



**PENAMBAHAN JUMLAH ARMADA BUS SEKOLAH MALANG
POOL D DENGAN PENDEKATAN SIMULASI SISTEM DINAMIS**

**SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**DYAH KURNIA DHIRGO LESTARI
NIM. 125060700111024**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2017

LEMBAR PENGESAHAN

PENAMBAHAN JUMLAH ARMADA BUS SEKOLAH MALANG POOL D DENGAN PENDEKATAN SIMULASI SISTEM DINAMIS

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



DYAH KURNIA DHIRGO LESTARI

NIM. 125060700111024

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 11 Agustus 2017

Dosen Pembimbing I

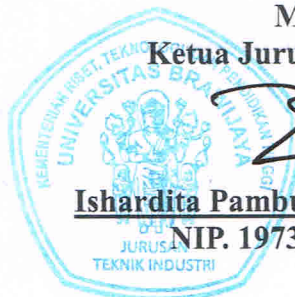
Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002

Dosen Pembimbing II

Agustina Eunike, ST., MT., M.BA
NIP. 19800811 201212 2 002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri



Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 14 Agustus 2017

Mahasiswa



Dyah Kurnia Dhirgo Lestari

NIM. 125060700111024



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa yang melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “PENAMBAHAN JUMLAH ARMADA BUS SEKOLAH MALANG POOL D DENGAN PENDEKATAN SIMULASI SISTEM DINAMIS”. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak kesulitan dan rintangan yang dihadapi oleh penulis. Namun berkat dukungan serta bantuan dari semua pihak, tugas akhir ini akhirnya dapat diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, dengan rahmat, petunjuk dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan kasih sayang tak terhingga, dukungan, semangat, motivasi, nasehat serta doa yang tidak pernah terputus.
3. Kakak tercinta mbak ebi yang selalu menyemangati dan selalu berada dipihak dek nia.
4. Mas riki yang selalu memberi motivasi untuk cepat lulus
5. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri dan Dosen Pembimbing Skripsi I, atas waktu yang telah diluangkan, kesabaran dalam membimbing, saran, arahan, motivasi, serta ilmu yang diberikan.
6. Ibu Agustina Eunike, ST., MT., M.BA selaku dosen pembimbing II, atas waktu yang telah diluangkan, kesabaran dalam membimbing, memberikan masukan, arahan, motivasi, serta ilmu yang diberikan.
7. Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku dosen Pembimbing Akademik, atas ketersediaan, saran dan arahan kepada penulis.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya yang telah dengan ikhlas memberikan ilmu yang sangat berharga bagi penulis.
9. Sahabat tersayang selaku teman SMA Okky Eldiana yang selalu membantu dan mengantar kemana mana. terimakasih atas semua motivasi, kesabaran, kebersamaan, dan semangat dalam menyelesaikan skripsi.
10. Sahabat-sahabat tersayang di masa perkuliahan Nurul Oktafianita, Dinar, novita, mbak pet, dian, suko, ersa, angga, hanip yang selalu memberikan motivasi dan semangat



serta mengisi hari perkuliahan

11. Sahabat-sahabat tersayang SMA Risa, Hanif fermanda, Ahem, Engon yang mau menemani ketika disurabaya mencari referensi untuk skripsi
12. Sahabat masa SMA Ona, Essa, Budi yang selalu memberikan motivasi serta semangat untuk menyelesaikan skripsi
13. Uji dan yuri yang selalu ada untuk menyemangati dan menghibur ketika berada pada titik down.
14. Anak-anak seventeen yang selalu bisa menghibur dan memberikan semangat setiap saat ketika dibutuhkan
15. Anak-anak JFM dan Maison Royal yang menjadi tempat refreshing dan selalu menghibur
16. Teman-teman “B-Gaul” dan “STEEL” Teknik Industri Angkatan 2012 atas pengalaman, doa, cerita, motivasi, dan kerja sama selama masa perkuliahan dan pengerjaan skripsi.
17. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan studi dan skripsi yang tidak penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, segala kritik dan saran sangat diharapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memenuhi sebagian kebutuhan referensi yang ada dapat memberikan manfaat. Kepada semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung mendapat imbalan sepentasnya dari Allah SWT. Amin.

Malang, Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR RUMUS	xi
RINGKASAN	xiii
SUMMARY	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Batasan Masalah	6
1.7 Asumsi Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Sistem Transportasi	8
2.2.1 Interaksi Tata Guna Lahan dan Transportasi	9
2.2.2 Bangkitan dan Tarikan	9
2.3 Jalan Perkotaan	11
2.3.1 Arus dan Komposisi Lalulintas	11
2.3.2 Kapasitas Jalan	12
2.3.3 Kepadatan Jalan atau Derajat Kejenuhan	15
2.4 Simulasi Sistem	15
2.4.1 Sistem	16
2.4.2 Model	17
2.5 Sistem Dinamik	17
2.5.1 Pemodelan Dinamik	19
2.5.2 Perilaku Sistem	19
2.5.3 Diagram Sebab Akibat (<i>Feedback dan Causal Loop Diagram</i>)	22



2.5.4	<i>Stock Flow Diagram (SFD)</i>	23
2.6	Validasi Model.....	23
2.7	Analisa Kebijakan.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Jenis Penelitian.....	27
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.3	Tahap-Tahap Penelitian	27
3.3.1	Tahap Pengidentifikasian Masalah.....	27
3.3.2	Tahap Pembuatan Model.....	29
3.3.3	Tahap Simulasi dan Evaluasi.....	31
3.3.4	Tahap Analisis dan Kesimpulan.....	31
3.4	Diagram Alir Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Kondisi Existing Sistem Transportasi Bus Sekolah.....	33
4.1.1	Jenis Bus Sekolah.....	33
4.1.2	Rute Bus Sekolah.....	35
4.2	Pengumpulan Data	37
4.2.1	Data Populasi Kota Malang.....	37
4.2.2	Data Jumlah Siswa.....	37
4.2.3	Data Penumpang Potensial	38
4.2.4	Data kepemilikan Kendaraan bermotor.....	39
4.2.5	Volume Lalu Lintas Ruas Jalan.....	39
4.3	Identifikasi Sistem.....	40
4.3.1	Diagram Input Output Sistem Dinamis.....	40
4.3.2	Identifikasi Variabel.....	41
4.3.3	Interaksi antar Variabel.....	42
4.4	Pembuatan Sistem Model Dinamik	42
4.4.1	<i>Causal Loop Diagram</i>	43
4.4.2	<i>Stock Flow Diagram</i>	45
4.5	Simulasi.....	47
4.5.1	Formulasi Model.....	47
4.5.2	Verifikasi dan Validasi Model.....	49
4.5.2.1	Verifikasi Model.....	49
4.5.2.2	Validasi Model.....	50



4.5.3 Simulasi model.....	51
4.5.3.1 Simulasi Keadaan Eksisting.....	51
4.5.3.2 Perancangan Skenario Rekomendasi	53
4.5.3.2.1 Skenario Kebijakan Pengadaan Bus Sekolah 1 Armada Setiap Tahun.....	53
4.5.3.2.2 Skenario Kebijakan Pengadaan Bus Sekolah 2 Armada Setiap Tahun.....	55
4.6 Analisis dan Interpretasi.....	56
4.6.1 Analisis <i>Causal Loop Diagram</i>	56
4.6.2 Analisis Keadaan Sebelum dan Sesudah Penambahan Armada dengan Skenario 1 dan 2.....	57
BAB V PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61

**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Data Siswa Penumpang Bus Sekolah	2
Tabel 1.2	Data Siswa Penumpang Bus Sekolah Pool D	3
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Ini	8
Tabel 2.2	Jalan Perkotaan yang Tidak Terbagi	12
Tabel 2.3	Jalan Perkotaan yang Terbagi dan Jalan Satu Arah	12
Tabel 2.4	Kapasitas Dasar	13
Tabel 2.5	Faktor Penyesuaian Lebar Jalur	13
Tabel 2.6	Faktor Penyesuaian Arah Lalu Lintas	13
Tabel 2.7	Faktor Penyesuaian Bahu Jalan	14
Tabel 2.8	Kelas Hambatan Samping Jalan Perkotaan	14
Tabel 2.9	Faktor Ukuran Kota	15
Tabel 2.10	Batas Lingkup V/C Ratio	15
Tabel 2.11	Tipe Variabel pada <i>Stocks</i> dan <i>Flow Diagram</i>	23
Tabel 4.1	Data Populasi Kota	37
Tabel 4.2	Data Jumlah Siswa SMPN 10 dan 23	38
Tabel 4.3	Data Penumpang Potensial 2015-2016	38
Tabel 4.4	Data Kepemilikan Kendaraan Bermotor	39
Tabel 4.5	Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang	39
Tabel 4.6	Kendaraan yang Melewati rute Bus Sekolah Pool D Tahun 2015	40
Tabel 4.7	Identifikasi Variabel Sistem Transportasi Bus Sekolah	42
Tabel 4.8	Formulasi Model	48
Tabel 4.9	Validasi Populasi Aktual Dan Hasil Simulasi	50
Tabel 4.10	Validasi data Aktual dan Hasil Simulasi	50
Tabel 4.11	Validasi Data Aktual SMPN 10 dan Hasil Simulasi SMPN10	51
Tabel 4.12	Hasil Simulasi Penumpang Potensial	52
Tabel 4.13	Hasil Simulasi Kepadatan Jalan	52
Tabel 4.14	Hasil Simulasi Penumpang Potensial Setelah Skenario 1	54
Tabel 4.15	Hasil Simulasi Kepadatan Jalan dengan Skenario 1	54
Tabel 4.16	Hasil Simulasi Penumpang Potensial Setelah Skenario 2	55
Tabel 4.17	Hasil Simulasi Kepadatan Jalan dengan skenario 2	56

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Rute Penjemputan Pagi Hari.....	3
Gambar 1.2	Rute Penjemputan Siang Hari.....	3
Gambar 2.1	A. Trip Production B. Trip Attraction	10
Gambar 2.2	Bangkitan dan Tarikan Pergerakan.....	10
Gambar 2.3	Grafik <i>Ekspponential Growth</i>	20
Gambar 2.4	Grafik <i>Goal-Seeking</i>	20
Gambar 2.5	Grafik <i>S-Shaped</i>	21
Gambar 2.6	Grafik <i>Oscillation</i> (Osilasi).....	21
Gambar 3.1	Diagram Penelitian.....	32
Gambar 4.1	Bus Sekolah Milik Pemerintah Kota.....	34
Gambar 4.2	Bentuk Kursi pada Bus Sekolah Milik Pemerintah Kota.....	34
Gambar 4.3	Bus Sekolah yang Berasal dari CSR Bank Jatim.....	35
Gambar 4.4	Bentuk Kursi pada Bus Sekolah yang Berasal Dari CSR Bank Jatim	35
Gambar 4.5	Peta Kota Malang dengan Garis Rute Pool D.....	37
Gambar 4.6	Diagram Input Output Sistem Dinamis.....	41
Gambar 4.7	<i>Causal Loop Diagram</i> Pengaruh Bertambahnya Jumlah Armada.....	44
Gambar 4.8	Pengaruh Kepadatan Jalan Terhadap Jumlah Armada.....	44
Gambar 4.9	Sub Model Penumpang Bus Sekolah.....	46
Gambar 4.10	Sub Model Kepadatan Jalan.....	57
Gambar 4.11	Grafik Populasi Penduduk Kota Malang	52
Gambar 4.12	<i>Stock Flow Diagram</i> Kondisi Eksisting dan Setelah Skenario 1.....	54
Gambar 4.13	<i>Stock Flow Diagram</i> Kondisi Eksisting dan Setelah Skenario 2.....	55
Gambar 4.14	<i>Causal Tree</i> Jumlah Armada	56
Gambar 4.15	Perbandingan Penumpang Tidak Terpenuhi.....	57
Gambar 4.16	Jumlah Bus yang Dapat Digunakan.....	58



DAFTAR RUMUS

No.	Judul	Halaman
Rumus 2.1	Kapasitas Jalan.....	12
Rumus 2.2	Kepadatan Jalan	15
Rumus 2.3	Eror	25
Rumus 2.4	Rumus output simulasi.....	25
Rumus 2.5	Rumus Data Empiris.....	25
Rumus 2.6	Eror Variasi.....	25
Rumus 2.7	Rumus Variasi Simulasi.....	25
Rumus 2.8	Rumus Variasi Data Empiris	25



RINGKASAN

Dyah Kurnia, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2017. Penambahan Jumlah Armada Bus Sekolah Malang POOL D Dengan Pendekatan Simulasi Sistem Dinamis. Dosen Pembimbing: Ishardita Pambudi Tama dan Agustina Eunike.

Bus sekolah yang telah beroperasi dari bulan Februari 2015 memiliki tanggapan positif dari pihak sekolah dan orangtua siswa karena dapat mengurangi rasio beban jalan serta kedisiplinan siswa dalam penggunaan kendaraan bermotor dibawah umur. Bus sekolah malang memiliki 6 unit yang telah beroperasi dimana 5 unit berasal dari pemerintah kota malang yaitu POOL A, POOLB, POOL C, POOL E, POOL F dengan kapasitas sebesar 35 orang dan 1 unit berasal dari CSR bank jatim yaitu POOL D dengan kapasitas sebesar 45 orang. Bus sekolah beroperasi sebanyak 2 kali yaitu pada pagi hari untuk mengantarkan siswa ke sekolah dan siang hari untuk menjemput siswa pulang kerumah. Dari data yang di dapat, POOL D memiliki penumpang terbanyak yang melebihi kapasitas awal yaitu kurang lebih 52 orang. Selain itu, pada siang hari, siswa SMPN 10 tidak terangkut karena bus sekolah telah penuh diisi oleh siswa SMPN 23.

Penambahan jumlah armada bus sekolah dilakukan dengan menggunakan metode simulasi sistem dinamis. Langkah pertama yang dilakukan adalah observasi sistem transportasi bus sekolah saat ini. Setelah itu dibuat causal loop diagram untuk melihat hubungan antar variabel yang berpengaruh. Setelah causal loop sudah disetujui maka tahap selanjutnya adalah pembuatan model pada program powersim studio 10 dengan mengisi formulasi. Setelah model jadi maka dilakukan verifikasi dan validasi model untuk melihat apakah model telah sesuai dengan sistem nyata.

Hasil dari penelitian tersebut adalah kondisi pada saat ini dengan menggunakan 1 armada dimana ada siswa yang tidak terangkut setiap tahunnya, maka dari itu digunakan 2 skenario untuk penambahan bus sekolah. Skenario pertama adalah penambahan 1 armada bus sekolah setiap tahun. Penambahan 1 armada setiap tahun jumlah siswa dapat terangkut semua pada tahun ke-13 dengan menggunakan 14 armada dimana 3 buah kursi kosong yang tersisa. Kepadatan jalan terjadi pada tahun ke-16 dengan batas maksimal 0,9. Dapat dilihat bahwa penambahan armada sampai pada tahun ke-13 masih memungkinkan. Skenario ke 2 merupakan penambahan 2 armada setiap tahun. Pada tahun ke-4, siswa dapat terangkut semua dengan menggunakan 9 armada dimana 20 buah kursi kosong yang tersisa. Kepadatan jalan untuk penambahan 2 armada setiap tahun terjadi pada tahun ke-17 sehingga penambahan sampai pada tahun ke 4 masih memungkinkan.

Kata kunci: Sistem Dinamis, Simulasi , Sistem Transportasi, Bus Sekolah

SUMMARY

Dyah Kurnia. *Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering ,Brawijaya University, July2017.Addition of school bus transportation POOL D in malang with dynamic system simulation approach . Advisors: Ishardita Pambudi Tama dan Agustina Eunike.*

School buses that have operated from February 2015 have positive responses from schools and parents as they can reduce the ratio of road charges and student discipline in underage vehicle use. The Malang school bus has 6 units that have been operated where 5 units come from the city government of Malang, POOL A, POOLB, POOL C, POOL E, POOL F with capacity of 35 people and 1 unit comes from CSR bank jatim that is POOL D with capacity of 45 people. School buses operate twice in the morning to take students to school and during the day to pick up students home. From the data, POOL D has the most passengers that exceeded the initial capacity of approximately 52 people. More over, at noon, student of SMPN 10 are not transported because the scool bus are already fullled by student of SMPN 23.

The addition of the school bus transportation is done by using dynamic system simulation method. The first step is to observe the current school bus transportation system. After that made causal loop diagram to see the relationship between influential variables. Once the causal loop has been approved then the next step is modeling the powersim studio 10 program by filling out the formulation. After the model is finished, the verification and validation model can be done to see whether the model has been accordance with the real system.

The result of this above study at this time by using 1 bus transportation where there are students who are not transported every year, therefore 2 scenarios are used for the addition of school bus. The first scenario is the addition of 1 school bus transportation each year. The addition of 1 bus transportation each year the number of students can be transported all in the 13th year by using 14 bus transportation of which is 3 empty seats are left. Road density occurs in the 16th year with a maximum limit of 0.9. It can be seen that the addition of a bus transportation until the 13th year is still possible. The second scenario is the addition of 2 bus transportation each year. In the 4th year, students can be transported all by using 9 bus transportation of which 20 empty seats are left. Road density for the addition of 2 bus transportation each year occurs in the 17th year so that the addition until the 4th year is still possible.

Keywords: *Dynamical System, Simulation , Transportation System, School Bus*



BAB I PENDAHULUAN

Pada Bab I ini akan dibahas hal-hal yang menjadi latar belakang masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini dengan menyertakan ruang lingkup penelitian berupa latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, dan batasan masalah, serta menjelaskan tujuan dan manfaat dari penelitian ini

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang begitu pesat di kota Malang menyebabkan kebutuhan akan transportasi umum naik dengan pesat. Menurut data Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Malang tahun 2014 naik sebanyak 20.604 juta dibanding tahun 2013. Pertumbuhan penduduk yang pesat diikuti dengan kenaikan penggunaan kendaraan pribadi di jalan raya. Penggunaan kendaraan pribadi dirasa lebih menguntungkan dibanding dengan menggunakan transportasi umum. Banyaknya pengguna sepeda motor di jalan raya meningkatkan beban jalan dan mengurangi kedisiplinan pengguna jalan. Sebagai contohnya adalah penggunaan kendaraan bermotor dibawah umur. Dapat dilihat pada pasal 281 undang – undang nomor 22 tahun 2009 tentang peraturan lalu lintas dan angkutan jalan, sanksi pidana dijatuhkan bagi pengguna sepeda motor yang tidak memiliki Surat Ijin mengemudi adalah setidaknya kurungan paling lama empat bulan atau denda sebanyak Rp 1.000.000,00. Peningkatan penggunaan sepeda motor di bawah umur ini menyebabkan tingkat kecelakaan yang meningkat dari tahun ketahun. Dari data WHO 2011 sebanyak kurang lebih 400.000 korban dibawah usia 25 tahun meninggal di jalan raya dengan rata-rata kematian 1000 anak-anak dan remaja setiap harinya. Hal ini membuat Walikota Malang memikirkan cara untuk meningkatkan kedisiplinan bagi siswa untuk penggunaan sepeda motor dibawah umur dan menurunkan tingkat kecelakaan di jalan raya dengan mengadakan program bus sekolah Malang.

