



UNIVERSITAS INDONESIA

ANALISIS RENCANA PENERAPAN *ELECTRONIC ROAD PRICING* (ERP) PADA SEKTOR TRANSPORTASI TERHADAP KOTA JAKARTA MENGGUNAKAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIS

SKRIPSI

**OKTIOZA PRATAMA
NPM 0806458990**

**PROGRAM SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

ANALISIS RENCANA PENERAPAN *ELECTRONIC ROAD PRICING* (ERP) PADA SEKTOR TRANSPORTASI TERHADAP KOTA JAKARTA MENGGUNAKAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIS

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**OKTIOZA PRATAMA
NPM 0806458990**

**PROGRAM SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
2012**

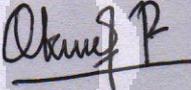
ii

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

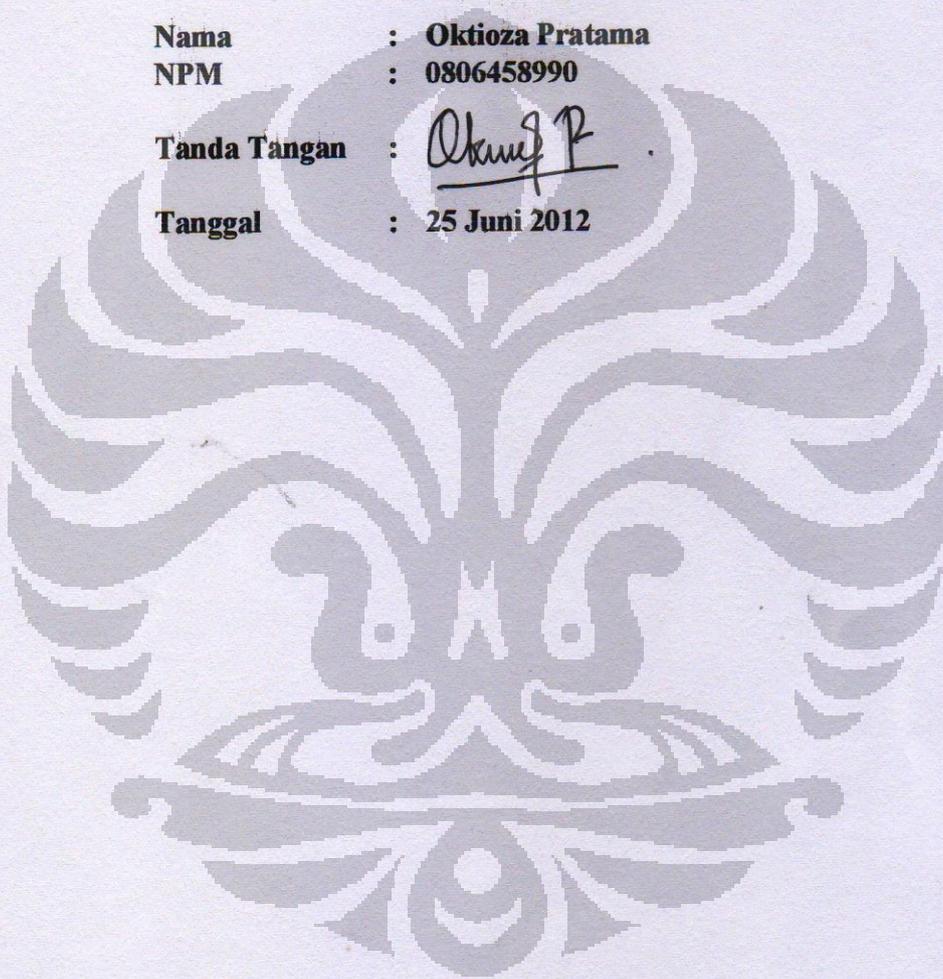
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Oktioza Pratama

NPM : 0806458990

Tanda Tangan : 

Tanggal : 25 Juni 2012



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Oktioza Pratama
NPM : 0806458990
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Analisis Rencana Penerapan *Electronic Road Pricing* (ERP)
Pada Sektor Transportasi Terhadap Kota Jakarta Menggunakan
Pendekatan Sistem Dinamis

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Armand Omar Moeis, ST., Msc ()
Penguji : Dr. Akhmad Hidayatno ST, MBT ()
Penguji : Ir. Amar Rachman, MEIM ()
Penguji : Romadhani Ardi, ST, MT ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 25 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Armand Omar Moeis, ST, MSc, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dan membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Akhmad Hidayatno, ST, MBT, selaku Kepala Laboratorium Systems Engineering Modeling and Simulation (SEMS) TIUI yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk membantu setiap langkah penulis dalam mengarahkan dan membimbing penulis dalam penyusunan skripsi dalam beragam bentuk diskusi dan tanya jawab serta bimbingan lainnya.
3. Ir. Djoko Sihono Gabriel M.T., selaku Pembimbing Akademis yang telah menyediakan waktunya selama kuliah.
4. Mama dan Papa, Rizka adikku dan Tante yang telah memberikan doa dan beragam dukungan moral dan material selama kuliah hingga akhirnya penyusunan skripsi ini selesai.
5. Aninditha Kemala Dinianyadharani, Tyonardo Cahyadi, Irvanu Rahman, dan Ricki Mulyadi dalam tim Jakarta atas kebersamaan dan dukungan yang menyenangkan.
6. Iwan Satriawan, Ajeng Masitha, Laisha Tatia Rizka, dan Rama Raditya sebagai rekan-rekan seperjuangan di SEMS yang seringkali memberikan bantuan dan dukungan dalam pembuatan skripsi.
7. Seluruh asisten laboratorium SEMS yang memberikan semangat dan dukungan.

8. Rina, Nida, Novita dan teman-teman Kelompok Studi Mahasiswa, yang telah memberikan dukungan moral maupun fisik selama mengerjakan skripsi serta canda tawa dan diskusi lainnya.
9. Lukat, Bedul, Daniel, Farid, Darus, Hadi, Ifu, Teguh, Fadhil, Zaki, dan Indrawan yang telah memberikan pengalaman dan kesan-kesan selama empat tahun kuliah.
10. Seluruh dosen TIUI yang selama ini telah memberikan ilmu yang sangat berguna bagi pengembangan wawasan penulis.
11. Teman-teman peneliti sebelumnya, Aziiz Sutrisno, Lindi Anggraini dan Nuki Suprayitno yang telah banyak memberikan bantuan dan petunjuk dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Bapak Hasan Basri selaku Asisten Ekonomi DKI Jakarta beserta tim atas waktu yang diberikan untuk berdiskusi bersama tim Jakarta.
13. Seluruh teman-teman TI08, yang selalu bersama-sama di saat suka dan duka selama empat tahun ini.
14. Mba Hesti, Bu Har, Mba Willy, Mba Ana, Pak Mursid, Mas Iwan, Mas Acil, Mas Doddy, Mas Latief, atas bantuannya selama kuliah hingga penyusunan skripsi.
15. Seluruh kerabat dan teman penulis yang tidak bisa disebutkan satu per satu atas dukungan yang telah diberikan

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 25 Juni 2012

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Oktioza Pratama
NPM : 0806458990
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisis Dampak Rencana Penerapan *Electronic Road Pricing (ERP)*
Pada Sektor Transportasi Terhadap Kota Jakarta
Menggunakan Pendekatan Sistem Dinamis

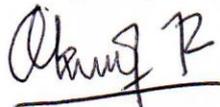
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 25 Juni 2012

Yang menyatakan



(Oktioza Pratama)

ABSTRAK

Nama : Oktioza Pratama
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Analisis Rencana Penerapan *Electronic Road Pricing* (ERP) Pada Sektor Transportasi Terhadap Kota Jakarta Dengan Pendekatan Sistem Dinamis

Skripsi ini membahas analisis penerapan skenario kebijakan *Electronic Road Pricing* (ERP) yang telah berhasil untuk mengurangi kemacetan di berbagai kota seperti London, Stockholm, dan Singapura. Teori sistem dinamis digunakan sebagai basis untuk menerapkan skenario ERP. Indikator hasil yang dianalisis adalah *travel time*, konsumsi bahan bakar minyak sektor transportasi dan emisi CO₂. Hasil penelitian ini menunjukkan penerapan skenario ERP dapat menurunkan *travel time* kendaraan yang juga mengurangi konsumsi bahan bakar minyak dan emisi CO₂. Akan tetapi, ketiga indikator tersebut akan meningkat kembali mengingat kebutuhan transportasi yang terus meningkat setiap tahunnya.

Kata Kunci:
Electronic Road Pricing (ERP), sistem dinamis, *travel time*, konsumsi BBM, emisi CO₂.

ABSTRACT

Name : Oktioza Pratama
Study Program : Industrial Engineering
Title : Analysis of Implementation Plan for Electronic Road Pricing (ERP) in Transportation Sector at Jakarta with System Dynamics Approach

The focus of this study is to analyze policy design for Electronic Road Pricing (ERP) that has succeeded to reduce congestion in other city like London, Stockholm, and Singapore. System Dynamics model is used as basic for implementation the ERP scenario. Output indicator that analyzed are travel time, Fuel consumption, and CO₂ *emission*. This study shows that ERP can reduce travel time, fuel consumption, and CO₂ emission. However, that three output indicators will increase again because the excalation of transport demand.

Keywords:

Electronic road pricing (ERP), system dynamics, travel time, fuel consumption, CO₂ emission.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Permasalahan	4
1.3. Diagram Keterkaitan Masalah	5
1.4. Tujuan dan Hipotesis Penelitian	5
1.5. Batasan Penelitian	5
1.6. Metodologi Penelitian	6
1.7. Sistematika Penulisan	10
2. DASAR TEORI	12
2.1. Study Integrated Transportation Master Plan (SITRAMP)	12
2.2. <i>Electronic Road Pricing</i> (ERP)	14
2.2.1. Definisi <i>Electronic Road Pricing</i> (ERP).....	14
2.2.2. Latar Belakang Penerapan <i>Electronic Road Pricing</i> (ERP)	17
2.2.3. Penerapan <i>Electronic Road Pricing</i> (ERP) di Beberapa Negara	18
2.2.4. Manfaat dan Dampak <i>Electronic Road Pricing</i> (ERP).....	19
2.2.5. Dasar Hukum <i>Electronic Road Pricing</i> (ERP)	21
2.3. Trips	24
2.4. <i>Travel Time</i>	24
2.5. <i>Congestion Level</i>	25
2.6. Simulasi.....	25
2.6.1. Definisi Simulasi	25
2.6.2. Tujuan Simulasi	26
2.6.3. Penggunaan Simulasi	28
2.7. Sistem Dinamis	29
2.7.1. Sistem.....	29
2.7.2. Sistem Dinamis	30
2.7.3. Proses Permodelan Sistem Dinamis.....	32
2.7.4. Sumber Informasi dalam Pembuatan Model Simulasi.....	34
2.7.5. Umpan Balik (<i>Feedback</i>)	35
2.7.6. Diagram Loop Sebab-akibat (<i>Causal Loop Diagram</i>)	36
2.7.7. Diagram Alir (<i>Stock and Flow Diagram</i>).....	36
2.7.8. Struktur dan Perilaku Sistem Dinamis	36
2.7.9. Validasi Model.....	37

2.8. Analisis Kebijakan	42
2.8.1. Prosedur Analisis Kebijakan	44
2.8.2. Skenario.....	46
2.8.3. Teknik Pembentukan Skenario	50
3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	52
3.1. Pengumpulan Data Mental.....	52
3.1.1. Pengumpulan Data Mental dari Jurnal Penelitian.....	52
3.2. Hipotesa Dinamis.....	56
3.3. Pengumpulan Data Numerik.....	57
3.4. Kerangka Sistem dan Pengembangan Model.....	58
3.4.1. Modus Referensi	58
3.4.2. Diagram Sistem dan Kerangka Teknis Model	61
3.5. Pengembangan Stock and Flow Diagram	63
3.5.1. SFD preferensi kendaraan	64
3.5.2. SFD Sub-model tingkat kemacetan dan waktu berkendara	65
3.5.3. SFD Sub-Model Konsumsi BBM dan Polusi	66
3.5.4. SFD Sub-Model Pendapatan ERP.....	67
3.6. Validasi dan verifikasi	69
3.6.1. Reproduksi perilaku	74
4. PENGEMBANGAN SKENARIO KEBIJAKAN DAN ANALISIS RANTAI PRODUKSI BIODIESEL.....	76
4.1. Perancangan skenario kebijakan	76
4.1.1. Perancangan skenario <i>Business As Usual</i> (BAU)	76
4.1.2. Perancangan skenario kebijakan <i>Electronic Road Pricing</i> (ERP).....	76
4.2. Analisis skenario kebijakan	78
4.2.1. Analisis skenario kebijakan <i>Business As Usual</i>	78
4.2.2. Analisis skenario kebijakan <i>Electronic Road Pricing</i> (ERP)	84
4.3. <i>Modal Share</i> Transportasi Pribadi dan Umum	90
4.4. Hasil Pendapatan ERP	91
5. KESIMPULAN.....	93
5.1. Kesimpulan	93
5.2. Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Progress proyek yang diajukan SITRAMP.....	12
Tabel 2.2. Target <i>Modal Share</i> Transportasi Publik dan Pribadi.....	13
Tabel 2.3. Cara-cara validasi dan verifikasi.....	38
Tabel 2.4. Cara-cara validasi dan verifikasi (sambungan).....	39
Tabel 2.5. Cara-cara validasi dan verifikasi (sambungan).....	40
Tabel 2.6. Cara-cara validasi dan verifikasi (sambungan).....	41
Tabel 3.1. Pengumpulan Data.....	57
Tabel 3.2. Pengumpulan Data (sambungan).....	58
Tabel 3.3. Tabel variabel <i>endogen</i> , <i>exogen</i> , dan <i>excluded</i>	68
Tabel 3.4. Tabel validasi dan verifikasi trips motor.....	69
Tabel 3.5. Tabel validasi dan verifikasi trips mobil.....	69
Tabel 3.6. Tabel validasi dan verifikasi populasi penduduk.....	70
Tabel 4.1. Tabel <i>travel time</i> rata-rata skenario BAU.....	79
Tabel 4.2. Tabel konsumsi BBM rata-rata skenario BAU.....	81
Tabel 4.3. Tabel Emisi CO2 rata-rata skenario BAU.....	83
Tabel 4.4. <i>Travel time</i> rata-rata skenario ERP.....	84
Tabel 4.5. Tabel konsumsi BBM rata-rata skenario ERP.....	87
Tabel 4.6. Tabel Emisi CO2 rata-rata skenario ERP.....	89
Tabel 4.7. Target <i>Modal Share</i> Transportasi Publik dan Pribadi.....	90
Tabel 4.8. <i>Modal Share</i> Skenario BAU.....	90
Tabel 4.9. <i>Modal Share</i> Skenario ERP.....	90
Tabel 4.10. Pendapatan ERP per tahun.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Diagram keterkaitan masalah.....	4
Gambar 1.2. Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	9
Gambar 2.1. Aplikasi ERP di Beberapa Kota di Dunia.....	19
Gambar 2.2. Simulasi Memberikan Cara Virtual dalam.....	28
Gambar 2.3. Proses Sistem Dinamik	32
Gambar 2.4. Perilaku Model secara Umum.....	37
Gambar 2.5. Proses Pembuatan Kebijakan	42
Gambar 2.6. Prosedur Analisis Kebijakan	46
Gambar 3.1. Modus Referensi <i>Travel time</i>	59
Gambar 3.2. Modus Referensi Konsumsi Bahan Bakar Minyak Sektor Transportasi	60
Gambar 3.3. Modus Referensi Emisi CO2 Sektor Transportasi	60
Gambar 3.4. Diagram Sistem Model yang Dikembangkan	61
Gambar 3.5. Causal Loop Diagram Model.....	62
Gambar 3.6. Sub-model populasi.....	64
Gambar 3.7. SFD Preferensi Kendaraan.....	65
Gambar 3.8. SFD Tingkat kemacetan dan Waktu Berkendara	66
Gambar 3.9. SFD Sub-model polusi dan konsumsi BBM.....	67
Gambar 3.10. SFD Sub-Model Pendapatan ERP.....	68
Gambar 3.11. Perbandingan model dan data sebenarnya	70
Gambar 3.12. Uji Ekstremitas Pada Tingkat Kelahiran Per Tahun.....	72
Gambar 3.13. Keluaran Hasil pada Time Step 45 hari	73
Gambar 3.14. Keluaran Hasil pada Time Step 22 hari	73
Gambar 3.15. Keluaran Hasil pada Time Step 90 hari	74
Gambar 3.16. Grafik Perbandingan konsumsi BBM dan Emisi	75
Gambar 4.1. Travel time rata-rata skenario BAU.....	78
Gambar 4.2. Konsumsi BBM rata-rata skenario BAU	80
Gambar 4.3. Emisi CO2 rata-rata skenario BAU.....	82
Gambar 4.4. Travel time rata-rata skenario ERP	84
Gambar 4.5. Konsumsi BBM rata-rata skenario ERP	86
Gambar 4.6. Emisi CO2 rata-rata skenario ERP.....	88

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertambahan jumlah populasi manusia dan urbanisasi telah meningkatkan tingkat kemacetan diseluruh dunia, tidak terkecuali di Indonesia. Salah satu contoh nyata terlihat dari keadaan transportasi ibu kota negara, Jakarta. Jakarta merupakan kota dengan tingkat kemacetan tertinggi di Indonesia. Hal ini tercermin, salah satunya, dari perbandingan antara utilisasi kendaraan dengan total area jalan di Jakarta. Dengan peningkatan utilisasi jalan yang semakin tidak terkendali, maka diprediksi pada tahun 2014 Jakarta akan macet total (Jakarta Local Government, 2011).

Menurut data Polda Metro Jaya, rata-rata pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor dalam lima tahun terakhir mencapai 9,5% per tahun, sedangkan pertumbuhan panjang jalan hanya 0,1% per tahun. Padahal, idealnya pertumbuhan panjang jalan adalah 10% - 15% per tahun. Hal ini mengakibatkan semakin bertambahnya kemacetan di Jakarta dari tahun ke tahun (Tim Redaksi Butaru, 2009).

Menghadapi masalah ini, pemerintah Jakarta juga tidak tinggal diam. Beberapa solusi sudah pernah dilaksanakan, seperti penggunaan busway, *three in one*, dan metode *park and ride* di beberapa daerah. Namun, masalah kemacetan belum sepenuhnya teratasi. Oleh karenanya, dibutuhkan suatu model transportasi kota Jakarta yang berfungsi untuk memberikan pemahaman terhadap seluruh pemangku dan pengambil kebijakan terhadap transportasi kota. Selain itu, model tersebut juga dilengkapi dengan skenario *electronic road pricing* (retribusi lalu lintas elektronik). Retribusi lalu lintas elektronik terbukti berhasil mengatasi masalah serupa pada berbagai negara seperti Hongkong, Singapura, dan Inggris (Liu, 2010).

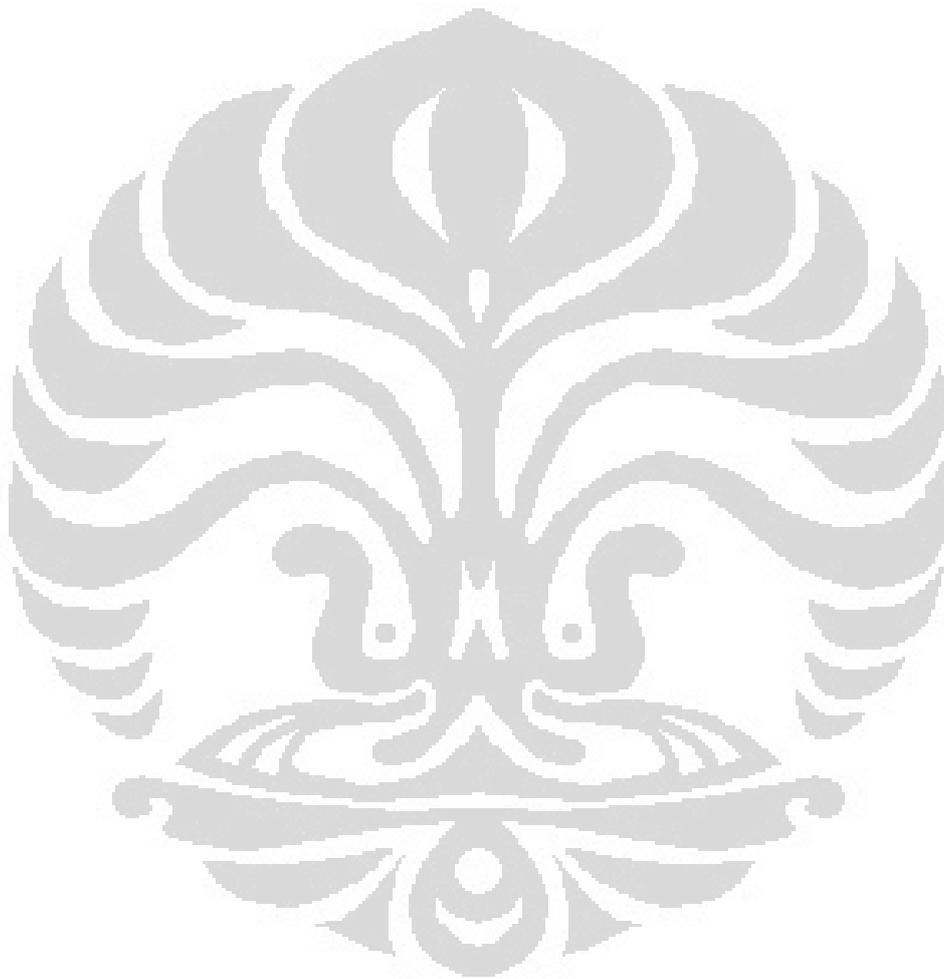
Electronic road pricing (ERP) merupakan mekanisme retribusi lalu lintas terhadap kendaraan pribadi dengan tujuan *travel demand management* (manajemen permintaan perjalanan) agar dapat mengurangi jumlah kendaraan

pribadi yang melewati suatu area atau daerah dengan tingkat kepadatan kendaraan tertentu dan biasanya pada range waktu tertentu/saat jam sibuk (Hau, 1990). Pendapatan dari ERP akan digunakan untuk menunjang *supply side management*, seperti pembangunan infrastruktur transportasi jalan termasuk pembangunan jalan dan alokasi dana untuk transportasi publik (Liu, 2010). Contoh infrastruktur transportasi jalan yang ada di Jakarta adalah transjakarta, jalan tol, dan sebagainya. Sehingga, keberadaan ERP dapat menjadi salah satu alternatif solusi untuk mengurangi jumlah kendaraan pribadi, juga meningkatkan fasilitas kendaraan umum.

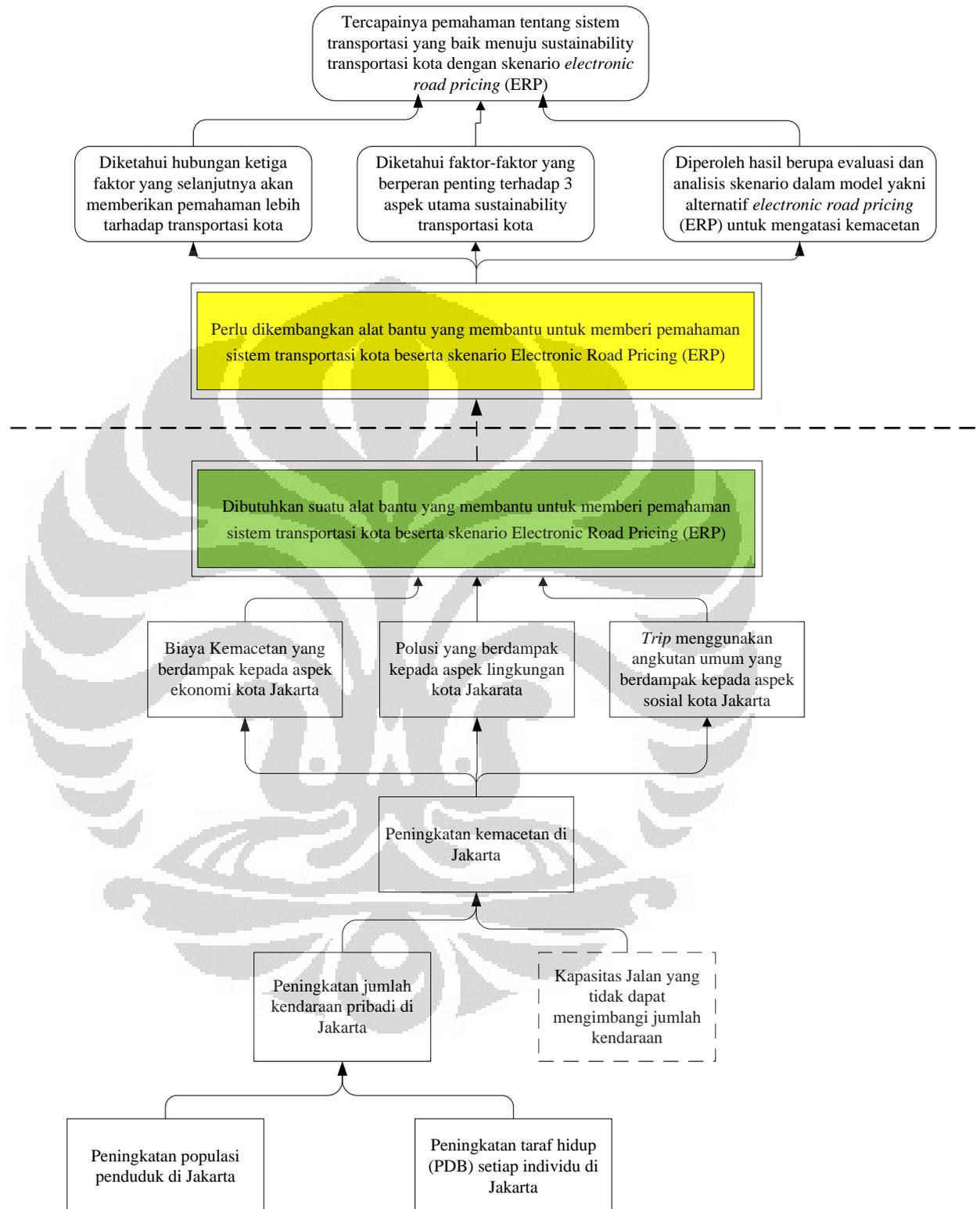
Dalam penerapan ERP, peneliti membuat rancangan model dan menganalisis skenario implementasi ERP dari model yang telah dirancang. Pendekatan yang peneliti gunakan adalah pendekatan sistem dinamis sehingga dapat merepresentasikan interaksi berganda yang terjadi secara bersamaan diantara variabel yang disatukan dengan *multiple feedback loops*. Pendekatan ini membantu seseorang untuk mengerti dan menginterpretasikan interaksi dengan mudah. Hal ini dapat memudahkan pemangku dan pengambil kebijakan dalam mengambil kebijakan (Sterman J., 2001).

Lebih jauh lagi, salah satu kelebihan dari sistem dinamis adalah kemampuan untuk mendeskripsikan dinamisasi dari sistem yang berevolusi secara kontinu dan memasukkan faktor *delay*. Hal ini penting karena model ini dirancang untuk mengetahui dampaknya selama beberapa periode sehingga *delay* menjadi poin penting. *Delay* merepresentasikan banyak hal seperti perubahan persepsi dari pengguna kendaraan, penambahan infrastruktur dan sebagainya dalam periode beberapa tahun. Permodelan sistem dinamis juga mengasumsikan beberapa hubungan yang tidak linier (Sterman J., 2001) (contohnya, hubungan antara kemacetan dan kenyamanan perjalanan sehingga berdampak kepada ketertarikan penggunaan moda transportasi tersebut). Hal ini penting karena jika hubungan tidak linier ini diabaikan, artinya juga mengabaikan prinsip dasar sistem yakni interaksi tidak linier dari berbagai faktor dalam pengambilan keputusan. *Software* yang peneliti gunakan dalam merancang model ini adalah Powersim.

Pada akhirnya model beserta evaluasi skenario ERP ini akan menjawab kebutuhan pemerintah provinsi DKI Jakarta untuk mengatasi masalah kemacetan di Jakarta. Hal ini penting sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan investasi serta dalam menentukan kebijakan-kebijakan terkait transportasi kota Jakarta.



1.2. Rumusan Permasalahan



Gambar 1.1. Diagram keterkaitan masalah

1.3. Diagram Keterkaitan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan diagram keterkaitan masalah, maka pokok permasalahan yang dibahas dalam skripsi ini adalah merancang model beserta skenario *electronic road pricing* (ERP) sebagai alat bantu untuk mempelajari hubungan antar indikator dan untuk menganalisis penentuan kebijakan.

1.4. Tujuan dan Hipotesis Penelitian

1. Memperoleh suatu model simulasi sistem transportasi kota dengan pendekatan sistem dinamis.
2. Mendapatkan evaluasi dari penerapan skenario *electronic road pricing*

1.5. Batasan Penelitian

Untuk memfokuskan penelitian pada pokok permasalahan, maka peneliti membatasi ruang lingkup penelitian. Adapun batasan-batasan itu adalah :

- a) Sistem transportasi kota yang dimaksudkan di sini adalah sistem transportasi kota Jakarta, sehingga faktor-faktor yang akan dilibatkan dalam model adalah faktor-faktor yang hanya terdapat di Jakarta.
- b) Data-data yang digunakan adalah data-data statistik yang diperoleh dari BPS (JDA dan SITRAMP) dan dinas-dinas di Pemerintah Provinsi (Pemprov) DKI Jakarta yang diakui secara nasional dan internasional.
- c) Skenario yang dianalisis dan dievaluasi pada penelitian ini adalah skenario ERP.
- d) Fokus utama dari permasalahan sistem transportasi kota Jakarta ini adalah masalah kemacetan yang dicerminkan oleh *travel time*, konsumsi BBM dan emisi CO₂ sektor transportasi. Tidak memodelkan sektor ekonomi dan sosial.
- e) Model simulasi dalam jangka waktu 2002 hingga 2030.
- f) Moda transportasi yang dimodelkan adalah yang memiliki jarak tempuh yang tinggi seperti *Busway* Bus, Mobil, Motor, KRL (*Commuter Line*), *feeder busway*, dan taksi.
- g) Data yang digunakan adalah untuk memodelkan sistem transportasi untuk keperluan bekerja (*commuting trips*).
- h) Tidak mempertimbangkan faktor biaya investasi dan operasional ERP

1.6. Metodologi Penelitian

Berikut ini adalah metodologi yang digunakan oleh peneliti dalam melakukan penelitian.

