



TESIS - IS185401

**PENGEMBANGAN MODEL SISTEM DINAMIK  
UNTUK MENGURANGI KEMACETAN DALAM  
MENDUKUNG *INTELLIGENT TRANSPORTATION  
SYSTEM* (STUDI KASUS: KOTA SURABAYA)**

**FIZAR SYAFA'AT**  
**05211750012009**

Dosen Pembimbing  
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.

Departemen Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020



*(Halaman sengaja dikosongkan)*



TESIS - IS185401

**DEVELOPMENT OF SYSTEM DYNAMIC MODELS  
TO REDUCE CONGESTION IN SUPPORTING  
INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM (CASE  
STUDY: SURABAYA CITY)**

**FIZAR SYAFA'AT  
05211750012009**

**Dosen Pembimbing  
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.**

**Departemen Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020**

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

# LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

**Magister Komputer (M.Kom)**

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**FIZAR SYAFA'AT**

**NRP: 05211750012009**

Tanggal Ujian: 06 Januari 2020

Periode Wisuda: Maret 2020

Disetujui oleh:

**Pembimbing:**

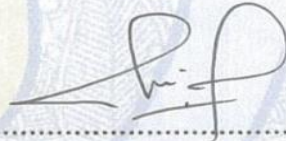
1. Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D  
NIP: 197004272005012001



.....

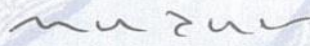
**Penguji:**

1. Mahendrawathi ER, S.T., M.Sc, Ph.D  
NIP: 197610112006042001



.....

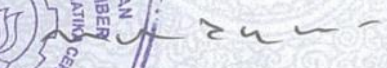
2. Dr. Mudjahidin, S.T., M.T  
NIP: 197010102003121001



.....



Kepala Departemen Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

  
**Dr. Mudjahidin, S.T., M.T**  
NIP: 197010102003121001

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

**PENGEMBANGAN MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK MENGURANGI  
KEMACETAN DALAM Mendukung *INTELLIGENT  
TRANSPORTATION SYSTEM* (STUDI KASUS: KOTA SURABAYA)**

Nama Mahasiswa : Fizar Syafa'at  
NRP : 05211750012009  
Dosen Pembimbing : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.

**ABSTRAK**

Transportasi memainkan peran kunci dalam kehidupan masyarakat, mengubah pandangan dan memiliki pertumbuhan sosial dan ekonomi yang besar. Selain itu, perkembangan teknologi juga terkait dengan pertumbuhan sosial dan ekonomi, sehingga *Intelligent Transport System* (ITS) telah berkembang pesat menuju kondisi sosial dan ekonomi saat ini. Masalah terbesar dengan perkembangan transportasi saat ini adalah kemacetan dan bahkan kemacetan sendiri telah menjadi masalah yang lebih memprihatinkan saat ini. Semakin banyak pertumbuhan kendaraan, semakin banyak kompetisi yang dilakukan oleh pabrik dengan mempromosikan kendaraan yang mereka buat dan tidak ada aturan yang jelas untuk meningkatkan pertumbuhan kendaraan. Ada beberapa faktor yang menyebabkan kemacetan mulai dari pertumbuhan jumlah penduduk di kota-kota yang semakin hari semakin meningkat, jalan yang lebih kecil dari volume kendaraan hingga kecelakaan lalu lintas juga menjadi salah satu kendala bahkan pemerintah sendiri yang menyediakan fasilitas jalan.

Surabaya merupakan kota metropolitan dengan penduduk terbanyak kedua setelah ibu kota Negara Jakarta. Sebagai kota yang terus berkembang, kebutuhan akan alat transportasi juga meningkat. Tingginya kebutuhan masyarakat tersebut menimbulkan berbagai masalah pula di bidang transportasi. Masalah-masalah transportasi umumnya adalah kecelakaan lalu lintas dan kemacetan. Dalam penelitian ini kepadatan kendaraan yang ada di kota Surabaya dengan mengkhhususkan pada jalan Ahmad Yani, dimodelkan dengan menggunakan sistem dinamik untuk menganalisis kondisi saat ini dan mengevaluasi permasalahan yang ada serta memberikan alternatif scenario pemecahan masalah. Hasil scenario kendaraan dengan merekayasa lalu lintas dengan mempercepat lampu hijau untuk simpangan yang terjadi kemacetan menurunkan kemacetan sekitar 11.64% . Untuk scenario penambahan bus Rapid Transprt maka penurunan Kemacetan sebesar 5.31% dan pengurangan pengurangan kecelakaan berkurang sebesar 16%.

**Kata Kunci** : Sistem dinamik, Sistem Transportasi Cerdas, Kemacetan



*(Halaman sengaja dikosongkan)*

DEVELOPMENT OF SYSTEM DYNAMIC MODELS TO REDUCE  
CONGESTION IN SUPPORTING INTELLIGENT TRANSPORTATION  
SYSTEM (CASE STUDY: SURABAYA CITY)

Student Name : Fizar Syafa'at  
Student Number : 05211750012009  
Supervisor : Erma Suryani, ST., MT., Ph.D.

**ABSTRACT**

Transportation plays a key role in people's lives, changes their outlook and has great social and economic growth. In addition, technological development is also related to social and economic growth, so that the Intelligent Transport System (ITS) has developed rapidly towards the current social and economic conditions. The biggest problem with the development of transportation at this time is congestion and even congestion itself has become a more worrying problem today. The more vehicle growth, the more competition is carried out by factories by promoting the vehicles they make and there are no clear rules to increase vehicle growth. There are several factors that cause congestion ranging from population growth in cities which are increasingly increasing, roads that are smaller than the volume of vehicles to traffic accidents are also an obstacle even the government itself provides road facilities.

Surabaya is a metropolitan city with the second most population after the capital city of the State of Jakarta. As a city that continues to grow, the need for transportation also increases. The high needs of the community also cause various problems in the field of transportation. Common transportation problems are traffic accidents and traffic jams. In this study the density of vehicles in the city of Surabaya by specializing on Ahmad Yani Road, is modeled using a dynamic system to analyze current conditions and evaluate existing problems and provide alternative scenarios for solving problems. The results of the vehicle scenario by manipulating traffic by speeding up the green light for the intersection that occurs in congestion decreases congestion by about 11.64%. For the scenario of adding a Rapid Transport bus, the Congestion reduction is 5.31% and the reduction in accident reduction is reduced by 16%.

***Keywords***— **Dynamic System, Intelligent Transportation System**

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang telah memberikan ridho, rahmat, dan hidayah-nya sehingga tesis yang berjudul “Pengembangan Model Sistem Dinamik Untuk Mengurangi Kemacetan Dalam Mendukung *Intelligent Transportation System* (Studi Kasus: Kota Surabaya)” dapat disusun dengan baik dan sholawat serta salam smoga terus tercurahkan kepada suri tauladan nabi besar Muhammad Shallallahu Alaihi Wa Sallam beserta keluarga dan sahabat-sahabat beliau. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada Program Magister Sistem Informasi, Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dalam proses penyelesaian tesis ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, baik bantuan moral maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Orang tua penulis, Bapak Munajah Mashoro dan ibu Andi Mamas yang telah banyak memberikan bantuan berupa doa, nasihat, dan dukungan selama proses pengerjaan tesis ini. Terdapat doa Ibu di balik kesuksesan seorang anak manusia.
2. Ibu Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing dan Dosen Wali Akademik yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran, serta memberikan ilmu, dukungan, dan kesabaran selama membimbing penulis dari awal hingga tesis ini selesai.
3. Ibu Mahendrawathi Er., ST., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji I yang telah bersedia menguji dan memberikan masukan untuk penelitian ini.
4. Bapak Dr. Mudjahidin, ST., MT., selaku Dosen Penguji II yang telah bersedia menguji dan memberikan masukan untuk penelitian ini.
5. Bapak dan Ibu dosen yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama Penulis menempuh pendidikan di Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

6. Segenap staf dan karyawan di Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang membantu Penulis dalam pelaksanaan tesis ini.
7. Para sahabat Moh. Makbul, Andriyan Rizki Jatmiko (Leader Doominator), Sativandi Putra (Mas Om), Achmad Wildan Nabila, Mohammad Hardi, Mas Galih, Mas Bintang, Mohammad Arif, ZulKifli dan Semua teman-teman yang tidak dapat di sebutkan satu persatu
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dan terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan tesis ini.

Dengan keterbatasan pengalaman, ilmu maupun pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan dan pengembangan lanjut agar benar benar bermanfaat. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran agar tesis ini lebih sempurna serta sebagai masukan bagi penulis untuk penelitian dan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan untuk Indonesia kedepannya.

Surabaya, Desember 2019

Fizar Syafa'at

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	7
1.4 Kontribusi Dan Manfaat.....	7
1.4.1 Kontribusi di Bidang Keilmuan.....	7
1.4.2 Kontribusi Praktis.....	8
1.5 Batasan Penelitian.....	8
1.6 Sistematika Penulisan.....	8
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	<b>10</b>
2.1 Transportasi.....	10
2.2 Jalan.....	13
2.2.1 Klasifikasi Kelas Jalan.....	13
2.2.2 Bagian- Bagian Jalan.....	15
2.3 Kemacetan.....	16
2.3.1 Kendaraan Rencana.....	16
2.3.2 Kecepatan Rencana.....	17
2.3.3 Volume Kendaraan.....	19
2.4 <i>Intelligent Transportation System</i> .....	19
2.4.1 <i>Advanced Traveller Information System (ATIS)</i> .....	20
2.4.2 <i>Advanced Traffic Control System(ATCS)</i> .....	21
2.4.3 Incident Command System (ICS).....	22
2.4.4 Advanced driver-assistance systems (ADAD).....	22
2.5 Konsep Dasar Sistem Simulasi.....	22

2.5.1 Sistem.....	22
2.5.2 Pemodelan .....	26
2.5.3 Simulasi .....	26
2.6 Sistem Dinamik .....	28
2.7 Penelitian Terkait .....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	35
3.1 Kajian Pustaka .....	36
3.2 Pengumpulan Data.....	36
3.3 Pengembangan Model.....	37
3.4 <i>Boundary Adequacy</i> .....	37
3.5 Diagram Kausatik .....	38
3.6 Pengolahan Data (Flow Diagram) .....	41
3.7 Validasi Model.....	42
3.8 Membuat Skenario Model .....	43
3.9 Analisis dan Pembahasan Hasil Simulasi.....	44
3.10 Membuat Kesimpulan.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	45
4.1 Pengumpulan Data.....	45
4.2 Pengembangan Model Penelitian.....	46
4.2.1 <i>Boundary Adequacy</i> .....	46
4.2.2 <i>Casual Loop Diagram</i> .....	47
4.3 Pemodelan Sistem .....	49
4.3.1 Sub Model Lalu-Lintas Harian Rata-Rata.....	49
4.3.2 Sub Model Kapasitas Jalan Ahmad Yani Surabaya.....	53
4.3.3 Sub Model Populasi Penduduk Surabaya .....	55
4.3.4 Sub Model Derajat Kejenuhan ( <i>Degree of Saturation</i> ) .....	57
4.3.5 Sub Model Kecelakaan Kendaraan.....	59
4.3.6 Sub Model <i>Intelligent Transportation System</i> .....	62
4.3.7 Sub Model Angkutan Umum.....	63
4.4 Validasi Model.....	65
4.4.1 Validasi Sub Model Lalu Lintas Harian Rata-Rata .....	65
4.4.2 Validasi Sub Model Satuan Mobil Per Penumpang (SMP) .....	72
4.4.3 Validasi Sub Model Kecelakaan Kendaraan .....	73
4.6 Pengembangan Skenario .....	77

4.6.1 Rekayasa Lalu Lintas .....	77
4.6.2 Skenario Penambahan Bus Rapid Transport .....	82
4.6.3 Skenario Meminimalkan Kecelakaan Lalu Lintas .....	88
4.7 Verifikasi Model .....	95
4.7.1 Check Model.....	95
4.7.1 Check Unit .....	95
4.8 Kesimpulan Hasil Pengembangan Model.....	96
4.9 Analisis Interpretasi Hasil .....	98
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	103
5.1 Kesimpulan.....	103
5.2 Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA.....	105
Biografi penulis.....	109



*(Halaman sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Langkah-langkah dalam pembuatan model sistem dinamik.....	6
Gambar 2.1 Cara untuk Belajar Sebuah Sistem .....	23
Gambar 2.2 <i>Representasi Struktur Stock and Flow</i> .....	31
Gambar 3.1 Tahapan Penetian.....	35
Gambar 3.2 Diagram Kausatik, <i>Charles Raux (2003)</i> .....	38
Gambar 3.3 Diagram Kausatik , <i>Armelia. S, et al (2016)</i> .....	39
Gambar 3.4 Diagram Kausatik Penelitian.....	40
Gambar 4.2. Sub Model Kendaraan Ringan Jalan Ahmad Yani Surabaya .....	51
Gambar 4.3. Sub Model Kendaraan Berat Jalan Ahmad Yani Surabaya .....	51
Gambar 4.4. Tren Pertumbuhan Lalu-Lintas Kendaraan Ringan.....	52
Gambar 4.5. Tren Pertumbuhan Lalu-Lintas Kendaraan Berat .....	52
Gambar 4.6. Tren Pertumbuhan Total kendaraan di jalan Ahmad Yani Surabaya .....	53
Gambar 4.7. Sub model Emisi Karbon.....	54
Gambar 4.8. Kapasitas Jalan Ahmad Yani Surabaya .....	55
Gambar 4.9. Sub Model Populasi Surabaya .....	56
Gambar 4.10. Grafik Populasi Surabaya.....	57
Gambar 4.11. Sub model Derajat kejenuhan Jalan Ahmad Yani Surabaya.....	58
Gambar 4.12. Grafik Derajat kejenuhan Jalan Ahmad Yani Surabaya .....	59
Gambar 4.13. Sub model Tingkat Kecelakaan Surabaya.....	61
Gambar 4.14. Grafik Tingkat Kecelakaan Surabaya .....	62
Gambar 4.15. Sub model <i>Intelligent Transportation System</i> .....	62
Gambar 4.16. Grafik <i>Intelligent Transportation System</i> .....	63
Gambar 4.17. Grafik Sub model Minat Masyarakat Terhadap Angkutan Umum .....	64
Gambar 4.18. Grafik <i>Intelligent Transportation System</i> .....	65
Gambar 4.19. Grafik Validasi LHR Sepeda Motor .....	68
Gambar 4.20. Grafik Validasi LHR Mobil Pribadi.....	69
Gambar 4.21. Grafik Validasi LHR Angkutan Umum.....	70
Gambar 4.22. Grafik Validasi LHR Trailer.....	71
Gambar 4.23. Grafik Validasi LHR Bus.....	72
Gambar 4.24. Grafik Validasi LHR Truk.....	73
Gambar 4.25. Grafik Validasi SMP.....	75

Gambar 4.26. Grafik Validasi Total Kecelakaan .....	77
Gambar 4.27. Grafik Validasi Kematian Akibat Kecelakaan .....	78
Gambar 4.28. Grafik Validasi Kerugian Akibat Kecelakaan .....	78
Gambar 4.29. Rekayasa Lalu Lintas Dengan Sistem Transportasi Cerdas.....	80
Gambar 4.30 Grafik Derajat Kejenuhan Di Ruas Jalan .....	81
Gambar 4.31 Grafik Satuan Mengemudi Perpenumpang Skenario .....	83
Gambar 4.32 Sub Model Skenario Penambahan Bus Rapid Transport .....	85
Gambar 4.33 Grafik Sub Model Skenario Penambahan Bus Rapid Transport.....	86
Gambar 4.34 Sub Model Skenario Manajemen ruas jalan dan bus rapid .....	88
Gambar 4.35 Grafik Sub Model Skenario Penambahan Bus Dan Manajemen.....	88
Gambar 4.36 Sub Model Skenario Mengurangi Kecelakaan .....	90
Gambar 4.37 Grafik Pengurangan Kecelakaan Kendaraan.....	92
Gambar 4.38 Grafik Pengurangan Kematian Akibat Kecelakaan.....	92
Gambar 4.39 Grafik Pengurangan Kerugian Akibat Kecelakaan.....	93
Gambar 4.40 Check Model Sistem.....	98
Gambar 4.41 Check Unit Sistem.....	99

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan.....	13
Tabel 2.2 Golongan Medal .....	14
Tabel 2.3 Karakteristik Kendaraan .....	16
Tabel 2.4 Standar Kecepatan Rencana).....	18
Tabel 2.5 Simbol CLD.....	30
Tabel 3.1 Variabel Eksogen dan Endogen .....	37
Tabel 3.2 Rencana Aktifitas Penelitian.....	45
Tabel 4.1. <i>Boundary Adequacy</i> .....	47
Tabel 4.2. LHR Sepeda Motor, Mobil, dan Angkutan Umum .....	49
Tabel 4.3. Trailer, Bus, dan Truk.....	50
Tabel 4.4. Kecelakaan Kendaraan .....	59
Tabel 4.5. Korban Meninggal dan Kerugian .....	60
Tabel 4.6. Validasi LHR Kendaraan Sepeda Motor .....	66
Tabel 4.7. Validasi LHR Kendaraan Mobil Pribadi .....	67
Tabel 4.8. Validasi LHR Kendaraan Angkutan Umum.....	68
Tabel 4.9. Validasi LHR Kendaraan Trailer.....	70
Tabel 4.10. Validasi LHR Kendaraan Bus.....	71
Tabel 4.11. Validasi LHR Kendaraan Truk.....	73
Tabel 4.12. Validasi SMP Kendaraan.....	74
Tabel 4.13. Validasi Kecelakaan Kendaraan .....	75
Tabel 4.14. Validasi Kematian Akibat Kecelakaan.....	76
Tabel 4.15. Validasi Kerugian Akibat Kecelakaan.....	77
Tabel 4.16. Tabel Derajat Kejenuhan Skenario.....	81
Tabel 4.17. Tabel Satuan Mengemudi Perpenumpang Skenario.....	83
Tabel 4.18. Tabel Penambahan Bus rapid Transport Skenario.....	86
Tabel 4.19. Tabel Penambahan Bus rapid Transport Skenario.....	89
Tabel 4.20. Tabel Jumlah Kecelakaan Skenario.....	93
Tabel 4.21. Tabel Skenario Pengurangan Korban Jiwa.....	94
Tabel 4.22. Tabel Skenario Pengurangan Kerugian.....	95
Tabel 4.23. Tabel Kesimpulan Hasil Pengembangan Model.....	97

*(Halaman sengaja dikosongkan)*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada pendahuluan ini, akan dijelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini, perumusan masalah yang diteliti, tujuan dan manfaat dilakukannya penelitian, batasan penelitian, dan kontribusi dari penelitian.

### **1.1 Latar Belakang**

Transportasi merupakan komponen utama dalam sistem hidup dan kehidupan, sistem pemerintahan, dan sistem kemasyarakatan. Tingkat kepadatan penduduk akan memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan transportasi melayani kebutuhan masyarakat. Di perkotaan, kecenderungan yang terjadi adalah meningkatnya jumlah penduduk yang tinggi karena tingkat kelahiran maupun urbanisasi. Tingkat urbanisasi berimplikasi pada semakin padatnya penduduk yang secara langsung maupun tidak langsung mengurangi daya saing dari transportasi wilayah (Susantoro & Parikesit, 2004). Kerumitan persoalan itu menyatu pada penambahan jumlah kendaraan bermotor yang bertambah melebihi kapasitas jalan, dan perilaku masyarakat yang masih mengabaikan peraturan berlalu lintas di jalan raya dan bahkan banyak tindak kejahatan yang marak terjadi terhadap pengguna jalan. Kegagalan sistem transportasi mengganggu perkembangan suatu wilayah/kota, mempengaruhi efisiensi ekonomi perkotaan, bahkan kerugian lainnya. Semakin bertambahnya penduduk pun akan menyebabkan pengguna kendaraan akan semakin banyak dan mengakibatkan terjadinya kemacetan lalu lintas.

Kemacetan lalu lintas sendiri merupakan salah satu kejadian yang umum yang terjadi pada kota-kota besar yang dapat menimbulkan kerugian besar bagi pengguna jalan terutama dalam hal materi, seperti meningkatnya biaya operasional kendaraan, pemborosan waktu dan tenaga. Selain itu, persoalan kemacetan menyebabkan semakin rendahnya tingkat kenyamanan berlalu lintas yang terjadi pada kota-kota besar di Indonesia. (Abduh I, 2015). Kemacetan lalu lintas itu sendiri terjadi bila pada kondisi lalu lintas di jalan raya mulai tidak stabil, kecepatan operasi menurun relatif

cepat akibat adanya hambatan yang timbul dan kebebasan bergerak relatif kecil (Sumadi, 2006). Lalu lintas tergantung pada kapasitas jalan, dimana banyaknya kendaraan yang ingin bergerak tetapi kalau kapasitas jalannya tidak bisa menampung maka lalu lintas yang ada akan terhambat (Sinulingga, 1999).

Kemudahan arus transportasi makin meningkat ketika terjadi konektivitas antara kondisi jalan raya dengan kendaraan. Konektivitas ini dapat terbangun melalui dukungan teknologi komunikasi (information and communication technology, ICT) yang dewasa ini sudah diterapkan oleh industri kendaraan. Keadaan yang menciptakan konektivitas antara kendaraan dan riil jalan raya (sarana dan prasarana jalan) ini disebut juga sistem transportasi intelijen (*intelligent transportation system*, ITS). *Intelligent Transportation System* atau biasa disingkat ITS pada prinsipnya adalah penerapan teknologi maju di bidang elektronika, computer dan telekomunikasi untuk membuat prasarana dan sarana transportasi lebih informatif, lancar, aman dan nyaman sekaligus ramah lingkungan.

Beberapa Negara-negara maju telah menerapkan penggunaan ITS seperti Inggris pada tahun 1980 mengembangkan *Split Cycle Offset Optimisation Technique* (SCOOT) yaitu Sistem kontrol lalu lintas perkotaan SCOOT dikembangkan oleh Transport Research Laboratory (TRL) bekerja sama dengan industri sistem lalu lintas Inggris. SCOOT adalah sistem adaptif yang merespons secara otomatis terhadap fluktuasi lalu lintas. SCOOT telah terbukti menjadi alat yang efektif dan efisien untuk mengelola lalu lintas pada jaringan jalan yang diberi sinyal dan sekarang digunakan di lebih dari 130 kota dan kota di Inggris dan luar negeri. Negara Australia juga mengembangkan *Sydney Coordinated Adaptive TrafficSystem* (SCATS) dikembangkan di Sydney, Australia oleh mantan konstituen dari Roads and Maritime Services pada tahun 1970-an. SCATS mulai digunakan di Melbourne pada tahun 1982, Adelaide, Australia Selatan pada tahun 1982 dan Australia Barat pada tahun 1983. Ini juga digunakan di Selandia Baru , Hong Kong , Shanghai , Guangzhou , Amman , Teheran , Dublin , Rzeszow , Gdynia , Central New Jersey , dan segera di sebagian Metro Atlanta, di antara beberapa tempat lain. Di Hong Kong, SCATS saat



ini diadopsi dalam sistem kontrol lalu lintas area di Pulau Hong Kong, Kowloon, Tsuen Wan dan Shatin. Tahun 1995 dikembangkan kembali waktu perjalanan otomatis untuk memudahkan para pengguna jalan secara aktif akan mendapat pesan setiap 30 detik dikirim melalui variable message signs (VMS) semacam aplikasi pengirim pesan otomatis yang sebagian besar dikembangkan pada jalan raya Auckland. Setelah memasuki jalan tol pengemudi tidak mendapatkan sms lagi karena diperkirakan jalan tol tidak lagi memiliki kemacetan. Pada tahun 2000 dikembangkan Multi-lane freeflow electronic tolling, yang digunakan pada jalan CityLink. CityLink adalah jalan raya sepanjang 22 kilometer di Melbourne, Australia, yang menghubungkan tiga jalan raya utama di dalam kota, dan menghubungkan pusat manufaktur Melbourne dengan pusat kota, pelabuhan dan bandara. Menggunakan microwave Dedicated Short-Range Communications untuk mengidentifikasi transponder kendaraan, dan kamera untuk menangkap gambar pelat nomor kendaraan di jalan tol. CityLink adalah salah satu jalan pertama di dunia yang menggunakan sistem elektronik untuk transaksi pembayarannya. Awalnya memproses lebih dari 600.000 transaksi per hari. Sehingga banyak sekali manfaat ITS bagi kehidupan masyarakat di perkotaan baik dari system pengontrol kejahatan, mengatasi kemacetan, mengurangi kecelakaan dan bahkan sampai dengan mengurangi polusi udara untuk kehidupan masyarakat perkotaan saat ini.

Masalah transportasi yang terjadi di daerah perkotaan Indonesia adalah bagaimana memenuhi permintaan jumlah perjalanan yang semakin meningkat, yang tidak menimbulkan kemacetan arus lalu lintas di jalan raya. Masalahnya tidak hanya pada kemacetan lalu lintas ,tetapi juga pada perencanaan regional yang menyeluruh di setiap daerahnya . Ini memerlukan suatu penanganan yang menyeluruh. Kalau di lihat dari perkembangan transportasi perkotaan yang ada, terlepas dari krisis ekonomi yang melibatkan Indonesia sejak tahun 1997, mobil pribadi tetap merupakan mode transportasi yang dominan, baik untuk daerah urban mau pun sub urban. Populasi pergerakan mobil pribadi yang begitu besar didaerah perkotaan ditambah dengan pola angkutan umum yang masih tradisional, menimbulkan biaya social yang sangat besar akibat waktu tempuh yang terbuang percuma,pemborosan bahan minyak, depresi kendaraan yang terlalu cepat, kecelakaan lalu lintas, hilangnya opportunity

cost, timbulnya stress, meningkatnya polusi udara, dan kebisingan. (munawar,2006). Keadaan ini di Indonesia dapat dilihat di beberapa kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Medan, Bandung dan makassar.

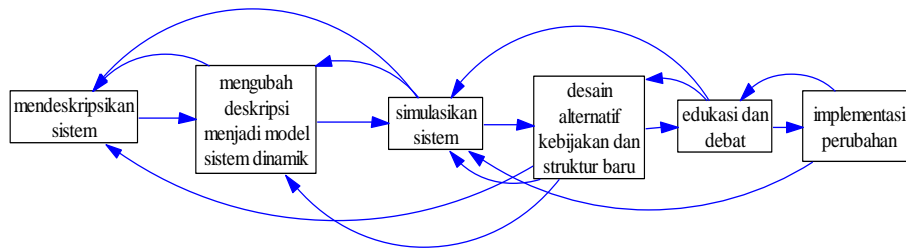
Kota Surabaya merupakan kota metropolitan kedua terbesar setelah kota Jakarta dengan jumlah penduduk mencapai 3.282.156 jiwa pada tahun 2018 (dispendukcapil kota surabaya, 2018). Kemacetan lalu lintas di Kota Surabaya terjadi pada jam-jam sibuk yaitu jam 07.00 dan 16.00 WIB. Kemacetan lalu lintas tidak dapat dihindari karena masyarakat terus melakukan berbagai aktivitas di antaranya berangkat kerja, berangkat sekolah, dan keperluan lainnya. Sebaliknya pada jam 16.00 WIB saat masyarakat pulang dari kerja akan memadati arus lalu lintas. Rutinitas seperti ini menimbulkan kemacetan lalu lintas (Boediningsih, 2011). Persoalan yang sangat berhubungan dengan kemacetan di Surabaya adalah transportasi. Masalah transportasi merupakan masalah yang cukup memprihatinkan khususnya dalam memecahkan masalah angkutan umum dengan kemacetan lalu lintas. Persoalan tersebut lebih dipersulit lagi dengan adanya kebijakan sistem transportasi yang cenderung memihak pada pengguna kendaraan pribadi (*private car*) dengan mengabaikan kepentingan masyarakat yang sebagian besar sebagai pengguna angkutan umum (*user of public transport*) (Tahir, 2005). Banyak hal yang bisa menjadi penyebab kemacetan lalu lintas tersebut, untuk itu diperlukan adanya manajemen dan rekayasa lalu lintas, dengan harapan dapat menghasilkan keselamatan dan kelancaran lalu lintas.

Manajemen dan rekayasa lalu lintas dilaksanakan dalam upaya mengoptimalkan penggunaan jaringan jalan dan gerakan lalu lintas dalam rangka menjamin keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan. Manajemen dan rekayasa lalu lintas meliputi kegiatan perencanaan, pengaturan, perekayasaan, pemberdayaan, dan pengawasan. Surabaya sendiri telah mengembangkan sebuah teknologi yaitu *Surabaya Intelligent Transport System (SITS)* yang merupakan salah satu hasil program sistem cerdas (*intelligent*) untuk manajemen dan rekayasa lalu lintas dengan memanfaatkan Teknologi Informasi dan Komunikasi yang dirancang oleh Dinas Perhubungan Kota Surabaya dalam upaya pemeringkatan Peningkatan e-

Government Indonesia (PeGI). Sistem ini berupa sebuah Adaptive Traffic Control System sebagai upaya modernisasi ATCS konvensional yang telah dimiliki oleh Surabaya. Upaya ini didukung oleh jaringan CCTV Surabaya sebagai bagian dari Traffic Management System. Intelligent Transport System yaitu Sistem cerdas untuk mendukung manajemen transportasi dengan memanfaatkan teknologi (informasi, komunikasi, sensor, kontrol dan komputerisasi) untuk membangun sistem informasi dan manajemen transportasi secara otomatis. Adaptive Traffic Control System merupakan sistem yang mampu melakukan pengaturan waktu nyala lampu lalu-lintas (*signal timing*) secara real-time berdasarkan kondisi *traffic* saat itu, termasuk akibat keperluan (*demand*) khusus dan optimasi kapasitas arus lalu-lintas secara total.

Kompleksitas pada sistem transportasi lalu lintas diantaranya disebabkan oleh variabel yang saling berkaitan erat seperti total kendaraan sangat dipengaruhi oleh volume lalu lintas rata-rata di ruas jalan dan dapat mengakibatkan kemacetan namun dengan penambahan teknologi Surabaya intelligent transportation system (ITS) dapat menurunkan kemacetan yang berada di ruas jalan tersebut. Selain itu juga faktor kapasitas jalan di persimpangan juga menjadi penyebab kemacetan kurangnya manajemen yang memadai untuk hal kapasitas jalan sehingga nantinya dengan penambahan kapasitas jalan juga mempengaruhi berkurangnya kemacetan kendaraan. Terjadinya hubungan sebab akibat yang saling mempengaruhi pada banyak skala waktu menyebabkan terjadinya perubahan pada sistem secara kontinu, sehingga diperlukan pendekatan dengan sistem dinamik yang memiliki karakteristik dinamika sistem yang kompleks, non-linear, perubahan perilaku sistem terhadap waktu dan adanya umpan balik yang menggambarkan informasi baru tentang keadaan sistem, yang kemudian akan menghasilkan keputusan selanjutnya.

Sistem dibangun dengan memahami deskripsi dan bagaimana sistem bekerja. Selanjutnya perlu dipahami tujuan dari dilakukan simulasi dan seperti apa sistem yang diinginkan. Pada tahap ini, sistem dijelaskan secara mendetail dan hipotesis dibuat untuk menjelaskan bagaimana dan apa masalah pada cara kerja sistem.