Program bus sekolah yang dijalankan oleh pemerintah kota Malang memiliki tujuan untuk mengurangi rasio beban jalan karena penggunaan kendaraan pribadi dan kapasitas jalan yang tidak seimbang. Selain itu, penggunaan sepeda motor dibawah umur menyebabkan meningkatnya kepadatan jalan dari tahun ketahun. Program bus sekolah yang baru dijalankan pada bulan februari 2015 mendapatkan tanggapan positif dari pihak sekolah dan orang tua siswa. Jumlah armada bus sekolah yang telah beroperasi sebanyak 6 unit bus

sekolah dengan 6 rute yang berbeda dengan nama POOLA, POOL B, POOL C, sampai dengan POOL F. POOL A, POOL B, POOL C, POOL E, dan POOL F berasal dari pemerintah kota Malang dengan kapasitas 35 sedangkan POOL D merupakan hibah dari Bank Jatim dengan kapasitas 25 buah kursi dan 20 buah pegangan untuk berdiri.

Penentuan rute bus sekolah telah dievaluasi sebanyak dua kali oleh Dinas Pendidikan yang dibantu oleh Dinas Perhubungan. Penentuan rute itu sendiri didasarkan pada lokasi sekolah yang dapat dilewati oleh bus sekolah. Bus sekolah yang ada, melayani enam rute yang berbeda – beda dan masing - masing rute memiliki satu buah armada untuk memenuhi kebutuhan siswa menuju ke sekolah. Sebelum bus sekolah beroperasi, dilakukan sosialisasi ke sekolah – sekolah untuk titik penjemputan dan jam keberangkatan. Seluruh siswa dapat ikut bus sekolah sesuai dengan titik penjemputan dan tujuan sekolah. Bus sekolah beroperasi sebanyak 2 kali yaitu pada pagi hari ketika siswa berangkat sekolah dan siang hari ketika siswa pulang sekolah.

Berikut ini adalah jumlah penumpang bus sekolah dari masing masing bus pada pagi hari. pengambilan data jumlah penumpang bus sekolah dilakukan pagi hari dikarenakan penumpang bus sekolah cenderung stabil pada pagi hari.

Tabel 1.1
Data Siswa Penumpang Bus Sekolah

Nama bus	Jumlah Penumpang
POOL A	36
POOL B	35
POOL C	30
POOL D	52
POOL E	37
POOL F	36

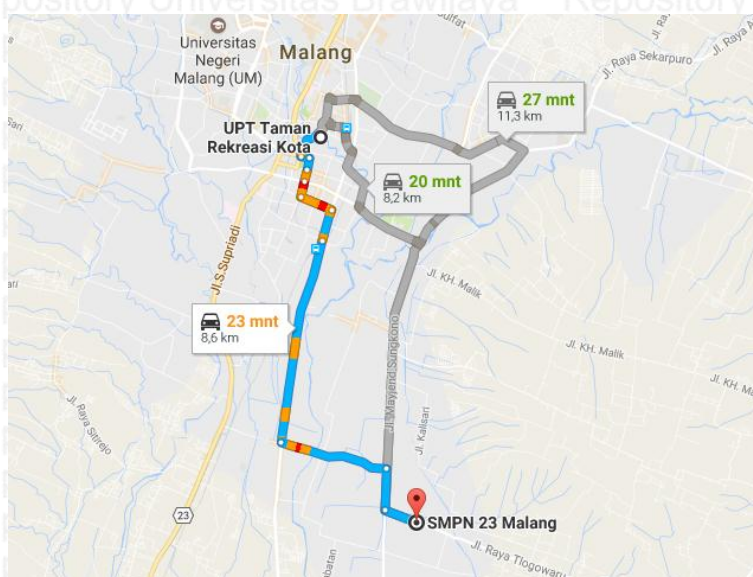
Dari data diatas dapat dilihat POOL D merupakan bus dengan penumpang terbanyak. selain karena kapasitas bus yang lebih besar dibanding yang lain, bus sekolah POOL D melayani sekolah yang berada jauh dari tengah kota dan tidak dilewati angkutan kota. Berikut adalah titik penjemputan dan sekolah yang dituju oleh bus sekolah POOL D.

Pada pagi hari, bus berangkat dari taman rekreasi kota Malang. Lokasi penjemputan pertama adalah di kantor Kelurahan Madyopuro. Siswa dapat menunggu bus sekolah didepan sekolah yang dilewati bus, di depan kelurahan, masjid, dan didepan kantor polisi. Sekolah yang dilewati oleh bus sekolah POOL D adalah SMAN 6, SMPN 10, SMKN 10 dan terakhir adalah SMPN 23. Rute yang dilalui oleh bus sekolah POOL D adalah Sawojajar(Terminal Madyopuro) - Ki Ageng Gribig - Mayjen Sungkono - Terminal Hamid Rusdi. Setelah mengantar siswa sampai ke tempat tujuan, bus kembali ke taman rekreasi kota dan kembali menjemput siswa pada siang hari ketika pulang sekolah. Untuk siang hari,

bus berangkat dari taman rekreasi kota Malang langsung menuju SMPN 23 menggunakan rute yang berbeda dari pagi hari. Gambar 1.1 merupakan rute berangkat bus sekolah. Gambar 1.2 merupakan rute penjemputan pada siang hari.



Gambar 1.1 Rute Penjemputan Pagi Hari



Gambar 1.2 Rute Penjemputan Siang Hari

Pada tabel 1.2 merupakan data yang diambil dari pengamatan pada 25 february 2016.

Tabel 1.2
Data Siswa Penumpang Bus Sekolah POOL D

	SMPN 10	SMPN 23
Pagi	29 siswa	21 siswa
Siang	-	53 Siswa

Dari tabel 1.2 penumpang bus sekolah hanya berasal dari SMPN 10 dan SMPN 23. Menurut hasil wawancara dari SMAN6, siswa sma lebih memilih untuk menggunakan

kendaraan pribadi atau sepeda motor karena memiliki cukup umur untuk membuat SIM. Selain itu, pada tabel 1.2 dapat dilihat bahwa pada siang hari bus sekolah telah terisi penuh oleh siswa yang berasal dari SMPN 23, sehingga siswa dari SMPN 10 tidak dapat terangkut. Dapat juga dilihat dari data, pada pagi hari siswa SMPN 23 yang terangkut sebanyak 21 sedangkan pada siang hari sebanyak 53 siswa. Dari wawancara yang dilakukan kepada supir bus sekolah, tidak diketahui jumlah siswa yang tidak dapat naik bus sekolah karena siswa memilih untuk tidak naik ketika bus terlihat sudah penuh. Hal ini mengindikasikan adanya kebutuhan penambahan armada untuk melayani siswa yang menggunakan bus sekolah.

Kurangnya jumlah armada bus menyebabkan target yang ingin dicapai oleh Walikota Malang menjadi kurang optimal. Dapat dilihat dari rasio beban jalan dengan kendaraan yang tidak berkurang secara signifikan. Selain itu, banyak siswa yang tidak dapat naik karena kapasitas bus yang sangat penuh dan sesak menyebabkan kurangnya kenyamanan siswa saat menaiki bus tersebut. Untuk menentukan jumlah armada tidak dapat dilakukan secara sembarangan. Penambahan jumlah armada untuk bus sekolah harus optimal agar tidak ada bus sekolah yang pengoperasiannya tidak optimal seperti penumpang yang tidak merata di setiap bus dan tidak beroperasinya salah satu bus sekolah. Selain itu, pengadaan bus optimal tiap tahun dapat membantu pemerintah mengambil keputusan yang sesuai.

Penelitian dari Indrayana (2010) melakukan penelitian tentang penentuan jumlah kendaraan transjogja dengan metode *Discrete Event Simulation*. Terdapat perbedaan sistem pada kendaraan transjogja dan bus sekolah. Transjogja beroperasi setiap waktu dengan titik titik pemberhentian untuk mengangkut penumpang. Sedangkan bus sekolah hanya beroperasi sebanyak 2 kali yaitu pagi dan siang hari dengan penumpang yang cenderung stabil dari waktu ke waktu. Metode *Discrete Event Simulation* tidak dapat memberikan gambaran sistem pada masa yang akan datang sehingga jika terjadi perubahan pada sistem, tidak dapat diketahui ketika menggunakan metode ini.

Pada penelitian ini, digunakan simulasi sistem dinamis yang merupakan salah satu metode untuk menentukan jumlah optimal bus sekolah. Sistem dinamis dapat memasukan variabel variabel yang sifatnya dinamis. Sistem dinamis dapat menggambarkan hubungan sebat akibat dari sebuah sistem. Selain itu, sistem dinamis dapat menghasilkan perubahan yang tidak kontinyu dalam keputusan yang dibutuhkan.

Dengan menggunakan simulasi dinamis diharapkan dapat mengetahui jumlah optimal bus sekolah untuk rute bus POOL D dengan potensi siswa yang memiliki tempat tinggal berada di daerah rute bus POOL D yang diharapkan dapat mengangkut seluruh siswa yang berada pada rute tersebut untuk menuju ke sekolah mereka. Selain itu, dari hasil analisis ini

diharapkan dapat mengetahui variabel-variabel yang mempengaruhi pemodelan sistem transportasi bus sekolah POOL D tersebut sehingga dapat dilihat perubahan yang dapat terjadi pada sistem transportasi tersebut.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, masalah yang dapat diidentifikasi pada rute bis sekolah POOL D adalah:

1. Tidak terangkutnya siswa SMPN 10 pada siang hari karena bus sekolah telah penuh.
2. Masih dibutuhkan bis sekolah tambahan untuk memenuhi kebutuhan bis sekolah di POOL D.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, maka rumusan masalah dalam penelitian adalah:

1. Bagaimana model dan hubungan antar elemen pada sistem transportasi bus sekolah?
2. Berapa jumlah pengadaan bus sekolah paling optimal untuk memenuhi kebutuhan yang sesuai dengan keadaan jalan?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Memodelkan sistem nyata dan mensimulasikan sistem transportasi bus sekolah untuk mengetahui hubungan antar elemen di dalam sistem dinamik
2. Menentukan pengadaan bus sekolah paling optimal untuk memenuhi kebutuhan dan sesuai dengan keadaan jalan?

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Mahasiswa:
 - a. Mengetahui korelasi dari variabel-variabel yang mempengaruhi sistem transportasi bus sekolah sehingga jika terjadi perubahan ada variabel tersebut dapat terlihat
 - b. Memahami penggunaan sistem dinamis pada bidang yang lebih luas
2. Bagi walikota:
 - a. Mampu memberikan alternatif perbaikan untuk transportasi bus sekolah agar lebih efektif dan efisien



6

3. Mengusulkan pengadaan bus sekolah paling optimal
4. Bagi siswa:
 - a. Dapat menikmati fasilitas yang disediakan oleh Walikota Malang

1.6 Batasan Masalah

Batasan dari penelitian yang akan dilakukan adalah:

1. Penelitian tidak mempertimbangkan biaya.

1.7 Asumsi

Asumsi yang dapat diberikan pada penelitian ini untuk membatasi permasalahan yang akan diteliti:

1. Bis sekolah selalu dalam kondisi baik
2. Bus sekolah beroperasi pada waktu bersamaan



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini. Dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang dipermasalahkan dalam penelitian akan dijadikan referensi dalam melakukan analisis dan penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mencakup beberapa konsep yang cukup relevan dan memiliki keterkaitan dengan penelitian ini. Berikut adalah perbandingan antara beberapa penelitian terdahulu dan yang sekarang akan dilakukan.

1. Ekawati (2007) melakukan penelitian tentang pemodelan sistem transportasi angkutan kota dengan pendekatan sistem dinamik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat suatu pemodelan sistem transportasi angkutan kota lyn P yang efektif dan efisien. Dengan berdasarkan konsep manajemen kebutuhan dan pendekatan sistem dinamik, didapatkan variabel utama yang berpengaruh terhadap sistem transportasi angkutan kota lyn P yaitu variabel bangkitan pergerakan, pemilihan moda angkutan kota lyn P, jumlah penumpang maksimum per jam, jumlah penumpang perhari kapasitas operasional, frekuensi layanan armada perjam, jumlah armada optimal, biaya operasi kendaraan, pendapatan operasional, pengeluaran operasional, dan profit margin operasional. Model sistem yang paling efektif dan efisien adalah dengan menggunakan rute alternatif, peningkatan load faktor, dan pembatasan jumlah kendaraan pribadi yang meningkatkan profit margin operasional sekitar 46,19% per hari.
2. Indrayana (2010) melakukan penelitian tentang penentuan jumlah kendaraan transjogja dengan metode simulasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan pelayanan pemerintah transjogja untuk mengurangi waktu yang terbuang saat mengantri. Dengan menggunakan software pemodelan simulasi Arena 3.0 didapatkan hasil yang diinginkan yaitu durasi keberangkatan bus transjogja setiap 10 menit atau setara dengan 6 unit armada per jam. Maksimum waktu tunggu penumpang adalah 5,2328 menit. Dengan adanya dukungan dari berbagai pihak. Selain itu, perlu implementasi dan adanya evaluasi ulang pada sistem nyata agar ditemukan keselarasan antara perkembangan ilmu pengetahuan dengan permasalahan aktual.

3. Kurnia (2016) penelitian yang akan dilakukan yaitu penambahan jumlah armada bus sekolah dengan metode simulasi sistem dinamik untuk melayani siswa kota malang. Penggunaan simulasi sistem dinamis dilakukan karena dirasa lebih sesuai karena jumlah armada yang terbatas dan jam operasi yang terbatas juga. Dengan menggunakan sistem dinamis diharapkan dapat mengetahui variabel-variabel yang berpengaruh didalam sistem transportasi bus sekolah dan meramalkan perkembangan bus sekolah beberapa tahun kedepan.

Tabel 2.1
Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian ini

Keterangan	Ekawati (2007)	Indrayana (2010)	Penelitian yang dilakukan
Topik Penelitian	Pemodelan sistem transportasi angkutan kota dengan pendekatan sistem dinamik	Penentuan jumlah kendaraan transjogja dengan metode simulasi	Analisis sistem transportasi bus sekolah dengan menggunakan simulasi sistem dinamik
Objek Penelitian	Angkutan kota lyn P	Angkutan kota transjogja	Bus sekolah malang POOL D
Metode	Simulasi sistem dinamik	<i>Descret event simulation</i>	Simulasi sistem dinamik

2.2 Sistem Transportasi

Sistem transportasi terdiri dari dua kata yaitu sistem dan transportasi. Menurut Tamin (2000) sistem merupakan gabungan dari beberapa komponen atau objek yang saling berkaitan. Disetiap organisasi sistem, perubahan pada salah satu komponen akan memberikan perubahan pada komponen lainnya. Sedangkan menurut Salim (2000) transportasi adalah kegiatan pemindahan barang atau penumpang dari suatu tempat ke tempat lain. Dua unsur penting yang terdapat didalam transportasi adalah pergerakan dan perpindahan yang secara fisik merubah tempat penumpang atau barang ke tempat lain.

Dari dua kata tersebut dapat diartikan bahwa sistem transportasi adalah sistem yang memiliki fungsi untuk memindahkan orang atau barang dari satu tempat ke tempat lain. Sistem transportasi terdiri dari sistem kegiatan, sistem pergerakan lalu lintas, sistem jaringan prasarana transportasi dan sistem kelembagaan. Pergerakan dapat terjadi karena adanya kebutuhan yang tidak terpenuhi di suatu tempat. Dalam proses pemenuhan kebutuhan tersebut, setiap sistem kegiatan mempunyai suatu jenis kegiatan yang akan membangkitkan dan menarik pergerakan dari lahan guna. Interaksi yang terjadi antara sistem kegiatan dan sistem jaringan menghasilkan pergerakan manusia atau barang dalam bentuk kendaraan atau orang. Perubahan pada masing-masing sistem akan berdampak pada sistem lainnya. Dengan adanya sistem kelembagaan yang

mampu mengatur sistem yang telah ada maka suatu pergerakan yang aman, nyaman, dan lancar dapat terwujud.

2.2.1 Interaksi Tata Guna Lahan dan Transportasi

Berbagai macam aktifitas terjadi didalam transportasi perkotaan dan berlangsung diatas sebidang tanah. Bagian-bagian dari lahan ini biasa disebut dengan tata guna lahan. Manusia melakukan perjalanannya diantara tata guna lahan untuk memenuhi kebutuhannya dengan menggunakan sistem jaringan transportasi yang dapat menimbulkan pergerakan manusia, kendaraan dan barang. Bangkitan perjalanan memiliki hubungan dengan penentuan jumlah perjalanan keseluruhan yang dibangkitkan oleh suatu kawasan.

Pergerakan arus manusia, kendaraan dan barang mengakibatkan berbagai macam interaksi. Hampir semua interaksi memerlukan perjalanan dan akan menghasilkan pergerakan arus lalu lintas. Dengan perencanaan transportasi yang sesuai akan membuat interaksi yang terjadi menjadi lebih mudah dan efisien. Perencanaan transportasi untuk mencapai sasaran-sasaran umum itu dapat dilakukan dengan menetapkan kebijakan tentang sebaran geografis antara tata guna lahan (sistem kegiatan) serta kapasitas dan lokasi dari fasilitas transportasi (sistem jaringan) yang digabungkan untuk mendapatkan arus dan pola pergerakan lalu lintas di daerah perkotaan (sistem pergerakan). Besarnya arus dan pola pergerakan lalu lintas sebuah kota dapat memberikan umpan balik untuk menentukan lokasi tata guna lahan yang membutuhkan prasarana baru (Tamin, 2000).

2.2.2 Bangkitan dan Tarikan

Bangkitan pergerakan adalah perkiraan jumlah pergerakan yang berasal dari suatu zona atau tata guna lahan. Bangkitan Pergerakan merupakan tahapan pemodelan yang memperkirakan jumlah pergerakan yang berasal dari suatu zona atau tata guna lahan atau jumlah pergerakan yang tertarik ke suatu tata guna lahan atau zona. Sedangkan tarikan pergerakan adalah jumlah pergerakan yang tertarik dari suatu tata guna lahan. Bangkitan dan tarikan tergantung pada dua aspek tata guna lahan, yaitu jenis tata guna lahan dan intensitas (jumlah aktivitas) pada tata guna lahan tersebut (Tamin, 2000). Bangkitan Pergerakan (Trip Generation) adalah jumlah perjalanan yang terjadi dalam satuan waktu pada suatu zona tata guna lahan (Hobbs, 1995).

Waktu perjalanan bergantung pada kegiatan kota, karena penyebab perjalanan adalah adanya kebutuhan manusia untuk melakukan kegiatan dan mengangkut barang kebutuhannya. Setiap suatu kegiatan pergerakan mempunyai zona asal dan tujuan, dimana asal merupakan

zona yang menghasilkan perilaku pergerakan, sedangkan tujuan adalah zona yang menarik perilaku melakukan kegiatan. Jadi terdapat dua pembangkit pergerakan, yaitu :

1. *Trip Production* adalah jumlah perjalanan yang dihasilkan suatu zona
2. *Trip Attraction* adalah jumlah perjalanan yang ditarik oleh suatu zona



Gambar 2.1 A. Trip production B. Trip Attraction

Trip production digunakan untuk menyatakan suatu pergerakan yang berbasis rumah yang dibangkitkan oleh pergerakan berbasis bukan rumah. *Trip attraction* digunakan untuk menyatakan suatu pergerakan yang berbasis rumah yang pergerakannya tertarik oleh pergerakan berbasis bukan rumah (Tamin, 1997) seperti terlihat pada gambar 2.2 berikut ini:



Gambar 2.2 Bangkitan Dan Tarikan Pergerakan

Bangkitan dan tarikan pergerakan digunakan untuk menyatakan bangkitan pergerakan pada masa sekarang yang nantinya digunakan untuk meramalkan pergerakan pada masa mendatang. Bangkitan pergerakan ini memiliki hubungan dengan penentuan jumlah keseluruhan yang dibangkitkan oleh sebuah kawasan. Parameter tujuan perjalanan yang berpengaruh didalam produksi perjalanan adalah (Levinson, 1976):

1. Tempat bekerja
2. Kawasan perbelanjaan
3. Kawasan pendidikan
4. Kawasan usaha
5. Kawasan hiburan

Dalam sistem perencanaan transportasi terdapat empat langkah yang saling berkaitan (Tamin, 1997), yaitu:

1. *Trip generation* (bangkitan pergerakan)
2. *Trip distribution* (distribusi perjalanan)
3. *Modal split* (pemilihan moda)
4. *Trip assignment* (pembebanan jaringan)

2.3 Jalan Perkotaan

Segmen jalan perkotaan atau semi perkotaan memiliki perkembangan yang permanen dan menerus sepanjang jalan atau minimum salah satu sisi jalan berupa pengembangan lahan atau bukan. Arus lalu lintas puncak pada pagi dan sore hari lebih tinggi dan cenderung komposisi kendaraan pribadi dan sepeda motor lebih tinggi.