1. Pemilihan topik penelitian

Pada tahap ini peneliti menentukan topik penelitian yang ingin dilakukan bersama pembimbing skripsi.

2. Pemahaman dasar teori

Pada tahap ini peneliti menentukan dan mempelajari dasar teori yang dibutuhkan dalam mengupas pokok permasalahan penelitian. Dasar teori yang digunakan meliputi teori sistem dinamik, serta teori mengenai pembangunan transportasi kota beserta indikatornya.

3. Pengumpulan dan pengolahan data

Pada tahap ini peneliti mencari dan mengumpulkan data berupa data-data mengenai bidang pembangunan sistem transportasi di DKI Jakarta dan data-data statistik DKI Jakarta yang diperoleh melalui data BPS, dan dinas-dinas di Pemda DKI Jakarta.

Pada tahap ini peneliti juga mengolah data-data yang diperoleh hingga dihasilkan model pembangunan kota DKI Jakarta. Adapun langkah-langkah pengolahannya adalah sebagai berikut:

- a. Membuat diagram *loop* sebab akibat dari komponen-komponen pembangunan sistem transportasi kota Jakarta.
- b. Membuat sistem diagram.
- c. Membuat modus referensi.

4. Analisis perancangan model simulasi

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses ini merupakan langkah-langkah utama yang diperlukan dalam pembuatan model simulasi sistem dinamis itu sendiri. Dalam hal ini, proses yang dilakukan adalah pembuatan model konseptualisasi berupa sistem diagram serta perancangan model simulasi sistem dinamis (*dynamic modelling*). Tahapan-tahapan yang dilakukan antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Membuat sistem diagram yang berisi model diagram sebab-akibat (CLD) untuk menggambarkan hubungan yang terjadi di antara variabel-variabel yang ada.
 - b. Mempelajari perilaku-perilaku yang terjadi seiring dengan berjalannya waktu berdasarkan dinamika yang digambarkan dalam *causal loop diagram*.
 - c. Mendefinisikan jenis-jenis variabel (seperti *stock*, *flows*, *converters*, dan lain-lain) dan menyusun *stock and flow diagram* (SFD) untuk sektor-sektor model yang berbeda.
 - d. Membangun model simulasi komputer yang didasarkan atas CLD atau SFD yang sebelumnya dibuat. Pada tahap ini dilakukan identifikasi nilai awal dari *stock/level*, nilai-nilai parameter dari hubungan-hubungan yang ada, serta hubungan struktural di antara variabel-variabel yang ada dengan menggunakan *constant*, hubungan grafis, atau fungsi-fungsi matematis yang sekiranya tepat. Pembuatan model ini dilakukan dengan menggunakan bantuan software Powersim Studio 2005.
 - e. Mensimulasikan model sesuai dengan periode waktu yang telah ditetapkan sebelumnya.
 - f. Menyajikan hasil dalam bentuk grafik atau tabel dari hasil model simulasi dengan menggunakan bantuan *software* komputer. Perilaku yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan data historis atau referensi yang mendukung.
 - g. Melakukan verifikasi terhadap persamaan-persamaan, parameter dan batasan, serta melakukan validasi terhadap perilaku model dalam periode waktu yang dijalankan. Inspeksi kemudian dilakukan untuk melihat tabel dan grafik yang dihasilkan dari model simulasi pada tahap ini.
 - h. Melakukan pengembangan skenario kebijakan alternatif dengan melakukan intervensi pada model simulasi dasar.
5. Analisis Skenario
- Setelah model simulasi dijalankan, maka pada tahap ini dilakukan perancangan skenario dan kebijakan yang akan diterapkan. Setelah itu, hasil

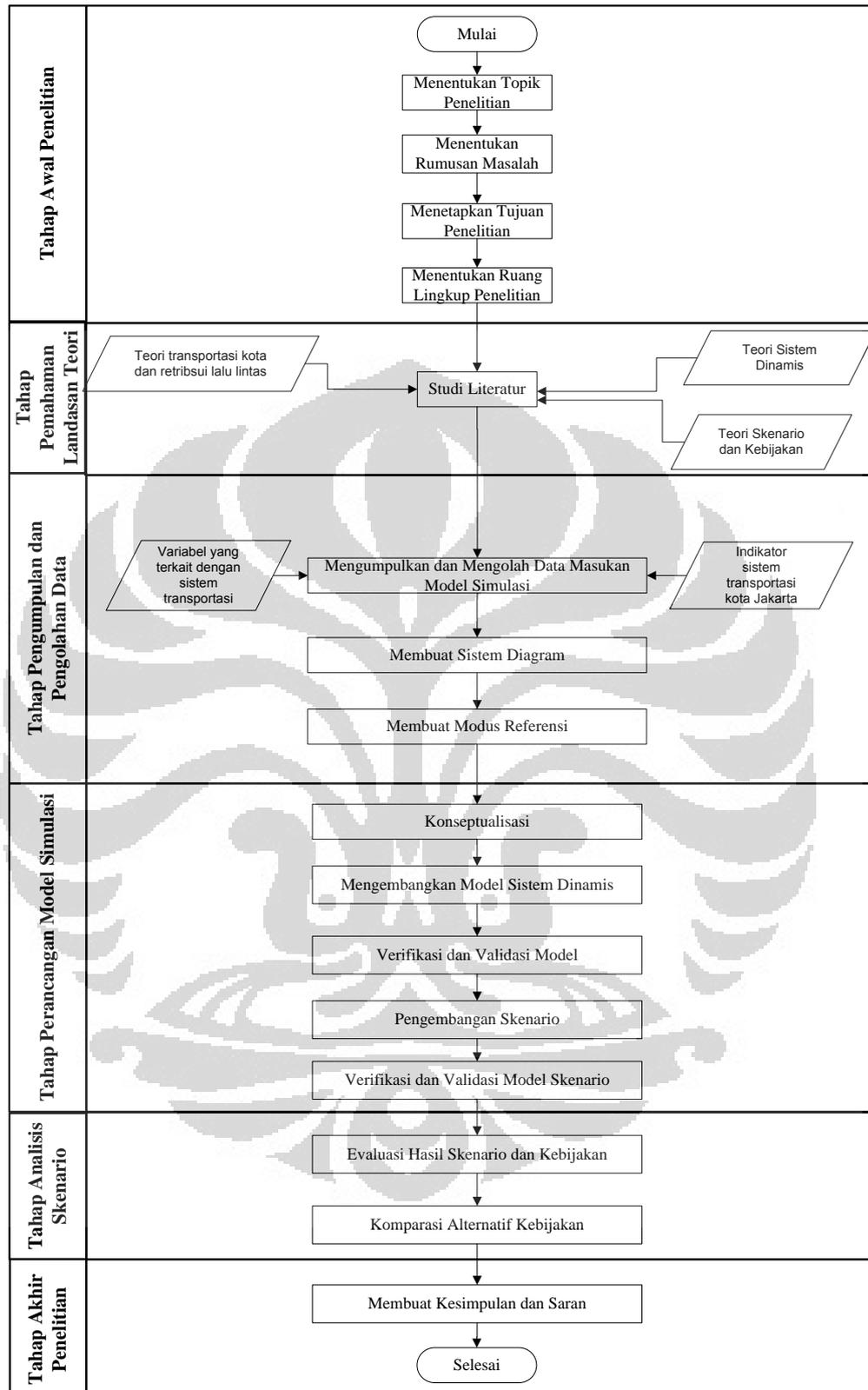
model simulasi yang ada kemudian diamati dan dianalisis untuk mendapatkan kebijakan yang sesuai dengan kondisi-kondisi skenario yang ada.

6. Pengambilan kesimpulan penelitian

Pada tahap ini dilakukan pengambilan kesimpulan terhadap hasil keluaran simulasi dan pengujian kebijakan pada skenario-skenario simulasi yang dijalankan.

Metodologi penelitian yang dilakukan peneliti digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti pada gambar 1.2.





Gambar 1.2. Diagram Alir Metodologi Penelitian

1.7. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi ke dalam enam bab, yang dirangkai secara sistematis berdasarkan alur kerja penelitian yang dilakukan penulis.

Bab pertama merupakan pendahuluan dari laporan yang dibuat. Di dalamnya berisikan latar belakang permasalahan, diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup atau atasan penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

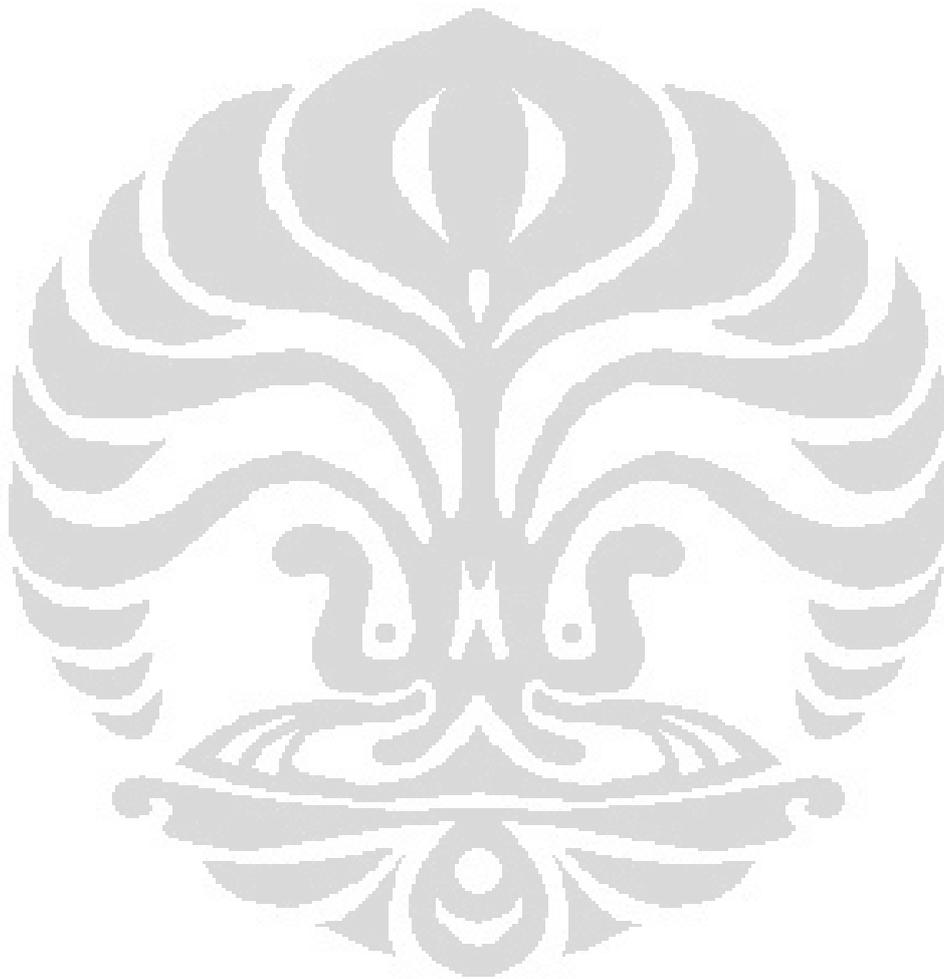
Bab kedua merupakan tinjauan atas teori-teori dan literatur yang terkait dengan objek dan metode penelitian yang dijadikan landasan berpikir di dalam melakukan penelitian. Di dalam penelitian ini, konsep-konsep yang digunakan adalah konsep sistem dinamis, konsep kemacetan, trips, *travel time*, dan ERP.

Bab ketiga membahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data. Pada bagian awal dibahas mengenai model konseptualisasi penelitian ini. Kemudian, data tertulis dan data mental yang dikumpulkan digunakan untuk mempelajari kondisi dan permasalahan yang ada. Pembahasan kemudian dilanjutkan pada pembuatan sistem diagram, modus referensi dan pengolahan data numerik dari variabel-variabel yang relevan dengan kondisi yang ada pada sistem transportasi kota Jakarta terhadap kemacetan. Setelah itu, dilakukan pembuatan simulasi dinamis dan pembahasan terhadap hasil keluaran model simulasi yang dibuat. Pembahasan dimulai dari pembuatan CLD yang menggambarkan hubungan dari variabel-variabel yang ada serta SFD sebagai dasar dari pembuatan model simulasi sistem dinamis yang dibuat. Selain itu, pada bab ini juga dijelaskan sistem diagram dan modus referensi. Pada akhir bab ini, dilakukan proses verifikasi dan validasi terhadap model simulasi yang dibuat.

Bab keempat membahas pengembangan skenario. Pengembangan skenario dibuat dengan melakukan intervensi pada model dasar simulasi yang telah dibuat sebelumnya.

Bab kelima adalah verifikasi dan validasi model skenario yang dibuat, yaitu skenario pembangunan sistem transportasi DKI Jakarta dengan skenario retribusi lalu lintas. Selain itu, juga termasuk evaluasi hasil skenario dengan adanya ERP.

Bab keenam adalah kesimpulan dan saran. Bab ini merangkum keseluruhan proses penelitian yang dilakukan serta hasil dan analisa yang diperoleh dari model simulasi dan skenario yang dibuat. Pada bagian akhir dibahas mengenai saran untuk penelitian berikutnya.



BAB 2 DASAR TEORI

Pada bab dua ini, penelitian akan berfokus pada tinjauan pustaka yang mendukung penelitian ini. Teori yang dijabarkan diantaranya adalah perihal Electronic Road Pricing (ERP), *trips*, *travel time*, *congestion level*, model dan simulasi, teori sistem dinamis, teori analisis kebijakan, dan teori skenario.

2.1. Study Integrated Transportation Master Plan (SITRAMP)

Dalam rangka mengurangi kemacetan, pemerintah pusat dan lokal Jabodetabek melakukan studi yang berjudul Study Integrated Transportation Master Plan (SITRAMP). Studi ini melibatkan agensi dari Jepang yang bernama Japan International Cooperation Agency (JICA). Studi ini dipersiapkan untuk mencapai target master plan pada tahun 2030. Dalam studi ini terdapat beberapa proyek yang telah diajukan semenjak tahun 2002 namun hingga kini masih banyak yang belum diimplementasikan. Beberapa proyek yang telah diajukan sejak tahun 2002 dapat dilihat pada Tabel 2.1. Progress proyek yang diajukan SITRAMP

Tabel 2.1. Progress proyek yang diajukan SITRAMP

Sektor	A	B	C	Total
Pembangunan Jaringan Jalan	2	8	16	26
Sistem Kontrol kemacetan dan Manajemen Permintaan Lalu lintas	4	5	2	11
Bus dan Fasilitas Intermoda	3	2	8	13
Sistem Jalan Kereta Api	2	3	11	16
Keamanan, Keselamatan, & lingkungan	5	1	2	8
Perencanaan Kota, Institusi dan Pembiayaan	2	4	6	12
Total	18	23	45	86
Persentase	21%	27%	52%	100%

Catatan: A: Diimplementasikan sesuai jadwal; B: Diimplementasikan sebagian atau masih tertunda; C: Belum diimplementasikan

Dari tabel diatas dapat dilihat lebih dari 50% program belum diimplementasikan, 27% diimplementasikan sebagian atau masih tertunda, dan 21% dapat diimplementasikan sesuai jadwal. Hal ini disebabkan oleh empat penyebab utama yakni kurangnya basis hukum untuk *master plan*, kesulitan dalam akuisisi lahan, kurangnya koordinasi dengan pembuat regulasi urban, dan belum didapatkannya hukum secara legal untuk Manajemen Sistem, khususnya rencana penerapan *Electronic Road Pricing (ERP)* (The Coordinating Ministry of Economic Affairs Republic of Indonesia, 2011).

Setelah meninjau kinerja pelaksanaan proyek yang telah diajukan semenjak tahun 2002, SITRAMP merancang beberapa tujuan utama, yakni:

1. Efisiensi Sistem Transportasi melalui pengurangan tingkat kemacetan demi mendukung aktivitas ekonomi melalui tiga cara:
 - a. Peningkatan kapasitas jalan melalui pembangunan dan peningkatan jaringan jalan
 - b. Optimalisasi utilitas kapasitas jalan yang sudah ada menggunakan sistem pengontrolan kemacetan dan penyediaan informasi kemacetan
 - c. Menurunkan jumlah trips kendaraan yang berlebih melalui manajemen permintaan kemacetan dan pemindahan moda transportasi pribadi menuju moda transportasi umum
2. Keadilan sarana transportasi bagi seluruh pengguna
3. Perbaikan kesehatan lingkungan melalui perbaikan transportasi
4. Perbaikan keselamatan dan kemandirian dalam transportasi

Selain keempat tujuan utama tersebut, SITRAMP juga mencanangkan target *modal share* (perbandingan penggunaan transportasi publik dan pribadi) pada tahun 2020 dan 2030 sesuai dengan Tabel 2.2:

Tabel 2.2. Target Modal Share Transportasi Publik dan Pribadi

Target (SITRAMP)		
Tahun	Transportasi Pribadi	Transportasi Umum
2020	66.00%	34.00%
2030	64.00%	36.00%

Demi mencapai empat tujuan utama dan target tersebut, maka dibutuhkan upaya untuk mengatasi kemacetan, khususnya untuk mengurangi kemacetan. Salah satu upaya yang telah diajukan semenjak tahun 2002 adalah *Electronic Road Pricing* (ERP).

2.2. *Electronic Road Pricing* (ERP)

Salah satu upaya pemerintah provinsi DKI Jakarta untuk mengatasi kemacetan adalah menerapkan metode *travel demand management* (TDM). Salah satu metode TDM yang telah berhasil di beberapa negara maju adalah *Electronic Road Pricing* (ERP). Berikut ini penjelasan mengenai ERP.

2.2.1. Definisi *Electronic Road Pricing* (ERP)

Salah satu strategi dalam mengatasi kemacetan dan menuju sistem transportasi yang berkelanjutan (*sustainable transport system policy*) adalah manajemen permintaan perjalanan (*travel demand management*). Secara umum, tujuan dari kebijakan *travel demand management* adalah untuk mendorong pengguna jalan untuk mengurangi perjalanan yang relatif tidak perlu (terutama pengguna kendaraan pribadi) dan mendorong penggunaan moda transportasi yang lebih efektif, lebih sehat, dan ramah lingkungan. Kebijakan *travel demand management* dapat dikelompokkan menjadi tiga grup yaitu: instrumen-instrumen ekonomi (*economic instruments*), persetujuan-persetujuan kerjasama (*cooperative agreements*), dan instrumen-instrumen regulasi (Susantono, 2010).

1. *Economic instruments* menggunakan insentif dan/atau disinsentif untuk mencapai tujuan transportasi yang berkelanjutan (*sustainable transport*). Salah satu *economic instrument* yang sering diaplikasikan di beberapa kota di dunia adalah *road pricing*. *Road pricing* adalah pengenaan biaya secara langsung terhadap pengguna jalan karena melewati ruas jalan tertentu. Pada dasarnya terdapat dua tujuan dari pengenaan *road pricing* yaitu untuk menambah pendapatan suatu daerah atau negara, atau suatu sarana untuk mengatur penggunaan kendaraan agar tidak terjadi kemacetan. Tujuan utama dari *road pricing*, yaitu mengurangi kemacetan, menjadi sumber pendapatan daerah, mengurangi dampak lingkungan, dan mendorong penggunaan angkutan

massal. Berikut ini merupakan pengelompokan *road pricing* berdasarkan tujuan (Daniel & Bekka, 2000):

a. *Complete road pricing*

Complete road pricing adalah penerapan jalan berbayar yang dikenakan pada seluruh jalan besar (*highway*) pada suatu daerah atau regional tertentu. *Complete road pricing* merupakan pendekatan *road pricing* terbaik karena hal ini akan membuat pengendara kendaraan pribadi berpindah menggunakan kendaraan publik. Selain itu, jika pengendara kendaraan pribadi tetap menggunakan kendaraannya, maka akan dikenakan biaya sesuai dengan yang telah ditetapkan. Biaya yang didapatkan dari pengendara tersebut digunakan kembali untuk investasi transportasi publik seperti pembangunan infrastruktur dan penambahan kapasitas jalan. *Complete road pricing* biasanya diterapkan pada daerah atau regional dimana kemacetan sudah sangat tinggi hampir pada setiap ruas jalannya dan pertumbuhan jumlah kendaraan mendekati kapasitas jalan (Daniel & Bekka, 2000). Untuk kota seperti Jakarta dimana pembangunan jalan hanya 0.1% per tahun sedangkan pertumbuhan kendaraan bermotor jauh lebih tinggi yakni 9.5% per tahun, maka *complete road pricing* lebih tepat untuk diterapkan (Jakarta Local Government, 2011).

b. *Partial road pricing*

Partial road pricing merupakan pendekatan kedua dari *road pricing* secara umum. *Partial road pricing* merupakan jalan berbayar yang hanya dikenakan jika kendaraan melewati ruas jalan tertentu. Ruas jalan yang biasanya diterapkan *partial road pricing* adalah ruas jalan yang memiliki kepadatan tinggi pada jam-jam sibuk seperti saat berangkat dan pulang kantor. Tujuan *partial road pricing* adalah selain memindahkan pengendara kendaraan pribadi menuju kendaraan publik, juga mendorong pengendara kendaraan pribadi untuk memilih rute lain selain ruas jalan tersebut (Daniel & Bekka, 2000).

2. *Cooperative instruments* adalah keterlibatan individu, perusahaan swasta atau institusi pemerintah dalam mengurangi kemacetan lalu lintas, sebagai contoh *carpooling* yaitu penggunaan kendaraan yang memiliki daya tampung besar agar dapat mengangkut banyak penumpang, misalnya bus jemputan pegawai.

3. *Regulatory instruments* atau instrument-instrumen regulasi umumnya ditetapkan oleh pemerintah dan berisi standar-standar, larangan-larangan dan prosedur administrasi untuk mengurangi penggunaan kendaraan pribadi, sebagai contoh penetapan hari bebas kendaraan, melarang kendaraan pribadi untuk wilayah tertentu, batasan jumlah penumpang lebih dari tiga, dan lain-lain.

Congestion pricing (pungutan biaya kemacetan) merupakan salah satu *economic instrument* yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan kendaraan pribadi. *Electronic Road Pricing* (ERP) merupakan salah satu sebutan untuk *congestion pricing*. *Electronic road pricing* (ERP) adalah kebijakan pemberlakuan jalan berbayar untuk setiap kendaraan pribadi yang melewatinya. ERP bertujuan mengurangi kemacetan di ruas jalan tertentu pada jam-jam tertentu, biasanya pada jam-jam padat atau *peak hour*, sehingga dapat mengurangi kemacetan pada daerah tersebut yang juga berdampak kepada daerah lainnya. Sistem ERP menggunakan monitor elektronik dan *on-board unit* pada kendaraan sehingga dapat terdeteksi ketika memasuki daerah-daerah ERP. Tujuan penerapan ERP adalah agar arus kendaraan menjadi lebih lancar. Sistem ini mampu secara otomatis berfungsi seperti gerbang tol tanpa harus mengurangi atau memberhentikan kecepatan kendaraan yang akan memasuki daerah ERP seperti yang terjadi di jalan tol (Goh, 2002). Dengan *electronic road pricing*, pengguna kendaraan pribadi akan dikenakan biaya jika mereka melewati satu area atau koridor yang macet pada periode waktu tertentu. Pengguna kendaraan pribadi pada akhirnya harus menentukan apakah akan meneruskan perjalanannya atau berpindah menggunakan moda lain yang diijinkan untuk melewati area atau koridor tersebut.

Biaya yang dikenakan juga bertujuan untuk memberikan kesadaran kepada pengguna kendaraan pribadi bahwa perjalanan mereka dengan kendaraan pribadi mempunyai kontribusi terhadap kerusakan lingkungan dan kerugian kepada masyarakat yang tidak menggunakan kendaraan pribadi. Kondisi ini seringkali tidak dipikirkan oleh masyarakat dan pengambil kebijakan. *Electronic road pricing* telah sukses diaplikasikan di beberapa kota seperti Singapore, Stockholm, dan London. Dana yang terkumpul dapat dijadikan sebagai salah satu sumber

pembiayaan untuk mendukung beroperasinya moda transportasi yang lebih efektif, sehat, dan ramah lingkungan seperti *Bus Rapid Transit*, *Mass Rapid Transit*, dan lain-lain (Susantono, 2010). Menurut Button dalam Santos (2004), *road pricing* adalah sebuah konsep sederhana yang menggunakan harga untuk mencerminkan kelangkaan dan untuk mengalokasikan sumber daya untuk individu yang menggunakannya.

2.2.2. Latar Belakang Penerapan *Electronic Road Pricing* (ERP)

Latar belakang diterapkannya ERP adalah daya dukung jalan di Jakarta tidak memadai, kerugian akibat kemacetan sangat tinggi (\pm 42 triliun), degradasi sistem angkutan umum, dan tren pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang sangat tinggi (Dinas Perhubungan, 2011). Berdasarkan informasi dari Dinas Perhubungan DKI Jakarta, peningkatan jumlah kendaraan pribadi sangat pesat yaitu mencapai 1.117 per hari atau sekitar 9% per tahun. Peningkatan yang terjadi saat ini tidak diimbangi dengan pertumbuhan luas jalan. Pertumbuhan jalan relatif tetap, yakni sekitar 0,01% per tahun. Jika pembenahan pola transportasi tidak dilakukan, maka pada 2014 Jakarta diperkirakan macet total.

Kemacetan akan memberi dampak negatif, baik dalam aspek sosial, lingkungan, maupun ekonomi. Dampak negatif tersebut diantaranya pemborosan Bahan Bakar Minyak (BBM), peningkatan polusi udara, dan penurunan mobilitas. Sebelumnya Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah menerapkan aturan *three in one* (3 in 1) di beberapa ruas jalan ibu kota. Hal ini dimaksudkan untuk membatasi jumlah kendaraan pada jam-jam sibuk sehingga kemacetan dapat dikurangi. Namun, dalam pelaksanaannya aturan tersebut dinilai tidak efektif dalam mengatasi kemacetan. Kelemahan penerapan sistem *three in one*, diantaranya inkonsistensi penindakan pelanggaran aturan 3 in 1, jumlah petugas penegak hukum tidak memadai, dan muncul masalah sosial baru yaitu fenomena joki (Dinas Perhubungan, 2011).

Pemerintah Provinsi DKI Jakarta akan memberlakukan kebijakan *Electronic Road Pricing* (ERP), yaitu kebijakan pembatasan jumlah kendaraan melalui sistem jalan berbayar, dimana setiap kendaraan yang melintasi ruas jalan tertentu akan dikenakan biaya. Tujuannya adalah untuk mengatasi berbagai masalah yang ditimbulkan akibat kemacetan. Mekanisme penerapan ERP adalah

setiap kendaraan yang melintasi zona ERP akan dikenakan sejumlah biaya tertentu. Pintu gerbang zona ERP akan dilengkapi teknologi OBU (*on board unit*), yaitu alat sensor yang dipasang pada setiap kendaraan yang secara otomatis memotong deposit uang pengguna jalan saat melewati gerbang-gerbang ERP.

2.2.3. Penerapan *Electronic Road Pricing* (ERP) di Beberapa Negara

Elektronik Road Pricing telah sukses diterapkan di beberapa kota di dunia. Kota-kota yang telah mengaplikasikan sistem ERP ini diantaranya (Susantono, 2010):

a. Singapore

Singapore merupakan kota pertama yang mengaplikasikan ERP (sejak tahun 1998), pada awalnya disebut *urban road user charging*. Tujuannya adalah untuk membatasi lalu lintas yang masuk pada saat jam puncak untuk mengurangi kemacetan. Sebelum ERP, Singapore menggunakan *Area-Licensing Scheme* (ALS), pada tahun 1998, ALS diganti dengan *Electronic Road Pricing* (ERP). Harga untuk memasuki daerah atau koridor ERP bervariasi berdasarkan rata-rata kecepatan jaringan. Harga yang bervariasi tersebut ditujukan untuk mempertahankan kecepatan antara 45-65 km/jam pada *expressways* dan 20-30 km/jam pada jalan arteri. Dampak diterapkannya *congestion pricing* atau ERP di Singapore cukup signifikan. Prosentase penggunaan *carpools* dan bus meningkat dari 41% menjadi 62%, dan volume lalu lintas yang menuju daerah diterapkannya *congestion pricing* menurun sampai dengan 44%.

b. London

ERP diaplikasikan di London pada 17 Februari 2003. Tujuan dari aplikasi ERP di London adalah untuk mengurangi kemacetan, meningkatkan reliabilitas waktu perjalanan, dan mengurangi polusi udara. Aplikasi ERP di London memberikan beberapa hasil positif antara lain:

- Penurunan volume lalu lintas 15%,
- Penurunan kemacetan 30%,
- Penurunan polusi 12% (NO_x, PM10),
- Perjalanan menjadi lebih *reliable*,

- Reliabilitas *bus schedule* meningkat signifikan,
- Kecelakaan lalu lintas menurun,
- Peningkatan kecepatan tidak meningkatkan fatalitas kecelakaan,
- Tidak terjadi dampak lalu lintas yang besar di daerah diluar area *congestion charging*,
- Menjadi sumber pendapatan yang sebagian besar dipakai untuk perbaikan pelayanan angkutan umum.

c. Stockholm

ERP diaplikasikan secara resmi mulai 1 Agustus 2007, setelah diuji cobakan sejak tahun 2006. Tujuannya mengurangi kemacetan, meningkatkan aksesibilitas, memperbaiki kualitas lingkungan. Beberapa hasil positif yang bisa dicatat adalah:

- a) Meningkatnya aksesibilitas yang ditandai dengan penurunan antrian di pusat kota dan daerah-daerah dekat pusat kota sebesar 30-50%.
- b) Menurunnya total emisi kendaraan bermotor antara 10-14% di pusat kota, dan antara 2-3% untuk total satu kota.



