



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN MODEL DINAMIS UNTUK
MENDAPATKAN GAMBARAN INTERAKSI ASPEK
EKONOMI DAN LINGKUNGAN HIDUP SECARA TIMBAL
BALIK DARI MODEL PEMBANGUNAN KOTA
TERINTEGRASI**

SKRIPSI

**IRVANU RAHMAN
NPM 0806458933**

**PROGRAM SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN MODEL DINAMIS UNTUK
MENDAPATKAN GAMBARAN INTERAKSI ASPEK
EKONOMI DAN LINGKUNGAN HIDUP SECARA TIMBAL
BALIK DARI MODEL PEMBANGUNAN KOTA
TERINTEGRASI**

SKRIPSI

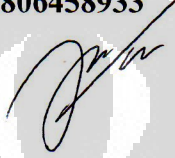
Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

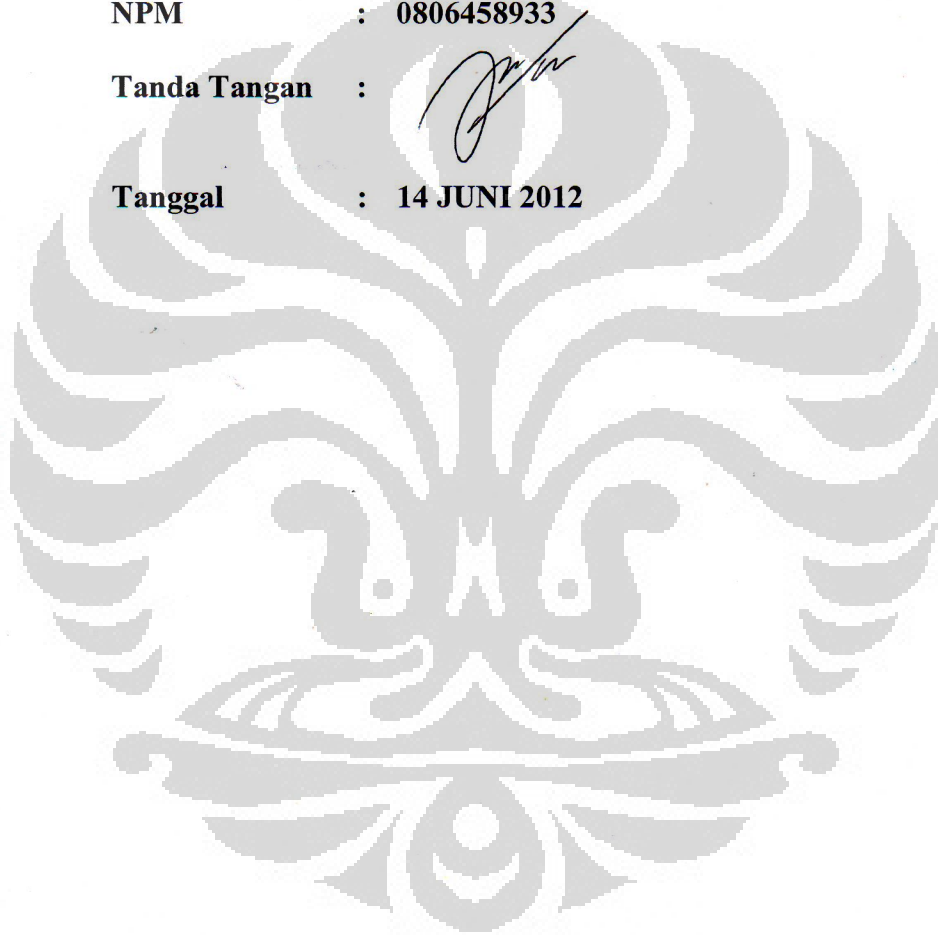
**IRVANU RAHMAN
NPM 0806458933**

**PROGRAM SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : IRVANU RAHMAN
NPM : 0806458933
Tanda Tangan : 
Tanggal : 14 JUNI 2012



LEMBAR PENGESAHAN





Skripsi ini diajukan oleh,

Nama : IRVANU RAHMAN
NPM : 0806458933
Program Studi : TEKNIK INDUSTRI

Judul Skripsi : PENGEMBANGAN MODEL DINAMIS
UNTUK MENDAPATKAN GAMBARAN
INTERAKSI ASPEK EKONOMI DAN
LINGKUNGAN HIDUP SECARA
TIMBAL BALIK DARI MODEL
PEMBANGUNAN KOTA
TERINTEGRASI

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Akhmad Hidayatno, Dr., ST., MBT ()
Penguji : Dendi P. Ishak, MSIE ()
Penguji : Farizal, PhD. ()
Penguji : Romadhani Ardi, ST. MT. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 22 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang berkat limpahan rahmat dan kasih sayang-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, pada lembar ini saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Akhmad Hidayatno, Dr., ST., MBT. selaku pembimbing yang telah membimbing, memberikan pengarahan, dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini; serta Bapak Armand Omar Moeis ST., Msc., dan Bapak Komarudin ST., Msc., yang juga telah memberikan banyak dukungan.
2. Kedua Orang Tua dan keluarga saya yang senantiasa mendoakan, memberikan dorongan dan dukungan dalam mengerjakan penelitian ini.
3. Bapak Ir. Djoko Sihono Gabriel M.T. selaku pembimbing akademis saya selama berkuliah di Teknik Industri Universitas Indonesia dan seluruh dosen Departemen Teknik Industri UI atas segala ilmu dan bimbingannya yang telah diberikan.
4. Rini Juwita, yang dengan dukungannya Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, Ricki Muliadi, rekan kerja terbaik dalam penyelesaian penelitian ini, dan para *research assistant* lab. SEMS: Ajeng Masitha, Aninditha Kemala, Laisha Tatia Rizka, Oktioza Pratama, Rakhmat Satriawan, Stefan Darmansyah, dan Tyonardo Cahayadi yang menghiasi indahny hari-hari saya di lab, para *lab. Assistant*, dan tentunya, teman-teman Teknik Industri UI Angkatan 2008.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 14 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 : IRVANU RAHMAN
NPM : 0806458933
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 :

PENGEMBANGAN MODEL DINAMIS UNTUK MENDAPATKAN
GAMBARAN INTERAKSI ASPEK EKONOMI DAN LINGKUNGAN HIDUP
SECARA TIMBAL BALIK DARI MODEL PEMBANGUNAN KOTA
TERINTEGRASI

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 : 14 Juni 2012

Yang menyatakan



(IRVANU RAHMAN)

ABSTRAK

Nama : Irvanu Rahman
Program Studi : Teknik Industri Universitas Indonesia
Judul : Pengembangan Model Dinamis untuk Mendapatkan Gambaran Interaksi Aspek Ekonomi dan Lingkungan Hidup secara Timbal Balik dari Model Pembangunan Kota Terintegrasi

Penelitian ini membahas mengenai pengembangan model pembangunan berkelanjutan kota Jakarta dengan menggunakan metode pemodelan Sistem Dinamis. Tujuan dari studi ini adalah untuk mendapatkan gambaran interaksi yang terjadi antara aspek ekonomi dan lingkungan hidup secara timbal balik. Konseptualisasi dari model dibangun berbasis pada diagram kausalitas dalam kerangka diagram sistem. Berdasarkan hasil simulasi, model mampu memberikan gambaran interaksi aspek ekonomi dengan aspek lingkungan hidup dan menghasilkan keluaran berupa indikator-indikator keberlanjutan kota yang dapat menunjukkan kondisi ekonomi dan lingkungan hidup di DKI Jakarta.

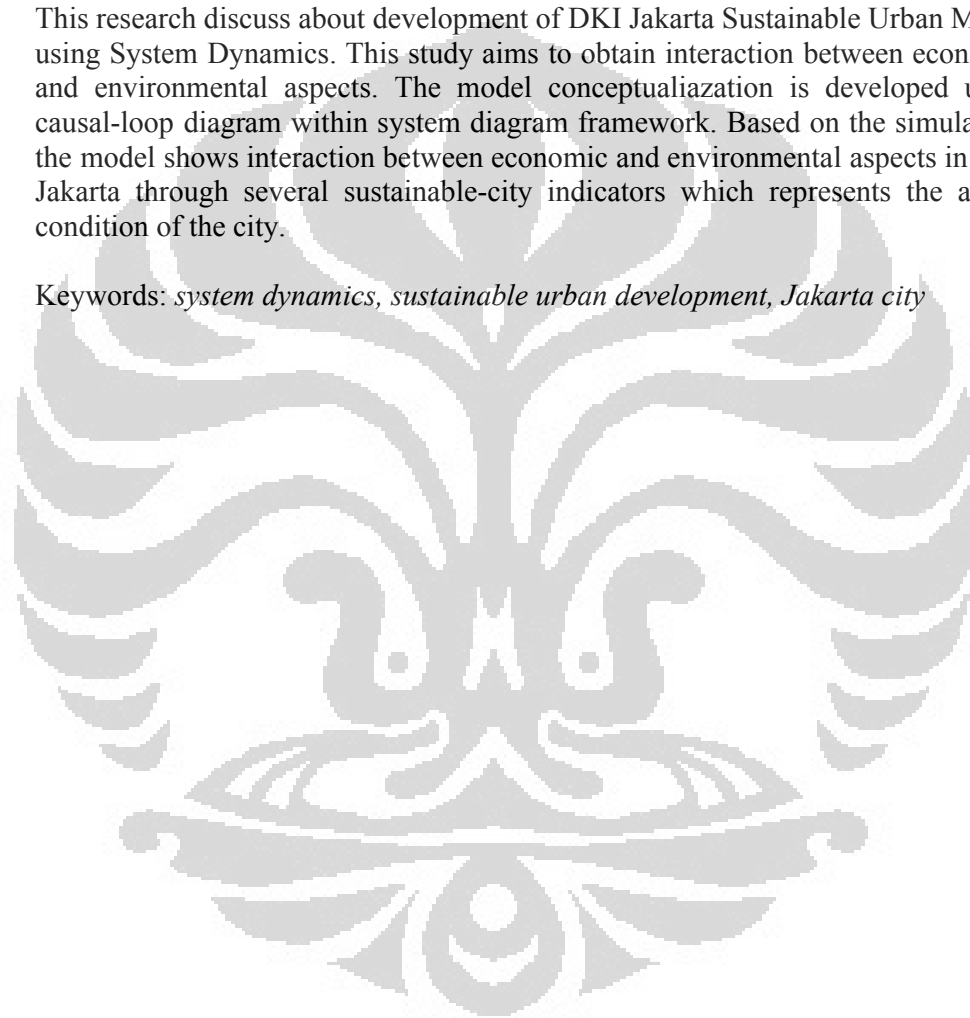
Kata Kunci: *sistem dinamis, pembangunan kota berkelanjutan, Jakarta*

ABSTRACT

Name : Irvanu Rahman
Study Program : Industrial Engineering University of Indonesia
Title : Development of Dynamic Urban Model to Obtain Interaction between Economic and Environmental Aspects from Integrated Urban Model

This research discuss about development of DKI Jakarta Sustainable Urban Model using System Dynamics. This study aims to obtain interaction between economic and environmental aspects. The model conceptualiazation is developed using causal-loop diagram within system diagram framework. Based on the simulation, the model shows interaction between economic and environmental aspects in DKI Jakarta through several sustainable-city indicators which represents the actual condition of the city.

Keywords: *system dynamics, sustainable urban development, Jakarta city*



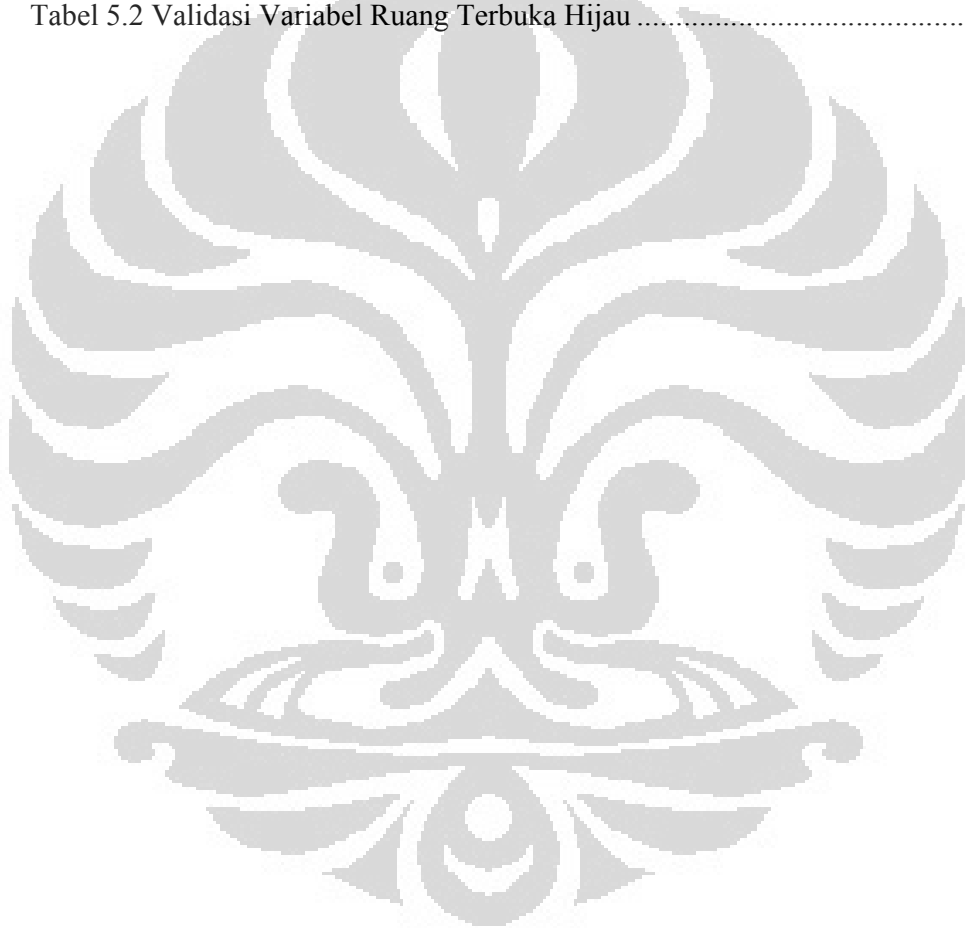
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PERSETUJUAN SIDANG.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
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 Penelitian	5
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	6
1.6. Metodologi Penelitian	7
1.7. Sistematika Penulisan.....	10
2. STUDI PUSTAKA	12
2.1. Profil DKI Jakarta	12
2.1.1. Profil Perekonomian	12
2.1.2. Profil Lingkungan Hidup	14
2.2. Konsep Pembangunan Berkelanjutan	15
2.3. Model <i>Threshold 21</i>	15
2.3.1. Tujuan dan Keistimewaan Model T21	16
2.3.2. Struktur Model T21	17
2.4. Sistem Dinamis	19
2.4.1. Pemodelan Sistem Dinamis	20
2.4.2. Sumber Data dalam Pembuatan Model Simulasi	23
2.4.3. Umpan Balik (<i>Feedback</i>).....	24
2.4.4. Diagram <i>Loop</i> Sebab-akibat (<i>Causal Loop Diagram</i>)	25
2.4.5. Diagram Alir (Stock and Flow Diagram)	27
2.4.6. Struktur dan Perilaku Sistem Dinamis.....	30
2.4.7. Validasi Model	31
2.4.8. Analisis Sensitivitas Model.....	35
2.5. Teori Dasar Makro Ekonomi	35
2.5.1. Prinsip-Prinsip Dasar Makroekonomi	36
2.5.2. Faktor Produksi Ekonomi	38
2.5.3. Pendapatan Regional	40

3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	43
3.1. Pengumpulan dan Pengolahan Data Mental.....	43
3.1.1. Pengumpulan Data Mental.....	43
3.1.2. Hipotesa Dinamis.....	46
3.2. Pengumpulan dan Pengolahan Data Numerik.....	46
3.2.1. Pengumpulan Data Indikator dan Variabel Ekonomi.....	46
3.2.2. Pengumpulan Data Indikator dan Variabel Lingkungan Hidup.....	47
3.2.3. Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika.....	47
3.2.4. Nilai Laju Inflasi.....	48
3.2.5. Laju Pertumbuhan Kelahiran dan Kematian.....	49
3.3. Kerangka Pengembangan Model.....	49
3.3.1. Modus Referensi.....	51
3.3.2. Diagram Sistem.....	54
3.3.3. Diagram Kausalitas (<i>Causal-Loop Diagram</i> – CLD).....	55
4. PENGEMBANGAN MODEL.....	69
4.1. Pengembangan Model.....	69
4.1.1. SFD Modul Ekonomi.....	69
4.1.2. SFD Modul Lingkungan.....	74
4.2. Hasil Simulasi Model.....	75
4.2.1. Hasil Simulasi Modul Ekonomi.....	75
4.2.2. Hasil Simulasi Modul Lingkungan.....	78
5. VERIFIKASI DAN VALIDASI MODEL.....	80
5.1. Verifikasi Model.....	80
5.2. Validasi Model.....	80
5.2.1. Perbandingan Perilaku.....	80
5.2.2. Kecukupan Batasan.....	82
5.2.3. Penilaian Struktur.....	82
5.2.4. Error Dalam Integrasi.....	82
5.2.5. Reproduksi Perilaku.....	84
5.3. Analisa Sensitivitas.....	86
6. KESIMPULAN.....	87
6.1. Kesimpulan.....	87
6.2. Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA.....	90
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kontribusi PDRB DKI Jakarta terhadap PDB Indonesia Periode 2006-2010.....	12
Tabel 2.2 Tata Cara-Cara Validasi Model	31
Tabel 2.3 Tata Cara-Cara Validasi Model (Sambungan).....	32
Tabel 2.4 Tata Cara-Cara Validasi Model (Sambungan).....	33
Tabel 2.5 Tata Cara-Cara Validasi Model (Sambungan).....	34
Tabel 3.1 Faktor Endogen, Eksogen, dan Diabaikan dalam Model	50
Tabel 5.1 Validasi Variabel Pendapatan Per Kapita.....	80
Tabel 5.2 Validasi Variabel Ruang Terbuka Hijau	81



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pertumbuhan Ekonomi DKI Jakarta periode 2008 – 2011	2
Gambar 1.2 Dimensi Pembangunan Berkesinambungan.....	3
Gambar 1.3 Diagram Keterkaitan Masalah Penelitian	5
Gambar 1.4 Diagram Alir Penelitian	7
Gambar 2.1 Pengeluaran Rumah Tangga di 6 Kota Pulau Jawa.....	13
Gambar 2.2 Perkembangan Jumlah RTH DKI Jakarta Periode 2007-2011	14
Gambar 2.3 Gambaran Konsep Model T21	17
Gambar 2.4 Struktur Model T21 secara detil.....	18
Gambar 2.5 Proses dalam Sistem Dinamis	21
Gambar 2.6 Cara Penulisan Diagram Loop Sebab-Akibat	25
Gambar 2.7 Polaritas Hubungan.....	26
Gambar 2.8 Cara Penulisan Diagram Alir	27
Gambar 2.9 Analogi Hidrolik pada Diagram Alir.....	28
Gambar 2.10 Representasi Struktur Diagram Alir	29
Gambar 2.11 Perilaku-Perilaku Model dalam Sistem Dinamis	30
Gambar 3.1 Pergerakan Nilai Tuka Rupiah-Dolar Amerika 2006-2009	48
Gambar 3.2 Pergerakan Laju Inflasi DKI Jakarta 2002-2010.....	48
Gambar 3.3 Kerangka Kerja Dasar Model T21	50
Gambar 3.4 Modus Referensi Nilai Rill Pendapatan Per Kapita	52
Gambar 3.5 Modus Referensi Emisi Gas Rumah Kaca.....	53
Gambar 3.6 Diagram Sistem Penelitian.....	54
Gambar 3.7 Diagram Kausalitas Utama Penelitian.....	55
Gambar 3.8 <i>Loop</i> Ekonomi Publik.....	56
Gambar 3.9 <i>Loop</i> Utama Ekonomi Swasta.....	57
Gambar 3.10 <i>Loop</i> Utama Ketersediaan Tenaga Kerja.....	58
Gambar 3.11 <i>Loop</i> Utama Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup.....	59
Gambar 3.12 <i>Loop</i> Populasi dan Pendapatan	60
Gambar 3.13 CLD Sektor Produksi Industri.....	61
Gambar 3.14 CLD Sektor Produksi Jasa	62
Gambar 3.15 CLD Sektor Produksi Pertanian	63
Gambar 3.16 CLD Faktor Pemerintah Daerah.....	64
Gambar 3.17 CLD Faktor Harga Relatif.....	65
Gambar 3.18 CLD Ketersediaan Air Bersih	66
Gambar 3.19 CLD Emisi Gas Rumah Kaca.....	67
Gambar 3.20 CLD Ruang Terbuka Hijau	68
Gambar 4.1 Sub Modul Produksi Pertanian.....	69
Gambar 4.2 Sub Modul Produksi Industri	70
Gambar 4.3 Sub Modul Produksi Jasa.....	71

