aman yang diinginkan, maka terjadi reaksi yaitu melakukan perlambatan maksimum untuk mencegah tabrakan.

G. PTV Vissim

Vissim adalah perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi arus lalu lintas secara mikroskopis terkemuka yang dikembangkan oleh PTV Planung Transport Verkehr AG di Karlsruhe, Jerman. *Vissim* pertama kali dikembangkan di Jerman pada tahun 1992 yang saat ini menjadi perangkat lunak transportasi yang paling populer 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 maupun dipedesaan baik itu analisis arus kendaraan ataupun arus pejalan kaki serta memiliki kemampuan untuk mensimulasikan berbagai jenis moda lalu lintas secara bersamaan (Aryandi dan Munawar, 2014).



Gambar 4. Mikro-Simulasi pada Bundaran (*Roundabout*)

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 kontrol lalu lintas
- 5) Operasi sistem sinyal lalu lintas dan studi pengaturan ulang
- 6) Simulasi transportasi publik

Tingkat pelayanan (*Level of Service*) adalah ukuran kinerja 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.

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

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 jalan dan ketidakdisiplinan pengemudi mengakibatkan Gerakan kendaraan yang kompleks terutama pada persimpangan (Manjunatha et al., 2013).

Parameter mikro-simulasi berbasis *vissim* merupakan nilai yang akan digunakan dalam melakukan proses kalibrasi dan validasi dalam pemodelan simulasi lalu lintas yang dilakukan. Pada perangkat lunak *Vissim* terdapat 168 parameter yang dipilih berdasarkan 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 pemodelan 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 mempengaruhi seberapa baik pengemudi Ketika ingin melakukan pergerakan atau reaksi.
- c) *Look Back Distance (min, max)* yaitu jarak minimum dan maksimum suatu kendaraan dapat melihat kendaraan dapat melihat ke belakang dalam tujuan melakukan reaksi terhadap kendaraan lain di belakangnya.
- d) *Average Standstill Distance* yaitu nilai penambah dalam penentuan jarak aman yang diinginkan.
- e) *Addictive Part of Safety Distance* yaitu nilai tambah dalam menentukan jarak aman yang diinginkan.

f) *Multiplicative Part of Safety Distance* yaitu nilai pengali dalam penentuan jarak aman diinginkan. Nilai 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 mempengaruhi 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 dari sisi sebelah kanan maupun sisi sebelah kiri.

c) *Minimum Lateral Distance* yaitu lateral minimum kendaraan pada saat berada di samping kendaraan yang lain.

G.2. Konsep Kalibrasi dan Validasi Model Simulasi

Kalibrasi pada *Vissim* merupakan proses dalam membentuk 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-square* dengan menggabungkan perbedaan antara nilai relatif dan mutlak. Rumus *GEH* sendiri dapat dilihat dari persamaan 2.1 Dan memiliki ketentuan khusus dari nilai *error* yang dihasilkan pada Tabel 12.

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{simulated} - q_{observed})^2}{0,5 \times (q_{simulated} + q_{observed})}} \quad (2.1)$$

Dimana:

q : Data Volume arus lalu lintas (kendaraan/jam)

Tabel 5. Penilaian Hasil Uji Statistik *GEH* (*Geoffrey E. Havers*)

Nilai	Keterangan
$GEH < 5.0$	Diterima
$5.0 \leq GEH \leq 10,0$	Peringatan: kemungkinan eror atau data buruk
$GEH > 10.0$	Ditolak

Metode yang digunakan untuk proses validasi adalah dengan menggunakan rumus dasar *Chi-square*. Uji *Chi-square* dilakukan dengan membandingkan antara mean hasil simulasi dengan mean hasil observasi.

Rumus umum *Chi-square* (χ^2) dapat dilihat pada persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left| \frac{O_i - E_i}{E_i} \right|^2 \quad (2.2)$$

Dimana:

O_i : Data observasi

E_i : Data ekspektasi

Tingkat signifikan dengan derajat keyakinan uji dengan derajat keyakinan Uji *Chi-square* sebesar 95% atau $\alpha = 0.05$ dan kriteria uji hasil diterima apabila hasil hitung \leq hasil tabel *Chi-square*.

H. Hasil Kajian Terdahulu

Kajian Pustaka yang telah dibahas pada sub-bab diatas mengacu pada beberapa studi terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa studi terdahulu yang terkait dengan penelitian ini antara lain:

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 Gunung Bawakaraeng dengan pendekatan mikro-simulasi lalu lintas menggunakan *Software vissim*, b) Mengoptimisasikan fase lampu 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 jarak 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 pada kinerja simpang ini.