Gambar 2.1. Aplikasi ERP di Beberapa Kota di Dunia

Sumber : Susantono (2010)

2.2.4. Manfaat dan Dampak *Electronic Road Pricing* (ERP)

Menurut Dinas Perhubungan DKI Jakarta (2011), manfaat *Electronic Road Pricing* (ERP), diantaranya:

- a. Pemerintah :
 - Mengurangi kemacetan
 - Sumber pendapatan baru dari lalu lintas
 - Mempermudah penerapan pembatasan lalu lintas
 - Peralihan moda kendaraan pribadi ke angkutan umum

- Meningkatkan efektifitas dan efisiensi dari manajemen permintaan
- b. Pengendara :
- Kenyamanan berkendara
 - Perjalanan menjadi lebih tepat waktu
 - Kemudahan pembayaran
 - Kemudahan berpindah moda ke angkutan umum
- c. Masyarakat :
- Mengurangi kebisingan yang dihasilkan kendaraan
 - Menurunkan tingkat polusi udara yang berasal dari asap kendaraan
 - Minimalisasi kerugian ekonomi akibat kemacetan lalu lintas

Apabila diterapkan ERP maka pengemudi dihadapkan pada pilihan-pilihan, yaitu membayar dan menikmati perjalanan, merubah moda angkutan yang digunakan, atau membatalkan perjalanan. Dampak penerapan kebijakan ERP tersebut adalah :

- a) Tercapainya efisiensi dalam aspek transportasi seperti tercapainya kelancaran lalu lintas yang menyebabkan penghematan waktu tempuh dan biaya perjalanan.
- b) Peningkatan kualitas lingkungan, TDM (*Travel Demand Management*) dalam aspek lingkungan diharapkan dapat mengurangi polusi udara, dan mengurangi polusi bunyi dan getaran.
- c) Penataan sistem tata guna lahan, TDM diharapkan dapat merevitalisasi fasilitas perkotaan sesuai dengan fungsinya.
- d) Meningkatkan ekonomi, TDM diharapkan dapat memberikan pendapatan tambahan bagi pemerintah sehingga mendapat dana tambahan untuk meningkatkan kualitas angkutan umum.
- e) Menjamin persamaan hak pengguna jalan, TDM diharapkan dapat memberikan keadilan bagi pengguna jalan dengan memberikan kewajiban yang lebih berat bagi pengguna jalan yang lebih berkontribusi terhadap kemacetan. Selain itu, jaminan terhadap pejalan kaki dan penghuni daerah lokal pun diharapkan dapat terealisasi.

2.2.5. Dasar Hukum *Electronic Road Pricing* (ERP)

Dasar hukum penerapan *Electronic Road Pricing* (ERP) adalah sebagai berikut (Dinas Perhubungan DKI Jakarta, 2011):

a. Undang – Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan

- PASAL 133 UU NO. 22/2009

Pasal 133 ayat (3), Pembatasan lalu lintas dapat dilakukan dengan pengenaan Retribusi Pengendalian Lalu Lintas yang diperuntukkan bagi peningkatan kinerja lalu lintas dan peningkatan pelayanan angkutan umum. Saat ini Peraturan Pemerintah untuk Undang-Undang ini sedang dalam proses pembahasan, diharapkan dapat lebih menegaskan perlunya pelaksanaan ERP.

- PASAL 472 RPP LLAJ

Pembatasan lalu lintas dapat dilakukan dengan pengenaan retribusi pengendalian lalu lintas. Retribusi pengendalian lalu lintas adalah biaya tambahan yang harus dibayar oleh pengguna kendaraan perseorangan dan kendaraan barang akibat kemacetan yang disebabkan. Dana yang diperoleh dari retribusi pengendalian lalu lintas diperuntukkan bagi peningkatan kinerja lalu lintas dan pelayanan angkutan umum. Ketentuan lebih lanjut tentang persyaratan penerapan pembatasan lalu lintas dengan pengenaan retribusi pengendalian lalu lintas diatur lebih lanjut dalam Peraturan Menteri yang bertanggung jawab dibidang sarana dan prasarana Lalu Lintas dan Angkutan Jalan dengan memperhatikan pendapat Menteri dibidang urusan dalam negeri.

b. Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2009 Tentang Pajak Daerah Dan Retribusi Daerah (PDRD)

Ketentuan tentang Retribusi Pengendalian Lalu Lintas / ERP belum dimuat, walaupun pada saat penyusunannya termasuk materi yang dibahas. Namun sesuai pasal 150 Undang-Undang ini, jenis retribusi selain yang ditetapkan dalam pasal 110 ayat (1) (retribusi jasa umum), pasal 127 (retribusi jasa usaha) dan pasal 141 (retribusi

perizinan tertentu), sepanjang memenuhi kriteria-kriteria sebagai retribusi, maka dapat ditetapkan dengan Peraturan Pemerintah.

ERP dapat memenuhi kriteria sebagai Retribusi Jasa Umum. Retribusi Jasa Umum merupakan retribusi untuk jasa yang disediakan atau diberikan oleh Pemda untuk tujuan kepentingan dan kemanfaatan umum serta dapat dinikmati oleh orang pribadi atau badan; (Pasal 1 Ketentuan Umum).

c. Peraturan Daerah Nomor 12 Tahun 2003 Tentang LLAJ, Kereta Api, Sungai Dan Danau, Penyeberangan

d. Peraturan Gubernur Nomor 103 Tahun 2007 Tentang Pola Transportasi Makro

Strategi Pola Transportasi Makro (PTM) meliputi :

- Pembangunan infrastruktur
- Pembangunan angkutan umum massal
- Pengaturan-pengaturan

Kebijakan pengaturan berupa rencana pembatasan lalu lintas yang terdiri dari :

- Pembatasan kepemilikan kendaraan bermotor
- Pembatasan penggunaan jalan
- Pembatasan parkir
- Pengaturan penggunaan jalan tertentu

e. Draft RTRW Provinsi DKI Jakarta 2010 - 2030

Bab IV Pasal 22 ayat (1), Penerapan manajemen lalu lintas terdiri dari antara lain sistem satu arah, pengaturan dengan lampu lalu lintas, dan kebijakan pembatasan lalu lintas yang diimplementasikan secara bertahap pada daerah tertentu.

Electronic Road Pricing (ERP) belum dapat diimplementasikan karena ERP dalam RPP tentang LLAJ masih dalam pembahasan. Selain itu belum ada RPP tentang PDRD yang mengatur ERP dan belum disusunnya Perda tentang ERP. Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam ERP (Mohammad, Pulungan, Damantoro, & Suhud, 2010), yaitu :

- Aspek legal, berupa dasar penerapan ERP, dasar penarikan pembayaran, dasar penindakan terhadap pelanggar, dasar pengenaan sanksi terhadap pelanggar, dan mekanisme penggunaan uang hasil ERP
- Aspek wadah (media), yaitu sarana jalan yang pengaturannya berdasarkan peraturan perundang-undangan di bidang Jalan dan penempatan lokasi peruntukkan yang diatur dalam peraturan perundang-undangan di bidang Penataan Ruang;
- Aspek sumber daya (*resources*), yaitu bahwa jalan memiliki nilai ekonomi dan sosial yang pengaturannya didasarkan pada peraturan perundang-undangan antara lain di bidang Jalan, di bidang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, di bidang Perdagangan;
- Aspek kegiatan (aktivitas), bisa dilakukan berdasarkan aktivitas publik dan aktivitas private (pribadi), aktivitas publik yang pengaturannya berdasarkan peraturan perundang-undangan di bidang Jalan, di bidang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, sedangkan aktivitas private (pribadi) yang pengaturannya berdasarkan peraturan perundang-undangan di bidang pengelolaan lingkungan hidup, hak asasi manusia, dan di bidang penataan ruang;
- Aspek hak, yang pengaturannya berdasarkan peraturan perundang-undangan di bidang jalan, lalu lintas dan angkutan jalan, di bidang pengelolaan lingkungan hidup, hak asasi manusia, di bidang penataan ruang, dan peradilan tata usaha negara;
- Aspek kewenangan, yang pengaturannya berdasarkan peraturan perundang-undangan di bidang pemerintahan daerah, pajak dan retribusi daerah, dan UU tentang DKI Jakarta.
- Aspek perencanaan
- Aspek teknis berupa teknologi mana yang paling tepat untuk DKI Jakarta
- Aspek kelembagaan (institusi)

2.3. Trips

Tidak ada definisi yang tunggal oleh trips, banyak tulisan yang mengatakan trips adalah perjalanan yang diadakan dari suatu titik asal menuju tujuan dengan berbagai tujuan seperti dari rumah ke kantor untuk tujuan bekerja (McGuckin & Nakamoto, 2004). Dalam penelitian ini, trips yang digunakan adalah *commuting* trips, yakni untuk tujuan bekerja yang datanya didapatkan dari laporan Jabodetabek Urban Transportation Policy Integration. Dalam laporan tersebut, trips terbagi ke dalam beberapa moda transportasi. Trips setiap moda transportasi memiliki proporsi yang berbeda-beda. Trips yang paling banyak diwakili oleh motor dan paling sedikit diwakili oleh kendaraan-kendaraan rental (rental bus).

Trips kendaraan pribadi (mobil dan motor) memiliki proporsi yang sama dengan trips oleh transportasi publik. Perbandingannya adalah 49,7% untuk kendaraan pribadi dan 50,3% untuk transportasi publik. Hal ini mencerminkan bahwa kurang optimalnya utilisasi jalan dikarenakan kendaraan pribadi yang jumlah sangat banyak namun memiliki kontribusi dalam perpindahan manusia yang tidak jauh berbeda dengan transportasi publik yang jumlahnya lebih sedikit. Hal ini berdampak kepada kemacetan yang dicerminkan dengan *travel time* (waktu berkendara) yang tinggi.

2.4. Travel Time

Travel time (waktu berkendara) memiliki definisi waktu yang dibutuhkan pada setiap trips, baik untuk tujuan dari rumah ke kantor maupun dari kantor ke rumah. *Travel time* bukan hanya waktu yang dibutuhkan untuk berkendara, namun juga termasuk waktu menunggu dan waktu-waktu lainnya selama menggunakan moda transportasi. *Travel time* mencerminkan kemacetan di suatu ruas jalan, kabupaten, kota, atau negara. *Travel time* yang tinggi menandakan kemacetan yang tinggi sedangkan *travel time* yang rendah menandakan kemacetan yang rendah juga (The Coordinating Ministry of Economic Affairs Republic of Indonesia, 2011).

Pengukuran travel mempertimbangkan beberapa faktor (Iragael, 2007):

- (a) Pengeluaran harian setiap individu untuk waktu berkendaranya,

- (b) Jumlah waktu berkendara yang berasosiasi dengan tujuan tertentu,
- (c) Waktu yang dibutuhkan dalam satu kali trips

2.5. Congestion Level

Congestion level (derajat kejenuhan) adalah perbandingan antara Perjalanan Kiloemeter kendaraan antara trips kendaraan dan kapasitas jalan (ARRB Transport Research Ltd, 2005). Derajat kejenuhan normalnya berada pada kisaran 0-1. Angka yang mendekati nol menandakan arus yang sangat lancar, sebaliknya angka yang mendekati 1 menandakan arus yang mendekati kemacetan total. *Congestion level* juga dapat melebihi 1, artinya jumlah trips kendaraan telah melebihi kapasitas jalan. Pada saat itu, jalan dapat dikatakan macet total. Selain itu, saat arus lalu-lintas mendekati kapasitasnya (derajat kejenuhan $> 0,8$), kondisi arus tersendat "berhenti dan berjalan" yang disebabkan oleh kemacetan. Akibatnya, menyebabkan bertambahnya emisi gas buangan dan juga kebisingan jika dibandingkan dengan kinerja lalu-lintas yang stabil (SWEROAD, 1997).

2.6. Simulasi

2.6.1. Definisi Simulasi

Secara kontekstual menurut *Oxford American Dictionary* (1980), simulasi secara harfiah dapat berarti sebagai cara “untuk mereproduksi kondisi dari suatu situasi, melalui penggunaan model atau alat peraga, untuk keperluan penelitian, percobaan, atau latihan”. Dalam pembahasan pada penelitian ini, definisi simulasi, ditekankan pada penggunaannya dalam membantu metode sistem dinamis.

Simulasi dalam konteks ini dapat didefinisikan sebagai imitasi dari sistem dinamis dengan menggunakan model komputer untuk mengevaluasi dan melakukan perbaikan (*improvement*) terhadap kinerja sistem. Menurut Schriber (1987), simulasi adalah suatu aktivitas memodelkan suatu proses atau sistem sedemikian sehingga model yang dibuat memiliki respon yang menyerupai sistem aktual terhadap kejadian-kejadian yang terjadi seiring berjalannya waktu, perilaku ini yang seringkali disebut sebagai melihat perilaku system terhadap waktu (*Behavior over time*) sehingga lebih mudah mempelajari perilaku sistem secara komprehensif.

Simulasi secara umum dibuat dan dikendalikan menggunakan perangkat lunak untuk membantu proses dan komputasi yang terjadi di dalam model, oleh karena sifat model dari simulasi terutama model simulasi system dinamis merupakan aplikasi dari perhitungan matematis yang kompleks sehingga diperlukan perangkat lunak dan kemampuan komputasi computer untuk mampu menghasilkan hasil yang diinginkan.

Simulasi lalu dirancang memiliki sebuah tampilan grafis yang membantu pembuat kebijakan atau *user* melakukan intervensi terhadap model simulasi, selama jalannya simulasi, *user* dapat secara interaktif mengatur kecepatan simulasi dan bahkan melakukan perubahan pada nilai parameter model untuk melakukan analisis “bagaimana-jika” (“*what-if*” *analysis*). Teknologi simulasi juga memungkinkan kemampuan untuk melakukan optimasi terhadap suatu model sehingga dihasilkan kondisi yang diinginkan. Bagaimanapun, optimasi ini tidak terjadi karena simulasi itu sendiri, melainkan karena adanya skenario-skenario yang memenuhi kendala-kendala kemungkinan yang ada sehingga model dapat dijalankan secara otomatis dan dianalisis dengan menggunakan algoritma mencapai tujuan secara khusus.

2.6.2. Tujuan Simulasi

Simulasi memberikan sebuah alternative baru untuk menguji kondisi kondisi yang diatur sehingga dampak dari kondisi kondisi yang diatur tersebut dapat terlihat sebelum di implementasikan dalam dunia nyata, hal ini memberikan sebuah pemahaman apakah suatu keputusan yang telah dibuat merupakan keputusan yang terbaik berdasarkan parameter parameter tertentu yang diinginkan. Simulasi menghindarkan akan metode tradisional yang mahal, memakan waktu, dan menghabiskan banyak sumber daya. Dengan penekanan pada kondisi yang ada sekarang ini, metode pengambilan keputusan tradisional dengan cara *trial-and-error* sudah dianggap tidak sesuai lagi.

Kelebihan simulasi terletak pada kemampuan simulasi menyediakan suatu metode analisis yang tidak hanya formal dan prediktif, tetapi juga secara akurat mampu mengevaluasi kinerja dari suatu sistem, bahkan sistem yang paling kompleks sekalipun. Dengan kondisi persaingan pasar saat ini yang menuntut

“*getting it right the first time*”, pentingnya simulasi menjadi semakin jelas agar tidak dilakukan permulaan yang keliru.

Dengan menggunakan komputer untuk memodelkan suatu sistem sebelum sistem itu dibuat atau untuk melakukan uji operasi sebelum sistem itu benar-benar diimplementasikan, kesalahan-kesalahan yang kerap kali ditemukan pada saat suatu sistem yang baru dijalankan atau saat memodifikasi sistem yang lama dapat dihindari. *Improvement* yang pada umumnya dengan metode tradisional dapat memakan waktu berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun dapat dicapai dengan waktu hitungan hari bahkan jam. Hal ini dimungkinkan karena simulasi berjalan dalam waktu yang dikompresi (*compressed time*) di mana waktu mingguan dari suatu sistem dapat disimulasikan dalam beberapa menit bahkan beberapa detik.

Karakteristik dari suatu simulasi yang menyebabkan simulasi dianggap sebagai *tool* yang efektif untuk perencanaan dan pengambilan keputusan antara lain adalah sebagai berikut:

- Kemampuan menangkap ketergantungan di dalam sistem. (*interdependencies*)
- Kemampuan menggambarkan variasi di dalam sistem.
- Kemampuan untuk memodelkan sistem apapun.
- Kemampuan menunjukkan perilaku terhadap waktu.
- Memakan biaya dan waktu yang lebih rendah serta menggunakan sumber daya yang lebih efisien dibandingkan dengan metode tradisional yang melakukan eksperimen secara langsung pada sistem aktual.
- Kemampuan menyediakan informasi pada pengukuran kinerja yang berbeda-beda.
- Kemampuan visual yang menarik dan memancing keingintahuan dari orang-orang.
- Kemampuan menyajikan hasil yang mudah dimengerti dan mudah dikomunikasikan.
- Kemampuan untuk mengkompresikan waktu.
- Menuntut perhatian untuk diberikan pada detail perancangan.

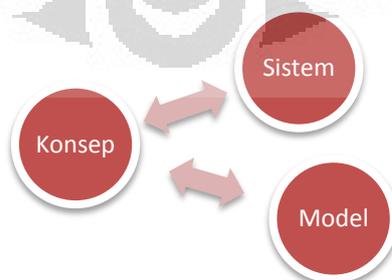
Karena simulasi dapat menggambarkan adanya saling ketergantungan (*interdependencies*) dan variasi, simulasi dapat memberikan pandangan yang mendalam mengenai dinamika yang kompleks dari suatu sistem yang tidak dapat diperoleh dengan menggunakan teknik analisis lainnya.

Simulasi memberikan kebebasan bagi perencana sistem untuk mencoba bermacam-macam ide yang berbeda untuk *improvement* dengan resiko yang nihil, yakni tidak menimbulkan biaya, tidak memakan waktu, dan tidak menimbulkan gangguan terhadap sistem aktual yang ada. Simulasi juga mampu menyajikan hasil secara visual dan kuantitatif dengan statistik kinerja yang tercatat secara otomatis dengan menggunakan bermacam-macam metrik pengukuran. Simulasi dapat dikerjakan dengan informasi yang tidak akurat, tetapi simulasi tidak dapat dibuat dengan data yang tidak lengkap.

2.6.3. Penggunaan Simulasi

Simulasi hampir selalu dilaksanakan sebagai bagian dari proses dalam perancangan sistem atau perbaikan proses yang besar. Alternatif-alternatif solusi akan dihasilkan dan kemudian dievaluasi, setelah itu solusi yang terbaik akan dipilih dan diimplementasikan.

Simulasi pada dasarnya merupakan sebuah alat yang digunakan untuk melakukan percobaan di mana model komputer dari sistem yang baru atau sistem yang sudah ada dibuat dengan tujuan untuk melakukan eksperimen. Model ini berperan sebagai pengganti dari sistem yang sebenarnya. Pengetahuan yang diperoleh dengan melakukan eksperimen pada model dapat ditransfer ke sistem yang sebenarnya.



Gambar 2.2. Simulasi Memberikan Cara Virtual dalam Melakukan Eksperimen terhadap Sistem

(Sumber: Bowden, et. al., 2000, hal. 9)

Menjalankan simulasi adalah sebuah proses merancang model dari sistem yang nyata dan melakukan eksperimen dengan model ini. Melakukan eksperimen pada model akan mengurangi waktu, biaya, dan kerusakan jika dibandingkan dengan eksperimen yang dilakukan pada sistem aktual. Bertolak dari hal ini, simulasi dapat dianggap sebagai *virtual prototyping tool* untuk mendemonstrasikan bukti dari konsep yang ada.

2.7. Sistem Dinamis

2.7.1. Sistem

Secara luas sistem dapat didefinisikan sebagai keseluruhan interaksi antar unsur dari sebuah obyek dalam batas lingkungan tertentu yang bekerja untuk mencapai tujuan tertentu. Beberapa contoh sistem antara lain sistem perbintangan, ekosistem, sistem lalu lintas, sistem politik, sistem ekonomi, sistem manufaktur, dan sistem jasa.

Suatu sistem setidaknya terbentuk atas elemen-elemen sebagai berikut:

- Komponen-komponen atau bagian-bagian penyusun suatu sistem
- Interaksi antar komponen-komponen
- Tujuan bersama atas interaksi-interaksi antar komponen-komponen
- Lingkungan atau batasan sistem (*system boundary*)

Berdasarkan pengaruh hasil keluaran (*output*) sistem terhadap kondisi sistem, maka sistem dapat dibedakan menjadi:

- Sistem terbuka

Sistem terbuka ialah suatu sistem dimana *output* merupakan hasil dari *input*, walaupun demikian *output* terpisah dan tidak memiliki pengaruh terhadap *input* awal. Sistem ini tidak mengamati maupun bereaksi dengan performanya sendiri sehingga tidak memiliki kendali atas perilakunya di masa mendatang.

- Sistem tertutup

Sistem tertutup disebut juga *feedback* sistem, yaitu sistem yang memiliki struktur *loop* yang tertutup yang membawa hasil dari tindakan di masa lalu (*output* sebelumnya) kembali untuk mengendalikan tindakan (*input* saat ini) di

masa mendatang. Sebuah *loop* umpan balik membutuhkan dua faktor penting untuk menjalankan operasinya yakni perbedaan antara hasil aktual dengan hasil yang diinginkan, serta aturan atau kebijakan yang menentukan aksi yang akan dilakukan terhadap suatu nilai perbedaan.

2.7.2. Sistem Dinamis

Sistem dinamis disusun dan dibangun pada akhir tahun 1950-an dan awal tahun 1960-an di *Massachusetts Institute of Technology* oleh Jay Forrester. Memang, kedatangan sistem dinamik secara umum dianggap menjadi alat publikasi buku pionir Forrester, *Industrial Dynamics* pada tahun 1961.

Sistem dinamis adalah metode untuk memperkuat pembelajaran dalam sistem yang kompleks, dan sebagian, adalah sebagai metode untuk membentuk suatu *management flight simulator*, model simulasi komputer, untuk membantu dalam mempelajari kompleksitas dinamis, mengerti sumber resistensi kebijakan, dan mendesain kebijakan yang lebih efektif (Sterman, 2000, hal. 4). Dinamika atau perilaku sistem didefinisikan oleh strukturnya dan interaksi antar komponen-komponennya.

Sementara itu, Forrester (1991, hal. 5) dalam sebuah tulisannya yang berjudul *System Dynamics and 35 Years of Experience* juga mengemukakan sisi lain pengertian *system dynamics*: “*System dynamics combines the theory, methods, and philosophy needed to analyze the behavior of systems in not only management, but also in environmental change, politics, economic behavior, medicine, engineering, and other fields*”.

Hal tersebut sejalan dengan berbagai hal yang dihadapi oleh sang penggagas konsep selama hidupnya sebelumnya menciptakan konsep ini. Forrester (1989) mengemukakan dalam sebuah perbincangan jamuan makan pada pertemuan internasional *System Dynamics Society* bahwa bidang keilmuan ini seolah telah terbentuk semenjak kecil. Berkat masa kecilnya yang ia habiskan di peternakan, konsep-konsep ekonomi seperti penawaran dan permintaan, perubahan harga dan biaya, dan tekanan perekonomian dunia pertanian menjadi pengalaman yang merasuk dalam jiwanya. Singkatnya, berbagai pengalaman yang diperolehnya dengan melakukan banyak proyek di berbagai bidang, dari teknologi

rendah hingga teknologi tinggi mendorongnya untuk menggabungkan kedua konsep tersebut, yaitu kompleksitas dan dinamika sistem dengan komputer.

Pada dasarnya, menurut Jenna Barnes, dalam jurnalnya yang berjudul “*System Dynamics and Its Use in Organization*”, terdapat empat konsep dasar dalam sistem dinamis yang menopang struktur dan perilaku sistem yang kompleks. Konsep tersebut adalah (Sterman, 2000):

1. Ruang lingkup yang tertutup

Yang dimaksud tertutup di sini bukan berarti tidak ada interaksi dengan variabel dari luar sistem. Yang dimaksud tertutup adalah variabel penting yang menciptakan interaksi sebab-akibat berada di dalam sistem dan variabel yang tidak begitu penting berada di luar

2. *Loop* umpan balik sebagai komponen dasar sistem

Perilaku dari sistem dipengaruhi oleh struktur dari *loop* umpan balik yang ada dalam sistem yang tertutup. Sehingga struktur umpan balik inilah yang mempengaruhi setiap perubahan yang terjadi pada sistem sepanjang waktu.

3. *Level* dan *rate* (tingkat)

Sebuah sistem dinamis pasti memiliki dua jenis variabel dasar yaitu *level* dan *rate*. *Level*, seperti halnya stok, merupakan akumulasi elemen sepanjang waktu, contohnya seperti jumlah pegawai atau jumlah inventori di gudang. Sedangkan *rate* merupakan variabel yang mempengaruhi perubahan nilai dari level.

4. Kondisi yang ingin dicapai, kondisi riil, dan perbedaan antara kondisi yang ingin dicapai dengan kondisi riil.

Suatu sistem yang dinamis akan memperlihatkan adanya kondisi yang menjadi tujuan sistem dan kondisi yang saat ini terjadi. Oleh karena ada kemungkinan kondisi yang ingin dicapai belum terjadi maka terjadi perbedaan yang mendasari perubahan dalam sistem.

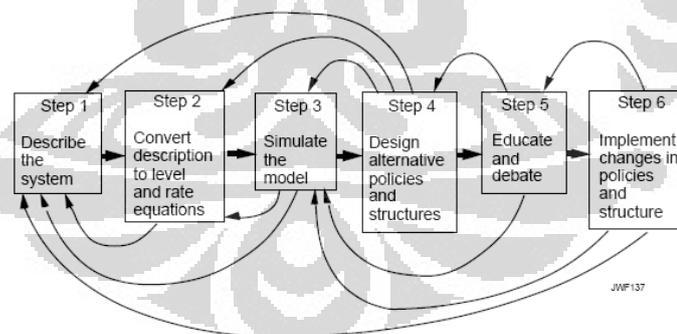
Setiap gejala, baik fisik maupun non-fisik, bagaimanapun kerumitannya, dapat disederhanakan menjadi struktur dasar yaitu mekanisme dari masukan, proses, keluaran, dan umpan balik. Mekanisme kerja berkelanjutan yang menunjukkan adanya perubahan menurut waktu bersifat dinamis. Perubahan tersebut menghasilkan kinerja sistem yang dapat diamati perilakunya.

Mekanisme berkelanjutan dari masukan, proses, keluaran dan umpan balik tersebut dalam dunia nyata tidak bebas atau tidak tumbuh tanpa batas, tetapi tumbuh dengan pengendalian. Kendali yang membatasi tersebut dapat bersumber dari dalam maupun dari luar sistem. Kendali dari dalam sistem menyangkut kerusakan sistem, sedangkan kendali dari luar sistem menyangkut intervensi dan hambatan lingkungan.

2.7.3. Proses Permodelan Sistem Dinamis

Tujuan model sistem dinamik adalah untuk mempelajari, mengenal, dan memahami struktur, kebijakan, dan *delay* suatu keputusan yang mempengaruhi perilaku sistem itu sendiri. Dalam kerangka berpikir sistem dinamik, permasalahan dalam suatu sistem dilihat tidak disebabkan oleh pengaruh luar (*exogenous explanation*) namun dianggap disebabkan oleh struktur internal sistem (*endogenous explanation*). Fokus utama dari metodologi sistem dinamik adalah memperoleh pemahaman atas suatu sistem, sehingga langkah-langkah pemecahan masalah memberikan umpan balik pada pemahaman sistem.

Pada gambar 2.5 ditunjukkan rangkaian proses dalam sistem dinamik yang dijelaskan oleh Jay Forrester dalam jurnalnya, “*System Dynamics, System Thinking and Soft OR*” :



Gambar 2.3. Proses Sistem Dinamik

(Sumber: Forrester, 1994, hal.4)

Langkah pertama merupakan investigasi yang termotivasi oleh perilaku sistem yang tidak diinginkan yang ingin dimengerti dan diperbaiki. Langkah awal adalah mengerti, tetapi tujuan akhirnya adalah perbaikan. Pertama-tama adalah mendeskripsikan sistem yang relevan kemudian menghasilkan suatu hipotesis bagaimana sistem tersebut menghasilkan perilaku.

Langkah kedua adalah memulai memformulasikan suatu model simulasi. Deskripsi sistem dari langkah pertama diubah menjadi persamaan *level* dan *rate* dari suatu model sistem dinamik. Penulisan persamaan bisa memperlihatkan adanya gap dan ketidakkonsistenan yang harus di perbaiki di tahap sebelumnya (tahap deskripsi).