**Gambar 1.1. Langkah-langkah dalam pembuatan model sistem dinamik (sumber (Forrester, 1994))**

Sehingga dari beberapa pemaparan diatas maka tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memodelkan transportasi pada perkotaan agar lebih efektif dan efisien dalam mengatasi kemacetan untuk mewujudkan sebuah konsep *intelligent transportation system*. Oleh karena itu, diperlukan beberapa skenario hasil rekayasa model dengan pendekatan sistem dinamik untuk memenuhi karakteristik *intelligent transportation system* tersebut. Sehingga nantinya penelitian ini dapat digunakan untuk menentukan tahapan-tahapan yang dapat diambil oleh para pengambil kebijakan dalam pengurangan kemacetan perkotaan khususnya di surabaya.

## 1.2 Perumusan Masalah

ITS pada prinsipnya adalah penerapan teknologi maju di bidang elektronika, komputer dan telekomunikasi yang dipadu dengan prinsip manajemen strategi untuk meningkatkan fungsi transportasi secara keseluruhan. Sistem transportasi cerdas mencakup *Advanced Traveller Information System, Advanced Traffic Management System, Incident Management System, Assistance For Safe Driving, Support for Public Transportation*.

Selama ini pengendara kendaraan di jalan raya masih kurang memperhatikan rambu-rambu lalulintas, kecepatan kendaraan, dan masih lebih memilih menggunakan kendaraan pribadi daripada kendaraan umum sehingga kemacetan yang terjadi banyak diakibatkan oleh kendaraan pribadi yang melintas pada ruas jalan. Maka dengan adanya hal tersebut maka dapat diadopsi sebuah konsep *intelligent transportation system* guna untuk mengatasi kemacetan pada daerah perkotaan.

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka digunakan permodelan simulasi untuk melakukan analisis dan rumusan masalah penelitian sebagai berikut :

- 1 Bagaimana meningkatkan efektifitas pengguna kendaraan untuk mencapai lokasi tujuan terhadap penggunaan sistem transportasi cerdas?
- 2 Bagaimana meningkatkan efisiensi terhadap transportasi pribadi dan transportasi umum terhadap penggunaan sistem transportasi cerdas?
- 3 Bagaimana cara mengurangi kemacetan yang dukung oleh konsep sistem transportasi cerdas ?

### **1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Berdasarkan uraian sebelumnya pada rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengemabangkan model transportasi daerah perkotaan untuk mengurangi kemacetan lalu lintas melalui peningkatan efektifitas dan efisiensi sistem transportasi serta beberapa rancangan skenario strategis dalam pengambilan kebijakan atau keputusan dalam mendukung *intelligent transportation system*.

### **1.4 Kontribusi Dan Manfaat**

Terdapat beberapa kontribusi yang akan diberikan dari penelitian ini, antara lain

#### **1.4.1 Kontribusi di Bidang Keilmuan**

- a. Dapat memberikan kontribusi berupa pengembangan model transportasi yang terjadi pada daerah perkotaan.
- b. Mendapatkan gambaran rekayasa model sistem dinamik dengan beberapa skenario untuk memudahkan para pengambil kebijakan dalam menentukan langkah langkah yang akan di ambil untuk mengurangi kemacetan lalu lintas pada daerah perkotaan.
- c. Penelitian ini diharapkan dapat menambahkan referensi dan bahan informasi khususnya bagi peneliti yang akan melakukan penelitian sejenis untuk dapat dikembangkan lebih lanjut dan lebih detail pada masa yang akan datang.

#### **1.4.2 Kontribusi Praktis**

- a. Melakukan uji coba pada sistem dinamik untuk mendukung tujuan efektif dan efisiensi dalam mengatasi kemacetan lalu lintas pada daerah perkotaan sehingga perencanaan tersebut dapat dilakukan dalam kurun waktu tertentu.
- b. Hasil dari penelitian ini akan memberikan sumbangan pemikiran yang dapat digunakan sebagai referensi bagi pihak terkait dalam mengambil alternatif kebijakan dengan tujuan untuk efektif dan efisiensi dalam mengatasi kemacetan lalu lintas pada daerah perkotaan.

#### **1.5 Batasan Penelitian**

Penelitian ini memiliki ruang lingkup yang akan menjadi batasan dalam penelitian ini. Batasan penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini dilakukan pada transportasi kota Surabaya dengan data pada dinas perhubungan kota Surabaya dan oleh rekap data yang dimiliki dinas tersebut.
2. Penelitian ini dilakukan pada Jalan Ahmad Yani Kota Surabaya.
3. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah perancangan model transportasi lalu lintas dengan sistem dinamik, pembuatan skenario dari hasil model yang dibuat, dan analisis hasil yang diperoleh dari pembuatan model dan skenario model.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan tesis penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### **a) Bab 1 Pendahuluan**

Bab ini terdiri dari latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, kontribusi penelitian, batasan penelitian dan sistematika penulisan.

##### **b) Bab 2 Kajian Pustaka**

Bab ini berisi tinjauan pustaka dan penelitian-penelitian yang sudah ada mengenai transportasi, kemacetan kendaraan dan serangkaian teori yang digunakan sebagai dasar dalam pemodelan sistem dinamik untuk topik penelitian.

**c) Bab 3 Metodologi Penelitian**

Bab ini mengulas tentang tahapan-tahapan sistematis yang digunakan untuk melakukan penelitian.

**d) Bab 4 Hasil Dan Pembahasan**

Bab ini mengulas tentang hasil yang telah di dapatkan dan pembahasan mengenai penelitian ini lebih lanjut.

**e) Bab 5 Kesimpulan Dan Saran**

Bab ini mengulas tentang menyimpulkan hasil penelitian yang di dapatkan dengan tujuan dari penelitian dan saran untuk penelitian lebih lanjut.

**f) Daftar Pustaka**

Berisi daftar referensi yang digunakan dalam penelitian ini, baik jurnal, buku maupun artikel.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan mengenai teori-teori yang digunakan dalam penyusunan tesis, yaitu teori tentang *intelligent transportation system*, transportasi, kemacetan lalu lintas serta teori mengenai metode pemodelan sistem dinamik yang digunakan untuk mengukur dan menguji penelitian dengan menghasilkan model simulasi.

#### **2.1 Transportasi**

Transportasi adalah pemindahan manusia atau barang dengan menggunakan wahana yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Transportasi digunakan untuk memudahkan manusia untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Banyak ahli telah merumuskan dan mengemukakan pengertian transportasi. Para ahli memiliki pandangannya masing-masing yang mempunyai perbedaan dan persamaan antara yang satu dengan lainnya.

Kata transportasi berasal dari bahasa latin yaitu *transportare* yang mana *trans* berarti mengangkat atau membawa. Jadi transportasi adalah membawa sesuatu dari satu tempat ke tempat yang lain. Menurut Salim (2000) transportasi adalah kegiatan pemindahan barang (muatan) dan penumpang dari suatu tempat ke tempat lain. Dalam transportasi ada dua unsur yang terpenting yaitu pemindahan/pergerakan (*movement*) dan secara fisik mengubah tempat dari barang (*comoditi*) dan penumpang ke tempat lain.

Menurut Miro (2005) transportasi dapat diartikan usaha memindahkan, menggerakkan, mengangkut, atau mengalihkan suatu objek dari suatu tempat ke tempat lain, di mana di tempat lain ini objek tersebut lebih bermanfaat atau dapat berguna untuk tujuan-tujuan tertentu. Sedangkan menurut Nasution (2008) adalah sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan. Jadi pengertian transportasi berarti sebuah proses, yakni proses pemindahan, proses pergerakan, proses mengangkut, dan mengalihkan di mana proses ini tidak bisa



dilepaskan dari keperluan akan alat pendukung untuk menjamin lancarnya proses perpindahan sesuai dengan waktu yang diinginkan.

Untuk memenuhi kebutuhannya, manusia harus menggunakan sumber daya alam yang menyediakan makanan dan minuman, pakaian, dan perumahan sebagai tempat tinggal dengan harapan untuk mendapatkan penghidupan yang layak dan nyaman serta tenteram. Akan tetapi, keberadaan sumber daya alam di permukaan bumi tidak merata karena keadaan alam itu sendiri. Tidak ada satu wilayah di dunia ini yang dalam memenuhi kebutuhan akan sumber daya alam di wilayahnya berasal hanya dari wilayah itu sendiri, dengan demikian manusia harus melakukan transportasi dengan melintasi berbagai kondisi alam.

Transportasi yang baik akan berperan penting dalam perkembangan wilayah terutama dalam aksesibilitas, adapun yang dimaksud dengan aksesibilitas adalah kemudahan dan kemampuan suatu wilayah atau ruang untuk diakses atau dijangkau oleh pihak dari luar daerah tersebut baik secara langsung maupun tidak langsung. Mudah-mudahan suatu lokasi dihubungkan dengan lokasi lainnya lewat jaringan transportasi yang ada, berupa prasarana jalan dan alat angkut yang bergerak di atasnya. Pembangunan pedesaan semakin lambat dan terhambat karena kurangnya sarana transportasi yang ada (Margaretta, 2000).

Menurut Kadir (2006) pentingnya transportasi dalam pembangunan ekonomi yang utama adalah tersedianya barang, stabilisasi dan penyamaan harga, penurunan harga, meningkatnya nilai tanah, terjadinya spesialisasi antar wilayah, berkembangnya usaha skala kecil, terjadinya urbanisasi dan konsentrasi penduduk. Dampak negatif perkembangan transportasi antara lain : bahaya atas kehancuran umat manusia, hilangnya sifat-sifat individual dan kelompok, tingginya frekuensi dan intensitas kecelakaan, makin meningkatnya urbanisasi, kepadatan dan konsentrasi penduduk dan tersingkirnya industri kerajinan rumah tangga. Tujuan transportasi dalam mendukung perkembangan ekonomi nasional antara lain :

- a. Meningkatkan pendapatan nasional disertai dengan distribusi yang merata antara penduduk.

- b. Meningkatkan jenis dan jumlah barang jadi dan jasa yang dapat dihasilkan pada konsumen, industri, dan pemerintah.
- c. Mengembangkan industri nasional yang dapat menghasilkan devisa serta mensuplai pasaran dalam negeri
- d. Menciptakan dan memelihara tingkatan kesempatan kerja bagi masyarakat.

Salah satu permasalahan yang dijumpai di kota-kota besar di Indonesia (Surabaya) adalah pertumbuhan jumlah kendaraan yang terus meningkat dari tahun ke tahun yaitu rata-rata di atas 3%. Di sisi lain pembangunan infrastruktur atau penambahan jumlah dan lebar jalan sangat kecil kurang lebih di bawah 1% per tahunnya. Ketidakseimbangan antara jumlah lalu lintas dan prasarana jalan akan menimbulkan titik-titik kemacetan di kota. Kendaraan yang sangat dominan disurabaya menurut data (dishub surabaya, 2014) adalah sebagai berikut

- a. Sepeda motor
- b. Mobil pribadi
- c. Angkot
- d. Bus Mini
- e. pick-up/box
- f. Mini Truk
- g. Bus Besar
- h. Truk 2 sumbu
- i. Truk 3 sumbu
- j. Truk Gandeng
- k. Trailer
- l. Kendaraan tak bermotor

Transportasi merupakan salah satu komponen yang mutlak penting bagi pencapaian tujuan pembangunan masa kini dan mendatang. Berbagai studi telah menunjukkan bahwa negara-negara yang berhasil dalam pencapaian tujuan pembangunan adalah negara-negara yang memiliki sistem transportasi yang memadai dalam memenuhi kebutuhan dinamis penduduknya. Pembangunan transportasi lebih

efisien, efektif dan memberikan nilai tambah bagi sektor lain serta tidak menimbulkan berbagai dampak negatif bagi masyarakat dan lingkungan dipadukan dengan pengembangan teknologi dan manajemen transportasi.

## **2.2 Jalan**

Berdasarkan UU RI No 38 Tahun 2004 tentang Jalan mendefinisikan jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Sedangkan berdasarkan UU RI No 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan yang diundangkan setelah UU No 38 mendefinisikan jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel. Prasarana lalu lintas dan angkutan jalan adalah ruang lalu lintas, terminal dan perlengkapan jalan yang meliputi marka, rambu, alat pemberi isyarat lalu lintas, alat pengendali dan pengaman pengguna jalan, alat pengawasan dan pengamanan jalan serta fasilitas pendukung.

### **2.2.1 Klasifikasi Kelas Jalan**

Klasifikasi kelas jalan adalah pengelompokan jalan berdasarkan fungsi jalan, berdasarkan administrasi pemerintahan dan berdasarkan muatan sumbu yang menyangkut dimensi dan berat kendaraan. Penentuan klasifikasi jalan terkait dengan besarnya volume lalu lintas yang menggunakan jalan tersebut, besarnya kapasitas jalan, keekonomian dari jalan tersebut serta pembiayaan pembangunan dan perawatan jalan. Berdasarkan TPGJAK (1997), klasifikasi jalan terbagi menjadi :

A. Klasifikasi menurut fungsi jalan yaitu terbagi atas :

1. Jalan Arteri

Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-cirinya seperti perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

## 2. Jalan Kolektor

Jalan Kolektor merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

## 3. Jalan Lokal

Jalan Lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

## B. Klasifikasi menurut kelas jalan

Pada SNI tentang Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, kelas jalan dijelaskan sebagai berikut :

1. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
2. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut Kelas Jalan

Klasifikasi fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	> 10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

(Sumber : Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 4)

C. Klasifikasi menurut medan jalan :

1. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebgaiian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus kontur.
2. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Golongan Medan

Golongan Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	< 3
Perbukitan	B	3 - 25
Pegunungan	G	> 25

(Sumber : Teknik Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997; 5)

D. Klasifikasi menurut pengawasannya

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No 34/2006 pasal 25 adalah jalan Nasional, jalan Provinsi, jalan Kabupaten, jalan Kota dan jalan Desa.

### 2.2.2 Bagian- Bagian Jalan

A. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)

Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA) dibatasi oleh :

1. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan.
2. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan
3. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan.

B. Daerah Milik Jalan (DAMIJA)

Ruang Daerah Milik Jalan (Damija) dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1.5 meter.

C. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)

1. Ruang Daerah Pengawasan Jalan (Dawasja) adalah ruang sepanjang jalan di luar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut:
  - a) Jalan Arteri minimum 20 meter
  - b) Jalan Kolektor minimum 15 meter

- c) Jalan Lokal minimum 10 meter.
- 2. Untuk keselamatan pemakai jalan, Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak bebas.

**2.3 Kemacetan**

Kemacetan adalah kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati atau melebihi 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian. Pada saat terjadinya kemacetan, nilai derajat kejenuhan pada ruas jalan akan ditinjau dimana kemacetan akan terjadi bila nilai derajat kejenuhan mencapai lebih dari 0,5 (MKJI, 1997). Jika arus lalu lintas mendekati kapasitas, kemacetan mulai terjadi. Kemacetan semakin meningkat apabila arus begitu besarnya sehingga kendaraan sangat berdekatan satu sama lain. Kemacetan total terjadi apabila kendaraan harus berhenti atau bergerak sangat lambat ( Ofyar Z Tamin, 2000 ).

Berikut ini merupakan formulasi dari kemacetan kendaraan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Kemacetan = \frac{Volume\ Kendaraan(unit)}{Kapasitas\ Jalan\ (m2)} \dots\dots\dots(1)$$

Kerugian yang diderita akibat dari masalah kemacetan ini apabila dikuantifikasikan dalam satuan moneter sangatlah besar, yaitu kerugian karena waktu perjalanan menjadi panjang dan makin lama, biaya operasi kendaraan menjadi lebih besar dan polusi kendaraan yang dihasilkan makin bertambah. Pada kondisi macet kendaraan merangkak dengan kecepatan yang sangat rendah, pemakaian bbm menjadi sangat boros, mesin kendaraan menjadi lebih cepat aus dan buangan kendaraan yang dihasilkan lebih tinggi kandungan konsentrasinya. Pada kondisi kemacetan pengendara cenderung menjadi tidak sabar yang menjurus ke tindakan tidak disiplinyang pada akhirnya memperburuk kondisi kemacetan lebih lanjut lagi.

**2.3.1 Kendaraan Rencana**

Kendaraan rencana adalah kendaraan dengan berat, dimensi dan karakteristik operasi tertentu yang digunakan untuk perencanaan jalan agar dapat menampung kendaraan

dari tipe yang ditentukan. Pembagian tipe kendaraan disajikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 Karakteristik Kendaraan

<b>Tipe Kendaraan</b>	<b>Kode</b>	<b>Karakteristik Kendaraan</b>
Kendaraan Ringan / <i>Light Vehicle</i>	LV	Kendaraan Bermotor Roda empat dengan dua garda berjarak 2,0 – 3,0 meter (Termaksud kendaraan penumpang, opler, mikro bis, <i>pick up</i> , dan truk kecil. Sesuai sistem klasifikasi bina marga)
Kendaraan Berat Menengah / <i>Medium Heavy Vehicle</i>	MHV	Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5-5,0 m (termasuk bis kecil, truk dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
Truk Besar / <i>Light Truck</i>	LT	Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar (gandar pertama ke kedua) < 3,5m (sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
Bis Besar / <i>Light Bus</i>	LB	Bis dengan dua atau tiga gandar dengan jarak antara 5,0-6,0 m.
Sepeda Motor / <i>Motorcycle</i>	M	Sepeda motor dengan dua atau tiga roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
Kendaraan Tak Bermotor / <i>Un Motorized</i>	UM	Kendaraan bertenaga manusia atau hewan diatas roda (meliputi sepeda, becak, kereta kuda dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga). Catatan: Dalam manual ini kendaraan tak bermotor tidak dianggap sebagai unsur lalu lintas tetapi sebagai unsur hambatan samping.

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997, hal 1-6)

### 2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman

dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan besarnya kecepatan rencana adalah :

1. Keadaan Medan (*Terrain*)

Untuk menghemat biaya tentu saja perencanaan jalan sebaiknya disesuaikan dengan keadaan medan. Sebaliknya fungsi jalan seringkali menuntut perencanaan jalan tidak sesuai dengan kondisi medan dan sekitar, hal ini dapat menyebabkan tingginya volume pekerjaan tanah. Untuk jenis medan datar, kecepatan rencana lebih besar daripada jenis medan pegunungan.

2. Sifat dan Penggunaan Daerah

Kecepatan rencana yang diambil akan lebih besar untuk jalan luar kota daripada jalan perkotaan. Jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi dapat direncanakan dengan kecepatan tinggi, karena penghematan biaya operasi kendaraan dan biaya lainnya dapat mengimbangi tambahan biaya akibat diperlukannya tambahan biaya untuk pembebasan tanah dan biaya konstruksinya. Tapi sebaliknya jalan dengan volume lalu lintas rendah tidak dapat direncanakan dengan kecepatan rendah, karena pengemudi memilih kecepatan bukan berdasarkan volume lalu lintas saja, tetapi juga berdasarkan batasan fisik, yaitu sifat kendaraan pemakai jalan dan kondisi jalan.

Tabel 2.4 Standar Kecepatan Rencana

<b>Tipe</b>	<b>Kelas</b>	<b>Kecepatan Rencana</b>
Kelas I	Kelas 1	100-80
	Kelas 2	80-60
Kelas II	Kelas 1	60
	Kelas 2	60-50
	Kelas 3	40-30
	Kelas 4	30-20

Sumber : Standar Perancangan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992



### **2.3.3 Volume Kendaraan**

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati satu titik tertentu dari suatu segmen jalan selama waktu tertentu (Edward, 1978). Dinyatakan dalam satuan kendaraan atau satuan mobil penumpang (smp). Sedangkan volume lalu lintas rencana (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dan dinyatakan dalam smp/hari. Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar lajur adalah lalu lintas harian rata-rata, volume jam rencana dan kapasitas.

### **2.4 *Intelligent Transportation System***

*Intelligent Transportation System* atau dalam bahasa Indonesia Sistem transportasi cerdas mempunyai tujuan dasar untuk membuat sistem transportasi yang dapat membantu pemakai sarana dan prasarana untuk Mendapatkan Informasi, Mempermudah Transaksi, Meningkatkan kapasitas prasarana dan sarana transportasi, mengurangi kemacetan atau antrian, meningkatkan keamanan dan kenyamanan dan mengefisienkan pengelolaan transportasi. *Intelligent Transportation System* atau biasa disingkat ITS pada prinsipnya adalah penerapan teknologi maju di bidang elektronika, komputer dan telekomunikasi untuk membuat prasarana dan sarana transportasi lebih informatif, lancar, aman dan nyaman sekaligus ramah lingkungan. Sistem ini secara prinsip adalah sistem informasi yang menjadi panduan kendaraan untuk mendapatkan route jalan yang optimal. Pada pengembangan selanjutnya sistem ini bahkan diharapkan mampu untuk membantu pengemudi mengontrol kendaraan agar sampai ditujuan dengan aman, nyaman dan lancar. ITS mewakili sekelompok teknologi yang dapat meningkatkan manajemen sistem transportasi dan angkutan umum, serta keputusan individu seputar banyak aspek perjalanan. Teknologi ITS mencakup teknologi nirkabel, elektronik, simulasi dan otomatis mutakhir dengan tujuan untuk meningkatkan keamanan, efisiensi, dan kenyamanan transportasi permukaan. Mengurangi konsumsi energi, sementara bukan tujuan utama untuk ITS, adalah menunjukkan manfaat ITS. (Desertot, 2013). Ada beberapa pengembangan ITS yang telah dikembangkan sampai saat ini, berikut adalah pengembangan ITS :

#### ***2.4.1 Advanced Traveller Information System (ATIS)***

Advanced Traveler Information System System (ATIS) adalah sistem yang memperoleh, menganalisis, dan menyajikan informasi untuk membantu para pengguna transportasi yang bergerak dari lokasi awal ke tujuan yang diinginkan. (Baratian-ghorghi ,2015). ATIS dapat beroperasi melalui informasi yang diberikan sepenuhnya di dalam kendaraan (sistem otonom) atau juga dapat menggunakan data yang dipasok oleh pusat manajemen lalu lintas. Informasi yang relevan dapat mencakup lokasi insiden, cuaca dan kondisi jalan, rute yang optimal, kecepatan yang disarankan, dan pembatasan jalur, semua bagian dari sistem transportasi Cerdas.

Melalui aplikasi teknologi informasi dan komunikasi canggih, ATIS menawarkan potensi dan kemampuan untuk memberikan solusi yang lebih baik untuk lalu lintas perkotaan. Manfaat potensial bagi para pengguna transportasi termasuk: mengurangi kemacetan, polusi udara, dan konsumsi energi, dan peningkatan keselamatan, efisiensi dan pengelolaan kapasitas.

Negara yang menggunakan aplikasi ATIS sudah menerapkan pada negara tersebut salah satunya di india yang menunjukkan perubahan yang signifikan pada sistem transportasi meskipun beberapa upaya untuk mengembangkan ATIS telah dilakukan, tetapi menghadapi kekurangan berikut:

- a. Respons dan persyaratan pengguna diabaikan
- b. Data yang tidak memadai, dan biasanya hanya memberikan informasi jarak terdekat yang bersifat statis.
- c. Terbatas atau tidak ada prediksi lalu lintas
- d. Peluang tingkat jaringan tidak sepenuhnya dimanfaatkan
- e. Dinamika tidak dipertimbangkan
- f. Kualitas, ketepatan waktu, akurasi, dan keandalan tidak diketahui
- g. Kelayakan teknis ditunjukkan, tetapi kelayakan komersial tidak diketahui
- h. Implementasi sedikit demi sedikit dapat menyebabkan skalabilitas, keusangan, dan masalah integrasi

Dengan demikian, karena implementasi yang terbatas dengan aplikasi spesifik dan manfaat yang lebih luas dalam hal potensi keselamatan, efisiensi, dan efektivitas biaya pada tingkat kota belum direalisasikan secara praktis. Lebih lanjut, data ATIS tidak digunakan secara efektif dan terintegrasi untuk manajemen dan kontrol lalu lintas karena tidak adanya metode yang memadai dan metodologi pendukung keputusan. Ada kebutuhan yang kuat untuk melakukan penelitian tentang pengembangan teknologi dan arsitektur ATIS untuk jalan-jalan India karena perbedaan komposisi, banyak moda, lalu lintas campuran dan tanpa lajur, dan karakteristik pengemudi yang unik. Secara khusus, kebutuhan dan persyaratan untuk ATIS berikut ini masih harus ditangani secara sistematis.

#### ***2.4.2 Advanced Traffic Control System(ATCS)***

Sistem kontrol lalu lintas adaptif (ATCS) adalah strategi manajemen lalu lintas yang mengubah waktu sinyal lalu lintas, atau menyesuaikan, berdasarkan permintaan lalu lintas aktual. Ini dicapai dengan menggunakan sistem kontrol lalu lintas adaptif yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Lampu lalu lintas (traffic light) seiring dengan peningkatan jumlah kendaraan akan sangat di butuhkan dalam pengaturan lalu lintas terutama di kotakota besar yang pertumbuhann jumlah kendaraannya meningkat cepat. Kemacetan lalu lintas merupakan salah satu masalah besar yang terjadi di kota besar dan umumnya terjadi di persimpangan jalan. Lampu lalu lintas di satu kondisi akan sangat membantu dalam kelancaran arus lalu lintas tetapi di lain kondisi malah menjadikan kemacetan semakin parah. Banyak contoh di berbagai negara yang telah menggunakan ATCS dalam mode mengatur lampu lalu lintas contoh pada administrasi Jalan Raya Federal Amerika Serikat (AS), melalui inisiatif *Every Day Counts*, bekerja untuk mempercepat adopsi teknologi kontrol sinyal adaptif di AS. Situs webnya menyatakan, Manajemen sistem lalu lintas waktu nyata terbukti berfungsi, namun sistem ini telah digunakan pada kurang dari 1 persen dari sinyal lalu lintas yang ada.

### **2.4.3 Incident Command System (ICS)**

*Incident Command System (ICS)* adalah sistem kontrol yang terstandarisasi untuk komando, kontrol, dan koordinasi respons darurat yang terjadi menyediakan hierarki umum di mana responden dari berbagai lembaga dapat menjadi efektif. ICS awalnya dikembangkan untuk mengatasi masalah tanggapan antar lembaga terhadap kebakaran hutan di California dan Arizona, tetapi sekarang merupakan komponen dari Sistem Manajemen Insiden Nasional (NIMS) di Amerika Serikat (AS), di mana ICS telah berevolusi menjadi digunakan dalam situasi Semua Bahaya. Mulai dari penembakan aktif hingga Penanganan berbahaya berupa insiden bom. Selain itu, ICS telah bertindak sebagai pola untuk pendekatan serupa secara internasional. (Bigley, 2001).

### **2.4.4 Advanced driver-assistance systems (ADAS)**

*Advanced driver-assistance systems (ADAS)*, adalah sistem untuk membantu pengemudi dalam proses mengemudi. Ketika dirancang dengan antarmuka manusia-mesin yang aman, sistem ini meningkatkan keselamatan mobil dan keselamatan jalan yang lebih aman pada sistem kendaraan. Sebagian besar kecelakaan di jalan terjadi karena kesalahan manusia. Sistem bantuan pengemudi yang canggih adalah sistem yang dikembangkan untuk mengotomatisasi, mengadaptasi, dan meningkatkan sistem kendaraan untuk keselamatan dan mengemudi yang lebih baik. Sistem otomatis yang disediakan oleh ADAS untuk kendaraan terbukti mengurangi kematian di jalan, dengan meminimalkan kesalahan manusia (Hamid, et al., 2017). Fitur keselamatan dirancang untuk menghindari tabrakan dan kecelakaan dengan menawarkan teknologi yang mengingatkan pengemudi akan masalah potensial, atau untuk menghindari tabrakan dengan menerapkan perlindungan dan mengambil alih kendali kendaraan.

## **2.5 Konsep Dasar Sistem Simulasi**

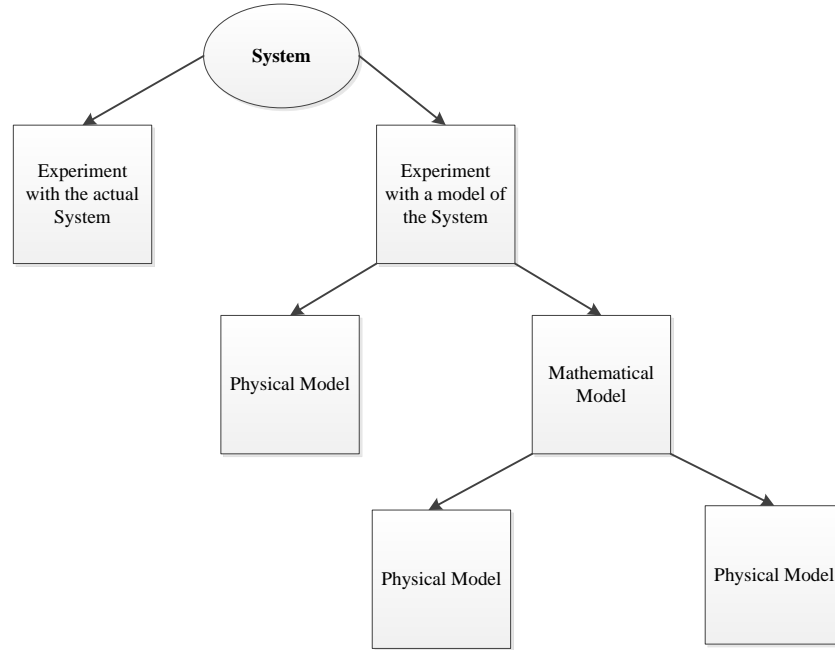
### **2.5.1 Sistem**

Sistem adalah sebagai kumpulan entitas, misalnya, orang atau mesin, yang bertindak dan berinteraksi bersama menuju pencapaian beberapa hal yang logis.

(Schmidt dan Taylor, 1970). Dalam prakteknya, sistem tergantung pada tujuan sebuah studi tertentu. Kumpulan entitas yang menyusun sebuah sistem untuk satu studi mungkin hanya merupakan subset dari keseluruhan sistem untuk sistem lainnya. Contoh, jika seseorang ingin mempelajari bank untuk menentukan jumlah teller yang dibutuhkan untuk memberikan layanan yang memadai bagi pelanggan yang hanya ingin mencairkan cek atau melakukan penghematan, sistem dapat didefinisikan sebagai bagian dari bank yang terdiri dari teller dan pelanggan mengantri atau dilayani. Jika, di sisi lain, petugas pinjaman dan kotak brankas harus disertakan, definisi sistem harus diperluas dengan cara yang jelas.

Law A. M dan Kelton W. D (2000) mengategorikan sistem menjadi dua jenis yaitu sistem diskrit (discrete) dan sistem kontinyu (continuous). Sistem diskrit adalah satu dimana variabel keadaan berubah seketika pada titik-titik terpisah pada waktunya. Sistem kontinyu adalah satu dimana variabel keadaan berubah secara terus menerus berkenaan dengan waktu. Beberapa sistem dalam praktiknya sepenuhnya diskrit atau sepenuhnya kontinyu, namun karena satu jenis perubahan mendominasi sebagian besar sistem, biasanya dimungkinkan untuk mengklasifikasikan suatu sistem sebagai diskrit atau kontinyu.

Pada beberapa titik dalam kehidupan sebagian besar sistem, ada kebutuhan untuk mempelajarinya untuk mencoba mendapatkan beberapa wawasan tentang hubungan di antara berbagai komponen, atau untuk memprediksi kinerja dalam beberapa kondisi baru yang dipertimbangkan. Gambar 2.4 berikut ini memetakan berbagai cara sistem dapat dipelajari (Law A. M dan Kelton W. D, 2000).