Gambar 4.4 Sub Modul Pengeluaran Pemerintah	71
Gambar 4.5 Sub Modul Pendapatan Pemerintah.....	72
Gambar 4.6 Sub Modul Harga Relatif.....	72
Gambar 4.7 Sub Modul Investasi	73
Gambar 4.8 Sub Modul Air Bersih.....	74
Gambar 4.9 Sub Modul Ruang Terbuka Hijau	74
Gambar 4.10 Sub Modul Emisi Gas Rumah Kaca	75
Gambar 4.11 Hasil Simulasi Variabel PDRB Rill.....	76
Gambar 4.12 Hasil Simulasi Nilai Produksi Sektoral	76
Gambar 4.13 Proporsi Produksi Sektoral Tahun, (a) 2006 dan (b) 2030	77
Gambar 4.14 Hasil Simulasi Nilai Pendapatan Per Kapita	77
Gambar 4.15 Hasil Simulasi Variabel Ketersediaan Air Bersih	78
Gambar 4.16 Hasil Simulasi Variabel Emisi Gas Rumah Kaca	79
Gambar 4.17 Hasil Simulasi Variabel Ruang Terbuka Hijau	79
Gambar 5.1 Validasi Variabel Pendapatan Per Kapita.....	81
Gambar 5.2 Validasi Variabel Ruang Terbuka Hijau.....	81
Gambar 5.3 Gambar Basis Hasil pada <i>Time Step</i> 45 hari.....	83
Gambar 5.4 Gambar Basis Hasil pada <i>Time Step</i> 22 hari.....	83
Gambar 5.5 Gambar Basis Hasil pada <i>Time Step</i> 90 hari.....	84
Gambar 5.6 Perbandingan Produksi Industri terhadap Emisi Gas Rumah Kaca	85
Gambar 5.7 Perbandingan Produksi Industri terhadap Ketersediaan Air Bersih	85
Gambar 5.8 Perbandingan Ketersediaan Air Bersih terhadap Perubahan Kebutuhan Air Sektor Industri	86

BAB 1 PENDAHULUAN

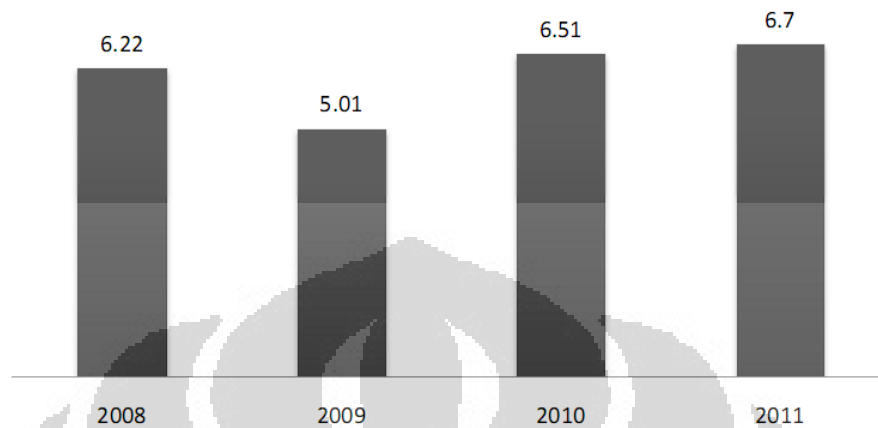
1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara di Asia dengan pertumbuhan ekonomi positif yang terus berkembang. Para praktisi ekonomi dunia memprediksi perekonomian Indonesia akan menjelma menjadi kekuatan baru ekonomi global bersama negara-negara BRIC (Brazil, Rusia, India dan China) dan akan terus bertumbuh melebihi perekonomian negara-negara maju seperti Jerman dan Inggris pada tahun 2050 (Hawksworth, 2006). Perekonomian Indonesia sendiri tersusun atas enam koridor ekonomi pembangunan yang tersebar di seluruh tanah air dengan Jakarta sebagai pusat perekonomian utama.

Jakarta, sebagai ibu kota Republik Indonesia, merupakan salah satu kota dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi di dunia. Jumlah penduduk yang mencapai 9,58 juta jiwa menjadikan Jakarta sebagai kota terpadat di Indonesia dengan tingkat kepadatan 14.476 jiwa/km² (Badan Pusat Statistik, 2010). Potensi penduduk yang besar dan disertai dengan tingginya laju urbanisasi menjadikan perekonomian Jakarta berkontribusi sebesar 16 persen terhadap *output* perekonomian nasional dengan pendapatan per kapita tertinggi di Indonesia sebesar US\$ 7.600 (Siemens, 2010).

Postur perekonomian Jakarta sebagian besar didominasi oleh sektor perdagangan dan jasa. Kedua sektor ini berperan dalam menopang perekonomian ibukota dengan proporsi sebesar 71 persen dan diikuti oleh sektor industri sebesar 28 persen (Siemens, 2010). Pergerakan ekonomi ini sejalan dengan tema pembangunan ekonomi pulau Jawa yang dicanangkan dalam *Masterplan* Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia 2011-2025, yaitu sebagai “Pendorong Industri dan Jasa Nasional” (Kementrian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia, 2011). Pertumbuhan sektoral yang terus berkembang ini menjadikan Jakarta diperkirakan tetap dapat menikmati

pertumbuhan ekonomi yang positif diatas 6 persen dengan laju pertumbuhan yang stabil.



Gambar 1.1 Pertumbuhan Ekonomi DKI Jakarta periode 2008 – 2011

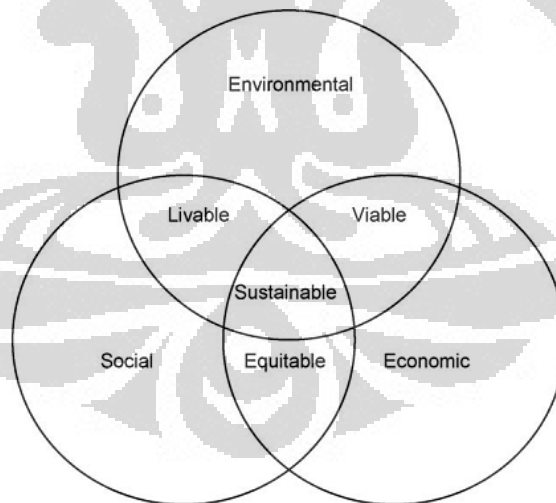
Sumber: (Badan Pusat Statistik DKI Jakarta, 2011)

Stabilitas yang dicapai perekonomian Jakarta, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1.1, tidak terlepas dari investasi yang cukup baik pada sektor utama dan pengeluaran konsumsi yang tetap kuat yang ditunjukkan dengan tingginya penghasilan per kapita dan terkendalinya laju inflasi (Bank Indonesia, 2011). Kedua faktor tersebut diperkirakan akan semakin memperkuat pertumbuhan ekonomi kota Jakarta di masa depan.

Peningkatan indikator ekonomi tersebut disisi lain menciptakan permasalahan yang berdampak terhadap pembangunan kota, baik sosial maupun lingkungan hidup. Dalam sebuah studi yang dilakukan Bank Dunia dan Pemerintah Daerah Provinsi DKI Jakarta, dilaporkan bahwa aktivitas perekonomian di Jakarta telah meningkatkan konversi lahan kosong yang dikarenakan pembangunan infrastruktur yang tidak terencana dan mempertimbangkan keseimbangan lingkungan (Bank Dunia, 2010). Keadaan tersebut menjadikan kota Jakarta sangat rentan dalam menghadapi bencana lingkungan seperti banjir, gelombang besar, dan pasang air laut (Firman, 2011). Berdasarkan hasil proyeksi simulasi sampai dengan tahun 2050, sebagian besar

kota Jakarta akan berada dibawah permukaan air laut apabila laju pemanasan global konstan dengan kecepatan saat ini (Susandi, 2009).

Keterkaitan permasalahan sosial dan lingkungan hidup yang terjadi di Jakarta menjadikan konsep pembangunan berkelanjutan perlu diterapkan dalam perencanaan kota. Perencanaan pembangunan berkelanjutan pada sistem perkotaan menitikberatkan pada keseimbangan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan (Chen, Ho, & Jan, 2006). Dalam perencanaan tersebut, pembangunan berkelanjutan harus memenuhi dimensi-dimensi yang ditunjukkan oleh Gambar 1.2, yaitu *equitable* atau merata (interaksi aspek ekonomi dan sosial), *livable* atau korespondensi aspek sosial dan lingkungan yang mengacu pada kualitas hidup, dan *viable* yaitu pembangunan ekonomi harus mempertimbangkan kapasitas ekosistem dan penggunaan sumber daya tidak terbarukan secara efisien (Tanguay, Rajaonson, Lefebvre, & Lanoie, 2010). Perencanaan yang terintegrasi dari ketiga aspek tersebut memungkinkan untuk melakukan pembangunan kota jangka panjang dan berkelanjutan (Rotmans, Asselt, & Vellinga, 2000).



Gambar 1.2 Dimensi Pembangunan Berkesinambungan

Sumber: (Tanguay, Rajaonson, Lefebvre, & Lanoie, 2010)

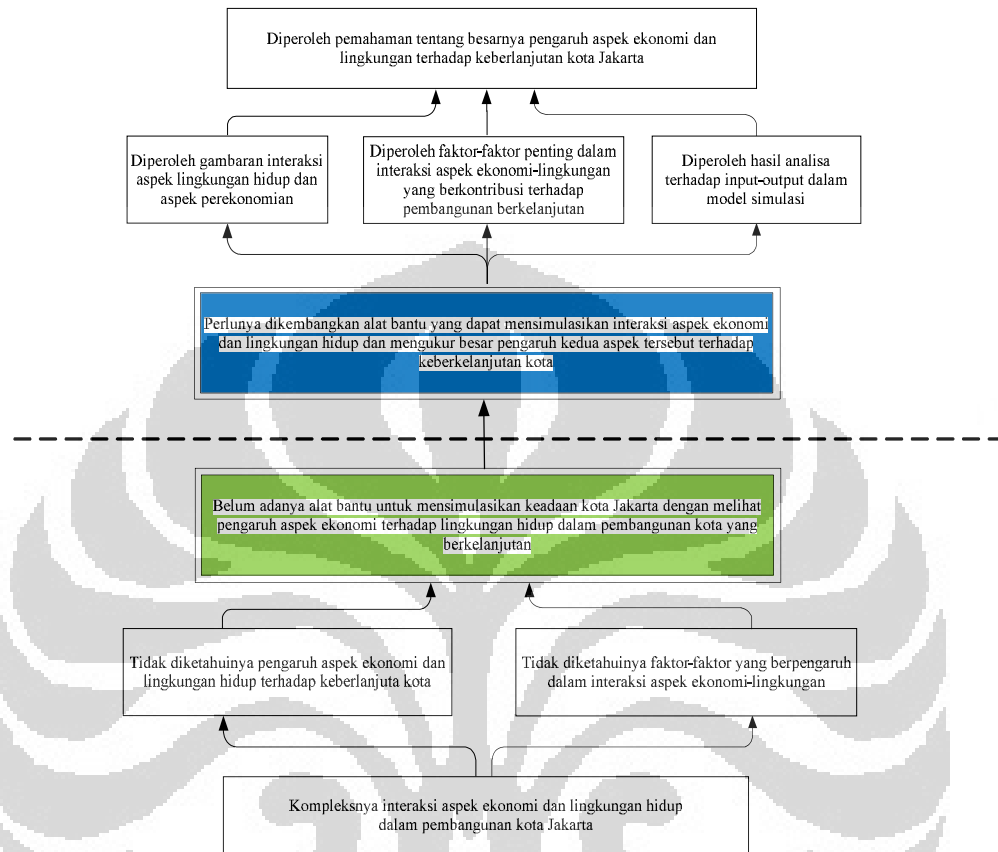
Mengacu dari banyaknya manfaat yang didapatkan dari perencanaan pembangunan kota yang terintegrasi dan berkesinambungan, maka diperlukan

sebuah model yang mampu mensimulasikan pengembangan kota Jakarta, khususnya interaksi antara aspek ekonomi dan lingkungan hidup serta faktor-faktor yang mempengaruhi, sehingga didapatkan pemahaman tentang besarnya pengaruh kedua aspek tersebut terhadap keberlanjutan kota Jakarta.

1.2. Rumusan Permasalahan

Daya dukung lingkungan DKI Jakarta yang semakin terbatas akan dapat mengganggu pertumbuhan ekonomi Jakarta yang akan berkembang pesat seiring dengan pertumbuhan ekonomi Indonesia. Ketidakseimbangan yang mungkin timbul dapat menyebabkan berbagai bencana lingkungan, semisal banjir, kekeringan air bersih, yang berpotensi mengakibatkan kerugian ekonomi. Pemerintah DKI Jakarta harus mampu untuk melakukan perencanaan yang lebih menyeluruh dan terintegrasi untuk mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan.

1.3. Diagram Keterkaitan Masalah



Gambar 1.3 Diagram Keterkaitan Masalah Penelitian

1.4. Tujuan Penelitian

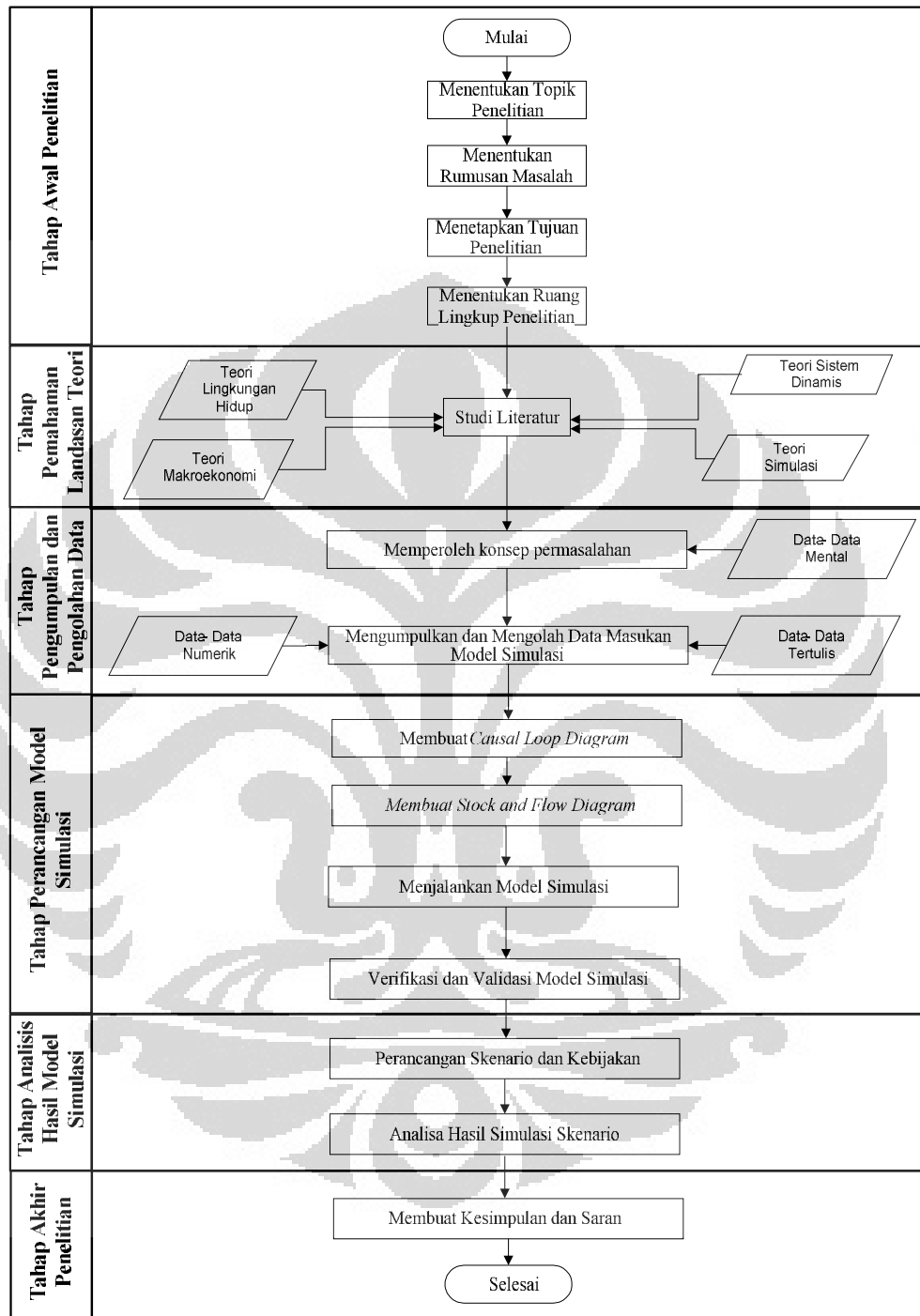
Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan sebuah model pembangunan berkelanjutan DKI Jakarta dengan fokus kepada interaksi aspek ekonomi dan lingkungan hidup untuk mendapatkan gambaran dampak dari berbagai kebijakan yang akan dilakukan oleh Pemerintah DKI Jakarta.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dimaksudkan agar masalah yang diteliti lebih terarah sehingga penelitian berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Ruang lingkup dari penelitian ini antara lain:

- Aspek pembangunan kota berkelanjutan yang akan dibahas secara khusus dalam penelitian ini adalah aspek ekonomi dan lingkungan.
- Sejalan dengan tujuan penelitian, ruang lingkup model simulasi yang dibuat meliputi aspek ekonomi dan lingkungan untuk memperoleh pengaruh keduanya terhadap keberkelanjutan kota Jakarta.
- Jangka waktu model simulasi disesuaikan dengan periode *roadmap* Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Jakarta, yakni sampai dengan tahun 2030.
- Pengolahan data dilakukan dengan pengembangan program komputer khusus dengan menggunakan perangkat lunak *Powersim Studio 9* dan *Microsoft Excel*.

1.6. Metodologi Penelitian



Gambar 1.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini penjelasan mengenai metodologi atau langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian, sebagaimana tergambar pada diagram alir metodologi penelitian pada gambar 4. Metodologi penelitian ini terdiri atas tahapan yang antara lain adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Topik Penelitian.

Topik penelitian didapatkan melalui diskusi dengan dosen pembimbing. Adapun topik penelitian ini adalah pengembangan model sistem dinamis dari pengembangan kota Jakarta dalam kaitannya dengan permasalahan ekonomi dan lingkungan. Pada bagian ini, ditentukan pula hasil akhir dan batasan masalah yang akan diteliti sehingga penelitian lebih terarah, terfokus dan berjalan sesuai dengan rencana

2. Pembahasan Landasan Teori

Dalam tahap ini, ditentukan landasan teori yang berhubungan dengan topik sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian. Landasan teori ini kemudian akan dijadikan acuan dalam pelaksanaan tugas akhir. Adapun landasan teori yang terkait adalah dasar teori simulasi, dasar teori sistem dinamis, teori kebijakan dan dasar teori lingkungan hidup.

3. Pengumpulan dan pengolahan data yang dibutuhkan.

Dalam tahap ini, dilakukan proses strukturisasi masalah (*problem structuring*) dan tahap awal perancangan *causal loop diagram* (CLD). Pada intinya, proses ini dilakukan untuk memperoleh gambaran dan data-data yang diperlukan dalam pembuatan model simulasi dinamis. Di dalam proses ini, tahap-tahap yang dilakukan antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan identifikasi terhadap permasalahan dan kondisi yang ada dengan mempelajari informasi dan perilaku yang berlaku umum pada keadaan nyata di kota Jakarta.
- b. Berdasarkan konsep permasalahan yang telah dipelajari, kemudian ditentukan variabel-variabel dan parameter-parameter yang berperan penting dalam rangka pemenuhan target jangka panjang pembangunan kota yang berkelanjutan.

- c. Melakukan pengumpulan data-data yang relevan dan detail, yakni laporan-laporan kondisi kota, data historis, kebijakan-kebijakan yang pernah berlaku, studi literatur yang bersangkutan atau yang sudah ada, serta data-data lain berdasarkan variabel dan parameter yang telah didefinisikan.

4. 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 diagram sebab-akibat (*causal loop modelling*) serta perancangan model simulasi sistem dinamis (*dynamic modelling*). Tahapan-tahapan yang dilakukan antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Membuat 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 9.
- 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 pengujian sensitivitas untuk mengukur sensitivitas parameter dan nilai awal (*initial value*) model. Pada tahap ini pula kemudian dilakukan identifikasi terhadap area sistem yang memerlukan perbaikan (*improvement*).