Langkah ketiga dapat dimulai jika persamaan di langkah kedua telah memenuhi kriteria logis untuk sebuah model yang dapat dijalankan. *Software* sistem dinamik biasanya menyediakan cek logis untuk memenuhi kriteria logis tersebut. Tahap simulasi ini juga mengarahkan pada deskripsi masalah dan perbaikan persamaan kembali. Langkah ketiga ini harus menyesuaikan dengan elemen penting dalam praktek sistem dinamik yang baik, simulasi harus menggambarkan bagaimana pertimbangan kesulitan yang dicoba dilakukan di sistem yang nyata. Berbeda dengan metodologi yang berfokus pada kondisi masa depan ideal untuk suatu sistem, sistem dinamik hanya menyatakan bagaimana kondisi saat ini dan bagaimana mengarahkannya ke suatu perbaikan. Simulasi pertama akan mengarahkan pada pertanyaan-pertanyaan dan pengulangan langkah pertama dan kedua, hingga model benar-benar dikatakan cukup untuk mencapai tujuan. Tidak ada cara untuk membuktikan validasi dari isi suatu teori yang merepresentasikan perilaku dunia nyata. Yang mungkin dicapai hanyalah tingkat kepercayaan dari sebuah model yang terhadap kecukupan, waktu, serta biaya untuk melakukan perbaikan.

Langkah keempat adalah mengidentifikasi alternatif skenario atau *policy option* untuk pengujian. Uji simulasi digunakan untuk mencari skenario yang akan memberikan peluang penerapan terbaik. Alternatif tersebut dapat berupa pengetahuan intuitif selama tiga langkah pertama, analisis yang berpengalaman, permintaan orang-orang yang berada dalam sistem, atau berupa uji perubahan parameter secara otomatis yang lebih mendalam. Pencarian parameter secara otomatis akan sangat berguna.

Langkah kelima melalui suatu konsensus untuk proses implementasi. Langkah kelima merepresentasikan tantangan terbesar terhadap kemampuan memimpin dan mengoordinasi. Tidak masalah berapa orang yang ikut andil dalam langkah pertama hingga keempat, karena semuanya akan terlibat dalam proses

implementasi. Model akan memperlihatkan bagaimana sistem menyebabkan masalah yang sedang mereka dihadapi.

Langkah keenam adalah implementasi kebijakan baru. Kesulitan dari langkah ini kebanyakan berasal dari ketidakcukupan langkah sebelumnya. Jika modelnya relevan dan persuasif, dan pendidikan di langkah kelima telah cukup, maka langkah keenam akan berjalan dengan baik. Walaupun demikian, implementasi memerlukan waktu yang sangat panjang. Kebijakan lama harus benar-benar dihilangkan, dan kebijakan baru akan memerlukan sumber informasi baru dan *training*.

2.7.4. Sumber Informasi dalam Pembuatan Model Simulasi

Pembuatan suatu model membutuhkan sumber informasi yang tepat. Sumber informasi yang digunakan dalam pembuatan model dari suatu sistem sangat beragam dan dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu data mental, data tertulis dan data numerik. Dari ketiga jenis sumber informasi ini, data mental memiliki kandungan informasi paling banyak dan data numerik memiliki kandungan informasi paling sedikit.

a. Data Tertulis

Sumber informasi lain yang juga diperlukan dalam pembuatan suatu model dapat berasal dari data-data tertulis seperti dokumen dan literatur atau pun data hasil wawancara/kuesioner yang dilakukan. Data ini memiliki kandungan informasi yang lebih spesifik dan jelas jika dibandingkan dengan data mental dalam memahami struktur suatu sistem atau permasalahan yang ada sehingga mampu melengkapi fungsi data mental yang bersifat terlalu umum. Tetapi, data tertulis juga memiliki batasan di mana tidak mampu menjelaskan keterkaitan antar variabel dalam suatu sistem dengan jelas.

b. Data Numerik

Data numerik memiliki informasi yang sangat spesifik dan presisi, oleh karenanya berperan penting dalam proses pendekatan ilmiah dalam penyelesaian masalah. Data numerik mendukung proses kuantifikasi pembuatan model dan memberikan kejelasan fungsi sistem secara matematis. Data numerik membantu proses analisis ketika kita menghadapi permasalahan nonlinieritas yang kompleks. Walaupun memiliki informasi yang sangat spesifik, data numerik memiliki

kandungan informasi yang rendah dan tidak dapat menggambarkan aspek-aspek sosial dan aspek tak terlihat lainnya dengan efektif.

c. Data Mental

Data mental merupakan jenis sumber informasi yang memiliki kandungan informasi paling kaya dan merupakan sumber utama dalam pembuatan suatu model. Data mental memuat informasi yang terlihat maupun tidak terlihat. Data mental terbentuk berdasarkan pengalaman dan pemahaman akan struktur terhadap suatu sistem atau permasalahan. Data mental mengandung informasi konseptual secara umum dalam melihat sistem secara keseluruhan. Informasi konseptual yang ada pada data mental tidak dapat digantikan oleh jenis informasi lain. Jika kita mengganti informasi ini dalam bentuk numerik maka akan menjadi tidak efektif. Secara umum, informasi yang didasarkan atas pemahaman konseptual dan terkait dengan perilaku sistem dapat dicek ulang dengan menggunakan sumber informasi lain.

Namun, jika terlalu mengandalkan sumber informasi dari data mental dalam proses pembuatan model juga akan mengakibatkan ketidakefektifan. Hal ini dikarenakan perbedaan data mental yang dapat diperoleh dari individu yang berbeda. Selain itu kecenderungan biasanya data juga sangat besar karena data mental merupakan data kualitatif.

2.7.5. Umpan Balik (*Feedback*)

Sistem dinamis memandang bahwa suatu sistem memiliki *loop* tertutup, konsep dasar sistem dinamis adalah mengenai umpan balik, sehingga setiap variabel yang ada pada sistem dapat memiliki dua peran yaitu sebagai penyebab dan sebagai akibat. Dalam sistem tertutup, perubahan pada suatu variabel dapat mempengaruhi perubahan pada keseluruhan lingkungan dalam sistem, termasuk variabel itu sendiri.

Umpan balik merupakan suatu proses di mana suatu variabel penyebab melewati suatu rantai hubungan kausal sehingga menyebabkan perubahan pada variabel penyebab itu sendiri.

2.7.6. Diagram Loop Sebab-akibat (Causal Loop Diagram)

Diagram *loop* sebab akibat adalah alat yang penting untuk merepresentasikan struktur umpan balik dari sistem. Diagram *loop* sebab akibat baik jika digunakan untuk (Sterman J. D., 2000) :

- Menangkap dengan cepat hipotesis penyebab dinamika.
- Mendapat/menangkap mental model dari individu atau tim.
- Mengkomunikasikan umpan balik penting yang diyakini bertanggung jawab terhadap suatu masalah.

Diagram *loop* sebab akibat terdiri dari variabel-variabel yang dihubungkan oleh tanda panah yang menunjukkan pengaruh sebab akibat di antara variabel-variabel tersebut. *Loop* umpan balik juga diidentifikasi di dalam diagram.

2.7.7. Diagram Alir (Stock and Flow Diagram)

Diagram *loop* sebab akibat memiliki beberapa keterbatasan dan dengan mudah dapat disalahgunakan. Salah satu keterbatasan yang paling penting dari diagram sebab akibat adalah ketidakmampuannya untuk menangkap struktur stok dan aliran (*stock and flow*) dari sistem. Stok dan aliran, bersama dengan umpan balik, merupakan dua konsep utama dari teori sistem dinamik.

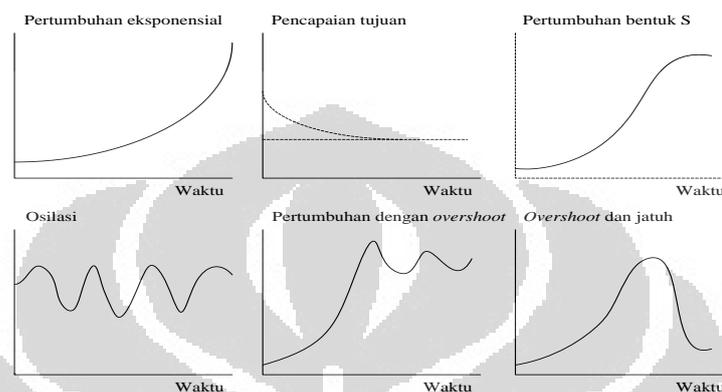
Stok adalah akumulasi. Stok menggolongkan keadaan sistem dan membentuk informasi pada keputusan dan tindakan. Stok memberi sistem kekuatan untuk bergerak dan melengkapinya dengan memori. Stok menciptakan penundaan dengan mengakumulasi perbedaan antara aliran masuk menuju proses dan aliran keluarnya. Dengan memisahkan tingkat aliran, stok merupakan sumber ketidakseimbangan dalam sistem.

2.7.8. Struktur dan Perilaku Sistem Dinamis

Perilaku dari sebuah sistem muncul dari strukturnya. Di mana sebuah struktur terdiri dari *loop* umpan balik, stok dan aliran, serta kenonlinieran yang diciptakan oleh interaksi dari struktur fisik dan institusional sistem dengan proses pengambilan keputusan dari agen-agen yang bertindak di dalamnya.

Perubahan mengambil banyak bentuk, dan variasi dari kedinamisan di sepenulir penulis sangat mengejutkan. Dapat dibayangkan bahwa ada banyak

sekali variasi yang sesuai dari struktur umpan balik yang berbeda-beda untuk menghitung susunan kedinamisan yang bermacam-macam. Pada kenyataannya kedinamisan merupakan contoh kecil dari pola perilaku yang berbeda, seperti pertumbuhan eksponensial (*exponential growth*) atau osilasi (*oscillation*). Gambar berikut menunjukkan model perilaku secara umum.



Gambar 2.4. Perilaku Model secara Umum

(Sumber : Sterman, 2000, hal. 108)

Tiga bentuk dasar dari perilaku sistem dinamik adalah pertumbuhan eksponensial (*exponential growth*), pencapaian tujuan (*goal seeking*), dan osilasi (*oscillation*). Masing-masing dari ketiga perilaku ini dibentuk oleh struktur umpan balik yang sederhana, yaitu: pertumbuhan muncul dari umpan balik positif, pencapaian tujuan muncul dari umpan balik negatif, dan osilasi muncul dari umpan balik negatif dengan penundaan waktu dalam *loop*. Bentuk umum perilaku lainnya yang muncul dari interaksi nonlinier antara struktur-struktur umpan balik dasar meliputi pertumbuhan bentuk S (*S-shaped growth*), pertumbuhan bentuk S dengan *overshoot* dan osilasi, dan *overshoot* dan jatuh (*collapse*).

2.7.9. Validasi Model

Banyak pemodel yang membicarakan masalah "validasi" atau mengklaim bahwa mereka memiliki model yang telah di "verifikasi". Pada kenyataannya, validasi serta verifikasi tidaklah mungkin. Verifikasi berasal dari bahasa latin "*verus*" yang berarti kebenaran sedangkan valid didefinisikan sebagai "memiliki satu kesimpulan yang benar yang diturunkan dari premis-premisnya ... dan secara tersirat didukung oleh kebenaran objektif" (Sterman, 2000).

Dengan definisi ini, tidak ada model yang dapat divalidasi atau diverifikasi. Mengapa? Karena semua model adalah salah. Setiap model dibatasi, representasi yang disederhanakan dari dunia nyata. Model berbeda dengan dunia nyata dalam besar dan kecil, angka yang tidak terbatas, berikut cara melakukan validasi model menurut Sterman.

Tabel 2.3. Cara-cara validasi dan verifikasi

No	Jenis Pengujian	Tujuan Pengujian	Alat dan Prosedur
1	Kecukupan batasan	Menentukan batasan masalah yang dianggap <i>endogenous</i>	Gunakan grafik batasan, diagram sub-sistem, diagram sebab-akibat, peta <i>stock and flow</i> , dan pemeriksaan persamaan model secara langsung
		Apakah perilaku model berubah secara signifikan ketika batasan masalah diubah?	Gunakan <i>interview</i> , <i>workshop</i> untuk mendapatkan opini para ahli, bahan-bahan utama, literatur, partisipasi langsung pada proses sistem
		Apakah rekomendasi kebijakan akan berubah ketika batasan model diperluas?	Modifikasi model untuk mendapatkan struktur tambahan yang mungkin, membuat konstanta dan variabel eksogenus dan endogenus, lalu ulangi analisis kebijakan dan sensitivitas
2	Kondisi ekstrim	Apakah model tersebut masih sesuai jika inputnya ditaruh sebagai kondisi ekstrim?	Periksa tiap persamaan, tes respon pada nilai ekstrim di tiap input, tiap bagian atau dalam kombinasi
		Apakah model memungkinkan merespon kebijakan, gangguan, dan parameter ekstrim?	Subjek model pada gangguan besar dan kondisi ekstrim. Gunakan tes sesuai dengan aturan dasar (misal: tidak ada inventori, tidak ada <i>shipment</i> , dll)

Tabel 2.4. Cara-cara validasi dan verifikasi (sambungan)

No	Jenis Pengujian	Tujuan Pengujian	Alat dan Prosedur
3	Error dalam integrasi	Apakah hasil simulasi sensitif terhadap pemilihatan timestep atau metode integrasi numerik?	Gunakan setengah timestep dan tes perubahan perilakunya. Gunakan metode integrasi berbeda dari tes perubahan perilakunya
4	Reproduksi perilaku	Apakah model menghasilkan perilaku penting dari sistem?	Gunakan pengukuran statistik untuk melihat kesesuaian antara model dan data
		Apakah variabel endogenus menghasilkan gejala kesulitan pembelajaran?	Bandingkan keluaran model dengan data secara kualitatif termasuk perilaku sederhana, ukuran variabel, asimetris, amplitudo dan fase relatif, kejadian yang tidak biasa
		Apakah model menghasilkan beberapa perilaku sederhana seperti pada dunia nyata?	
		Apakah frekuensi dan fase hubungan antar variabel sesuai dengan data?	Perilaku respon model terhadap input tes, <i>shock event</i> dan <i>noise</i>

Tabel 2.5. Cara-cara validasi dan verifikasi (sambungan)

No	Jenis Pengujian	Tujuan Pengujian	Alat dan Prosedur
5	Penilaian struktur	Apakah struktur model konsisten dengan pengetahuan yang relevan dari sistem?	Gunakan diagram struktur kebijakan, diagram sebab-akibat, peta <i>stock and flow</i> , pemeriksaan persamaan model secara langsung
		Apakah tingkat agregasinya mencukupi?	Gunakan interview, workshop untuk mendapatkan para ahli, bahan-bahan utama, literatur, partisipasi langsung pada proses sistem
		Apakah model tersebut menyesuaikan dengan hukum perlindungan alam?	Adakah tes model secara parsial dengan kebijakan yang diinginkan
			Apakah percobaan laboratorium untuk mendapatkan <i>mental model</i> dan kendali kebijakan dari partisipan
		Apakah kebijakan mengendalikan perilaku sistem?	Bangun sub-model parsial dan bandingkan perilakunya terhadap perilaku secara keseluruhan Perhatikan beberapa variabel kemudian ulangi analisa kebijakan dan sensitivitas
6	Konsistensi dimensi	Apakah tiap persamaan sudah konsisten, tanpa menggunakan parameter yang tidak perlu?	Gunakan <i>software</i> analisa dimensi, periksa persamaan model di variabel-variabel tertentu
7	Penilaian parameter	Apakah parameter nilai telah sesuai dengan pengetahuan deskriptif dan numerik sistem	Gunakan metode statistik untuk memperkirakan parameter
			Gunakan tes model secara parsial untuk mengkalibrasi sub-sistem
		Apakah setiap parameter memiliki imbalan di dunia nyata?	Gunakan metode penilaian berdasarkan <i>interview</i> , opini para ahli, fokus grup, bahan utama, pengalaman langsung, dan sebagainya Gunakan beberapa sub-model untuk memperkirakan hubungan dalam keseluruhan model

Tabel 2.6. Cara-cara validasi dan verifikasi (sambungan)

No	Jenis Pengujian	Tujuan Pengujian	Alat dan Prosedur
8	Anomali perilaku	Apakah ada anomali perilaku ketika asumsi model diubah atau dihilangkan?	<i>Zero out key effect</i> , gantikan asumsi <i>equilibrium</i> dengan asumsi dengan struktur <i>disequilibrium</i>
9	Anggota keluarga	Bisakah model digunakan untuk melihat perilaku di bagian lain dalam suatu sistem?	Kalibrasikan model pada range kemungkinan yang lebih luas dari sistem yang berhubungan
10	Perilaku mengejutkan	Apakah model menghasilkan perilaku yang tak terduga?	Pertahankan akurasi, kelengkapan, dan record data dari simulasi model. Gunakan model untuk mensimulasikan perilaku masa mendatang dari sistem
		Apakah model bisa mengantisipasi respon sistem pada kondisi baru?	Pisahkan semua ketidaksesuaian antara model dengan pengertianmu terhadap sistem nyata
			Dokumentasikan partisipan serta mental model klien sebelum memodelkannya
11	Analisa sensitivitas	Sensitivitas numerik lakukan perubahan nilai secara signifikan	Gunakan analisa sensitivitas univariat dan multivariat, gunakan metode analitis (linier, lokal dan analisa stabilitas global
		Sensitivitas perilaku lakukan perubahan perilaku sederhana model secara signifikan	Buat batasan model dan daftar tes agregat untuk tes di atas
		Sensitivitas kebijakan lakukan perubahan implikasi kebijakan secara	Gunakan metode optimasi untuk mendapatkan parameter dan kebijakan terbaik
		Kapan asumsi terhadap parameter, batasan dan agregasi bervariasi pada <i>range</i> kemungkinan ketidakpastian?	Gunakan metode optimasi untuk mendapatkan kombinasi parameter yang menghasilkan ketidakmungkinan atau <i>reverse policy outcomes</i>
12	Perbaikan sistem	Apakah proses <i>modeling</i> membantu merubah sistem menjadi lebih baik?	Desain percobaan terkontrol dengan perlakuan dan kontrol grup, tugas acak, penilaian sebelum dan sesudah intervensi

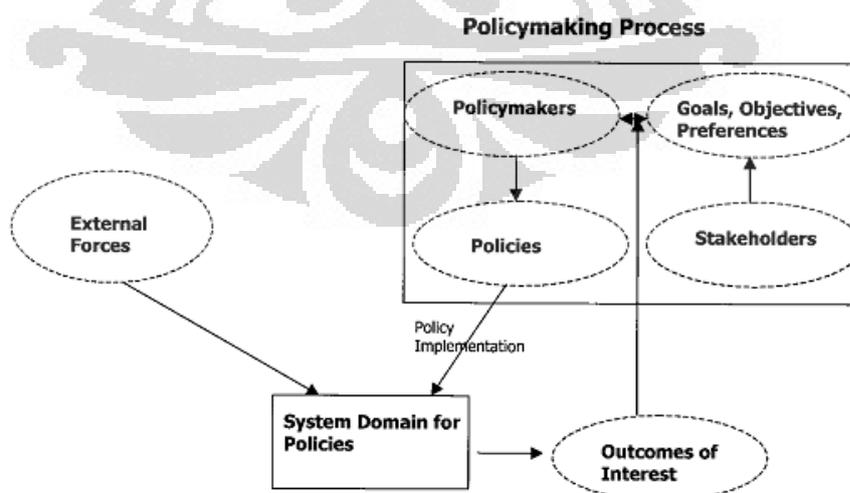
(Sumber : Sterman, 2000, hal. 859)

2.8. Analisis Kebijakan

Analisis Kebijakan berkembang dari disiplin ilmu Riset Operasional. Analisis Kebijakan mengalami perkembangan dari riset operasional (akhir tahun 1940-an dan awal tahun 1950-an) melalui analisis sistem (*system analysis*) (akhir tahun 1950-an dan awal 1960-an) kemudian berkembang menjadi analisis kebijakan yang berorientasi pada permasalahan pekerjaan di sektor pemerintah yang dilakukan oleh RAND Corporation pada tahun 1960-an dan 1970-an.

Analisis Kebijakan Publik adalah sebuah pendekatan rasional dan sistematis dalam proses pemilihan alternatif kebijakan pada sektor publik. Analisis kebijakan publik merupakan sebuah proses untuk mendapatkan informasi mengenai konsekuensi yang akan dihadapi ketika mengadopsi berbagai alternatif kebijakan. Tujuannya adalah untuk membantu para pembuat kebijakan dalam memilih tindakan yang tepat diantara berbagai alternatif yang tersedia dalam kondisi yang tidak pasti.

Analisis kebijakan publik tidak ditujukan untuk serta merta menarik keputusan sebagaimana para pembuat keputusan (seperti halnya hasil CT-scan yang tidak dapat menggantikan penilaian dokter), namun, tujuan dari analisis kebijakan adalah untuk mempersiapkan dasar pengambilan keputusan yang lebih baik dengan membantu melakukan klarifikasi masalah, memaparkan alternative yang tersedia, serta membandingkan konsekuensi (komponen biaya/*cost* dan keuntungan/*benefit*) dari tiap-tiap alternative.



Gambar 2.5. Proses Pembuatan Kebijakan

Pendekatan analisis kebijakan bekerja dalam sebuah deskripsi sistem integral dalam bidang kebijakan sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.5. Inti dari deskripsi sistem ini adalah sebuah model yang merepresentasikan domain kebijakan. Ddalam Gambar 2.5, tampak adanya dua set pengaruh eksternal yang bekerja pada sistem, yaitu: *external forces* (faktor eksternal) yang berada di luar kendali actor-aktor dalam domain kebijakan serta *policy change* (perubahan kebijakan). Kedua pengaruh eksternal tersebut berkembang di luar batas sistem dan dapat mempengaruhi struktur dari sistem ini sendiri. Perkembangan dari kedua set oengaruh eksternal ini melibatkan faktor ketidakpastian yang sangat tinggi, sebagai akibatnya, kedua set pengaruh eksternal itu sendiri menjadi tidak pasti.

Dengan adanya ketidakpastian yang disebabkan pengaruh eksternal inilah dikenal adanya istilah *scenario*. Skenario adalah perangkat analisis yang digunakan untuk menggambarkan sekaligus melibatkan faktor ketidakpastian. Setiap scenario merupakan deskripsi dari salah satu kemungkinan kondisi sistem di masa depan. Skenario tidaklah meramalkan apa yang akan terjadi di masa depan, scenario hanyalah menggambarkan hal-hal yang mungkin terjadi di masa depan. Di samping itu, scenario juga tidak menggambarkan deskripsi lengkap mengenai keadaan sistem di masa depan, scenario hanya memasukkan faktor-faktor yang mungkin memiliki pengaruh besar terhadap variabel (*outcome*) yang dikaji (Charles et al., 2007).

Sementara itu, kebijakan (*policies*) adalah sekumpulan faktor yang dapat dikendalikan oleh actor-aktor yang berperan dalam domain kebijakan yang berpengaruh terhadap struktur dan performa sistem. Sederhananya, kebijakan adalah kumpulan tindakan yang diambil oleh pemerintah untu mengendalikan sebuah sistem, untuk membantu mengatasi permasalahan yang ada di dalam sistem ataupun permasalahan yang disebabkan oleh sistem tersebut, atau untuk membantu mendapatkan manfaat (*benefit*) dari sistem tersebut. Dalam kaitannya dengan kebijakan nasional, masalah dan manfaat biasanya berhubungan dengan tujuan umum nasional, semisal *tradeoff* antara tujuan nasional mengenai lingkungan, sosial, dan ekonomi.

2.8.1. Prosedur Analisis Kebijakan

Analisis kebijakan memiliki prosedur tahapan ketika dilakukan. Menurut Warren E. Walker, terdapat 8 tahapan dalam analisis kebijakan, seperti digambarkan pada Gambar 2.8.

1. Identifikasi Masalah

Langkah ini meliputi proses identifikasi pertanyaan atau isu yang terlibat, pembuatan konteks mengenai bagaimana isu-isu akan dianalisis dan bagaimana fungsi dari kebijakan, klarifikasi kendala dari berbagai tindakan yang mungkin dilakukan, identifikasi orang yang akan dipengaruhi oleh kebijakan ini.

2. Identifikasi Tujuan dari Kebijakan yang Baru

Kebijakan adalah sekumpulan tindakan yang diambil dalam rangka penyelesaian masalah. Pembuat keputusan harus memiliki tujuan yang jelas yang, bilamana terpenuhi, akan menyelesaikan masalah yang ada.

3. Penentuan Kriteria

Penentuan kriteria (pengukuran performa dan biaya) sebagai dasar untuk melakukan evaluasi terhadap alternative kebijakan. Langkah ini meliputi proses identifikasi konsekuensi dari sebuah kebijakan yang dapat diperkirakan (secara kuantitatif maupun kualitatif) and secara langsung berhubungan dengan tujuannya. Langkah ini juga melibatkan proses identifikasi biaya-biaya yang mungkin diakibatkan oleh implementasi sebuah kebijakan dan bagaimana cara melakukan estimasinya.

4. Pemilihan Alternatif Kebijakan yang Akan Dievaluasi

Langkah ini spesifik dilakukan untuk kebijakan yang konsekuensinya akan diestimasi. Jika sebuah kebijakan tidak diikutsertakan dalam langkah ini, maka kebijakan tersebut tidak akan diproses lebih lanjut. Dalam langkah ini, kebijakan yang berlaku sekarang harus digunakan sebagai '*basecase*' untuk mengetahui seberapa besar kemajuan yang akan diperoleh dari alternative yang baru.

5. Analisis Setiap Alternatif

Langkah ini berupa penentuan konsekuensi yang sangat mungkin terjadi apabila sebuah alternative benar-benar diimplementasikan, dimana masing-masing konsekuensi diukur berdasarkan criteria yang ditetapkan dalam langkah 3. Langkah ini pada umumnya mempergunakan model dari sistem, juga biasanya dilakukan dengan berbagai kemungkinan keadaan di masa depan (skenario).

6. Membandingkan Alternatif Berdasarkan Proyeksi Biaya dan Efek

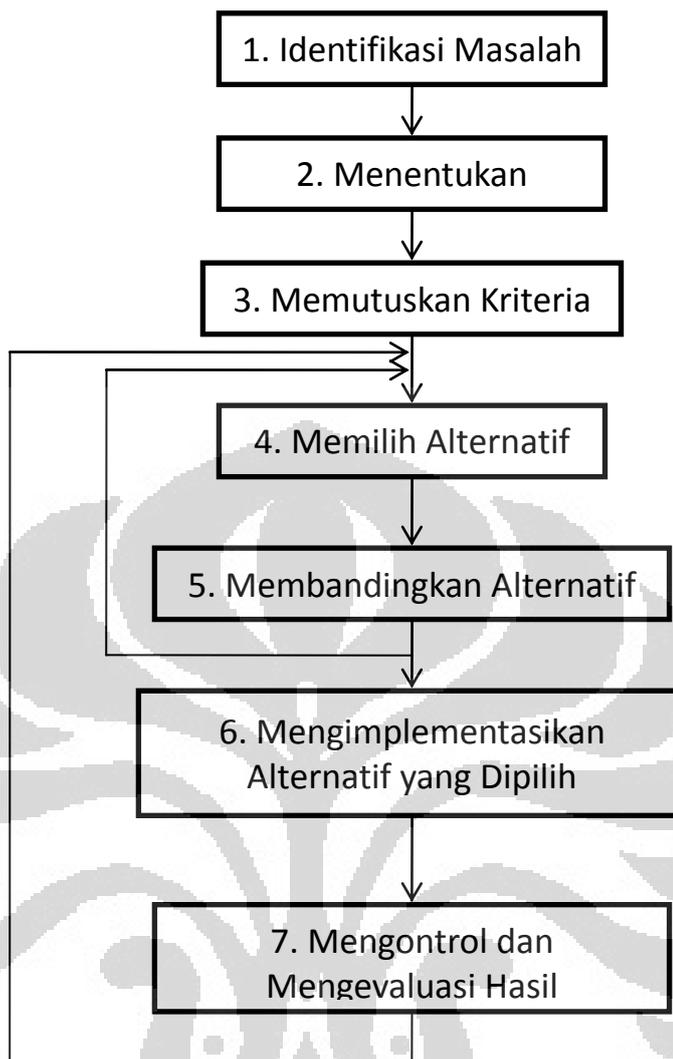
Langkah ini melibatkan proses pemeriksaan estimasi biaya dan efek untuk setiap scenario, melakukan *tradeoff* antar-skenario dan memilih sebuah alternatif (yang bersifat relatif konstan terhadap bagaimanapun kondisi di masa depan). Jika diantara berbagai alternatif yang telah diperiksa, tidak satupun cukup baik untuk diimplementasikan (atau jika diketahui adanya masalah baru, atau jika analisis mengarah pada alternative baru), kembali ke langkah 4.

7. Implementasi Alternatif

Mendapatkan penerimaan atas sebuah prosedur baru (baik di dalam maupun di luar pemerintahan), melakukan pelatihan bagi orang-orang yang menggunakan kebijakan tersebut, serta melakukan kegiatan lainnya untuk mengimplementasikan kebijakan tersebut.

8. Monitor dan Evaluasi Hasil

Langkah ini sangat penting untuk membuktikan bahwa kebijakan yang diterapkan benar-benar memenuhi target yang ditetapkan. Jika tidak memenuhi target, kebijakan yang ada mungkin harus dievaluasi atau perlu dilakuakn studi yang baru.



Gambar 2.6. Prosedur Analisis Kebijakan

(Sumber: Warren E. Walker, 2000)

2.8.2. Skenario

Dalam analisis kebijakan, akan dibentuk beberapa alternatif kebijakan untuk dibandingkan satu sama lain. Pembentukan skenario pun memiliki beberapa tahapan sampai skenario terbentuk. Terdapat banyak teori yang membahas tentang pembentukan skenario untuk mempelajari *future study*. Tidak ada consensus tertentu dalam *future study*, namun ada beberapa pendapat yang merefleksikan bahwa future studies adalah *possible, probable and/or preferable futures*. Selain itu, Marien (M. Marien, *Futures studies in the 21st Century: a reality based view*, *Futures* 34 (3–4) (2002) 261–281) menambahkan 3 kategori lagi, yaitu *‘identifying*

present trends, *'panoramic view'* dan *'questioning all the others'*. Masini mengidentifikasi *future study* dengan 3 pendekatan, yaitu Extrapolation, Utopian, dan Vision. Pendekatan utopian mengandung positif dan negatif *future* dan memiliki karakteristik berdasarkan perbedaan terhadap kejadian yang mungkin terjadi. Pendekatan visionary berbicara tentang bagaimana utopia dapat muncul atau terjadi.