Gambar 2. 1 Cara Untuk Belajar Sebuah Sistem

- Experiment with the Actual System vs Experiment with a Model of the System: Jika memungkinkan untuk mengubah sistem secara fisik dan kemudian membiarkannya beroperasi di bawah kondisi baru, mungkin diinginkan untuk melakukannya, karena dalam kasus ini tidak ada pertanyaan tentang apakah studi yang kita pelajari itu relevan. Namun, karena eksperimen semacam itu seringkali terlalu mahal atau terlalu mengganggu sistem. Misalnya, bank mungkin mempertimbangkan untuk mengurangi jumlah teller untuk menurunkan biaya, namun sebenarnya mencoba hal ini dapat menyebabkan lama waktu tunggu pelanggan menjadi lama. Contoh situasi ini mungkin fasilitas manufaktur fleksibel modern, atau sistem senjata nuklir strategis. Untuk alasan ini, biasanya diperlukan untuk membangun model sebagai representasi sistem dan mempelajarinya sebagai pengganti sistem yang sebenarnya. Bila menggunakan model, selalu ada pertanyaan apakah secara akurat mencerminkan sistem untuk tujuan keputusan yang akan dibuat; pertanyaan tentang validitas model ini dibahas secara rinci dalam Bab. 5.

- Physical Model vs. Mathematical Model: Contoh model fisik (juga disebut model ikonik), dan bukan tipikal jenis model yang biasanya menarik dalam riset operasi dan analisis sistem. Physical Model untuk mempelajari teknik atau sistem manajemen. Namun sebagian besar model yang dibangun untuk tujuan semacam itu bersifat matematis, mewakili sistem dalam hal hubungan logis dan kuantitatif yang kemudian dimanipulasi dan diubah untuk melihat bagaimana model bereaksi, dan dengan demikian bagaimana sistem akan bereaksi. Jika model matematisnya adalah yang valid Mungkin contoh sederhana dari model matematis adalah hubungan yang akrab dengan  $r = rt$ , di mana  $r$  adalah laju perjalanan,  $t$  adalah waktu yang dihabiskan untuk bepergian, dan  $d$  adalah jarak yang ditempuh. Ini mungkin memberikan model yang valid.
- Analytical Solution vs Simulation: setelah membangun model matematis, maka harus diperiksa untuk melihat bagaimana hal itu dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan yang menarik tentang sistem yang seharusnya diwakili. Jika modelnya cukup sederhana, memungkinkan untuk bekerja dengan hubungan dan kuantitasnya untuk mendapatkan solusi analitis yang tepat. Dalam contoh  $d = rt$ , jika kita mengetahui jarak yang harus ditempuh dan kecepatannya, maka kita bisa bekerja dengan model untuk mendapatkan  $t = d/r$  sebagai waktu yang dibutuhkan. Ini adalah solusi closed-form yang sangat sederhana yang bisa didapat hanya dengan kertas dan pensil, namun beberapa solusi analitis dapat menjadi luar biasa kompleks, membutuhkan sumber daya komputasi yang luas. Namun, banyak sistem sangat kompleks, sehingga model matematis yang valid dari mereka adalah kompleks, sehingga menghalangi kemungkinan solusi analitis. Dalam kasus ini, model harus dipelajari melalui simulasi, yaitu menggunakan model input secara numerik untuk melihat bagaimana dampaknya terhadap ukuran kinerja.

### **2.5.2 Pemodelan**

Terdapat beberapa cara untuk dapat merancang, menganalisis dan mengoperasikan suatu sistem. Salah satunya adalah dengan melakukan pemodelan yaitu membuat model dari sistem tersebut. Model adalah sebuah rancangan yang sangat berguna untuk menganalisis maupun merancang sebuah sistem. Model juga sebagai alat komunikasi yang sangat efisien, model dapat menunjukkan bagaimana suatu operasi bekerja dan mampu merangsang untuk meningkatkan atau memperbaikinya. Dengan membuat model dari sistem maka diharapkan dapat lebih mudah untuk melakukan analisis. Dalam membuat suatu model harus dimulai dari bentuk yang paling sederhana dengan cara mendefinisikan permasalahan secara detail, selanjutnya digunakan analisis sensitivitas untuk membantu menentukan rincian model. Selanjutnya tahap penyempurnaan dilakukan dengan menambahkan variabel secara gradual, sehingga diperoleh model yang logis dan dapat mempresentasikan keadaan sebenarnya (Kholil, 2005). Menurut Suryani (2006), dalam buku Pemodelan dan Simulasi, model merupakan representasi sistem dalam kehidupan nyata yang menjadi fokus perhatian dan menjadi pokok permasalahan. Pemodelan dapat didefinisikan sebagai proses pembentukan model dari sistem tersebut dengan menggunakan bahasa tertentu. Sebuah pemodelan akan diterima jika hasil dari pemodelan tersebut valid. Model dikatakan valid, jika jarak (atau kesalahan) yang diberikan dalam pemodelan antara hasil simulasi dan eksperimen kurang dari nilai kritis yaitu nilai yang telah ditetapkan mula-mula atau nilai yang error (Iswanto, 2012).

### **2.5.3 Simulasi**

Menganalisis proses dalam bentuk model dapat dilakukan dengan menggunakan simulasi komputer. Simulasi merupakan penyelesaian persamaan matematis secara bertahap dari suatu sistem untuk mengetahui perubahan yang terjadi, sehingga dapat dipelajari perilaku sistem tersebut. Metode simulasi mempunyai keunggulan yaitu pada kemampuannya memberikan informasi secara cepat. Beberapa pengertian simulasi menurut para ahli dalam (Suryani, 2006):



1. Hoover dan Perry (1990) Merupakan sebuah proses perancangan model matematis atau logis dari sistem nyata, melakukan eksperimen terhadap model dengan menggunakan komputer untuk menggambarkan, menjelaskan dan memprediksi perilaku sistem.
2. Law dan Kelton (1991) Didefinisikan sebagai sekumpulan metode dan aplikasi untuk menirukan atau merepresentasikan perilaku dari suatu sistem nyata, yang biasanya dilakukan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak tertentu.
3. Khosnevis (1994) Merupakan sebuah proses aplikasi untuk membangun model dari sistem nyata atau usulan sistem, melakukan eksperimen dengan model tersebut untuk menjelaskan perilaku sistem, mempelajari kinerja sistem atau untuk membangun sistem baru sesuai dengan kinerja yang diinginkan.

Simulasi merupakan konsep yang cukup fleksibel untuk dapat mengerjakan masalah yang sulit untuk dipecahkan dengan model matematis. Model simulasi juga efektif jika digunakan untuk sistem yang relatif kompleks. Penggunaan simulasi akan memberikan wawasan yang lebih luas pada pihak manajemen dalam menyelesaikan suatu masalah. Berikut ini kelebihan dari pemanfaatan simulasi sebagai berikut (Suryani, 2006):

- a) Tidak semua sistem dapat direpresentasikan dalam model matematis, simulasi merupakan alternatif yang tepat.
- b) Dapat bereksperimen tanpa adanya resiko pada sistem nyata. Dengan simulasi memungkinkan untuk melakukan percobaan terhadap sistem tanpa harus menanggung risiko terhadap sistem yang berjalan.
- c) Simulasi dapat mengestimasi kinerja sistem pada kondisi tertentu dan memberikan alternatif desain terbaik sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
- d) Simulasi dapat memungkinkan untuk melakukan proyeksi jangka panjang dalam waktu relatif singkat.
- e) Dapat menggunakan inputan data yang bervariasi.

Simulasi juga memiliki kekurangan diantaranya sebagai berikut (Suryani, 2006) :

1. Kualitas dan analisis model tergantung pada pembuat model. Tidak immune terhadap GIGO (Garbage In, Garbage Out). Yang berarti apabila kita memasukkan data yang salah, maka kita akan mendapatkan output simulasi yang salah juga.
2. Simulasi hanya mengestimasi karakteristik sistem berdasarkan masukan tertentu.

## **2.6 Sistem Dinamik**

Sistem Dinamik adalah metode untuk meningkatkan pembelajaran dalam sistem yang kompleks (Sterman, J. D, 2000). Sistem dinamik difokuskan pada penentuan kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut menentukan tingkah laku masalah-masalah yang dapat dimodelkan. Metodologi sistem dinamik yang dimodelkan adalah berupa struktur informasi sistem yang didalamnya terdapat sumber informasi dan jaringan aliran informasi yang saling terhubung. Penerapan sistem dinamik ini bisa digunakan dalam berbagai bidang seperti dalam bidang sosial, ekonomi, manajerial atau ekologi yang kompleks. Model sistem dinamik dapat dinyatakan dan dipecahkan secara numerik dalam sebuah bahasa pemrograman. Software atau tools yang dapat digunakan untuk mendukung pembuatan model sistem dinamik seperti Dynamo, Simile, Powersim, Vensim, I-think dan lain-lain.

Permasalahan dalam sistem dinamik merupakan permasalahan yang menggambarkan hubungan umpan balik atau sistem umpan balik. Proses umpan balik dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu (Suryani, 2006).

### **1. Umpan balik positif**

Umpan balik ini menciptakan proses pertumbuhan, dimana suatu kejadian dapat menimbulkan akibat yang akan memperbesar kejadian berikutnya secara terus menerus. Umpan balik ini dapat menyebabkan ketidakstabilan, ketidakseimbangan, serta pertumbuhan yang kontinyu. Contoh: sistem pertumbuhan penduduk.

### **2. Umpan balik negative**

Umpan balik ini berusaha menciptakan keseimbangan dengan memberikan koreksi agar tujuan dapat dicapai. Contoh : sistem pengatur suhu ruangan.

Dalam pemodelan Sistem Dinamik dilakukan proses feedback bersama struktur stock and flow, time delay, dan kenonlinieran yang menentukan alur suatu sistem. Perilaku yang paling kompleks biasanya timbul dari interaksi (feedback) antara komponen dari suatu sistem, bukan dari kompleksnya komponen tersebut. Namun sistem dinamik dapat menjadi lebih kompleks. Sistem Dinamik menekankan pada banyak loop, banyak kondisi, karakter nonlinear dari feedback system di kehidupan nyata. Menurut Sterman, J. D (2000) Dynamics Complexity timbul karena sistem bersifat:

1. *Dynamic*, perubahan sistem terjadi pada banyak skala waktu, dan perbedaan skala waktu ini kadang saling berinteraksi.
2. *Tightly coupled*, pelaku dalam sistem berinteraksi kuat dengan yang lainnya dan dunia sekelilingnya. Semuanya terhubung dengan yang lainnya.
3. *Governed by feedback*, karena kaitan erat diantara para pelaku, maka kegiatan di antara mereka saling feedback. · *Nonlinear*, suatu akibat kadang jarang sesuai dengan sebab. Nonlinieritas kadang berasal dari dasar fisik suatu sistem. Nonlinieritas juga timbul ketika berbagai faktor saling berhubungan dalam pengambilan keputusan.
4. *History-dependent*, pengambilan satu jalan sering menghalangi pengambilan yang lain dan menentukan dimana kita berakhir (ketergantungan alur).
5. *Self-organizing, dynamics* suatu sistem timbul secara spontan dari internal strukturnya. Seringkali sedikit gangguan kecil secara acak diperbesar dan dibentuk oleh struktur feedback, membangkitkan pola di dalam ruang dan waktu dan menciptakan ketergantungan alur.
6. *Adaptive*, adaptasi terjadi seperti orang yang belajar dari pengalaman, terutama ketika mereka belajar cara baru untuk mencapai tujuannya sewaktu mereka menghadapi rintangan.

7. *Counterintuitive*, dalam sistem yang kompleks sebab dan akibat jauh dalam ruang dan waktu ketika kita cenderung untuk mencari sebab yang mendekati kejadian yang kita cari untuk dijelaskan. Perhatian kita tertuju pada gejala- gejala yang rumit daripada mendasari penyebabnya.
8. *Policy resistant*, kompleksitas dari suatu sistem yang kita sertakan pada kemampuan kita untuk memahaminya, hasilnya malah banyak solusi yang nampaknya jelas nyata ke permasalahan gagal atau malah menambah buruk situasi.
9. *Characterized by trade-offs*, waktu tunda pada saluran umpan balik berarti respons jangka panjang dari sistem untuk intervensi selalu berbeda dari respons jangka pendeknya.

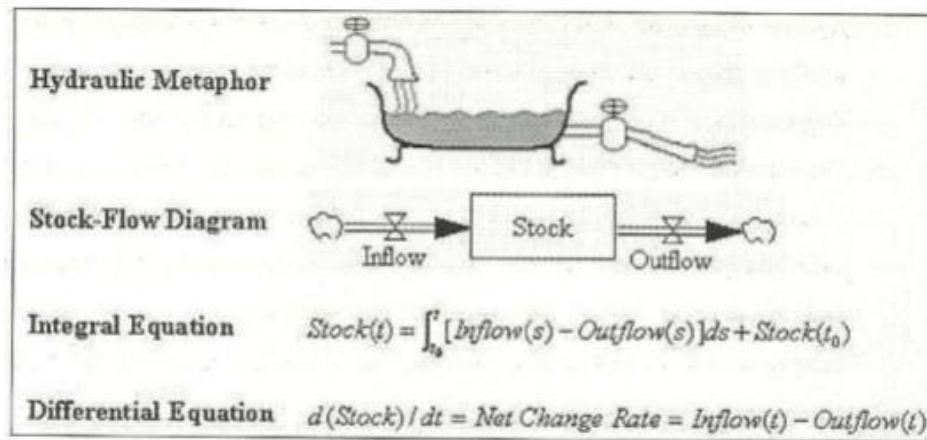
Hubungan sebab akibat dapat merupakan hubungan positif atau Reinforcing dengan simbol + atau R, maupun hubungan negatif atau Balancing dengan simbol – atau B. Simbol-simbol pada CLD dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.5 Simbol CLD

No	Simbol	Keterangan
1	+ / - atau S / O	+ / S menunjukkan kesamaan arah antara sebab akibat - / O menunjukkan perbedaan arah antara sebab dan akibat
2	B (Balancing) R (Reinforcing)	Balancing jika terjadi feedback loop negatif Reinforcing jika terjadi feedback loop positif (Untuk mengetahui B atau R adalah dengan menghitung jumlah - / O. Jika ganjil maka loop tersebut adalah B)

Stock Flow Diagram (SFD) sebagai konsep sentral dalam teori sistem dinamik. Menggambarkan struktur secara fisik, yang mana stock merupakan akumulasi yang dapat bertambah dan berkurang, sedangkan flow adalah proses yang menyebabkan stock bertambah atau berkurang. (Sterman, J. D, 2000) menjelaskan empat representasi setara atau ekuivalen dengan struktur stock dan flow : Hydraulic Metaphor, Stock-Flow Diagram, Integral Equation dan Differential Equation pada

Gambar 2.5 (Sterman, J. D, 2000). Dalam Hydraulic Metaphor stok diwakili melalui air di bak mandi setiap saat. Jumlah air di bak mandi meningkat (air yang mengalir melalui keran) atau menurun (air yang mengalir keluar melalui saluran pembuangan), tidak termasuk faktor-faktor luar seperti penguapan. Untuk Stock-Flow Diagram telah memiliki makna matematika tidak ambigu sebagai stock terakumulasi flow-nya. Stock meningkatkan arus masuk melalui bahan dan penurunan arus keluar melalui materi. Untuk Integral Equation menggambarkan prinsip saham-aliran yang sama, sebagai Stock baru (t) didefinisikan melalui Stock awal (t0) ditambah semua Inflow (t) dikurangi dengan Outflow (t).



Gambar 2. 2 Representasi Struktur Stock and Flow


Pada model yang telah dibuat, data kuantitatif dimasukan dengan mengklik variabel-variabel yang tersedia seperti level, rate, dan auxiliary. Kemudian nilai atau formula matematika di inputkan ke dalam variabel-variabel tersebut untuk mengkalkulasi model. Adapun definisi dari masing-masing jenis variabel tersebut adalah sebagai berikut.

1. Variabel Level


Level merupakan variabel yang menyatakan akumulasi sejumlah benda, contohnya jumlah kendaraan, jumlah populasi. Level dipengaruhi oleh variabel rate dan dalam Vensim dinyatakan dengan simbol persegi panjang.

2. Variabel Rate

Rate adalah penambahan atau pengurangan pada level per satuan waktu.

Dalam Vensim, rate dinyatakan dengan simbol seperti berikut : 

### 3. *Auxiliary*

*Auxiliary* adalah merupakan variabel tambahan untuk menyederhanakan hubungan informasi antara level dan rate, variabel ini dihitung dari variabel lain. Simbol variabel ini adalah sebuah lingkaran. 

Selain variabel-variabel tersebut, terdapat beberapa simbol yang berlaku lainnya yaitu simbol sumber (source dan sink), garis-garis aliran, titik awal informasi, heksagonal untuk konstanta, dan tabel.

## 2.7 Penelitian Terkait

Dalam penelitian ini terdapat beberapa penelitian terkait tentang beberapa model dalam mengatasi kemacetan maupun keterkaitan transportasi lainnya dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik yang berguna sebagai referensi dalam penyusunan penelitian ini.

**1. Penelitian dari Swanson. J. (2000)** yang berjudul “ The Dynamic Urban Model: Transport and Urban Development” pada penelitian ini menjelaskan mengenai model yang dibangun untuk mensimulasikan interaksi antara transportasi, penggunaan lahan, populasi dan kegiatan ekonomi di daerah perkotaan. Penelitian ini memberikan diskusi singkat tentang bagaimana kebutuhan untuk model simulasi seperti itu muncul, dan metode pemodelan lain yang telah digunakan untuk mengatasi masalah yang serupa, penelitian memberikan kontribusi data asli pada perkotaan.

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa keterkaitan transportasi terhadap pertumbuhan ekonomi di daerah perkotaan sangat signifikan. Dengan memodelkan transportasi maka memberikan hasil uji coba dengan melakukan investasi terhadap sistem transportasi yaitu dengan menambah transportasi-transportasi baru untuk regenerasi pada perkotaan maka pertumbuhan ekonomi pun akan semakin meningkat secara signifikan walaupun pada penelitian ini masih ada kekurangan karena di uji coba hanya dengan satu hipotesis saja.

**2. Penelitian dari Yao. H dan Chen D. (2015)** yang berjudul “A System Dynamics Model for Urban Sustainable Transportation Planning” membahas metode berbasis sistem dinamik untuk menilai dampak pertumbuhan permintaan transportasi pada perkotaan. Sistem transportasi perkotaan adalah sistem yang kompleks dan dipengaruhi oleh faktor sosial, ekonomi dan lingkungan. Penelitian ini menganggap bahwa perencanaan transportasi yang tepat dapat berkontribusi secara signifikan untuk misi pembangunan berkelanjutan perkotaan. Namun, ada sedikit pekerjaan yang ada untuk menyediakan yang sesuai metode yaitu mengeksplorasi hubungan yang kompleks antara sistem transportasi dan pertumbuhan kota. Komponen dalam penelitian ini yaitu populasi, ekonomi, perumahan, transportasi, dan perkotaan / lahan yang dikembangkan. Temuan ini diharapkan dapat membantu dalam proses pengambilan keputusan kebijakan pemerintah tentang transportasi perencanaan dan pengembangan kota. Model dikalibrasi dan diuji dengan data dari Kota Toronto.

model sistem dinamik yang terdiri dari sistem lingkungan-sosial-ekonomi yang telah terintegrasi, dikembangkan untuk membantu evaluasi dampak yang mungkin terjadi dari pemerintah untuk mengambil kebijakan terkait perencanaan transportasi berkelanjutan di Kota Toronto. Selanjutnya, dua kebijakan disimulasikan, yang sebenarnya adalah tujuan akhir dari kebanyakan model sistem dinamik dan hasilnya langsung bermanfaat bagi perencana dan pembuat kebijakan oleh membandingkan berbagai konsekuensi dinamis yang ditentukan dengan kebijakan dan keputusan. Ini berguna dalam menjawab pertanyaan seperti "Bagaimana jika 'dan sangat penting untuk mencapai tujuan berkelanjutan perencanaan transportasi

**3. Penelitian Dari Agyapong F Dan Ojo K. T (2018)** Yang berjudul “Managing traffic congestion in the Accra Central Market, Ghana” penelitian ini membahas fenomena kemacetan lalu lintas pada sebagian besar kota-kota Ghana, terutama di pusat-pusat pasar mengakibatkan keterlambatan besar, penurunan produktivitas dan pengurangan penjualan. Penelitian ini menilai manajemen kemacetan lalu

lintas di Pasar Pusat Accra. Dengan metode menggunakan desain eksplorasi untuk sampel 300 responden melalui administrasi kuesioner. Wawancara mendalam dilakukan dengan empat pejabat lembaga manajemen di Accra Data kuantitatif dianalisis menggunakan SPSS v 21 sedangkan data kualitatif dianalisis secara manual.

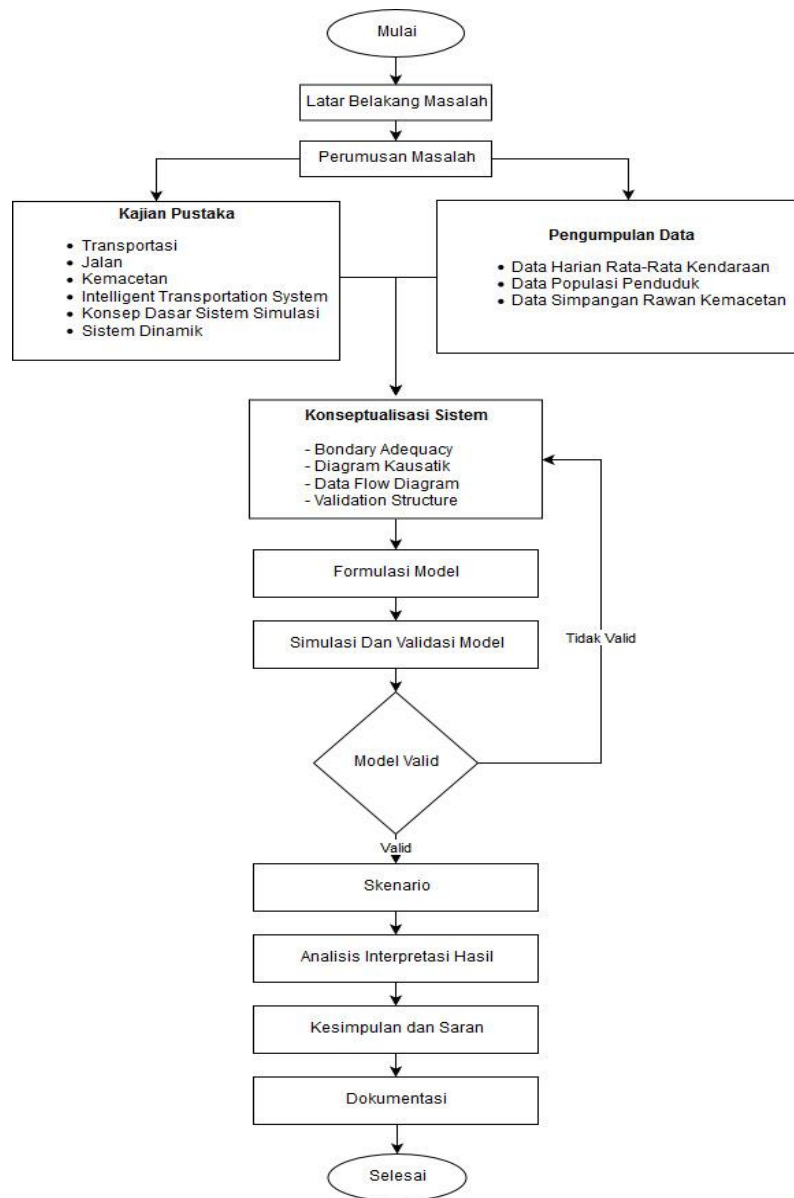
Studi ini mengungkapkan bahwa sikap buruk pengemudi, pedagang, dan pejalan kaki, Kecelakaan Lalu Lintas Jalan (RTC) dan desain jalan yang buruk adalah penyebab utama kemacetan lalu lintas. Efek dari kemacetan lalu lintas adalah menurunnya penjualan dan produktivitas dan menyebabkan stres. Pembelajaran merekomendasikan pendidikan publik, penegakan peraturan lalu lintas jalan yang ketat, dan ketentuan ruang parkir yang memadai untuk membantu mengelola kemacetan lalu lintas di pasar Accra Central.



### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tahapan-tahapan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini. Berikut ini merupakan tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini seperti pada Gambar berikut:



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

### **3.1 Kajian Pustaka**

Pada tahapan kajian pustaka ini dilakukan pengkajian terhadap literature-literatur yang terkait, seperti yang terdapat pada buku teks, pakar, artikel pada jurnal yang relevan atau penelitian terdahulu yang membahas mengenai teori dari pendekatan yang digunakan dalam penelitian, diantaranya yaitu mengenai mengatasi kemacetan lalu lintas agar lebih efektif dan efisien dalam mendukung *intelligent transportation system* khususnya di kota Surabaya.

### **3.2 Pengumpulan Data**

Pada tahapan ini pengumpulan data yang dilakukan menjadi tahapan yang cukup penting, karena merupakan inputan bagi model yang akan dibangun. Pengumpulan data dilakukan melalui penggalan informasi dari berbagai sumber yang berkaitan seperti artikel atau paper, situs bank data, dan penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yaitu data sekunder dan data primer. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini digunakan sebagai bahan referensi perkembangan pengguna kendaraan pada simpangan jalan yang sering terjadi kemacetan, volume harian rata-rata kendaraan, total kendaraan, yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), Dinas Perhubungan kota Surabaya, Pusat Data Informasi dan lembaga lainnya yang terkait, baik dalam bentuk publikasi tercetak maupun website.

Selain itu data sekunder lainnya yang digunakan adalah penelitian terkait penerapan sistem dinamik dan pemanfaatan *intelligent transportation system*. Data-data tersebut digunakan sebagai bahan untuk pembuatan model dan untuk keperluan referensi penelitian. Sedangkan data primer nantinya digunakan untuk keperluan pemodelan sistem yang akan disimulasikan, sehingga dapat membandingkan data real dengan data hasil skenario model dalam jangka panjang. Pengambilan data data ini didapatkan dengan beberapa cara, diantaranya pengamatan langsung, survey, wawancara atau pendapat langsung dari pakar yang kompeten dalam hal kemacetan transportasi di kota surabaya.

### 3.3 Pengembangan Model

#### 3.4 Boundary Adequacy

Pada tahapan *boundary adequacy*, dijelaskan apakah konsep dan struktur penting untuk mengatasi masalah kebijakan bersifat endogen terhadap model. Tabel 3.1 menjelaskan variabel endogen dan eksogen pada model untuk mengatasi kemacetan untuk mendukung *intelligent transportation system*. Pengembangan model terbagi dalam 3 submodel yaitu *congestion*, *effectiveness* dan *efficiency*.

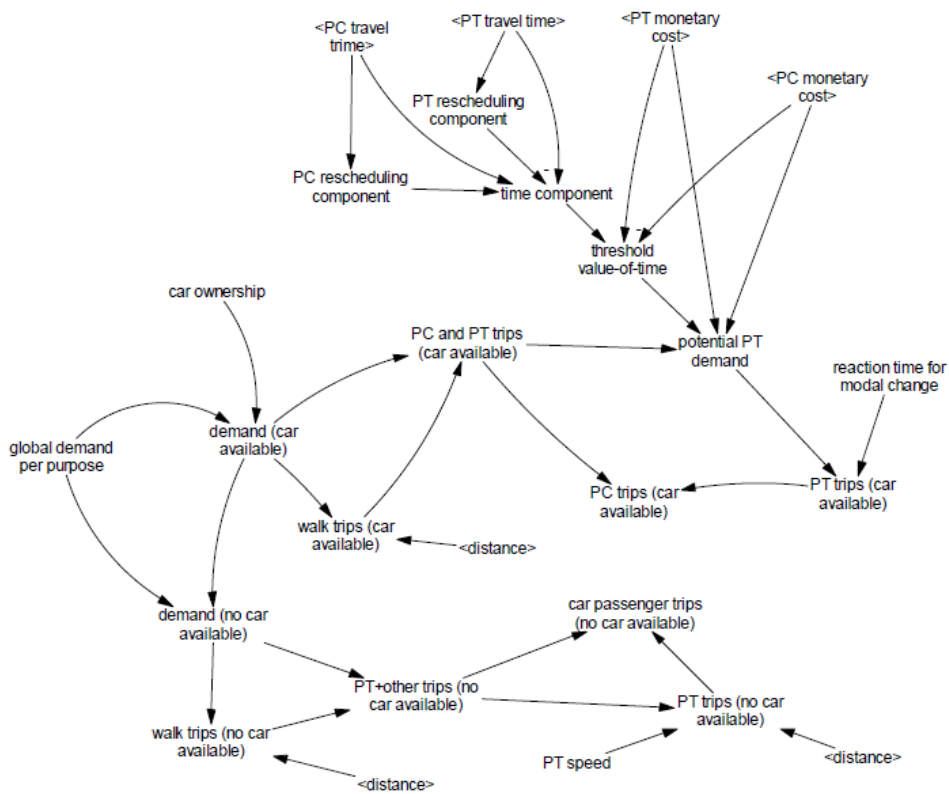
Tabel 3.1 Variabel Eksogen dan Endogen

Tujuan	Variabel Endogen	Referensi	Variabel Eksogen	Referensi
<i>Congestion</i>	<i>Population</i>	Data Statistik (Ismiyanti DKK. 2012)	<i>Road infrastructure</i>	(Harahap, E. DKK 2017).
	<i>Large vehicles</i>	(Ismiyanti DKK. 2012)	<i>Conditions Dynamic road Volume</i>	(Ismiyanti DKK. 2012)
	<i>Light vehicles</i>	(Ismiyanti DKK. 2012)		
	<i>Total Vehicle</i>	(Meyer et al ,1984).		
<i>effectiveness</i>	<i>Intelligent Transportation System</i>	(Desertot DKK ,2013)		
	<i>Widening of the Roads</i>	(Agyapong,2018)		
	<i>Addition of public</i>	(Agyapong,2018)		
<i>efficiency.</i>	Vehicle incident	(Fahza & Widyastuti, 2019)	Death accident	(Fahza & Widyastuti, 2019)
			Losses Value	(Fahza & Widyastuti, 2019)

### 3.5 Diagram Kausatik

Pada tahap ini adalah pembuatan model sistem, model ini digambarkan dalam causal loop diagram atau diagram kausatik. Diagram ini digunakan untuk menggambarkan sistem secara umum yang selanjutnya akan dilakukan simulasi dengan pendekatan sistem dinamik. Diagram kausatik akan menggambarkan sistem secara umum cara mengatasi kemacetan dan variabel-variabel apa saja yang mempengaruhi terjadinya kemacetan untuk mendukung *intelligent transportation system*. Berikut ini beberapa referensi yang digunakan.