5. Analisa Hasil Model

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. Hasil dan Kesimpulan.

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

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, teori-teori yang digunakan adalah teori simulasi, teori sistem dinamis, teori lingkungan hidup, serta teori kebijakan.

Bab ketiga membahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data. Pada bagian awal dibahas mengenai data tertulis dan data mental yang dikumpulkan yang digunakan untuk mempelajari kondisi dan permasalahan yang ada. Pembahasan kemudian dilanjutkan pada pengolahan data numerik dari variabel-variabel variabel yang relevan dengan kondisi yang ada di kota Jakarta.

Bab keempat membahas pengembangan model pengembangan kota Jakarta. Pada bab ini dibahas mengenai proses 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.

Bab kelima membahas proses verifikasi dan validasi terhadap model simulasi yang dibuat, serta analisa sensitivitas. Proses verifikasi yang dilakukan pada perumusan kode pemrograman yang ada pada model dan konsistensi dimensi dari setiap persamaan. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan perilaku yang ditunjukkan model dengan Modus Referensi (*Modes of Behavior*). Analisis sensitivitas dalam evaluasi model sistem dinamis dilakukan untuk melihat perilaku model yang dibangun apabila dilakukan perubahan komponen-komponen utama penyusun model.

Bab keenam adalah kesimpulan dan saran. Bab ini merangkum keseluruhan proses penelitian yang dilakukan serta hasil dan analisa yang diperoleh dari model simulasi yang dibuat sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan lebih lanjut akan pembangunan kota Jakarta yang berkelanjutan. Pada bagian akhir dibahas mengenai saran untuk penelitian berikutnya.

BAB 2 STUDI PUSTAKA

2.1. Profil DKI Jakarta

2.1.1. Profil Perekonomian

Jakarta merupakan kota terpadat di Indonesia dengan densitas penduduk sebesar 14.507 orang/km² pada tahun 2010. Jumlah penduduk yang besar menjadikan perekonomian kota Jakarta memiliki potensi yang signifikan terhadap perekonomian nasional. Hal ini dapat tercermin dari indikator Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB) Jakarta yang memiliki nilai kontribusi terbesar dengan nilai rata-rata 17,71 persen terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1. Bila disusun berdasarkan komposisi data nilai tambah menurut kegiatan ekonomi, struktur PDRB Jakarta tersusun atas tiga sektor, yaitu sektor primer yang tersusun atas industri pertanian dan pertambangan; sektor sekunder yang tersusun atas industri pengolahan, konstruksi, listrik, gas, dan air bersih; dan sektor tersier yang tersusun atas industri jasa, keuangan, dan perhotelan.

Tabel 2.1 Kontribusi PDRB DKI Jakarta terhadap PDB Indonesia Periode 2006-2010

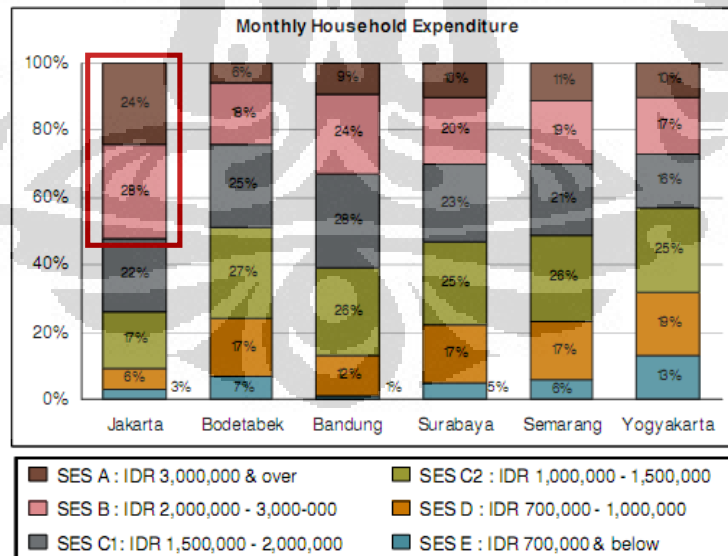
Periode	2006	2007	2008	2009	2010
Jakarta	312,826,712.76	332,971,254.83	353,723,390.53	371,469,499.10	395,664,497.61
Indonesia	1,777,950,134.32	1,878,724,927.24	1,999,543,991.22	2,094,316,286.50	2,221,603,860.72
	17.59%	17.72%	17.69%	17.74%	17.81%

Sumber: (Badan Pusat Statistik, 2012)

Seluruh sektor tersebut terus mengalami perkembangan seiring peningkatan investasi sektoral yang terus meningkat, baik oleh pemerintah maupun pihak swasta. Hal ini akan mendorong perkembangan ekonomi regional sebagaimana pertumbuhan ekonomi Jakarta pada triwulan I 2011 yang menunjukkan perkembangan yang meningkat dengan pencapaian pertumbuhan ekonomi sebesar 6,7 persen, lebih tinggi dibandingkan realisasi pertumbuhan

ekonomi nasional yang mencapai 6,5 persen (Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta, 2012).

Peningkatan nilai tambah dari aktivitas ekonomi tersebut juga didukung dengan daya beli masyarakat yang tinggi. Seiring perekonomian Jakarta yang terus berkembang, masyarakat di wilayah Jakarta memiliki tingkat kesejahteraan yang terus meningkat. Peningkatan kesejahteraan tersebut dapat terukur dari indikator PDRB per kapita yang memberikan gambaran nilai tambah yang dapat diciptakan oleh masing-masing penduduk dari aktivitas produksi. Berdasarkan laporan “Asian Green City Index” yang diterbitkan oleh Siemens pada tahun 2010, Jakarta memiliki tingkat pendapatan per kapita terbesar dengan nilai U.S. \$ 7.600 per orang. Data tersebut juga didukung oleh hasil survey yang dilakukan AC Nielsen dalam *Socio-Ekonomi Survey* (SES) tahun 2010 yang menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat kelas menengah dan kelas atas Indonesia terkonsentrasi di kota Jakarta dimana hal tersebut terukur dari pengeluaran rumah tangga per bulan yang paling tinggi dibandingkan lima kota-kota besar di Pulau Jawa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1,



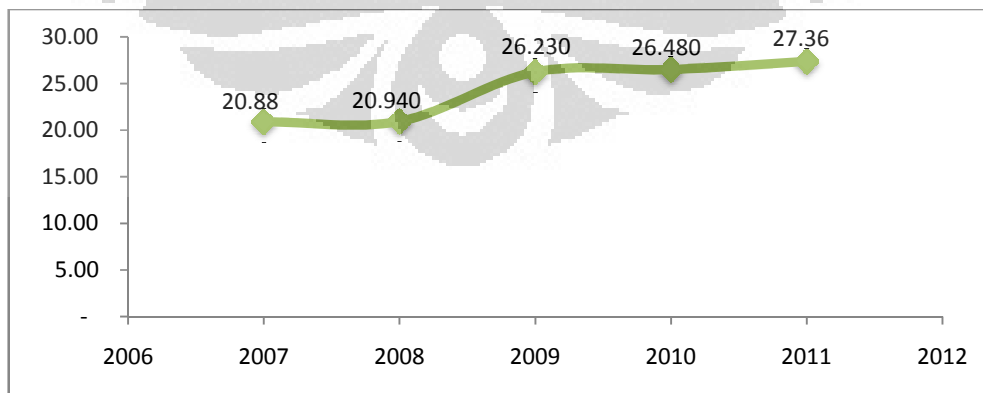
Gambar 2.1 Pengeluaran Rumah Tangga di 6 Kota Pulau Jawa

Sumber: (Jones Lang LaSalle, 2011)

Dalam perkembangan di masa depan, ekonomi Jakarta diperkirakan akan berkembang pesat seiring dengan pertumbuhan ekonomi Indonesia. Perkembangan industri sektoral akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan laju urbanisasi yang tinggi. Hal ini menjadikan konsumsi rumah tangga di kota Jakarta terus menguat sehingga perputaran ekonomi Jakarta akan bergerak menjadi semakin cepat.

2.1.2. Profil Lingkungan Hidup

Kota Jakarta merupakan dataran rendah dengan ketinggian rata-rata tujuh meter di atas permukaan laut, terletak pada posisi 6° 12' Lintang Selatan dan 106° 48' Bujur Timur. Luas wilayah Provinsi DKI Jakarta, berdasarkan SK Gubernur Nomor 171 tahun 2007, adalah berupa daratan seluas 662,33 km dan berupa lautan seluas 6.977,5 km. Wilayah DKI Jakarta memiliki tidak kurang dari 110 buah pulau yang tersebar di Kepulauan Seribu, dan sekitar 27 buah sungai/saluran/kanal yang digunakan sebagai sumber air minum, usaha perikanan dan usaha perkotaan. Selain itu, Provinsi DKI Jakarta memiliki jumlah Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang terus berkembang sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 2.2. Meskipun mengalami peningkatan dalam lima tahun terakhir, jumlah RTH yang dimiliki relatif lebih kecil, 2 m² per orang, bila dibandingkan 21 kota metropolitan di Asia yang memiliki jumlah ruang terbuka hijau sebesar 39 m² per orang (Siemens, 2010).



Gambar 2.2 Perkembangan Jumlah RTH DKI Jakarta Periode 2007-2011

Sumber: (Dinas Pertamanan DKI Jakarta, 2012)

Dalam penyediaan air bersih, Jakarta memperoleh pasokan air bersih melalui dua sumber, yaitu aliran pipa PAM dan ekstraksi air tanah. Sumber air yang diproses dan dipasok melalui pipa PAM diperoleh dari waduk Jatiluhur melalui Kanal Tarum Barat dengan total kebutuhan air sebesar $16.1 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Direktorat Umum Sumber Daya Air Kemen. PU, 2006). Jumlah ini mampu memasok air bersih kepada 60 persen penduduk Jakarta dimana konsumsi air per orang diasumsikan sebesar 78 liter per hari (Siemens, 2010).

2.2. Konsep Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan didefinisikan sebagai sebuah konsep “pembangunan ekonomi yang dapat memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa memperhatikan kemampuan generasi di masa yang akan datang untuk memenuhi kebutuhannya” (Perserikatan Bangsa Bangsa, 1987). Pembangunan berkelanjutan juga mengambil konsep yang lebih luas dari sekedar mempertahankan lingkungan, melainkan menitikberatkan pada keseimbangan aspek ekonomi, sosial, dan keberlanjutan lingkungan (Chen, Ho, & Jan, 2006). Dalam perkembangannya, pembangunan global saat ini memfokuskan perhatiannya pada konsep keberlanjutan sebagai sebuah tujuan yang eksplisit. Tetapi konsep ini harus diterjemahkan ke dalam dimensi praktis dunia nyata untuk membuatnya menjadi konsep operasional sehingga kita dapat mengenali kehadiran atau ketidakhadiran dari keberlanjutan, atau ancaman terhadap keberlanjutan di dalam sistem pembangunan (Bossel, 1999).

2.3. Model *Threshold 21*

Model *Threshold 21* (T21) merupakan sebuah model perencanaan terintegrasi berbasis sistem dinamis yang dikembangkan oleh Institut Millenium. Model *Threshold 21* (T21) yang digunakan dalam penelitian ini adalah T21 Papua. Model T21 yang berperan sebagai contoh model pembangunan dengan pendekatan sistem dinamis ini akan digunakan untuk membantu pembentukan pola pikir dalam pembuatan model pembangunan DKI Jakarta.

2.3.1. Tujuan dan Keistimewaan Model T21

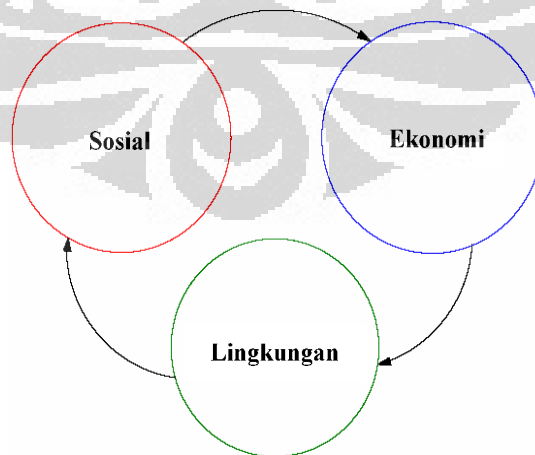
Model T21 dirancang untuk mendukung perencanaan pembangunan yang komprehensif dan terintegrasi. Model ini dapat berperan dalam proses perencanaan sebagai alat kuantitatif yang berharga. Visi suatu wilayah disusun secara eksplisit dan berbagai strategi yang berbeda diusulkan untuk mewujudkan visi tersebut. Selanjutnya, Model T21 dapat digunakan untuk memperhitungkan konsekuensi di masa depan dari setiap strategi yang telah diusulkan. Setiap kali pengguna memproyeksikan masa depan dengan Model T21, mereka dapat dengan cepat menelusuri perubahan dalam proyeksi kembali pada asumsi dan kebijakan yang menghasilkan perubahan. Kemampuan ini membantu pengguna dalam mengidentifikasi *leverage point* yang vital dan asumsi yang sensitive sehingga pengguna kemudian dapat menyesuaikan usulan strategi dan asumsi dan menjalankan proyeksi yang lebih jauh. Selain itu, setiap kali pengguna menjalankan proyeksi, mereka memperkuat pemahaman mereka mengenai keadaan pembangunan dan strategi yang dapat membantu mereka mewujudkan visi suatu wilayah (Millennium Institute, 2000). Model T21 memiliki keistimewaan untuk mendukung proses tersebut, yaitu:

- a. Mengintegrasikan elemen-elemen ekonomi, lingkungan, dan sosial menggunakan pendekatan sistem.
- b. Menginformasikan strategi dan kebijakan pembangunan dengan mensimulasikan dampak yang mungkin dari alternatif pilihan kebijakan dan pilihan strategi.
- c. Membangun dan mentransfer kapasitas untuk proses yang terbatas dan terus menerus dari analisa dan perencanaan pembangunan melalui proses pelatihan dan kemitraan berdasarkan teknologi yang mudah dipahami, digunakan, dan diadopsi.
- d. Fleksibel dan dapat disesuaikan agar cocok dengan kebutuhan yang berbeda dari masing-masing negara melalui penggunaan desain modular di mana sektor yang ada dapat dimodifikasi atau dihilangkan dan sektor yang baru dapat ditambahkan.

- e. Menghasilkan output untuk dokumen kebijakan termasuk anggaran nasional, rencana pembangunan nasional, *the Country Assistant Strategy (CAS)*, *the Poverty Reduction Strategy Paper (PRSP)* atau *UN Development Assistance Framework (UNDAF)*.

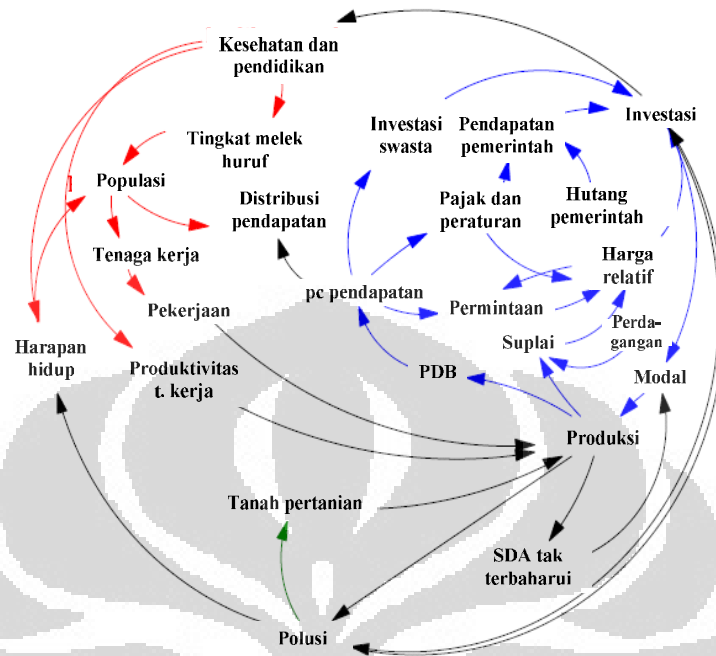
2.3.2. Struktur Model T21

Dalam membuat T21, Institut Millenium melakukan studi terhadap ratusan model, meliputi model *Computable General Equilibrium (CGE)* models (Devarajan, Lewis and Robinson, 1991); *the World Bank's Revised Minimum Standard Model - Extended (RMSM-X)* (Bank Dunia, 1995); model IMF *financial programming* (IMF, 1996), (Bier, 1992); *the Intergovernmental Panel on Climate Change's Greenhouse Gas Inventory Workbook* (IPCC, 1995); model *the US Department of Energy's Fossil2 IDEALS* (USDE, 1993); model *the Population Council's FIV-FIV* (Shorter et al., 1995); model *the National Institute of Public Health and Environmental Protection of the Netherlands (RIVM) Targets* (Hoekstra, 1995); model *the DICE Integrated Climate-Economy*; dan model *the US Department of Agriculture's CPPA* (Colby et al., 1997) (USDA, 1993). Struktur model T21 itu sendiri didasarkan pada konsep pembangunan berkelanjutan yang meliputi aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.3 dan gambaran detail pada Gambar 2.4.



Gambar 2.3 Gambaran Konsep Model T21

Sumber: (Millennium Institute, 2000)



Gambar 2.4 Struktur Model T21 secara detail

Sumber: (Millennium Institute, 2000)

Sektor produksi (pertanian, industri, dan jasa) adalah fungsi Cobb-Douglas dengan input sumber daya, tenaga kerja, modal, dan teknologi. Pendekatan *Computable General Equilibrium* (CGE) digunakan untuk menyeimbangkan persediaan dan permintaan dan untuk menghitung harga relatif, di mana hasilnya adalah mekanisme pasar untuk mengalokasikan investasi di antara sektor-sektor. PDB (dan populasi) mengendalikan pendapatan per kapita, yang kemudian mempengaruhi investasi swasta dan pendapatan pajak. Pajak, peraturan, dan investasi adalah intervensi melalui model yang dipengaruhi. Kondisi sosial (khususnya pelayanan kesehatan dan tingkat melek huruf dewasa) mempengaruhi kelahiran dan harapan hidup, yang kemudian menentukan populasi. Populasi menentukan tenaga kerja, yang membentuk pekerjaan. Tingkat pendidikan, bersama dengan faktor lainnya, mempengaruhi produktivitas tenaga kerja. Pekerjaan dan produktivitas tenaga kerja adalah input produksi. Produksi menciptakan polusi dan mengurangi sumber daya alam yang tidak dapat

diperbaharui. Keduanya merupakan umpan balik untuk mempengaruhi produksi (Millennium Institute, 2000).

2.4. Sistem Dinamis

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). Sedangkan dinamika atau perilaku sistem didefinisikan oleh strukturnya dan interaksi antar komponen-komponennya.

Dalam sebuah model sistem dinamis, terdapat empat konsep dasar yang menopang struktur dan perilaku sistem yang kompleks. Konsep tersebut adalah:

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.

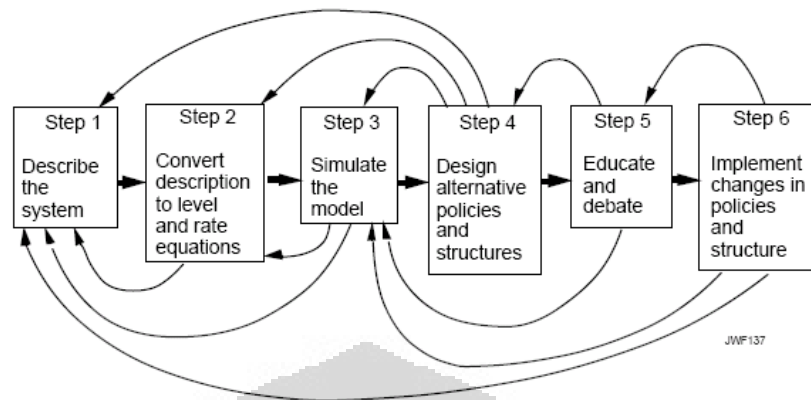
Suatu sistem yang dinamis akan memperlihatkan adanya kondisi yang menjadi tujuan sistem dan kondisi yang saat ini terjadi. Oleh karena ada kemungkinan kondisi yang ingin dicapai belum terjadi maka terjadi perbedaan yang mendasari perubahan dalam sistem.

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.

2.4.1. Pemodelan Sistem Dinamis

Tujuan model sistem dinamis adalah untuk mempelajari, mengenal, dan memahami struktur, kebijakan, dan *delay* suatu keputusan yang mempengaruhi perilaku sistem itu sendiri. Dalam kerangka berpikir sistem dinamis, 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 dinamis 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 dinamis yang dijelaskan oleh Jay Forrester dalam jurnalnya, "*System Dynamics, System Thinking and Soft OR*" :



Gambar 2.5 Proses dalam Sistem Dinamis

(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 diperbaiki 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*.