Pada teori lain yang diungkapkan oleh Habernas, future study memiliki 3 kategori berdasarkan fungsi dan pengetahuan, yaitu *Technical*, yang fokus pada tujuan tren; *Hermeneutic/Practical*, yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman terhadap realitas sosial; dan *Emancipator*, yang memperluas lingkup pilihan yang ada. Selain itu, teori lain juga dijelaskan oleh Mannerma, dimana dibagi menjadi 3 kategori juga. Pertama, *Descriptive*, kategori ini memiliki pengertian dan definisi yang sama dengan kategori *Technical* pada teori Habernas. Kedua, *Scenario Paradigm*, yang tujuan utamanya bukan terletak pada prediksi, melainkan pada membangun beberapa kemungkinan kejadian di masa yang akan datang dan perilaku/pola tersebut. Ketiga, *Evaluationary*, dimana mengadopsi pandangan dunia terhadap pembangunan komunitas/lingkungan pada fase *good predictability* (fase baik) dikombinasikan dengan fase *chaotic bifurcations* (fase buruk).

Bojerson dalam jurnal berjudul *Scenario Types and Techniques: Towards A User's Guide*, membedakan 3 kategori skenario utama dalam *future study*. Klasifikasi tersebut berdasarkan pertanyaan prinsipil. Kategori tersebut adalah:

1. *Predictive: What will happen?* (Apa yang akan terjadi?)

Kategori ini memiliki 2 tipe berbeda, dibedakan berdasarkan kondisi yang ditentukan pada apa yang akan terjadi, yaitu *Forecast scenario* (apa yang akan terjadi apabila suatu kondisi terjadi dan apabila tidak terjadi) dan *What-if scenario* (apa yang akan terjadi apabila terdapat kondisi tertentu). *Predictive scenario* bertujuan untuk melihat bagaimana keadaan yang akan terjadi pada masa yang akan datang, dan juga memperkirakan keluaran. Skenario ini berfungsi

untuk membuat rencana jangka panjang maupun rencana adaptasi terhadap kondisi yang mungkin terjadi. Skenario ini dapat digunakan oleh perencana atau investor dalam membuat keputusan jangka panjang.

Forecast scenario dikondisikan oleh apa yang akan terjadi jika pengembangan yang paling umum dilakukan. *What-if scenario* mengidentifikasi apa yang akan terjadi pada kondisi dari suatu kejadian tertentu. Perbedaan skenario ini dibanding dengan *Forecast scenario* adalah lebih kepada derajat atau pandangan tentang variabel eksogen tunggal. Skenario ini juga sering disebut *probabilistic scenario*. Salah satu contoh yang bisa dilihat adalah model energi pada *World Energy Outlook 2002*. Model energi ini dibangun bertujuan untuk menganalisis kemungkinan evolusi pada *energy market*. Terdapat dua asumsi yang digunakan pada input model, *Reference Scenario* dan *OECD Alternative Policy Scenario*. Asumsi pada *Reference Scenario* secara umum berdasarkan data historis dan tren yang terjadi, sedangkan *OECD Alternative Policy Scenario* mengandung kebijakan-kebijakan baru pada isu lingkungan. Dalam hal ini *World Energy Outlook 2002* merupakan contoh *Predictive What-if Scenario*.

2. *Explorative: What can happen?* (Apa yang dapat terjadi?)

Skenario ini didefinisikan sebagai fakta yang merespon pertanyaan ‘*What can happen?*’ (Apa yang dapat terjadi?). Tujuan dari *Explorative Scenario* adalah mengetahui lebih dalam tentang kondisi atau pengembangan suatu hal. Yang membedakan dengan *What-if Scenario*, *Explorative Scenario* bermain pada jangka panjang, yang biasanya letak titik mulai adalah pada masa yang akan datang, sedangkan *What-if Scenario* dibangun pada situasi saat ini (*present*). Selain itu, *Explorative Scenario* biasanya dimulai di waktu yang akan datang sedangkan *What-if Scenario* dikembangkan dari kondisi yang ada sekarang. *Explorative Scenario* juga biasanya digunakan pada kasus saat user memiliki pengetahuan yang baik terhadap sistem yang

bekerja pada saat sekarang, namun tertarik untuk mengetahui konsekuensi dari beberapa pengembangan alternatif skenario. *Explorative Scenario* biasanya sangat berguna pada isu-isu strategis.

Explorative Scenario dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu:

- *External Scenario*

Skenario ini merespon pertanyaan ‘*What can happen to the development of external factors?*’ (Apa yang yang dapat terjadi dari pengembangan faktor eksternal?). *External scenario* hanya berfokus pada aspek-aspek yang tidak terkontrol (*external variable*). Kebijakan bukan merupakan bagian dari skenario, namun skenario menyediakan *framework*/pola berpikir dari pembangunan kebijakan atau strategi. Skenario ini dapat membantu pembuat dan pengguna skenario untuk membangun *robust strategy* (strategi yang sudah stabil).

- *Strategic Scenario*

Skenario ini merespon pertanyaan ‘*What can happen if we act in a certain way?*’ (Apa yang dapat terjadi apabila kita memperlakukan sesuatu dengan cara tertentu?). *Strategic Scenario* mengajak stakeholder dan pengguna skenario/pengambil kebijakan untuk menyelesaikan masalah yang menjadi isu strategis. *Strategic Scenario* memfokuskan kepada faktor-faktor internal (faktor yang dapat dipengaruhi) dengan mengkombinasikan aspek faktor eksternal (*external variable*). Mereka mendeskripsikan bagaimana konsekuensi dari kebijakan dapat bervariasi di masa yang akan datang.

3. *Normative: How can a specific target can be reached?* (Bagaimana target tertentu dapat dicapai?)

Normative scenario memiliki 2 tipe yang dibedakan berdasarkan bagaimana struktur sistem diperlakukan. Pertama adalah *Preserving Scenario* yang merespon pertanyaan: ‘Bagaimana target dicapai dengan penyesuaian dari situasi saat ini?’. Yang kedua adalah

Transforming Scenario yang merespon pertanyaan: ‘Bagaimana target dicapai, ketika terdapat perubahan struktur sistem?’.

Selain 3 pertanyaan penting di atas, ada 2 aspek tambahan dari sistem ini yang menjadi bahan pertimbangan penting dalam menentukan skenario. Pertama adalah konsep struktur sistem, yaitu koneksi dan hubungan antara satu bagian dengan bagian lain di dalam sistem, dan juga batasan masalah/kondisi yang membatasi pembangunan suatu sistem. Aspek penting kedua adalah pengidentifikasian antara faktor internal dan eksternal. Faktor internal merupakan faktor yang dapat dikontrol oleh suatu bagian di dalam sistem, sedangkan faktor eksternal merupakan faktor di luar dari pengaruh sistem.

2.8.3. Teknik Pembentukan Skenario

Terdapat tiga kegiatan dalam membangun skenario, yaitu: *Generation of ideas and gathering of data*, *Integration*, dan *Checking the consistency of scenario*. Setiap elemen tersebut penggunaannya berbeda-beda tergantung pada jenis skenario yang akan dibangun.

a. *Generating*

Pada tahapan ini dilakukan proses menghimpun dan mengumpulkan ide, pengetahuan, dan pandangan terhadap suatu hal. Contoh kegiatan ini adalah *workshop*, survey, wawancara, dll. *Workshop* dapat berguna untuk memperluas perspektif berpikir dimana dapat mendapat pertimbangan dari para ahli. Selain itu, teknik ini juga dilakukan dengan melihat ulang struktur model, asumsi, data input, kalkulasi model, dan hasil model.

Teknik yang lazim digunakan pada tahap *generating* adalah Delphi Method, yang merupakan pengumpulan dan penyelarasan dari opini-opini yang dikumpulkan dalam suatu panel yang diikuti para ahli mengenai isu yang bersangkutan. Hal yang diharapkan dari metode ini adalah *a consensus forecast or judgement*. Delphi method juga sudah dilakukan modifikasi. Dalam versi modifikasi, kelompok-kelompok opini yang berbeda diidentifikasi setelah tahapan kuesioner dilakukan.

Selain itu, terdapat pula Backcasting Delphi method. Metode ini dimulai dari *backcasting study* seperti memformulasikan skenario ke depan yang diinginkan.

b. Integrating

Pada tahapan ini, pengumpulan ide, pengetahuan, dan pandangan yang telah dilakukan pada tahap *generating* diintegrasikan ke dalam struktur model karena setiap model memiliki strukturnya masing-masing. Struktur model juga memfasilitasi pengumpulan data secara sistematis. Pada tahap pengintegrasian ini biasanya menggunakan dasar model matematis. Bojerson membagi hal tersebut ke dalam tiga jenis, yaitu: *time-series analysis*, *explanatory modeling* dan *optimizing modeling*. Time-series analysis dan explanatory modeling dapat digunakan untuk membuat ramalan dari pengembangan faktor eksternal.

c. Consistency

Walaupun teknik ini juga dapat berguna pada saat pengumpulan ide dan integrasi, namun kegunaan utamanya adalah untuk meyakinkan konsistensi antara atau dalam skenario yang sebagai keuntungan utama model tersebut. *Cross-Impact Analysis* dan *Morphological Field Analysis* (MFA) merupakan salah satu contoh teknik konsistensi. Teknik ini tidak membuat ramalan namun mengecek konsistensi dari hasil ramalan yang berbeda-beda. *Cross-impact Analysis* fokus pada *causality* dan MFA fokus pada *possible co-existence*.

BAB 3

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini, akan dibahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data. Bab ini terdiri empat beberapa sub bab yakni pengumpulan data mental, pengumpulan data numerik, pengembangan diagram alir, dan validasi serta verifikasi.

3.1. Pengumpulan Data Mental

Pada bagian ini dilakukan pembahasan mengenai pengumpulan data-data yang digunakan sebagai landasan dalam pembentukan konsep terhadap permasalahan yang ada pada sistem transportasi kota yang sebagai basis dalam penerapan scenario ERP. Konsep yang telah didapatkan dan dipahami dari data-data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan kerangka berpikir sebagai landasan dalam pembuatan model simulasi serta sebagai acuan dalam menentukan pengumpulan dan pengolahan data tertulis dan data numerik.

3.1.1. Pengumpulan Data Mental dari Jurnal Penelitian

Bagian ini membahas mengenai pengumpulan data mental yang diperoleh dari jurnal penelitian yang meneliti tentang permasalahan yang terdapat di dalam program pengembangan *electronic road pricing* (ERP) dan sistem transportasi dari sudut pandang berpikir sistem sehingga nantinya akan didapatkan sebuah hipotesis dinamik.

- a. *Pengaruh populasi dan trips terhadap tingkat kemacetan dan waktu berkendara, sebuah pemahaman dari Jurnal System Dynamics Model of Urban Transportation System and Its Application*

Dalam jurnal ini dijelaskan bahwa hubungan antara populasi dengan trips yang dihasilkan adalah linier. Hal ini disebabkan dari populasi terdapat persentase orang yang bekerja, dari persentase, terdapat angka rata-rata setiap orang yang bekerja untuk melakukan trips sehingga akhirnya didapatkan total trips dan akan dibagi berdasarkan moda

transportasi. Moda transportasi yang melewati jalan akan dibatasi oleh kapasitas jalan.

Untuk mendapatkan tingkat kemacetan, maka dilakukan perbandingan antara trips kendaraan dengan kapasitas dalam satuan yang konsisten, yakni Perjalanan kilometer kendaraan (VKT). VKT mencerminkan jarak kendaraan rata-rata setiap moda transportasi dari sisi trips, sedangkan VKT dari sisi kapasitas jalan mencerminkan kapasitas yang dimiliki jalan dalam satuan yang sama. Selanjutnya, perbandingan antara kedua VKT ini akan menghasilkan tingkat kemacetan.

Tingkat kemacetan juga memiliki hubungan linier dengan waktu berkendara dimana ketika tingkat kemacetan meningkat maka waktu berkendara akan meningkat juga. Selanjutnya waktu berkendara yang meningkat disebabkan oleh trips yang didominasi oleh kendaraan pribadi yang meningkat, artinya waktu berkendara yang tinggi disebabkan oleh banyaknya kendaraan pribadi yang melintas dan artinya makin banyak juga konsumsi BBM (Jifeng, Huapu, & Hu, 2008).

b. Pengaruh kendaraan pribadi terhadap konsumsi BBM dan emisi CO₂ sebuah pemahaman dari Jurnal An evaluation model for low carbon island policy: The case of Taiwan's green transportation policy dan Trends in energy consumption and carbon dioxide emissions of passenger cars and buses

Konservasi energi dan penurunan emisi carbon merupakan salah satu tanggung jawab utama dari komunitas internasional. Selama tahun 2010, pemerintah Taiwan merencanakan proyek empat tahun dengan dana sebesar 300 juta USD yang disebut "The Penghu Low Carbon Island Development Project." Tujuan kebijakan ini adalah menggunakan pulau Penghu sebagai uji coba proyek untuk mencapai tujuan utamanya yakni pulau dengan emisi karbon sebesar nol. Dalam proyek ini, diujikan dua buah kendaraan yakni kendaraan bermotor pribadi dengan bahan minyak dan kendaraan bermotor dengan skuter elektrik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan emisi carbon berdasarkan empat skenario kebijakan yang diambil, business as usual,

pembatasan penggunaan skuter, pembatasan penggunaan skuter dan kendaraan bermotor berbahan bakar minyak 2 tak, dan pembatasan skuter dan motor berbahan bakar minyak 2 dan 4 tak. Dari keempat skenario kebijakan tersebut, dapat dilihat dampak selisih penurunan emisi carbon terbesar terjadi pada pembatasan penggunaan skuter dan kendaraan bermotor berbahan bakar minyak 2 tak, dan pembatasan skuter dan motor berbahan bakar minyak 2 dan 4 tak. Sedangkan dengan pembatasan motor 2 tak hanya menurunkan sedikit emisi carbon, bahkan deviasinya tidak lebih besar dari 2 skenario kebijakan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kendaraan bermotor berbahan bakar minyak baik 2 tak maupun 4 tak memiliki kontribusi terbesar terhadap emisi CO₂ (Trappey, Trappey, Hsiao, Jerry, Li, & Chen, 2012).

Dalam jurnal *carbon dioxide emissions of passenger cars and buses*, dibangun sebuah agregasi dari mobil pribadi yang ditandai dengan jumlah trips kendaraan dan jumlah bus dalam tujuan untuk meramalkan dan membandingkan konsumsi minyak dan emisi CO₂ dari mobil pribadi dan bus. Yunani dipilih sebagai studi kasus, karena dianggap sebagai negara yang memiliki pendapatan yang rendah diantara negara-negara Mediterania dan Eropa Timur, data yang didapatkan berasal dari periode 1970 hingga 2002. Hasil penelitian dalam jurnal ini menunjukkan bahwa emisi CO₂ yang dihasilkan oleh mobil pribadi jauh lebih tinggi dari bus dengan perbandingan 95% berbanding 5%.

Dua realita dari jurnal tersebut terjadi juga di Indonesia. Total proporsi trips untuk kendaraan pribadi baik motor maupun mobil merupakan yang terbesar dibandingkan dengan trips lainnya meskipun jumlah perpindahan manusia yang dihasilkan oleh agregat transportasi publik dan kedua transportasi pribadi ini hamper seimbang. Oleh karena itu, emisi CO₂ dari sektor transportasi juga semakin tinggi yang tentunya disebabkan oleh konsumsi bahan bakar yang tinggi juga. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adanya hubungan antara kenaikan jumlah kendaraan

pribadi terhadap konsumsi energy dan emisi CO2 (Paravantis & Georgakellos, 2007).

- c. *Penerapan Electronic Road Pricing (ERP) untuk mengatasi tingkat kemacetan dan menambah investasi transportasi public, sebuah Pemahaman dari Jurnal Preliminary results of the London Charging Scheme*

Tingkat kemacetan kota London terus menerus menurun hingga mendekati kemacetan total. Semenjak peningkatan jumlah kendaraan pribadi, khususnya mobil dari tahun 1977, London terus menerus mengalami penurunan kecepatan mulai dari angkat diatas 12 miles per jam pada tahun 1977 hingga mencapai puncaknya pada tahun 2002, yakni pada keadaan peak hanya mencapai 9 miles per jam (Tfl, 2007). Alhasil, pemerintah kota London menerapkan sebuah kebijakan untuk mengurangi tingkat kemacetan dengan cara menerapkan jalan berbayar yang bernama *London Congestion Charging (LCC)*.

Penerapan LCC dimulai sejak 17 Februari 2003. Skema *London Congestion Charging* ini membuahkan hasil yang sangat signifikan. Hasil awal menunjukkan bahwa pengaruh yang signifikan dari biaya ERP sebesar £5 (sekitar Rp 75.000) telah dapat terlihat hasilnya mulai dari tahun pertama. Kemacetan setelah penerapan pada tahun pertama berkurang hingga 30%. Secara keseluruhan tingkat kemacetan menurun hingga 16%. Waktu berkendara meningkat hingga lebih dari 20% dan fasilitas transportasi public seperti bis menjadi lebih dapat diandalkan. Elastisitas permintaan dalam bentuk trips mobil menurun dalam kisaran 1.32 hingga 2.1 trips setiap mobilnya. Pendapatan bersih yang didapatkan dari skema ini pada tahun pertama mencapai £50 juta (Rp 733.358.437.500) dan pendapatan totalnya mencapai £68 juta (Rp 996.615.312.500). Pendapatan bersih tersebut digunakan untuk meningkatkan transportasi publik.

Alokasi pendapatan yang dialokasikan untuk transportasi publik proporsinya adalah 81% untuk biaya operasi dan peningkatan bus, 16% untuk peningkatan jalan dan jembatan, 7.4% untuk fasilitas pejalan kaki

dan pengguna sepeda, 2.4% dialokasikan untuk distribusi angkutan muat barang dan sisanya dialokasikan untuk keselamatan jalan.

Hal ini mengakibatkan proporsi penggunaan kendaraan yang lebih merata dimana kendaraan pribadi berkurang hingga 33% sedangkan transportasi publik seperti bus meningkat hingga 21%. Dampak penerapan LCC ini juga dirasakan pada aspek lingkungan. LCC pada dasarnya tidak memiliki tujuan untuk menurunkan polusi udara, namun kenyataannya secara langsung juga berdampak kepada penurunan polusi udara. Penurunan emisi CO₂ dari penerapan LCC ini disebabkan oleh penurunan jumlah kendaraan yang melewati *congestion zone* sehingga konsumsi bahan bakar juga menurun seiring dengan peningkatan kecepatan yang ditandai oleh waktu berkendara yang semakin menurun. Akibatnya, penurunan polusi yang dihasilkan adalah 8% NO₂, 16% CO₂ dan 7% partikel polusi lainnya.

Stigma negatif dari pernyataan yang mengatakan bahwa adanya dampak negatif maupun hubungan yang akan dipengaruhi oleh LCC terhadap sektor ekonomi tidak pernah terverifikasi. Kenyataannya, sektor ekonomi di London tidak mendapatkan pengaruh yang signifikan dari penerapan LCC. Oleh karena itu, sektor ekonomi tidak dapat dimasukkan dalam faktor yang berhubungan dengan transportasi, khususnya pada penerapan skenario ERP (Santos & Shaffer, 2004).

3.2. Hipotesa Dinamis

Berkaca pada pengumpulan data mental yang telah dilakukan maka dapat disusun hipotesa dinamis yang nantinya akan menjadi dasar pengolahan data mental lanjutan yaitu penyusunan *Causal Loop Diagram*.

Hipotesa dinamis yang dapat diambil adalah peningkatan jumlah kendaraan pribadi (ditandai dengan peningkatan dan proporsi trips mobil dan motor yang tinggi) yang tidak diimbangi dengan pembangunan jalan yang memadai memiliki dampak terhadap peningkatan tingkat kemacetan. Tingkat kemacetan yang tinggi akan berdampak kepada *travel time* yang semakin meningkat dan juga mempengaruhi konsumsi bahan bakar yang terus menerus bertambah. Asumsinya adalah harga bahan bakar tetap sehingga tidak ada

intervensi dari bahan bakar minyak (BBM). Selanjutnya, tingginya konsumsi bahan bakar minyak (BBM) tersebut berakibat kepada tingginya emisi gas buang CO₂.

Dalam beberapa literature telah disebutkan bahwa *Electronic Road Pricing* (ERP) mampu mengatasi masalah kemacetan dengan cara mengurangi jumlah kendaraan pribadi. Hal ini ditandai dengan penurunan trips dan waktu berkendara. Akibatnya, konsumsi bahan bakar dan emisi CO₂ juga semakin berkurang seiring dengan penurunan tingkat kemacetan.

Tingkat kemacetan, konsumsi bahan bakar dari sektor transportasi dan emisi CO₂ dari sektor transportasi merupakan beberapa indikator yang mencerminkan keberlanjutan transportasi kota yang juga berdampak kepada keberlanjutan kota. Oleh karena itu, dibutuhkan peran ERP sebagai salah satu alternatif skenario untuk mengatasi masalah kemacetan yang ditandai dengan waktu berkendara.

Berkaca dari Hipotesa Dinamis yang diambil, dapat disimpulkan bahwa pertanyaan utama penelitian adalah:

- Seberapa besar dampak penerapan ERP dalam menurunkan tingkat kemacetan (waktu berkendara)?
- Apakah dengan menerapkan ERP akan lebih baik jika dibandingkan dengan kondisi tanpa penerapan ERP (*business as usual*)?

3.3. Pengumpulan Data Numerik

Data numerik didapatkan dari sumber-sumber data sekunder yang diakui secara nasional dan internasional. Kumpulan sumber data-data numerik dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Pengumpulan Data

Data		Sumber
Populasi	Tingkat kelahiran	Jakarta Dalam Angka 2002-2011
	Tingkat kematian	Jakarta Dalam Angka 2002-2011
	Persentase populasi diatas 15 tahun dan bekerja	SITRAMP

Tabel 3.2. Pengumpulan Data (sambungan)

Preferensi Kendaraan	<i>Total Commuting Trips</i>	SITRAMP
	VKT per lajur	Jurnal “System Dynamics Model of Urban Transportation System and Its Application”
Polusi dan Konsumsi BBM	<i>Average trip distance</i>	SITRAMP
	<i>Average fuel consumption per km</i>	Journal “Three Essays on Travel Demand Management Strategies for Traffic Congestion Mitigation”
Pendapatan ERP	Biaya ERP mobil	Skripsi “Analisis Rencana Pemberlakuan Electronic Road Pricing untuk mengurangi Polusi Lingkungan”
	Biaya ERP motor	Skripsi “Analisis Rencana Pemberlakuan Electronic Road Pricing untuk mengurangi Polusi Lingkungan”
Tingkat kemacetan dan waktu berkendara	Panjang Jalan	Jakarta Dalam Angka 2002-2011
	VKT per lajur	Journal “Three Essays on Travel Demand Management Strategies for Traffic Congestion Mitigation”

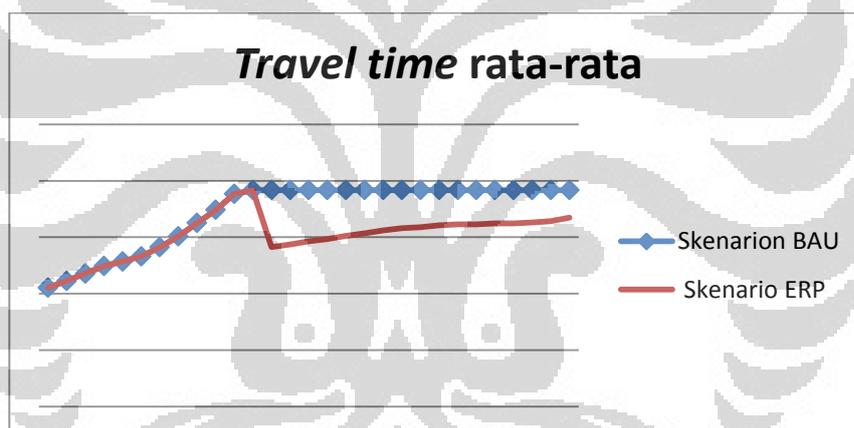
3.4. Kerangka Sistem dan Pengembangan Model

Data-data yang digunakan dalam membangun model dan penerapan skenario ERP didapatkan dari data-data sekunder yang diakui secara nasional dan internasional. Berikut ini daftar data-data sekunder yang digunakan:

3.4.1. Modus Referensi

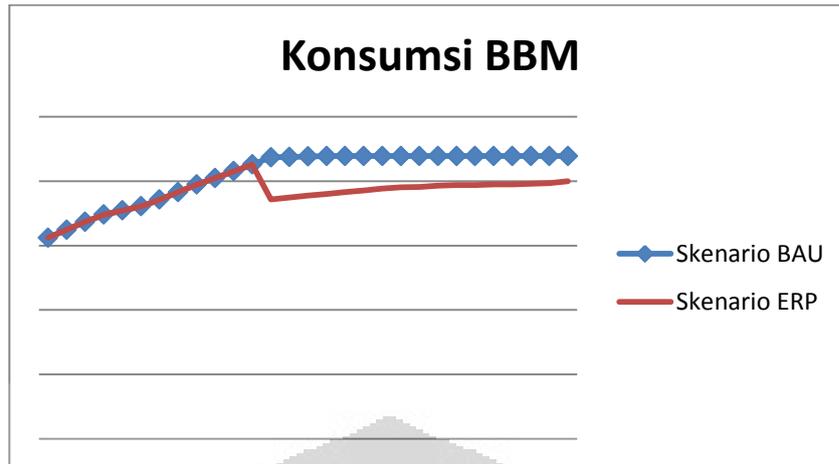
Dalam permodelan sistem dinamis, perilaku terhadap waktu (*Behavior Over Time/ BOT*) adalah perhatian utama ketika menganalisa sebuah system. Oleh karena itu, sebelum melakukan permodelan terlebih dahulu dilihat perilaku terhadap waktu dari sistem yang sudah ada. Hal ini akan memberikan pemahaman

tentang bagaimana sistem tersebut berjalan dan berinteraksi, adapun indikator perilaku yang dilihat adalah indikator-indikator yang terdapat pada sistem transportasi sesuai dengan tujuan dari SITRAMP, nilai ini diperlukan untuk melihat kondisi dari sistem transportasi kota Jakarta. Modus referensi meliputi travel time, konsumsi bahan bakar minyak sektor transportasi dan emisi CO₂ sistem transportasi. Data modus referensi didapatkan melalui wawancara dengan ekspertise atau orang yang terjun langsung dari hari ke hari pada system tersebut (Forrester, 1994; Ford, 1998; Sterman J. D., 2000). Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa ekspertise pemerintah pada bagian transportasi merupakan orang yang dapat diwawancara untuk mendapatkan modus referensi. Pada awal sebelum pengembangan model, telah dilakukan wawancara langsung dengan ekspertis dinas Pemerintahan Provinsi kota Jakarta untuk mendapatkan modus referensi sebagai berikut:



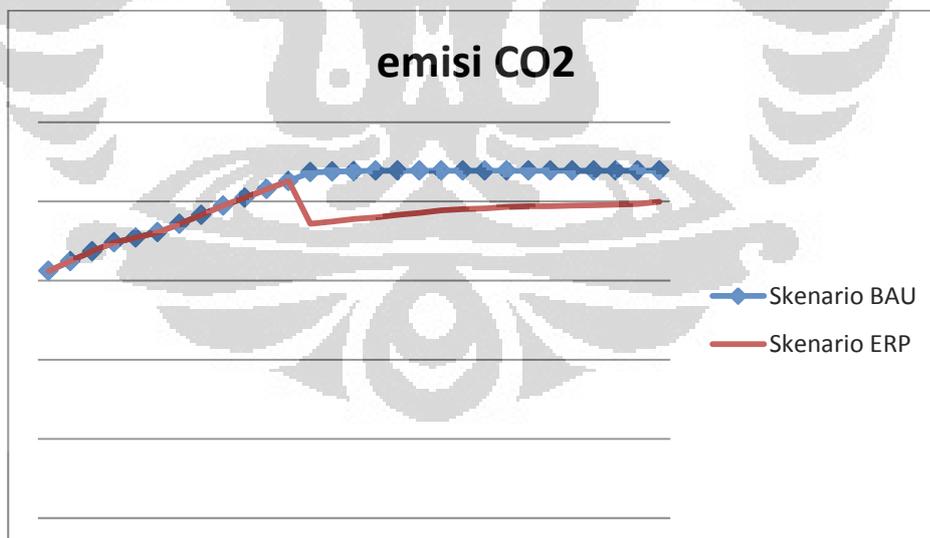
Gambar 3.1. Modus Referensi *Travel time*

Seperti apa yang terlihat dari grafik modus referensi diatas, secara jelas tergambar bahwa *travel time* kota Jakarta terus meningkat tanpa adanya intervensi dari pemerintah (*business as usual*). Hingga pada tahun 2014, Jakarta macet total karena kapasitas jalan sudah tidak mampu untuk mengakomodasi seluruh permintaan trips. Namun dengan penerapan ERP, *travel time* menurun pada tahun 2014. Meskipun demikian, *travel time* tetap akan meningkat lagi pada tahun-tahun berikutnya. Hal ini dikarenakan kebutuhan trips Jakarta yang terus meningkat dari tahun ke tahun.



Gambar 3.2. Modus Referensi Konsumsi Bahan Bakar Minyak Sektor Transportasi

Jika dilihat pada konsumsi BBM sektor transportasi, maka perilaku yang hampir sama terjadi seperti pada perilaku *travel time*. Hal ini disebabkan jumlah trips kendaraan yang tidak dapat meningkat lagi karena keterbatasan kapasitas jalan. Akibatnya permintaan terhadap konsumsi BBM juga tidak dapat meningkat lagi. Berbeda halnya jika ERP diterapkan. Maka trips akan menurun pada tahun pertama penerapan ERP dan kecenderungan yang sama akan terjadi seperti perilaku yang ditunjukkan oleh *travel time*.