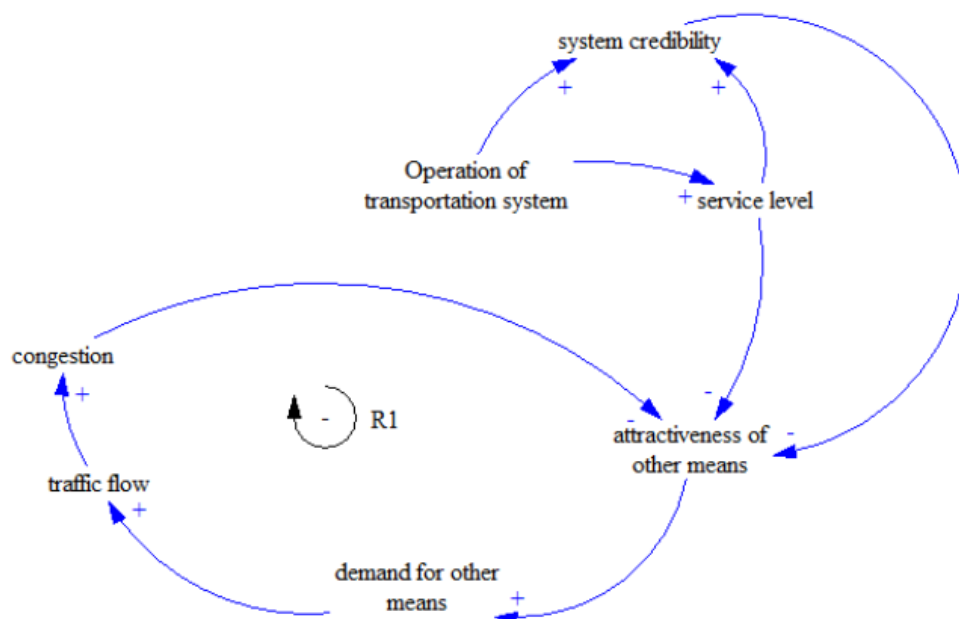
1. Referensi pertama dalam pembuatan model ini mengadopsi dari Charles Raux (2003). Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan efek jangka menengah dan panjang dari kebijakan transportasi perkotaan dengan mengacu pada perjalanan yang berkelanjutan. Berikut ini model kausatik yang dihasilkan yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut



Gambar 3.2 Diagram Kausatik sistem transportasi di perkotaan, Charles Raux (2003)

Pada penelitian ini fokus terhadap tiga model yaitu Model pertama berkaitan dengan regulasi keuangan transportasi publik dan memungkinkan untuk membatasi kelangkaan dana publik. Yang kedua adalah model modal split berdasarkan pemodelan harga-waktu. Yang ketiga adalah tugas penugasan yang dipilih dan waktu pilihan keberangkatan berdasarkan representasi antrian dari kemacetan.

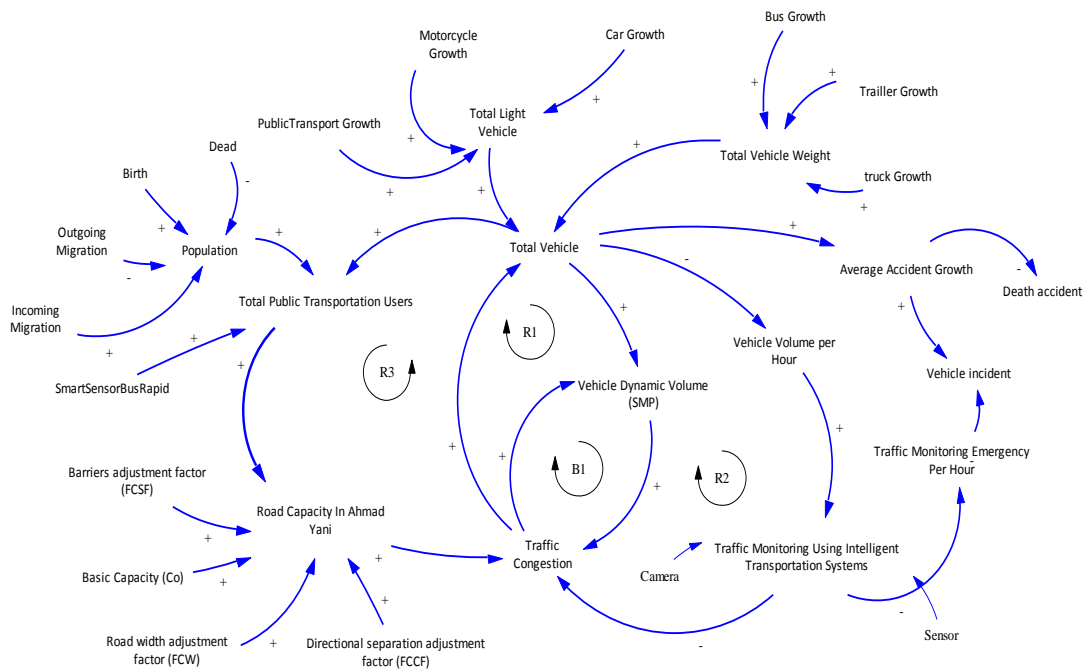
2. Referensi yang kedua dalam pembuatan model ini menggunakan model dari penelitian dari Armelia. S, et al (2016) yang berjudul “A System Dynamics approach to public transportation strikes and travelers’behavior in the city of Rome”. Tidak beroperasinya angkutan umum di perkotaan mengganggu perilaku penumpang normal dan memaksa perubahan dalam pola perjalanan bagi masyarakat. Tujuan dari ini adalah untuk menyelidiki apa efek yang terjadi jika angkutan umum tidak beroperasi dan hubungan apa yang terjadi pada perilaku penumpang di lingkungan perkotaan. Berikut ini model kausatik yang dihasilkan yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut



Gambar 3.3 Diagram Kausatik jaringan transportasi perkotaan, Armelia. S, et al (2016)

Peneliti ini dilakukan di kota Roma Italia kemudian menghasilkan beberapa efek dari berhenti beroperasinya angkutan umum di perkotaan mengakibatkan bertambahnya pengguna dalam menggunakan kendaraan pribadi sehingga kemacetan lalu lintas yang terjadi meningkat secara signifikan yaitu 50% walaupun data yang di dapatkan di awal memang kepadatan sudah tinggi.

Dari referensi – referensi tersebut, model yang akan dibuat pada penelitian ini berasal dari beberapa referensi diatas karena memiliki kesamaan karakteristik permasalahan. Model penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan objek penelitian yaitu mengatasi kemacetan agar lebih efektif dan efisien. Berikut ini adalah model diagram kausatik yang dihasilkan pada penelitian ini yang di tunjukkan pada Gambar 3.4 sebagai berikut :



Gambar 3.4 Diagram Kausatik Penelitian

Model diagram penelitian ini menfokuskan dalam mengatasi kemacetan pada perkotaan agar lebih efektifitas dan efisiensi. Ada beberapa faktor faktor yang mengakibatkan terjadinya kemacetan pada perkotaan yaitu pertumbuhan

kendaraan, management transportasi yang kurang baik, kurangnya angkutan umum, parkir liar sehingga kemacetan semakin tidak dapat di hindari.

Kapasitas jalan adalah kemampuan ruas jalan untuk menampung arus atau volume lalu lintas yang ideal dalam satuan waktu tertentu, dinyatakan dalam jumlah kendaraan yang melewati potongan jalan tertentu dalam satu jam (kend/jam), atau dengan mempertimbangan berbagai jenis kendaraan yang melalui suatu jalan digunakan satuan mobil penumpang sebagai satuan kendaraan dalam perhitungan kapasitas maka kapasitas menggunakan satuan satuan mobil penumpang per jam atau (smp)/jam. Pada saat arus rendah kecepatan lalu lintas kendaraan bebas tidak ada gangguan dari kendaraan lain, semakin banyak kendaraan yang melewati ruas jalan, kecepatan akan semakin turun sampai suatu saat tidak bisa lagi arus/volume lalu lintas bertambah, di sinilah kapasitas terjadi. Setelah itu arus akan berkurang terus dalam kondisi arus yang dipaksakan sampai suatu saat kondisi macet total, arus tidak bergerak dan kepadatan tinggi.

Berdasarkan penjelasan tersebut maka penelitian ini akan memenuhi proses pengurangan kemacetan dalam mendukung konsep *intelligent transportation system*.

### **3.6 Pengolahan Data (Flow Diagram)**

Pada tahapan ini, dari model kausatik yang sudah dibuat, selanjutnya model tersebut akan diterjemahkan menjadi model sistem dinamik yang digambarkan melalui diagram stock dan flow (flow diagram). Diagram tersebut bertujuan untuk memudahkan dalam merancang skenario serta melakukan analisis dari hasil yang dikeluarkan. Dalam pembuatan flow diagram ini terdapat beberapa komponen untuk membetuknya.

1. *Level*: Sebuah Kuantitas yang terakumulasi dari waktu ke waktu dan nilainya dirubah dengan mengakumulasikan nilai Rate.
2. *Rate*: Merupakan aliran yang mengubah nilai level
3. *Auxiliary*: Merepresentasikan formulasi yang dapat mempengaruhi rate atau variabel lainnya

4. *Source* dan *Sink* : *Source* adalah sistem diluar batasan model, *Sink* adalah Terminasi sistem

Selanjutnya dari tiap-tiap variabel pada model, dilakukan dengan cara memahami dan menguji konsistensi model apakah sudah sesuai dengan tujuan dan batasan sistem yang dibuat. Setelah model dibuat selanjutnya dilakukan tahap validasi dan verifikasi.

### 3.7 Validasi Model

Hasil dari model flow diagram yang sudah dibuat selanjutnya akan dilakukan proses Verifikasi dan Validasi. Verifikasi adalah proses pengecekan terhadap model apakah sudah tidak terjadi kesalahan. Verifikasi dilakukan dengan cara memeriksa formulasi yang sudah dibuat sudah sesuai hubungan variabel dengan variabel lain dan memeriksa satuan satauan variabel dalam model. Jika tidak terdapat kesalahan pada model, maka model telah terverifikasi. Selanjutnya dilakukan proses Validasi untuk memastikan apakah model sudah sesuai menggambarkan kondisi sistem nyatanya. Proses Validasi ini dilakukan dengan dua cara pengujian yaitu validasi model dengan tatistik Uji Perbandingan Rata-Rata (mean comparison) atau dengan validasi model dengan Uji Perbandingan Variasi Aplitudo (% error variance) (Barlas, 1989).

- a. Uji Perbandingan Rata-rata (*Mean Comparison*)

$$E_1 = \left| \frac{\bar{S} - \bar{A}}{\bar{A}} \right| \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

$\bar{S}$  = Nilai Rata-rata Hasil Simulasi

$\bar{A}$  = Nilai Rata-Rata Data

Model dianggap valid apabila  $E1 \leq 5 \%$

- b. Uji Perbandingan Variasi Amplitudo (% Error Variance)

$$E_2 = \left| \frac{S_s - S_a}{S_a} \right| \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

$S_s$  = Standar Deviasi Model

$S_a$  = Dtandar Deviasi Data

Model dianggap valid apabila  $E2 \leq 5 \%$



### 3.8 Membuat Skenario Model

Pada tahapan ini model yang telah di verifikasi dan validasi akan di buatkan skenario. Skenario dari model hanya untuk menentukan kebijakan yang yang paling minimum dalam hal untuk mengatasi kemacetan yang terjadi di kota surabaya. Dua alternatif skenario yang bisa digunakan dalam sistem dinamik, yaitu (Suryani, 2006):

1. Skenario Parameter

Skenario ini dilakukan dengan cara melakukan perubahan pada nilai parameter dari model yang sudah dibuat untuk mendapatkan hasil yang paling optimal atau sesuai dengan kebutuhan model yang telah kita bangun sebelumnya.

2. Skenario Struktur

Skenario ini dilakukan dengan cara melakukan perubahan sehingga di dapat struktur model yang baru dengan tujuan untuk mendapatkan peningkatan kinerja sistem dibandingkan sistem yang lama. Skenario jenis ini memerlukan pengetahuan yang cukup tentang sistem supaya struktur baru yang terbentuk dapat memperbaiki kinerja sistem.

Berdasarkan diagram kausatik yang dihasilkan dan tujuan dari penelitian ini yaitu mengurangi kemacetan yang terjadi di kota Surabaya agar lebih efektif dan efisien, berikut ini adalah rencana skenario yang akan dilakukan.

- Skenario 1 (Efektifitas): Tujuan dari skenario ini adalah mengidentifikasi penambahan ruas jalan, penambahan jalan bebas hambatan, penambahan angkutan umum dan penambahan lahan parkir sesuai dengan referensi dari penelitian sebelumnya.
- Skenario 2. (Efisiensi): Tujuan dari skenario ini adalah untuk mengurangi waktu tempuh dari kendaraan sehingga jika kemacetan menurun maka waktu tempuh yang di hasilkan kendaraan agar bisa sampai ke lokasi tujuan bisa lebih cepat.

### **3.9 Analisis dan Pembahasan Hasil Simulasi**

Data hasil simulasi skenario model yang sudah dibuat kemudian akan dilakukan analisis untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan pada hasil yang diinginkan, pada tahapan ini keputusan atau kebijakan yang terkait dalam mengatasi kemacetan di kota surabaya dapat di tentukan untuk mendukung *intelligent transportation system*.

### **3.10 Membuat Kesimpulan**

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan selanjutnya akan dilakukan kesimpulan hasil yang diperoleh dan kemudian memberikan saran-saran yang berkaitan dengan penelitian selanjutnya.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai pengembangan model sistem dinamik dalam mengatasi kemacetan yang ada di kota Surabaya sesuai dengan tujuan penelitian. Pengembangan model dilakukan dengan menganalisa kondisi saat ini dengan menggunakan data-data yang tersedia dari berbagai sumber yang telah didapatkan sebelumnya dan hasil pengamatan. Cakupan dari penelitian ini adalah mengenai cara mengatasi kemacetan dengan konsep intelligent transportation system. Selanjutnya, dari hasil analisa tersebut akan dilakukan analisa lanjutan mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kemacetan di kota Surabaya. Dari hasil analisis data dan faktor-faktor berpengaruh tersebut, selanjutnya akan dibangun sebuah model stockflow diagram sesuai dengan tujuan dan batasan dari penelitian ini.

#### **4.1 Pengumpulan Data**

Pada penelitian ini data yang digunakan berupa data primer dalam membangun model pada penelitian ini, merupakan data yang didapatkan dari hasil survey yang dilakukan oleh Dinas Perhubungan Kota Surabaya. Adapun data yang dipergunakan dalam membangun merupakan data periodik dari tahun 2000 hingga 2017. Selain itu terdapat data sekunder yang dipergunakan untuk membantu dalam membangun model yang berasal dari beberapa sumber seperti literatur, hasil survey, dan wawancara baik yang dilakukan oleh Dinas Perhubungan dan oleh penulis. Adapun data primer yang dipergunakan dalam membangun model dalam penelitian ini antara lain:

1. Data primer
  - a. Lalu lintas harian rata-rata (LHR)
  - b. Total Kendaraan per kategori kendaraan.
  - c. Total Kecelakaan
  - d. Kematian Akibat Kecelakaan

2. Data sekunder
  - a. Populasi penduduk
  - b. Kerugian Akibat Kecelakaan

## **4.2 Pengembangan Model Penelitian**

Pengembangan model penelitian bertujuan untuk mengetahui kesesuaian yang terjadi antara model Casual loop diagram dan model stok flow diagram sehingga tahapan-tahapan yang akan di lakukan yaitu model casual loop diagram, pembuatan stok flow diagram, formulasi rumus stok flow diagram, verifikasi dan validasi dari setiap model dan melakukan representasi model kedalam sistem yang nyata.

### **4.2.1 *Boundary Adequacy***

Tahapan *boundary adequacy* test dilakukan dalam pemodelan untuk memastikan bahwa model sesuai untuk tujuan yang ditetapkan yaitu dengan mengatasi kemacetan lalu lintas di perkotaan. Hal ini digunakan untuk membantu dalam mendefinisikan batasan model penelitian dengan mendaftar variabel apa saja yang perlu untuk dimasukkan dan dihilangkan dari model, diantaranya variabel yang masuk dalam faktor endogen, eksogen yang saling berpengaruh dan excluded. Hasil pengujian memungkinkan mengumpulkan bukti bahwa faktor penting dan parameter menentukan perilaku dinamis sistem yang sebenarnya termasuk dalam model dan bahwa batas-batas dan tingkat detail menggambarkan sistem nyata dengan memadai (Dace, Elina 2015). Jika struktur tambahan memiliki dampak yang signifikan pada perilaku model maka harus disertakan. Jika variabel tidak memiliki dampak dapat dihilangkan dari model (excluded), sehingga model mejadi lebih kecil dan lebih mudah untuk menjelaskan model (Sterman, 2000). Batasan sistem untuk model pengatasaan kemacetan lalu lintas di kota Surabaya ditunjukkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

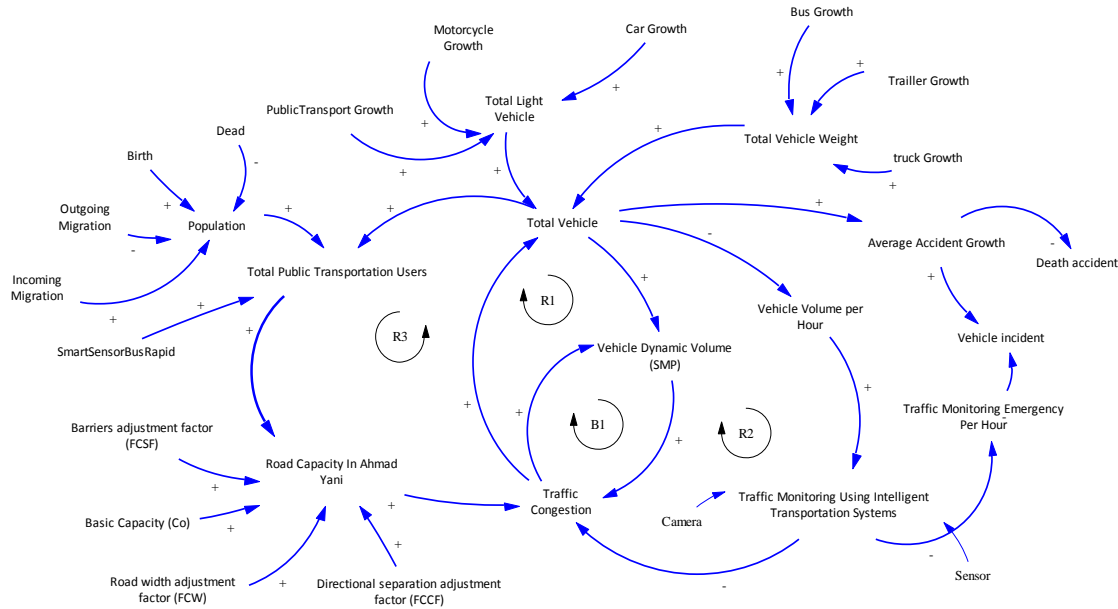
**Tabel 4.1. Boundary Adequacy**

<b>Internal or Endogen</b>	<b>Eksternal or Exogen</b>	<b>Excluded</b>
Congestion	Congestion	Congestion
Population (Ismiyanti DKK. 2012)	Vehicle Dynamic Volume (Harahap, E. DKK 2017).	Barriers adjustment factor. (Harahap, E. DKK 2017).
Large vehicles (Ismiyanti DKK. 2012)	Road Capacity (Ismiyanti DKK. 2012)	Basic Capacity (Co) (Harahap, E. DKK 2017).
Large vehicles (Ismiyanti DKK. 2012)		Road width adjustment factor (Harahap, E. DKK 2017).
Light vehicles (Ismiyanti DKK. 2012)		Directional separation adjustment factor (Harahap, E. DKK 2017).
Total vehicles (Meyer et al ,1984).		
Effectiveness	Effectiveness	Effectiveness
<i>Intelligent transportation system</i> (Desertot DKK ,2013)		
<i>Widening of the Roads</i> (Agyapong,2018)		
<i>Addition of public</i> (Agyapong,2018)		
Efficiency.	Efficiency.	Efficiency.
Vehicle incident (Fahza & Widyastuti, 2019)	Death accident (Fahza & Widyastuti, 2019)	
	Losses Value (Fahza & Widyastuti, 2019)	

#### **4.2.2 Casual Loop Diagram**

Pada tahapan ini, setelah didapatkan variabel dan komponen terkait mengatasi kemacetan lalu lintas Surabaya, maka selanjutnya adalah melakukan pengembangan model. Dari model yang akan dikembangkan dalam penelitian ini adalah bagaimana

konsep *intelligent transportation system* berperan dalam pengurangan kemacetan lalu lintas. Berikut merupakan Causal Loop Diagram ditunjukkan seperti pada Gambar 4.1.



#### 4.1 Casual Loop Diagram Kemacetan

Model diagram penelitian ini menfokuskan dalam mengatasi kemacetan pada perkotaan agar lebih efektifitas dan efisiensi. Ada beberapa faktor faktor yang mengakibatkan terjadinya kemacetan pada perkotaan yaitu pertumbuhan kendaraan, management transportasi yang kurang baik, kurangnya angkutan umum, parkir liar sehingga kemacetan semakin tidak dapat di hindari.

Kapasitas jalan adalah kemampuan ruas jalan untuk menampung arus atau volume lalu lintas yang ideal dalam satuan waktu tertentu, dinyatakan dalam jumlah kendaraan yang melewati potongan jalan tertentu dalam satu jam (kend/jam), atau dengan mempertimbangan berbagai jenis kendaraan yang melalui suatu jalan digunakan satuan mobil penumpang sebagai satuan kendaraan dalam perhitungan kapasitas maka kapasitas menggunakan satuan satuan mobil penumpang per jam atau (smp)/jam. Pada saat arus rendah kecepatan lalu lintas kendaraan bebas tidak ada gangguan dari kendaraan lain, semakin banyak kendaraan yang melewati ruas jalan, kecepatan akan semakin turun sampai suatu saat tidak bisa lagi arus/volume lalu lintas bertambah, di sinilah kapasitas terjadi. Setelah itu arus akan berkurang terus

dalam kondisi arus yang dipaksakan sampai suatu saat kondisi macet total, arus tidak bergerak dan kepadatan tinggi.

### 4.3 Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem dilakukan dengan menggambarkan karakteristik sistem transportasi dengan menggunakan *flow diagram*. Hal ini dilakukan dengan cara menghubungkan keterkaitan antar indikator keberlanjutan yang telah ditentukan sebelumnya dengan data-data yang tersedia. Dalam menggambarkan keterkaitan antara masing-masing indikator dan data yang dipergunakan, penulis menggunakan teknik-teknik perhitungan standar dalam pengukuran kinerja lalu-lintas yang berasal dari berbagai sumber baik literatur dan sumber-sumber lain.

#### 4.3.1 Sub Model Lalu-Lintas Harian Rata-Rata

Sub model ini merupakan turunan dari hubungan antara kebutuhan transportasi dan penggunaan kendaraan bermotor pada kegiatan transportasi dimana ada pertumbuhan *demand* pada transportasi yang berdampak pada penggunaan kendaraan bermotor. Menurut hasil survey lalu-lintas harian rata-rata (LHR) yang dilakukan oleh dinas perhubungan kota Surabaya pada, jumlah kendaraan bermotor pengguna jalan terbanyak adalah berupa sepeda motor dengan jumlah mencapai 104.676 kendaraan perhari pada tahun 2011 dan mobil pribadi dengan jumlah 33.660 pada tahun 2017 kendaraan per hari. Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah data rata rata LHR kota Surabaya yang dikelompokkan berdasarkan jenis kendaraan yang berada di jalan Ahmad Yani kota surabaya meliputi sepeda motor, mobil pribadi, angkutan umum, trailer, truk, dan bus. Data LHR diambil dari dokumentasi survey LHR yang dilakukan oleh dinas perhubungan kota Surabaya sejak tahun 2005 hingga tahun 2017 seperti yang dapat dilihat pada pada tabel 4.1 dan tabel 4.2.

**Tabel 4.2. LHR Sepeda Motor, Mobil, dan Angkutan Umum**

Tahun	LHR Sepeda Motor	LHR Mobil Pribadi	LHR Angkutan Umum
2005	128790	59190	6991

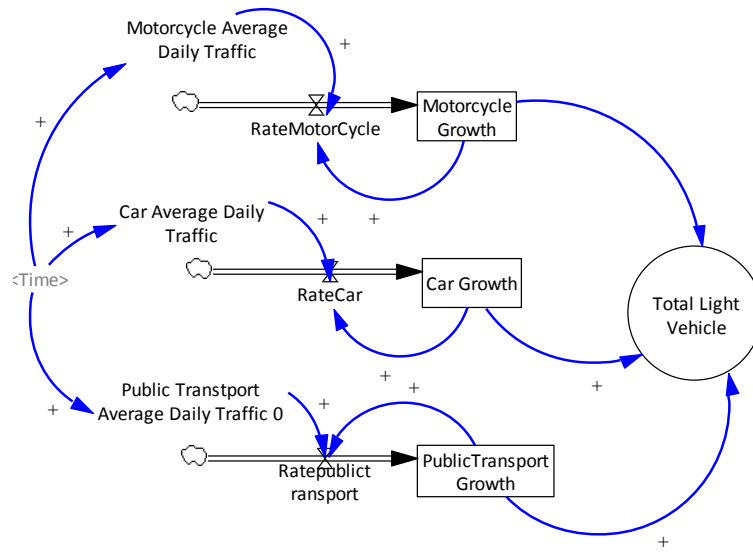
2006	115889	45761	11225
2007	124221	49477	5012
2008	121490	44716	8285
2009	141040	51202	4291
2010	111306	45785	4152
2011	111297	41398	1214
2012	132154	60808	3334
2013	117771	53848	3677
2014	163555	71586	2453
2015	136932	72859	2685
2016	138783	78248	2592
2017	140634	83637	2498

**Tabel 4.3. Trailer, Bus, dan Truk**

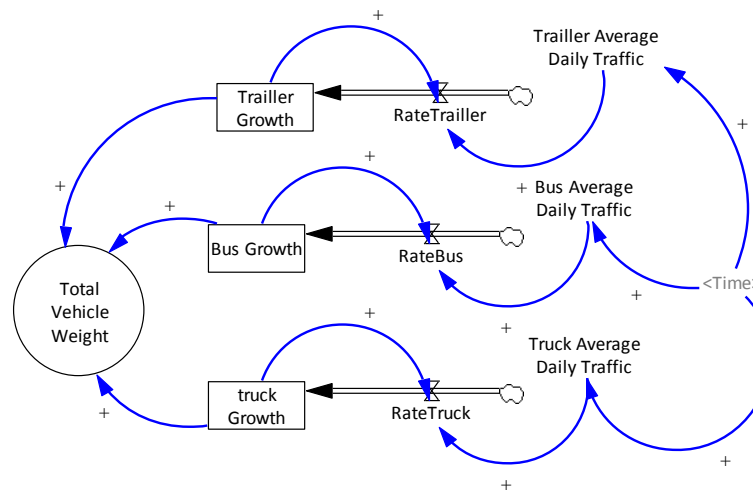
Tahun	LHR Trailer	LHR Bus	LHR Truk
2005	164	1422	1422
2006	127	704	854
2007	190	1062	1195
2008	54	918	956
2009	37	1514	1434
2010	103	793	717
2011	16	253	359
2012	12	999	933
2013	87	627	747
2014	20	861	896
2015	32	628	717
2016	28	576	574
2017	24	524	460

Data lalu lintas harian rata-rata adalah data yang sangat penting dalam menentukan sebuah tingkat kepadatan kendaraan yang berada pada jalan tertentu sehingga dapat dilakukan perhitungan maupun perkiraan yang terjadi pada ruas jalan jika terjadi kemacetan atau tidak pada jalan tersebut. Adapun sub model lalu-lintas harian rata-rata kota Surabaya di jalan Ahmad Yani dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2



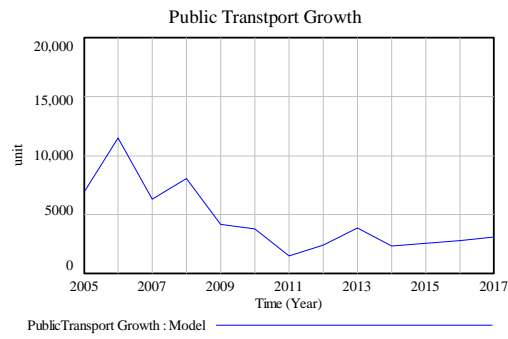
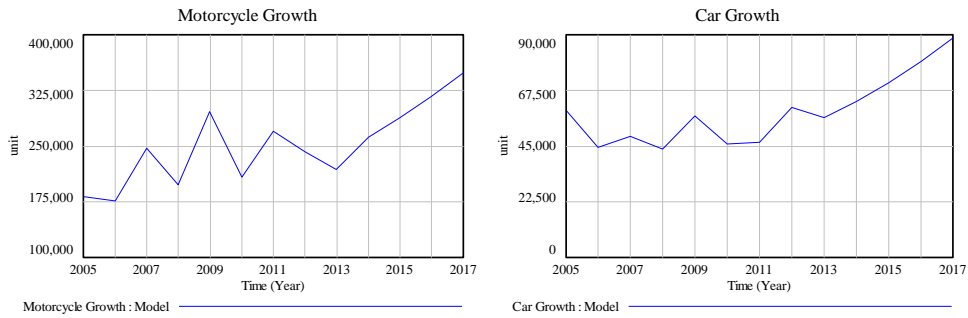


**Gambar 4.2. Sub Model Kendaraan Ringan Jalan Ahmad Yani Surabaya**

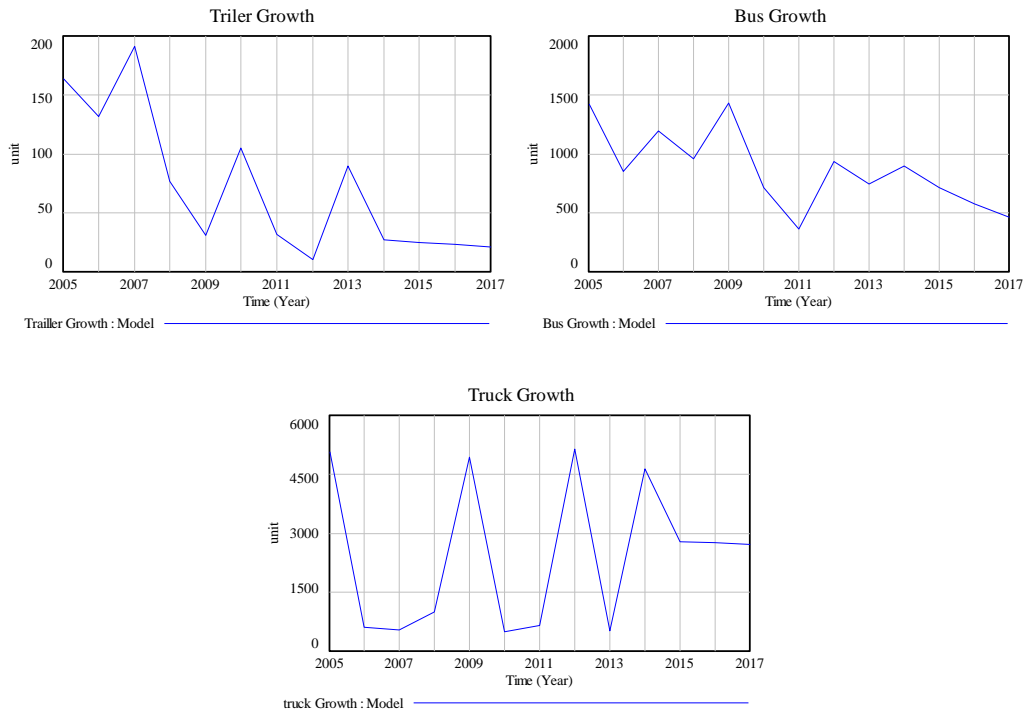


**Gambar 4.3. Sub Model Kendaraan Berat Jalan Ahmad Yani Surabaya**

Berdasarkan Pada gambar sub model kendaraan di atas dapat dilihat grafik tren dari pertumbuhan kendaraan di kota Surabaya yang berada di jalan Ahmad Yani , kendaraan ringan cenderung lebih meningkat dari tahun ketahunnya di bandingkan dengan tren kendaraan berat yang melintas di ruas jalan Ahmad Yani seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.3.