Tipe jalan perkotaan menurut mkji ada 4 yaitu:

1. Jalan dua lajur dua arah
2. Jalan empat lajur dua arah
 - a. Tak terbagi (tanpa median)
 - b. Terbagi (dengan median)
3. Jalan enam lajur dua arah terbagi
4. Jalan satu arah

2.3.1 Arus dan Komposisi Lalulintas

Nilai arus lalulintas mencerminkan komposisi lalulintas dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (SMPN). Semua nilai arus lalulintas (perarah dan total) diubah menjadi satuan mobil penumpang dengan menggunakan ekuivalensi mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan

1. Kendaraan ringan (Light Vehicle/LV) yang terdiri dari Jeep, Station wagon, Colt, Sedan, Bis mini, Combi, Pick up
2. Kendaraan berat (Heavy Vehicle/HV) terdiri dari bus dan truck
3. Sepeda Motor (MC)

Berikut ini merupakan ekuivalensi mobil penumpang (emp) untuk masing masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan dan arus lalulintas yang dinyatakan dalam kendaraan/jam.

Tabel 2.2

Jalan perkotaan yang tidak terbagi

Tipe jalan	Arus lalu lintas total 2 arah (kendaraan/jam)	Emp		
		Lv	hv	Mc
Dua lajur dua arah	0 – 1800	1,0	1,3	0,4
	≥ 1800		1,2	0,25
Empat lajur dua arah tak terbagi	0 – 1800	1,0	1,3	0,4
	≥ 1800		1,2	0,25

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Tabel 2.3

Jalan perkotaan yang terbagi dan jalan satu arah

Tipe jalan	Arus lalu lintas per jalur (kendaraan/jam)	Emp		
		LV	HV	MC
Empat dua arah terbagi	0 – 1050	1,0	1,3	0,4
	≥ 1050		1,2	0,25
Enam lajur dua arah terbagi	0 – 1100	1,0	1,3	0,4
	≥ 1100		1,2	0,25
Dua lajur satu arah	0 – 1050	1,0	1,3	0,4
	≥ 1050		1,2	0,25

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.3.2 Kapasitas Jalan

Kapasitas merupakan arus maksimum yang melalui suatu titik persatuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan dua lajur dua arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah). Untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur.

Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas adalah sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \quad (2-1)$$

dimana :

C= kapasitas ruas jalan (SMPN/Jam)

C_o= kapasitas dasar

FC_w= faktor penyesuaian kapasitas untuk lebar jalur lalu-lintas

FC_{sp}= faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisahan arah

FC_{sf}= faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping

FC_{cs}= faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota.

1. Kapasitas Dasar

Besarnya kapasitas dasar jalan kota yang dijadikan acuan adalah sebagai Berikut :

Tabel 2.4

Kapasitas Dasar

Type Jalan	Kapasitas (SMPN/Jam)	Dasar	Keterangan
4 Jalur dipisah atau jalan satu arah	1.650		Tiap Lajur
4 Lajur tidak dipisah	1.500		Tiap Lajur
2 lajur tidak dipisah	2.900		Kedua Lajur

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2. Faktor penyesuaian lebar jalur (FCw)

Faktor penyesuaian lebar jalan seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.5
Faktor Penyesuaian Lebar Jalur

Type Jalan	Lebar Jalan Efektif	Cw	Keterangan
4 Jalur dipisah atau jalan satu arah	3,00	0,92	Tiap Lajur
	3,25	0,96	
	3,50	1,00	
	3,75	1,04	
	4,00	1,08	
4 Lajur tidak dipisah	3,00	0,91	Tiap Lajur
	3,25	0,95	
	3,50	1,00	
	3,75	1,05	
	4,00	1,09	
2 lajur tidak dipisah	5,00	0,56	Kedua Arah
	6,00	0,87	
	7,00	1,00	
	8,00	1,14	
	9,00	1,25	
	10,00	1,29	
	11,00	1,34	

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

3. Faktor penyesuaian arah lalu-lintas (FCsp)

Besarnya faktor penyesuaian pada jalan tanpa menggunakan pemisah tergantung kepada besarnya split kedua arah seperti tabel berikut :

Tabel 2.6
Faktor Penyesuaian Arah Lalu Lintas

Split Arah % - %	50 - 50	55 - 45	60 - 40	65 - 35	70 - 30	
Fsp	2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	4/2 Tidak Dipisah	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

4. Faktor penyesuaian bahu jalan (FCsf)

Faktor penyesuaian kapasitas jalan antar kota terhadap lebar jalan dihitung dengan menggunakan tabel berikut :

Tabel 2.7

Faktor penyesuaian bahu jalan

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian Untuk Hambatan Samping dan Lebar Bahu			
		Lebar Bahu Efektif (Ws)			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 2,0
4/2 D	VL	0,96	0,98	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,88	0,92	0,95	0,98
	VH	0,84	0,88	0,92	0,96
4/2 UD	VL	0,96	0,99	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,87	0,91	0,94	0,98
	VH	0,80	0,86	0,90	0,96
2/2 UD atau Jalan Satu Arah	VL	0,94	0,96	0,99	1,01
	L	0,92	0,94	0,97	1,00
	M	0,89	0,92	0,95	0,98
	H	0,82	0,86	0,90	0,95
	VH	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Tabel tersebut di atas menganggap bahwa lebar bahu di kiri dan kanan jalan sama, bila lebar bahu kiri dan kanan berbeda maka digunakan nilai rata-ratanya. Lebar efektif bahu adalah lebar yang bebas dari segala rintangan, bila di tengah terdapat pohon, maka lebar efektifnya adalah setengahnya.

Tabel 2.8
Kelas Hambatan Samping Jalan Perkotaan

Kelas hambatan samping (SF C)	Kode	Jalan berbobot kejadian per 200 m perjam (dua sisi)	Kondisi kusus
Sangat Rendah	VL	<100	Daerah pemukiman, jalan samping tersedia
Rendah	L	100-299	Daerah pemukiman beberapa angkutan umum
Sedang	M	300-499	Daerah industri, beberapa toko sisi jalan
Tinggi	H	500-899	Daerah komersial, aktifitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	VH	>900	Daerah komersial, aktifitas pasar sisi jalan

5. Faktor Ukuran Kota (Fcs)

Berdasarkan hasil penelitian ternyata ukuran kota mempengaruhi kapasitas seperti ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 2.9

Faktor ukuran kota

Ukuran Kota (Juta Orang)	Factor Ukuran Kota (Fcs)
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
≤ 3,0	1,01

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

2.3.3 Kepadatan Jalan atau Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas Q (SMPN/jam) terhadap kapasitas C (SMPN/jam) digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Derajat kejenuhan dirumuskan sebagai berikut ;

$$DS = Q/C \quad (2-2)$$

Tabel 2.9 menunjukkan beberapa batas lingkup V/C Ratio untuk masing-masing tingkat pelayanan beserta karakteristik-karakteristiknya.

Tabel 2.10
Batas lingkup V/C Ratio

Tingkat Pelayanan	Factor Ukuran Kota (Fcs)	Batas Lingkup V/C
A	Kondisi arus lalu lintas bebas dengan kecepatan tinggi dan volume lalu lintas rendah	<0,60
B	Arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas	0,60<V/C<0,70
C	Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan	0,70<V/C<0,80
D	Arus mendekati stabil, kecepatan masih dapat dikendalikan. V/C masih dapat ditolerir	0,80<V/C<0,90
E	Arus tidak stabil kecepatan terkadang terhenti, permintaan sudah mendekati kapasitas	0,90<V/C<1
F	Arus dipaksakan, kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, antrian panjang (macet)	≥ 1

Sumber : KM No. 96 Tahun 2015

2.4 Simulasi Sistem

Simulasi adalah suatu model sistem dimana komponennya dipresentasikan oleh prosesor prosesor aritmatika dan logika yang dijalankan komputer untuk memperkirakan sifat sifat dinamis sistem tersebut (Emshoff dan Simon, 1970).

2.4.1 Sistem

Sistem juga didefinisikan sebagai sekumpulan atau himpunan (manusia atau mesin) yang saling berinteraksi yang secara bersama sama menuju kearah pencapaian tujuan yang ditetapkan (Djati, 2007).

Pendekatan sistem merupakan penerapan dari sistem ilmiah dalam manajemen. Dengan cara ini dapat memberi landasan untuk pengertian yang lebih luas mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku sistem dan memberikan dasar untuk memahami penyebab ganda dari suatu masalah dalam kerangka sistem (Marinim, 2004). Saat ini, dalam dunia nyata banyak permasalahan yang kompleks dan beragam sehingga penyelesaiannya tidak mungkin dapat berhasil diselesaikan oleh satu atau dua metode spesifik saja. oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistem. Didalam teori sistem dinyatakan bahwa kesisteman adalah suatu meta disiplin, dimana proses dari keseluruhan disiplin ilmu dan pengetahuan sosial dapat dipadukan dengan berhasil (Gigh dan Carnavayal, 1999).

Menurut Djati (2007) perilaku variabel didalam sistem diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu *discretedan continous*.

1. *Discrete system* adalah sistem dimana variabel-variabel berubah hanya pada sejumlah keadaan tertentu dan dapat dihitung pada saat tertentu.
2. *Continous system* adalah suatu sistem dimana variabelnya berubah secara terus menerus serta dipengaruhi oleh waktu. (Setiawan, 1991)

Dari sudut pandang tingkah laku, sistem diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu *deterministic system* (sistem tertentu) *probabilistik system* (sistem tak tentu).

1. *Deterministic system*: Sistem tertentu beroperasi tertentu dengan tingkah laku yang sudah dapat diprediksi. Interaksi diantara bagian-bagiannya dapat dideteksi dengan pasti, sehingga keluaran dari sistem dapat diramalkan. Sistem deterministik adalah sistem yang operasinya dapat diprediksi secara tepat. Contohnya sistem komputer. Sistem komputer adalah contoh dari sistem tertentu yang tingkah lakunya dapat dipastikan berdasarkan program-program yang dijalankan.
2. *Probabilistik system* : Sistem tak tentu adalah sistem yang kondisi masa depannya tidak dapat diprediksi karena mengandung probabilitas. Sistem probabilistik adalah sistem yang tidak dapat diprediksi dengan pasti karena mengandung unsur probabilitas. Contohnya sistem evapotranspirasi, sistem serapan hara.

2.4.2 Model

Model adalah suatu penggambaran abstrak dari sistem dunia nyata yang bertindak seperti sistem dunia nyata untuk aspek aspek tertentu (Manetsch dan Park, 1977). Menurut EERIYANTO (1999) model merupakan suatu abstraksi dari realitas yang akan memperlihatkan hubungan langsung maupun tidak langsung serta timbal balik atau hubungan sebab akibat. Suatu model akan dikatakan lengkap apabila dapat mewakili berbagai aspek dari realitas yang dikaji. Model yang digunakan didalam sistem dapat diklasifikasikan dalam banyak cara. Menurut SETIAWAN (1991), secara garis besar model dapat dibedakan menjadi model fisika dan model matematika.

1. Model Fisika

Pemodelan didasarkan pada analogi antara sistem-sistem, seperti sistem mekanis dan listrik. Dalam model fisika, atribut sistem digambarkan oleh pengukuran-pengukuran, seperti pengukuran tegangan. Sebagai contoh, laju gerakan jarum pengukur pada motor arus searah bergantung pada tegangan yang diberikan kepada motor.

2. Model Matematika

Pemodelan menggunakan simbol-simbol dan persamaan-persamaan matematika untuk menggambarkan sistem. Atribut atau *field* dari sistem dipresentasikan oleh aktivitas-aktivitas setiap variabel yang dideklarasikan (diidentifikasi lebih awal).

Pada model fisika dan matematika, dibedakan kedalam model statis dan dinamik. Model statik hanya dapat menunjukkan nilai nilai yang dimiliki oleh atribut ketika sistem berada pada nilai keseimbangan. Sedangkan model dinamik mengikuti perubahan yang dihasilkan oleh aktivitas sistem sepanjang waktu. Pada model matematika, model statis dan dinamis terdapat metode analitis dan numeris. Metode analitis menggunakan teori matematika deduktif untuk menyelesaikan model. Oleh karena itu, metode analitis merupakan cara untuk mendapatkan solusi terbaik yang sesuai dengan sistem yang dipelajari. Sedangkan model numeris melibatkan penggunaan prosedur-prosedur komputasi untuk menyelesaikan persamaan persamaan yang ada.

2.5 Sistem Dinamik

Sistem dinamik adalah suatu bidang untuk memahami bagaimana sesuatu berubah menurut waktu. Sistem ini dibentuk oleh persamaan-persamaan differensial. Persamaan differensial digunakan untuk masalah-masalah biofisik yang diformulasikan sebagai keadaan dimasa datang yang tergantung dari keadaan sekarang (Forrester, 1999). Metodologi sistem dinamik diperkenalkan pertama kali oleh Jay Forrester pada tahun 1958.

Dari pemahaman dalam sebuah sistem dapat diidentifikasi dan di definisikan permasalahan yang terjadi dalam sistem tersebut. Konseptualisasi sistem dilakukan atas dasar permasalahan yang telah di definisikan. Dari sistem selanjutnya, akan didapatkan pemahaman yang lebih mendalam dan mungkin menimbulkan definisi masalah baru sampai konseptualisasi sistem dinyatakan dapat diterima. Dari konseptual sistem yang ada, selanjutnya model diformulasikan secara detail dalam persamaan matematis yang akan menimbulkan tambahan pemahaman atas sistem. Formulasi akan terus menerus berlangsung dengan tujuan untuk mendapatkan model logis yang mempresentasikan sistem nyata. Setelah itu, model disimulasikan dan dilakukan validasi yang akan menimbulkan umpan balik tentang pemahaman pada sistem. Hasil dari validasi akan menimbulkan proses perbaikan dan pembuatan formulasi yang baru. Akan dilakukan analisis kebijakan pada model yang valid dan akan menambah pemahaman pada sistem.

Menurut Sternman (2000), sistem dinamika adalah metode untuk meningkatkan pembelajaran dalam sistem yang kompleks. Untuk memahami ke kompleksan tersebut, maka sistem dinamik didasarkan atas teori dinamika non linear dan kontrol umpan balik yang dikembangkan didalam disiplin ilmu matematika, fisika, dan kerekayasaan. Sistem dinamik didesain sebagai alat untuk pembuat keputusan dapat memakainya dalam menyelesaikan masalah yang mendesak yang mereka hadapi dalam organisasi atau perusahaan.

Terdapat empat konsep dasar di dalam sistem dinamis yang menopang struktur perilaku sistem yang kompleks, yaitu (Sternman, 2000):

1. Ruang lingkup yang tertutup : hal ini menunjukkan bahwa variabel penting menciptakan sebab-akibat yang berada di dalam sistem dan variabel yang tidak begitu penting berada di luar
2. *Loop* umpan balik sebagai komponen dasar sistem : perilaku dari sistem yang dipengaruhi oleh *loop* umpan balik sistem yang tertutup yang akan mempengaruhi setiap perubahan yang terjadi pada sistem sepanjang waktu.
3. *Level* dan *rate* : sistem dinamis memiliki dua jenis variabel dasar, yaitu level dan rate. *Level* merupakan akumulasi elemen sepanjang waktu, misalnya jumlah inventori di gudang. Sedangkan *rate* merupakan variabel yang mempengaruhi nilai dari *level*.
4. Kondisi yang ingin dicapai, kondisi nyata dan perbedaan antara kondisi yang ingin dicapai dengan kondisi nyata.

2.5.1 Pemodelan Dinamik

Pemodelan merupakan kumpulan aktivitas pembuatan model sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan. Model didefinisikan sebagai suatu penggambaran dari suatu sistem yang telah dibatasi. Sistem yang dibatasi ini merupakan sistem yang meliputi semua konsep dan variabel yang saling berhubungan dengan permasalahan dinamik yang ditentukan (Rhicardson dan Pugh, 1986). Menurut Forrester (1961), model yang dikembangkan dengan sistem dinamik mempunyai karakteristik sebagai berikut:

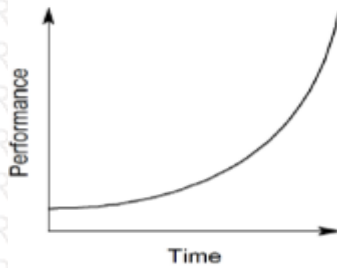
1. Menggambarkan hubungan sebab akibat dari sistem.
2. Sederhana dalam *mathematical nature*.
3. Sinonim dengan terminologi dunia industri, ekonomi dan social dalam tatanama.
4. Dapat melibatkan banyak variabel.
5. Dapat menghasilkan perubahan yang tidak kontinyu jika dalam keputusan dibutuhkan.

Model dinamik berbeda dengan model statis. Model dinamik bersifat deduktif yang mampu menghilangkan kelemahan-kelemahan dan asumsi yang dibuat sehingga kesepakatan atas asumsi dapat diperoleh. Model dinamik menekankan pada proses perubahan dari satu kondisi ke kondisi lainnya. Karena perubahan memakan waktu, *delay* menjadi hal penting dalam pemodelan dinamik. Apabila dalam model statis tingkat variabel keadaan dan kelakuan sistem sekarang, maka dalam model sistem dinamik hubungan temporal hanya berlaku untuk tingkat stok saja dan tidak untuk kelakuan sistem. Kelakuan sistem pada saat sekarang tidak dapat diterangkan oleh kelakuannya pada waktu yang lalu, melainkan oleh mekanisme interaksi struktur mikro dalam sistem.

2.5.2 Perilaku Sistem

Perilaku adalah suatu sistem yang timbul dari strukturnya yang terdiri dari *feedback loop*, *stock* dan *flow*, dan nonlinearitas yang tercipta oleh interaksi struktur secara fisik dan kelembagaan dengan proses pengambilan keputusan. Langkah awal dalam menggambarkan suatu sistem adalah dengan mengeneralisasi kejadian-kejadian yang berkaitan dengan cakupan permasalahan untuk menggambarkan pola perilaku yang sering muncul dalam suatu sistem baik secara individu maupun gabungan dari beberapa sistem. Ada empat pola perilaku yang sering muncul di dalam suatu sistem yaitu:

1. Ekspensial (*exponential growth*)

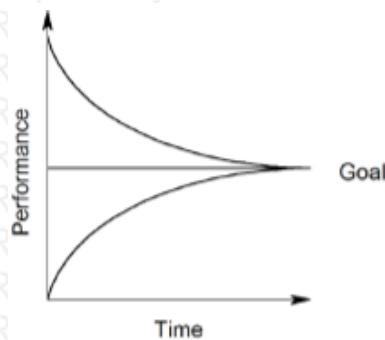


Gambar 2.3 Grafik *exponential growth*

Sumber: Sterman (2000)

Exponential growth muncul dari *positive loop*. *Exponential growth* menggambarkan bahwa hasil dari model suatu sistem akan meningkat kuantitasnya seiring dengan perubahan dari meningkatnya unsur yang mempengaruhi, contohnya saat berinvestasi, semakin banyak yang diinvestasikan maka bunga yang didapatkan juga akan bertambah. Peningkatan kuantitas tersebut menyebabkan terjadinya pertumbuhan. *Positive loop* tidak selalu menghasilkan pertumbuhan, namun dapat juga membuat penurunan. Misal ketika penurunan harga saham mengurangi kepercayaan investor yang mengarah pada lebih banyak penjualan dengan harga penjualan dan kepercayaan yang rendah.