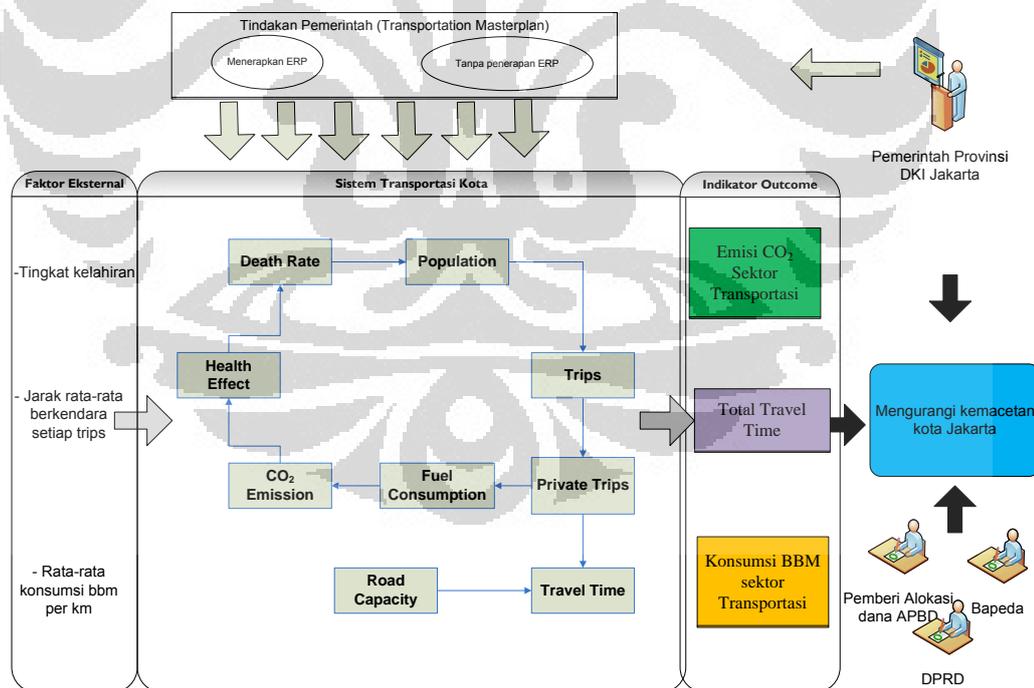
Gambar 3.3. Modus Referensi Emisi CO2 Sektor Transportasi

Perilaku yang sama juga ditunjukkan pada indicator emisi CO₂. Hal ini menunjukkan perilaku yang sama antara ketiga indicator output, yakni *travel time*, emisi CO₂, dan konsumsi BBM.

Berkaca dari modus referensi yang tersaji, maka dibutuhkan pemahaman lebih untuk mengetahui dampak penerapan ERP untuk mengurangi *travel time*, konsumsi bahan bakar dan emisi CO₂. Selain itu, dibutuhkan juga instrument model sebagai basis untuk mengetahui dampak penerapan skenario ERP hingga tahun 2030, sesuai dengan target yang dicanangkan oleh SITRAMP.

3.4.2. Diagram Sistem dan Kerangka Teknis Model

Permodelan menggunakan sistem dinamis merupakan sebuah metode simulasi yang memperhatikan secara erat antara keterkaitan dari sebuah variabel dan umpan balik yang diberikan maupun diterima dari masing masing variabel, untuk itu sebuah gambaran sistemik yang mencakup pandangan keseluruhan dari model diperlukan untuk melihat secara utuh bagaimana model tersebut dibentuk dan dikembangkan, diagram sistem merupakan sebuah alat yang dapat digunakan untuk memberikan pemahaman secara utuh terhadap model yang akan dikembangkan, berikut adalah diagram sistem untuk model yang akan dikembangkan ini.



Gambar 3.4. Diagram Sistem Model yang Dikembangkan

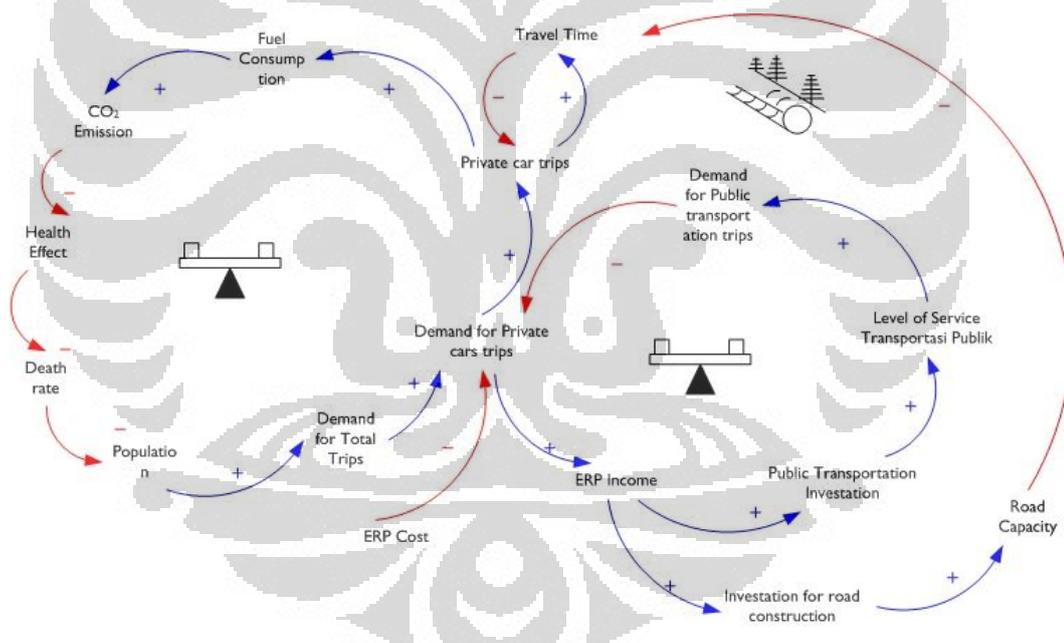
Dalam diagram sistem dapat dilihat bahwa terdapat pilihan kebijakan yang dapat diambil oleh pemerintah sebagai *Problem Owner* untuk mengatasi

kemacetan kota Jakarta. Skenario yang diajukan adalah ERP. Oleh karena itu, pada diagram system ini, metode yang digunakan untuk mengurangi kemacetan yang ditandai dengan penurunan *travel time* adalah ERP. Diagram sistem ini mengedepankan input dan output yang diperlukan model untuk berjalan.

a. Pengembangan *Causal Loop Diagram*

Causal Loop Diagram (CLD) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk merepresentasikan mental model yang dimiliki oleh modeler sebagai dasar sudut pandang modeler dalam membangun model. CLD ini juga dibangun berdasarkan sumber-sumber data mental yang diperoleh, sehingga modeler dapat melakukan validasi terhadap mental model yang dimilikinya.

Penjabaran tentang CLD ini akan dilakukan dalam beberapa langkah, dimana setiap CLD tetap akan berpedoman pada CLD utama dari model ini, seperti yang tergambar di bawah ini.



Gambar 3.5. Causal Loop Diagram Model

Dalam CLD model dijelaskan keterkaitan antara elemen dalam model sehingga menciptakan sebuah keterkaitan yang unik. Diawali dengan populasi yang apabila meningkat, maka trips juga akan meningkat dikarenakan kota Jakarta merupakan jantung ibu kota negara dimana pergerakan 70% perekonomian negara berada di Jakarta. Oleh karena itu, kebutuhan untuk transportasi menjadi hal yang penting di Jakarta mengingat tingginya mobilitas di ibu kota negara ini. Selanjutnya, kebutuhan trips tersebut jika tidak diakomodasi oleh ketersediaan

transportasi publik yang layak dan baik, maka akan membuat kecenderungan orang untuk lebih menggunakan kendaraan pribadi. Akibatnya, jumlah kendaraan pribadi meningkat drastis sehingga jika tidak diimbangi dengan kapasitas jalan yang cukup, maka kemacetan akan meningkat dan waktu berkendara akan terus menerus bertambah hingga akhirnya Jakarta akan macet total.

Peningkatan waktu berkendara yang diindikasikan oleh kemacetan akan berdampak kepada peningkatan konsumsi bahan bakar yang tentunya akan semakin menambah emisi CO₂. Emisi CO₂ yang terus bertambah akan meningkatkan potensi kematian karena adanya pengaruh kematian oleh emisi CO₂ yang lama kelamaan akan menurunkan kembali populasi secara keseluruhan. Selanjutnya, dengan adanya skenario ERP, maka akan mengurangi trips dari kendaraan pribadi. Untuk kendaraan yang masih melewati jalan tersebut, maka akan ada pemasukan dari ERP (*ERP income*). Semakin banyak kendaraan pribadi yang melewati jalan yang dikenai ERP, semakin tinggi *ERP income*. *ERP income* akan digunakan untuk investasi transportasi publik maupun peningkatan kapasitas jalan melalui pembangunan jalan. Pertambahan kapasitas jalan akan mengurangi kemacetan sehingga waktu berkendara juga berkurang. Selain itu, investasi transportasi public juga akan memperbaiki kinerja transportasi publik yang akan berakibat penurunan kecenderungan orang menggunakan kendaraan pribadi. Akibatnya, kemacetan berkurang dan waktu berkendara berkurang.

3.5. Pengembangan Stock and Flow Diagram

Pengembangan *Stock and Flow Diagram* (SFD) merupakan tahap lanjutan dari permodelan sistem dinamis untuk menerjemahkan data mental dan data tertulis yang ada untuk dijadikan input pada model. Untuk itu pengembangan SFD harus sejalan dengan pengembangan CLD. Cara ini sekaligus dapat membuat model tervalidasi secara struktur.

Dengan mengikuti CLD yang sudah dibangun dan tetap mengikuti prinsip system dinamis, maka tahapan berikutnya adalah membangun *stock and flow diagram* yang terdiri dari beberapa sub model:

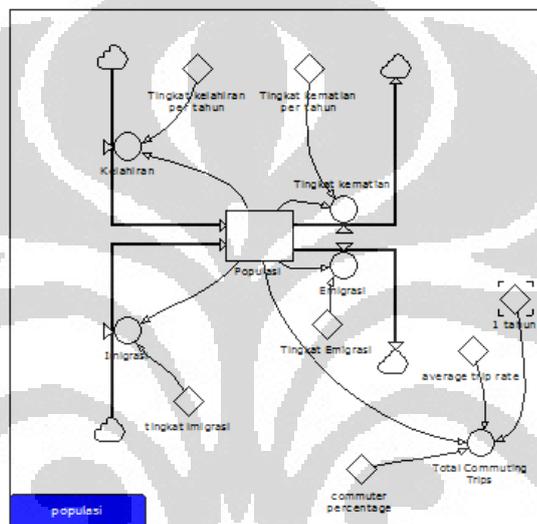
- Sub-model populasi
- Sub-model konsumsi BBM dan Polusi

- Sub-model preferensi kendaraan
- Sub-model tingkat kemacetan dan waktu berkendara

Dalam penerapan skenario ERP, maka terdapat juga sub model lainnya:

- Sub-model pendapatan ERP

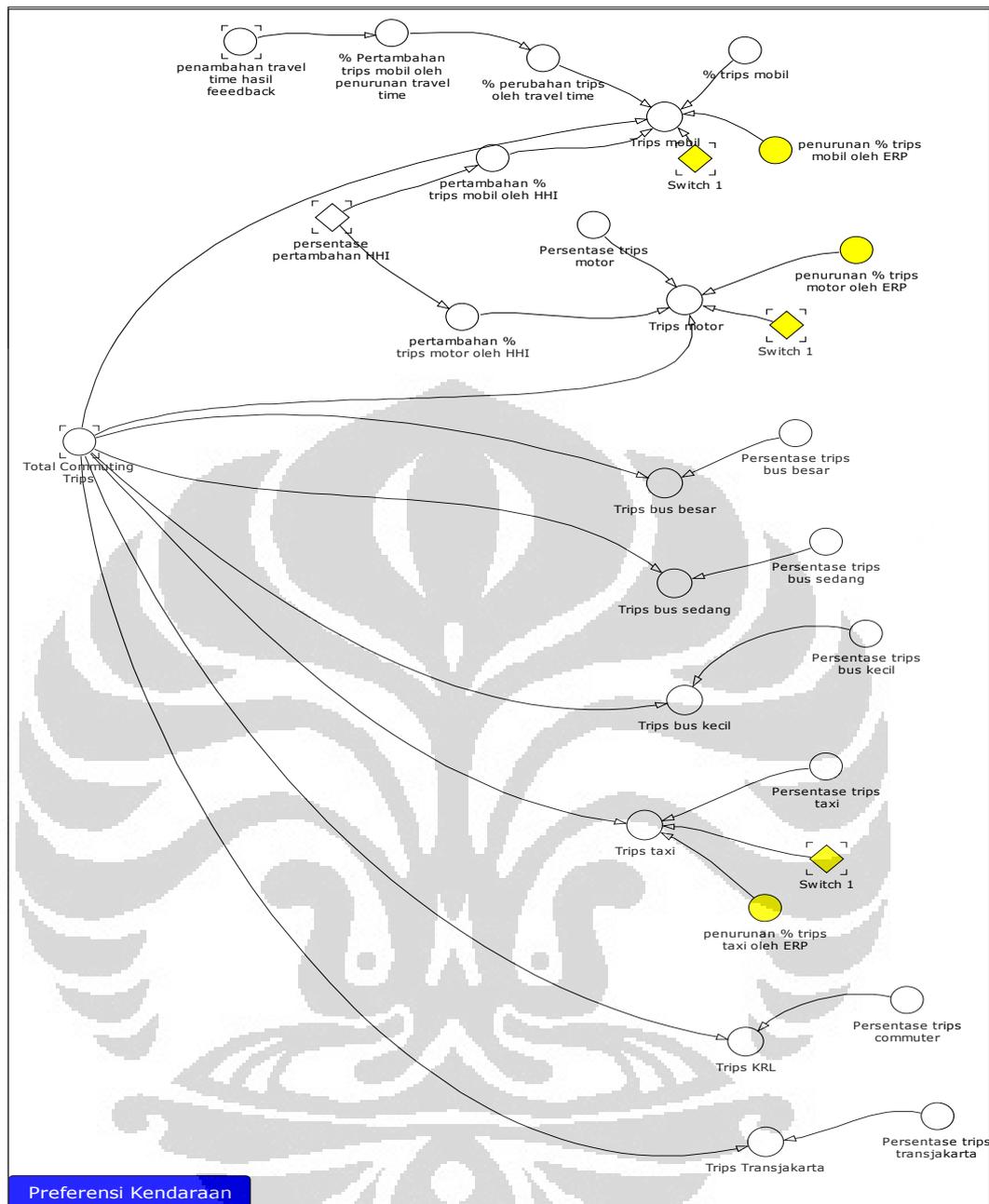
Sub-Model model populasi merupakan sub model yang output-nya akan menjadi permintaan untuk trips dan nantinya akan terhubung dengan sub-model preferensi kendaraan. Sub-model populasi menunjukkan perhitungan dari output tersebut. Berikut SFD Sub-Model Populasi:



Gambar 3.6. Sub-model populasi

3.5.1. SFD preferensi kendaraan

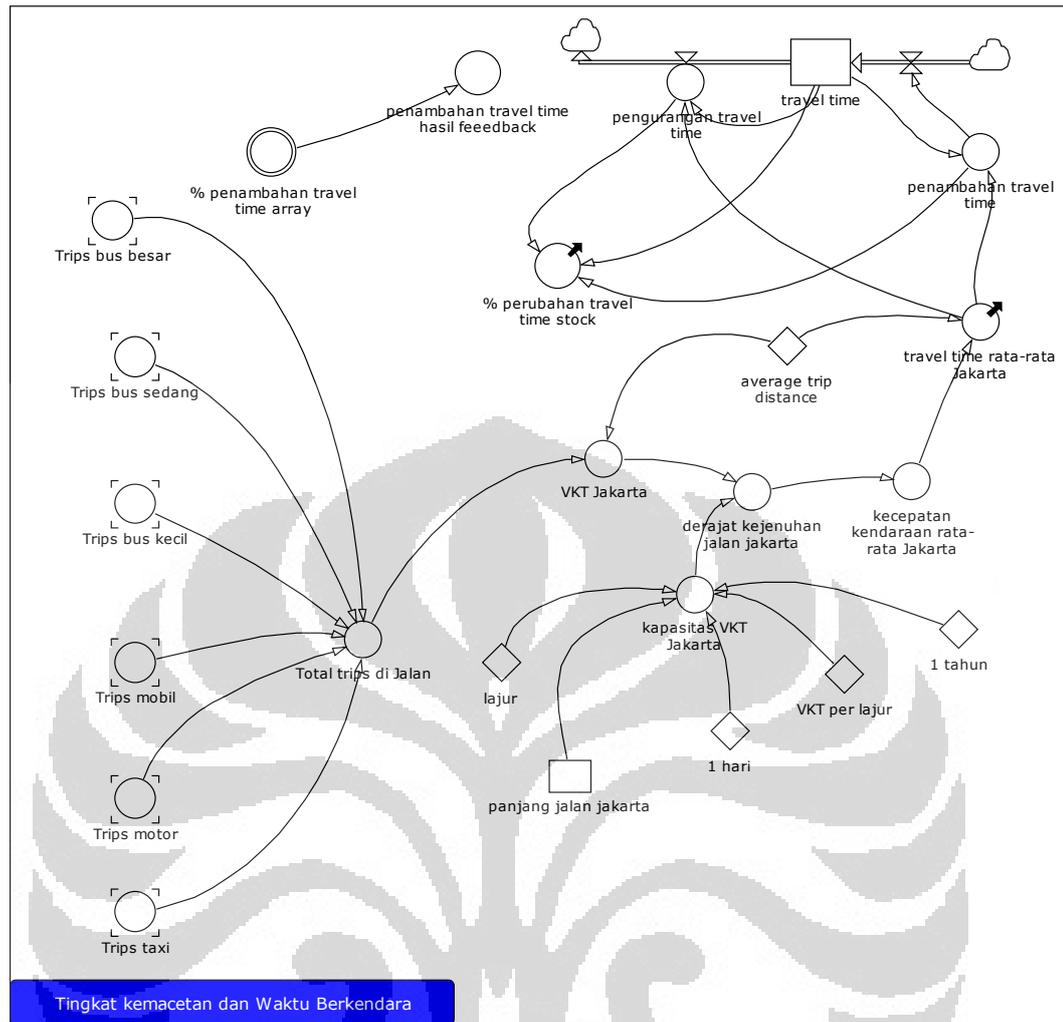
SFD yang ditampilkan dibawah merupakan lanjutan dari sub-model populasi yang menggambarkan preferensi pemilihan moda transportasi masyarakat kota Jakarta. Sub model ini mendapatkan input dari sub-model populasi, mengolahnya, dan kemudian mengeluarkan out-put berupa trips masing-masing moda transportasi.



Gambar 3.7. SFD Preferensi Kendaraan

3.5.2. SFD Sub-model tingkat kemacetan dan waktu berkendara

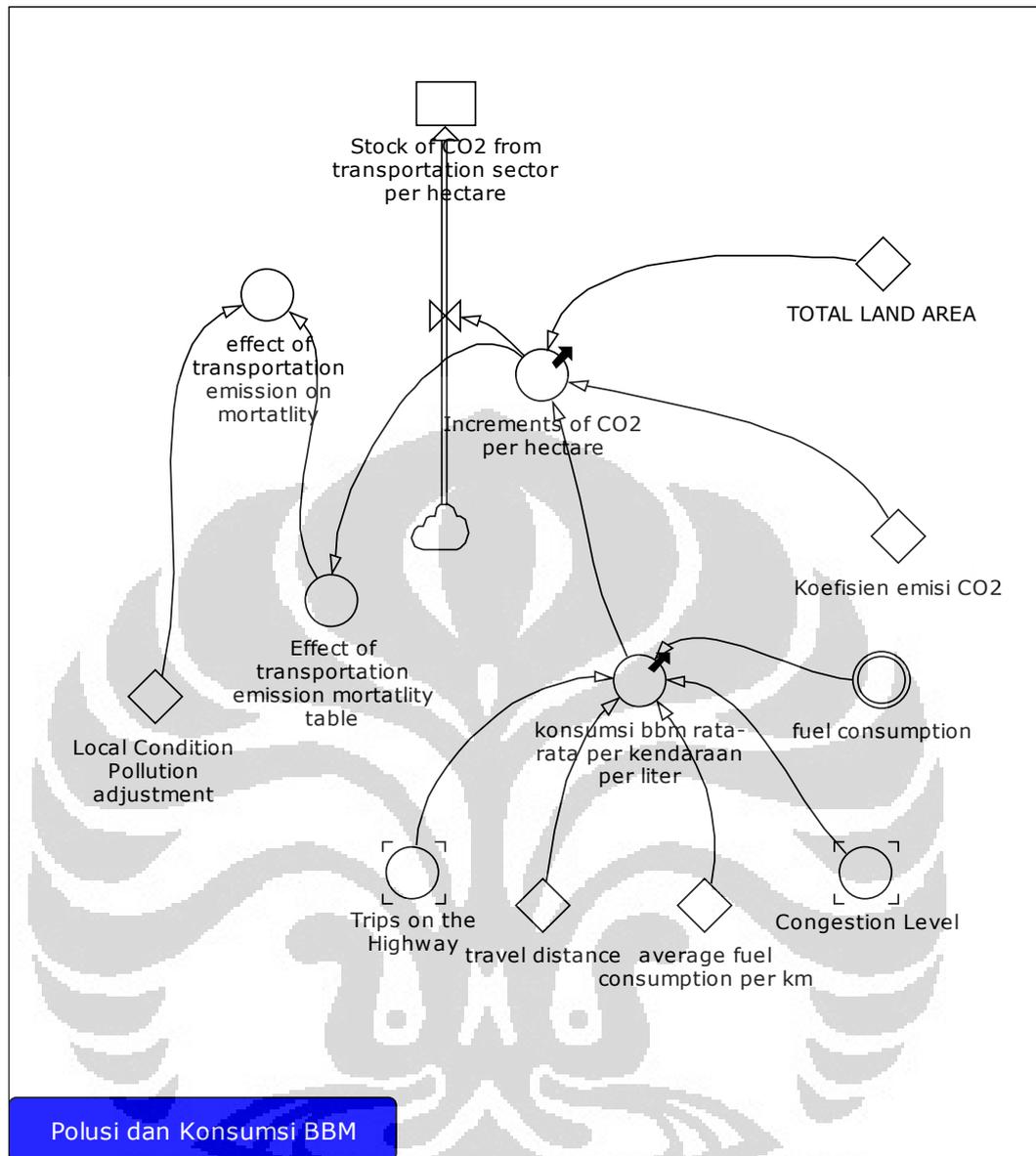
Dibawah ini merupakan SFD sub-model tingkat kemacetan dan waktu berkendara. SFD ini dirancang berdasarkan CLD sebelumnya dengan input dari SFD prefrensi kendaraan berupa trips masing-masing moda transportasi, kemudian diolah pada SFD ini untuk mendapatkan tingkat kemacetan dan waktu berkendara, selanjutnya output-nya berupa waktu berkendara rata-rata kendaraan.



Gambar 3.8. SFD Tingkat kemacetan dan Waktu Berkendara

3.5.3. SFD Sub-Model Konsumsi BBM dan Polusi

Pada bagian SFD sub-model konsumsi BBM dan polusi, mendapatkan input dari waktu berkendara rata-rata dari SFD sub-model tingkat kemacetan dan waktu berkendara, diolah sesuai dengan CLD sebelumnya dan menghasilkan output berupa emisi CO₂ sektor transportasi.

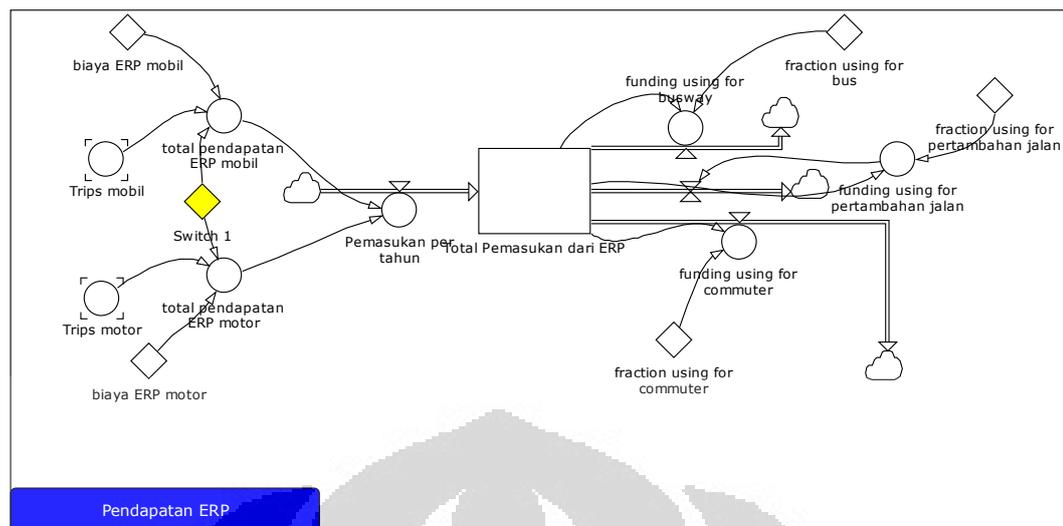


Gambar 3.9. SFD Sub-model polusi dan konsumsi BBM

Jika skenario ERP diterapkan, maka sub-model lainnya yang ikut berperan adalah:

3.5.4. SFD Sub-Model Pendapatan ERP

SFD sub-model pendapatan ERP adalah sub-model yang hanya dapat berjalan jika skenario ERP dijalankan. SFD sub-model ini mendapatkan input dari trips dari masing-masing moda transportasi yang berasal dari SFD sub-model preferensi kendaraan, diolah berdasarkan CLD sebelumnya, dan outputnya berupa total pemasukan dari ERP.



Gambar 3.10. SFD Sub-Model Pendapatan ERP

Dari seluruh stock and flow diagram diatas, dikeluarkan tiga output yakni travel time, konsumsi BBM, dan emisi CO₂. Berdasarkan ketiga output diatas, dipetakan variabel-variabel *endogenous*, *exogenous*, dan *excluded*. Berikut ini kumpulan variabel-variabel tersebut adalah:

Tabel 3.3. Tabel variabel *endogen*, *exogen*, dan *excluded*

<i>Endogenous</i>	<i>Exogenous</i>	<i>Excluded</i>
Population	Birth rate	Fuel price
Total Commuting Trips	Death rate	Household Income
Travel time	Average trip distance	Inflation
Trips	Highways	
VKT	CO ₂ Emission Coefficient	
Congestion Level	Total land area	
Average speed		
Fuel consumption		
CO ₂ emission		
Effect of transportation emission to mortality		

3.6. Validasi dan verifikasi

Verifikasi dan validasi dilakukan untuk memastikan bahwa model simulasi yang dibuat dapat merepresentasikan kondisi yang sebenarnya. Penjelasan mengenai proses ini dijelaskan sebagai berikut.

Secara umum, verifikasi dilakukan pada semua variabel pada model. Verifikasi dan validasi dilakukan dengan membandingkan karakteristik perubahan nilai dari setiap variabel pada subsistem performa perusahaan dihasilkan dari simulasi dengan nilai aktual pada keadaan sebenarnya. Namun, di dalam laporan penelitian ini, verifikasi dan validasi yang ditunjukkan hanya pada beberapa perhitungan yang memiliki peranan penting bagi keabsahan model simulasi sistem dinamis yang dibuat dari segi akademis. Variabel-variabel yang diuji diantaranya:

- Variabel trips motor

Tabel 3.4. Tabel validasi dan verifikasi trips motor

Tahun	Preferensi kendaraan		Perbedaan Hasil
	Model simulasi	SITRAMP	
2002	1,784,695,192	1,784,695,605	0.000023%
2010	3,855,867,946	3,848,083,310	0.201891%

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa trips motor tidak berbeda jauh antara simulasi dan sitramp. Terbukti dengan hasil yang tidak berbeda jauh dan tidak melebihi angka 10%.

- Variabel trips mobil

Tabel 3.5. Tabel validasi dan verifikasi trips mobil

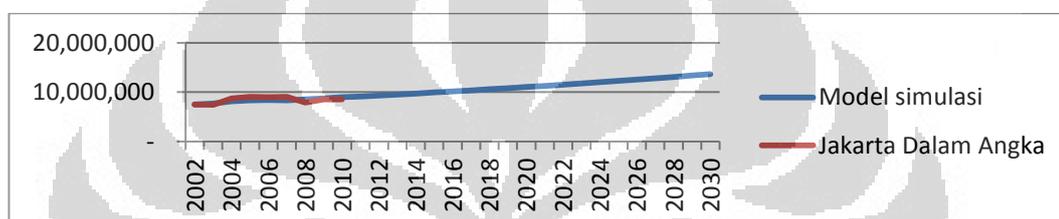
Tahun	Preferensi kendaraan		Perbedaan Hasil
	Model simulasi	SITRAMP	
2002	1,093,563,331	1,172,393,505	7.208560%
2010	850,779,619	789,921,320	7.153239%

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa trips mobil tidak berbeda jauh antara simulasi dan sitramp. Terbukti dengan hasil yang tidak berbeda jauh dan tidak melebihi angka 10%.