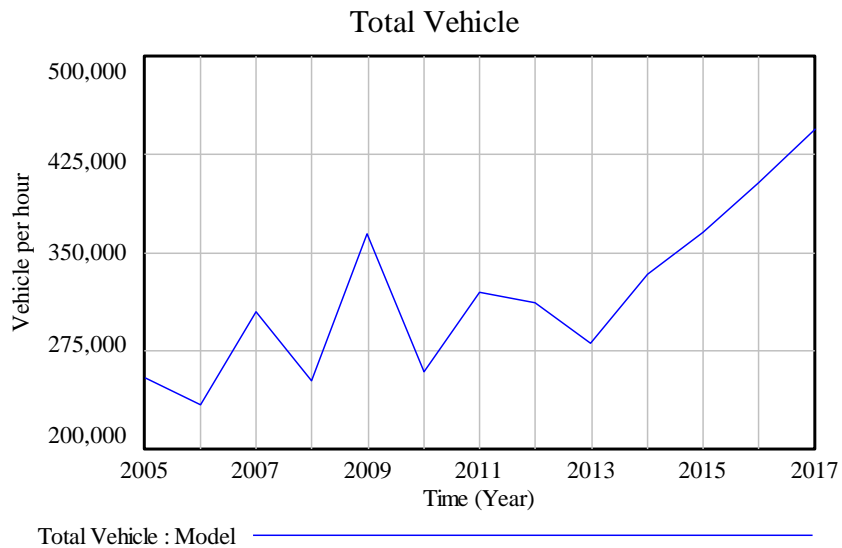


**Gambar 4.4. Tren Pertumbuhan Lalu-Lintas Kendaraan Ringan**



**Gambar 4.5. Tren Pertumbuhan Lalu-Lintas Kendaraan Berat**

Dari data jumlah kendaraan ringan dan kendaraan berat yang melintas di ruas jalan Ahmad Yani dari tahun ketahun mengalami kenaikan sehingga jalan Ahmad Yani cenderung ramai sehingga mengakibatkan penumpukan kendaraan pada ruas jalan tersebut untuk grafik tren dari total kendaraan keseluruhan dapat di lihat pada gambar 4.5



**Gambar 4.6. Tren Pertumbuhan Total kendaraan di jalan Ahmad Yani Surabaya**

Kenaikan jumlah kendaraan dari tahun ketahunnya diakibatkan banyaknya masyarakat yang menggunakan kendaraan pribadi sehingga pertumbuhan kendaraan semakin meningkat dari tahun ketahun dengan data yang di dapatkan dari dinas perhubungan kota Surabaya.

#### 4.3.2 Sub Model Kapasitas Jalan Ahmad Yani Surabaya

Faktor yang mempengaruhi kapasitas jalan kota adalah lebar jalur atau lajur, ada tidaknya pemisah/median jalan, hambatan bahu/kereb jalan, gradient jalan, didaerah perkotaan atau luar kota, ukuran kota. Rumus di wilayah perkotaan ditunjukkan berikut ini:

$$C = C_0 \times FCW \times FCSP \times FCSF \times FCCS \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

C<sub>0</sub> = Kapasitas dasar (smp/jam), biasanya digunakan angka 2300 smp/jam

FCW = Faktor penyesuaian lebar jalan

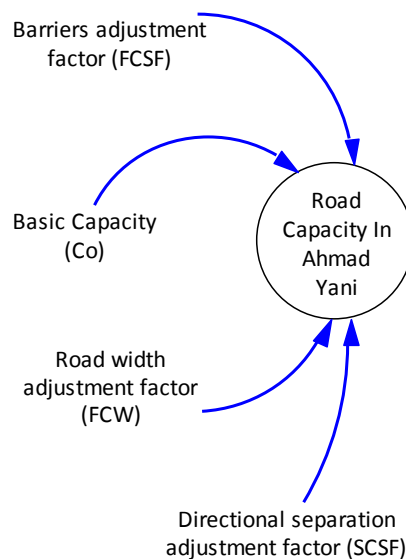
FCSP = Faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya utk jalan tak terbagi)

FCSF = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kereb

FCCS = Faktor penyesuaian ukuran kota

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga,1997)

Berikut adalah sub model kapasitas jalan Ahmad Yani kota surabaya yang ditunjukkan pada gambar 4.5.



**Gambar 4.7. Sub Road Capacity**

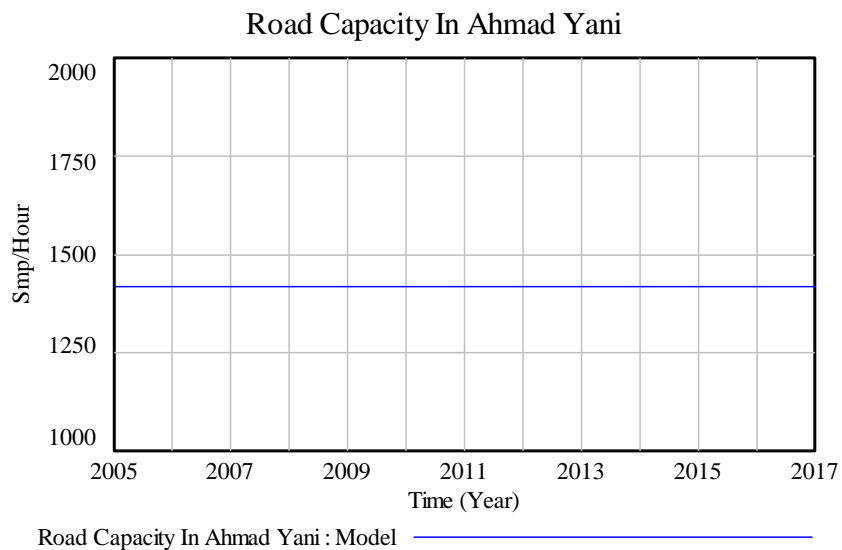
Berdasarkan data yang di dapatkan dari dinas perhubungan kota Surabaya di jalan Ahmad Yani merupakan jalan arteri dengan 6 lajur terbagi yang berarti jalan Ahmad Yani terbagi menjadi 2 jalur dan terdiri dari 3 lajur di setiap jalurnya. Jalan Ahmad Yani memiliki lebar 10,5 meter setiap jalurnya yang berarti 3.5 meter di tiap jalurnya. Jalan Ahmad Yani merupakan Jalan dengan tingkat hambatan samping yang tergolong tinggi dengan lebar bahu jalan  $\leq 0.5$  meter dan untuk ukuran kota Surabaya memiliki jumlah penduduk sebanyak 2.853.661 jiwa. Berdasarkan data-data tersebut di atas maka kapasitas jalan Ahmad Yani dapat dihitung sebagai berikut ini:

$$C = C_o \times FCW \times FCSP \times FCSF \times FCCS$$

$$C = 1.650 \times 1.00 \times 0.86 \times 1.00$$

$$C = 1.419$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa kapasitas jalan Ahmad Yani adalah sebesar 1.419 smp/jam di setiap lajunya yang berarti kapasitas jalan Ahmad Yani secara keseluruhan adalah  $1.419 \times 6 = 8.514$  smp/jam. berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat dideskripsikan bahwa jumlah maksimum kendaraan yang dapat ditampung oleh ruas jalan Ahmad Yani adalah sebesar 8.514 smp/jam. Untuk grafik tren dari kapasitas jalan Ahmad Yani kota Surabaya dapat di lihat pada gambar 4.6 berikut :



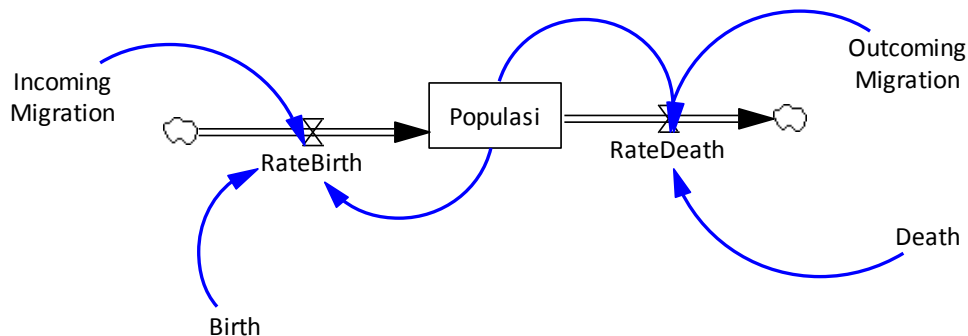
**Gambar 4.8. Kapasitas Jalan Ahmad Yani Surabaya**

### 4.3.3 Sub Model Populasi Penduduk Surabaya

Pertumbuhan penduduk kota-kota di Indonesia cenderung mengalami kenaikan yang sangat besar, sementara pada saat yang sama, tidak diimbangi dengan pemerataan disuatu tempat pertumbuhan dikota besar sangat terlihat. Pertumbuhan penduduk adalah perubahan populasi pada waktu tertentu yang sudah dilakukan pendataan. Sebutan pertumbuhan penduduk merujuk pada bertambahnya jumlah penduduk. Perkembangan penduduk di Surabaya dikarenakan peningkatan data kelahiran perhari di bandingkan data kematian yang ada hal ini yang mengakibatkan

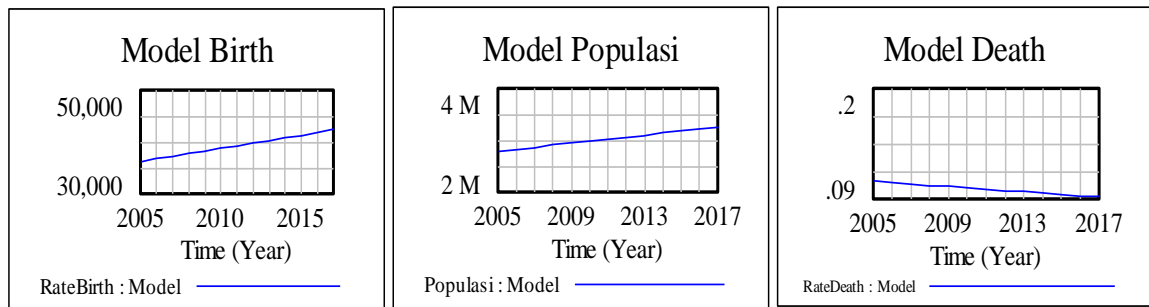
banyaknya kehidupan tidak sebanding banyaknya kematian yang mengakibatkan bertambahnya penduduk di kota Surabaya. Maka yang melandasi perkembangan penduduk di kota Surabaya adalah banyaknya kelahiran di bandingkan dengan kematian dan banyaknya urbanisasi yang dilakukan masyarakat dari desa ke Surabaya yang dilandasi untuk meningkatkan perekonomian mereka. Alasan yang ada lebih banyak karena urusan pekerjaan. Perkembangan masyarakat Asli kota Surabaya sudah banyak apalagi ditambah urbanisasi masuk dan tidak diimbangi urbanisasi keluar dari kota Surabaya. Semakin banyak lapangan pekerjaan semakin banyak pula penduduk dari kota lain berdatangan ke kota Surabaya.

Kota Surabaya yang terletak antara 07 21 Lintang Selatan dan 112 36 s.d 112 54 Bujur Timur. wilayah kota Surabaya memiliki dataran terendah 3 meter diatas permukaan laut sampai 50 meter diatas permukaan laut. ini menunjukkan bahwa kota Surabaya berada didataran rendah. Untuk batas kota sebelah utara dan timur dibatasi oleh selat madura, selatan berbatasan dengan kota Sidoarjo dan barat berbatasan dengan kota Gresik. Luas kota Surabaya seluruhnya kurang lebih 326,36 km<sup>2</sup> yang terdiri didalamnya 31 kecamatan dan 163 kelurahan. Pada tahun 2000 jumlah penduduk di kota Surabaya mencapai 2,599,796 juta jiwa. Kemudian pada tahun 2015 jumlah penduduk di kota Surabaya bertambah 2,870,200 juta jiwa, dengan laju pertumbuhan penduduk kota Surabaya sebesar 0,63% per tahun. Penambahan rata-rata tiap tahun adalah 100.000 jiwa. Berikut ini merupakan sub model populasi di kota Surabaya yang di tunjukan pada gambar 4.7 berikut :



**Gambar 4.9. Sub Model Populasi Surabaya**

Gambar diatas adalah sub model populasi di kota Surabaya yang menggambarkan jumlah penduduk kota Surabaya yang terus bertambah dari tahun ke tahun. Laju pertumbuhan penduduk didapatkan dari laju kelahiran ditambah urbanisasi masuk dikurangi laju kematian ditambah urbanisasi keluar di tiap area. Penambahan jumlah penduduk ini menentukan besarnya kemacetan kota Surabaya. Tren grafik populasi kota Surabaya dapat di lihat pada gambar 4.8



**Gambar 4.10. Grafik Populasi Surabaya**

**4.3.4 Sub Model Derajat Kejenuhan (*Degree of Saturation*)**

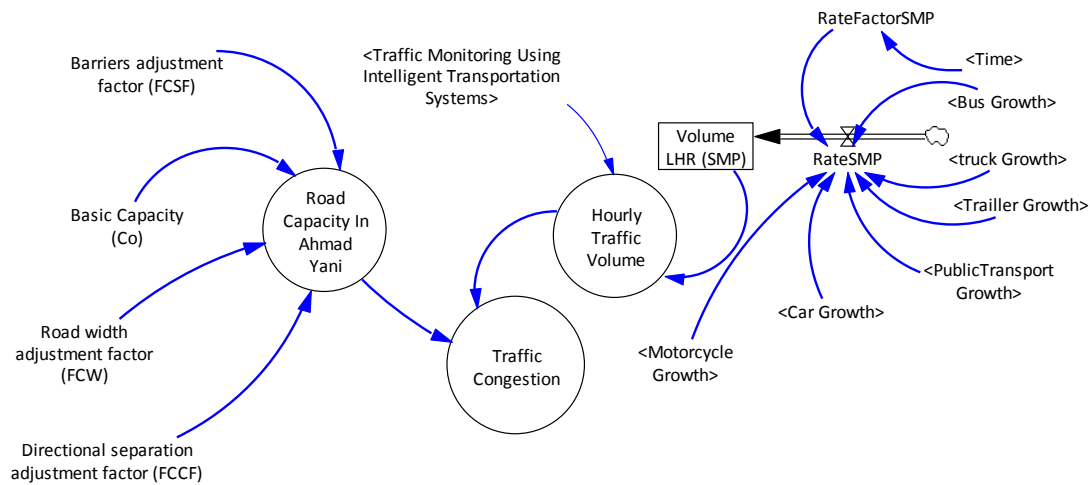
Derajat kejenuhan adalah Rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas pada ruas jalan / persimpangan jalan tertentu. Derajat kejenuhan diketahui untuk mencari tahu tingkat kepadatan dan tingkat pelayan/*level of service* ruas jalan tersebut. Derajat kejenuhan suatu jalan dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$DS = Q_{smp} / C \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

- DS : Derajat kejenuhan
- Q smp : Arus total (smp/jam)
- C : Kapasitas jalan

Untuk sub model derajat kejenuhan yang terjadi pada ruas jalan Ahmad Yani kota Surabaya dapat dilihat pada gambar 4.9 berikut :



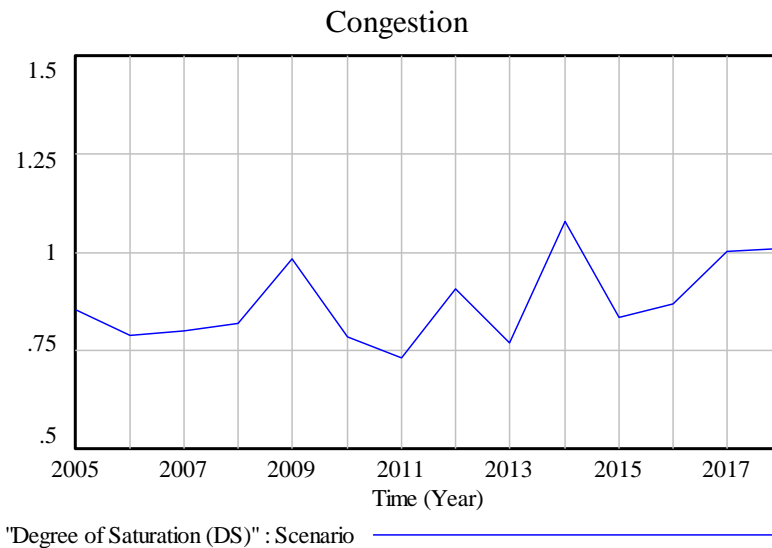
**Gambar 4.11. Sub model Derajat kejenuhan Jalan Ahmad Yani Surabaya**

Untuk menentukan ukuran untuk Keselamatan berkendara sesuai dengan. Dalam standarisasi nilai Rasio Pelayanan Jalan ditetapkan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) yang diteliti menurut rentas (2012) dan indratmo (2006) dengan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut :

1. 0,01 – 0,7 dimana kendaraan dapat berjalan dengan lancar tanpa ada hambatan dengan laju kendaraan yang stabil.
2. 0,7 - 0,8 dimana kendaraan berjalan lancar dengan sedikit hambatan dan kendaraan mengurangi sedikit kecepatan.
3. 0,8 - 0,9 dimana kendaraan berjalan lancar tapi adanya hambatan lalu lintas sudah lebih mengganggu.
4. 0,9 - 1,0 Kondisi pelayanan kurang baik dimana kendaraan berjalan dengan banyak hambatan dimana menyebabkan kondisi pengendara mengalami kejenuhan.
5. > 1,0 keatas Kondisi pelayanan buruk dimana kendaraan berjalan dengan lamban dan cenderung macet.

Untuk grafik derajat kejenuhan yang terjadi pada ruas jalan Ahmad Yani kota Surabaya dapat dilihat pada gambar 4.10 berikut :





**Gambar 4.12. Grafik Derajat kejenuhan Jalan Ahmad Yani Surabaya**

#### 4.3.5 Sub Model Kecelakaan Kendaraan

Keamanan dan keselamatan dalam berlalu lintas merupakan dambaan dari seluruh pengguna jalan. Namun ironis, pengemudi kendaraan bermotor di Indonesia pada umumnya mengemudikan kendaraan tanpa dibekali dengan pengetahuan dan ketrampilan mengemudi serta etika berlalu lintas yang benar. Akibatnya jalan raya menjadi semacam *Killing Ground*, bagi para pengguna jalan. Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah data kecelakaan yang terjadi di kota Surabaya yang dikelompokkan berdasarkan tingkat kecelakaan, korban kecelakaan dan jumlah kerugian. Data di dapatkan dari pusat statistik kota Surabaya sejak tahun 2005 hingga tahun 2018 seperti yang dapat dilihat pada pada tabel 4.3 dan 4.4

**Tabel 4.4. Kecelakaan Kendaraan**

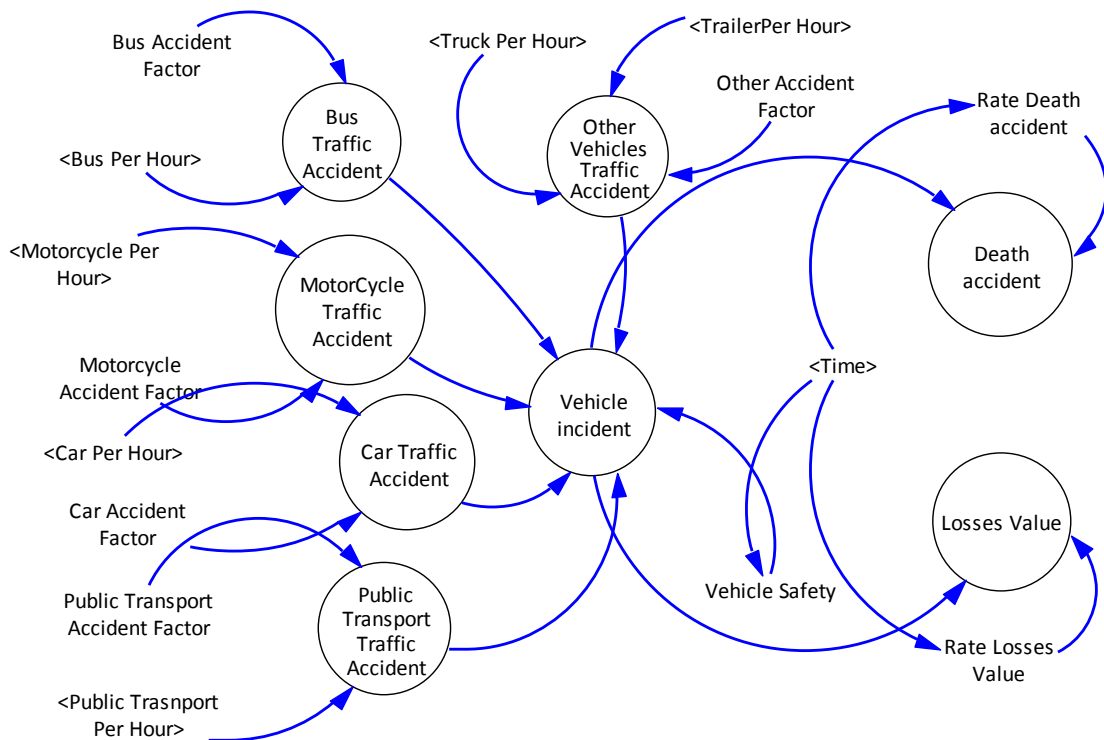
Tahun	Jumlah Kecelakaan
2005	880
2006	1031
2007	1225
2008	1250
2009	1528
2010	10198

Tahun	Jumlah Kecelakaan
2011	1119
2012	1136
2013	858
2014	732
2015	980
2016	1239
2017	1798
2018	1823

**Tabel 4.5. Korban Meninggal dan Kerugian**

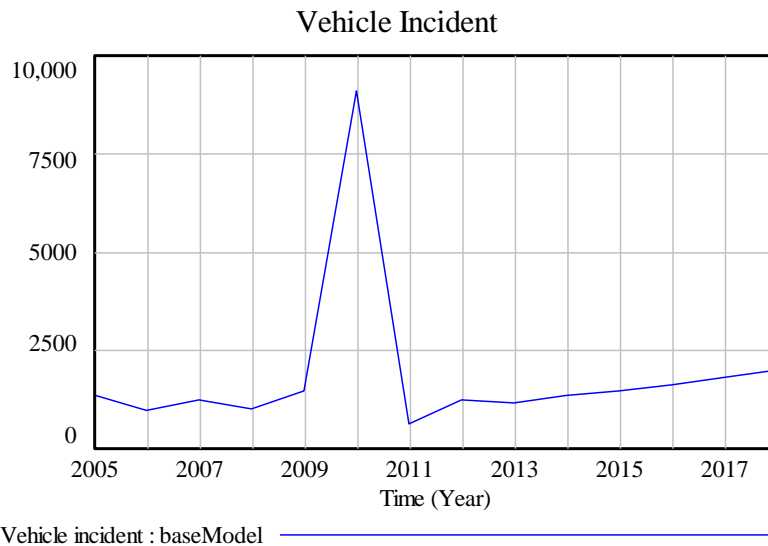
Tahun	Jumlah Kematian	Tahun	Jumlah Kerugian (Rp)
2005	472	2005	1670772
2006	514	2006	1514339
2007	554	2007	1357906
2008	599	2008	1201473
2009	637	2009	2030575
2010	3710	2010	13475561
2011	361	2011	854915
2012	311	2012	1108585
2013	206	2013	559800
2014	184	2014	852550
2015	232	2015	1145300
2016	255	2016	1209000
2017	278	2017	1272700
2018	323	2018	1336400

Dari data yang telah didapatkan dari dinas statistik kota Surabaya tentang jumlah kecelakaan yang terjadi di kota Surabaya maka dapat di modelkan sebuah model simulasi untuk menggambarkan jumlah data yang dimaksud. Untuk sub model tingkat kecelakaan yang terjadi pada kota Surabaya dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut :



**Gambar 4.13. Sub model Tingkat Kecelakaan Surabaya**

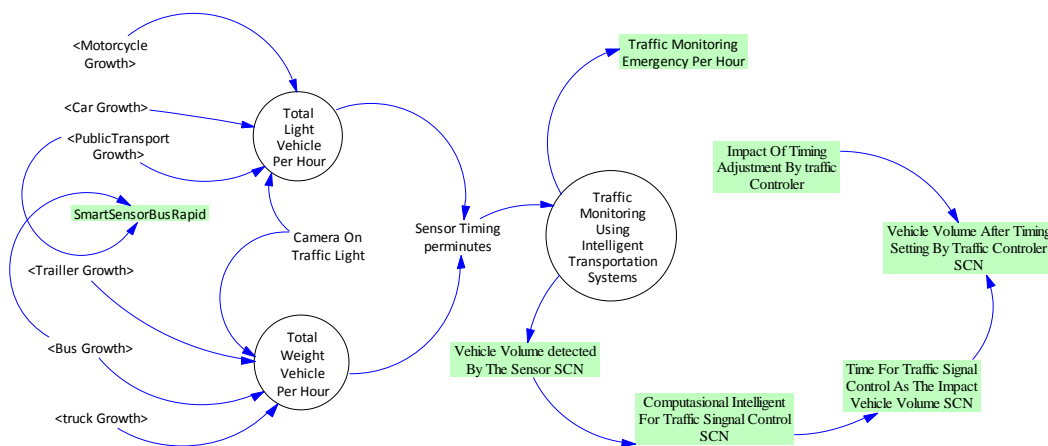
Gambar diatas adalah sub model kecelakaan kota Surabaya. Dengan faktor yang mengakibatkan setiap kendaraan dan dari total pertumbuhan kendaraan pertahunnya maka didapat hasil kecelakaan, kematian dan kerugian yang terjadi. Tren grafik dari kecelakaan di kota Surabaya dapat di lihat pada gambar 4.12



**Gambar 4.14. Grafik Tingkat Kecelakaan Surabaya**

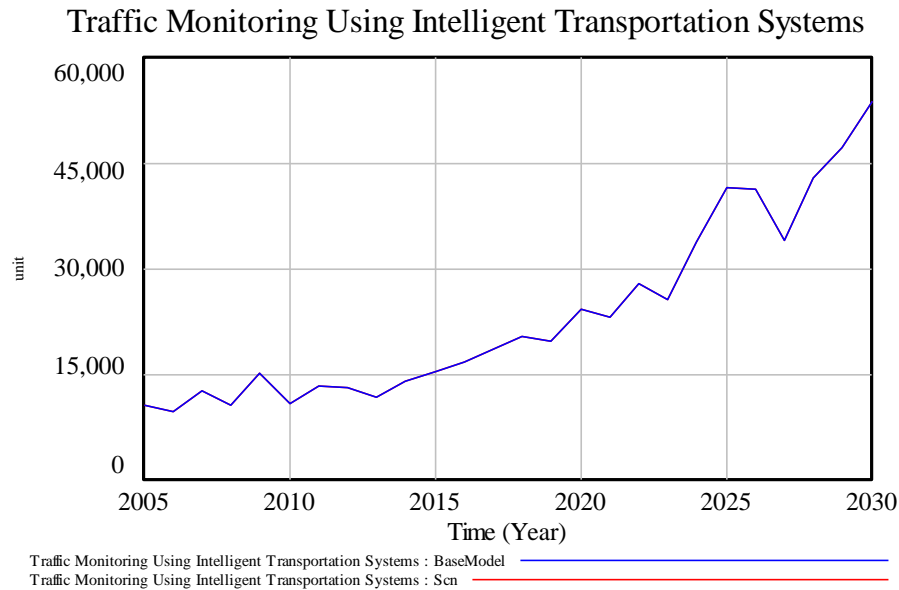
#### 4.3.6 Sub Model *Intelligent Transportation System*

Salah satu teknologi yang di kembangkan dalam bidang transportasi adalah sistem transportasi cerdas yang bertujuan mengatasi permasalahan di bidang transportasi mulai dari mengatasi kemacetan, kecelakaan sampai dengan informasi pelayanan publik di bidang transportasi. Pada gambar 4.15 di bawah ini menggambarkan sub model sistem transportasi cerdas :



**Gambar 4.15. Sub model *Intelligent Transportation System***

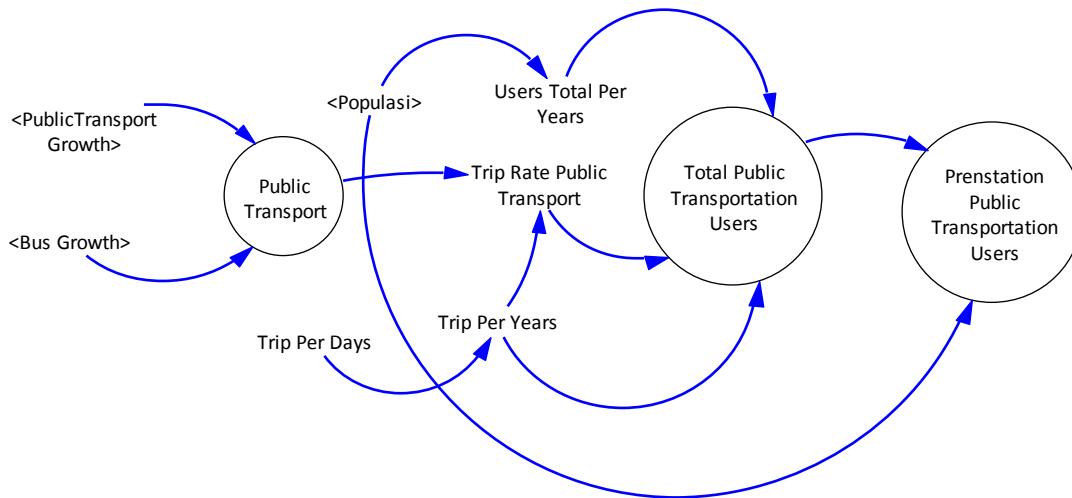
Pada sub model di atas menggambarkan pertumbuhan kendaraan per jamnya di awasi oleh sensor kamera pengawas yang di pasang di setiap persimpangan jalan di kota Surabaya sehingga memberikan informasi ke pada pusat kontrol tentang jumlah, kepadatan dan informasi tentang kecelakaan . Untuk tren dari grafik sub model *Intelligent Transportation System* dapat di lihat pada gambar 4.16 berikut:



**Gambar 4.16. Grafik *Intelligent Transportation System***

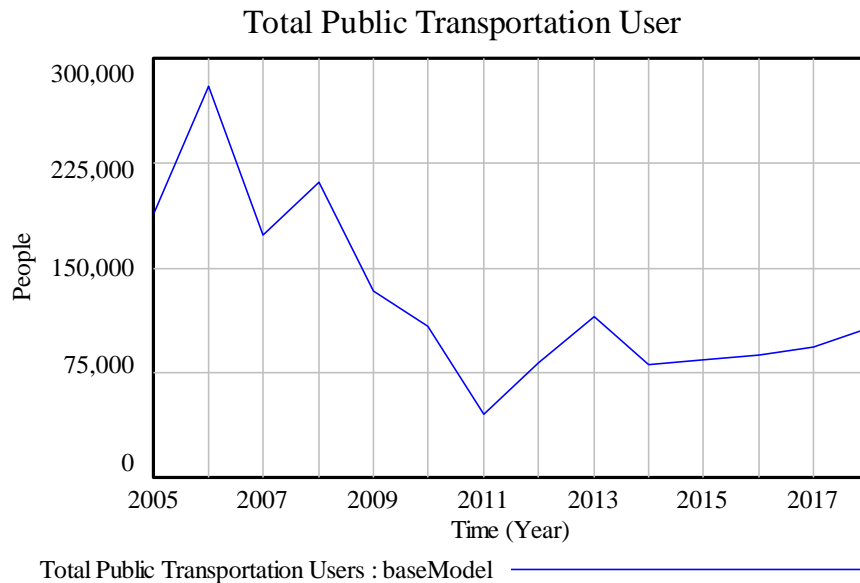
#### **4.3.7 Sub Model Angkutan Umum**

Kendala dari kemacetan yang terjadi sampai sekarang ini adalah berpengaruh dari jumlah penduduk yang tiap tahun meningkan dengan di ikuti dengan pertumbuhan kendaraan pribadi sehingga kurangnya minat terhadap kendaraan umum yang di mana kendaraan pribadi menjadi yang paling banyak mengakibatkan kemacetan lalu lintas di perkotaan khususnya di kota Surabaya. Dalam hal ini penulis membuat sebuah sub model tren dari pertumbuhan minat masyarakat terhadap kendaraan umum yang di gambarkan kedalam sub model 4.17 berikut :



**Gambar 4.17. Grafik Sub model Minat Masyarakat Terhadap Angkutan Umum**

Pada gambar sub model di atas di gambarkan jumlah peningkatan dari harian rata-rata kendaraan umum dan bus yang melintas di jalan perkotaan Surabaya khususnya di jalan ahmad yani. Dengan asumsi trip perhari dari angkutan umum yang melintas di jalan tersebut antara 8 sampai 24 trip yang di dapatkan dengan mengasumsikan jumlah penduduk kota Surabaya yang menggunakan jasa angkutan umum ini. Maka di dapatkan hasil jumlah pengguna kendaraan umum di kota Surabaya. Untuk mengetahui tren dari grafik dari pengguna kendaraan umum dapat di lihat pada gamba 4.18 berikut:



**Gambar 4.18. Grafik *Intelligent Transportation System***

Dari gambar grafik tersebut dapat dilihat penurunan pengguna kendaraan umum dari tahun ketahunnya dan memilih kendaraan pribadi sehingga dari inilah banyak terjadi kemacetan di jalan dengan penumpukan kendaraan pribadi, terjadinya kecelakaan dan kurangnya kesadaran dari masyarakat itu sendiri.