2. Orientasi Tujuan (*goal-seeking*)

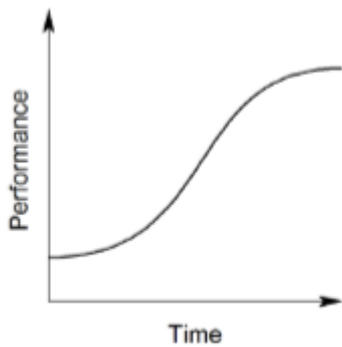


Gambar 2.4 Grafik *goal-seeking*

Sumber: Sterman (2000)

Positive loop menghasilkan pertumbuhan, memperkuat penyimpanan, dan memperkuat perubahan. *Negative loop* menghasilkan keadaan seimbang dan statis yang membawa keadaan sistem sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Jika ada perbedaan antara tujuan yang diinginkan dengan keadaan aktual sistem, maka dibuat tindakan korektif untuk membawa keadaan sistem kembali sesuai dengan tujuan. Kadang-kadang keadaan yang diinginkan seperti tindakan korektif dan sistem eksplisit berada di bawah kendali pembuat keputusan, misalnya tingkat persediaan yang diinginkan. Selain itu, terkadang tujuannya sangat implisit dan tidak berada di bawah control secara sadar atau di bawah kendali badan manusia sama sekali.

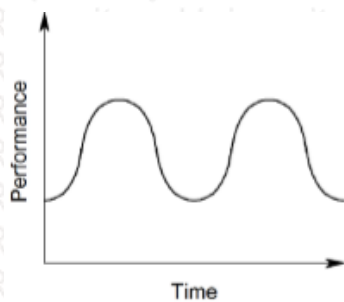
3. *S-shaped*



Gambar 2.5 Grafik *S-shaped*
Sumber: Sterman (2000)

Kuantitas nyata tidak dapat tumbuh atau mengalami penurunan selamanya yang mengakibatkan satu atau lebih kendala menghentikan pertambahan. Model perilaku *S-shaped* awalnya *exponential growth* tetapi kemudian secara bertahap melambat sampai keadaan sistem mencapai hanya keseimbangan. Bentuk kurva menyerupai bentangan “S”. Sistem yang menghasilkan *S-shaped growth* hanya jika dua kondisi terpenuhi. Pertama, *negative loop* tidak harus menyertakan *delay time*, karena jika ada *delay time*, sistem akan menurundan terombang-ambing di sekitar kondisi seimbang. *S-shaped* didominasi oleh *positive loop* dan keadaan sistem tumbuh secara eksponensial. Kemudian dibuat batas-batas pertumbuhan, sehingga timbul *negative loop* dan mendominasi serta menghasilkan titik dimana keadaan sistem menjadi seimbang dan statis.

4. *Oscillation*



Gambar 2.6 Grafik *Oscillation* (Osilasi)
Sumber: Sterman (2000)

Oscillation adalah model dasar dari ketiga perilaku yang diamati dalam sistem dinamik. Seperti perilaku *goal-seeking*, *oscillation* disebabkan oleh *negative loop*. Keadaan sistem ini dibandingkan dengan tujuannya dan tindakan korektif diambil untuk menghilangkan segala perbedaan. Dalam sistem *oscillation*, keadaan sistem terus menerus cenderung melakukan pengertian tujuan atau keseimbangan, sehingga terjadi naik turun kuantitas. Penurunan timbul dari kehadiran yang signifikan pada waktu penundaan (*delay time*) dalam *negative loop*. *Delay time* menyebabkan tindakan korektif terus-menerus bahkan setelah keadaan sistem mencapai

tujuannya, memaksa sistem untuk tetap menyesuaikan dengan tujuan dan memicu koreksi baru dalam arah yang berlawanan.

Perilaku sistem dapat pula berupa kombinasi dari empat perilaku dasar tersebut di atas.

Kombinasi yang umum diantaranya:

1. Ekspensial dan osilasi
2. *Goal-seeking* dan osilasi
3. *S-shaped* dan osilasi

2.5.3 Diagram Sebab Akibat (*Feedback* dan *Causal Loop Diagram*)

Kerangka kerja berfikir sistem menggunakan beberapa alat konseptual untuk mempresentasikan dan menguraikan sebuah realita agar lebih mudah untuk dipahami. Untuk menggambarkan sebuah konsep *feedback* pada struktur sistem dikenal dengan diagram kausal (*causal loop diagram*). *Causal loop diagram* (CLD) adalah suatu bentuk pemetaan yang menunjukkan hubungan sebab akibat antara variabel dengan panah dari sebab dan akibat (Stermen, 2000). CLD sangat baik untuk:

1. Menangkap secara cepat sebuah hipotesis tentang penyebab dinamika
2. Menimbulkan dan menangkap model mental individu atau kelompok
3. Komunikasi umpan balik penting yang dipercaya sebagai tanggung jawab untuk sebuah masalah.

CLD terdiri dari variabel yang saling berhubungan dengan tanda panah untuk menandakan pengaruh dari penyebab diantara variabel. Keterkaitan variabel A dan variabel B berkonsekuensi saling memberikan sebab, misalnya A mengakibatkan B atau B mengakibatkan A. Dalam realitasnya terkadang ditemukan bahwa pada saat B akibat A dan B berbalik lagi menjadi penyebab A. Kejadian ini membentuk sebuah lingkaran sebab-akibat yang dikenal dengan istilah simpal kausal.


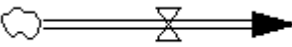


Beberapa tanda yang harus diperhatikan dalam penyusunan *causal loop* adalah:

2. Anak panah, menunjukkan arah hubungan sebab akibat yang menghubungkan dua variabel
3. Tanda (+) dan (-) pada ujung panah, tanda (+) menunjukkan perubahan yang searah antara kedua variabel, tanda (-) menunjukkan perubahan yang berlawanan antara kedua variabel.
4. Tanda (+) dan (-) pada pusat *loop*, menunjukkan karakteristik *loop*. Tanda (+) menyatakan bahwa *loop* tersebut adalah *looppositif* dan sebaliknya. Penentuan (+) dan (-) suatu *loop* ditentukan dari jumlah hubungan negatif variabel. Jika jumlah hubungan negatif genap, maka *loop* tersebut positif. Dan jika jumlah hubungan negatif ganjil, maka *loop* tersebut negatif.

2.5.4 Stock Flow Diagram (SFD)

Stock flow diagram (SFD) menggambarkan struktur fisik dimana stock merupakan akumulasi yang dapat bertambah atau berkurang sedangkan *flow* adalah proses yang menyebabkan *stock* bertambah atau berkurang. SFD merupakan konsep sentral dalam sistem dinamik. Struktur fisik ini menjadi dasar dari pembentukan model kuantitatif yang digunakan untuk mempelajari karakteristik suatu proses. Langkah awal dari pembuatan diagram kuantitatif ini adalah dengan mengelompokkan variabel-variabel pada *causal loop* menjadi tiga jenis elemen yaitu *stock* (level atau akumulasi), *flow* (*rate*), dan informasi. Tipe diagram ini disebut sebagai diagram *stock and flow*. Diagram *stock and flow* inilah yang nantinya akan digunakan sebagai sistem dinamik, dalam hal ini dengan menggunakan *software* Powersim.

Tabel 2.11
Tipe Variabel pada *Stocks* dan *Flow Diagram*

Simbol	Nama	Keterangan
	<i>Stock / Level</i>	Nilai variabel hanya berdasarkan waktu dan nilai suatu waktu dipengaruhi oleh nilai pada waktu periode sebelumnya (akumulatif)
	<i>Rate</i>	Variabel yang mempengaruhi perubahan pada level
	<i>Auxiliary</i>	Variabel yang tidak memiliki memori, nilainya independen dari nilai pada waktu periode sebelumnya
	<i>Constant</i>	Nilai variabel ini berubah dari waktu ke waktu tetapi independen terhadap perubahan nilai pada variabel lain.

Sumber: Sterman (2000)

2.6 Validasi Model

Validitas adalah salah satu kriteria penilaian keobjektifan dari suatu pekerjaan (Aminullah, 2001). Objektif ditunjukkan dengan sejauh mana dapat menirukan fakta, yaitu kejadian yang diamati. Validasi bertujuan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi dengan gejala atau proses yang ditirukan. Hasil simulasi yang sudah divalidasi tersebut digunakan untuk memahami perilaku gejala atau proses serta kecenderungan di masa depan, yang dapat dijadikan sebagai dasar bagi pengambil keputusan untuk merumuskan suatu kebijakan di masa mendatang.

Suatu model dikatakan valid jika struktur dasarnya dan polanya dapat menggambarkan perilaku sistem nyata, atau dapat mewakili dengan cukup akurat, data yang dikumpulkan

sehubungan dengan sistem nyata atau asumsi yang dibuat berdasarkan referensi sesuai cara sistem nyata bekerja. Terdapat dua uji validitas, yaitu uji validitas terstruktur dan uji validitas kinerja.

1. Uji Validitas Terstruktur

Uji validitas struktur dilihat dari struktur atau model itu sendiri dengan sistem nyatanya.

Ada dua jenis validitas struktur, yaitu:

a. Validitas Konstruksi

Validitas konstruksi memberikan keyakinan terhadap konstruksi model valid secara ilmiah atau diterima secara akademis. Terdapat dua jenis validitas konstruksi yaitu melalui teori dan kritik teori. Melalui teori berarti generalisasi struktur nyata yang ditunjukkan dengan sejauh mana model yang diciptakan sesuai dengan aturan berpikir logis, harus didukung dengan argumentasi teori ilmiah. Di lain pihak, meskipun model teoritis sudah didukung oleh teori dan konsep yang relevan, namun tidak dengan sendiri menjadi model valid menurut kritik teori. Dinamika sistem nyata menyebabkan teori berubah dan berkembang sehingga ada kemungkinan teori yang dipakia kurang relevan. Oleh karena itu, dalam membangun model diperlukan kreativitas.

b. Kestabilan Struktur

Uji validitas struktur untuk melihat keberlakuan atau kekuatan struktur dalam dimensi waktu dapat dilakukan dengan cara menguji model terhadap perlakuan agregasi unsur dan disagregasi sistem. Keduanya, baik model agregat yang umum maupun disagregat yang rinci, apabila disimulasikan harus menghasilkan perilaku yang serupa. Jika hasil simulasi mengakibatkan hasil yang tidak logis maka ada kesalahan di dalam model dan harus diperbaiki.

2. Uji Validitas Kinerja / *Output* Model

Validitas kinerja memiliki tujuan untuk memberikan keyakinan sejauh mana kinerja model sesuai dengan kinerja sistem nyata sehingga memenuhi syarat sebagai model ilmiah.

Caranya dengan melihat kesesuaian data empiris dan perilaku *output* model. Terdiri dari dua langkah untuk uji validitas kinerja dengan cara mengeluarkan *output* simulasi yang kemudian dibandingkan dengan pola perilaku data empiris dan melakukan uji statistik untuk melihat penyimpangan antara *output* simulasi dengan data aktual. Berikut rumus yang dapat digunakan untuk menguji validasi kinerja menurut Barlas (1996).

1. Berdasarkan persen *error* dari rata-rata data empiris dan *output* simulasi

$$E_1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}} \quad (2-3)$$

Dimana,

$$\bar{S} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i \quad (2-4)$$

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i \quad (2-5)$$

A = Data empiris

S = *Output* simulasi

N = Periode / Banyaknya data

Model dianggap valid jika $E_1 \leq 5\%$

2. Berdasarkan persen *error* dari variasi data empiris dan *output* simulasi

$$E_2 = \frac{|S_S - S_A|}{S_A} \quad (2-6)$$

Dimana,

$$S_S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (S_i - \bar{S})^2} \quad (2-7)$$

$$S_A = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (A_i - \bar{A})^2} \quad (2-8)$$

Model dianggap valid jika $E_2 \leq 30\%$

2.7 Analisis Kebijakan

Menurut Aminullah (2001), analisis kebijakan adalah pekerjaan intelektual memilah dan mengelompokkan tindakan untuk memperoleh pengetahuan tentang cara-cara yang strategis dalam mempengaruhi sistem mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Salah satu aspek penting dalam proses analisis kebijakan dalam sistem dinamis adalah simulasi model. Dengan menirukan perilaku sistem nyata maka proses analisis akan lebih hemat, menyeluruh, dan dapat dipertanggungjawabkan. Ada dua tahap simulasi model untuk analisis kebijakan, yaitu:

1. Pengembangan Alternatif Kebijakan

Pengembangan alternatif kebijakan adalah suatu proses berpikir kreatif yaitu menciptakan ide-ide baru tentang tindakan yang diperlukan dalam rangka mempengaruhi sistem mencapai tujuan. Ada dua teknik untuk mengembangkan ide kebijakan baru, yaitu:

- a. Model Tetap

Pengembangan dilakukan dengan mengombinasikan berbagai parameter dalam model yang kemudian ditafsirkan ke dalam pernyataan kebijakan dalam sistem nyata dan dikategorikan ke dalam kelompok kebijakan lama dan baru. Kebijakan lama

merupakan kebijakan yang sudah pernah diterapkan. Sedangkan baru artinya kebijakan tersebut sama sekali belum pernah diterapkan dan baru.

b. Model Diubah

Perubahan model dapat dilakukan dengan dua jalan, yaitu perubahan unsur dan/atau mekanisme dalam model yang berorientasi pada pemecahan masalah dan perubahan struktur dasar dari model yang berorientasi pada penciptaan sistem yang bernilai lebih. Cara merubah model dapat dilakukan sebagai berikut.

- 1) Memotong mekanisme permasalahan
- 2) Memintas mekanisme permasalahan
- 3) Menambah unsur baru dengan mekanisme baru

Perubahan struktur dasar dari model dilakukan secara kontemplatif dengan cara mengungkapkan sejauh mana kinerja sistem yang berlaku masih cocok dengan lingkungan sistem.

2. Analisis Kebijakan Alternatif

Analisis kebijakan pada dasarnya adalah menemukan langkah strategis untuk mempengaruhi sistem. Dalam rangka mempengaruhi sistem tersebut ada dua pilihan, yaitu sistemnya tetap atau berubah. Jika sistemnya tetap maka analisis terhadap langkah yang diambil menghasilkan alternatif langkah yang mempengaruhi fungsi dari unsur sistem atau disebut kebijakan fungsional. Apabila sistem diubah maka analisis terhadap langkah-langkah yang diambil menghasilkan alternatif langkah yang menciptakan variasi struktur sistem yang berbeda dengan sistem semula atau disebut kebijakan perubahan struktural.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian mencakup langkah-langkah sistematis dalam melakukan suatu penelitian. Bab ini menjelaskan bagaimana kajian dilakukan, seperti bagaimana cara mendapatkan sumber data, jenis data yang digunakan, instrument dan teknik-teknik yang digunakan dalam penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimental yaitu sebuah studi yang objektif, sistematis, dan terkontrol untuk memprediksi atau mengontrol fenomena. Pada penelitian ini, dilakukan pengumpulan data penelitian sesuai dengan data dan fakta yang terjadi pada sistem transportasi transportasi bus sekolah. selanjutnya akan dilakukan analisis dengan pendekatan simulasi sistem dinamik dalam menentukan skenario kebijakan yang terbaik untuk menentukan jumlah armada optimal.

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan disepanjang rute bus sekolah POOL D. Pengambilan data dilakukan selama bulan Maret 2016 – September 2016

3.3 Tahap-Tahap Penelitian

Tahap-tahap yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tahap pengidentifikasian masalah, pembuatan model, simulasi, dan evaluasi, serta analisis dan kesimpulan.

3.3.1 Tahap Pengidentifikasian Masalah

Pada tahap ini terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut

1. Observasi Pada bus sekolah

Pada langkah ini akan dilakukan pengamatan sepanjang rute POOL D dengan ikut dalam bus sekolah sehingga dapat diketahui bagaimana gambaran kondisi yang terjadi pada bus sekolah POOL D.

2. Kajian Pustaka

Kajian pustaka dilakukan untuk memahami permasalahan pada sistem transportasi bus angkutan pada penelitian terdahulu serta untuk memahami metode simulasi yang akan digunakan. Selain itu juga untuk mendapatkan informasi

3. Identifikasi Masalah

Setelah melakukan kajian pustaka dan observasi, maka dapat diidentifikasi permasalahan yang dibahas di dalam penelitian ini. identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam mengetahui dan memahami persoalan yang ada agar dapat memberikan solusi pada permasalahan tersebut. Masalah yang ada pada sistem transportasi bus sekolah adalah kurangnya jumlah armada yang beroperasi untuk melayani siswa.

4. Perumusan Masalah

Dari identifikasi masalah yang sudah dilakukan, dapat dirumuskan permasalahan yang diangkat di dalam penelitian ini. Terdapat dua perumusan masalah di dalam penelitian ini yaitu (i) Bagaimana memodelkan dan menggambarkan hubungan antar elemen pada sistem transportasi bus sekolah? (ii) Berapa jumlah pengadaan bus sekolah paling optimal untuk memenuhi kebutuhan yang sesuai dengan keadaan jalan?

5. Penentuan Tujuan Penelitian

Dalam melakukan penulisan skripsi ini, perlu ditetapkan tujuan penelitian agar penulisan skripsi dapat dilakukan dengan sistematis dan tidak menyimpang dari permasalahan yang diteliti. Dengan ditentukan tujuan, maka keberhasilan penelitian dapat terukur. Terdapat tiga tujuan di dalam penelitian ini yaitu (i) Memodelkan sistem nyata dan mensimulasikan sistem transportasi bus sekolah untuk mengetahui hubungan antar elemen di dalam sistem dinamik, (ii) Menentukan pengadaan bus sekolah paling optimal untuk memenuhi kebutuhan dan sesuai dengan keadaan jalan.

6. Identifikasi variabel

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi semua variabel yang diperkirakan terkait dengan permasalahan baik dari data sekunder dan observasi obyek. Identifikasi variabel dilakukan untuk mendapatkan variabel serta parameter apa yang akan digunakan didalam pemodelan. Identifikasi tersebut dilakukan pada data data yang sudah didapatkan pada proses sebelumnya. Semua data-data diidentifikasi dalam bentuk variabel-variabel input model tanpa melihat seberapa jauh pengaruh variabel tersebut terhadap tujuan model. Variabel utama pada model sistem transportasi bus sekolah ini adalah populasi, jumlah siswa, jumlah penumpang potensial, jumlah bus dan kepadatan jalan.