2.4.2. Sumber Data dalam Pembuatan Model Simulasi

Pembuatan suatu model membutuhkan sumber data yang tepat. Sumber data 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.

2.4.3. 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. Umpan balik dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

a. Umpan balik positif

Suatu umpan balik disebut positif jika peningkatan pada suatu variabel, setelah penundaan, mengakibatkan peningkatan pada variabel yang sama. Umpan balik jenis ini dapat ditemui pada sistem yang memiliki perilaku pola eksponensial.

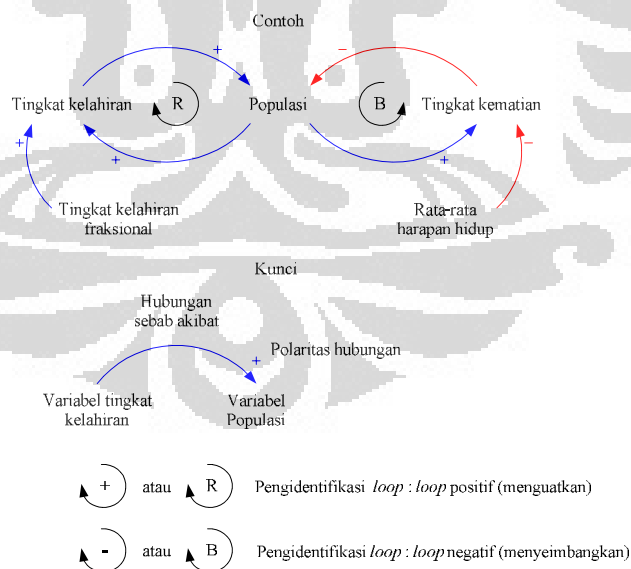
b. Umpan balik negatif

Suatu umpan balik disebut negatif apabila peningkatan pada suatu variabel akan mengakibatkan penurunan pada variabel yang sama. Umpan balik negatif bersifat menyetabilisasi sistem atau menyeimbangkan sistem. Umpan balik negatif dapat ditemui pada sistem yang memiliki perilaku dengan pola osilasi.

2.4.4. 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, 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.



Gambar 2.6 Cara Penulis Diagram Loop Sebab-Akibat

Sumber: (Sterman, 2000)

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. Berikut merupakan cara yang umum digunakan untuk menggambarkan hubungan sebab akibat:

Variabel-variabel berhubungan sebab akibat, seperti yang ditunjuk oleh tanda panah dalam contoh di atas, tingkat kelahiran ditentukan oleh populasi dan tingkat kelahiran fraksional. Setiap hubungan sebab akibat ditentukan oleh polaritas, baik positif (+) maupun negatif (-) yang mengindikasikan bagaimana variabel A yang bergantung pada variabel B ikut berubah ketika variabel B berubah. *Loop-loop* di dalam diagram diidentifikasi oleh pengidentifikasi *loop* yang menunjukkan apakah *loop* tersebut umpan balik positif (menguatkan) atau negatif (menyeimbangkan).

Dapat diperhatikan bahwa pengidentifikasi *loop* berputar dalam arah yang sama dengan *loop* yang diwakilinya. Dalam contoh di atas, umpan balik positif yang berhubungan dengan kelahiran dan populasi adalah searah jarum jam dan begitu juga dengan pengidentifikasi *loop*-nya. Sedangkan umpan balik negatif yang berhubungan dengan tingkat kematian dan populasi adalah berlawanan arah jarum jam sesuai dengan pengidentifikasi *loop*-nya. Gambar berikut akan menjelaskan polaritas hubungan:

Simbol	Interpretasi	Persamaan matematika	Contoh
$X \xrightarrow{+} Y$	Jika X meningkat (menurun), maka Y akan meningkat (menurun). Jika terjadi akumulasi, X menambah Y.	$\partial Y / \partial X > 0$ Jika terjadi akumulasi, $Y = \int_{t_0}^t (X + \dots) ds + Y_{t_0}$	Kualitas produk $\xrightarrow{+}$ Penjualan Usaha $\xrightarrow{+}$ Hasil Kelahiran $\xrightarrow{+}$ Populasi
$X \xrightarrow{-} Y$	Jika X meningkat (menurun), maka Y akan menurun (meningkat). Jika terjadi akumulasi, X mengurangi Y.	$\partial Y / \partial X < 0$ Jika terjadi akumulasi, $Y = \int_{t_0}^t (-X + \dots) ds + Y_{t_0}$	Harga produk $\xrightarrow{-}$ Penjualan Frustrasi $\xrightarrow{-}$ Hasil Kematian $\xrightarrow{-}$ Populasi

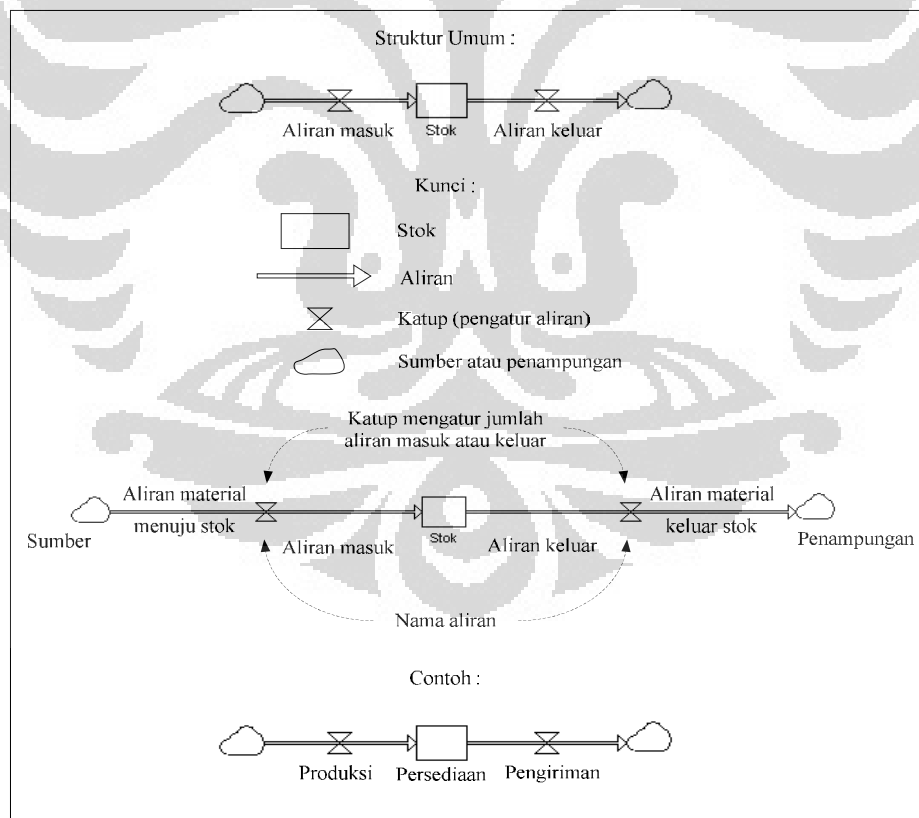
Gambar 2.7 Polaritas Hubungan

Sumber: (Sterman, 2000)

2.4.5. 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 dinamis

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.



Gambar 2.8 Cara Penulisan Diagram Alir

Sumber: (Sterman, 2000)

Gambar 2.8 merupakan cara-cara penulisan diagram alir dalam sistem dinamis, dengan penjelasan sebagai berikut.

Stok diwakili oleh persegi empat. Aliran masuk diwakili oleh pipa dengan tanda panah yang mengarah pada stok yang berarti menambah stok. Aliran keluar diwakili oleh pipa yang mengarah keluar stok dan berarti mengurangi stok.

Katup yang mengendalikan aliran. Awan mewakili sumber dan penampungan aliran. Sumber menggambarkan darimana stok berasal dan dimana aliran yang mula-mula berada diluar batasan model muncul. Sementara, penampungan menggambarkan kemana stok menuju dimana aliran yang meninggalkan batasan model keluar. Sumber dan penampungan diasumsikan memiliki kapasitas yang tidak terhingga dan tidak pernah dapat membatasi aliran.

Kaidah diagram alir didasari oleh analogi hidrolik yang merupakan aliran air menuju dan keluar tempat penampungan air sebagaimana ditunjukkan Gambar 2.9. Memang sangat membantu jika menggambarkan stok sebagai bak air. Kuantitas air di dalam bak pada suatu waktu adalah akumulasi dari air yang mengalir masuk melalui keran dikurang air yang mengalir keluar melalui saluran pipa dengan asumsi tidak ada percikan dan penguapan.



Gambar 2.9 Analogi Hidrolik pada Diagram Alir

Sumber: (Sterman, 2000)

Melalui cara yang sama, kuantitas material dalam stok apapun merupakan akumulasi dari aliran material yang masuk dikurang aliran material yang keluar. Analogi ini memiliki pengertian matematis yang tepat dan tidak ambigu. Stok mengakumulasikan atau mengintegrasikan alirannya; aliran menuju stok adalah

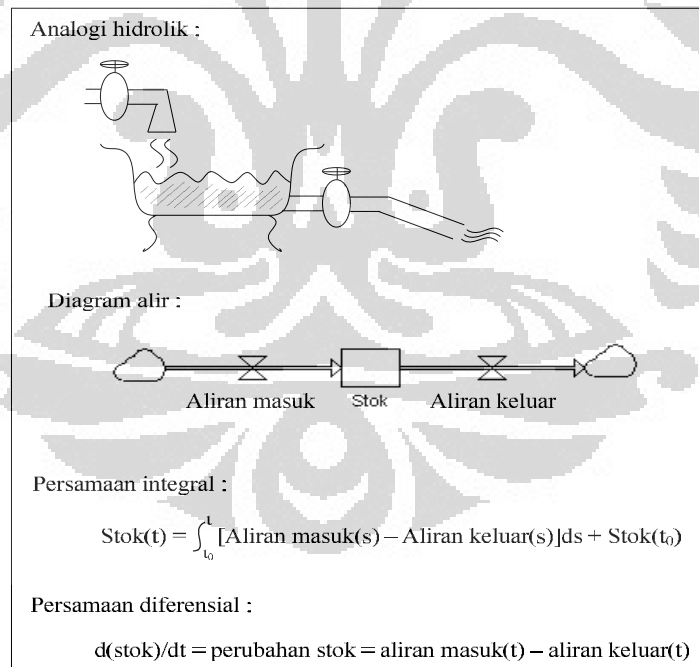
tingkat perubahan dari stok. Oleh karena itu, struktur yang digambarkan dalam gambar 2.10 di atas sesuai dengan persamaan integral berikut ini :

$$\text{Stok}(t) = \int_{t_0}^t [\text{Aliran masuk}(s) - \text{Aliran keluar}(s)] ds + \text{Stok}(t_0) \quad (2-1)$$

dimana aliran masuk (s) mewakili nilai dari aliran masuk pada waktu s antara waktu awal t_0 dan waktu sekarang t. Dengan persamaan yang sama, tingkat perubahan stok adalah aliran masuk dikurangi aliran keluar, yang didefinisikan dengan persamaan diferensial

$$d(\text{stock})/dt = \text{aliran masuk}(t) - \text{aliran keluar}(t) \quad (2-2)$$

Secara umum, aliran akan menjadi fungsi dari stok serta variabel-variabel dan parameter-parameter kondisi yang lain. Gambar berikut menunjukkan empat representasi yang sama dari diagram alir secara umum. Dari suatu sistem persamaan integral dan diferensial kita dapat membuat peta stok dan aliran yang sesuai:



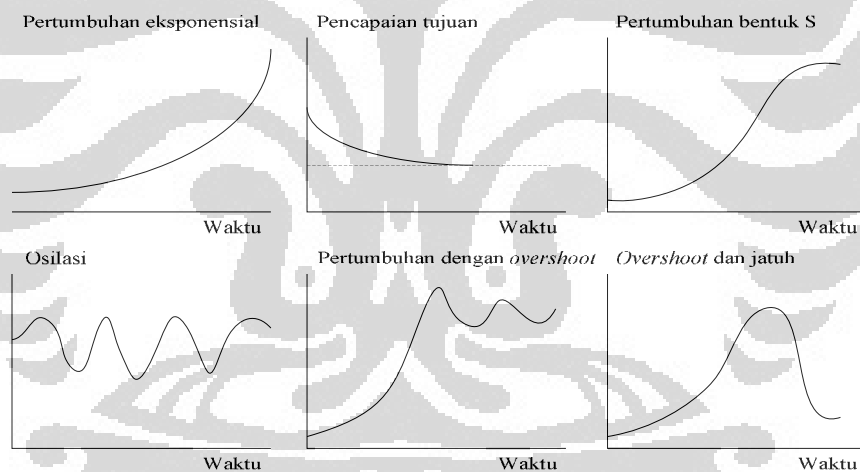
Gambar 2.10 Representasi Struktur Diagram Alir

Sumber: (Sterman, 2000)

2.4.6. 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 2.11 Perilaku-Perilaku Model dalam Sistem Dinamis

Sumber: (Sterman, 2000)

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*).

2.4.7. 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 2.2 Tata Cara-Cara Validasi Model

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 analisa kebijakan dan sensitivitas

Tabel 2.3 Tata Cara-Cara Validasi Model (Sambungan)

No	Jenis Pengujian	Tujuan Pengujian	Alat dan Prosedur
2	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
3	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
4	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 imbangannya 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 2.4 Tata Cara-Cara Validasi Model (Sambungan)

No	Jenis Pengujian	Tujuan Pengujian	Alat dan Prosedur
5	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)
6	<i>Error</i> dalam integrasi	Apakah hasil simulasi sensitif terhadap pemilihan timestep atau metode integrasi numerik?	Gunakan setengah timestep dan tes perubahan perilakunya. Gunakan metode integrasi berbeda dari tes perubahan perilakunya
7	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?	

Tabel 2.5 Tata Cara-Cara Validasi Model (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: (Stermann, 2000)

2.4.8. Analisis Sensitivitas Model

Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui sensitivitas suatu model terhadap perubahan nilai dari parameter model yang ada dan terhadap perubahan struktur dari model. Dalam analisis sensitivitas, dikenal konsep sensitivitas parameter. Yang dimaksud sensitivitas parameter adalah di mana penulis mempersiapkan nilai-nilai parameter yang berbeda untuk diuji pada model yang telah dibuat agar penulis dapat melihat bagaimana perubahan pada parameter dapat menyebabkan perubahan perilaku pada sistem. Dengan menunjukkan bagaimana perilaku sistem merespons perubahan pada parameter, penulis dapat menjadikan analisis sensitivitas sebagai *tool* yang sangat berguna dalam proses pembentukan maupun evaluasi model.

2.5. Teori Dasar Makro Ekonomi

Ekonomi adalah sebuah cabang keilmuan yang mengajarkan manusia tentang bagaimana mengelola sumberdaya yang terbatas untuk memenuhi keinginan manusia yang tidak terbatas. Menurut Samuelson, Ekonomi didefinisikan sebagai *“Economics is the study of how societies use scarce resources to produce valuable commodities and distribute them among different people”* (Samuelson, 2005)

Dari definisi diatas terlihat bahwa fokus utama dari ilmu ekonomi adalah :

- Pernyataan tentang kelangkaan (*scarcity*)
- Penggunaan sumberdaya dengan cara yang paling efektif dan efisien

Pada penelitian ini lebih ditekankan penggunaan prinsip-prinsip dasar ilmu ekonomi makro dibandingkan ilmu ekonomi mikro, dimana ilmu ekonomi makro akan memandang produksi agregat dari sebuah negara atau kota untuk dihitung sebagai dasar kemakmuran negara atau kota tersebut. Perbedaan antara ekonomi makro dan mikro adalah :

- Ekonomi Mikro
 - Memusatkan perhatian pada kegiatan ekonomi individual atau kelompok individu tertentu,
 - Mengabaikan hubungan keterkaitan antar pasar & mengasumsikan bahwa hal-hal lain yang terjadi di luar pasar tidak berubah
- Ekonomi Makro
 - Memusatkan perhatian pada besaran-besaran agregat: PDB dan gap PDB, trade off pengangguran dan inflasi, kebijakan fiskal, moneter dan dampaknya, ekspor, impor, dll.
 - Secara eksplisit memperhitungkan keterkaitan antar pasar: produk, tenaga kerja, uang, keputusan-keputusan pemerintah dan individu

2.5.1. Prinsip-Prinsip Dasar Makroekonomi

Dalam pemahaman ekonomi, aliran dari barang, uang dan jasa merupakan hal yang menjadi perhatian utama, dimana aliran barang, uang dan jasa inilah yang disebut dengan aliran ekonomi.

Aliran ekonomi berjalan diawali dengan adanya konsumsi dari rumah tangga, dimana konsumsi dari rumah tangga ini akan menjadi permintaan yang akan dipenuhi oleh perusahaan. Selain konsumsi faktor lainnya adalah investasi yang dikeluarkan oleh rumah tangga; setiap rumah tangga memiliki kecenderungan untuk menabung dan menginvestasikan sebagian dari pendapatan mereka, investasi dan tabungan inilah yang nantinya menjadi modal bagi perusahaan untuk mengembangkan usaha mereka lewat peminjaman modal.

Peningkatan produksi yang dikarenakan adanya konsumsi rumah tangga akan mengakibatkan adanya peningkatan pendapatan rumah tangga, dalam ekonomi peningkatan pendapatan rumah tangga juga akan meningkatkan konsumsi sehingga ekonomi akan lebih terdorong untuk maju, namun laju peningkatan pendapatan tidak sama dengan laju peningkatan konsumsi, dimana

tingkat peningkatan pendapatan selalu lebih besar daripada peningkatan konsumsi, nilai tersebut lalu terkonversi menjadi laju peningkatan investasi, inilah yang disebut dengan perilaku *Marginal Prosperity to Consume (MPC)*. MPC menjelaskan bahwa peningkatan pendapatan akan lebih mempercepat laju peningkatan investasi dan tabungan, dimana perilaku ini membuat adanya akselerasi ekonomi yang disebabkan oleh peningkatan ketersediaan modal bagi para produsen.

Dalam mazhab ekonomi Keynesian, pemerintah mendapatkan peran yang lebih besar ketimbang apa yang disampaikan oleh Adam Smith dalam bukunya "*Wealth of Nations*". Dalam ekonomi Keynesian, pemerintah memegang peranan penting sebagai regulator yang ikut campur tangan langsung ke dalam struktur ekonomi, dalam bentuk peraturan fiskal dan moneter, namun pemerintah juga dapat masuk dalam struktur ekonomi sebagai pemain, hal ini kita jumpai pada perusahaan-perusahaan milik pemerintah.

Salah satu bentuk intervensi yang paling kuat adalah adanya pajak, instrument pajak adalah salah satu bentuk instrument fiskal yang dimiliki oleh pemerintah yang berfungsi selain sebagai pemasukkan pemerintah juga membuat adanya kesetaraan dalam daya saing sehingga perusahaan baru dapat masuk pada pasar yang membuat adanya penerimaan tenaga kerja baru yang dapat mendorong konsumsi dan investasi.

Selain bentuk intervensi fiskal, pemerintah juga memiliki kewenangan moneter yang membuat pemerintah mampu mengatur peredaran uang di masyarakat, dengan mengatur peredaran uang ini pemerintah juga mampu mengendalikan harga barang dan jasa yang ada di masyarakat sehingga tingkatnya masih dalam tingkatan wajar yang mampu untuk dibeli oleh masyarakat yang mengakibatkan ekonomi juga berjalan dengan sewajarnya.

Sebagai pemain, pemerintah memiliki perusahaan-perusahaan yang ikut serta dalam kegiatan produksi, perusahaan-perusahaan milik pemerintah biasanya

bergerak dalam penyediaan barang dan jasa yang kaitannya dengan banyak orang, bersifat strategis maupun memiliki dampak yang besar dalam struktur ekonomi (seperti barang-barang penggerak utama inflasi yaitu: beras, kelapa sawit dll), adanya kegiatan produksi ini membuat pemerintah memiliki kekuatan juga untuk mengendalikan suplai barang dan jasa yang dibutuhkan masyarakat, sehingga ketersediaan pasokan akan hal-hal yang menjadi pendorong utama dalam inflasi dapat di kontrol oleh pemerintah.