#### **4.4 Validasi Model**

Validasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dibangun dapat mewakili sistem yang menjadi objek penelitian. Validasi Model dilakukan untuk menyamakan data yang di dapat dari lembaga-bambaga terkait dengan data dari model simulasi. . Validasi akan disajikan per masing-masing sub model pada data yang dipergunakan untuk membangun sub-model tersebut.

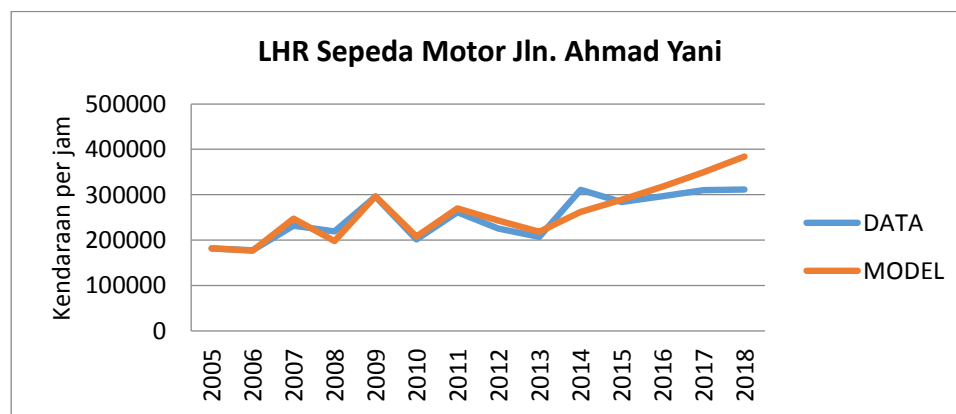
##### **4.4.1 Validasi Sub Model Lalu Lintas Harian Rata-Rata**

Validasi Sub model lalu lintas harian rata-rata Perkendaraan yang melintas di jalan Ahmad Yani dengan pertumbuhan kendaraan dari tahun 2005 sampai tahun 2018 dengan meliputi perbandingan data riil dan data hasil simulasi. Nilai E1 didapat dengan membandingkan nilai rata-rata dari data sub model simulasi dengan nilai rata-rata dari data riil sedangkan data E2 didapat dengan membandingkan nilai standar deviasi data sub model simulasi dengan nilai standar deviasi dari data riil. Pada model yang telah dibuat maka akan

dilakukan validasi terhadap model pertumbuhan kendaraan bermotor, kendaraan umum, mobil pribadi, mobil truk, mobil trailer, dan bus. Berikut adalah hasil dari validasi kendaraan tersebut :

**Tabel 4.6. Validasi LHR Kendaraan Sepeda Motor**

<i>Tahun</i>	<i>Data</i>	<i>Simulasi</i>
2005	182056	182056
2006	177468	176595
2007	232154	247233
2008	219235	197787
2009	296289	296680
2010	201683	207676
2011	261541	269978
2012	225758	242981
2013	207355	218683
2014	310991	262419
2015	283898	288660
2016	296892	317526
2017	309887	349278
2018	311653	384205
<i>Average</i>	251204	260126
<i>Standar Deviasi</i>	251204	260126
<i>Error Rate (E1)</i>	4%	
<i>Error Rate (E2)</i>	4%	



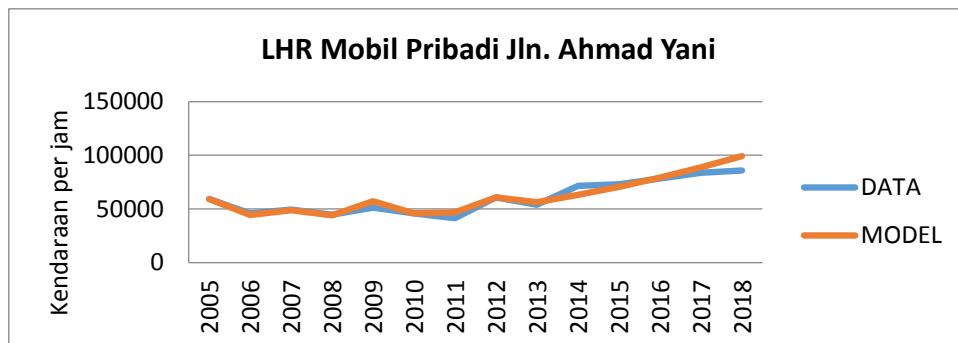
**Gambar 4.19. Grafik Validasi LHR Sepeda Motor**



Dari hasil validasi tersebut dapat diketahui bahwa nilai E1 kurang dari 5% dengan nilai 4% dan nilai validasi E2 kurang dari 30% dengan nilai 4%, sehingga model dapat dikatakan valid. Untuk jenis kendaraan LHR Mobil pribadi validasinya seperti berikut :

**Tabel 4.7. Validasi LHR Kendaraan Mobil Pribadi**

Tahun	Data	Simulasi
2005	59190	59190
2006	45761	44393
2007	49477	48832
2008	44716	43949
2009	51202	57133
2010	45785	45707
2011	41398	46621
2012	60808	60607
2013	53848	56365
2014	71586	63128
2015	72859	70703
2016	78248	79187
2017	83637	88689
2018	85695	99331
<i>Average</i>	60301	61703
<i>Standar Deviasi</i>	15347	17217
<i>Error Rate (E1)</i>	2%	
<i>Error Rate (E2)</i>	12%	

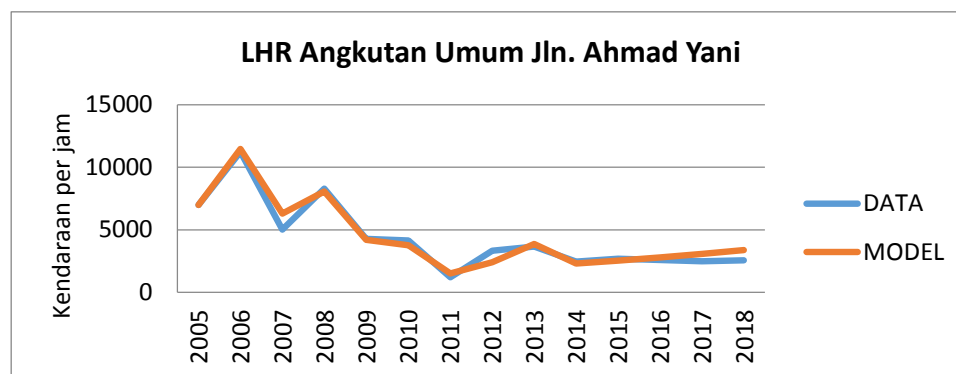


**Gambar 4.20. Grafik Validasi LHR Mobil Pribadi**

Dari hasil validasi mobil pribadi di jalan Ahmad Yani tersebut dapat diketahui bahwa nilai E1 kurang dari 5% dengan nilai 2% dan nilai validasi E2 kurang dari 30% dengan nilai 12%, sehingga model dapat dikatakan valid. Untuk jenis kendaraan LHR Angkutan umum validasinya seperti berikut :

**Tabel 4.8. Validasi LHR Kendaraan Angkutan Umum**

<i>Time</i>	<i>Data</i>	<i>Simulasi</i>
2005	6991	6991
2006	11225	11465
2007	5012	6306
2008	8285	8071
2009	4291	4197
2010	4152	3778
2011	1214	1512
2012	3334	2419
2013	3677	3870
2014	2453	2322
2015	2685	2554
2016	2592	2809
2017	2498	3089
2018	2568	3397
<i>Average</i>	4355	4484
<i>Standar Deviasi</i>	2740	2768
<i>Error Rate (E1)</i>	3%	
<i>Error Rate (E2)</i>	1%	

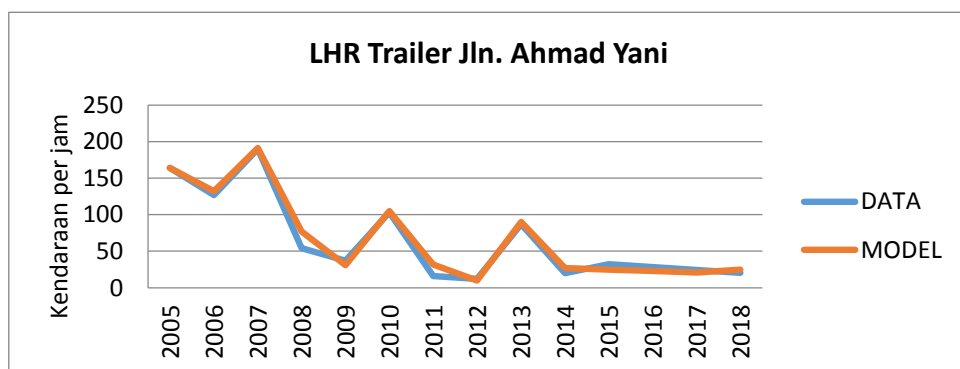


**Gambar 4.21. Grafik Validasi LHR Angkutan Umum**

Dari hasil validasi Angkutan Umum di jalan Ahmad Yani tersebut dapat diketahui bahwa nilai E1 kurang dari 5% dengan nilai 3% dan nilai validasi E2 kurang dari 30% dengan nilai 1%, sehingga model dapat dikatakan valid. Untuk jenis kendaraan LHR Trailer validasinya seperti berikut :

**Tabel 4.9. Validasi LHR Kendaraan Trailer**

<i>Tahun</i>	<i>Data</i>	<i>Simulasi</i>
2005	164	164
2006	127	132
2007	190	191
2008	54	77
2009	37	31
2010	103	105
2011	16	32
2012	12	10
2013	87	90
2014	20	27
2015	32	25
2016	28	23
2017	24	21
2018	20	25
<i>Average</i>	65	68
<i>Standar Deviasi</i>	59	59
<i>Error Rate (E1)</i>	4%	
<i>Error Rate (E2)</i>	1%	

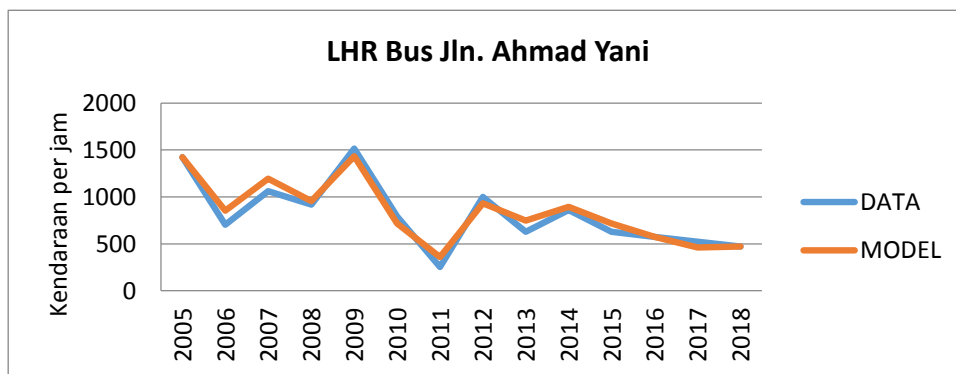


**Gambar 4.22. Grafik Validasi LHR Trailer**

Dari hasil validasi trailer di jalan Ahmad Yani tersebut dapat diketahui bahwa nilai E1 kurang dari 5% dengan nilai 4% dan nilai validasi E2 kurang dari 30% dengan nilai 1%, sehingga model dapat dikatakan valid. Untuk jenis kendaraan LHR Bus validasinya seperti berikut :

**Tabel 4.10. Validasi LHR Kendaraan Bus**

<i>Tahun</i>	<i>Data</i>	<i>Simulasi</i>
2005	1422	1422
2006	704	854
2007	1062	1195
2008	918	956
2009	1514	1434
2010	793	717
2011	253	359
2012	999	933
2013	627	747
2014	861	896
2015	628	717
2016	576	574
2017	524	460
2018	471	473
<i>Average</i>	811	838
<i>Standar Deviasi</i>	353	335
<i>Error Rate (E1)</i>	3%	
<i>Error Rate (E2)</i>	5%	

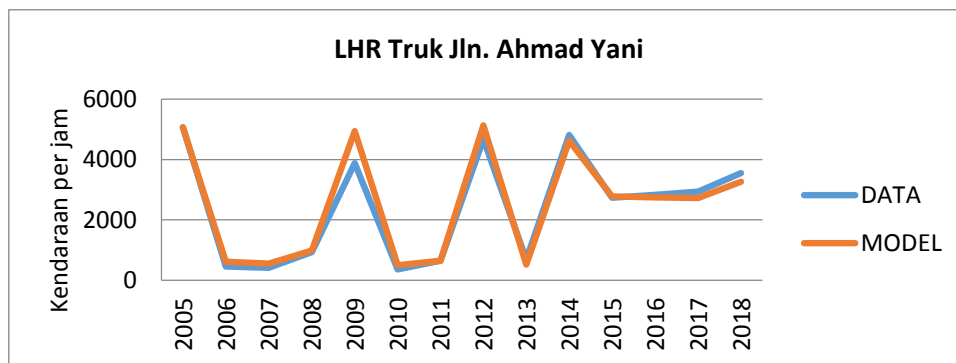


**Gambar 4.23. Grafik Validasi LHR Bus**

Dari hasil validasi bus di jalan Ahmad Yani tersebut dapat diketahui bahwa nilai E1 kurang dari 5% dengan nilai 3% dan nilai validasi E2 kurang dari 30% dengan nilai 5%, sehingga model dapat dikatakan valid. Untuk jenis kendaraan LHR Truk validasinya seperti berikut :

**Tabel 4.11. Validasi LHR Kendaraan Truk**

<i>Tahun</i>	<i>Data</i>	<i>Simulasi</i>
2005	5075	5075
2006	456	609
2007	411	549
2008	935	988
2009	3883	4940
2010	362	494
2011	648	642
2012	4678	5136
2013	692	514
2014	4813	4626
2015	2737	2776
2016	2835	2749
2017	2934	2722
2018	3554	3266
<i>Average</i>	2429	2506
<i>Standar Deviasi</i>	1804	1879
<i>Error Rate (E1)</i>	3%	
<i>Error Rate (E2)</i>	4%	



**Gambar 4.24. Grafik Validasi LHR Truk**

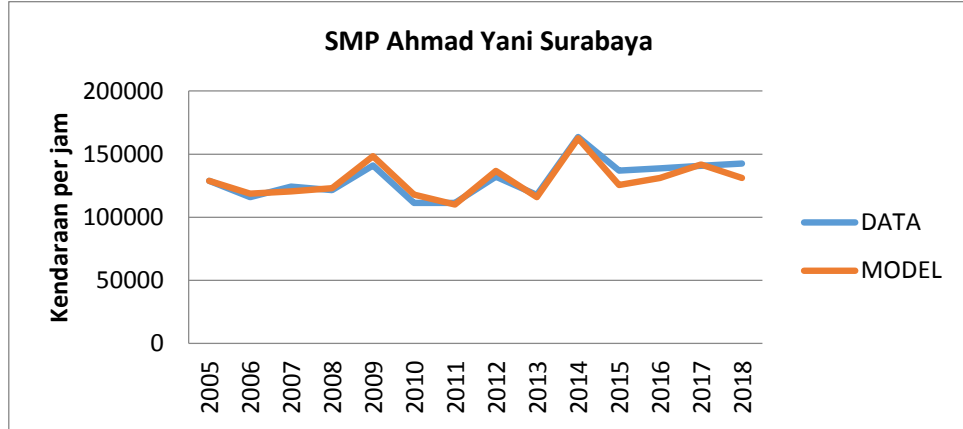
Dari hasil validasi tersebut dapat diketahui bahwa nilai E1 kurang dari 5% dengan nilai 3% dan nilai validasi E2 kurang dari 30% dengan nilai 4% sehingga model dapat dikatakan valid.

#### 4.4.2 Validasi Sub Model Satuan Mobil Per Penumpang (SMP)

Validasi Sub model Satuan Mobil Per Penumpang (SMP) dari tahun 2005 sampai tahun 2018 dengan meliputi perbandingan data riil dan data hasil simulasi. Nilai E1 didapat dengan membandingkan nilai rata-rata dari data sub model simulasi dengan nilai rata-rata dari data riil sedangkan data E2 didapat dengan membandingkan nilai standar deviasi data sub model simulasi dengan nilai standar deviasi dari data riil. Pada model yang telah dibuat maka akan dilakukan validasi terhadap model Satuan Mobil Per Penumpang (SMP) kendaraan tersebut :

**Tabel 4.12. Validasi SMP Kendaraan**

<i>Tahun</i>	<i>Data</i>	<i>Simulasi</i>
2005	128790	128790
2006	115889	118595
2007	124221	120545
2008	121490	123080
2009	141040	148262
2010	111306	117895
2011	111297	110063
2012	132154	136658
2013	117771	115853
2014	163555	162564
2015	136932	125518
2016	138783	131054
2017	140634	141655
2018	142485	131199
<i>Average</i>	130453	129409
<i>Standar Deviasi</i>	14673	14155
<i>Error Rate (E1)</i>	1%	
<i>Error Rate (E2)</i>	4%	



**Gambar 4.25. Grafik Validasi SMP**

Dari hasil validasi tersebut dapat diketahui bahwa nilai E1 kurang dari 5% dengan nilai 1% dan nilai validasi E2 kurang dari 30% dengan nilai 4% sehingga model dapat dikatakan valid.

#### 4.4.3 Validasi Sub Model Kecelakaan Kendaraan

Validasi Sub model kecelakaan kendaraan di kota Surabaya dari tahun 2005 sampai tahun 2018 dengan meliputi perbandingan data riil dan data hasil simulasi. Nilai E1 didapat dengan membandingkan nilai rata-rata dari data sub model simulasi dengan nilai rata-rata dari data riil sedangkan data E2 didapat dengan membandingkan nilai standar deviasi data sub model simulasi dengan nilai standar deviasi dari data riil. Pada model yang telah dibuat maka akan dilakukan validasi terhadap model Kecelakaan Kendaraan , kematian dan kerugian akibat kecelakaan yang terjadi tersebut :

**Tabel 4.12. Validasi Kecelakaan Kendaraan**

<i>Tahun</i>	<i>Data</i>	<i>Simulasi</i>
2005	880	1337
2006	1031	977
2007	1225	1227
2008	1250	1027
2009	1528	1456

2010	10198	9097
2011	1119	614
2012	1136	1252
2013	858	1146
2014	732	1358
2015	980	1476
2016	1239	1627
2017	1798	1794
2018	1823	1992
<i>Average</i>	1843	1884
<i>Standar Deviasi</i>	2427	2105
<i>Error Rate (E1)</i>	2%	
<i>Error Rate (E2)</i>	13%	

**Tabel 4.14. Validasi Kematian Akibat Kecelakaan**

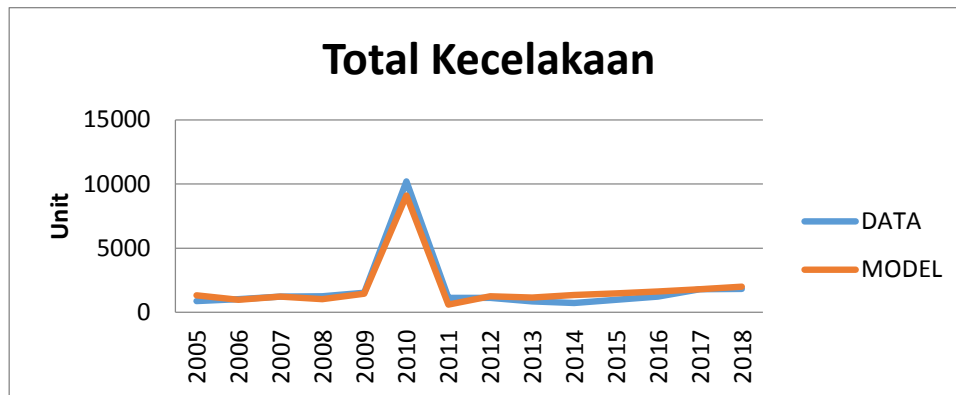
<i>Tahun</i>	<i>Data</i>	<i>Simulasi</i>
2005	472	601.74
2006	514	439.56
2007	554	552.24
2008	599	462.06
2009	637	655.02
2010	3710	3183.775
2011	361	307.1
2012	311	250.32
2013	206	229.2
2014	184	271.6
2015	232	295.2
2016	255	325.36
2017	278	358.88
2018	323	398.48
<i>Average</i>	617	595
<i>Standar Deviasi</i>	903	757
<i>Error Rate (E1)</i>	4%	
<i>Error Rate (E2)</i>	16%	



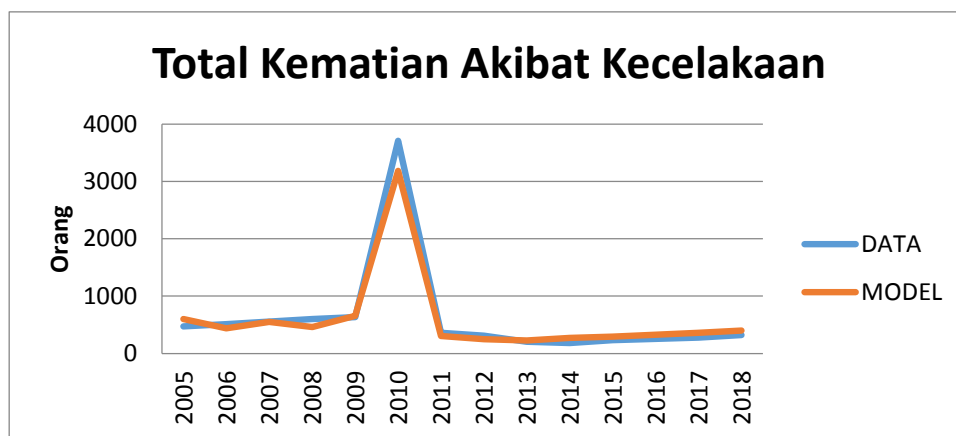
**Tabel 4.15. Validasi Kerugian Akibat Kecelakaan**

<i>Tahun</i>	<i>Data</i>	<i>Simulasi</i>
2005	1670772	1461560
2006	1514339	1067642
2007	1357906	1341330
2008	1201473	1122293
2009	2030575	1590971
2010	13475561	12280275
2011	854915	503644
2012	1108585	1063860
2013	559800	974100
2014	852550	1154300
2015	1145300	1254600
2016	1209000	1382780
2017	1272700	1525240
2018	1336400	1593920
<i>Average</i>	2113563	2022608
<i>Standar Deviasi</i>	3290140	2966708
<i>Error Rate (E1)</i>	4%	
<i>Error Rate (E2)</i>	10%	

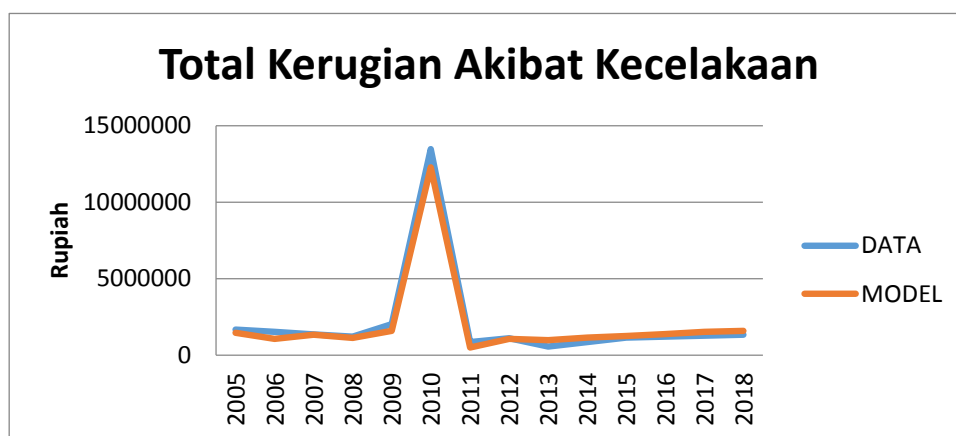
Dari hasil validasi tersebut dapat diketahui bahwa jumlah kecelakaan , jumlah total kematian akibat kecelakaan dan kerugian akibat kecelaan adalah dengan nilai E1 kurang dari 5% dan E2 kurang dari 30% , sehingga model dapat dikatakan valid. Untuk tren grafik dari data tersebut dapat di lihat pada gambar berikut :



**Gambar 4.26. Grafik Validasi Total Kecelakaan**



**Gambar 4.27. Grafik Validasi Kematian Akibat Kecelakaan**



**Gambar 4.28. Grafik Validasi Kerugian Akibat Kecelakaan**

## **4.6 Pengembangan Skenario**

Dari hasil yang telah di dapat sebelumnya maka dilakukan beberapa skenario untuk mengatasi kemacetan lalu lintas yang terjadi di kotasurabaya khususnya di jalan Ahmad Yani

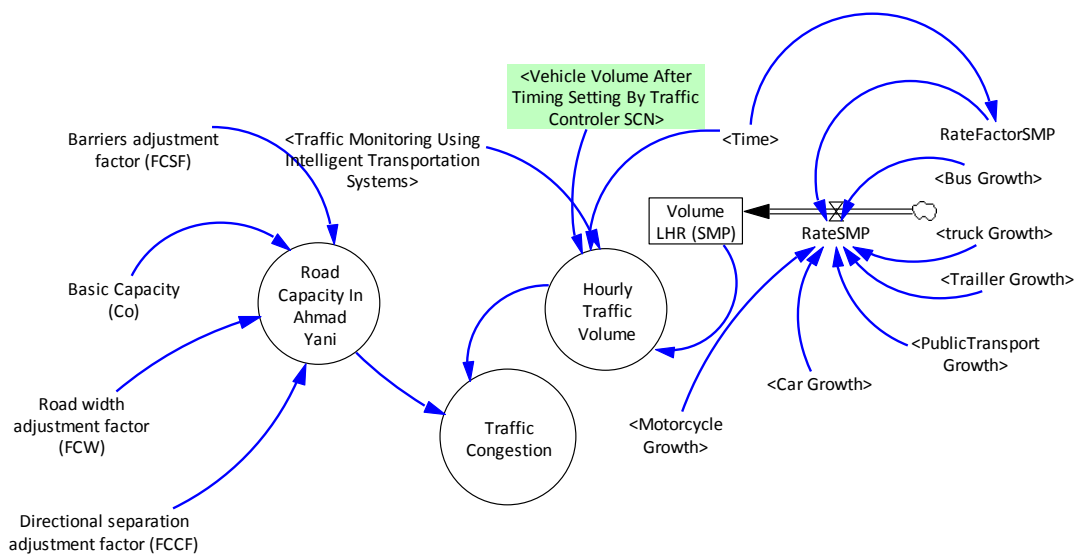
1. Skenario Rekayasa Lalu lintas dengan cara mengubah lama waktu lampu hijau : lampu hijau akan lebih lama ketika panjang antrian dalam traffig light ketika panjang antrian berlebihan. Pengaturan fase ini dilakukan dengan sensor sehingga panjang antrian bisa teratasi dan tidak mengakibatkan kemacetan yang berlebihan. Hal ini didukung oleh penelitian Danny (2004) dan Zulfikar(2011).
2. Skenario Sistem Transportasi cerdas dalam bentuk system transportasi public yang dapat terintegrasi, merupakan pengalihan kendaraan umum ke Bus Rapid Transport. Masyarakat yang dulunya kurang minat terhadap pelayanan kendaraan umum akan dirubah persepsinya agar lebih minat ke pelayanan umum yang ada, fasilitas diperbaiki dan karena mempunyai jalur husus akan lebih cepat sampai ke tujuan. Zulfikar(2011).
3. Skenario sistem transportasi cerdas dalam sistem terintegrasi ke rute transportasi dapat meminimalkan terjadinya kecelakaan yang terjadi di jalan raya. Zulfikar(2011).