3.3.2 Tahap Pembuatan Model

Pada tahap ini merupakan penjelasan mengenai tahap pembuatan model simulasi. Model simulasi yang akan dibuat adalah model simulasi sistem dinamik. Untuk merancang model simulasi, yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengumpulan data

Pengumpulan data disini adalah data–data yang digunakan sebagai variabel input yang diperlukan dalam permodelan nantinya. Data sekunder yang dikumpulkan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Sejarah bus sekolah kota malang
- b. Data rute bus kota malang POOL D
- c. Data jumlah siswa pada sekolah yang dilewati bus POOL D
- d. Data alamat siswa sekolah yang dilewati oleh bus POOL D
- e. Data kapasitas jalan
- f. Data pengguna jalan

Pengumpulan data primer dilakukan melalui observasi, *interview*, dan *brainstorming* untuk memenuhi keseluruhan data yang dibutuhkan dalam menyelesaikan permasalahan yang muncul di sistem transportasi bus sekolah. Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Wawancara

Merupakan suatu cara untuk mendapatkan data atau informasi melalui tanya jawab secara langsung pada orang yang mengetahui tentang objek yang diteliti. Pada penelitian ini, wawancara dilakukan untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan antara lain proses pengangkutan dan penurunan siswa sekolah, sistem transportasi bus sekolah, kebijakan pemerintah kota dalam pengadaan bus sekolah.

b. *Brainstorming*

Merupakan suatu cara untuk mendapatkan informasi dengan berdiskusi secara langsung kepada pihak yang ahli tentang objek yang diteliti. *Brainstorming* dilakukan untuk mengetahui hubungan antar variabel dalam sistem transportasi bus sekolah.

b. Observasi

Melalui pengamatan atau peninjauan secara langsung di tempat penelitian yaitu dalam bus sekolah dengan mengamati sistem kerja dan proses kegiatan bus sekolah.

2. Pembuatan model dinamika sistem

Pendekatan sistem dinamik digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian ini. Variabel–variabel pembangun model yang cukup banyak dalam sistem serta kompleksitas sistem menjadi salah satu pertimbangan utama pemilihan metode ini. Sebagaimana yang sudah dijelaskan sebelumnya, sistem dinamik mampu untuk mengenali variabel–variabel pendukung dalam suatu sistem, keterkaitan hubungan antar variabel tersebut dan mampu untuk menunjukkan pengaruh keterkaitan hubungan perilaku variabel satu terhadap variabel lain dalam sistem serta secara keseluruhan pengaruh suatu variabel pada keseluruhan model.

a. Penyusunan *causal loop diagram*

Data-data pembangun model yang didapatkan dari hasil observasi awal kemudian diidentifikasi untuk mendapatkan variabel-variabel model dan pola interaksi antar variabel pada sistem nyata. Data yang sudah teridentifikasi dalam variabel–variabel tersebut kemudian disusun berdasarkan pola interaksinya ke dalam diagram sebab akibat (*causal loop diagram*). Variabel yang dimasukkan dalam *causal loop diagram* masih berupa variabel umum yang utuh yang kemudian akan dirinci sesuai dengan kebutuhan pada *stock and flow diagram*. Tujuan dari penelitian ini adalah penambahan jumlah bus untuk memenuhi kebutuhan siswa, sehingga jumlah bus merupakan variabel inti. Penambahan jumlah bus dipengaruhi oleh jumlah siswa yang ada. Jumlah siswa yang ada dipengaruhi oleh bangkitan dan tarikan pergerakan yaitu tempat tinggal siswa dan letak sekolah siswa.

b. Diagram Sistem Dinamik (*Stock and Flow Diagram*)

Berdasarkan diagram sebab akibat, kemudian dibuat diagram sistem dinamik menggunakan perangkat lunak. Di dalam penelitian ini, perancangan model dilakukan dengan pendekatan *top down*, yaitu model utama dibangun terlebih dahulu kemudian di-*breakdown* ke dalam sub model. Pendekatan *top-down* ini dilakukan karena model sistem dinamik utama dibuat berdasarkan *causal loop diagram* dimana variabelnya masih berupa variabel umum dan masih harus di-*breakdown* untuk mendapatkan model yang benar-benar mampu merepresentasikan kondisi nyata.

1.3.3 Tahap Simulasi dan Evaluasi

1. Formulasi Model

Langkah selanjutnya adalah memasukan formulasi dalam model sesuai dengan informasi hubungan antar variabel dan pola interaksi yang sudah diketahui sebelumnya, yang dilanjutkan dengan verifikasi dan validasi.

2. Menjalankan dan Memvalidasi Model

Verifikasi digunakan untuk menguji apakah model *error* atau tidak. Sedangkan validasi digunakan untuk membandingkan struktur model beserta perilakunya dengan struktur dan perilaku sistem pada keadaan sebenarnya sesuai dengan langkah-langkah validasi untuk permodelan sistem dinamik sehingga dapat dikatakan bahwa model mampu mewakili sistem nyata. Setelah proses verifikasi dan validasi dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi model awal dan menganalisa *output* hasil simulasi model awal tersebut.

3. Skenario Model

Model yang sudah dapat merepresentasikan kondisi nyata ini kemudian dapat digunakan untuk merancang skenario–skenario kebijakan yang efektif sesuai dengan tujuan pembuatan model. Skenario dibuat berdasarkan ekspektasi kemungkinan kejadian yang akan. Tujuan pembuatan skenario adalah untuk menguji atauantisipasi berbagai kemungkinan kejadian yang terjadi pada masa datang.

3.3.4 Tahap Analisis dan Kesimpulan

Pada tahap ini merupakan penjelasan secara tahap analisa dan kesimpulan dari pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisa dan Interpretasi

Tahapan ini terdiri dari analisa dan interpretasi seluruh hasil penelitian. Analisa awal telah dilakukan pada tahap sebelumnya yaitu menganalisa variabel-variabel *output* hasil dari simulasi model. Hasil yang didapat dari simulasi selanjutnya di analisis seberapa jauh perubahan suatu variabel terhadap sistem sesuai dengan skenario kebijakan yang dilakukan. Analisa keseluruhan akan dilakukan sesuai dengan tujuan dan kontribusi penelitian.

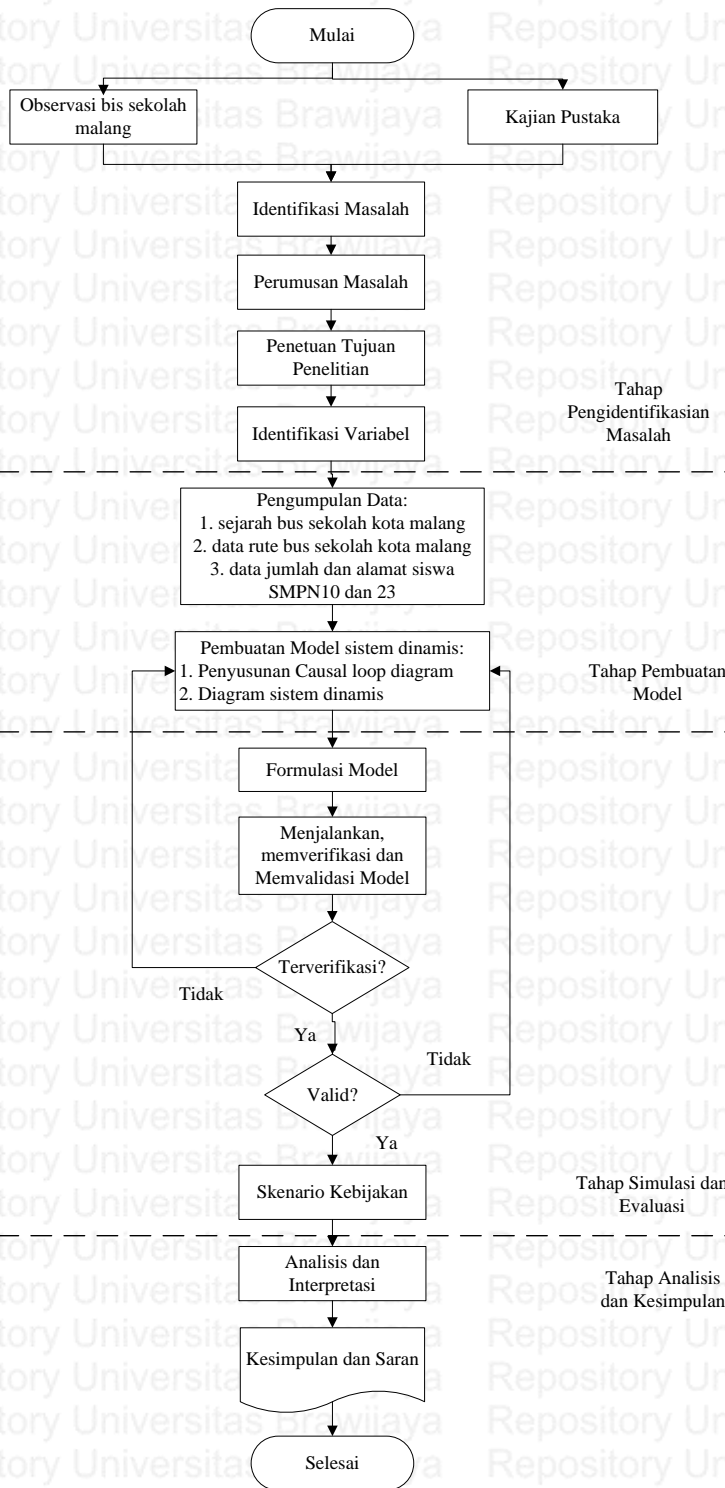
2. Kesimpulan dan Saran

Dengan dasar analisa hasil simulasi terhadap model, dapat diambil kesimpulan tentang keterkaitan antara banyaknya jumlah siswa dan jumlah armada optimal yang harus disediakan untuk memenuhi kebutuhan siswa. Kesimpulan diambil dengan menjawab poin-

point yang sudah dirumuskan dalam tujuan dan dapat memberikan saran-saran berdasarkan hasil penelitian untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir menunjukkan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian. Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan laporan pelaksanaan kegiatan dalam mencapai hasil penelitian untuk memberikan saran perencanaan. Pengumpulan data dengan melakukan pengamatan langsung/observasi, interview, brainstorming dan pengambilan data sekunder. Pengumpulan data dilakukan di sepanjang rute bus sekolah dan dinas perhubungan kota malang. Selanjutnya pembuatan pada model sistem transportasi bus sekolah dan analisis untuk mendapatkan hasil penelitian yang memberikan jawaban atas rumusan masalah dan tujuan penelitian.

4.1 Kondisi Existing Sistem Transportasi Bus Sekolah

Bus sekolah merupakan transportasi umum yang disediakan oleh pemerintah kota malang untuk memenuhi kebutuhan siswa di kota malang. Bus sekolah telah beroperasi selama setahun lebih yang dimulai pada bulan februari 2015. Target yang ingin dicapai dari program bus sekolah ini adalah untuk mengurangi kemacetan kota malang yang semakin lama semakin meningkat karena rasio beban jalan kendaraan dan lebar jalan yang yang tidak seimbang. Selain itu, bus sekolah diharapkan untuk meningkatkan kedisiplinan siswa yaitu penggunaan sim bawah umur yang menyebabkan tingkat kecelakaan.

Jumlah armada bus sekolah yang disediakan oleh pemerintah kota malang sebanyak 5 buah dan 1 buah berasal dari Bank Jatim. Bus sekolah yang berasal dari pemerintah kota malang memiliki kapasitas sebanyak 35 kursi sedangkan bus sekolah yang berasal dari Bank Jatim dengan kapasitas 25 buah kursi dan 20 buah pegangan untuk berdiri. Setiap bus memiliki rute yang berbeda-beda dengan nama POOL A, POOL B, POOL C, POOL D, POOL E, dan POOL F.

Bus sekolah beroperasi sebanyak 2 kali yaitu pagi ketika berangkat sekolah dan siang ketika siswa pulang sekolah. Bus sekolah berangkat dari taman rekreasi kota (tarekot) menuju ke pemberhentian pertama dari masing masing bis sekolah.

4.1.1 Jenis Bus Sekolah

Ada dua jenis bus yang tersedia untuk mengangkut siswa yang pertama adalah bus sekolah yang berasal dari Pemerintah Kota dengan tempat duduk standar seperti bus kota pada umumnya. Bus sekolah yang disediakan pemerintah kota ini merupakan bus ukuran

kecil yang berisi 35 kursi. Berikut ini adalah gambar dari bus sekolah yang telah beroperasi di kota malang milik pemerintah kota malang.



Gambar 4.1 Bus Sekolah Milik Pemerintah Kota



Gambar 4.2 Bentuk Kursi Pada Bus Sekolah Milik Pemerintah Kota

Yang kedua adalah bus sekolah yang berasal dari CSR bank jatim. Merupakan bus dengan ukuran standar dengan tempat duduk yang berbeda dari bus pada umumnya. Tempat duduk yang digunakan seperti pada trans jakarta yang saling berhadapan dan memiliki pegangan untuk berdiri yang menyebabkan kapasitas penumpang lebih besar. Berikut ini adalah gambar bus sekolah yang berasal dari CSR Bank Jatim



Gambar 4.3 Bus Sekolah Yang Berasal Dari CSR Bank Jatim



Gambar 4.4 Bentuk Kursi Pada Bus Sekolah Yang Berasal Dari CSR Bank Jatim

4.1.2 Rute Bus Sekolah

Berikut ini adalah rute dari masing-masing bus sekolah yang telah beroperasi dimalang POOL A: Tlogomas: MT. Haryono – Soekarno Hatta – DI. Panjaitan – Jl. Bogor – Veteran – Bundaran Diknas – Veteran – Jl. Bandung – Ijen – Semeru – Kahuripan – Bundaran Tugu – Balaikota dengan tujuan pergerakan SMPN 18, SMAN 9, MAN, MTsN, SMAN 8, SMPN 4, SMKN 2, SMPN 1, SMPN 8 (turun Bundaran Bromo Semeru), SMPN 6 (turun Bundaran Bromo Semeru), SMAN 1, SMAN 3 dan SMAN 4 (Lokasi Halte / Shelter : Pasar Dinoyo / Griyashanta / Taman Budaya, Ijen, Semeru Stadion Gajayana).

POOL B: Pisang Candi (SPBU Mergan): Raya Langsep – Raya Galunggung – Jl. Bondowoso – Jl. Jombang – Jl. Surabaya – Jl. Jakarta – Jl. Bogor Bawah – Veteran – U Turn SMAN 8 – Bundaran Diknas – Veteran – Bandung – Ijen – Semeru – Kahuripan – Bundaran Tugu – Balaikota dengan tujuan pergerakan SMKN 3, MAN, MTsN, SMAN 8, SMPN 4, SMKN 2, SMPN 1, SMPN 8, SMPN 6, SMAN 1, SMAN 3, SMAN 4 (Lokasi Halte / Shelter : Ijen, Semeru Stadion Gajayana)

POOL C: Sawojajar (Terminal Madyopuro): Ki Ageng Gribig, Danau Toba, AM. Wiyono, Kesatrian, Hamid Rusdi, Bundaran SMPN 5, Panglima Sudirman, DR. Cipto,

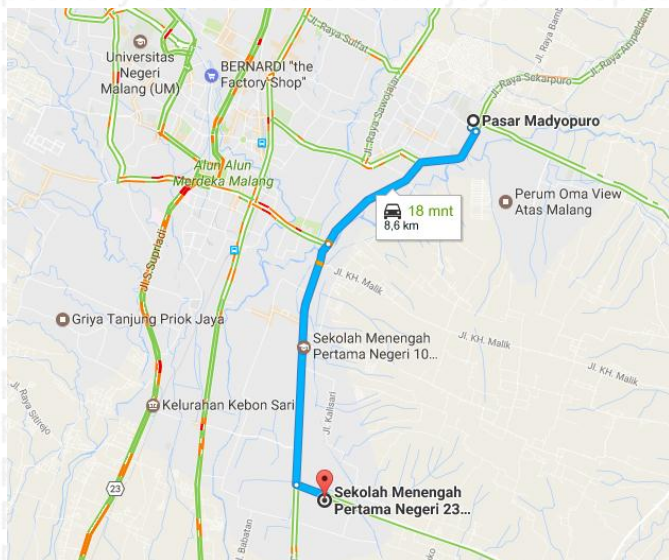
Cokroaminoto, Trunojoyo, Kertanegara, Bundaran Tugu, Balaikota dengan tujuan pergerakan SMPN 5, SMPN 3, SMAN 1, SMAN 3 SMAN 4 (Lokasi Halte / Shelter : AM. Wiyono)

POOL D:Sawojajar (Terminal Madyopuro): Ki Ageng Gribig – Mayjen Sungkono – Terminal Hamid Rusdi dengan tujuan pergerakan SMAN 6, SMAN 10 (B), SMPN 10, SMKN 10

POOL E:23PLN Satsui Tubun: Kol. Sugiono – RE. Martadinata – Bawah Fly Over Kota lama – Comboran – Sulawesi – SPBU Sawahan – Syarif Al Qodri – Kauman – Hasyim Ashari – AR. Hakim – Gereja – Mojopahit – Bundaran Tugu – Balaikota dengan tujuan pergerakan SMAN 2, SMAN 5, SMKN 4, SMAN 1, SMAN3, SMAN 4

POOL F: Samsat Kacuk: Sudanco Supriyadi – Jl. Janti – Jl. Halmahera – Jl. Tanimbar – Jl. Sulawesi – Jl. Nusakambangan – Comboran – RE. Marthadinata – Gatot Subroto – Trunojoyo – Kertanegara – Bundaran Tugu – Balaikota dengan tujuan pergerakan SMAN 5, SMKN 4, SMAN 2, SMAN 1, SMAN 4, SMAN 3, SMKN 1 SMPN 19.

Pada penelitian kali ini POOL yang digunakan adalah POOL D dengan rute Sawojajar (Terminal Madyopuro): Ki Ageng Gribig – Mayjen Sungkono – Terminal Hamid Rusdi dengan tujuan pergerakan SMAN 6, SMPN 10, SMKN 10, SMPN 23. Bus berangkat dari taman rekreasi kota pukul 05.30. Titik pengangkutan pertama bus sekolah POOL D ada di pasar madyopuro. Siswa dengan tempat tinggal disekitar pasar madyopuro dan dengan tujuan sekolah sesuai rute yang disebutkan dapat berkumpul di sana. Titik pengangkutan kedua adalah kentor polisi kedung kandang. Titik pengangkutan selanjutnya adalah SMPN 10. Tujuan terakhir dari bus sekolah POOL D adalah SMPN 23. Setelah itu bus kembali lagi ke taman rekreasi kota. Pada siang hari, bus berangkat dari taman rekreasi kota pada pukul 12.00 menuju SMPN 23 dengan rute yang berbeda dari pagi hari untuk menjemput siswa dan mengantarkan mereka pulang sesuai dengan rute pada pagi hari. Berikut ini adalah gambar peta malang dengan garis rute POOL D



Gambar 4.5 Peta Kota Malang Dengan Garis Rute POOL D

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data digunakan untuk variabel input yang akan digunakan sebagai input yang digunakan pada pemodelan yang akan dibuat. Data yang digunakan adalah data populasi penduduk kota malang dari tahun 2012, data siswa SMPN 10 dan SMPN 23 dari tahun 2012, dan data penumpang potensial dari SMPN 10 dan SMPN 23.

4.2.1 Data Populasi Kota Malang

Data populasi kota malang digunakan untuk mengetahui banyaknya siswa tiap tahun yang masuk pada sekolah sesuai dengan POOL D yaitu SMPN 10 dan SMPN 23. Selain itu populasi kota malang digunakan untuk melihat kepemilikan kendaraan yang dapat berpengaruh pada kepadatan jalan. Data populasi dipengaruhi oleh tingkat kelahiran dan kematian di suatu kota.