Faktor lain yang membuat pemerintah memegang peranan penting adalah adanya konsumsi pemerintah dalam barang dan jasa, konsumsi pemerintah ini merupakan faktor yang hampir sama pentingnya dengan konsumsi rumah tangga, adanya konsumsi juga akan meningkatkan produksi barang dan jasa sehingga ekonomi akan bergerak. Secara umum peran pemerintah dalam ekonomi dapat dibagi menjadi 4 hal, yaitu:

- Pemerintah Sebagai “Wasit” dalam struktur ekonomi
- Pemerintah sebagai regulator yang membuat peraturan dalam struktur ekonomi yang dipatuhi secara bersama
- Pemerintah sebagai pemain dalam struktur ekonomi
- Pemerintah sebagai redistributor melalui pembayaran transfer berupa subsidi dan transfer daerah, sebagai bentuk pemerataan ekonomi

2.5.2. Faktor Produksi Ekonomi

a. Faktor Investasi Modal Uang

Akumulasi modal (*capital accumulation*) terjadi apabila sebagian dari pendapatan ditabung dan diinvestasikan kembali dengan tujuan memperbesar output dan pendapatan di kemudian hari. Pengadaan pabrik baru, mesin-mesin, peralatan, dan bahan baku meningkatkan stock modal (*capital stock*) fisik suatu negara (yakni, total nilai riil “neto” atas seluruh barang modal produktif secara fisik) dan hal itu jelas memungkinkan terjadinya peningkatan output di masa-masa mendatang. Investasi produktif yang bersifat langsung tersebut harus dilengkapi

dengan berbagai investasi penunjang yang disebut investasi “infrastruktur” ekonomi dan sosial. Di samping investasi yang bersifat langsung banyak cara yang bersifat tidak langsung untuk menginvestasikan dana dalam berbagai jenis sumber daya. Di samping itu ada juga Investasi dalam pembinaan sumber daya manusia dapat meningkatkan kualitas modal manusia, sehingga pada akhirnya akan membawa dampak positif yang sama terhadap manusia. Segenap kegiatan yang dijelaskan di atas merupakan bentuk-bentuk investasi yang menjurus ke akumulasi modal.

b. Faktor Tenaga Kerja

Pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan angkatan kerja (yang terjadi beberapa tahun kemudian setelah pertumbuhan penduduk) secara tradisional dianggap sebagai salah satu factor positif yang memacu pertumbuhan ekonomi. Jumlah tenaga kerja yang lebih besar berarti akan menambah jumlah tenaga produktif, sedangkan pertumbuhan penduduk yang lebih besar berarti meningkatkan ukuran pasar domestiknya. Meskipun demikian, kita masih mempertanyakan apakah begitu cepatnya pertumbuhan penawaran angkatan kerja di negara-negara berkembang (sehingga banyak diantara mereka yang mengalami kelebihan tenaga kerja) benar-benar akan memberikan dampak positif, atau justru negatif, terhadap pembangunan ekonominya. Sebenarnya, hal tersebut (positif atau negatifnya penambahan penduduk bagi upaya pembangunan ekonomi) sepenuhnya tergantung pada kemampuan sistem perekonomian yang bersangkutan untuk menyerap dan secara produktif memanfaatkan tambahan tenaga kerja tersebut. Adapun kemampuan itu sendiri lebih lanjut dipengaruhi oleh tingkat jenis akumulasi modal dan tersedianya input atau faktor-faktor penunjang, seperti kecakapan manajerial dan administrasi.

c. Faktor Teknologi

Sejarah telah membuktikan bahwa penemuan dan kemajuan teknologi terusberlangsung sehingga dapat meningkatkan kemungkinan produksi (production possibility) baik di Eropa, Amerika Utara maupun di Jepang. Kemajuan teknologi ditandai dengan adanya perubahan proses produksi,

diperkenalkannya produk baru, ataupun peningkatan besarnya output dengan menggunakan input yang sama. Penemuan yang telah dapat meningkatkan produktivitas tersebut diantaranya mesin uap, motor bakar, proses Bessener untuk memproduksi baja, dan mesin jet. Secara fundamental kemajuan teknologi termasuk juga penemuan produk seperti telepon, radio, televisi, dan pesawat terbang. Kemajuan teknologi yang sangat pesat dewasa ini dipacu oleh ditemukannya peralatan elektronika dan komputer. Penemuan baru ini merupakan terobosan yang besar dalam kemajuan teknologi, namun kemajuan teknologi juga merupakan proses yang masih terus menerus berlanjut. Salah satu tolok ukur dari kemajuan teknologi ini dapat dilihat dari jumlah hak patent yang terus bertambah.

Pada masa lalu teknologi diasumsikan tetap sepanjang waktu. Sehingga seluruh variabel pertumbuhan per kapita akan tetap untuk jangka panjang. Asumsi ini tidak sesuai dengan pertumbuhan ekonomi yang telah terjadi. Model Harrod-Domar tentang pertumbuhan juga didasarkan pada asumsi bahwa koefisien produksi bersifat tetap. Begitu juga Model Neoklasik masih menganggap kemajuan teknologi bersifat eksogen. Kendrick, Kaldor, dan Solow antara lain merupakan pengkritik terhadap pendekatan ini (Jhingan, 1999). Sebelum membahas model kemajuan teknologi akan dibahas dulu mengenai kemajuan teknologi yang bersifat netral dan tidak netral yang akan melandasi model tersebut (International Monetary Fund, 2009).

2.5.3. Pendapatan Regional

Salah satu tolok ukur yang dapat digunakan untuk menilai kondisi perekonomian suatu negara adalah pendapatan nasional. Tujuan dari perhitungan pendapatan nasional ini adalah untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ekonomi yang telah dicapai dan nilai output yang diproduksi, komposisi pembelanjaan agregat, sumbangan dari berbagai sektor perekonomian, serta tingkat kemakmuran yang dicapai (Sukirno, 2008, p55). Selain itu, data pendapatan nasional yang telah dicapai dapat digunakan untuk membuat prediksi tentang perekonomian negara tersebut pada masa yang akan datang. Prediksi ini dapat digunakan oleh pelaku bisnis untuk merencanakan kegiatan ekonominya di masa depan, juga untuk merumuskan perencanaan ekonomi untuk mewujudkan

pembangunan negara di masa mendatang(Asia Pacific Energy Research Centre, 2006).

Pendapatan nasional dapat diartikan sebagai nilai barang dan jasa yang dihasilkan dalam suatu negara (Sukirno, 2008, p36). Pengertian berbeda dituliskan dengan huruf besar P dan N, dimana Pendapatan Nasional adalah jumlah pendapatan yang diterima oleh faktor produksi yang digunakan untuk memproduksi barang dan jasa dalam suatu tahun tertentu (Sukirno, 2008, p36). Terdapat beberapa cara yang digunakan dalam perhitungan pendapatan nasional, yaitu pendapatan nasional bruto dan pendapatan domestic bruto.

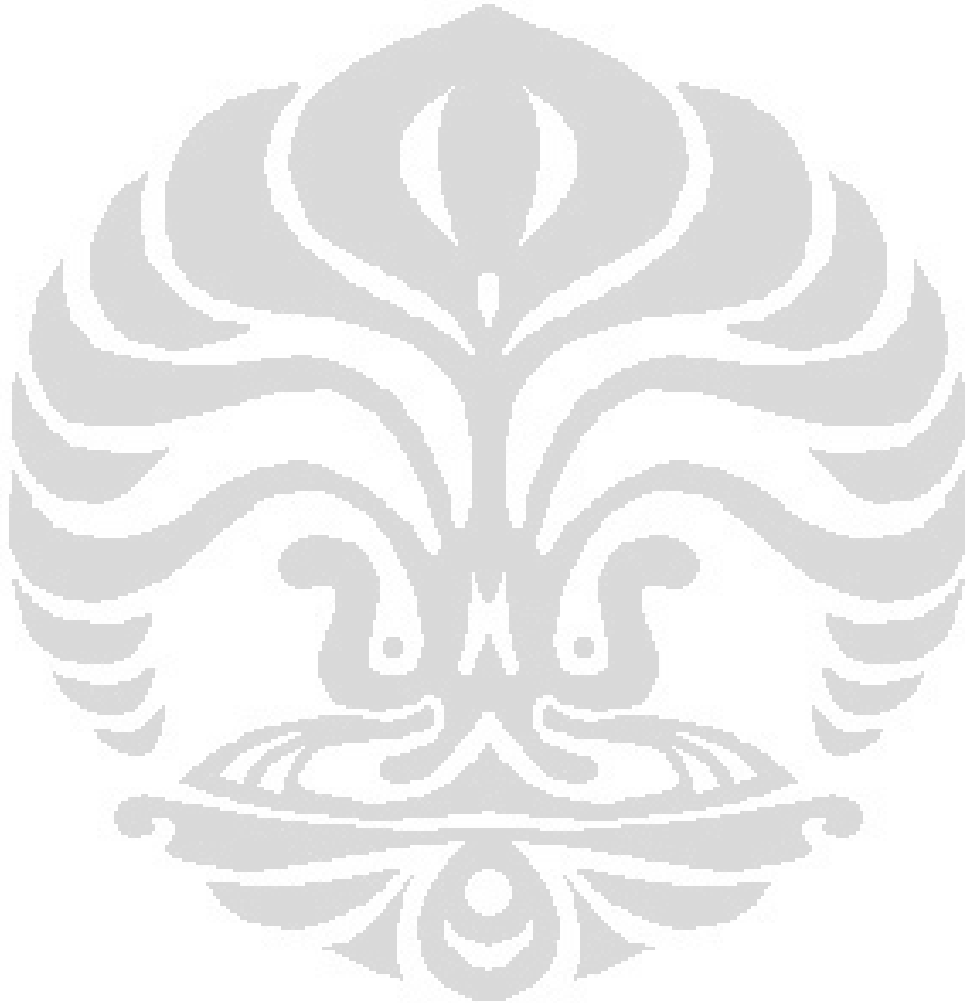
Gross National Product (GNP) atau disebut juga dengan Pendapatan Nasional Bruto (PNB) merupakan nilai barang dan jasa dalam suatu negara yang diproduksi oleh faktor-faktor produksi milik warga negara tersebut, termasuk nilai produksi yang diwujudkan oleh faktor produksi yang digunakan di luar negeri, namun tidak menghitung produksi yang dimiliki penduduk atau perusahaan dari negara lain yang digunakan di dalam negara tersebut (Sukirno, 2008, p35).

Gross Domestic Product (GDP) atau disebut juga dengan Pendapatan Domestik Bruto (PDB) merupakan nilai pasar dari semua barang dan jasa final yang diproduksi dalam sebuah negara pada suatu periode (Mankiw, 2006, p6), meliputi faktor produksi milik warga negaranya sendiri maupun milik warga negara asing yang melakukan produksi di dalam negara tersebut.

Pendapatan regional dari sebuah kota memiliki konsep yang sama dengan pendapatan nasional sebuah negara. Dalam sebuah kota, dikenal istilah Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB) atau Gross Regional Domestic Product (GRDP) yang sama konsepnya dengan GDP.

Untuk menghitung PDRB suatu kota dapat digunakan berbagai macam cara, salah satunya adalah dengan menggunakan pendekatan produk netto. Produk netto dapat diartikan sebagai nilai tambah yang diciptakan dalam suatu proses

produksi (Sukirno, 2008, p42). Sehingga perhitungan pendapatan regional dengan cara netto diperoleh dengan menjumlahkan nilai tambah yang diwujudkan oleh perusahaan di berbagai lapangan usaha dalam perekonomian negara tersebut. Cara ini dapat memberikan informasi tentang seberapa besar pengaruh sektor-sektor tersebut terhadap perekonomian kota.



BAB 3

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bentuk data-data yang dikumpulkan adalah data tertulis, baik berupa data numerik, maupun data mental. Data-data mental ini diperoleh dari publikasi penelitian-penelitian yang membahas pengembangan model perencanaan kota yang berbasis pada metode sistem dinamis dan studi-studi yang membahas pembangunan kota Jakarta dengan melihat pada aspek ekonomi dan lingkungan. Selanjutnya dilakukan pengolahan terhadap data mental untuk mengidentifikasi permasalahan dari kondisi yang ada. Berdasarkan identifikasi permasalahan, kemudian ditentukan variabel dan parameter kunci yang akan digali informasinya lebih lanjut dengan mengumpulkan dan mengolah data tertulis dan data numerik. Integrasi dari pengolahan data-data inilah yang kemudian digunakan sebagai landasan dalam perancangan model simulasi yang akan dibahas pada bab berikutnya.

3.1. Pengumpulan dan Pengolahan Data Mental

3.1.1. Pengumpulan Data Mental

- a. Keterkaitan Sektor Lingkungan Hidup dengan Perekonomian Kota dan Peranannya dalam Pembangunan Berkelanjutan dari Jurnal *“Modeling and dynamic assessment of urban economy–resource–environment system with a coupled system dynamics – geographic information system model”* (Guan, Gao, Su, Li, & Hokao, 2011)

Berkembangnya kota-kota di dunia telah menjadikan berbagai macam isu-isu pembangunan dalam meningkatkan tingkat keberlanjutan kota-kota tersebut menjadi perhatian utama. Pembangunan kota-kota di dunia saat ini tidak lagi berfokus hanya pada perkembangan ekonomi dan pemenuhan kesejahteraan sosial, melainkan juga pada pembangunan aspek lingkungan hidup sebagai modal pendukung dalam menggerakkan perekonomian yang berkelanjutan.

Republik Rakyat Cina (RRC), sebagai salah satu negara yang mengalami perkembangan ekonomi yang paling pesat di dunia, mengalami tantangan dalam pembangunan lingkungan hidup di kota-kotanya. Jumlah populasi yang besar dan laju urbanisasi yang tinggi telah menstimulus aktivitas perekonomian di setiap kota dimana hal ini berdampak pada deplesi sumber daya dan degradasi lingkungan. Dalam upaya mempertahankan keberlanjutan kota-kotanya, Pemerintah Cina saat ini melakukan berbagai macam penelitian untuk menganalisa interaksi yang terjadi antara aspek ekonomi dan lingkungan dan mengukur resiko akibat interaksi dua aspek tersebut. Salah metode yang banyak digunakan dalam penelitian tersebut adalah pemodelan berbasis sistem dinamis.

Metode Sistem Dinamis memiliki keunggulan dalam menganalisa dinamika sistem yang kompleks, seperti interaksi aspek-aspek pembangunan dalam sistem perkotaan, dan memberikan gambaran bagaimana perubahan suatu faktor dapat mempengaruhi faktor yang lain dan mengubah perilaku sistem tersebut. Dalam studi kasus di Cina, penelitian difokuskan pada bagaimana pertumbuhan ekonomi dapat berdampak pada lingkungan.

- b. Kondisi Terkini Lingkungan Hidup dan Perencanaan Pembangunan Kota Jakarta dari Jurnal "*Potential climate-change related vulnerabilities in Jakarta: Challenges and current status*" (Firman, 2011) dan Studi "*Jakarta: Tantangan Perkotaan Seiring Perubahan Iklim*" (Bank Dunia, 2010)

Jakarta merupakan salah satu kota dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi dan perkembangan ekonomi yang cepat di dunia. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perekonomian yang kuat dan berkelanjutan, Jakarta mengalami peningkatan wilayah perkotaan dan peralihan fungsi lahan, yang semula menjadi ruang non-urban (misalnya

pertanian, lahan basah, dan ruang terbuka hijau), kini berubah menjadi ruang perkotaan untuk industri, perdagangan, dan perumahan.

Selain itu, tingginya laju urbanisasi dan pertumbuhan kota yang pesat menimbulkan masalah infrastruktur yang mengakibatkan kemacetan lalu lintas massal, pemukiman informal, banjir besar, kekurangan air bersih, dan penurunan permukaan tanah yang disebabkan tingginya tingkat pengambilan air tanah dimana hal tersebut mencerminkan tekanan penduduk terhadap terbatasnya sumber daya dan infrastruktur.

Kota Jakarta saat ini juga sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim yang berpotensi mengakibatkan berbagai bencana, seperti banjir dan kenaikan permukaan air laut. Empat puluh persen dari luas kota, khususnya di sebelah utara, sudah terletak dibawah permukaan air laut. Hal ini mengakibatkan daerah-daerah tersebut rentan terhadap banjir pasang, badai, dan kenaikan permukaan laut. Frekuensi dan intensitas curah hujan pun meningkat seiring meningkatnya suhu global. Selain itu, lebih dari seperempat bagian kota Jakarta rentan terhadap banjir besar yang akan berdampak pada kerugian ekonomi seperti kemacetan, kerusakan infrastruktur, dan hilangnya produktivitas.

Perencanaan Tata Ruang Kota Jakarta saat ini belum mempertimbangkan faktor perubahan iklim dan indikator-indikator dampak perubahan tersebut. Kebijakan yang dikembangkan pemerintah daerah saat ini lebih banyak difokuskan pada upaya mitigasi bencana dibandingkan mengambil langkah konkrit mencegah terjadinya bencana tersebut. Upaya pencegahan yang ada dan dilakukan saat ini bersifat sementara dan tidak terkoordinasi antara dinas-dinas pemerintah dan para pemangku kepentingan. Berbagai macam penelitian terkait pengukuran resiko dampak perubahan iklim pun dilakukan tanpa ada keterkaitan antar sektor dan tujuan pembangunan yang terarah.

3.1.2. Hipotesa Dinamis

Berdasarkan pengumpulan data mental yang telah dilakukan maka dapat disusun hipotesa dinamis yang akan menjadi dasar pengolahan data lanjutan, yaitu penyusunan Diagram Kausalitas (*Causal Loop Diagram*).

Hipotesa dinamis yang dapat diambil adalah daya dukung lingkungan DKI Jakarta yang semakin terbatas akan dapat mengganggu pertumbuhan ekonomi Jakarta yang akan berkembang pesat seiring dengan pertumbuhan ekonomi Indonesia. Ketidakseimbangan yang mungkin timbul dapat menyebabkan berbagai bencana lingkungan, semisal banjir, kekurangan air bersih, dan berbagai dampak perubahan iklim lainnya yang berpotensi mengakibatkan kerugian ekonomi. Pemerintah DKI Jakarta harus mampu untuk melakukan perencanaan yang lebih menyeluruh dan terintegrasi untuk mewujudkan pembangunan kota yang berkelanjutan. Berdasarkan Hipotesa Dinamis yang diambil, maka pertanyaan utama penelitian adalah: “Seberapa besar pengaruh aspek ekonomi terhadap aspek lingkungan hidup dalam menunjang keberlanjutan Kota Jakarta?”

3.2. Pengumpulan dan Pengolahan Data Numerik

Selain melakukan pengolahan data mental, dalam membangun model ini juga diperlukan masukan dalam bentuk pengolahan data tertulis dan numerik, dimana pengolahan data numerik yang ada lebih banyak akan menjadi masukan model dalam bentuk variabel eksogen.

3.2.1. Pengumpulan Data Indikator dan Variabel Ekonomi

Pengumpulan data-data makro ekonomi dilakukan dengan mengambil data data yang berasal dari sumber sumber sekunder yang diakui secara nasional maupun internasional, data data tersebut juga telah menjadi basis pada penelitian penelitian dan publikasi ilmiah yang dapat diuji validitasnya. Pengumpulan data-data makro ekonomi untuk keperluan model ini meliputi indikator indikator makro ekonomi seperti data inflasi, data pertumbuhan sektoral, data data

pengeluaran dan pendapatan pemerintah, dan beberapa data indikator lain. Sumber utama data data tersebut adalah :

- Badan Pusat Statistik DKI Jakarta: Jakarta Dalam Angka 1999 – 2011
- Badan Pusat Statistik: Sistem Neraca Sosial Ekonomi Indonesia 2005
- *World Bank: World Development Indicators Report and Database 2009*

3.2.2. Pengumpulan Data Indikator dan Variabel Lingkungan Hidup

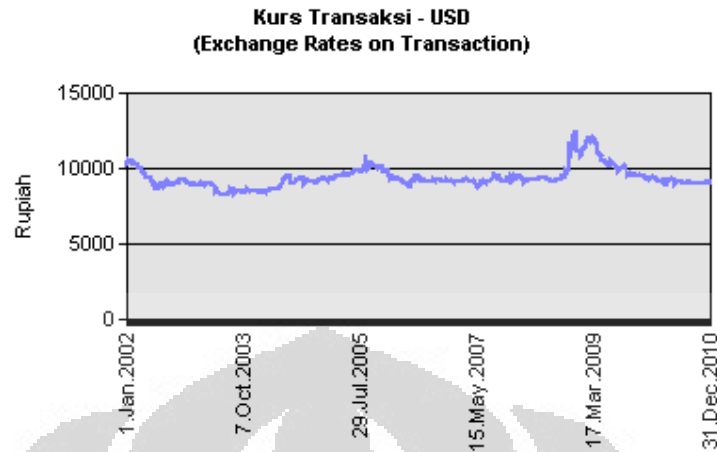
Pengumpulan data untuk indikator indikator lingkungan hidup dilakukan dengan mengumpulkan data-data sekunder dari sumber sumber yang valid.