- Variable populasi

Tabel 3.6. Tabel validasi dan verifikasi populasi penduduk

Tahun	Preferensi kendaraan		Perbedaan Hasil
	Model simulasi	Jakarta Dalam Angka	
2002	7,461,472	7,461,472	0.000000%
2003	7,685,316	7,456,931	2.971706%
2004	8,109,727	8,725,630	-7.594621%
2005	8,311,425	9,041,605	-8.785256%
2006	8,424,174	8,961,680	-6.380519%
2007	8,342,602	9,057,993	-8.575154%
2008	8,531,979	7,903,180	7.369908%
2009	8,738,453	8,523,157	2.463777%
2010	8,950,797	8,524,152	4.766559%



Gambar 3.11. Perbandingan model dan data sebenarnya

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa populasi tidak berbeda jauh antara simulasi dan Jakarta dalam angka. Terbukti dengan hasil yang tidak berbeda jauh dan tidak melebihi angka 10%.

Verifikasi dan Validasi juga dilakukan melalui beberapa tes seperti yang telah dijelaskan pada Bab 2:

a. Kecukupan Batasan

Tujuan dari dibuatnya model simulasi ini adalah untuk mensimulasikan tujuan sistem transportasi kota jakarta yang terdapat pada SITRAMP. Dalam hal ini, batasan yang ditetapkan mengacu kepada batasan struktur sistem yang telah dibuat dalam *system diagram* pada bab sebelumnya, yang mana dibuat berdasarkan pemahaman yang diperoleh dari jurnal penelitian dan kondisi yang berlaku di kota Jakarta. Dalam hal ini, unsur-unsur di luar itu, seperti korupsi, bencana alam dan terorisme tidak diperhitungkan di dalam model ini.

b. Penilaian Struktur

Model yang dibuat sudah memiliki struktur yang relevan dengan sistem dan konsep permasalahan yang ada. Hal ini dapat dilihat dari kesesuaian antara

model simulasi yang dibuat dengan *causal loop diagram* dengan *system diagram* sebagai kerangkanya.

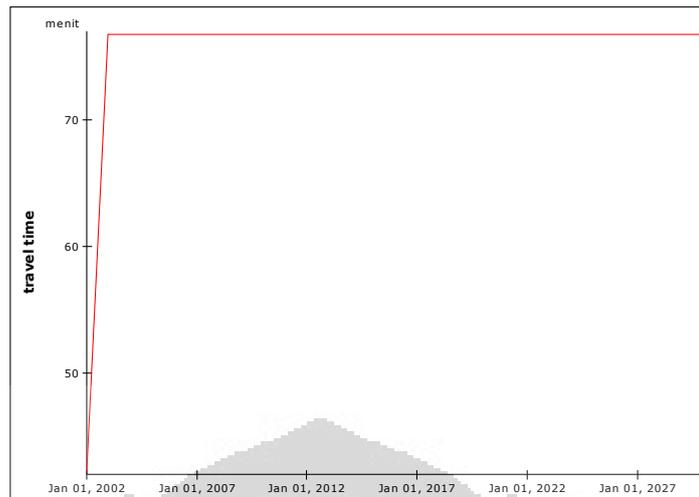
c. Konsistensi Dimensi

Model simulasi sistem dinamis pemenuhan target jangka panjang sistem transportasi Jakarta ini dibuat dengan bantuan aplikasi Powersim Studio studio 9 yang menuntut adanya konsistensi dalam dimensi yang digunakan agar simulasi dapat berjalan. Karena model simulasi ini dapat berjalan, maka secara otomatis konsistensi dimensinya telah teruji.

d. Kondisi Ekstrim

Pengujian kondisi ekstrim ini dilakukan untuk menguji apakah model simulasi benar-benar bekerja sesuai dengan batasan yang telah dibuat dalam *causal loop* yang telah dijelaskan sebelumnya. Dalam hal ini, cara yang dilakukan adalah dengan memberikan input nilai ekstrim pada satu atau beberapa parameter model simulasi yang ada.

Pengujian pada kondisi ekstrim di model ini akan coba dilakukan pada variabel tingkat kelahiran per tahun. Variabel ini memiliki batasan terhadap variabel kapasitas jalan kota Jakarta. Variabel tingkat kelahiran per tahun ditingkat hingga 100%. Perilaku model menyimpang jika model waktu berkendara rata-rata di kota Jakarta tidak mencapai puncaknya dan masih dapat bertambah maupun berkurang seiring berjalannya waktu meskipun sebenarnya kapasitas jalan sudah tidak bertambah lagi dan trips melebihi kapasitas jalan. Prosedur untuk melakukan uji ekstrimitas ini adalah dengan meningkatkan tingkat populasi dengan nilai ekstrim tinggi, lalu dilihat perilaku dari model apakah kapasitas jalan bisa menjadi faktor kendala bagi model terutama untuk variabel waktu berkendara rata-rata kota Jakarta.

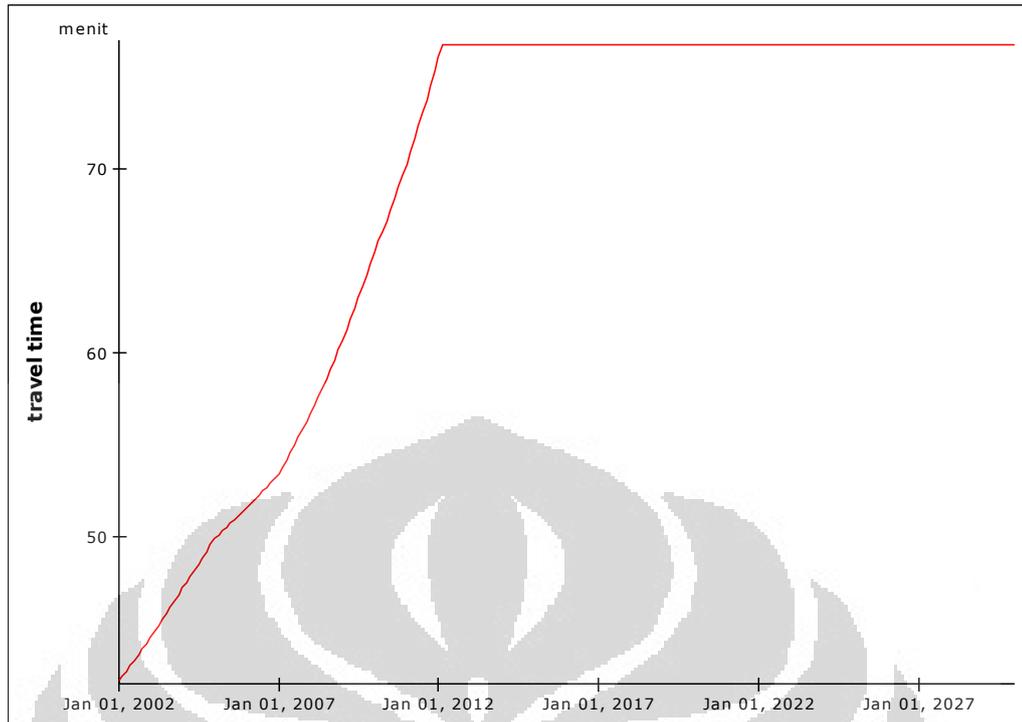


Gambar 3.12. Uji Ekstrimitas Pada Tingkat Kelahiran Per Tahun

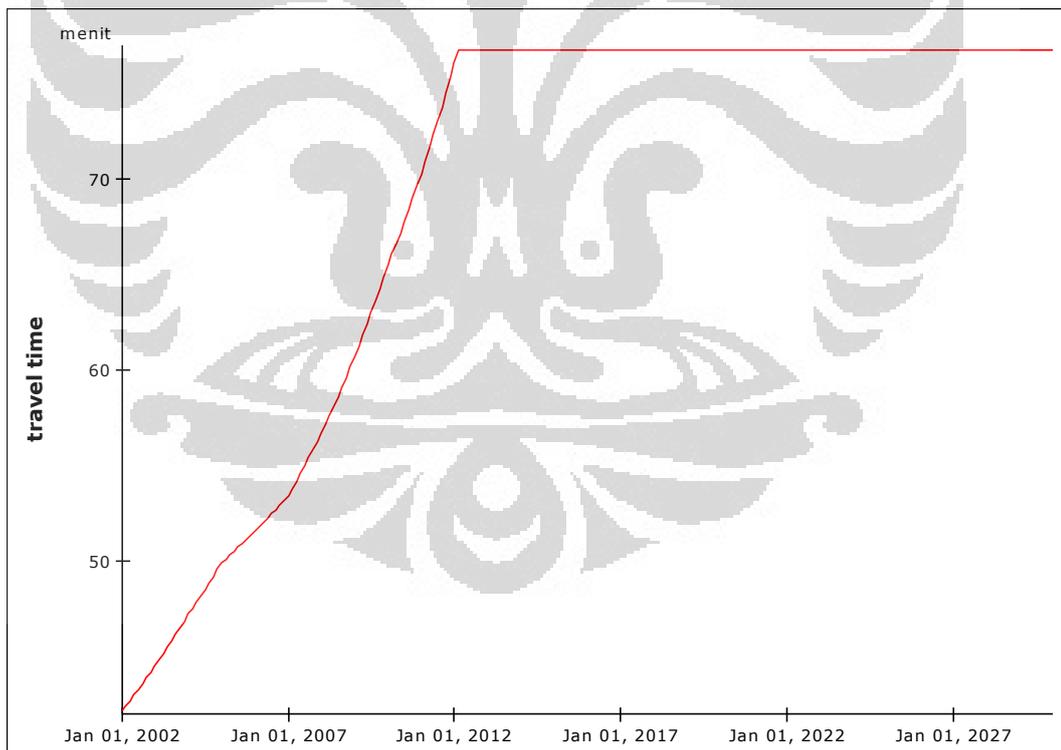
Pada uji ekstrimitas yang dilakukan diatas dengan memasukkan nilai ekstrim tinggi pada tingkat kelahiran per tahun sehingga terjadi peningkatan trips setiap moda transportasi secara besar-besaran, namun kapasitas jalan tidak lagi dapat mengimbangi sehingga waktu berkendara tidak dapat naik maupun turun lagi. Hal ini terlihat pada gambar diatas waktu berkendara tidak bertambah maupun berkurang lagi semenjak tahun 2003 karena kapasitas jalan yang sudah tidak ada lagi. Artinya Jakarta macet total hanya dalam jangka waktu satu tahun dari simulasi awal. Grafik ini sesuai dengan hasil yang diharapkan dimana waktu berkendara akan langsung mencapai puncaknya dan tidak dapat meningkat lagi karena kapasitas jalan yang sudah tidak dapat mengimbangi.

e. Error dalam Integrasi

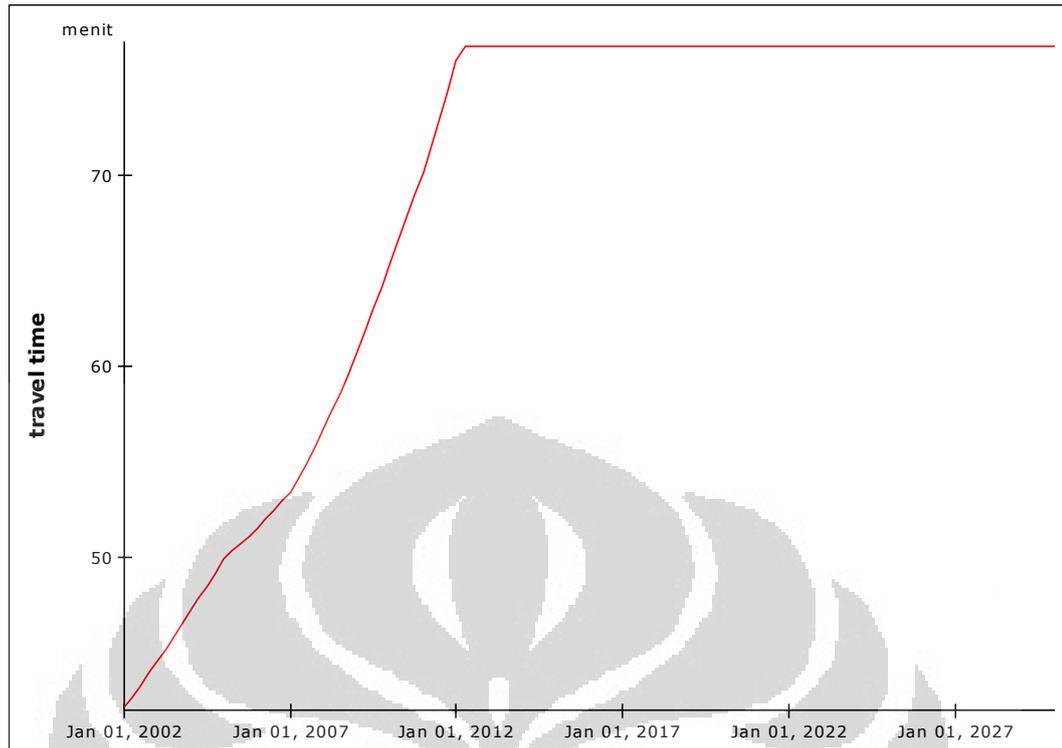
Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah hasil keluaran simulasi sensitif terhadap *time step* yang dipergunakan. Metode yang umum dalam pengujian ini adalah dengan membandingkan hasil simulasi *time step* normal dengan hasil simulasi *time step* setengah dari seharusnya. Sesuai dengan teori sistem dinamis yang dikemukakan Stermen, sebuah simulasi sistem dinamis memiliki nilai yang baik apabila langkah perhitungan yang dilakukan adalah sejumlah $1/8$ dari rentang waktu terkecil yang ingin dipelajari, berawal dari teori tersebut maka model ini secara alami menggunakan langkah perhitungan sebesar 45 hari. Namun untuk melihat kemungkinan kesalahan integrasi yang tinggi maka model diuji dengan menggunakan nilai setengah dari langkah perhitungan alami dan dua kali dari nilai perhitungan alami.



Gambar 3.13. Keluaran Hasil pada Time Step 45 hari



Gambar 3.14. Keluaran Hasil pada Time Step 22 hari



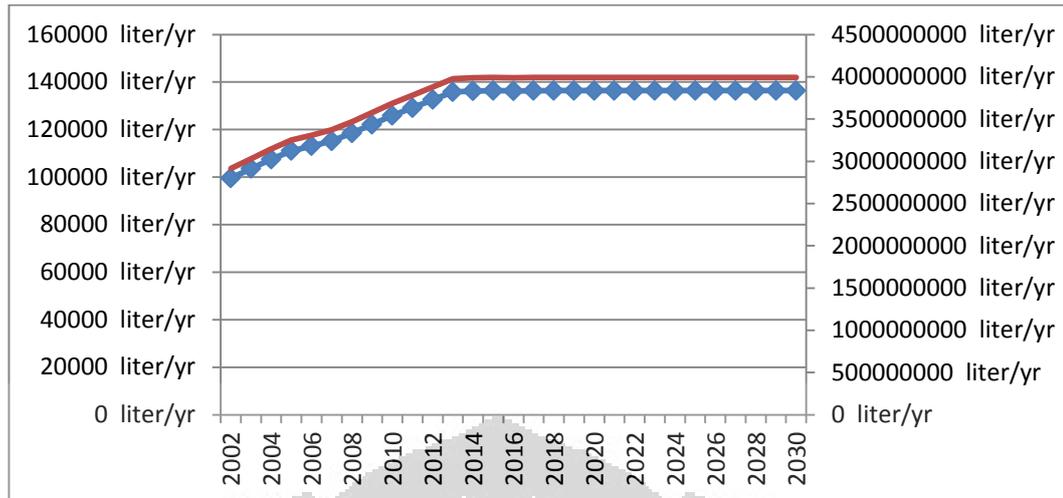
Gambar 3.15. Keluaran Hasil pada Time Step 90 hari

Terlihat pada ketiga grafik diatas bahwa nilai yang dihasilkan tidak jauh berbeda satu sama lain, ketiganya menunjukkan nilai dan perilaku yang sama sehingga dapat terbukti bahwa perubahan *Time Step* tidak mempengaruhi perhitungan model.

3.6.1. Reproduksi perilaku

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah model simulasi yang dibuat menghasilkan perilaku yang penting atau perilaku sederhana dari sistem sesuai dengan yang terjadi pada kondisi nyata. Di dalam pengujian ini, perilaku-perilaku yang ingin diteliti antara lain adalah sebagai berikut:

- Pengaruh peningkatan konsumsi BBM sektor transportasi, secara teoritis menurut CLD yang telah dibangun dan berdasarkan jurnal-jurnal yang ada, konsumsi BBM sektor transportasi akan meningkatkan emisi CO₂.



Gambar 3.16. Grafik Perbandingan konsumsi BBM dan Emisi

Pada grafik diatas terlihat bahwa terjadi peningkatan emisi CO₂ seiring dengan adanya peningkatan konsumsi BBM, dimana jika dilihat hubungan yang terjadi adalah linear dengan peningkatan yang sama mulai dari tahun pertama simulasi yakni tahun 2002, hingga akhir tahun simulasi, yakni tahun 2030. Perilaku ini sesuai dengan perilaku yang digambarkan pada CLD dimana perbandingan emisi dan konsumsi BBM memang berbanding lurus.

BAB 4

PENGEMBANGAN SKENARIO

KEBIJAKAN DAN ANALISIS

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada bagian sistem diagram, tujuan utama model dan perancangan skenario adalah mengatasi kemacetan kota Jakarta yang ditandai dengan penurunan tingkat kemacetan (waktu berkendara). Pada bab tiga telah dijelaskan proses pembangunan model basis hingga tahapan validasi dan verifikasi. Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana perancangan skenario kebijakan untuk menyelesaikan masalah utama yakni penurunan tingkat kemacetan atau *travel time*.

4.1. Perancangan skenario kebijakan

Pada sub bab ini akan dijelaskan perancangan skenario kebijakan variabel apa yang menjadi pertimbangan akan dipengaruhi oleh setiap skenario nantinya.

4.1.1. Perancangan skenario *Business As Usual* (BAU)

Perancangan skenario BAU telah dilakukan pada bab tiga mulai dari perancangan model hingga validasi dan verifikasi. Kondisi basis ini memungkinkan kita untuk melihat apakah yang terjadi apabila keadaan dibiarkan begitu saja tanpa ada perubahan. Kondisi ini lalu nantinya akan dibandingkan dengan kondisi saat kebijakan diterapkan, oleh karena itu kondisi ini disebut kondisi basis yang menjadi dasar dampak dari kebijakan yang diambil.

4.1.2. Perancangan skenario kebijakan *Electronic Road Pricing* (ERP)

Electronic Road Pricing (ERP), seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, merupakan salah satu upaya untuk mengatasi kemacetan kota Jakarta. Sesuai dengan studi yang dilakukan oleh SITRAMP, salah satu metode untuk mengatasi kemacetan adalah manajemen permintaan lalu lintas dimana isu yang dibahas dalam studi tersebut adalah penerapan ERP. Pada bab ini akan dijelaskan perancangan skenario ERP yang nantinya akan diinjeksikan kedalam model basis sistem transportasi kota Jakarta.

Dalam sistem diagram, terdapat beberapa *external variable* dimana diantaranya adalah preferensi pemilihan moda transportasi. Pada model basis, data *external variable* ini didapatkan dari SITRAMP dimana merupakan pembagian proporsi *variable total commuting trips* terhadap masing-masing moda transportasi. Proporsi ini dalam bentuk persentase yang tetap angkanya dalam periode simulasi dan tidak dipengaruhi oleh *close loop* dari model. Oleh karena itu, variabel-variabel ini dikatakan sebagai *external variable*.

Pada bab dua juga telah dijelaskan berbagai macam skenario yang meliputi skenario prediktif, skenario eksploratori dan skenario normatif. ERP termasuk dalam kategori skenario eksploratori karena rencana penerapannya baru akan direalisasikan pada tahun 2014. Model dijalankan mulai dari tahun 2011 sehingga skenario ini termasuk kategori skenario eksploratori. Selain itu, skenario eksploratori juga bertujuan untuk permodelan jangka panjang dimana ini juga sesuai dengan studi yang dilakukan SITRAMP yang juga dilakukan pada model basis, yakni hingga tahun 2030.

Skenario ERP juga diinjeksikan pada *external variable*, yakni pada *variable* persentase trips mobil. Kemudian berdasarkan jurnal *Understanding transport Demands and Elasticities, How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior* (Litman, 2012) bahwa penurunan persentase trips mobil yang dipengaruhi oleh biaya ERP sebesar Rp 23.100 untuk mobil dan Rp 7.700 untuk motor (Oriental Consultants ALMEC Corporation, 2011) adalah 22% untuk masing-masing moda transportasi. Selanjutnya skenario ERP akan menyebabkan perubahan perilaku dari pengendara mobil pribadi yang ditandai dengan naik dan turunnya waktu berkendara keseluruhan karena trips mobil dan motor yang naik dan turun juga. Trips mobil dan motor merupakan kontributor utama terhadap waktu berkendara dengan proporsi persentase trips terbesar. Hal ini terlihat pada Gambar 3.7. Pengaruh ERP ini sesuai dengan skenario eksternal dimana *variable* yang dipengaruhi adalah *external variable* dan skenario strategis dimana *variable* yang dipengaruhi kemudian menjadi faktor internal yang dapat dipengaruhi oleh waktu berkendara (*close loop*). Oleh karena itu, hal ini semakin menegaskan bahwa skenario ERP adalah skenario eksploratori yang merupakan kombinasi skenario eksternal dan strategis.

Selanjutnya, dengan adanya perubahan terhadap output waktu berkendara, juga berdampak kepada output lainnya, yakni konsumsi BBM dan emisi CO₂. Analisis detail dari skenario ERP akan dijelaskan pada sub bab berikutnya.

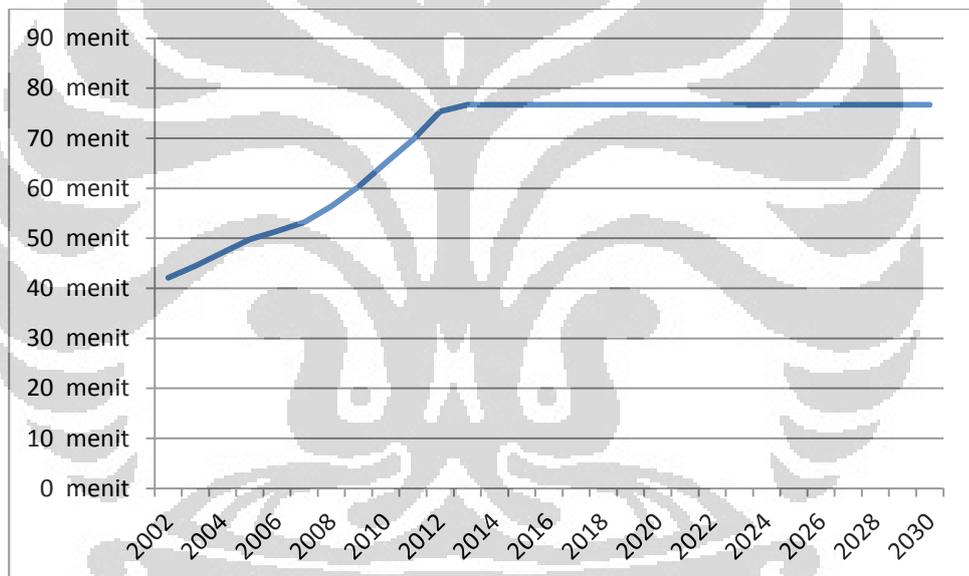
4.2. Analisis skenario kebijakan

Dalam sub bab ini berisi analisis dari setiap skenario, khususnya pada variable-variable yang dipengaruhi oleh setiap skenario serta dampaknya terhadap output-output tersebut.

4.2.1. Analisis skenario kebijakan *Business As Usual*

Kondisi basis Indonesia ditunjukkan dengan output-output di bawah ini:

- Output waktu berkendara



Gambar 4.1. Travel time rata-rata skenario BAU

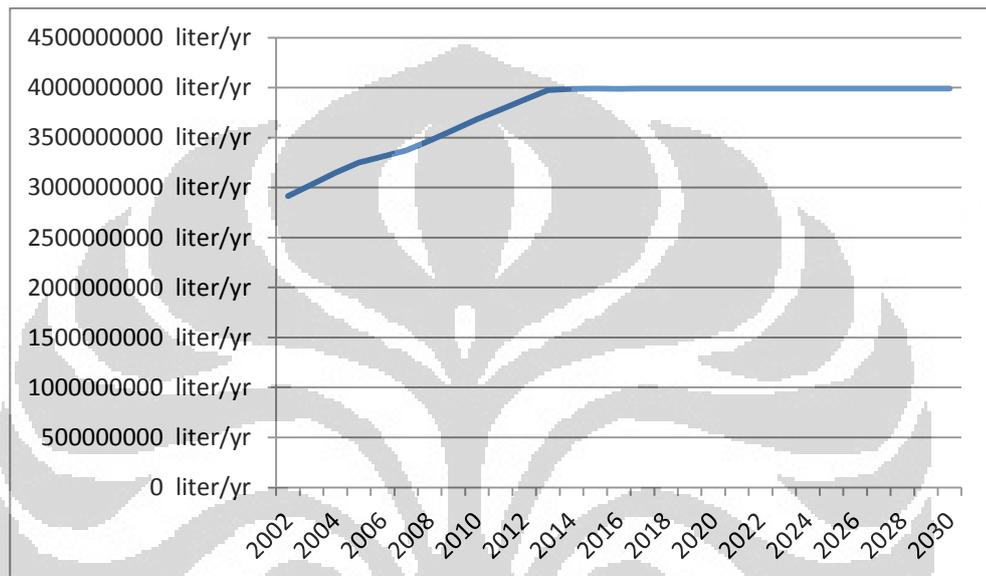
Tabel 4.1. Tabel *travel time* rata-rata skenario BAU

Tahun	travel time rata-rata
2002	42.13261227 menit
2003	44.52186628 menit
2004	47.20567742 menit
2005	49.90617841 menit
2006	51.54667581 menit
2007	53.39067565 menit
2008	56.6430242 menit
2009	60.67642224 menit
2010	65.47251622 menit
2011	70.23979049 menit
2012	76.05971581 menit
2013	76.70816729 menit
2014	76.71816729 menit
2015	76.71816729 menit
2016	76.71816729 menit
2017	76.71816729 menit
2018	76.71816729 menit
2019	76.71816729 menit
2020	76.71816729 menit
2021	76.71816729 menit
2022	76.71816729 menit
2023	76.71816729 menit
2024	76.71816729 menit
2025	76.71816729 menit
2026	76.71816729 menit
2027	76.71816729 menit
2028	76.71816729 menit
2029	76.71816729 menit
2030	76.71816729 menit

Berdasarkan Gambar 4.1 dan Tabel 4.1 diatas, dapat dilihat bahwa transportasi kota Jakarta akan mencapai puncaknya pada tahun 2014. Travel terus meningkat hingga mencapai puncaknya pada tahun 2014 yang mencapai angka

76.72 menit. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan waktu berkendara hingga akhirnya tidak dapat bertambah lagi karena kapasitas jalan sudah tidak dapat mengimbangi. Hal ini sesuai dengan prediksi yang dilakukan oleh JICA bahwa Jakarta akan macet total pada tahun 2014 karena jumlah kendaraan sudah tidak dapat diimbangi oleh kapasitas jalan.

- Output konsumsi BBM sektor transportasi



Gambar 4.2. Konsumsi BBM rata-rata skenario BAU

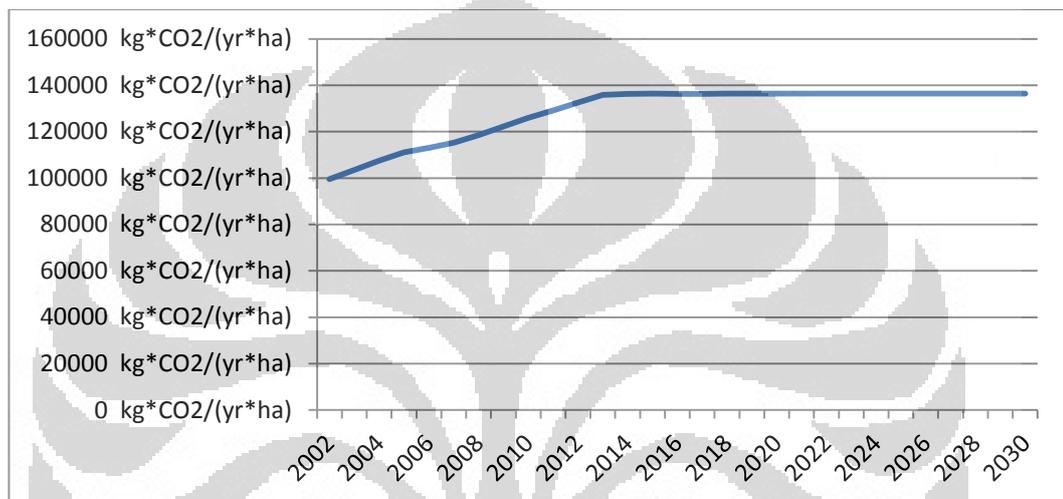
Tabel 4.2. Tabel konsumsi BBM rata-rata skenario BAU

Tahun	Konsumsi BBM rata-rata
2002	2914181413 liter/yr
2003	3030090210 liter/yr
2004	3146292642 liter/yr
2005	3250733956 liter/yr
2006	3309116446 liter/yr
2007	3370439732 liter/yr
2008	3468501119 liter/yr
2009	3575415419 liter/yr
2010	3685369531 liter/yr
2011	3779919751 liter/yr
2012	3879236414 liter/yr
2013	3976292914 liter/yr
2014	3986292914 liter/yr
2015	3991292914 liter/yr
2016	3991292914 liter/yr
2017	3991292914 liter/yr
2018	3991292914 liter/yr
2019	3991292914 liter/yr
2020	3991292914 liter/yr
2021	3991292914 liter/yr
2022	3991292914 liter/yr
2023	3991292914 liter/yr
2024	3991292914 liter/yr
2025	3991292914 liter/yr
2026	3991292914 liter/yr
2027	3991292914 liter/yr
2028	3991292914 liter/yr
2029	3991292914 liter/yr
2030	3991292914 liter/yr

Berdasarkan Gambar 4.1 dan Tabel 4.2 diatas terlihat bahwa pola yang sama dengan waktu berkendara terjadi pada output konsumsi BBM rata-rata sektor transportasi, khusus untuk kendaraan yang dimodelkan, yakni kendaraan

dengan jarak tempuh yang tinggi, menempuh 24 km *travel distance*. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan konsumsi BBM hingga tahun 2014 yang mencapai angka 3,986,292,914 liter. Namun setelah tahun 2014, angka ini cenderung untuk stagnan. Artinya, ketika kapasitas jalan sudah terpenuhi, maka trips tidak dapat bertambah lagi. Akibatnya, konsumsi BBM juga tidak bertambah kembali.