Tabel 4.1
Data Populasi Kota

Tahun	Populasi	Kelahiran	Kematian
2012	835240	9697	4113
2013	844702	18086	352
2014	845937	4344	1486
2015	851298	11723	1609

4.2.2 Data Jumlah Siswa

Data jumlah siswa didapat dari banyaknya jumlah siswa masuk dan keluar. Data yang didapatkan adalah data tiap kelas dari masing masing sekolah. Berikut ini adalah data jumlah siswa tiap kelas dan seluruh sekolah.

Tabel 4.2
Data Jumlah Siswa SMPN 10 Dan 23

Sekolah	Tahun	Kelas			Jumlah
		1	2	3	
SMPN10	2012-2013	334	374	374	1075
	2013-2014	318	351	392	1049
	2014-2015	309	328	332	969
	2015-2016	324	293	315	932
SMPN23	2012-2013	217	203	232	630
	2013-2014	157	255	175	615
	2014-2015	240	157	220	601
	2015-2016	254	209	154	617

4.2.3 Data Penumpang Potensial

Data penumpang potensial digunakan untuk mengetahui banyaknya siswa SMPN 10 dan SMPN 23 yang dapat diangkut atau memiliki potensial untuk ikut menaiki bus sekolah POOL D. Penumpang potensial didapat dari jumlah siswa yang bertempat tinggal disekitar rute bus sekolah POOL D atau titik pengangkutan bus. Penumpang potensial dipilih berdasarkan kedekatan tempat tinggal siswa dengan titik pengangkutan dengan jarak maksimal 3 km. Ada sebanyak 3 titik pengangkutan dimana bus berhenti dan mengangkut siswa yaitu pasar madyopuro polsek kedung kandang dan SMPN10. Berikut ini adalah banyaknya siswa potensial yang dapat diangkut dimasing-masing titik pengangkutan.

Tabel 4.3
Data Penumpang Potensial 2015-2016

Sekolah	Kelas	Jumlah Siswa	Pasar Madyopuro	Polsek Kedungkandang	SMPN 10	Jumlah	Persen penumpang potensial
SMPN 10	I	324	22	24	-		
	II	293	23	43	-		
	III	315	31	32	-		
	Jumlah	932	76	99	-	175	18,7
SMPN 23	I	254	11	59	9		
	II	209	10	40	8		
	III	154	15	30	3		
	Jumlah	617	36	129	20	185	29,9

Dari data pada tabel 4.3 ditemukan persen penumpang potensial dari masing-masing sekolah. Dari persen penumpang potensial dapat diketahui penumpang potensial dari bus sekolah POOL D untuk mencari berapa jumlah siswa yang tidak terangkut oleh bus sekolah dan jumlah kursi kosong bus sekolah ketika armada melebihi jumlah penumpang potensial.

4.2.4 Data Kepemilikan Kendaraan Bermotor

Data kepemilikan kendaraan bermotor digunakan untuk mengetahui peningkatan kendaraan bermotor dari tahun yang dapat menyebabkan meningkatnya kepadatan jalan jika kapasitas jalan tetap. Semakin padatnya jalan menyebabkan penambahan bus sekolah tidak berjalan optimal. Berikut ini adalah data kepemilikan kendaraan bermotor di kota Malang

Tabel 4.4
Data Kepemilikan Kendaraan Bermotor

Tahun	Motor	Mobil
2010	278215	13189
2011	332550	71613
2012	366504	80096
2013	391282	72503
2014	391282	72503
2015	410177	77682

4.2.5 Volume Lalu Lintas Lintas Ruas Jalan

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, volume lalu lintas ruas jalan adalah jumlah atau banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik tertentu pada ruas jalan dalam satuan waktu tertentu. Volume lalu lintas dua arah pada jam paling sibuk dalam sehari dipakai sebagai dasar untuk analisa kerja ruas jalan dan persimpangan yang ada.

Kendaraan di klasifikasikan berdasarkan:

1. Kendaraan ringan (Light Vehicle/LV) yang terdiri dari Jeep, Station wagon, Colt, Sedan, Bis mini, Combi, Pick up
2. Kendaraan berat (Heavy Vehicle/HV) terdiri dari bus dan truck
3. Sepeda Motor (MC)

Data hasil survei perjenis kendaraan selanjutnya dikonversikan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMPN) untuk menyamakan tingkan penggunaan ruang keseluruhan jenis kendaraan. Pada bus sekolah POOL D, rute yang dilewati merupakan jalan perkotaan yang tidak terbagi dengan arus lalu lintas 2 arah

Tabel 4.5
Nilai Ekuivalen Mobil Penumpang

Tipe jalan	Arus lalu lintas total 2 arah	Emp		
		LV	HV	MC
Dua Jalur Tak Terbagi	≥ 1800	1,0	1,2	0,25

Kapasitas jalan perkotaan dihitung dari kapasitas dasar. Kapasitas dasar adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melintasi suatu penampang pada suatu jalur atau jalan selama 1 jam. Besarnya kapasitas jalan dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs}$$

$$C = 2900 \times 1 \times 1 \times 0,94 \times 0,92$$

$$C = 2507,92 \text{ smp/jam}$$

Arus lalu lintas didapatkan dari banyaknya kendaraan yang melewati rute bus sekolah POOL D. Data arus lalulintas didapatkan dari dinas perhubungan kota malang. Arus lalulintas dipilih berdasarkan waktu terpadat untuk dapat menghitung dan mempertimbangkan kepadatan jalan yang nantinya digunakan untuk menentukan bus sekolah yang dapat beroperasi.

Tabel 4.6

Kendaraan yang melewati rute bus sekolah POOL D tahun 2015

Kendaraan	Jumlah kendaraan perjam (A)	Satuan mobil penumpang(B)	Data kepemilikan kendaraan	Persen yang melewati jalan	Jumlah kendaraan setelah dikonversi(AxB)
Sepeda motor	4717	0,25	410177	1,15	1179
Mobil	691	1	77682	0,89	691
Truk	85	1,2	-		102
Arus lalu lintas					1972

Setelah mengetahui kapasitas jalan dan arus lalulintas, maka dapat dihitung kepadatan jalan dengan rumus

$$DS = Q/C$$

$$DS = 1972/2507,92$$

$$= 0,786$$

4.3 Identifikasi Sistem

Identifikasi sistem digunakan untuk menganalisis dan memahami sistem dan perilaku yang diamati. Identifikasi sistem dilakukan dengan mengidentifikasi diagram input dan output sistem dinamik. Selain itu, perlu dilakukannya identifikasi variabel variabel yang mempengaruhi sistem transportasi bus sekolah dan melihat hubungan interaksi dari masing-masing variabel yang mempengaruhi.

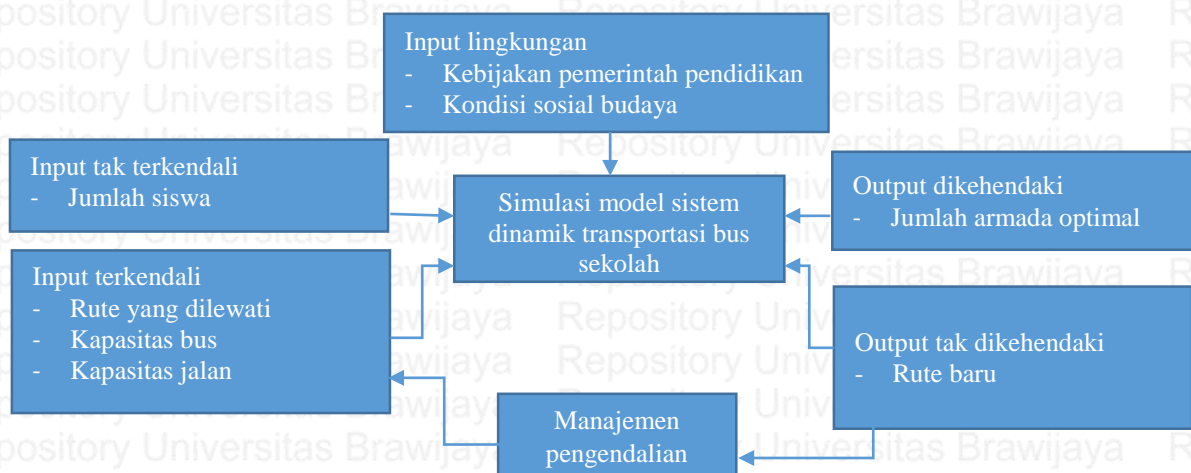
4.3.1 Diagram Input Output Sistem Dinamis

Diagram input output digunakan untuk menganalisa kebutuhan yang dibutuhkan dalam menganalisis faktor input dan output didalam sistem transportasi bus sekolah untuk mengoptimasi jumlah armada yang dibutuhkan. Faktor input simulasi model dinamik dipengaruhi oleh input dan output yang ada didalam sistem.

Ada tiga jenis input dalam simulasi model sistem dinamik yaitu input lingkungan, input tak terkendali dan input terkendali. Input lingkungan merupakan input yang dipengaruhi oleh

lingkungan. Input lingkungan pada sistem transportasi bus sekolah adalah kebijakan pemerintah dan keadaan sosial budaya di dalam masyarakat. Kebijakan pemerintah mempengaruhi adanya bus sekolah. ketika pemerintah mengizinkan perbanyak bus sekolah maka bus sekolah dapat ditambah sesuai dengan kebutuhan. Input tak terkendali adalah input yang bersifat tak terkendali. Didalam sistem transportasi bus sekolah jumlah siswa yang naik merupakan input tak terkendali karena perubahan jumlah siswa yang mendaftar pada SMPN 10 dan SMPN 23 setiap tahunnya. Input terkendali dari sistem transportasi bus sekolah adalah tempat pengangkutan, kapasitas bus dan rute yang dilewati.

Output yang diinginkan didalam sistem adalah penambahan jumlah armada sesuai dengan kebutuhan siswa sehingga siswa dapat terangkut secara optimal. Output yang tidak dikehendaki dari sistem ini adalah adanya rute baru yang akan disesuaikan dan dikendalikan oleh rute yang sudah sudah ditetapkan dengan kapasitas jalan dari rute tersebut. Selain itu, tujuan adanya bus sekolah dapat tercapai sesuai dengan keinginan Walikota malang.



Gambar 4.6 Diagram Input Output Sistem Dinamis

4.3.2 Identifikasi Variabel

Variabel yang digunakan dalam sistem transportasi bus sekolah diidentifikasi dengan cara melakukan wawancara dan *brainstorming* dengan pihak-pihak yang terlibat di dalam sistem. Selain itu, identifikasi variabel juga dilakukan dengan cara pengamatan langsung sistem transportasi bus sekolah. Dengan mengidentifikasi variabel dapat digunakan untuk membuat model sistem transportasi yang nanti dapat digunakan untuk menentukan berapa jumlah armada optimal yang disediakan oleh pemerintah dengan memberikan beberapa skenario penambahan jumlah armada sebagai pertimbangan keputusan untuk pengadaan bus sekolah pada POOL D.

Berikut merupakan deskripsi variabel utama yang mempengaruhi penambahan jumlah armada yang telah diidentifikasi:

Tabel 4.7
Identifikasi Variabel Sistem Transportasi Bus Sekolah

No	Variabel	Keterangan
1	Populasi	Populasi kota Malang yang biasanya dipengaruhi oleh tingkat kelahiran dan kematian
2	Jumlah siswa	Jumlah siswa merupakan banyaknya siswa yang bersekolah pada sekolah tersebut. Untuk penelitian ini digunakan jumlah siswa pada SMPN10 dan SMPN 23
3	Jumlah penumpang potensial	Jumlah penumpang potensial adalah banyaknya siswa yang kemungkinan dapat diangkut oleh bus sekolah dengan mempertimbangkan tempat tinggal siswa yang berada disekitar rute bus POOL D
4	Jumlah bus	Banyaknya bus yang beroperasi.
5	Kepadatan jalan	Indikator padatnya jalan yang dipengaruhi oleh arus lalu lintas jalan tersebut dan kapasitas jalan yang dilewati.

4.3.3 Interaksi antar Variabel

Setelah mengidentifikasi variabel pada sistem, maka dilakukan interaksi dari setiap variabel yang telah diidentifikasi. Pada sistem transportasi bus sekolah, jumlah penumpang mempengaruhi pengadaan jumlah bus. Jumlah penumpang dipengaruhi oleh bangkitan dan tarikan pergerakan. Bangkitan pergerakan adalah perkiraan jumlah pergerakan yang berasal dari satu zona atau tata guna. Bangkitan pergerakan dalam sistem transportasi bus sekolah adalah pemukiman penduduk yang dilewati oleh bus sekolah. Sedangkan tarikan pergerakan adalah jumlah pergerakan yang tertarik dari suatu tata guna lahan. Tarikan pergerakan di dalam sistem transportasi bus sekolah adalah tujuan sekolah dari bus sekolah. Bangkitan dan tarikan mempengaruhi banyaknya jumlah penumpang potensial yang dapat menggunakan bus sekolah. Jumlah penumpang potensial mempengaruhi banyaknya jumlah armada bus sekolah yang akan disediakan oleh pemerintah.

Populasi suatu kota mempengaruhi banyaknya jumlah siswa. Bertambahnya populasi suatu kota dapat mengakibatkan bertambahnya jumlah siswa yang akan mendaftar pada suatu sekolah. Bertambahnya pendaftar dapat menyebabkan sekolah harus menambah kelas atau jumlah siswa di dalam masing masing kelas. Populasi penduduk juga mempengaruhi banyaknya kepemilikan kendaraan. Kendaraan yang bertambah banyak menyebabkan arus lalu lintas yang semakin padat. Dengan kapasitas jalan yang sama dan arus lalu lintas yang semakin bertambah menyebabkan kepadatan jalan mencapai batas kejenuhan.

4.4 Pembuatan Sistem Model Dinamik

Pembuatan model sistem dinamik berdasarkan pada hasil identifikasi variabel-variabel yang berpengaruh pada jumlah armada optimal yang perlu disediakan oleh pemerintah. Variabel tersebut akan dimodelkan secara konseptual menjadi *causal loop diagram* untuk

mengetahui hubungan sebab akibat dan pengaruh satu variabel terhadap variabel lainnya. Setelah *causal loop* selesai dibuat, tahap selanjutnya adalah membuat *stock and flow diagram* dan simulasi sistem dinamik.

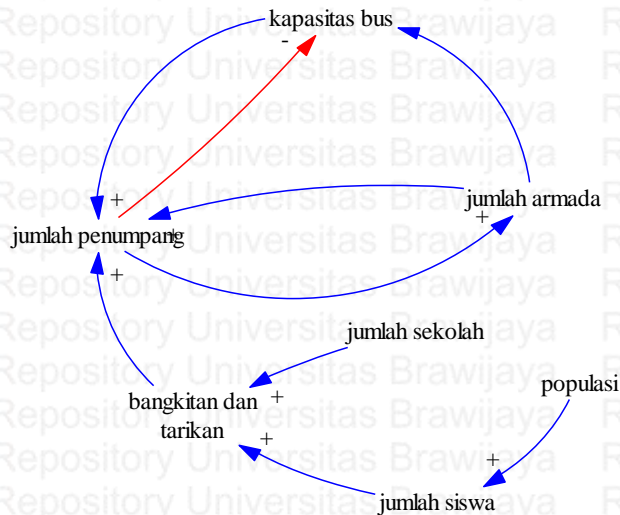
Proses pembuatan model sistem dinamik sistem transportasi bus sekolah dimulai dari identifikasi variabel yang berpengaruh, pembuatan model konseptual, pembuatan model simulasi, running model, serta verifikasi dan validasi model yang telah dibuat.

4.4.1 Causal Loop Diagram

Causal loop diagram adalah bentuk pemetaan yang menunjukkan hubungan sebab akibat antara variabel dengan panah dari sebab dan akibat. Dengan menggunakan variabel yang telah diidentifikasi pada gambar 4.2 dan 4.3 ditampilkan dalam bentuk panah-panah yang saling terkait membentuk sebuah diagram sebab akibat (*causal loop*) dimana hulu panah mengungkapkan sebab dan ujung panah mengungkapkan akibat. Tanda (+) dan (-) pada diagram sebab akibat menggambarkan hubungan yang terjadi antara dua variabel apakah itu positif atau negatif. Tanda (+) menggambarkan hubungan dua variabel yang searah yaitu ketika variabel yang mempengaruhi meningkat, maka variabel yang dipengaruhi akan ikut meningkat. Tanda (-) digunakan jika dua variabel berubah dengan berlawanan arah yang berarti ketika variabel yang mempengaruhi meningkat, maka variabel yang dipengaruhi menurun.

Dengan menghubungkan keterkaitan variabel satu dan lainnya dapat dipahami keterkaitan dan seberapa jauh pengaruh antar variabel tersebut. Variabel yang telah diidentifikasi dibangun dalam sebuah model yang dapat terlihat pola interaksinya dimana variabel yang ditampilkan merupakan variabel besar yang sifatnya umum.

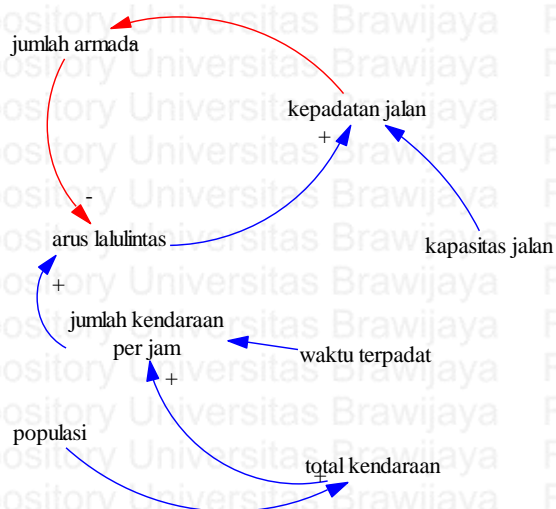
Gambar 4.7 merupakan *causal loop diagram* pengaruh bertambahnya jumlah armada setiap tahunnya.



Gambar 4.7 Causal Loop Diagram pengaruh bertambahnya jumlah armada

Jumlah armada, kapasitas, dan jumlah penumpang merupakan interaksi tertutup atau saling mempengaruhi satu sama lainnya. Jika jumlah penumpang bertambah, maka jumlah armada pun bertambah begitu juga kapasitas bus sekolah. namun, bertambahnya jumlah penumpang menyebabkan berkurangnya kapasitas bus sekolah yang menyebabkan harus ditambahkan jumlah armada.

Populasi mempengaruhi banyaknya jumlah siswa dan bertambahnya jumlah sekolah yang ada dikota malang. Jika populasi bertambah maka jumlah siswa akan bertambah dan ketika semua sekolah sudah tidak dapat menampung jumlah siswa yang ada maka, pemerintah akan mempertimbangkan pembangunan sekolah baru.



Gambar 4.8 Pengaruh Kepadatan Jalan Terhadap Jumlah Armada

Jumlah armada, arus lalulintas dan kepadatan jalan merupakan interaksi tertutup karena saling mempengaruhi satu sama lain. Semakin padat jalan yang dilewati maka penambahan armada semakin tidak dianjurkan. Kepadatan jalan, dipengaruhi oleh arus lalulintas serta

kapasitas jalan rute yang dilewati bus sekolah. arus lalu lintas dipengaruhi oleh jumlah kendaraan yang lewat pada titik dan jam tertentu.