Sumber utama dari data data tersebut adalah :

- Badan Pusat Statistik DKI Jakarta: Jakarta Dalam Angka 1999 – 2011
- Dinas Pertamanan DKI Jakarta: Data Ruang Terbuka Hijau
- Pemerintah Provinsi DKI Jakarta: Laporan Status Lingkungan Hidup
- *Siemens Green City Index: Jakarta City Index*

3.2.3. Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika

Menurut data yang dikumpulkan pada *range* tahun 2006-2009, sebagaimana ditunjukkan Gambar 3.1, pergerakan nilai tukar Rupiah ke Dolar Amerika mengalami fluktuasi, namun relatif stabil. apabila dilihat dari kecenderungannya, nilai tukar menunjukkan gejala menuju ke level psikologis tertentu. Dari volatilitas nilai tukar yang tercatat, pergerakan nilai tukar rupiah cenderung mendekati sebuah level psikologis baru yaitu menuju ke angka tengah atau rata rata dari *range*, nilai tersebut adalah nilai 9.000 Rupiah per Dolar Amerika. Oleh karena itu, nilai tukar ini digunakan dalam model sampai tahun 2030

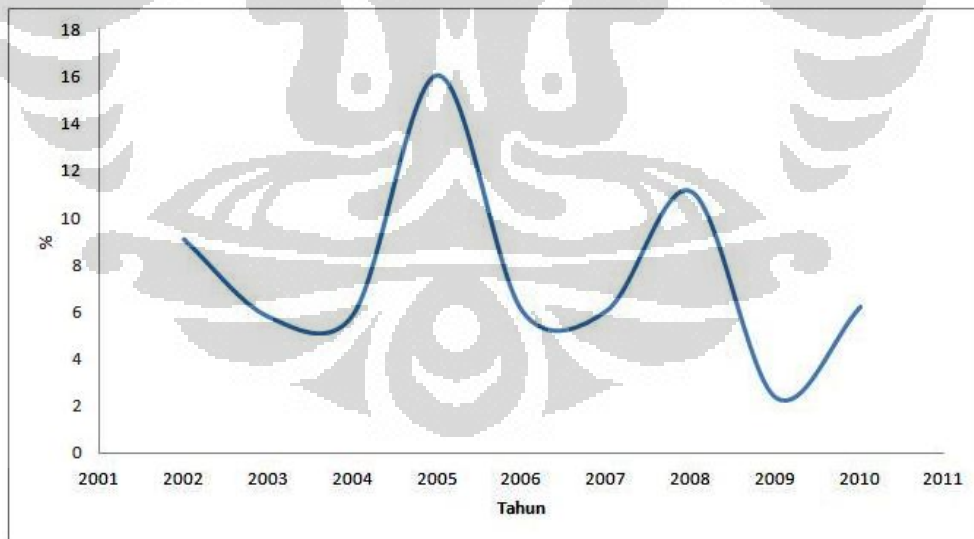


Gambar 3.1 Pergerakan Nilai Tukar Rupiah-Dolar Amerika 2006-2009

Sumber: (Bank Indonesia, 2012)

3.2.4. Nilai Laju Inflasi

Pergerakan nilai inflasi menjadi salah satu faktor utama pembentuk harga yang ada didalam model. Data yang didapatkan menunjukkan bahwa volatilitas nilai inflasi sangat tinggi, hal ini ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pergerakan Laju Inflasi DKI Jakarta 2002-2010

Sumber: (Badan Pusat Statistik DKI Jakarta, 2011)

Karena pergerakan nilai inflasi sangat tidak teratur dimana tidak terdapat modus dan jangkauan nilai yang sangat besar maka digunakan rata-rata nilai inflasi tahun 2002-2010 untuk menjadi masukan didalam model ini, yaitu 7.61 persen. Selain itu, perhitungan inflasi ini juga akan menjadi dasar perhitungan pada deflator Produk Domestik Bruto (PDB).

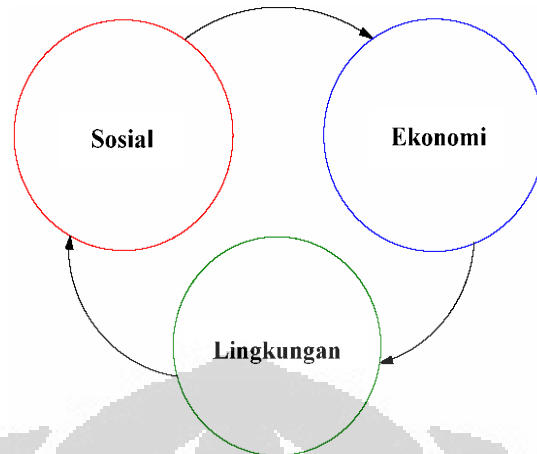
3.2.5. Laju Pertumbuhan Kelahiran dan Kematian

Laju pertumbuhan kelahiran dan kematian diperoleh dari data historis populasi, jumlah kelahiran, dan jumlah kematian dari laporan Jakarta Dalam Angka. Data tersebut selanjutnya diproyeksikan sampai dengan tahun 2030 dengan metode *moving average*.

3.3. Kerangka Pengembangan Model

Berdasarkan pengumpulan data mental yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi antara aspek ekonomi dan lingkungan hidup terhadap keberlanjutan kota Jakarta, sehingga perlu dikembangkannya sebuah model pembangunan kota terintegrasi yang mampu mengakomodir keterkaitan dan korelasi yang terjadi atas kedua aspek tersebut.

Model *Threshold 21* (T21) Papua, sebuah model tervalidasi yang dikembangkan oleh *Millenium Institute* Amerika Serikat, digunakan dalam penelitian ini sebagai kerangka dasar pengembangan model pembangunan kota Jakarta. Kekuatan utama dari model T21 adalah mampu mengintegrasikan keterkaitan dan dinamika yang terjadi pada ketiga aspek pembangunan, yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan. Kerangka dasar model T21 secara lebih jelas dapat tergambarkan melalui Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kerangka Kerja Dasar Model T21

Sumber: (Millennium Institute, 2000)

Berdasarkan kerangka tersebut, lalu dilakukan pembatasan model, yaitu menentukan faktor faktor apa saja yang diolah oleh model, faktor yang menjadi input secara *exogenous* di dalam model maupun faktor faktor lainnya yang diabaikan dalam model, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Faktor Endogen, Eksogen, dan Diabaikan dalam Model

Endogenous	Exogenous	Excluded
Consumption	Inflation Rate	Corruption
Education	Exchange Rate	Crime
Carbon Cycle	Migration	Natural Dissaster
Investment		Others Municipal Growth
Income Distribution		Political Issues
Employment		Terrorism
Gross Domestic Product (GDP)		War
Labor Force		
Land Use		
Life Expectancy		
Population		
Technology		

Faktor faktor endogen tersebut akan diolah dalam model dan dibantu oleh masukan faktor faktor eksogen untuk menghasilkan nilai nilai yang diharapkan dapat memberikan gambaran interaksi aspek ekonomi dan lingkungan melalui indikator-indikator keberlanjutan kota, dimana indikator indikator tersebut adalah:

- pada modul Ekonomi:
 - Nilai Produksi Sektoral,
 - Pendapatan Domestik Bruto, dan
 - Pendapatan per Kapita
- dan pada modul lingkungan:
 - Ruang Terbuka Hijau,
 - Ketersediaan Air Bersih, dan
 - Emisi Gas Rumah Kaca.

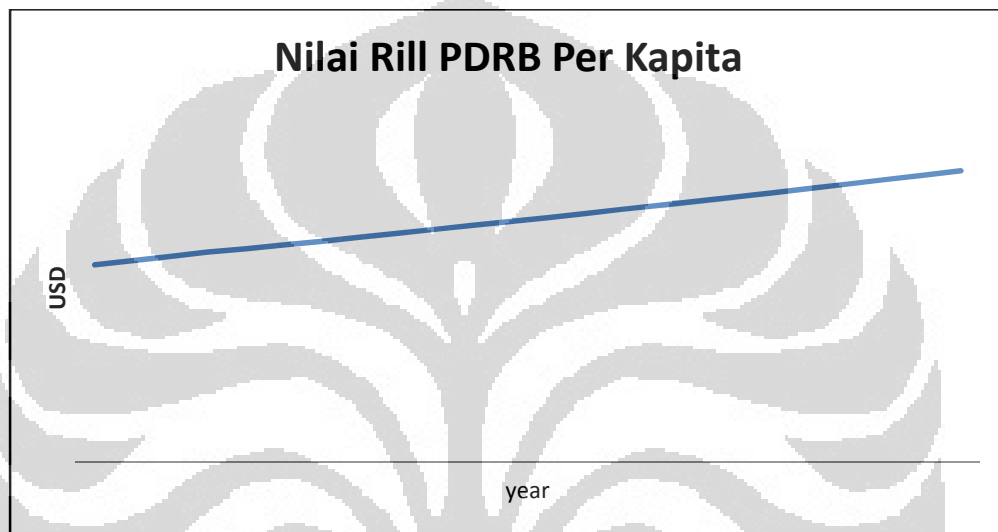
Nilai-nilai diatas dipilih berdasarkan kewajaran pada indikator keberlanjutan kota yang digunakan secara internasional. Untuk nilai indikator Ekonomi digunakan merujuk pada indikator indikator kemakmuran Negara yang dikeluarkan oleh lembaga IMF (*International Monetary Fund*), sementara nilai indikator bidang lingkungan hidup dipilih berdasarkan laporan lembaga *Economic and Social Commission on Asia and the Pacific* (ESCAP) PBB. Pemilihan indikator-indikator tersebut juga disesuaikan dengan batasan masalah yang terkait dengan tujuan penelitian, yang terdiri dari:

- Aspek pembangunan kota berkelanjutan yang akan dibahas secara khusus dalam penelitian ini adalah aspek ekonomi dan lingkungan.
- Sejalan dengan tujuan penelitian, ruang lingkup model simulasi yang dibuat meliputi aspek ekonomi dan lingkungan untuk memperoleh pengaruh keduanya terhadap keberkelanjutan kota Jakarta.
- Jangka waktu model simulasi disesuaikan dengan periode *roadmap* Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Jakarta, yakni sampai dengan tahun 2030.
- Penggunaan data data sekunder pada penelitian yang diambil dari sumber sumber yang diakui secara nasional maupun internasional

3.3.1. Modus Referensi

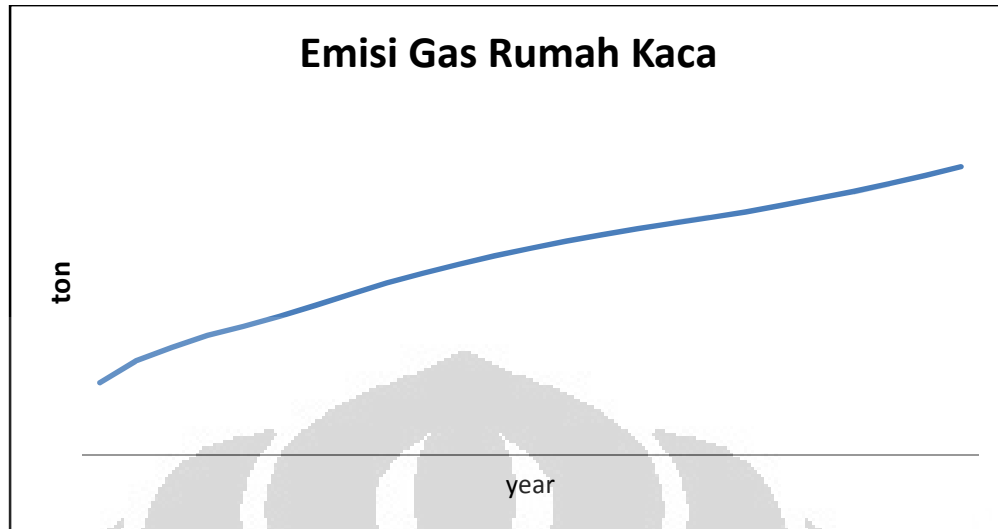
Dalam permodelan sistem dinamis, perilaku terhadap waktu (*Behavior Over Time – BOT*) adalah perhatian utama ketika menganalisa sebuah sistem, untuk itu sebelum melakukan permodelan terlebih dahulu dilihat perilaku

terhadap waktu dari sistem yang sudah ada, hal ini akan memberikan pemahaman tentang bagaimana sistem tersebut berjalan dan berinteraksi. Dalam model pembangunan Kota Jakarta, indikator perilaku yang dilihat adalah indikator-indikator yang terdapat pada modul ekonomi dan modul lingkungan, yaitu Nilai Rill Pendapatan Per Kapita dan Emisi Gas Rumah Kaca sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.



Gambar 3.4 Modus Referensi Nilai Rill Pendapatan Per Kapita

Berdasarkan modus referesi diatas, perekonomian Kota Jakarta diperkirakan akan terus mengalami perkembangan seiring dengan berkembangnya ekonomi Indonesia. Perkembangan tersebut akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang ditandai oleh peningkatan indikator Nilai Rill Pendapatan Per Kapita. Namun, peningkatan pada indikator tersebut akan diiringi oleh batasan pertumbuhan (*limits to growth*) yang disebabkan oleh jumlah dan laju pertumbuhan populasi Kota Jakarta yang semakin tinggi.



Gambar 3.5 Modus Referensi Emisi Gas Rumah Kaca

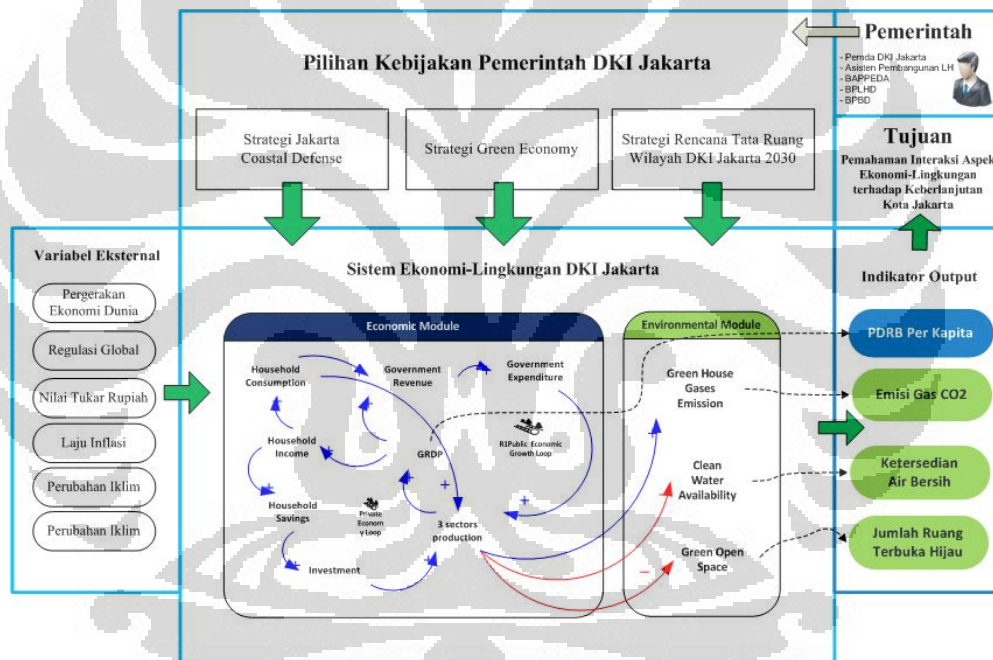
Serupa dengan modus referensi pada Nilai Rill Pendapatan Per Kapita, Emisi Gas Rumah Kaca pun akan mengalami peningkatan, terlebih lagi karena didorong oleh jumlah dan laju pertumbuhan populasi yang semakin tinggi dimana hal tersebut akan menjadi modal tenaga kerja bagi sektor-sektor ekonomi sehingga terjadi peningkatan emisi gas yang semakin cepat.

Berkaca dari pengolahan data mental pada modus referensi yang tersaji, pembangunan kota Jakarta nampaknya belum mempertimbangkan konsep pembangunan berkelanjutan dalam perencanaan tata ruang kota dan faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi pembangunan kota secara jangka panjang, seperti dampak perubahan iklim yang berpotensi mengakibatkan kerugian ekonomi skala besar.

Model Pembangunan Berkelanjutan Kota Jakarta yang akan dikembangkan bertujuan untuk memberikan pengetahuan bagi *Stakeholder* terhadap dampak interaksi aspek ekonomi dan lingkungan bagi keberlanjutan kota Jakarta, sehingga analisis yang disampaikan adalah analisis sensitivitas variabel, dimana dilakukan perubahan terhadap suatu variabel pada modul ekonomi dan dilihat perubahan yang terjadi pada variabel-variabel pada modul lingkungan sehingga diperoleh variabel-variabel yang sensitif.

3.3.2. Diagram Sistem

Keterkaitan sebuah variabel dan umpan balik yang diberikan maupun diterima dari masing masing variabel merupakan hal yang merupakan perhatian utama dalam permodelan berbasis sistem dinamis. Diagram Sistem merupakan alat yang tepat untuk memberikan gambaran keterkaitan dan umpan balik tersebut. Diagram Sistem juga memberikan pemahaman secara utuh terhadap model yang akan dikembangkan dan gambaran interaksi variabel-variabel yang ada pada model sistem dinamis.



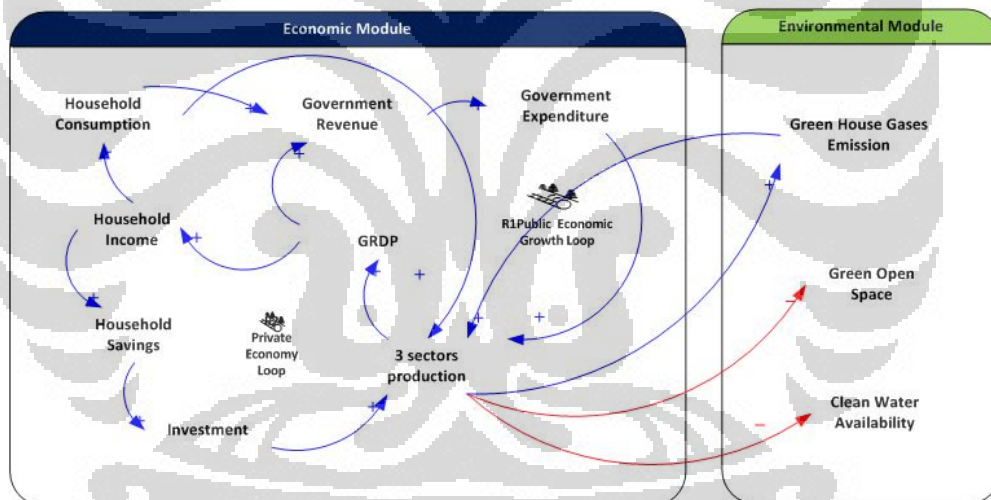
Gambar 3.6 Diagram Sistem Penelitian

Diagram Sistem Penelitian yang dikembangkan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.6, mengedepankan *Input* dan *Output* dalam menjalankan model. Variabel eksternal berperan sebagai *input* bagi proses yang terjadi pada struktur endogen model dimana struktur tersebut juga dipengaruhi oleh intervensi proses melalui pilihan kebijakan pemerintah daerah, dan indikator-indikator keberlanjutan kota berperan sebagai *output*. Berikut akan dibahas diagram

kausalitas (*causal-loop diagram – CLD*) yang menyusun struktur endogen pada diagram sistem penelitian.

3.3.3. Diagram Kausalitas (*Causal-Loop Diagram – CLD*)

Causal Loop Diagram (CLD) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk merepresentasikan mental model yang dimiliki oleh modeler sebagai dasar dalam membangun model. CLD 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 bagian, dimana setiap CLD tetap akan berpedoman pada CLD utama dari model ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7.