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 simpan Tugu Yogyakarta, b) Mengoptimalisasi sinyal lampu lalu lintas pada Tugu Yogyakarta, c) Menganalisis 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 Wiedmann 74 yaitu *average standstill distance*, *additive part of safety and multiplaicative part of safety distance* karena parameter tersebut memberikan perubahan besar dalam proses kalibrasi mencapai 65% untuk

volume arus lalu lintas dan 46% 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 Menganalisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta)”. Penelitian ini bertujuan untuk a) mengetahui proporsi pengguna jalan meliputi kendaraan tak 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 permodelan 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 39 m dan 51 m untuk antrian terpendek. Perbedaan ini terjadi karena adanya perbedaan penyebaran antrian antara realita di lapangan dengan simulasi *Software Vissim*.

Pipit Candra dkk, melakukan penelitian dengan judul “Analisis Simpang bersinyal Menggunakan *Software Vissim*”. Penelitian ini bertujuan

untuk a) Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi 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 dengan perencanaan jalan satu arah masuk, pelebaran jalan dan interpolasi lampu hijau sehingga diperoleh nilai tundaan dan derajat kejenuhan yang lebih baik dibanding kondisi eksisting.

Tabel 6. Rangkuman Studi Terdahulu

No	Penelitian	Judul	Tujuan	Hasil
1	Fahmi Pratama dkk	<i>Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Terkoordinasi jl. Gunung Bawakaraeng Berbasis Mikro-Simulasi</i>	<p>a) Menganalisis kinerja eksisting simpang bersinyal dengan pendekatan mikro-simulasi lalu lintas menggunakan <i>Software vissim</i>,</p> <p>b) Mengoptimalkan fase lampu dan waktu siklus APILL pada simpang bersinyal dengan pendekatan mikro-simulasi lalu lintas menggunakan <i>Software Vissim</i>,</p> <p>c) Mengoptimasi fase lalu lintas dan waktu siklus APILL pada simpang bersinyal secara terkoordinasi dengan pendekatan mikro-simulasi lalu lintas menggunakan <i>Software Vissim</i></p>	<p>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 jarak 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 pada kinerja simpang ini.</p>

2	Nurhayati dkk	<i>Analisis Kinerja Lalu Lintas Akibat Pengaturan Sistem Pergerakan Kendaraan Pada Jl. A.P. Pettarani di Makassar</i>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja lalu lintas pada Jl. A.P. Pettarani yang meliputi:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Volume rata-rata kendaraan, b) kecepatan rata-rata, c) kapasitas ruas jalan, d) derajat kejenuhan ruas jalan dan persimpangan Jl. A.P. Pettarani. 	<p>Hasil penelitian yaitu <i>Vissim</i> mampu mengidentifikasi berbagai kelas kendaraan dengan berbagai tipe dan jenis kendaraan. Selain itu proses kalibrasi pada pemodelan simulasi menggunakan <i>Vissim</i> merupakan hal yang sangat penting dan sensitif. Khususnya untuk parameter yang tersedia pada <i>Car Following Model</i> dengan tipe Wiedmann 74 yaitu <i>average standstill distance</i>, <i>additive part of safety and multiplicative part of safety distance</i> karena parameter tersebut memberikan perubahan besar dalam proses kalibrasi mencapai 65% untuk volume arus lalu lintas dan 46% untuk panjang antrian. Kemudian setelah dilakukan pengoptimalan lampu lalu lintas,</p>
---	------------------	---	---	---

				didapatkan bahwa terjadi pengurangan panjang antrian hingga 39% per jam.
3	Rama Dwi Aryandi	Penggunaan <i>Software Vissim</i> Untuk Menganalisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta)".	<p>a) mengetahui proporsi pengguna jalan meliputi kendaraan tak bermotor, dan kendaraan umum di simpang Mirota Kampus saat ini.</p> <p>b) mengetahui panjang antrian maksimum, minimum, rata-rata, serta tundaan pada kondisi eksisting.</p> <p>c) membandingkan hasil analisis panjang antrian maksimum, minimum, rata-rata serta tundaan dengan menggunakan <i>Software Vissim</i> dan pengamatan langsung dilapangan</p>	<p>Hasil yang diperoleh dari analisis tersebut yaitu bahwa panjang antrian rata-rata di lapangan dan permodelan atau simulasi dengan <i>Software Vissim</i> hamper 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 <i>Software Vissim</i>, yaitu 76 m dan 64 m untuk antrian terpanjang 39 m dan 51 m untuk antrian terpendek. Perbedaan ini terjadi karena adanya perbedaan penyebaran antrian antara realita dilapangan dengan simulasi <i>Software Vissim</i>.</p>

4	Pipit Candra dkk	Analisis Simpang bersinyal Menggunakan <i>Software Vissim</i>	a) Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja simpang bersinyal, b) mengevaluasi kinerja simpang bersinyal, dan c) memberi alternatif solusi	hasil analisis diperoleh bahwa volume lalu lintas menjadi faktor utama kinerja lalu lintas. Berdasarkan alternatif diperoleh solusi terbaik adalah dengan perencanaan jalan satu arah masuk, pelebaran jalan dan interpolasi lampu hijau sehingga diperoleh nilai tundaan dan derajat kejenuhan yang lebih baik dibanding kondisi eksisting.
---	---------------------	--	---	--