4.4.2 Stock Flow Diagram

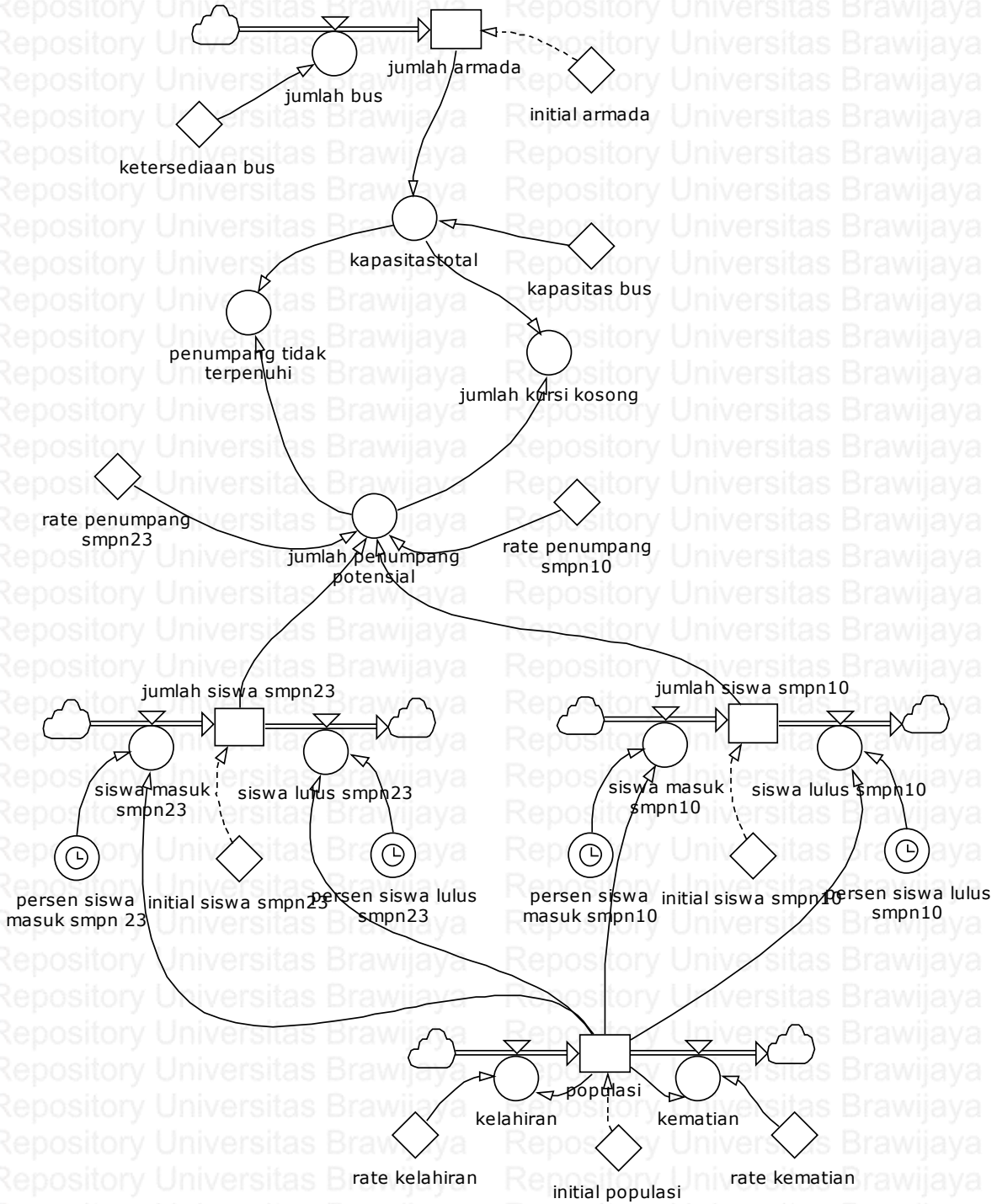
Stock flow diagram disusun berdasarkan *causal loop diagram* yang telah dibuat dan sesuai dengan variabel-variabel yang telah teridentifikasi. Pembuatan *stock and flow diagram* menggunakan *software* Powersim studio 10. Dengan menentukan *stock* dari *causal loop* yang telah dibuat setelah itu menentukan *flow* atau rate dan informasi yang dibutuhkan. *Stock* yang dipilih pada model sistem transportasi bus sekolah adalah jumlah armada. *Stok* lain dalam model transportasi bus sekolah adalah populasi yang mempengaruhi stok pada populasi adalah *rate inflow* dan *outflow*. Yang menjadi *inflow* dalam stok populasi adalah rate kelahiran sedangkan *outflow*nya adalah rate kematian. *Stock* lain dalam model transportasi adalah banyaknya siswa dalam satu sekolah tertentu yaitu SMPN 10 dan SMPN 23 dengan *inflow* siswa masuk dan *outflow* siswa keluar. Berikut ini merupakan sub model dari sistem transportasi bus sekolah Malang.

1. Sub model penumpang bus sekolah

Pada sub model penumpang bus sekolah gambar 4.4, penumpang potensial dapat dilihat dari persen penumpang siswa yang memiliki potensial untuk menaiki bus sekolah yaitu siswa yang bertempat tinggal di sekitar titik pengangkutan atau rute yang dilewati bus sekolah. persen siswa didapatkan dari jumlah siswa serta alamat siswa masing-masing sekolah yang dituju yaitu SMPN 10 dan SMPN 23. Setelah ditemukan penumpang potensial, maka selanjutnya dibandingkan dengan banyaknya kapasitas bus sekolah yang tersedia. Dari perbandingan antara banyaknya penumpang potensial dan kapasitas bus sekolah yang tersedia maka dapat diketahui banyaknya siswa yang tidak terangkut dan banyaknya jumlah kursi kosong yang tidak terpenuhi karena terlalu banyak kapasitas bus.

2. Sub model kepadatan jalan

Pada sub model kepadatan jalan gambar 4.5, kepadatan jalan diketahui dari pembagian dari arus lalu lintas dan kapasitas jalan yang tersedia. Arus lalu lintas diketahui dari banyaknya kendaraan yang melewati jalan yang juga dilalui oleh bus sekolah. kapasitas jalan dicari melalui rumus yang sudah ada pada mkji. Dari kepadatan jalan tersebut, dapat diketahui kemungkinan penambahan bus sekolah sampai pada tahun keberapa. Bus sudah harus berhenti pengadaannya ketika kepadatan jalan sudah mencapai batas maksimum menurut mkji yaitu 0,9.



Gambar 4.9 Sub Model Penumpang Bus Sekolah

Tabel 4.8
Formulasi Model

No	Variabel	Type	Formulasi
1	Populasi	Level	CEIL('initial populasi')
2	Kelahiran	Auxiliary	'rate kelahiran'*populasi
3	Kematian	Auxiliary	'rate kematian'*populasi
4	Jumlah siswa SMPN23	Level	CEIL('initial siswa')
	Siswa masuk SMPN 23	Auxiliary	populasi*'persen siswa masuk 23'
	Siswa lulus SMPN 23	Auxiliary	'persen siswa lulus 23'*populasi
	Persen siswa masuk 23	Auxiliary	0,026 <<%/tahun>> - STEP(0,00739 <<%/tahun>>;STARTTIME+1<<tahun>>)+STEP(0,00978 <<%/tahun>>;STARTTIME+2<<tahun>>)+ STEP(0,001466 <<%/tahun>>;STARTTIME+3<<tahun>>)
	Persen siswa lulus 23	Auxiliary	0,0275 <<%/tahun>>-STEP(0,00635 <<%/tahun>>;STARTTIME+1<<tahun>>)+STEP(0,005052 <<%/tahun>>;STARTTIME+2<<tahun>>)-STEP(0,0078 <<%/tahun>>;STARTTIME+3<<tahun>>)
5	Jumlah siswa SMPN 10	Level	CEIL('initial siswa - Copy')
	Siswa masuk SMPN 10	Auxiliary	populasi*'persen siswa masuk 10'
	Siswa keluar SMPN 10	Auxiliary	'persen siswa lulus 10'*populasi
	Persen siswa masuk 10	Auxiliary	0,0399 <<%/tahun>> - STEP(0,00234 <<%/tahun>>;STARTTIME+1<<tahun>>)-STEP(0,0042 <<%/tahun>>;STARTTIME+2<<tahun>>)+ STEP(0,001532 <<%/tahun>>;STARTTIME+3<<tahun>>)
	Persen siswa lulus 10	Auxiliary	0,0425 <<%/tahun>>+STEP(0,0039 <<%/tahun>>;STARTTIME+1<<tahun>>)-STEP(0,00716 <<%/tahun>>;STARTTIME+2<<tahun>>)-STEP(0,00224 <<%/tahun>>;STARTTIME+3<<tahun>>)
6	Jumlah penumpang potensial	Auxiliary	('jumlah siswaSMPN10*'rate penumpang 10')+('jumlah siswaSMPN23*'rate penumpang 23')
	Penumpang tidak terangkut	Auxiliary	CEIL(IF('jumlah penumpang potensial'>kapasitastotal;'jumlah penumpang potensial'-kapasitastotal))
	Tidak terpakai	Auxiliary	CEIL(IF('jumlah penumpang potensial'<kapasitastotal;kapasitastotal-'jumlah penumpang potensial'))
7	Jumlah armada	Level	Initialarmada
	Jumlah bus	Auxiliary	Ketersediaanpertahun
8	Pemilikan motor	Auxiliary	CEIL((populasi*persenmilikmotor))

Tabel 4.8
Formulasi Model (Lanjutan)

No	Variabel	Tipe	Formulasi
	Persen milik motor	<i>Auxiliary</i>	$43,88 \llcorner \text{tahun} \gg + \text{STEP}(2,44 \llcorner \text{tahun} \gg; \text{STARTTIME} + 1 \llcorner \text{tahun} \gg) - \text{STEP}(0,068 \llcorner \text{tahun} \gg; \text{STARTTIME} + 2 \llcorner \text{tahun} \gg) + \text{STEP}(1,928 \llcorner \text{tahun} \gg; \text{STARTTIME} + 3 \llcorner \text{tahun} \gg)$
	Pemilikan mobil	<i>Auxiliary</i>	$9,589 \llcorner \text{tahun} \gg - \text{STEP}(1,006 \llcorner \text{tahun} \gg; \text{STARTTIME} + 1 \llcorner \text{tahun} \gg) - \text{STEP}(0,013 \llcorner \text{tahun} \gg; \text{STARTTIME} + 2 \llcorner \text{tahun} \gg) + \text{STEP}(0,5544 \llcorner \text{tahun} \gg; \text{STARTTIME} + 3 \llcorner \text{tahun} \gg)$
9	Arus lalulintas	<i>Auxiliary</i>	$\text{CEIL}((\text{mbl} * \text{SMPN}_{\text{mbl}}) + (\text{mtr} * \text{SMPN}_{\text{mtr}}) + (\text{SMPN}_{\text{truk}} * \text{truk}) - (\text{kendaraan} * \text{SMPN}_{\text{mtr}}))$
10	Kapasitas jalan	<i>Auxiliary</i>	$\text{co} * \text{FCw} * \text{FCsp} * \text{FCsf} * \text{FCcs}$
11	Kepadatan jalan	<i>Auxiliary</i>	'arus lalulintas'/'kapasitas jalan'
12	Jumlah bus yang sesuai	<i>Auxiliary</i>	$\text{IF}(\text{'referensi kepadatan'} > \text{'kepadatan jalan'}; \text{'jumlah armada'}; 0 \llcorner \text{armada} \gg)$

4.5.2 Verifikasi dan Validasi Model

Model yang telah selesai dibuat akan dilakukan uji verifikasi dan validasi untuk mengetahui apakah model telah sesuai atau dapat mewakili sistem nyata. Ketika model yang telah dibuat lulus uji verifikasi dan validasi maka model tersebut dinyatakan telah mewakili sistem nyata.

4.5.2.1 Verifikasi Model

Verifikasi merupakan model konseptual yang diterjemahkan kedalam bahasa pemrograman secara benar. Verifikasi menguji apakah suatu model yang disimulasikan masih terdapat eror. Verifikasi digunakan untuk memastikan formulasi, model dan unit model sesuai dengan persepsi pembuat model.

Uji verifikasi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu yang pertama dengan melihat model yang dibuat memiliki tanda pagar (#) dan tanda tanya (?). dari model yang telah dibuat dan diidentifikasi masing masing variabel dapat dilihat tidak terdapat dua angka tersebut yang berarti model telah terverifikasi. Cara yang kedua yaitu dengan memasukan angka yang paling besar dan paling kecil. Jika terdapat nilai minus pada output simulasi maka model tidak terverifikasi. Model yang telah dibuat tidak terdapat minus dari output model yang dibuat.

4.5.2.2 Validasi Model

Validasi merupakan cara yang digunakan untuk melihat model yang dibuat telah sesuai dengan sistem nyata. ada beberapa cara untuk pengujian validasi yaitu:

1. Uji Struktur Model

Uji struktur model merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui model yang telah dibuat sesuai dengan sistem nyata dengan melibatkan pihak yang berpengaruh dan mengerti tentang sistem transportasi bus sekolah. Dengan melakukan brainstorming dengan pihak-pihak yang terlibat langsung dengan sistem transportasi bus sekolah dilakukan diskusi mengenai komponen yang berpengaruh di dalam sistem transportasi bus sekolah.

Sebagai pihak yang berpengaruh dalam validasi model sistem transportasi bus sekolah, diskusi dengan pihak yang terkait dan telah dirancang dinyatakan alit secara kualitatif

2. Uji Kuantitatif

Uji kuantitatif adalah pengujian dengan menggunakan perhitungan error mean dengan error varian. Yang di uji pada uji kuantitatif adalah populasi, jumlah siswa SMPN 23, dan jumlah siswa SMPN 10

Populasi

Tabel 4.9
Validasi Populasi Aktual Dan Hasil Simulasi

	Data aktual (a)	Hasil Simulasi (b)	$c = (a_1 - \bar{a})^2$	$d = (b_1 - \bar{b})^2$
	835240	835240	81979443,06	76741980,06
	844702	841053	166260,0625	8686282,563
	845937	846907	2698627,563	8449195,563
	851298	852801	49052514,06	77453200,56
Rata-rata	844294,25	844000,25	33474211,19	42832664,69
Variance			5785,690208	6544,666889

$$Error\ Mean = \left| \frac{\bar{b} - \bar{a}}{\bar{a}} \right| = \left| \frac{844000 - 844294}{844294} \right| = 0,00034 = 0,034 \%$$

$$Error\ Variance = \left| \frac{d - c}{c} \right| = \frac{6544,66 - 5785,69}{5785,69} = 0,1377 = 13 \%$$

Jumlah siswa SMPN 23

Tabel 4.10
Validasi Data Aktual Dan Hasil Simulasi

	Data aktual (a)	Hasil Simulasi (b)	$c = (a_1 - \bar{a})^2$	$d = (b_1 - \bar{b})^2$
	1075	1075	4726,5625	4389,0625
	1049	1053	1827,5625	1958,0625
	969	978	1387,5625	945,5625
	932	929	5513,0625	6360,0625
Rata-rata	1006,25	1008,75	3363,6875	3413,1875
Variance			5785,690208	6544,666889

$$\text{Error Mean} = \left| \frac{\bar{b} - \bar{a}}{\bar{a}} \right| = \left| \frac{1008,75 - 1006,25}{1006,25} \right| = 0,0025 = 0,25 \%$$

$$\text{Error Variance} = \left| \frac{d - c}{c} \right| = \frac{58,422 - 57,997}{57,997} = 0,0073 = 0,73 \%$$

Jumlah siswa SMPN 10

Tabel 4.11
Validasi Data Aktual SMPN 10 dan Hasil Simulasi SMPN10

	Data aktual (a)	Hasil Simulasi (b)	$c = (a_1 - \bar{a})^2$	$d = (b_1 - \bar{b})^2$
	630	630	203,0625	248,0625
	615	617	0,5625	7,5625
	601	596	217,5625	333,0625
	617	614	1,5625	0,0625
Rata-rata	615,75	614,25	105,6875	147,1875
Variance			10,2804426	12,13208556

$$\text{Error Mean} = \left| \frac{\bar{b} - \bar{a}}{\bar{a}} \right| = \left| \frac{614,25 - 615,75}{615,75} \right| = 0,0024 = 0,24 \%$$

$$\text{Error Variance} = \left| \frac{d - c}{c} \right| = \frac{12,13 - 10,28}{10,28} = 0,18 = 18 \%$$

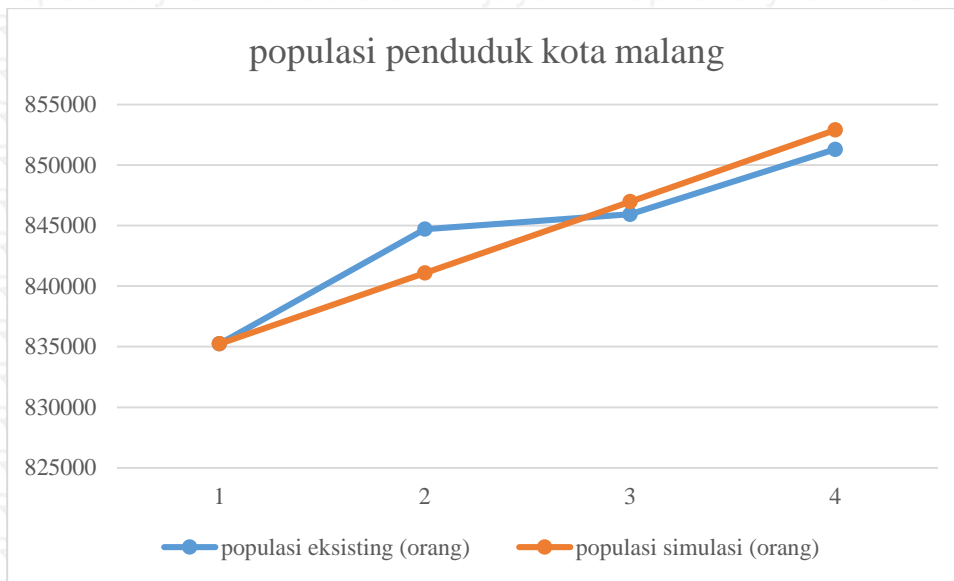
Dari hasil perhitungan diatas dengan 3 variabel yang dapat mewakili sistem transportasi bus sekolah memiliki *error mean* < 5% dan *error variance* < 30%. Dari hasil pengujian yang telah memenuhi syarat maka dapat dikatakan sistem telah mampu mempresentasikan sistem nyata.

4.5.3 Simulasi

Berikut ini merupakan hasil dari simulasi dinamik sistem transportasi bus sekolah dengan tujuan SMPN 10 dan 23.

4.5.3.1 Simulasi Keadaan Existing

Sistem transportasi bus sekolah saat ini menggunakan satu armada dimasing-masing rute. Berikut ini adalah hasil simulasi variabel pada sistem transportasi bus sekolah.



Gambar 4.11 Grafik populasi penduduk kota malang

Gambar 4.11 merupakan grafik populasi penduduk kota malang yang meningkat setiap tahunnya. Populasi penduduk kota malang mempengaruhi siswa yang mendaftar ke sekolah. meningkatnya populasi penduduk dari tahun ke tahun dapat menyebabkan meningkatnya banyaknya siswa yang mendaftar pada suatu sekolah dengan kondisi tidak terjadi penambahan jumlah sekolah di kota malang. Banyaknya pendaftar membuat bertambahnya jumlah siswa pada suatu sekolah yang dapat mempengaruhi banyaknya penumpang potensial bus sekolah.

Tabel 4.12
Hasil Simulasi Penumpang Potensial

Tahun	Penumpang potensial	Banyak siswa yang tidak terangkut	Jumlah kursi kosong
0	391	346	0
1	383	338	0
2	363	318	0
3	359	314	0
4	385	340	0
5	411	366	0

Dapat dilihat dari tabel 4.12 ada penumpang yang tidak dapat terangkut setiap tahunnya. Dengan menggunakan armada yang tersedia saat ini, penumpang yang dapat diangkut tidak maksimal. 1 armada hanya mengangkut sekitar 45 orang sedangkan penumpang potensial dari 2 sekolah pada tahun pertama adalah 383. Hal ini menyebabkan banyak siswa yang tidak dapat menggunakan fasilitas bus sekolah.