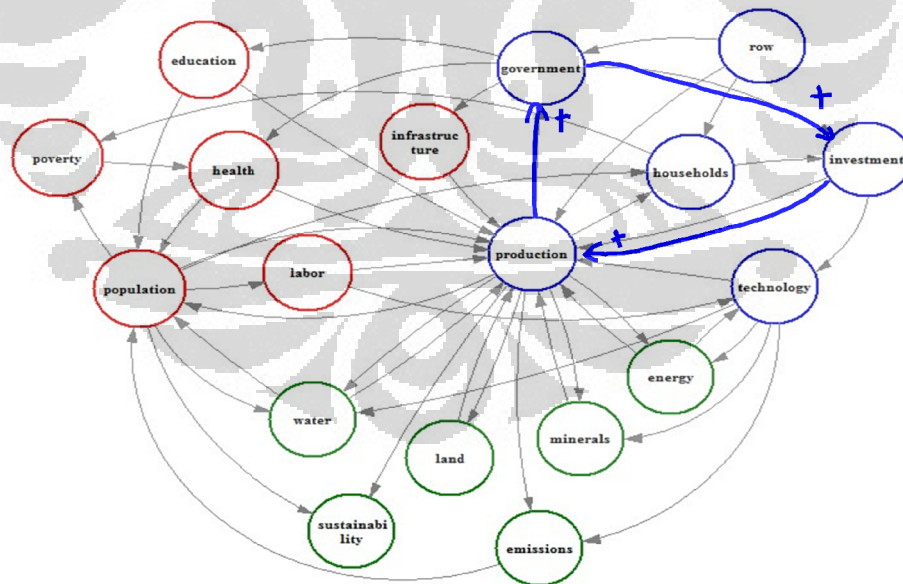
Gambar 3.7 Diagram Kausalitas Utama Penelitian

Dalam CLD utama tersebut dijelaskan keterkaitan antar masing masing modul dalam model sehingga menciptakan sebuah keterkaitan yang unik. Diawali dengan peningkatan produksi sektoral yang akan menggerakkan ekonomi kota melalui pendapatan individu, dimana jika pendapatan individu meningkat maka hal tersebut akan diiringi dengan peningkatan konsumsi sehingga pemerintah, perusahaan, dan industri memperoleh umpan balik dari masyarakat melalui peningkatan tabungan dan investasi yang dikeluarkan oleh individu dalam bentuk

pertambahan nilai modal untuk meningkatkan kapasitas produksi. Namun, peningkatan produksi masing-masing sektor tersebut akan berdampak pada peningkatan emisi gas rumah kaca, penurunan ruang terbuka hijau, dan ekstraksi air tanah yang mengakibatkan penurunan ketersediaan air bersih. Dampak tersebut akan memberikan umpan balik kepada sektor ekonomi, khususnya pada peningkatan emisi gas rumah kaca yang akan berdampak pada penurunan produktivitas tenaga kerja dimana faktor tersebut merupakan salah satu faktor terpenting dalam meningkatkan produksi sektoral.

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya pada bab 2, pengembangan model pembangunan kota Jakarta didasarkan pada kerangka model T21 Papua sehingga pengembangan CLD pada model ini juga berbasis pada pengembangan CLD dalam model T21. Model T21 memiliki lima buah *loop* utama yang digunakan dimana setiap *loop* menggambarkan korelasi yang penting dan unik dari model T21 ini.

a. *Loop* Ekonomi Publik

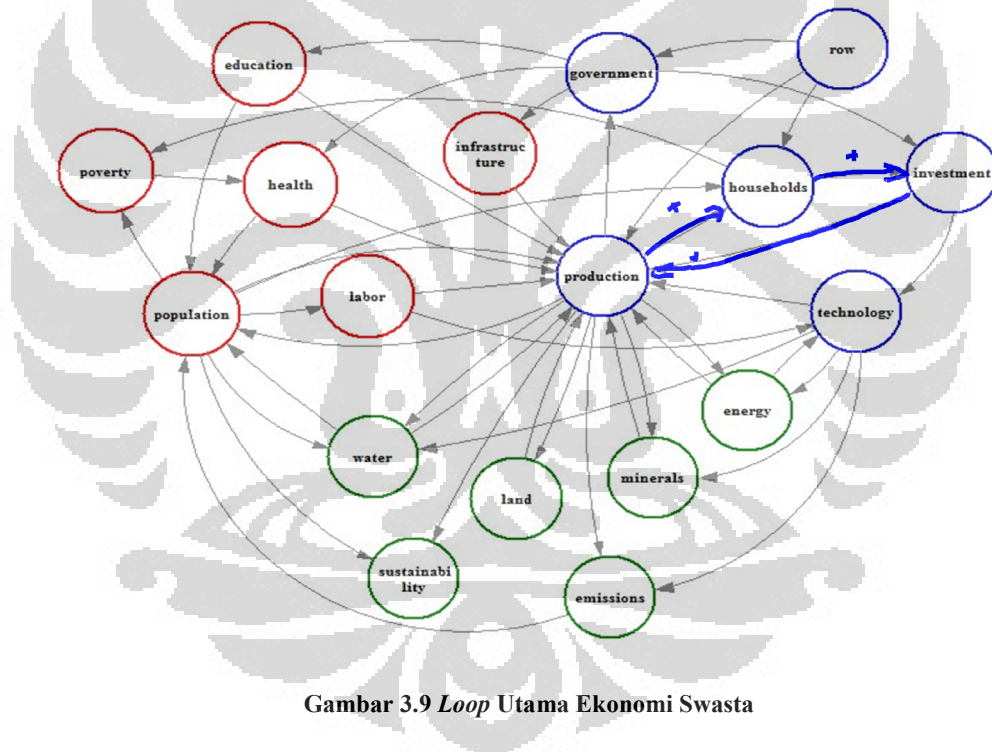


Gambar 3.8 *Loop* Ekonomi Publik

..

Loop pertama menggambarkan bagaimana pemerintah mampu membuat ekonomi berjalan dan tumbuh. *Loop* dimulai dengan adanya pengeluaran pemerintah, dimana pengeluaran pemerintah ini akan meningkatkan investasi secara langsung maupun tidak langsung. Peningkatan investasi ini membuat produksi sektoral juga meningkat karena ketersediaan modal yang semakin besar. Peningkatan produksi sektoral pada akhirnya akan meningkatkan penerimaan pemerintah lewat peningkatan penerimaan pajak. Umpan balik yang terjadi akibat *Loop* ekonomi publik ini membentuk sebuah *Reinforcing Loop*.

b. *Loop* Ekonomi Swasta



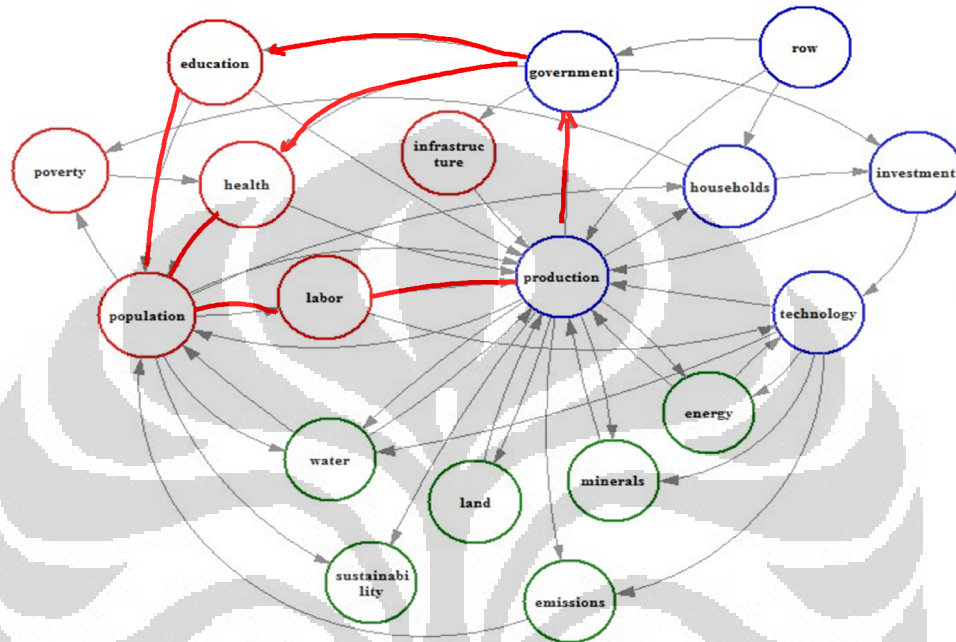
Gambar 3.9 *Loop* Utama Ekonomi Swasta

Loop kedua ini menggambarkan bagaimana peranan dari individu dan rumah tangga yang disebut sektor swasta (*Private*) terhadap sistem ekonomi secara keseluruhan. Dalam *Loop* ini digambarkan bagaimana konsumsi dan investasi dari rumah tangga dapat meningkatkan produksi dengan melalui perantara investasi. Konsumsi rumah tangga juga mengakibatkan produksi dari sektor produksi harus meningkat untuk memenuhi kebutuhan dari konsumsi.

..

Sama dengan *Loop* pada ekonomi publik, *Loop* ini juga mengakibatkan terbentuknya *Reinforcing Loop*.

c. *Loop* Ketersediaan Tenaga Kerja

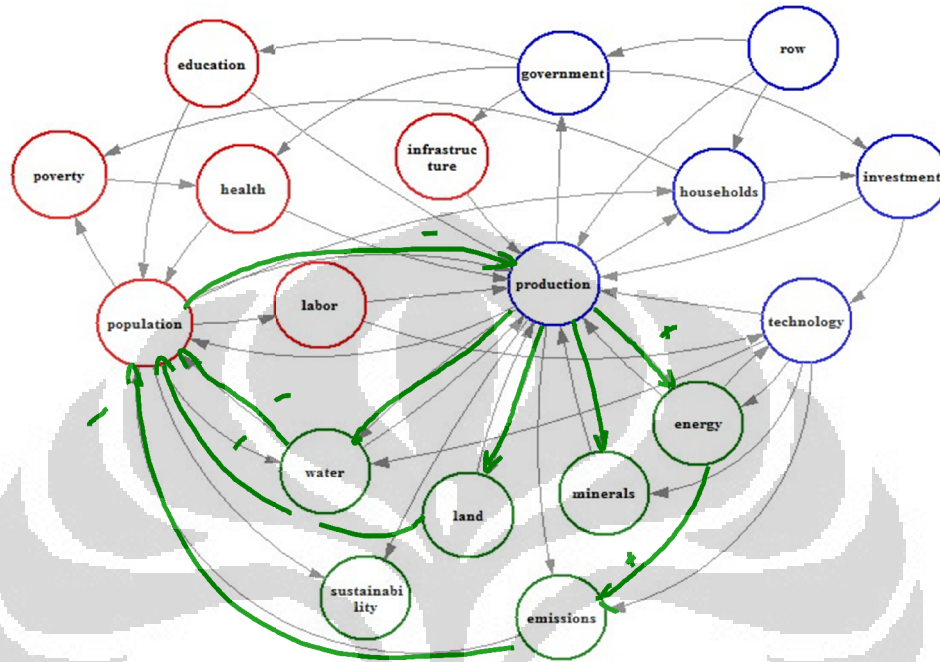


Gambar 3.10 *Loop* Utama Ketersediaan Tenaga Kerja

Loop ketiga ini menunjukkan adanya hubungan antara sektor ekonomi dengan sektor sosial, dimana peningkatan produksi memiliki hubungan erat dengan kebutuhan akan ketersediaan tenaga kerja sebagai faktor produksi dari sektor ekonomi. Peningkatan produksi perlu ditunjang dengan peningkatan jumlah tenaga kerja dan produktivitas dari tenaga kerja. Faktor faktor ini berinteraksi dengan adanya perantara dari pemerintah, dimana ketika faktor produksi meningkat maka akan terjadi juga peningkatan penerimaan pemerintah lewat penerimaan pajak, sehingga pemerintah memiliki cukup dana untuk menunjang pendidikan dan kesehatan dari populasi, peningkatan kesehatan dan pendidikan akan memberikan efek positif dengan adanya peningkatan produktifitas dan peningkatan jumlah tenaga kerja yang dihasilkan oleh populasi karena bertambahnya harapan hidup.

..

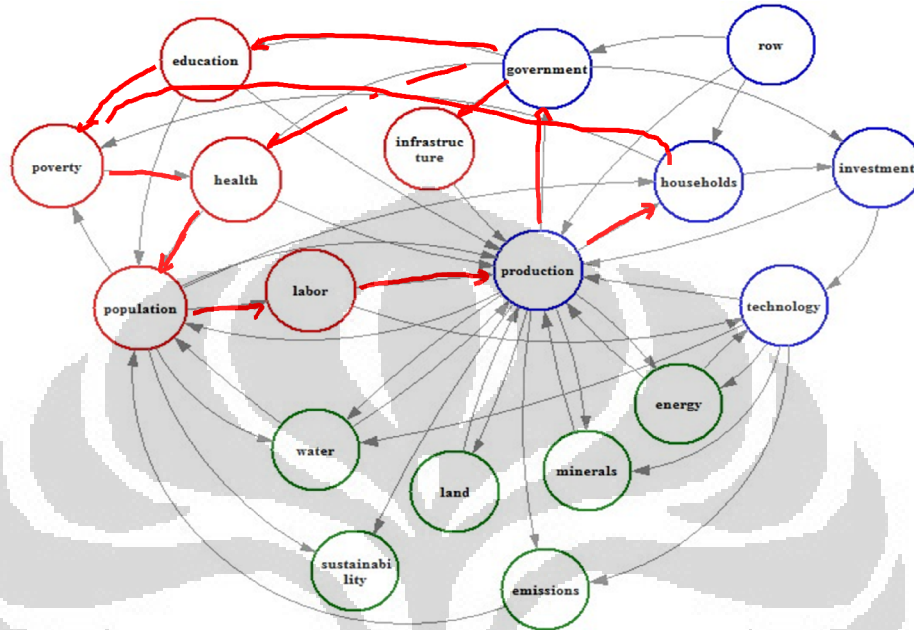
d. *Loop* Sumber daya alam dan lingkungan hidup



Gambar 3.11 *Loop* Utama Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup

Loop keempat ini menunjukkan adanya hubungan antara sektor ekonomi dengan sektor lingkungan hidup, dimana peningkatan produksi memiliki batasan batasan yang *rigid*. Batasan batasan tersebut adalah ketersediaan sumber daya alam yang ada, dimana jika terjadi peningkatan produksi maka akan diiringi juga dengan peningkatan permintaan akan sumber daya alam, dimana sumber daya alam ini juga memiliki batasan ketersediaan, sehingga tidak mungkin terjadi peningkatan produksi secara massif karena adanya keterbatasan pada sumber daya alam dan energi. Kebutuhan akan energi dan sumber daya alam ini menggerus indikator indikator lingkungan hidup. Keterkaitan antar variabel dalam *Loop* ini menciptakan *Balancing Loop*.

e. *Loop* Populasi dan Pendapatan



Gambar 3.12 Loop Populasi dan Pendapatan

Loop kelima ini menggambarkan adanya keterkaitan antara faktor populasi yang menjadi sumber utama pada aspek sosial dengan pendapatan atau produksi sebagai sumber utama faktor ekonomi. Dalam *Loop* ini digambarkan bahwa seiring dengan meningkatnya pendapatan yang diperoleh maka pemerintah mampu memberikan porsi nominal yang lebih banyak bagi peningkatan kualitas kesehatan dan pendidikan, begitu juga yang terjadi pada individu dimana peningkatan pendapatan yang mereka peroleh juga akan meningkatkan tingkat pendidikan dan kesehatan mereka dimana jika tingkat pendidikan dan kesehatan meningkat maka populasi akan tumbuh dengan wajar, dan peningkatan akan faktor pendidikan dan kesehatan juga akan mengurangi kemiskinan yang terjadi.

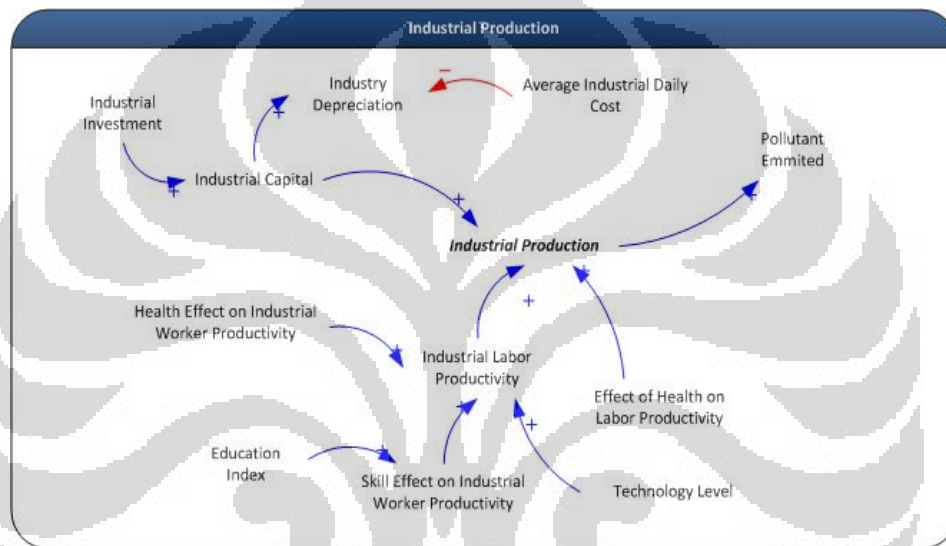
Pada penelitian ini hanya akan dibahas empat loop pertama yang sejalan dengan tujuan penelitian ini yaitu memperoleh gambaran interaksi antara aspek ekonomi dan lingkungan kota Jakarta dengan menganalisa sensitivitas variabel yang memiliki keterkaitan pada kedua aspek tersebut sehingga pengembangan

..

CLD modul ekonomi dan lingkungan hidup pada model pembangunan kota Jakarta akan dikembangkan berbasis pada CLD model T21 tersebut.

Pada modul ekonomi, terdapat tiga kategori sub modul yang terdiri dari sektor-sektor produksi, aspek pemerintah dan aspek harga relatif yang kemudian dirinci sebagai berikut. menjadi penggerak dari sistem ekonomi yang ada.

a. CLD Sektor Produksi Industri



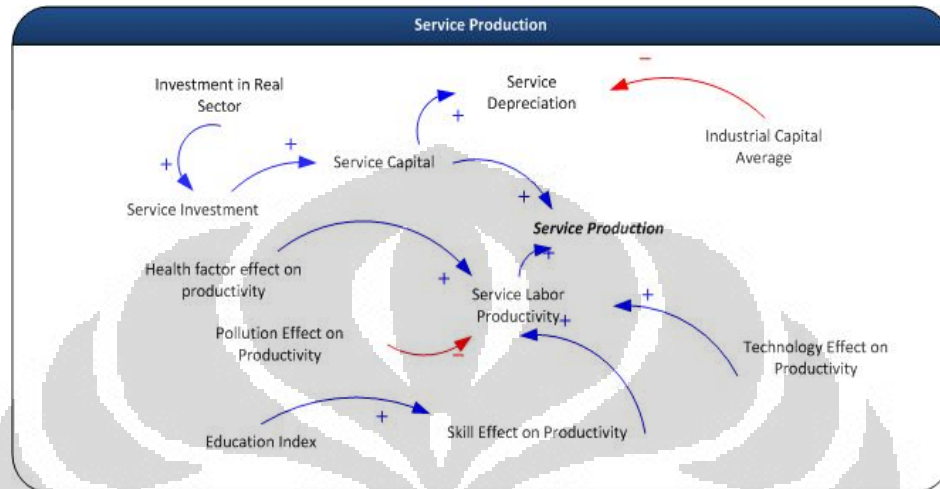
Gambar 3.13 CLD Sektor Produksi Industri

Pada CLD sektor produksi industri tergambar interaksi antar variabel yang ada, faktor industri sangat dipengaruhi oleh pergerakan modal yang ada, dimana pergerakan modal berasal dari investasi yang terjadi pada sektor rumah tangga. Peningkatan produktivitas dari industri juga bergantung pada produktivitas dari tenaga kerja yang diserap oleh sektor industri.

Dalam CLD ini juga tergambar bagaimana sektor produksi industri memiliki ketergantungan terhadap sektor sosial dan sektor lingkungan hidup. Disini digambarkan ketersediaan tenaga kerja dan efek dari kesehatan dan pendidikan menjadi hal yang penting dari aspek sosial yang dapat mempengaruhi aspek ekonomi. Pada CLD ini juga digambarkan bagaimana aspek lingkungan

hidup menjadi batasan dari sektor industri untuk melakukan peningkatan produksi.

b. CLD Sektor Produksi Jasa

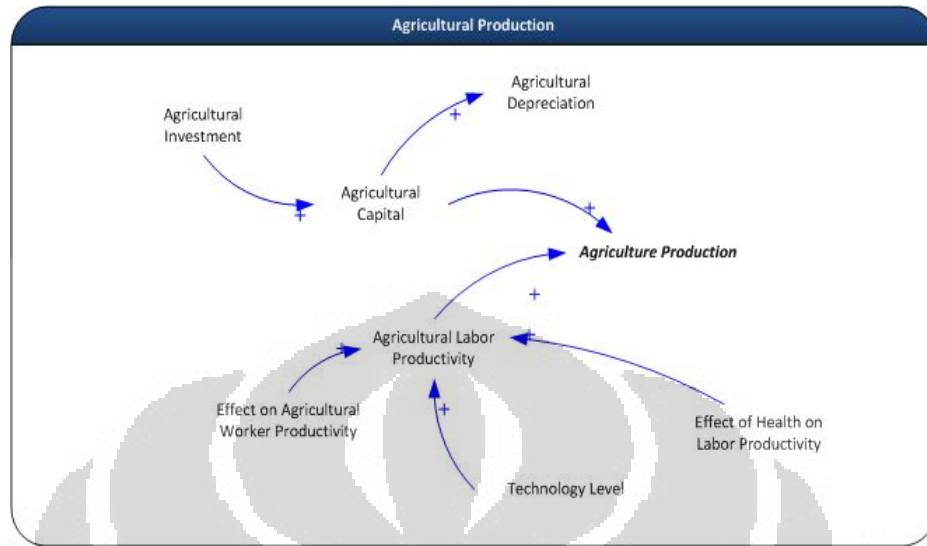


Gambar 3.14 CLD Sektor Produksi Jasa

Serupa dengan CLD yang ada pada sektor industri, sektor jasa juga merupakan penggerak utama ekonomi bergantung pada ketersediaan tenaga kerja yang ada, selain jumlah ketersediaan tenaga kerja faktor lain yang berpengaruh adalah produktivitas tenaga kerja.