### **4.6.1 Rekayasa Lalu Lintas**

Salah satu fungsi kota-kota besar adalah pelayanan transportasi. Transportasi perkotaan merupakan sektor penunjang utama terhadap mobilitas penduduk perkotaan dan angkutan barang yang merupakan unsur penting dalam penyelenggaraan kegiatan perekonomian dan pembangunan perkotaan. Jasa transportasi perkotaan yang dilaksanakan untuk melayani berbagai kegiatan ekonomi, sosial, administrasi pemerintahan dan politik agar diupayakan terselenggara secara efektif dan efisien. Jasa transportasi perkotaan yang efektif dan efisien. Salah satu teknologi dalam mengatasi kemacetan yaitu sistem transportasi cerdas dimana penumpukan kendaraan yang terjadi di persimpangan jalan selalu mengakibatkan kemacetan dan sangat sulit

untuk mengatasinya. Dengan membuat beberapa kamera pengawas di berbagai sudut kotadan di lengkapi dengan sensor untuk mendeteksi jumlah kendaraan yang berada di persimpangan tersebut maka akan lebih mudah di ketahui berapa banyak kendaraan yang menumpuk sehingga akan dilakukan percepat sistem lalu lintas yang lampu merah akan di jadikan menjadi warna hijau sehingga kendaraan yang berada di ruas jalan yang macet tersebut lebih di utamakan (Zulifikar, 2011). Kemacetan berlebihan sangat

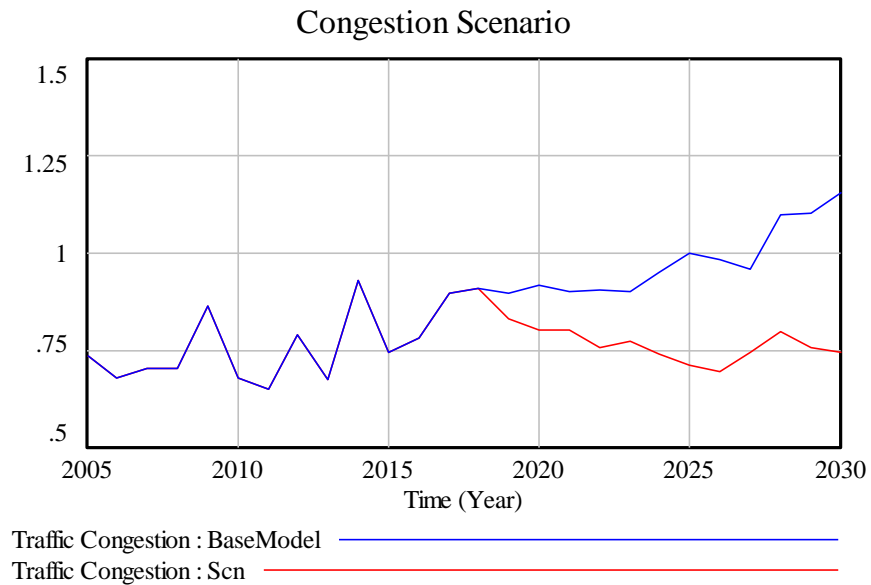
Sistem lalu lintas dengan transportasi cerdas ini juga dapat melakukan rekayasa lalu lintas yang telah di sebutkan sebelumnya. Berikut merupakan model skenario mengatasi kemacetan kendaraan dengan sistem transportasi cerdas rekayasa lalu lintas di persimpangan ruas jalan dapat di lihat pada gambar 4.29 berikut :



**Gambar 4.29. Rekayasa Lalu Lintas Dengan Sistem Transportasi Cerdas**

Dalam skenario tersebut di tambahkan model sistem transportasi cerdas dengan beberapa data yang telah di dapat dari dinas perhubungan kota Surabaya di mana kamera pengawas dari sistem pemantau mengintegrasikan volume kendaraan yang terjadi di jalan raya nantinya jika terjadi penumpukan maka lampu lalu lintas akan segera di nyalakan menjadi hijau.

Dari hasil simulasi model yang telah dijalankan, berikut merupakan grafik hasil sistem transportasi cerdas yang di terapkan di ruas jalan Ahmad Yani kota Surabaya dapat dilihat pada Gambar 4.30.



**Gambar 4.30 Grafik Derajat Kejenuhan Di Ruas Jalan**

Dengan menggunakan skenario penambahan teknologi sistem transportasi cerdas maka dapat di lihat penurunan yang terjadi preentasi derajat kejenuhan yang terjadi mengalami penurunan sebesar 9% setiap tahunnya untuk data simulasi dari penurunan derajat kejenuhan kemacetan dapat di lihat pada tabel 4.16 berikut :

**Tabel 4.16. Tabel Derajat Kejenuhan Skenario**

<i>Tahun</i>	<i>Data Model</i>	<i>Skenario</i>
2005	0.73577	0.73577
2006	0.67738	0.67738
2007	0.70312	0.70312
2008	0.70496	0.70496
2009	0.86262	0.86262
2010	0.67906	0.67906
2011	0.65106	0.65106
2012	0.78987	0.78987
2013	0.67307	0.67307
2014	0.93129	0.93129

2015	0.74281	0.74281
2016	0.78026	0.78026
2017	0.89567	0.89567
2018	0.91118	0.91118
2019	0.89759	0.831
2020	0.91665	0.80256
2021	0.90278	0.80141
2022	0.90675	0.7558
2023	0.90083	0.77392
2024	0.95178	0.7412
2025	1.00117	0.71197
2026	0.98396	0.69689
2027	0.95758	0.74435
2028	1.10005	0.79754
2029	1.10174	0.75673
2030	1.15692	0.74377
Total	22.51592	19.89526
Penurunan Kemacetan		11.64%

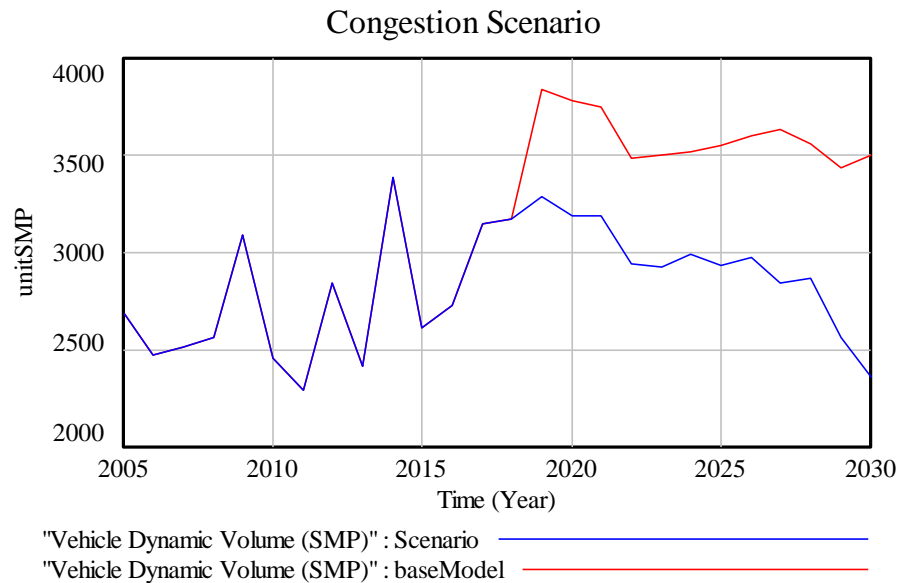
Perhitungan untuk mendapatkan presentasi sebagai berikut :

$$\frac{\text{Data Model} - \text{Data Skenario}}{\text{Data Model}} \times 100\%$$

$$\frac{22.51592 - 19.89526}{22.51592} \times 100\% = 11.64\%$$

Penurunan yang terjadi sekitar 11.64% yang dilakukan skenario pada model kemacetan lalu lintas yang terjadi di jalan Ahmad Yani dengan menggunakan konsep transportasi cerdas yang di letakkan di setiap lampu lalu lintas di persimpangan ruas jalan untuk mengatasi kemacetan.

Untuk penurunan kendaraan satuan penumpang (SMP) Pada jalan raya dapat dilihat pada gambar grafik 4.31 di bawah ini :



**Gambar 4.31 Grafik Satuan Mengemudi Perpenumpang Skenario**

Dari hasil grafik tersebut pengurangan kendaraan pengemudi penumpang SMP menurun skitar rata-rata 310 kendaraan setiap tahunnya dengan presentasi penurunan 9% untuk tabel satuan pengemudi penumpang SMP dapat di lihat pada tabel 4.17 berikut :

**Tabel 4.17. Tabel Satuan Mengemudi Perpenumpang Skenario**

<i>Tahun</i>	<i>Data Model</i>	<i>Skenario</i>
2005	2904	2904
2006	2674	2674
2007	2776	2776
2008	2783	2783
2009	3405	3405
2010	2681	2681
2011	2570	2570
2012	3118	3118
2013	2657	2657
2014	3676	3676
2015	2932	2932
2016	3080	3080
2017	3536	3536
2018	3597	3597

2019	3543	3280
2020	3618	3168
2021	3564	3163
2022	3579	2983
2023	3556	3055
2024	3757	2926
2025	3952	2810
2026	3884	2751
2027	3780	2938
2028	4342	3148
2029	4349	2987
2030	4567	2936
	88879	78535
		11.64%

Perhitungan untuk mendapatkan presentasi sebagai berikut :

$$\frac{\text{Data Model} - \text{Data Skenario}}{\text{Data Model}} \times 100\%$$

$$\frac{88879 - 78535}{88879} \times 100\% = 11.64\%$$

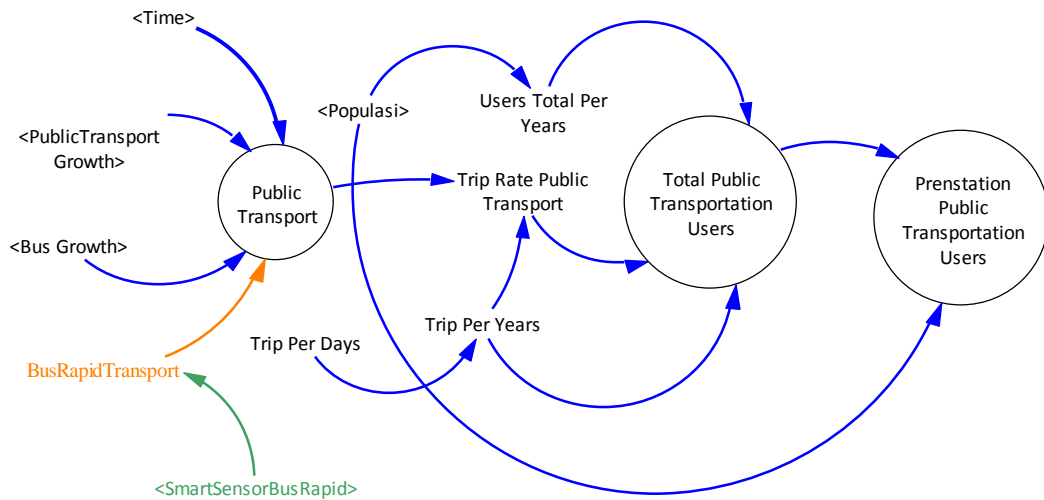
Penurunan Tersebut dari kendaraan satuan per penumpang yang melintasi jalan Ahmad Yani berkurang 11.64% pertahunnya yang mengakibatkan derajat kejenuhan yang sebelumnya lebih dari 1 berkurang sampai dengan 0.7 yang artinya kendaraan berjalan dengan lancar walaupun memiliki sedikit halangan di jalan raya berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI).

#### **4.6.2 Skenario Penambahan Bus Rapid Transport**

Bus rapid transport memiliki keunggulan dari beberapa bus lainnya karena mulai dari kenyamanan, kendaraan yang memiliki karakteristik tram, memiliki jalur kompresif dan memiliki halte tersendiri dengan bus ini yang telah terintegrasi dengan sistem transportasi cerdas maka setiap bus rapid transport melewati persimpangan yang memiliki lampu lalu lintas yang lama maka akan di percepat guna untuk



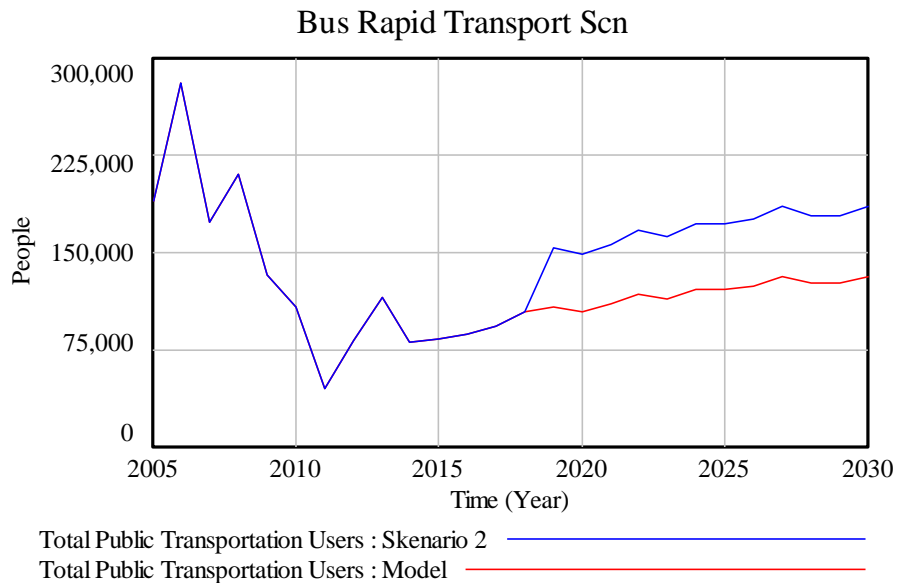
mempercepat bus rapid transport sampai ke tempatnya. Dengan bus ini di harapkan masyarakat memiliki minat yang lebih tinggi dari pada memilih kendaraan pribadi guna untuk mengatasi kemacetan lalu lintas. Berikut merupakan model skenario penampahan bus rapid transport guna meningkatkan minat masyarakat terhadap kendaran bus angkutan umum dapat di lihat pada gambar 4.32 berikut :



**Gambar 4.32 Sub Model Skenario Penambahan Bus Rapid Transport**

Dalam skenario tersebut penambahan bus rapid transport untuk guna meningkatkan minat masyarakat terhadap penggunaan kendaraan umum nantinya akan di fasilitasi mulai dari halte, waktu tempuh kendaraan yang cepat dan fasilitas kendaraan yang memadai sehingga masyarakat akan lebih memilih bus rapid transport untuk kebutuhannya.

Dari hasil simulasi model yang telah dijalankan, berikut merupakan grafik hasil penambahan bus rapid transport dalam peningkatan minat masyarakat untuk menggunakan angkutan umum dapat dilihat pada Gambar 4.33 berikut .



**Gambar 4.33 Grafik Sub Model Skenario Penambahan Bus Rapid Transport**

Kenaikan minat masyarakat terhadap bus kendaraan umum rapid transport dapat di lihat pada grafik karena penambahan bus rapid transport di integrasikan terhadap teknologi transportasi cerdas yang mendukung guna mempercepat waktu tempuh dari bus untuk mencapai lokasi tujuan. Untuk tabel presentasi kenaikan minat masyarakat terhadap bus dengan bus rapid transport dapat dilihat pada tabel 4.18 berikut:

**Tabel 4.18. Tabel Penambahan Bus rapid Transport Skenario**

<i><b>Tahun</b></i>	<i><b>Data Model</b></i>	<i><b>Skenario</b></i>
2005	189021	189021
2006	280378	280378
2007	172941	172941
2008	210829	210829
2009	133224	133224
2010	107730	107730
2011	45424	45424
2012	82438	82438
2013	115026	115026
2014	81214	81214

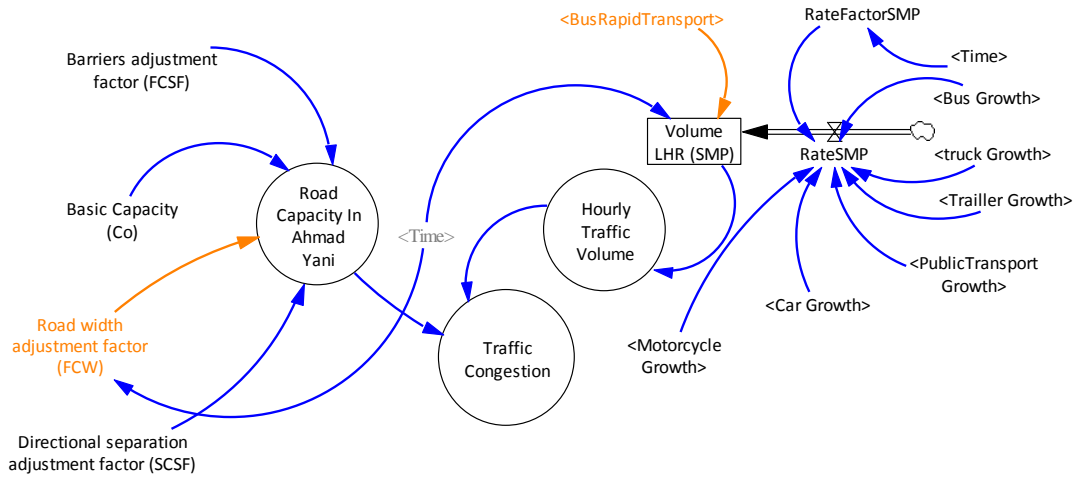
2015	83625	83625
2016	87612	87612
2017	93106	93106
2018	104575	104575
2019	108276	154737
2020	104639	149602
2021	110170	157456
2022	117675	168106
2023	114443	163544
2024	121157	173075
2025	121306	173305
2026	123974	177103
2027	130899	186933
2028	126341	180495
2029	126360	180541
2030	131137	187328
Total Hasil	3223518	3839367
<i>Presentasi Bus Rapid Transport</i>		19.10 %

Perhitungan untuk mendapatkan presentasi sebagai berikut :

$$\frac{\text{Data Model} - \text{Data Skenario}}{\text{Data Model}} \times 100\%$$

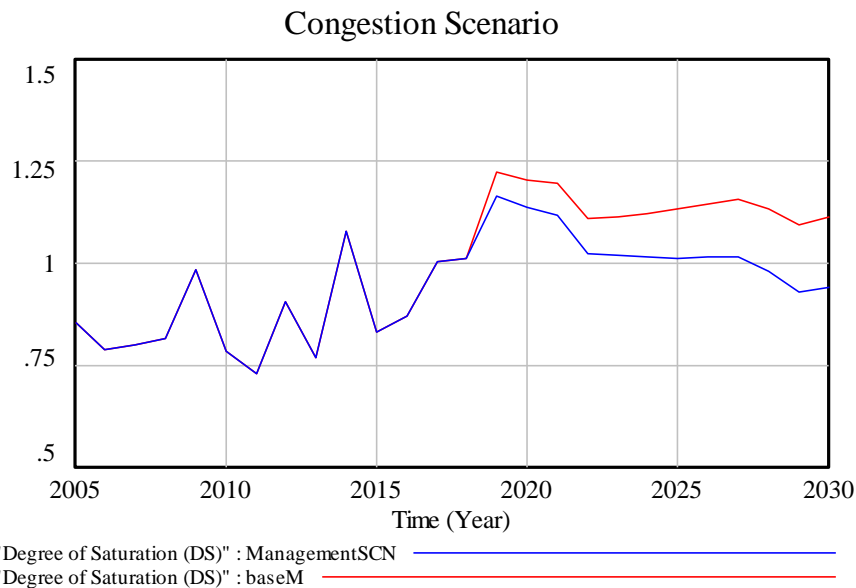
$$\frac{3223518 - 3839367}{3223518} \times 100\% = 19.10\%$$

Kenaikan minat masyarakat dengan adanya penambahan bus rapid transport sangat signifikan karena kenaikan tersebut mencapai 19% pertahunnya dengan demikian pengguna kendaraan pribadi pun dapat di tekan jika bus rapid transport ini dapat di tekan. Dari penambahan minat masyarakat terhadap angkutan umum yaitu bus rapid transport juga dapat mengatasi kemacetan dengan menurunkan minat masyarakat terhadap kendaraan pribadi. Penambahan bus rapid transport dan manajemen pelebaran ruas jalan Ahmad Yani dapat menurunkan kepadatan kendaraan dengan sub model pada gambar 4.34 berikut :



**Gambar 4.34 Sub Model Skenario Manajemen ruas jalan dan bus rapid**

Dalam skenario tersebut dapat dilihat penambahan bus rapid transport dan pelebaran ruas jalan lalu lintas di jalan Ahmad Yani dengan kapasitas jalan yang sebelumnya 3.5 meter menjadi 3.75 meter . untuk tren dari grafik penurunan derajat kejenuhan dapat di lihat pada gambar 4.34 berikut :



**Gambar 4.35 Grafik Sub Model Skenario Penambahan Bus Dan Manajemen**

Penurunan derajat kejenuhan yang semula di atas angka 1 menurun ke angka 0.9 pada grafik menggambarkan penurunan yang terus terjadi dari tahun ke tahun mulai dari tahun 2018 sampai dengan 2030. Untuk tabel presentasi penurunan kemacetan dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut :

**Tabel 4.19. Tabel Penambahan Bus rapid Transport Skenario**

<i>Tahun</i>	<i>Data Model</i>	<i>Skenario</i>
2005	0.85477	0.85477
2006	0.78711	0.78711
2007	0.80005	0.80005
2008	0.81687	0.81687
2009	0.98401	0.98401
2010	0.78246	0.78246
2011	0.73048	0.73048
2012	0.90699	0.90699
2013	0.76891	0.76891
2014	1.07893	1.07893
2015	0.83305	0.83305
2016	0.8698	0.8698
2017	1.00348	1.00348
2018	1.01012	1.01012
2019	1.22236	1.16416
2020	1.20571	1.13745
2021	1.19501	1.1169
2022	1.10919	1.02441
2023	1.11468	1.01831
2024	1.12156	1.01398
2025	1.13204	1.0126
2026	1.14697	1.01558
2027	1.15781	1.01457
2028	1.13271	0.97886
2029	1.09335	0.93012
2030	1.11535	0.93996
Total Hasil	0.85477	0.85477
<i>Presentasi penurunan kemacetan dengan penambahan Bus Rapid Transport dan manajemen ruas jalan</i>		5.31 %

Perhitungan untuk mendapatkan presentasi sebagai berikut :

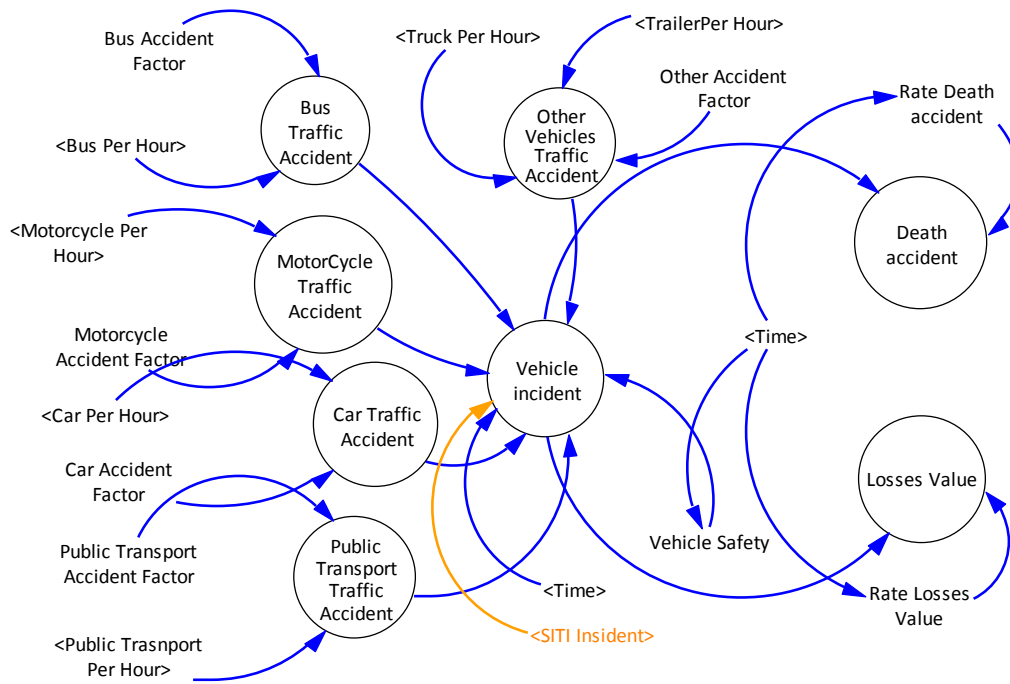
$$\frac{\text{Data Model} - \text{Data Skenario}}{\text{Data Model}} \times 100\%$$

$$\frac{0.854778 - 0.85477}{0.85477} \times 100\% = 5.31\%$$

Dari hasil tersebut dapat di lihat penurunan kemacetan mencapai 5.31% namun jika di bandingkan dengan skenario teknologi SITI masih lebih tinggi mengatasi kemacetan namun bus rapid transport juga sudah terintegrasi dengan sistem transportasi cerdas ini sehingga penurunan kemacetan pun tiap tahunnya menurun.

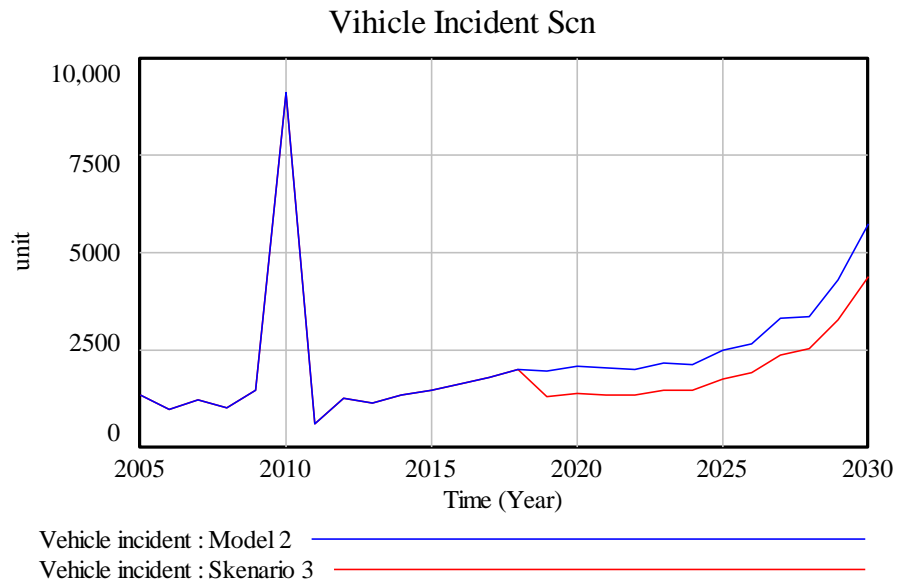
#### **4.6.3 Skenario Meminimalkan Kecelakaan Lalu Lintas**

Kecelakaan lalu lintas sering terjadi di perkotaan dan jika terjadi kecelakaan lalu lintas maka kemacetan jalan di perkotaan pun akan semakin meningkat dengan adanya pengembangan skenario yang dilakukan maka tingkat kecelakaan yang terjadi di kota Surabaya dapat diminimalisasikan sehingga kendaraan yang melintas dapat lebih efektif dan efisien. Untuk sub model skenario kecelakaan dapat di lihat pada gambar 4.36 berikut :

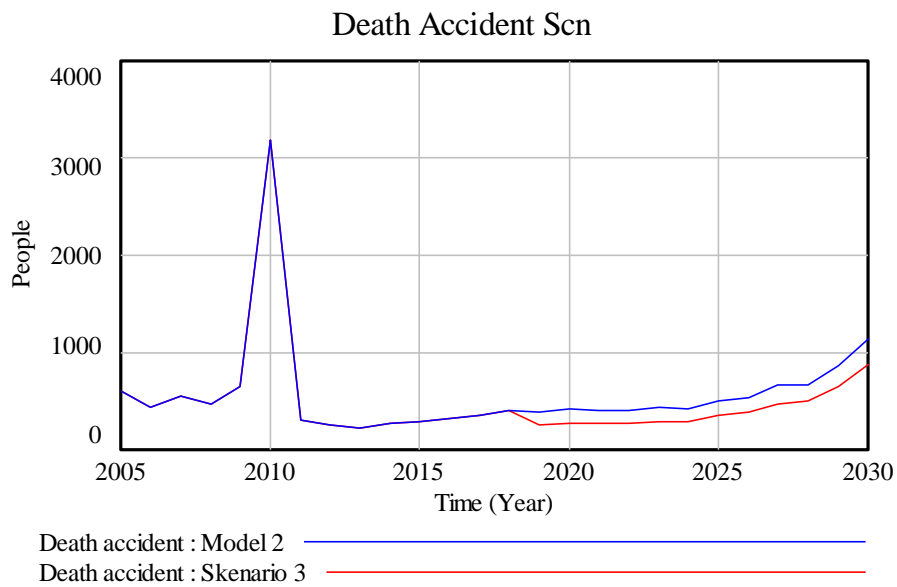


**Gambar 4.36 Sub Model Skenario Mengurangi Kecelakaan**

Sistem Terintegrasi dengan transportasi cerdas dapat mengurangi kecelakaan lalu lintas pada persimpangan di karenakan fasilitas umum sudah menggunakan sensor dan CCTV guna untuk mengurangi kecelakaan dan mempercepat penanganan yang terjadi jika sedang terjadinya kecelakaan yang dapat di ketahui melalui kamera pengawas sehingga akan dengan mudah mengetahui lokasi tempat dan penanganan yang di lakukan guna untuk menghindari terjadinya korban jiwa akibat kecelakaan yang terjadi pada ruas jalan di perkotaan. Dari hasil simulasi model yang telah dijalankan, berikut merupakan grafik hasil pengurangan kecelakaan, korban jiwa dan kerugian akibat kecelakaan dapat di lihat pada 4.37 , 4.38, dan 4.39 berikut :

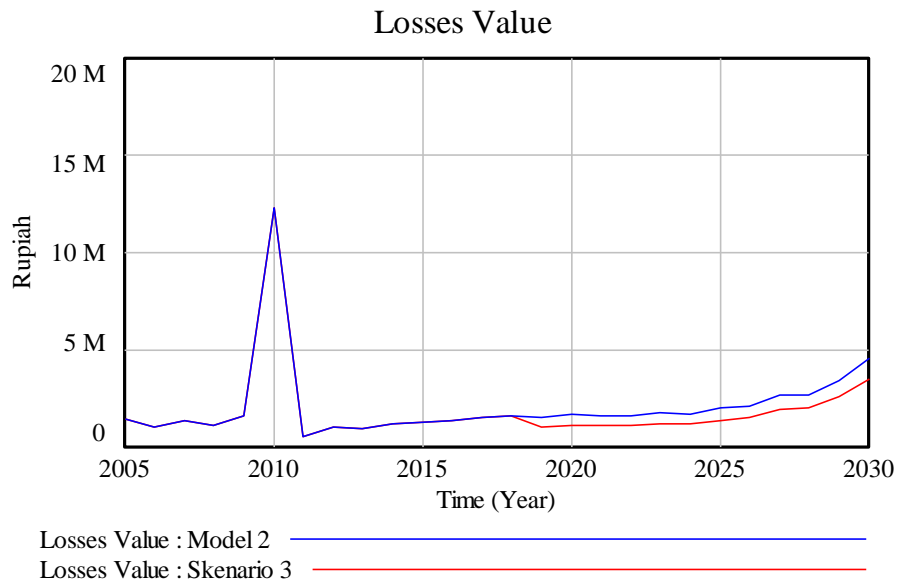


**Gambar 4.37 Grafik Pengurangan Kecelakaan Kendaraan**



**Gambar 4.38 Grafik Pengurangan Kematian Akibat Kecelakaan**





**Gambar 4.39 Grafik Pengurangan Kerugian Akibat Kecelakaan**

Dari gambar grafik di atas dapat dilihat pengurangan yang terjadi mulai dari kecelakaan yang terjadi, korban jiwa sampai dengan kerugian yang terjadi pengurangan yang terjadi cukup signifikan dan sangat efektif jika teknologi SITI insiden kecelakaan ini diterapkan guna mengatasi kecelakaan dan penanganan korban kecelakaan lebih cepat dan menghindari kematian akibat kecelakaan. Untuk tabel hasil skenario jumlah kecelakaan, korban jiwa dan kerugian akibat kecelakaan dapat dilihat pada tabel 4.20, 4.21, 4.22 berikut :

**Tabel 4.20. Tabel Jumlah Kecelakaan Skenario**

<i>Tahun</i>	<i>Data Model</i>	<i>Skenario</i>
2005	1337	1337
2006	977	977
2007	1227	1227
2008	1027	1027
2009	1456	1456
2010	9097	9097
2011	614	614
2012	1252	1252
2013	1146	1146
2014	1358	1358

2015	1476	1476
2016	1627	1627
2017	1794	1794
2018	1992	1992
2019	1940	1282
2020	2094	1381
2021	2031	1356
2022	1995	1352
2023	2162	1472
2024	2116	1478
2025	2474	1731
2026	2650	1897
2027	3328	2383
2028	3352	2525
2029	4311	3271
2030	5741	4374
Total Hasil	60574	50882
<i>Presentasi Kecelakaan</i>		16 %

Perhitungan untuk mendapatkan presentasi sebagai berikut :

$$\frac{\text{Data Model} - \text{Data Skenario}}{\text{Data Model}} \times 100\%$$

$$\frac{60574 - 50882}{60574} \times 100\% = 16\%$$

**Tabel 4.21. Tabel Skenario Pengurangan Korban Jiwa**

<b>Tahun</b>	<b>Data Model</b>	<b>Skenario</b>
2005	602	602
2006	440	440
2007	552	552
2008	462	462
2009	655	655
2010	3184	3184
2011	307	307
2012	250	250
2013	229	229

2014	272	272
2015	295	295
2016	325	325
2017	359	359
2018	398	398
2019	388	256
2020	419	276
2021	406	271
2022	399	270
2023	432	294
2024	423	296
2025	495	346
2026	530	379
2027	666	477
2028	670	505
2029	862	654
2030	1148	875
Total Hasil	15169	13231
<i>Presentasi Korban Jiwa</i>		12.78 %

Perhitungan untuk mendapatkan presentasi sebagai berikut :

$$\frac{\text{Data Model} - \text{Data Skenario}}{\text{Data Model}} \times 100\%$$

$$\frac{15169 - 13231}{3223518} \times 100\% = 12.78 \%$$

**Tabel 4.22. Tabel Skenario Pengurangan Kerugian**

<b>Tahun</b>	<b>Data Model</b>	<b>Skenario</b>
2005	1461560	1461560
2006	1067642	1067642
2007	1341330	1341330
2008	1122293	1122293
2009	1590971	1590971
2010	12280275	12280275
2011	503644	503644
2012	1063860	1063860

2013	974100	974100
2014	1154300	1154300
2015	1254600	1254600
2016	1382780	1382780
2017	1525240	1525240
2018	1593920	1593920
2019	1551680	1025493
2020	1675520	1104799
2021	1624640	1084803
2022	1596160	1081939
2023	1729600	1177790
2024	1692800	1182196
2025	1979520	1384690
2026	2119680	1517266
2027	2662720	1906709
2028	2681280	2020352
2029	3448960	2617054
2030	4592640	3499140
Total Hasil	55671714	47918745
<i>Presentasi Penurunan Kerugian</i>		13.93 %

Perhitungan untuk mendapatkan presentasi sebagai berikut :

$$\frac{\text{Data Model} - \text{Data Skenario}}{\text{Data Model}} \times 100\%$$

$$\frac{55671714 - 47918745}{55671714} \times 100\% = 13.93\%$$

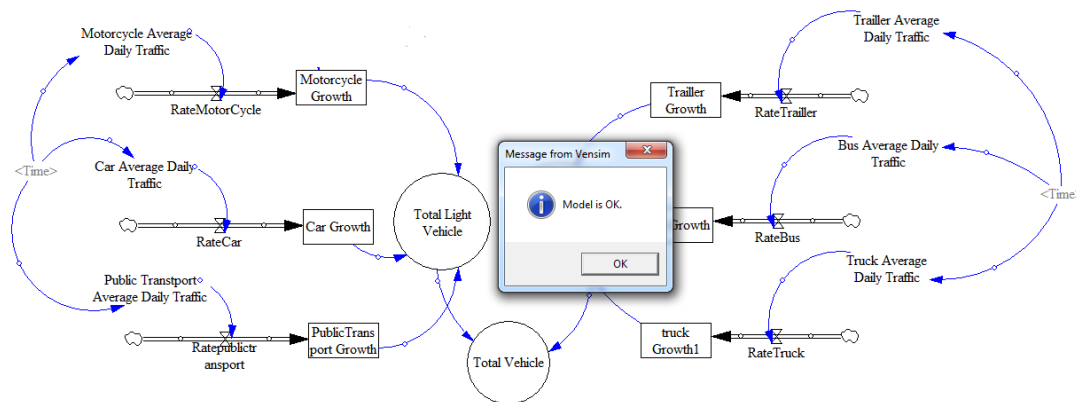
Dari perhitungan presentasi yang terjadi penurunan kecelakaan yang terjadi sekitar 16%, untuk korban akibat kecelakaan berkurang sekitar 12% dan untuk kerugian yang di akibatkan kecelakaan lalu lintas berkurang 13% dengan demikian dari penurunan ini peran teknologi SITI menjadi pertimbangan dalam hal penurunan kecelakaan yang terjadi di ruas jalan.