Tabel 4.13
Hasil Simulasi Kepadatan Jalan

Tahun	Jumlah bus yang tersedia	Kepadatan jalan
0	1	0,78
1	1	0,78
2	1	0,78
3	1	0,82
4	1	0,83

Tabel 4.13
Hasil Simulasi Kepadatan Jalan (Lanjutan)

Tahun	Jumlah bus yang tersedia	Kepadatan jalan
5	1	0,84
6	1	0,84
7	1	0,85
8	1	0,85
9	1	0,86
10	1	0,86
11	1	0,87
12	1	0,88
13	1	0,88
14	1	0,89
15	1	0,89
16	0	0,90
17	0	0,91

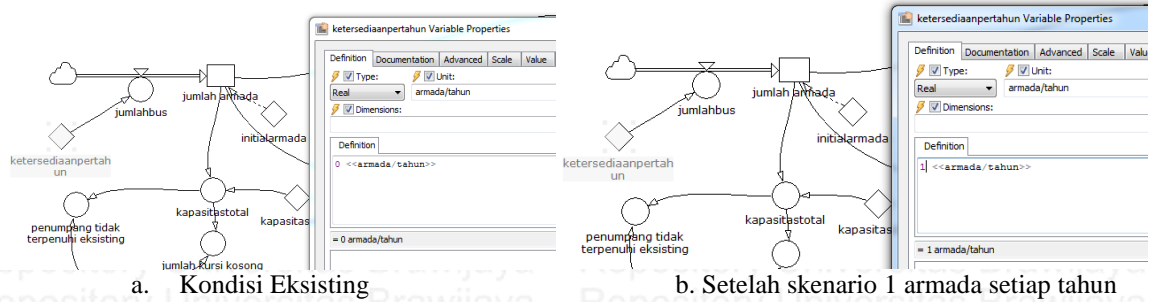
Dapat dilihat dari tabel 4.13 kepadatan jalan baru terjadi pada tahun ke 16. Menurut MKJI kepadatan jalan yang mencapai 0,9 sampai dengan 1 menyebabkan arus yang tidak stabil dan terhambat dengan tundaan yang tidak dapat ditolerir. Selain itu, kepadatan jalan sebesar 0.9 sampai 1 menyebabkan kecepatan rata-rata sekitar 25km/jam. Hal ini menunjukkan bahwa kepadatan jalan sudah mencapai batas maksimal dan dapat menyebabkan tidak dapat beroperasinya bus sekolah secara optimal. Kecepatan minimal bus sekolah agar dapat sampai tepat pada waktunya adalah sekitar 27 km/jam.

4.5.3.2 Perancangan Skenario Rekomendasi

Dari hasil simulasi kondisi eksisting sistem transportasi bus sekolah dapat dilihat bahwa jika bus sekolah tidak mengalami penambahan jumlah armada maka siswa yang seharusnya dapat ikut bus sekolah tidak terangkut karena bus sekolah yang sudah terlalu padat. Maka perlu adanya skenario kebijakan untuk pengadaan bus sekolah optimal yang dapat dipilih oleh pemerintah agar pengadaan bus sekolah dapat optimal. Pengadaan bus sekolah juga mempertimbangkan kepadatan jalan dari tahun ke tahun.

4.5.3.2.1 Skenario Kebijakan Pengadaan Bus Sekolah 1 Armada Setiap Tahun

Skenario pertama adalah pengadaan 1 armada bus sekolah setiap tahun. Skenario pertama digunakan untuk melihat perbedaan yang terjadi ketika 1 armada bus sekolah ditambah setiap tahunnya. Dengan mengganti formulasi dari variabel ketersediaan armada tiap tahun dengan 1 dapat dilihat pada gambar 4.12 dan pada tabel 4.8



Gambar 4.12 Stock Flow Diagram Kondisi Eksisting dan setelah skenario

Pada kondisi eksisting karena tidak terjadi penambahan armada maka ketersediaan pertahun bus sekolah adalah 0 sedangkan dengan skenario, ketersediaan pertahun bus sekolah adalah 1. Dengan demikian, bus sekolah akan bertambah 1 armada setiap tahunnya.

Tabel 4.14
Hasil Simulasi Penumpang Potensial setelah skenario 1

Tahun	Jumlah armada	Banyak siswa yang tidak terangkut	Jumlah kursi kosong
0	1	346	0
1	2	293	0
2	3	228	0
3	4	179	0
4	5	160	0
5	6	141	0
6	7	123	0
7	8	104	0
8	9	86	0
9	10	68	0
10	11	50	0
11	12	32	0
12	13	14	0
13	14	0	3

Dari tabel 4.14 dapat dilihat pada tahun ke-12 dengan jumlah armada 13 ada 14 orang siswa yang tidak dapat terangkut. Sedangkan pada tahun ke 13 dengan jumlah armada sebanyak 14 semua siswa dapat terangkut dengan menyisakan 3 kursi kosong.

Tabel 4.15
Hasil Simulasi Kepadatan Jalan dengan skenario 1

Tahun	Jumlah bus yang tersedia	Kepadatan jalan
0	1	0,78
1	2	0,78
2	3	0,78
3	4	0,83
4	5	0,83
5	6	0,84
6	7	0,84
7	8	0,85
8	9	0,85
9	10	0,86
10	11	0,86
11	12	0,87
12	13	0,88

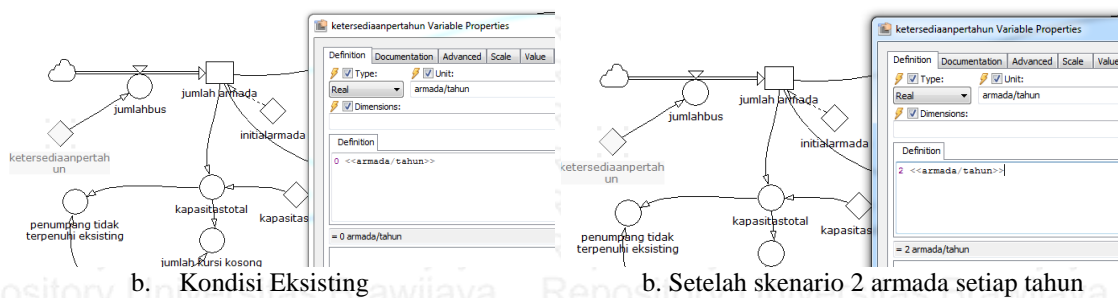
Tabel 4.15
Hasil Simulasi Kepadatan Jalan dengan skenario 1 (Lanjutan)

Tahun	Jumlah bus yang tersedia	Kepadatan jalan
13	14	0,88
14	15	0,89
15	16	0,89
16	17	0,90

Dari tabel 4.15 dapat dilihat bahwa pada tahun ke-16 dengan jumlah armada sebanyak 17 menyebabkan kepadatan jalan mencapai batas maksimal. Pada tabel 4.11 penambahan armada dengan 1 unit tiap tahun baru dapat terpenuhi pada tahun ke 12 dengan armada sebanyak 13. Pada tahun ke 12, belum terjadi kepadatan jalan yang dapat memungkinkan armada dapat ditambah sampai dengan 13 armada sampai dengan tahun ke 12.

4.5.3.2.2 Skenario Kebijakan Pengadaan Bus Sekolah 2 Armada Setiap Tahun

Skenario pertama adalah pengadaan 1 armada bus sekolah setiap tahun. Skenario pertama digunakan untuk melihat perbedaan yang terjadi ketika armada bus sekolah ditambah setiap tahunnya. Dengan mengganti formulasi dari variabel ketersediaan armada tiap tahun dengan 2 dapat dilihat pada gambar 4.13 dan pada tabel 4.8



b. Kondisi Eksisting

b. Setelah skenario 2 armada setiap tahun

Gambar 4.13 Stock Flow Diagram Kondisi Eksisting dan setelah skenario

Sama halnya dengan skenario dengan penambahan 1 armada setiap tahun, skenario penambahan 2 armada setiap tahun adalah dengan merubah ketersediaan pertahun dengan 2 yang menandakan bahwa tiap tahun jumlah armada bertambah sebanyak 2.

Tabel 4.16
Hasil Simulasi Penumpang Potensial setelah skenario 2

Tahun	Jumlah armada	Banyak siswa yang tidak terangkut	Jumlah kursi kosong
0	1	346	0
1	3	248	0
2	5	138	0
3	7	44	0
4	9	0	20
5	11	0	84

Dari tabel 4.16 dapat dilihat pada tahun ke-3 dengan jumlah armada sebanyak 7 ada 44 orang siswa yang tidak dapat terangkut. Sedangkan pada tahun ke 4 dengan jumlah armada sebanyak 9 semua siswa dapat terangkut dengan menyisakan 20 kursi kosong.

Tabel 4.17
Hasil Simulasi Kepadatan Jalan dengan skenario 1

Tahun	Jumlah bus yang tersedia	Kepadatan jalan
0	1	0,78
1	3	0,78
2	5	0,78
3	7	0,83
4	9	0,83
5	11	0,84
6	13	0,84
7	15	0,85
8	17	0,85
9	19	0,86
10	21	0,86
11	23	0,87
12	25	0,87
13	27	0,88
14	29	0,88
15	31	0,89
16	33	0,89
17	0	0,90

Dari tabel 4.17 dapat dilihat bahwa sampai pada tahun ke 16 jalan yang dilewati bus sekolah belum mencapai batas maksimal yaitu 0,9 sedangkan pada tahun ke 3 dengan jumlah armada sebanyak 7 buah telah dapat mengangkut semua siswa. Kepadatan jalan baru terjadi pada tahun ke 17.

4.6 Analisis dan Interpretasi

Tahap ini merupakan analisis hasil dan pembahasan dari simulasi sistem transportasi bus sekolah. yang akan dianalisis didalam bab ini adalah analisis *causal loop diagram* dan analisis hasil keadaan sebelum dan sesudah penambahan armada.

4.6.1 Analisis Causal Loop Diagram

Causal Loop Diagram diagram digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel yang memiliki hubungan sebab akibat yang ditunjukkan oleh sebuah anak panah. Causal loop pada sistem transportasi bus sekolah langsung pada variabel utama yaitu jumlah armada.

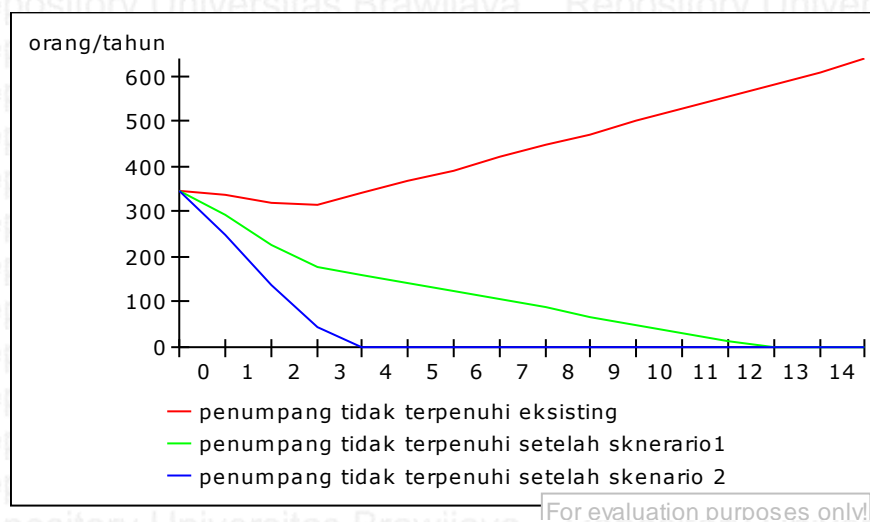


Gambar 4.14 Causal Tree Jumlah Armada

Berdasarkan gambar 4.14 dapat diketahui bahwa yang mempengaruhi penambahan jumlah armada adalah jumlah penumpang dan kepadatan jalan. Jumlah penumpang dipengaruhi oleh bangkitan dan tarikan suatu pergerakan serta kapasitas bus yang digunakan. Kepadatan jalan dipengaruhi oleh arus lalu lintas dan kapasitas jalan.

4.6.2 Analisis Keadaan Sebelum Dan Sesudah Penambahan Armada Dengan Skenario 1 Dan 2

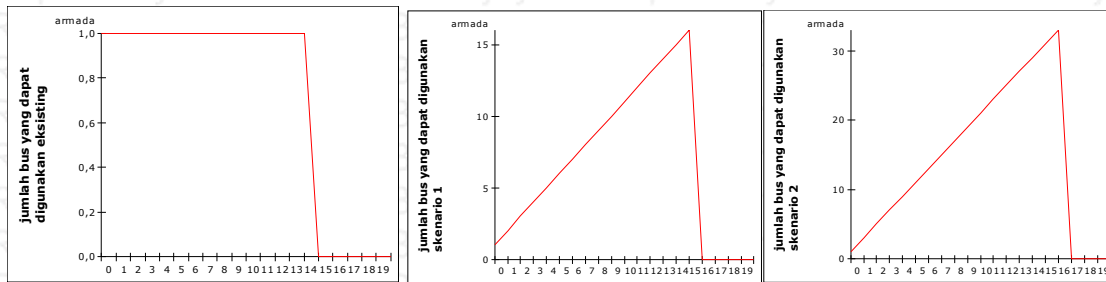
Analisis keadaan sebelum dan sesudah penambahan armada digunakan untuk membandingkan hasil yang diperoleh dari simulasi software saat kondisi eksisting dan setelah skenario.



Gambar 4.15 Perbandingan Penumpang Tidak Terpenuhi

Dapat dilihat dari gambar 4.15 bahwa ketika jumlah armada tetap pada 1 armada, semakin lama penumpang yang tidak terpenuhi bertambah. Dengan penambahan 1 buah armada setiap tahun membuat penumpang yang tidak terpenuhi semakin lama berkurang sampai pada tahun ke 13. Sedangkan dengan penambahan 2 buah armada setiap tahun penumpang tidak terpenuhi hanya sampai pada tahun ke 3. Dengan penambahan jumlah armada, semakin banyak siswa yang dapat menggunakan fasilitas bus sekolah yang disediakan oleh pemerintah.

Setelah menganalisis penumpang yang tidak terpenuhi maka dapat dilihat dari sisi lain yaitu menganalisis kepadatan jalan. Dapat dilihat pada gambar 4.16



Gambar 4.16 Jumlah Bus Yang Dapat Digunakan

Dari gambar 4.16 dapat dilihat bahwa pada kondisi eksisting di tahun ke 14 telah mengalami kepadatan jalan. Pada skenario dengan menambahkan 1 armada setiap tahun kepadatan jalan baru terjadi pada tahun ke 15. Sedangkan pada skenario dengan menambahkan 2 armada setiap tahun, belum terjadi kepadatan jalan sampai pada tahun ke-16. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya bus sekolah menyebabkan berkurangnya jumlah kendaraan di jalan raya. Hal ini terjadi karena siswa yang ikut bus sekolah berangkat secara bersama menggunakan bus sekolah tidak sendiri sendiri dengan kendaraan pribadi.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini akan menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari tujuan yang telah dibuat. Kesimpulan didapatkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Sedangkan saran digunakan untuk pihak yang dijadikan objek penelitian dan penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan pada sistem transportasi bus sekolah berdasarkan pada tujuan penelitian

1. Sistem transportasi bus sekolah menggunakan sebanyak 57 variabel yang mempengaruhi dengan variabel utama adalah jumlah armada, jumlah siswa, populasi dan kepadatan jalan. Sistem transportasi bus sekolah dapat dimodelkan dengan menggunakan Powersim 10. Dengan dilakukannya uji verifikasi dan validasi maka model yang telah dibuat telah sesuai dengan sistem nyata. Uji validasi menggunakan 3 variabel yaitu populasi, jumlah siswa SMPN 10 dan SMPN 23.
2. Model simulasi eksisting dengan 1 armada belum dapat memenuhi kebutuhan jumlah siswa. Selain itu, dalam kondisi eksisting pada tahun ke-14 berdasarkan mkji kepadatan jalan telah mencapai batas maksimal yaitu 0,9. Sedangkan dengan skenario penambahan 1 armada setiap tahun, jumlah siswa baru dapat dipenuhi pada tahun ke-13 yaitu sebanyak 14 armada. Kepadatan baru terjadi pada tahun ke-16 dengan jumlah armada 17 sehingga penambahan armada sampai pada tahun ke 13 masih memungkinkan. Untuk skenario penambahan 2 armada setiap tahun, jumlah siswa dapat dipenuhi pada tahun ke-4 dengan jumlah armada sebanyak 9 armada dengan kursi kosong sebanyak 20. Kepadatan jalan pada skenario 2 belum terjadi sampai tahun ke-17.

5.2 Saran

1. Perhitungan biaya untuk investasi bus sekolah perlu diperhitungkan untuk melihat keuntungan dan kerugian dengan menggunakan penambahan armada dengan skenario 1 atau skenario 2
2. Pengkajian ulang terhadap variabel yang berpengaruh terhadap sistem transportasi bus sekolah di bagian pemerintah dan perawatan bus sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Azis, Rudy. 2012. *Pengantar Sistem dan Perencanaan Transportasi*. Yogyakarta: Deepublish
- Aminullah, Erman, Muhammadi, & Soesilo, Budhi. 2001. *Simulasi Sistem Dinamis*. Jakarta: UMJ Press
- Barlas, Y. 1996. Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics. *System Dynamic Review* Volume 12 Number 3 Fall 1996
- Butar, Maulida. 2008. Penggunaan Simulasi untuk Pemecahan Masalah Transportasi. *Jurnal Engineering*. Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma.
- Djati, B. S. L. 2007. *Simulasi, Teori dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Andi.
- Emshoff, J.R., Simon, R.L. 1970. *Design and Use of Computer Simulation*. New York: Macmillan Publishing.
- Eriyatno. 1999. *Ilmu Sistem: Meningkatkan Mutu dan Efektifitas Manajemen*. Bogor: IPB
- Forrester, J. W. 1999. *Industrial Dynamics*. New York: The MIT Press, John Wiley and Sons
- Hobbs, F.D, 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Indrayana, Masrul. 2010. Penentuan Jumlah Kendaraan Transjogja dengan Metode Simulasi. *Jurnal Engineering*. Jurusan Teknik Industri Universitas Widya Mataram, Yogyakarta
- Levinson, H.S. 1976. *Transportation and Traffic Engineering Handbook*. New Jersey
- Manetsch, T. J., Park, G. L. 1997. *System Analysis and Simulation with Application to Economics and Social System, Part I*. Michigan: Departemen of Electrical Engineering and System Science, Michigan State University
- Marinim. 2004. *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*. Jakarta: Grasindo.
- Richardson, G. P and Pugh, A. L. 1986. *Introduction to System Dynamic Modelling With Dynamo*. New York: The MIT Press, John Wiley and Sons
- Salim, Abbas. 2000. *Manajemen Transportasi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada
- Setiawan, S. 1991. *Simulasi : Teknik pemrograman dan Metode Analisis*. Yogyakarta: Andi Offset.

Sterman, J. D. 2000. *Business Dynamic: System Thinking and Modeling for a Complex Word*. USA: Mc Graw – Hill Higher Education

Tamin, Ofyar Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Bandung: ITB

WHO. 2011. *Global Status Report on Cause – specific mortality and morbidity*. Switzerland: WHO