- Output emisi CO2



Gambar 4.3. Emisi CO2 rata-rata skenario BAU

Tabel 4.3. Tabel Emisi CO2 rata-rata skenario BAU

Tahun	Emisi CO2 rata-rata
2002	99569.588 kg*CO2/ha
2003	103529.874 kg*CO2/(ha)
2004	107500.193 kg*CO2/(ha)
2005	111068.666 kg*CO2/(ha)
2006	113063.435 kg*CO2/(ha)
2007	115158.684 kg*CO2/(ha)
2008	118509.173 kg*CO2/(ha)
2009	122162.141 kg*CO2/(ha)
2010	125918.972 kg*CO2/(ha)
2011	129149.493 kg*CO2/(ha)
2012	132542.872 kg*CO2/(ha)
2013	135859.023 kg*CO2/(ha)
2014	136200.699 kg*CO2/(ha)
2015	136328.826 kg*CO2/(ha)
2016	136362.993 kg*CO2/(ha)
2017	136362.993 kg*CO2/(ha)
2018	136362.993 kg*CO2/(ha)
2019	136362.993 kg*CO2/(ha)
2020	136362.993 kg*CO2/(ha)
2021	136362.993 kg*CO2/(ha)
2022	136362.993 kg*CO2/(ha)
2023	136362.993 kg*CO2/(ha)
2024	136362.993 kg*CO2/(ha)
2025	136362.993 kg*CO2/(ha)
2026	136362.993 kg*CO2/(ha)
2027	136362.993 kg*CO2/(ha)
2028	136362.993 kg*CO2/(ha)
2029	136362.993 kg*CO2/(ha)
2030	136362.993 kg*CO2/(ha)

Perilaku yang identik terjadi oleh emisi CO₂. Emisi CO₂ yang dihasilkan terus meningkat hingga tahun 2014. Selanjutnya, emisi CO₂ cenderung stagnan.

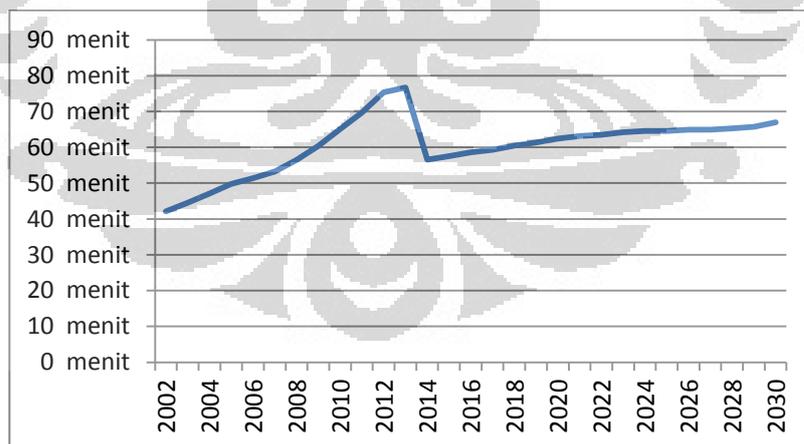
Perilaku yang mirip ini disebabkan karena emisi CO₂ merupakan hasil konversi dari konsumsi BBM.

4.2.2. Analisis skenario kebijakan *Electronic Road Pricing* (ERP)

Dalam sub bab ini akan dijelaskan dampak penerapan ERP terhadap ketiga output, yaitu: *travel time*, konsumsi BBM, dan emisi CO₂. Seperti yang ditunjukkan oleh modus referensi dari ketiga output pada Gambar 3.1, Gambar 3.2, dan Gambar 3.3, dapat dilihat bahwa dari ketiga output terlihat bahwa dengan penerapan ERP, secara perilaku waktu berkendara, konsumsi BBM dan emisi CO₂ akan berkurang. Akan tetapi, seiring berjalannya waktu, permintaan akan trips semakin meningkat seiring dengan peningkatan populasi. Akibatnya, ketiga output menunjukkan perilaku yang sama, yakni meningkat dan hingga suatu saat nanti akan mencapai *travel time* puncaknya jika tidak dilakukan kebijakan lainnya pada tahun berikutnya. Berikut ini penjelasan skenario ERP beserta tabel masing-masing output yang merupakan indikator dari tujuan sistem transportasi kota.

Pada kondisi ini, disimulasikan keadaan apabila skenario ERP diterapkan mulai dari tahun 2014. Output yang dijadikan acuan tetap sama seperti output pada kondisi basis tanpa adanya skenario ERP. Output tersebut diantaranya:

- Output waktu berkendara rata-rata skenario ERP



Gambar 4.4. Travel time rata-rata skenario ERP

Tabel 4.4. Travel time rata-rata skenario ERP

Tahun	travel time rata-rata
2002	42.13261227 menit

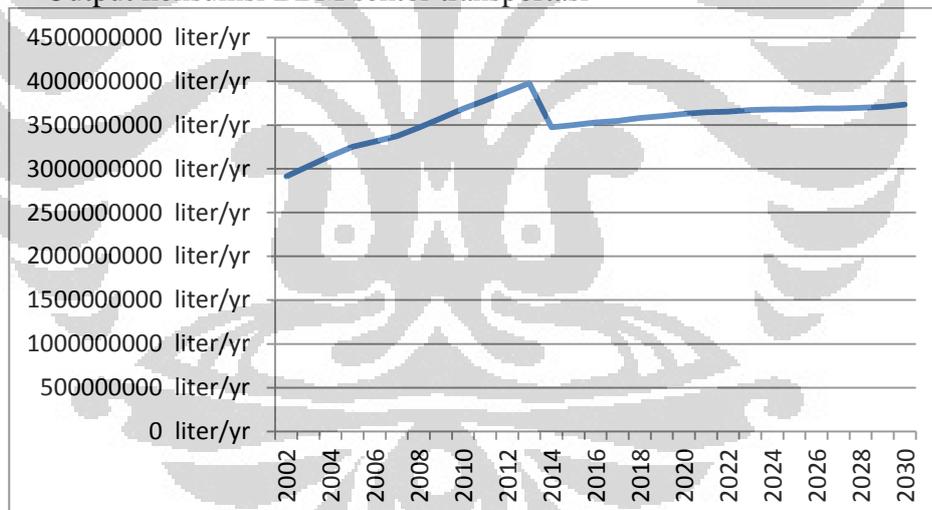
2003	44.48893943 menit
2004	47.13151506 menit
2005	49.78961461 menit
2006	51.41038303 menit
2007	53.2304404 menit
2008	56.42474593 menit
2009	60.37486642 menit
2010	65.05893635 menit
2011	69.70955312 menit
2012	75.36874551 menit
2013	76.71816729 menit
2014	56.5589758 menit
2015	57.48379458 menit
2016	58.56250461 menit
2017	59.32406757 menit
2018	60.47046087 menit
2019	61.35570472 menit
2020	62.46098647 menit
2021	63.1825417 menit
2022	63.49550893 menit
2023	64.19899368 menit
2024	64.57236283 menit
2025	64.58550861 menit
2026	64.93135945 menit
2027	64.93755032 menit
2028	65.26349592 menit
2029	65.69600907 menit
2030	66.93234826 menit

Berdasarkan Gambar 4.4 dan Tabel 4.4, terlihat bahwa waktu berkendara rata-rata menurun pada awal pelaksanaan ERP yakni pada tahun 2014 hingga mencapai 26.28% dari *travel time* tahun 2013. Namun, karena pertambahan populasi meningkatkan permintaan trips, maka waktu berkendara meningkat kembali hingga mendekati kapasitas jalan. namun pertambahannya tidak setinggi ketika skenario tanpa ERP, yakni sebelum tahun 2014.

Selain itu, asumsi yang digunakan adalah setiap trips kendaraan pribadi yang berpindah 100% berpindah kepada moda transportasi publik yang tidak menggunakan kapasitas jalan seperti transjakarta dan KRL. Hal ini dikarenakan, jika trips kendaraan pribadi tersebut berpindah ke moda transportasi seperti bus besar, bus sedang, bus kecil dan moda transportasi lain yang masih menggunakan kapasitas jalan, maka trips di jalan akan tetap bertambah dengan signifikan dan kapasitas jalan tidak mampu untuk mengimbangnya. Oleh karena itu, seluruh trips kendaraan pribadi yang berkurang karena ERP diasumsikan berpindah ke moda transportasi seperti transjakarta dan KRL.

Disamping itu, jika dilihat kecenderungan kenaikan *travel time* setelah tahun 2014, meskipun tidak mencapai kapasitas jalan pada tahun 2030, ada kecenderungan untuk mencapai kapasitasnya dan akan berakibat kepada kemacetan total juga. Oleh karena itu, tetap dibutuhkan kebijakan lainnya selain penerapan ERP.

- Output konsumsi BBM sektor transportasi



Gambar 4.5. Konsumsi BBM rata-rata skenario ERP

Tabel 4.5. Tabel konsumsi BBM rata-rata skenario ERP

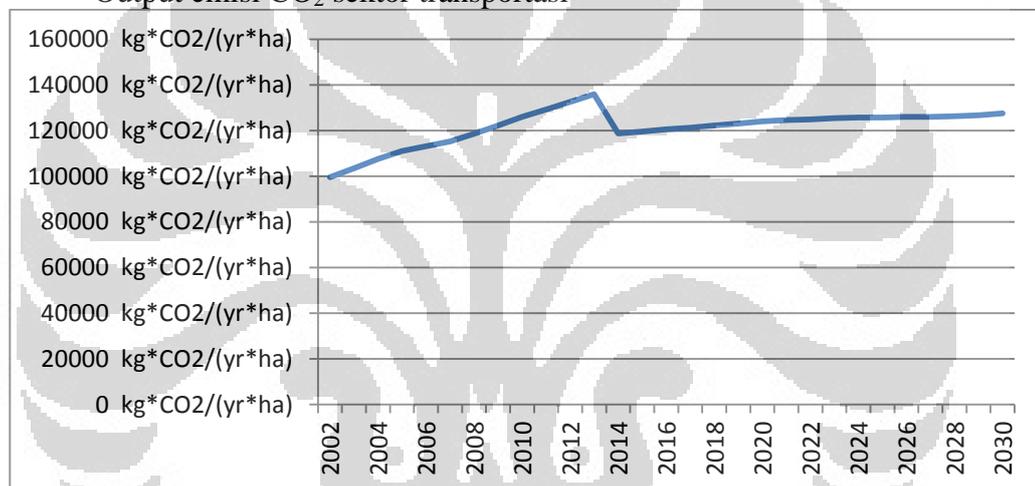
Tahun	Konsumsi BBM rata-rata
2002	2914181413 liter/yr
2003	3030090210 liter/yr
2004	3146292642 liter/yr
2005	3250733956 liter/yr
2006	3309116446 liter/yr
2007	3370439732 liter/yr
2008	3468501119 liter/yr
2009	3575415419 liter/yr
2010	3685369531 liter/yr
2011	3779919751 liter/yr
2012	3879236414 liter/yr
2013	3976292914 liter/yr
2014	3472379311 liter/yr
2015	3498607054 liter/yr
2016	3528152523 liter/yr
2017	3548364393 liter/yr
2018	3578382409 liter/yr
2019	3600948669 liter/yr
2020	3628125494 liter/yr
2021	3645577184 liter/yr
2022	3653370085 liter/yr
2023	3669900409 liter/yr
2024	3678828003 liter/yr
2025	3679740618 liter/yr
2026	3687982152 liter/yr
2027	3688751735 liter/yr
2028	3696494907 liter/yr
2029	3706458182 liter/yr
2030	3733089072 liter/yr

Perilaku yang sama terlihat pada konsumsi BBM rata-rata skenario ERP dengan *travel time* rata-rata skenario ERP. Hal ini disebabkan konsumsi BBM sangat dipengaruhi oleh jumlah trips yang melewati jalan. Akibatnya, konsumsi

BBM rata-rata akan menurun hingga 12.67 % pada tahun 2014 jika dibandingkan dengan tahun 2013. Jika dibandingkan dengan skenario BAU, konsumsi BBM pada tahun 2014 berbeda menurun 12.9% pada tahun yang sama. Oleh karena itu, penerapan ERP mampu menurunkan konsumsi BBM pada tahun-tahun awal penerapan ERP.

Disisi lain, kenaikan konsumsi BBM setelah penerapan ERP pada tahun 2014 juga tetap akan terjadi. Perilaku ini juga sama seperti yang terjadi pada *travel time* rata-rata dimana kenaikan populasi akan meningkatkan kebutuhan dan permintaan trips berkendara. Akibatnya trips kendaraan pribadi juga akan meningkat.

- Output emisi CO₂ sektor transportasi



Gambar 4.6. Emisi CO₂ rata-rata skenario ERP

Perilaku yang sama juga terjadi pada emisi CO₂. Emisi CO₂ akan meningkat sebelum tahun 2014 dan akan menurun hingga 12.67% pada tahun awal penerapan ERP yakni tahun 2014. Selain itu, kecenderungan peningkatan emisi CO₂ dari tahun ke tahun juga menunjukkan bahwa ERP memang harus didukung dengan kebijakan lainnya dalam mengatasi masalah kemacetan kota Jakarta. Jika hanya skenario ERP yang dijalankan, maka penerapan kemacetan akan tetap terjadi pada beberapa tahun yang akan datang.

Tabel 4.6. Tabel Emisi CO2 rata-rata skenario ERP

Tahun	Emisi CO2 rata-rata
2002	99569.58825 kg*CO2/(ha)
2003	103529.874 kg*CO2/(ha)
2004	107500.1925 kg*CO2/(ha)
2005	111068.6658 kg*CO2/(ha)
2006	113063.4354 kg*CO2/(ha)
2007	115158.684 kg*CO2/(ha)
2008	118509.1727 kg*CO2/(ha)
2009	122162.1411 kg*CO2/(ha)
2010	125918.9716 kg*CO2/(ha)
2011	129149.4934 kg*CO2/(ha)
2012	132542.8715 kg*CO2/(ha)
2013	135859.0259 kg*CO2/(ha)
2014	118641.6798 kg*CO2/(ha)
2015	119537.8099 kg*CO2/(ha)
2016	120547.2976 kg*CO2/(ha)
2017	121237.8818 kg*CO2/(ha)
2018	122263.515 kg*CO2/(ha)
2019	123034.5423 kg*CO2/(ha)
2020	123963.0999 kg*CO2/(ha)
2021	124559.3763 kg*CO2/(ha)
2022	124825.6383 kg*CO2/(ha)
2023	125390.4342 kg*CO2/(ha)
2024	125695.4656 kg*CO2/(ha)
2025	125726.6471 kg*CO2/(ha)
2026	126008.2377 kg*CO2/(ha)
2027	126034.5323 kg*CO2/(ha)
2028	126299.0952 kg*CO2/(ha)
2029	126639.513 kg*CO2/(ha)
2030	127549.4175 kg*CO2/(ha)

4.3. Modal Share Transportasi Pribadi dan Umum

Berikut ini merupakan target *modal share* yang dicanangkan oleh SITRAMP:

Tabel 4.7. Target Modal Share Transportasi Publik dan Pribadi

Target (SITRAMP)		
Tahun	Transportasi Pribadi	Transportasi Umum
2020	66.00%	34.00%
2030	64.00%	36.00%

Berdasarkan hasil dari simulasi, maka didapatkan perbandingan *modal share* antara kondisi BAU dan dengan penerapan skenario ERP adalah sebagai berikut:

Tabel 4.8. Modal Share Skenario BAU

Skenario BAU		
Tahun	Transportasi Pribadi	Transportasi Umum
2010	60.49%	39.51%
2020	74.00%	26.00%
2030	84.19%	15.81%

Tabel 4.9. Modal Share Skenario ERP

Skenario ERP		
Tahun	Transportasi Pribadi	Transportasi Umum
2010	60.49%	39.51%
2020	65.76%	34.24%
2030	73.98%	26.02%

Berdasarkan kedua skenario diatas, dapat dilihat bahwa *modal share* BAU tidak dapat mencapai target yang dicanangkan oleh SITRAMP. Perbandingan *modal share* pada tahun 2020 yang dicanangkan oleh SITRAMP adalah maksimal 66% untuk transportasi pribadi dan 34% untuk transportasi umum dan maksimal 64% untuk transportasi pribadi dan 36% untuk transportasi umum.

Ketika skenario BAU, baik target yang dicanangkan pada tahun 2020 maupun 2030 tidak tercapai. Disisi lain, skenario ERP berhasil mencapai target SITRAMP pada tahun 2020 dengan *modal share* 65.76% untuk transportasi

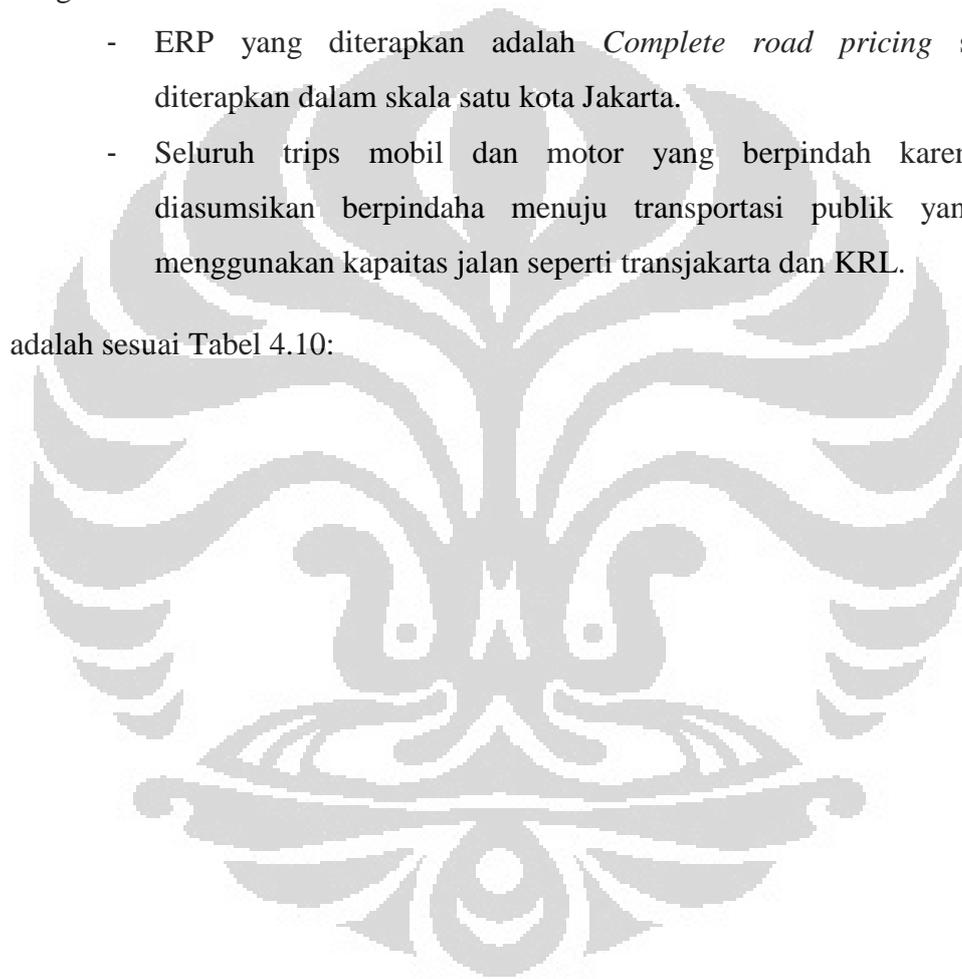
pribadi dan 34.24% untuk transportasi umum. Disisi lain, target pada tahun 2030 masih belum dapat dicapai. Oleh karena itu, masih dibutuhkan skenario lain yang akan diintegrasikan dengan skenario ERP untuk mencapai target SITRAMP pada tahun 2030.

4.4. Hasil Pendapatan ERP

Berdasarkan data dari simulasi, maka pendapatan ERP yang dihasilkan dengan asumsi-asumsi:

- ERP yang diterapkan adalah *Complete road pricing* sehingga diterapkan dalam skala satu kota Jakarta.
- Seluruh trips mobil dan motor yang berpindah karena ERP diasumsikan berpindaha menuju transportasi publik yang tidak menggunakan kapasitas jalan seperti transjakarta dan KRL.

adalah sesuai Tabel 4.10:



Tabel 4.10. Pendapatan ERP per tahun

Tahun	ERP Income
2002	Rp -
2003	Rp -
2004	Rp -
2005	Rp -
2006	Rp -
2007	Rp -
2008	Rp -
2009	Rp -
2010	Rp -
2011	Rp -
2012	Rp -
2013	Rp -
2014	Rp -
2015	Rp 44,581,408,930,779
2016	Rp 42,473,796,075,846
2017	Rp 43,285,731,002,161
2018	Rp 43,773,450,519,967
2019	Rp 44,450,160,106,716
2020	Rp 45,009,174,723,151
2021	Rp 45,622,967,760,429
2022	Rp 46,124,736,091,604
2023	Rp 46,484,034,142,823
2024	Rp 46,942,213,974,096
2025	Rp 47,319,941,457,969
2026	Rp 47,578,726,609,651
2027	Rp 47,929,959,046,802
2028	Rp 48,194,732,716,337
2029	Rp 48,551,096,558,648
2030	Rp 48,953,240,388,210

Dari table diatas dapat dilihat bahwa pendapatan ERP cenderung untuk naik dari tahun ke tahun dengan pendapatan rata-rata per tahunnya sebesar Rp 46.079.710.631.574,00 per tahun. Pendapatan ini cenderung meningkat dari tahun ke tahun mengingat peningkatan *total commuting trips* setiap tahunnya. Hal ini disebabkan peningkatan populasi kota Jakarta yang meningkat dari tahun ke tahun. Oleh karena itu, melalui pendapatan ERP ini, maka diharapkan dapat meningkatkan sistem transportasi kota Jakarta lainnya seperti penerapan skenario kebijakan pengembangan jaringan jalan, sistem jalan kereta, perencanaan urban, keselamatan dan keamanan berkendara dan pengembangan jaringan jalan. Skenario kebijakan ini dapat dikombinasikan dengan penerapan ERP mengingat jika hanya ERP yang diterapkan, maka Jakarta akan tetap macet total pada beberapa tahun yang akan datang.

BAB 5 KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari model system transportasi kota Jakarta ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Model sistem transportasi kota Jakarta sebagai kondisi *Business As Usual* (BAU) dikembangkan dengan 4 Sub-model yang terdiri dari Sub-model Populasi, Sub-model preferensi kendaraan, Sub-model tingkat kemacetan dan waktu berkendara, dan Sub-model Konsumsi BBM serta menambah sub-model pendapatan ERP dengan skenario ERP.
2. Output yang dihasilkan sesuai dengan tujuan yang dicanangkan oleh SITRAMP yakni tingkat kemacetan (*travel time*), konsumsi bahan bakar dan emisi CO₂ sistem transportasi.
3. Didapatkan perilaku terhadap waktu berupa peningkatan waktu berkendara secara terus menerus untuk kondisi BAU yang berdampak kepada Jakarta macet total pada tahun 2014.
4. Skenario *Electronic Road Pricing* (ERP) memberikan kontribusi berupa penurunan *travel time* hingga 26.28% pada tahun 2014 namun meningkat hingga 13% pada tahun 2030.
5. Skenario *Electronic Road Pricing* (ERP) memberikan kontribusi berupa penurunan konsumsi BBM dan emisi CO₂ hingga 12.67% pada tahun 2014 namun meningkat hingga 6% pada tahun 2030.
6. Pendapatan ERP pertahun mulai semenjak diterapkan pada tahun 2014 adalah Rp 46.079.710.631.574,00 per tahun.
7. *Modal share* pada skenario BAU tidak dapat mencapai target yang dicanangkan SITRAMP pada tahun 2020 dan 2030. Untuk skenario ERP, target pada tahun 2020 dapat tercapai namun pada tahun 2030 target tersebut masih belum bisa tercapai.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan terhadap penelitian yang dilakukan maka saran yang dapat diberikan adalah:

1. Diperlukan adanya dorongan dari pemerintah yang terkontrol secara periodik, khususnya regulasi mengingat belum adanya payung hukum yang kuat untuk mendukung penerapan ERP di kota Jakarta, selain itu perlu dilakukan sosialisasi sehingga dampak positif ERP dapat tersampaikan dengan baik .
2. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dikembangkan skenario ke arah bagaimana mengembangkan kebijakan dari sektor lainnya selain ERP seperti pengembangan jaringan jalan, sistem jalan kereta, perencanaan urban, keselamatan dan keamanan berkendara dan pengembangan jaringan jalan. Skenario ini dapat dikombinasikan dengan penerapan ERP mengingat jika hanya ERP yang diterapkan, maka Jakarta akan tetap macet total pada tahun yang akan datang.
3. Berdasarkan hasil penelitian yang memiliki keterbatasan akan data dan informasi, maka untuk penelitian selanjutnya, diharapkan dapat memperdalam informasi akan analisis skenario untuk sektor ekonomi dan sosial.

DAFTAR PUSTAKA

- ARRB Transport Research Ltd. (2005). Estimation of Vehicle Kilometers Traveled on Arterial and Local Roads. *National Transport Commission*, 1-24.
- Daniel, J. I., & Bekka, K. (2000). The Environmental Impact of Highway Congestion Pricing. *Journal of Economics*, 180-215.
- Dinas Perhubungan. (2011). *Electronic Road Pricing*. Jakarta: Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta.
- Ford, D. N. (1998). Expert Knowledge Elicitation to Improve Formal and Mental Models. *System Dynamics Review*, 51-84.
- Forrester, J. W. (1994). Policies, Decisions, and Information Sources for Modeling. *Modeling for Learning Organization*, 51-84.
- Goh, M. (2002). Congestion management and electronic road pricing in Singapore. *Journal of Transport Geography*, 29-38.
- Hau, T. D. (1990). Electronic Road Pricing: Developments in Hongkong 1983-89. *Journal of Transport Economics and Policy*, 203-214.
- Iragael, J. (2007). THE Role of Travel Times-Representation of A Demand Derived from Activity Participation. *Transport Demand Modelling*, 1-33.
- Jakarta Local Government. (2011). *Jakarta Urban Transport Problems and Their Environment Impact*. Jakarta: International Climate Change Workshop on Research Priorities and Policy Development.
- Jifeng, W., Huapu, L., & Hu, P. (2008). System Dynamics Model of Urban Transportation System and Its Application. *Journal of Transportation System Engineering and Information Technology*, 83-89.
- Litman, T. (2012). Understanding Transport Demands and Elasticities. *Transport Policy Institute*, 1-76.
- Liu, S. (2010). Three Essays on Travel Demand Management Strategies for Traffic Congestion Mitigation. *Transportation Research Part A*, 9-12.
- McGuckin, N., & Nakamoto, Y. (2004). Trips, Chains, and Tours—Using an Operational Definition. *The NHTS Conference*. U.S.: NHTS.
- Mohammad, A., Pulungan, I., Damantoro, T., & Suhud, M. (2010). *Raperda dan Naskah Akademik Tentang Manajemen Kebutuhan Lalu Lintas Melalui*

- Pengenaan Retribusi Pengendalian Lalu Lintas*. Jakarta: Koalisi Warga Untuk Transport Demand Management.
- Oriental Consultants ALMEC Corporation. (2011). *Technical Report Vol. 1 Commuter Survey in Jabodetabek*. Jakarta: The Coordination Ministry of Economic Affairs (Menko Ekuin) Republic Indonesia.
- Paravantis, J. A., & Georgakellos, D. A. (2007). Trends in energy consumption and carbon dioxide emissions of passenger cars and buses. *Technological Forecasting and Social Change*, 682-707.
- Santos, G., & Shaffer, B. (2004). Preliminary Results of The London Congestion Charging Scheme. *Public Works Management & Policy*, 164-181.
- Sterman, J. (2001). System dynamics modeling: tools for learning in a complex world. *California Management Review* 43, 8 - 25.
- Sterman, J. D. (2000). *System Thinking and Modeling for A Complex World*. Boston: The McGraw Hill Companies, Inc.
- Susantono, D. B. (2010, November 21). Electronic Road Pricing (ERP) Salah Satu Solusi Masalah Kemacetan di Kota Jakarta. Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia.
- SWEROAD. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: Direktorat Bina Marga; Direktorat Bina Jalan Kota.
- The Coordinating Ministry of Economic Affairs Republic of Indonesia. (2011). *Revision of SITRAMP Transportation Master Plan Version 2.2*. Jakarta: The Coordinating Ministry of Economic Affairs Republic of Indonesia.
- Tim Redaksi Butaru. (2009, Maret - April). PEMBATASAN KENDARAAN UNTUK MENGURANGI KEMACETAN JAKARTA. Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia.
- Trappey, A. J., Trappey, C., Hsiao, C., Jerry, J., Li, S., & Chen, K. W. (2012). An evaluation model for low carbon island policy: The case of Taiwan's Green Transportation. *Energy Policy*.
- UNEP. (2010). *Draft Report Mid-Term Evaluation UNEP/GEF project GF/4010-07-01 (4960) Bus rapid Transit and Pedestrian Improvements in Jakarta*. Jakarta: UNEP.