## 4.7 Verifikasi Model

Verifikasi model dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dibuat sudah valid atau belum sehingga dapat menjadikan model menjadi kredibel dan akurat.

### 4.7.1 Check Model

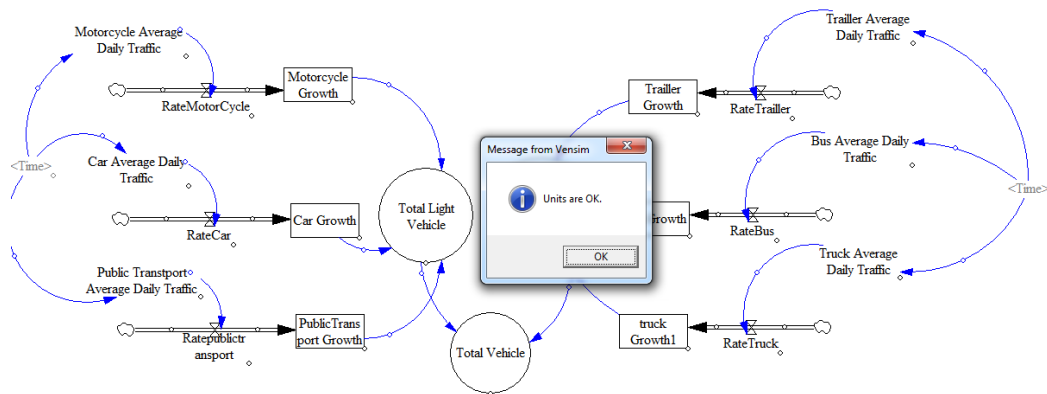
Check Model dilakukan untuk mengecek setiap *loop* yang berada pada model yang dibuat dan sesuai dengan diagram kausatik sehingga model yang dilakukan pengecekan menandakan bahwa model dalam bentuk OK. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.40 berikut:



**Gambar 4.40 Check Model Sistem**

### 4.7.1 Check Unit

Check Unit dilakukan untuk memeriksa apakah setiap unit dan nilai rumus pada setiap variabel yang dibuat valid atau tidak. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.41 berikut:



**Gambar 4.41 Check Unit Sistem**

#### 4.8 Kesimpulan Hasil Pengembangan Model

Dari beberapa skenario yang telah dibuat, penulis menyimpulkan beberapa skenario tersebut untuk memberikan gambaran lebih jelas, konsep Sistem transportasi cerdas guna mengatasi beberapa permasalahan dalam sistem lalu lintas mulai dari kemacetan, integrasi bus rapid transport dan mengatasi kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan. untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada Tabel 4.23 berikut:

**Tabel 4.23. Tabel Kesimpulan Hasil Pengembangan Model**

No	Simulasi	Sebelum Skenario	Setelah Skenario
1	Penurunan Kemacetan lalu lintas dengan konsep sistem transportasi cerdas	Derajat kejenuhan yang terjadi di ruas jalan Ahmad Yani mencapai nilai lebih dari 1 sehingga kondisi pada ruas jalan tersebut sangat padat dan mengakibatkan kemacetan pada ruas jalan tersebut.	Setelah dilakukan Skenario teknologi sistem transportasi cerdas sangat berpengaruh guna merencanakan jalan yang dilalui kendaraan setiap penumpukan kendaraan pada ruas jalan padat maka lampu lalu lintas warna hijau dipercepat sehingga arus yang padat dapat berjalan lebih dulu. Penurunan derajat kejenuhan

			sekitar 9.90% pertahunnya sangat efektif dan efisien untuk penurunan kemacetan lalu lintas.
2.	Penambahan Bus Rapid transport untuk Meningkatkan minat masyarakat terhadap angkutan umum	Sistem Transportasi umum yang ada di kota Surabaya masih sangat minim dengan rata-rata pengguna kendaraan umum rata-rata hanya 127 ribu di banding dengan populasi penduduk kota Surabaya yang mencapai angka 3 juta dan akan terus tumbuh dari tahun ketahun.	Setelah dilakukan skenario penambahan bus rapid transport guna untuk meningkatkan minat masyarakat terhadap kendaraan umum bisa di tingkatkan, mulai dari mengintegrasikan bus rapid transport dengan sistem transportasi cerdas untuk mengurangi jarak tempuh sampai dengan infrastruktur yang lainnya. Sehingga kenaikan yang terjadi cukup signifikan yaitu 19.80% dengan rata-rata penambahan 380 ribu orang pertahunnya untuk pengguna kendaraan umum.
3	Pengurangan Kecelakaan lalu lintas, korban jiwa dan kerugian yang terjadi akibat kecelakaan	Menurut data statistik jumlah total kecelakaan lalu lintas mulai dari tahun 2005 sampai 2018 mencapai angka 28 ribu unit kendaraan yang terlibat kecelakaan dan	Setelah di lakukan skenario mengintegrasikan sebuah SITI dengan fasilitas umum di jalan guna mempercepat penanganan yang terjadi akibat kecelakaan dan terhubung langsung ke pusat kontrol lalu lintas dan

		kendaraan yang terbanyak yaitu sepeda motor, mengakibatkan total korban jiwa mencapai 8 ribu dan kerugian yang terjadi mencapai 28 juta rupiah.	emergency rumah sakit mengurangi korban jiwa dengan penanganan yang lebih cepat. Penurunan yang di capai dari total kecelakaan dengan presentasi 16% dengan rata-rata pengurangan kecelakaan pertahunnya mencapai 9 ribu unit, untuk korban jiwa menurun sekitar 12% dengan rata-rata penurunan pertahun 1983 orang dan penurunan kerugian kecelakaan mencapai 13.98% dengan rata-rata pengurangan pertahun mencapai 7 juta rupiah.
--	--	---	---

#### 4.9 Analisis Interpretasi Hasil

Kemacetan lalu lintas yang terjadi di sebabkan pertumbuhan kendaraan pribadi lebih signifikan di banding dengan kendaraan umum dan pengguna kendaraan pribadi pun sangat banyak di banding dengan kendaraan umum yang dapat mengakibatkan banyaknya masalah mulai dari kemacetan sampai dengan kecelakaan lalu lintas yang terjadi (Joewono et al., 2015). Kemacetan pun untuk menghindarinya sangat sulit jika pertumbuhan kendaraan semakin meningkat tanpa di dukung oleh fasilitas umum untuk kendaraan yang lebih memadai. Di kota Surabaya sendiri yang merupakan ibu kota provinsi Jawa Timur sekaligus sebagai kota terbesar kedua di Indonesia setelah Jakarta dan menjadi pusat bisnis, perdagangan, industri, dan pendidikan. Surabaya memiliki luas sekitar 350,54 km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk sebesar 2.765.487 jiwa (2010) yang selalu bertambah setiap tahunnya Pertumbuhan penduduk yang pesat



berdampak pada peningkatan angka penggunaan kendaraan pribadi. Jumlah pengguna kendaraan pribadi di Surabaya tidak pernah berkurang, malah cenderung bertambah. Sementara, jumlah pertumbuhan kendaraan pribadi ini tidak sebanding dengan penambahan atau pelebaran jalan baru di Surabaya. Hal ini tentunya dapat memicu kemacetan yang parah di Surabaya. Pemkot telah berusaha mengeluarkan strategi guna mengurangi kemacetan namun nyatanya jumlah pengguna kendaraan bermotor masih meningkat tiap tahunnya.

Data Kepolisian menyebutkan, saat ini jumlah kendaraan di Surabaya mencapai angka 4,5 juta atau tepatnya 4.521.629. Saat ini penduduk Surabaya hanya 2.844.782 jiwa. Jumlah kendaraan tersebut hampir mencapai dua kali lipat dari penduduk Surabaya. Artinya, hampir di semua rumah penduduk Surabaya, terdapat minimal dua kendaraan. Hingga saat ini problem kemacetan di kota Surabaya semakin bertambah meskipun pemerintah kota telah mengeluarkan beberapa strategi dan kebijakan terkait dengan penuntasan masalah kemacetan. Dalam pengentasan kemacetan, Pemkot giat melaksanakan strategi perbaikan kualitas dan penambahan jumlah kendaraan umum seperti bis kota dengan tujuan agar masyarakat beralih dari kendaraan pribadi menuju kendaraan umum. Namun nyatanya, jumlah kendaraan pribadi tetap meningkat 10% tiap tahunnya bahkan jumlah kendaraan pribadi di Surabaya mencapai 4,5 Juta di tahun 2016. Strategi Pemkot justru memperkeruh kondisi kemacetan dengan menambah volume kendaraan di kota Surabaya. Masalah kemacetan di Kota Surabaya ini apabila tidak segera ditangani tentunya akan menyebabkan beberapa masalah baru seperti peningkatan pelanggaran lalu lintas dan peningkatan angka kecelakaan. Belajar dari negeri tetangga yaitu Singapura yang dinobatkan oleh *Pricewaterhouse Coopers* sebagai negara yang memiliki sistem transportasi terbaik di dunia menganut prinsip bahwa untuk menghapuskan kemacetan, sebuah kota harus memiliki sistem transportasi publik yang seimbang melalui pembangunan sistem transportasi yang terintegrasi. Terdapat 4 kunci strategi utama didalam mengembangkan sistem transportasi, Menciptakan lebih banyak koneksi, Peningkatan pelayanan transportasi umum, *Liveable* dan *inclusive community*, Sistem Pembatasan.

Salah satu teknologi yang di terapkan di kota Surabaya pada saat ini yaitu Surabaya intelligent transportation system (SITI) dimana teknologi ini menjadi salah satu keunggulan guna mengatasi permasalahan yang ada sekarang ini berhubungan dengan transportasi dikarenakan SITI ini mengintegrasikan sistem transportasi baik dari transportasi umum, pelayanan jalan, informasi transportasi sampai dengan mengatasi kemacetan dan kecelakaan di jalan raya. Pemerintah Surabaya sendiri mengklaim bahwa teknologi SITI memiliki 5 keunggulan dengan Cara kerja SITS yang bertugas memantau jalan raya di hampir seluruh kota Surabaya melalui 520 CCTV yang dipasang di beberapa ruas jalan beberapa keunggulannya yaitu :

1. Memantau kemacetan yang terjadi di jalan raya, dengan memantau kemacetan di jalan raya maka dapat mengetahui jumlah penumpukan kendaraan di persimpangan jalan dan penyebab kemacetan agar dapat di minimalisir agar kemacetan tersebut tidak terjadi dalam waktu yang lama.
2. Memantau insiden kecelakaan lalu lintas dimana SITI dapat memantau kecelakaan lalu lintas sehingga pihak dishub atau *command center* 112 dapat dengan mudah melakukan tindakan lebih cepat. Bahkan SITI juga dapat mengetahui penyebab kecelakaan yang terjadi.
3. Mengatur lampu lalu lintas melalui pusat Kontrol dengan mengatur lampu lalu lintas ini maka penumpukan kendaraan yang mengakibatkan kemacetan dan pengalihan rekayasa jalan dengan mudah dapat diatasi.
4. SITI memberikan informasi kepada public mulai dari menampilkan video kendaraan di ruas jalan dan peringatan terjadinya kemacetan dari 520 CCTV yang di pasang di lampu lalu lintas public dapat mengakses hanya dengan smartphone mereka.
5. SITI memberikan pelayanan transportasi umum dimana sistem terintegrasi dengan bus mulai dari rute, halte sampai dengan mempercepat rute perjalanan transportasi publik.

Dengan Adanya teknologi SITI ini penulis melakukan skenario dengan menambahkan teknologi sistem transportasi cerdas sebagai salah satu langkah apakah dengan teknologi ini dapat mengatasi kemacetan dengan lebih efisien dan efektif. Dari data asli yang di dapatkan di persimpangan jalan Ahmad Yani kota Surabaya penumpukan kendaraan kian meningkat dari tahun ketahun mulai dari tahun 2005 sampai dengan 2018 dengan derajat kejenuhan pada ruas jalan Ahmad Yani mencapai lebih dari 1 artinya penumpukan kendaraan terus terjadi di ruas jalan tersebut dan mengakibatkan kemacetan terjadi. Dari model di ketahui volume kendaraan rata-rata yang terjadi tiap tahunnya mencapai 2741 volume kendaraan yang melintas dengan derajat kejenuhan meningkat dari 0.8 sampai 1.3 dengan keterangan tersebut terjadi kemacetan. Dari data model tersebut penulis menambahkan sebuah teknologi SITI untuk merekayasa arus lalu lintas demi mengurangi volume kendaraan yang berada di ruas jalan Ahmad Yani dimana lampu lalu lintas yang ruas jalan terjadi kemacetan di percepat menjadi hijau agar penumpukan kendaraan tersebut dapat di hindari dari skenario ini cukup efektif dan efisien dalam mengurangi kemacetan di ruas jalan. Simulasi skenario di lakukan mulai tahun 2018 sampai 2030 dengan pengurangan 8073 Satuan mengemudi perpenumpang pada ruas jalan Ahmad Yani. Dengan rasio derajat kejenuhan berkurang 2.57 dengan presentasi pengurangan mencapai 9% pertahun artinya teknologi ini cukup efektif. Di sisi lain ada beberapa kendala dari teknologi ini karena semua sistem berhubungan langsung dengan listrik maka jika terjadi pemadaman listrik maka masih harus menggunakan cara yang manual.

Salah satu kendala dari masyarakat kurang menyukai angkutan umum adalah waktu yang di tempuh angkutan umum masih terlalu lama waktu tunggu di halte dan terkadang tidak mengetahui kapan angkutan umum ini tiba dan sampai dengan adanya kendala tersebut penulis membuat skenario pada angkutan umum untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas agar masyarakat lebih memilih angkutan umum dari pada kendaraan pribadi. Dengan menambah salah satu bus yaitu rapid transport yang di integrasikan ke SITI nantinya keunggulan bus tersebut dapat memberikan informasi kepada masyarakat melalui smartphone sehingga dapat

mengetahui kapan tiba dan sampai ke lokasi tujuan. dari skenario penambahan bus rapid transport minat masyarakat cenderung meningkat dengan pertumbuhan yang pengguna kendaraan umum pertahun 127 ribu meningkat menjadi 147 ribu dengan rata-rata peningkatan pertahunnya mencapai 20015 maka penambahan bus ini pun menjadi efektif untuk meningkatkan minat masyarakat terhadap transportasi umum di harapkan agar masyarakat lebih memilih transportasi umum dari pada transportasi pribadi.

Salah satu kendala dari terjadinya kecelakaan lalu lintas adalah kurannya kesadaran masyarakat terhadap rambu-rambu lalu lintas dan menggunakan kecepatan kendaraan melebihi batas normal sehingga kerap terjadi kecelakaan. bahkan dari kecelakaan tersebut banyak korban jiwa dan kerugian yang terjadi. model simulasi kecelakaan lalu lintas data di dapat dari statistik pusat Surabaya dengan rata-rata kecelakaan yang terjadi mencapai 2330 kecelakaan pertahunnya. Penulis membuat skenario penambahan teknologi transportasi cerdas yang terintegrasi dengan fasilitas umum jalan dimana jika terjadi kecelakaan maka pusat kontrol atau unit kecelakaan akan mendatangi lokasi dengan cepat untuk membantu korban agar tidak terjadi korban jiwa akibat lamanya penanganan yang berada di ruas jalan. Dari hasil skenario penurunan kecelakaan mulai terjadi dengan rata-rata penurunan mencapai 1957 dengan jumlah korban jiwa yang berkurang dengan rata-rata 583 pertahunnya dan kerugian yang terjadi semula mencapai rata-rata 2.141.220 rupiah berkurang menjadi 1.843.029 rupiah pertahunnya.

Dari hasil tersebut penggunaan teknologi SITI berpengaruh cukup efektif dan efisien dalam mengatasi kemacetan lalu lintas di kota Surabaya khususnya di jalan Ahmad Yani yang tiap harinya selalu mengalami kemacetan lalu lintas.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Kemudian dijabarkan pula saran-saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Pada Pembuatan sebuah sistem ini di perlukan pengetahuan dan pemahaan yang mendalam terhadap variable-variabel yang akan di buat berdasarkan reverensi, data maupun wawancara yang dilakukan terhadap pihak-pihak terkait sehingga nantinya sistem ini dapat di terapkan dan di implementasikan kedalam sistem yang nyata.
2. Pertumbuhan penduduk yang terjadi di kota Surabaya terus meningkat dari tahun ketahun dan mencapai angkat 2.9 juta jiwa pada tahun 2018 sehingga pengguna kendaraan pribadi yang meningkat dan mengakibatkannya terjadinya kemacetan yang terjadi di setiap ruas jalan perkotaan.
3. Penerapan teknologi yang di gunakan pada saat sekarang ini yaitu Surabaya intelligent transportation system (SITI) memberikan dampak yang cukup signifikan dalam menurunkan angka kemacetan, minat masyarakat terhadap angkutan umum khususnya bus rapid transport dan menurunnya kecelakaan lalu lintas di ruas jalan perkotaan.
4. Skenario pertama dengan teknlologi SITI untuk mengatasi kemacetan di ruas jalan Ahmad Yani yang derajat kejenuhan mencapai lebih dari 1 dimana kendaraan yang melintas kengan kecepatan kurang dari 20 Km/Jam mengakibatkan penumpukan kendaraan. Sehingga dilakukan kenario rekayasa lalu lintas dengan teknologi SITI mulai tahun 2018 sampai 2030 menurun 11.64% mencapai angka 0.7 rasio derajat kejenuhan dari ruas jalan Ahmad Yani ini cukup efektif dan efisien dalam mengatasi kemacetan dengan konsep SITI.

5. Skenario kedua menambah minat masyarakat terhadap angkutan umum dengan menambah bus rapid transport dengan mengintegrasikan bus ini ke sistem SITI untuk memberikan pelayanan mulai dari mengurangi waktu tempuh bus, pelayanan halte dan informasi kedatangan bus. Minat masyarakat terhadap angkutan umum ini meningkat tiap tahunnya dengan 20005 orang pertahunnya dengan rata-rata peningkatan sekitar 19.10%.
6. Bus rapid transport dan manajemen penambahan lebar jalan juga dapat mengurangi kemacetan sekitar 5.31% pertahunnya dengan rata-rata pengurangan 0.94. pengurangan derajat kejenuhan ini mencapai 0.93 pada tahun 2030.
7. Skenario ketiga dengan mengurangi kecelakaan dengan teknologi SITI yang terintegrasi dengan pelayanan jalan dan ruas jalan. Dimana pengurangan kecelakaan berkurang 16% dengan rata-rata pengurangan 9691 unit pertahunnya untuk korban kecelakaan berkurang 12.78% pertahunnya dengan rata-rata pengurangan 1938 orang pertahunnya dan kerugian akibat kecelakaan berkurang 13.93% pertahunnya dengan rata-rata pengurangan 7.752.970 rupiah.

## **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya pemerintah kota Surabaya harusnya lebih memprioritaskan manajemen teknologi, infrastruktur layanan jalan dan manajemen transportasi public agar nantinya masalah-masalah di bidang transportasi sedikit demi sedikit dapat di atasi. Scenario lainnya juga dapat di pertimbangkan dengan menambah lebih banyak angkutan umum yang terintegrasi dengan sistem SITI. Scenario yang di bangun pada model sistem dinamik ini hanya focus pada jalan ahmad Yani saja sehingga nantinya di harapkan penelitian selanjutnya menambah jalan yang lebih banyak lagi sehingga dengan simulasi-simulasi yang di lakukan dapat memilih scenario yang tepat dalam mengatasi kemacetan yang lebih menyeluruh di setiap ruas jalan yang berada di kota Surabaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, Salim. 2000. *Manajemen Transportasi*. Cetakan Pertama. Edisi Kedua. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Abdul Kadir, (2006), Transportasi: Peran dan dampaknya dalam pertumbuhan ekonomi nasional, *Jurnal Perencanaan dan Pengembangan Wilayah Wahana Hijau*, Vol. 1, No. 3.
- Agyapong. F, Ojo. T. K, “Managing traffic congestion in the Accra Central Market, Ghana”. *Journal of Urban Management*. 2018 vol 85–96.
- Arman Hakim Nasution. 2008. “Perencanaan dan Pengendalian Produksi” Yogyakarta: Graha Ilmu
- Armelia. S, et al. 2016. *A System Dynamics approach to public transportation strikes and travelers’ behavior in the city of Rome*. Sapienza University of Rome.
- Apparicio P, Gelb. J, Carrier. M, Mathieu. M, Kingham. S “Exposure to noise and air pollution by mode of transportation during rush hours in Montreal” *Journal of Transport Geography* 70. 2018 Vol 182–192.
- Baratian-ghorghi, F. (2015). Investigating Women’s and Men’s Propensity to Use Traffic Information in a Developing Country. *Transportation in Developing Economies*, 1(1), 11–19. <https://doi.org/10.1007/s40890-015-0002-5>
- Barlas Y. 1989. “Multiple Tests for Validation of System Dynamics Type of Simulation Models.” *European Journal of Operational Research* 42 (1): 59– 87. doi:10.1016/0377-2217(89)90059-3.
- Boediningsih, W. 2011. *Dampak Kepadatan Lalu Lintas terhadap Polusi Udara Kota Surabaya*. Surabaya: Universitas Narotama Surabaya.
- Charles., R. 2003. *A systems dynamics model for the urban travel system*. Strasbourg. France
- Danny (2004) Perancangan dan pembuatan simulasi intelligent traffic light control system.
- Desertot, M., Lecomte, S., Gransart, C., & Delot, T. (2013). *Intelligent Transportation Systems. Computer Science and Ambient Intelligence*. Elsevier Inc.
- Dinas Perhubungan Kota Surabaya-a(2012). *Total Kendaraan Kota Surabaya* . Surabaya.

- Gusnita, D. (2010). *Green Transport : Transportasi Ramah Lingkungan*. *Berita Dirgantara*, 11(2), 66–71.
- Harahap, E., Suryadi, A., Ridwan, Darmawan, D., & Ceha, R. (2017). Efektifitas Load Balancing Dalam Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas. *Jurnal Matematika*, 16(2), 1–7.
- Ismiyanti, Marlita.D,Saidah.D.2012.” *Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*” Universitas Muhammadiyah, Jakarta
- Jan Jonker, Bartjan J.W. Pennink, Sari Wahyuni. 2011. *Metodologi Penelitian. Panduan Untuk Master Ph.D di bidang Manajemen*. Jakarta : Salemba Empat
- Joewono, T. B., & Kubota, H. (2006). Safety And Security Improvement In Public Transportation Based On Public Perception In Developing Countries. *Iatss Research*, 30(1), 86–100. [https://doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60159-X](https://doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60159-X)
- Joewono, T. B., Santoso, D. S., & Susilo, Y. O. (2015). Paratransit Transport In Indonesia: Characteristics And User Perceptions. *Journal Of The Eastern Asia Society For Transportation Studies*, 16.
- Law A. M., Kelton W. D., 2000. *Simulation Modeling and Analysis*, Mc Graw Hill.
- Margaretta, 2000. *Transportasi dan Perkembangan Wilayah*. Yogyakarta
- Miro, F. 2005. *Perencanaan Transportasi untuk Mahasiswa, Perencana, dan Praktisi*. Erlangga. Jakarta.
- MKJI 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Morfoulaki, M., Myrovali, G., & Kotoula, K. (2015). Increasing the attractiveness of public transport by investing in soft ICT based measures: Going from words to actions under an austerity backdrop – Thessaloniki’s case, Greece. *Research in Transportation Economics*, 51, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2015.07.006>
- Munawar, A. (2008). Sustainable Urban Public Transport Planning in Indonesia, Case Studies in Yogyakarta and Jakarta. *Indonesian Students’ Scientific Meeting*, 6.
- Pembangunan, K., Kota, M., City, G., Dosen, S., Teknik, P., Ft, A., Dengue, B. (n.d.). Konsep Pembangunan Menuju Kota Hijau (Green City ) Supriyanto Dosen Prodi Teknik Arsitektur Ft Unrika Batam 1. T, 1–10.



- Robinson, R. (1980). *Problems in the urban environment : traffic congestion and its effects*. Wollongong Studies in Geography.
- Robinson, S., Brooks, R., Kotiadis, K., & Zee, D.-J. Van Der. (2010). *Conceptual Modeling for Discrete-Event Simulation*. CRC Press.
- Schmidt, J. W., and R. E. Taylor. 1970. Simulation and Analysis of Industrial Systems, Richard D. Irwin, Homewood, Ill.
- Setiawan, E. (2013). Pengenalan Sistem Transportasi Cerdas: Opsi Solusi Transportasi Bagi Negara-Negara Berkembang, *18*(March), 1–11.
- Sinulingga, Budi D. (1999). *Pembangunan Kota Tinjauan Regional Dan Lokal*. Jakarta, Pustaka Sinar Harapan.
- Suryani E. 2006. *Pemodelan Dan Simulasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Susantoro, Bambang dan Parikesit. (2004). 1-2-3 Langkah-langkah yang dilakukan menuju transportasi yang berkelanjutan. *Majalah Transportasi Indonesia, Vol (1)*, hlm. 89-95.
- Sukarno, I., Matsumoto, H., & Susanti, L. (2016). Transportation energy consumption and emissions - a view from city of Indonesia. *Future Cities and Environment, 2*(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s40984-016-0019-x>
- Sulistio, H., & Wicaksono, A. (2014). Kajian Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Di Kota Surabaya, 9.
- Sterman, J. D. 2000. *Business Dynamics, Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill.
- Swanson. J. (2000). *The Dynamic Urban Model: Transport and Urban Development*. London, United Kingdom.
- Tamin, Ofyar Z. 2000 *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Varian K, K., & Widyastuti, H. (2013). Evaluasi Kinerja Angkutan Umum (Bis) Patas Dan Ekonomi Jurusan Surabaya - Malang. *Jurnal Teknik Pomits, 1*(1), 1–6.
- Weningtyas, W. (2013). *Optimization of Paratransit System Operation by Considering Driver's Quality of Life*. Hiroshima University, Japan. <https://doi.org/10.13140/rg.2.1.4274.5843>
- Yao. H dan Chen D. (2015). *A System Dynamics Model for Urban Sustainable Transportation Planning*. Whuan, China.

Zulfikar (2011) *Perancangan Pengontrolan Traffic Light Otomatis*, Jurnal Rekayasa  
Elektrika.

### **Biografi penulis**



Nama lengkap Fizar Syafaat, lahir di Kota Palu Sulawesi tengah, tanggal 04 September 1994, anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Munajah Mashoro dan Andi Mamas Samsir. Penulis tumbuh di Sulawesi tengah tepatnya di kabupaten sigi desa tinggede. Pendidikan dimulai dari SDN Inpres Inti Tinggede kecamatan Marawola Kab Sigi Sulteng dan lulus pada tahun 2006. Kemudian melanjutkan ke sekolah menengah pertama di SMP Negeri 15 Palu mengambil jurusan Mesin kemudian lulus pada tahun 2009 setelah itu penulis melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah atas di SMK negeri 3 Palu mengambil jurusan rekayasa Perangkat Lunak dan lulus pada tahun 2012 kemudian melanjutkan pendidikan lagi di perguruan tinggi negeri di Sulawesi tengah kota palu tepatnya di Universitas Tadulako mengambil jurusan teknik Informatika kemudian lulus tahun 2017. Penulis dapat di hubungi di email [fizar.inf@gmail.com](mailto:fizar.inf@gmail.com)