Pada sektor jasa, faktor produktivitas tenaga kerja menjadi sebuah faktor pengali yang sangat besar, karena produktivitas dari tenaga kerja faktor jasa adalah kunci dari nilai nominal produksi pada sektor ini. Faktor produktivitas tenaga kerja bergantung pada faktor faktor sosial yaitu pendidikan dan kesehatan.

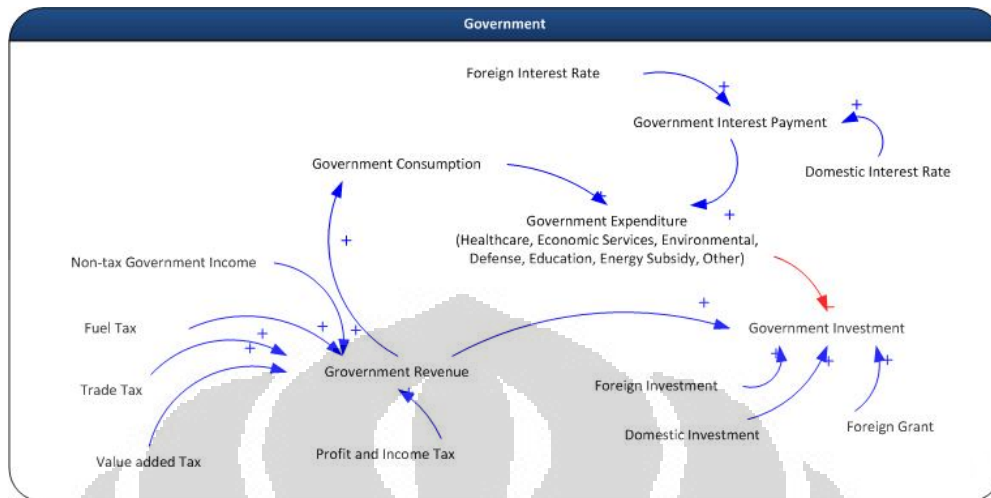
c. CLD Sektor Pertanian



Gambar 3.15 CLD Sektor Produksi Pertanian

Pada CLD sektor produksi pertanian ini digambarkan bagaimana sektor pertanian sebagai salah satu sektor produksi yang menunjang ekonomi bergerak. Pergerakan sektor pertanian lebih didominasi oleh investasi pemerintah pada sektor ini. Hal ini menunjukkan adanya keterkaitan antara aspek ekonomi, dan adanya hubungan ini membuat terbentuknya *Reinforcing Loop*, sektor ekonomi yang dibatasi oleh keterbatasan sumber daya alam lingkungan hidup.

d. CLD Faktor Pemerintah Daerah

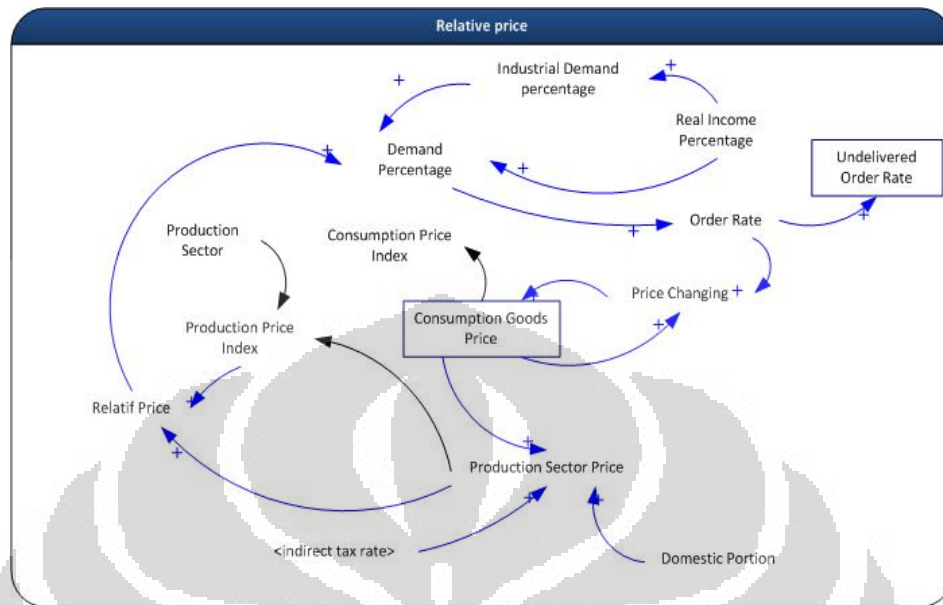


Gambar 3.16 CLD Faktor Pemerintah Daerah

Dalam CLD ini digambarkan bagaimana sektor pemerintah mampu memberikan kontribusi pada ekonomi secara keseluruhan. Seperti telah dibahas pada bab sebelumnya bahwa pemerintah memiliki peranan besar dalam sistem ekonomi, dimana pengeluaran pemerintah dapat mendorong terjadinya konsumsi dan investasi yang memberikan modal tambahan bagi sektor produksi.

Dalam CLD ini juga tergambar bahwa adanya investasi domestik dapat terjadi dengan adanya dorongan dari investasi yang dilakukan oleh pemerintah, yang nantinya investasi pemerintah ini menjadi modal tambahan bagi sektor produksi untuk melakukan pengembangan dan peningkatan produksi.

e. CLD Faktor Harga Relatif

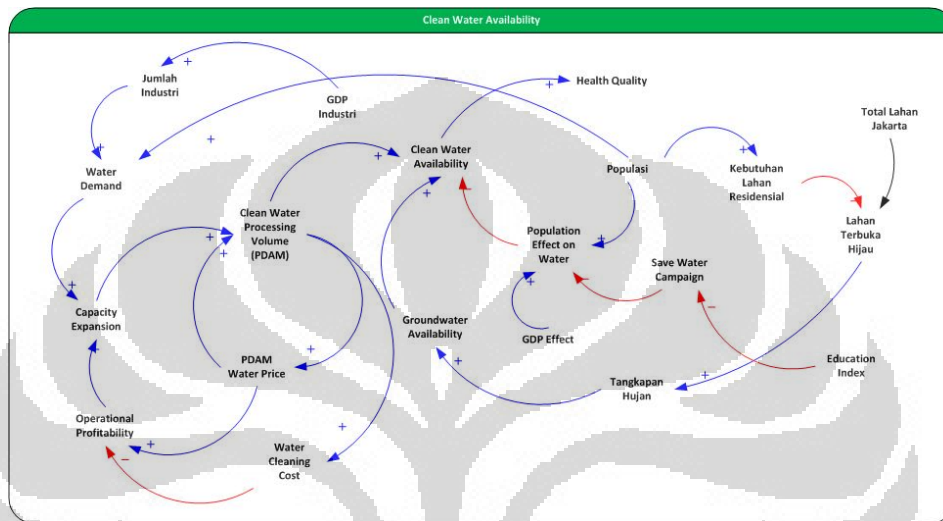


Gambar 3.17 CLD Faktor Harga Relatif

Dalam Ekonomi sektor harga relatif memiliki peranan penting dalam mengukur pergerakan barang dan jasa di pasar yang menjadi basis perhitungan keseimbangan permintaan dan penawaran. Di dalam CLD ini digambarkan adanya interaksi antara kebutuhan akan barang dan jasa terhadap permintaan perdagangan, sehingga pertimbangan harga relatif membentuk adanya keseimbangan harga.

Setelah pembahasan dari sub-model sosial maka selanjutnya dibahas mengenai modul Lingkungan Hdiup yang meliputi sektor ketersediaan air bersih, emisi gas rumah kaca, dan ruang terbuka hijau.

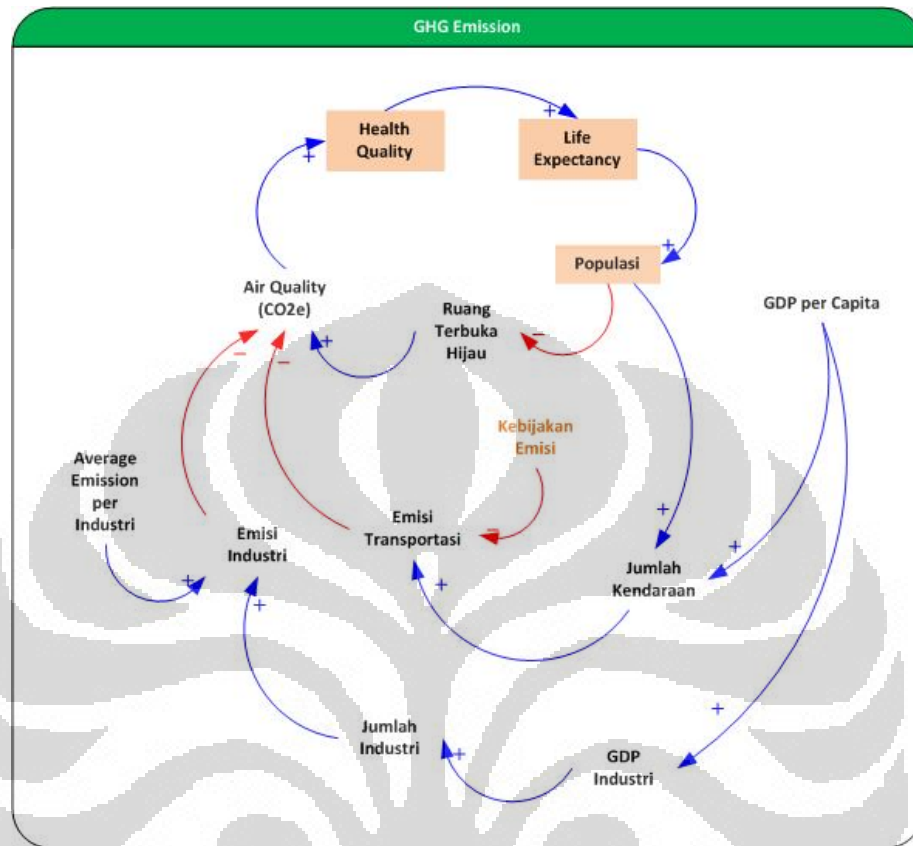
a. CLD Ketersediaan Air Bersih



Gambar 3.18 CLD Ketersediaan Air Bersih

Pada CLD ini digambarkan bagaimana ketersediaan air bersih berperan penting dalam memberikan gambaran aspek ekonomi dan populasi berpengaruh terhadap ketersediaan sumber daya air bersih yang semakin terbatas. Selain itu, sub modul ini juga memberikan gambaran dinamika penyediaan dan permintaan air bersih di DKI Jakarta sampai dengan tahun 2030.

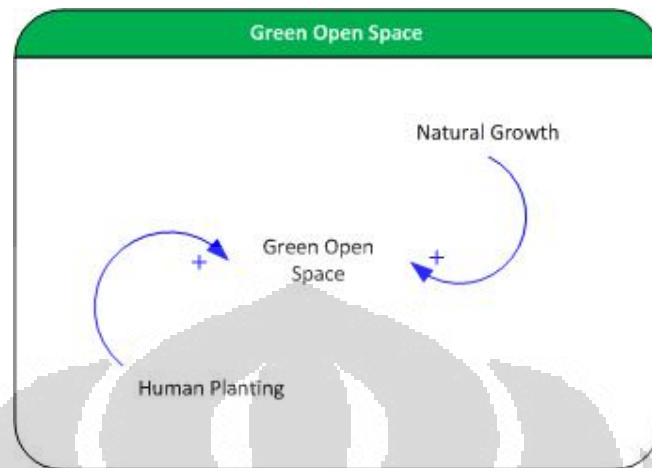
b. CLD Emisi Gas Rumah Kaca



Gambar 3.19 CLD Emisi Gas Rumah Kaca

Pada CLD ini digambarkan bagaimana produksi industri memainkan peranannya dalam meningkat atau menurunnya polusi yang dihasilkan. Polusi tersebut akan memberikan umpan balik pada sektor ekonomi dan mempengaruhi variabel produktivitas pekerja yang merupakan faktor penting dalam meningkatkan produksi sektor jasa.

c. CLD Ruang Terbuka Hijau



Gambar 3.20 CLD Ruang Terbuka Hijau

Jumlah Ruang Terbuka Hijau merupakan faktor kunci dalam modul Lingkungan, dimana persentase ruang terbuka hijau ini berperan sebagai salah satu indikator aspek lingkungan kota DKI Jakarta

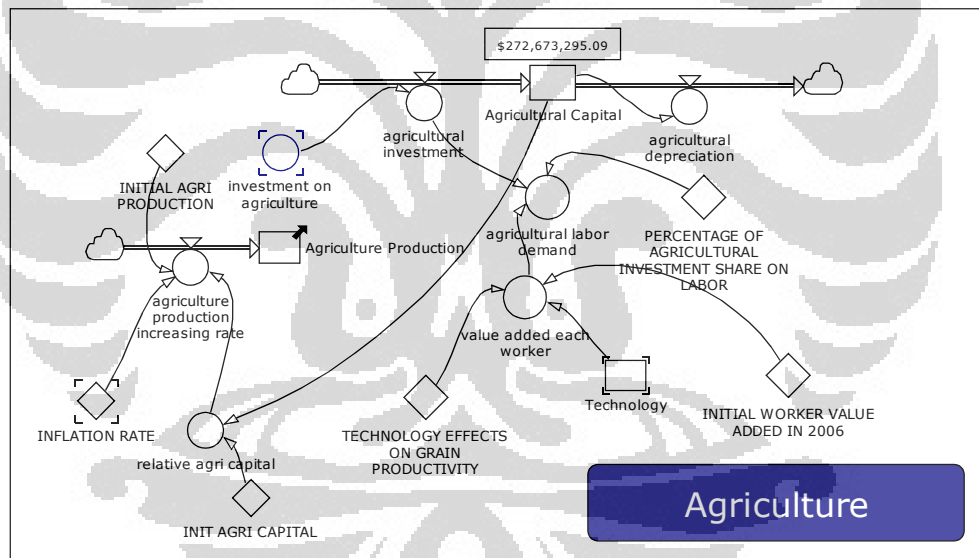
BAB 4 PENGEMBANGAN MODEL

4.1. Pengembangan Model

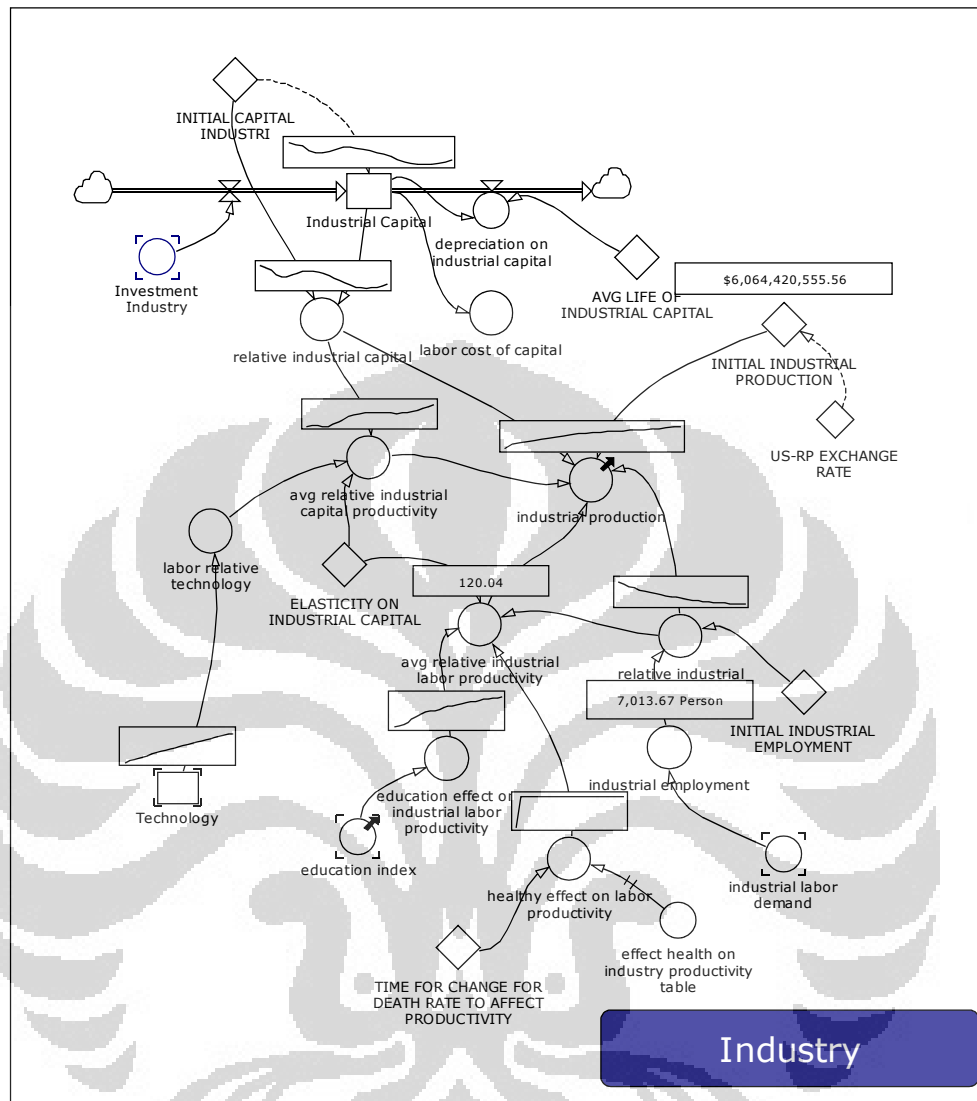
4.1.1. SFD Modul Ekonomi

a. Sub Model Produksi Sektoral

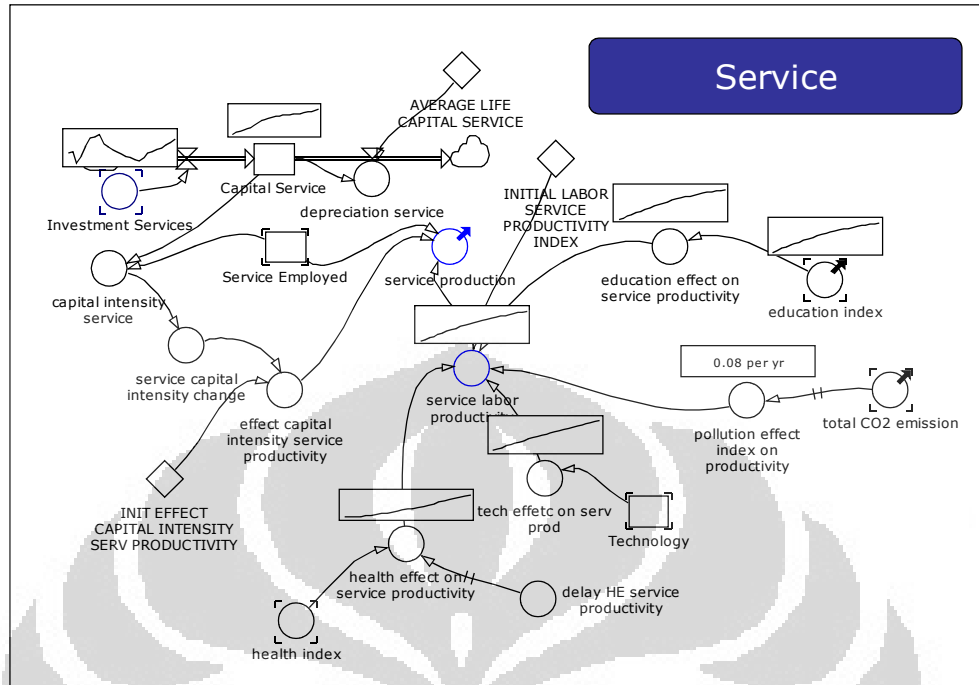
Sub Model Produksi Sektoral menunjukkan perhitungan nilai keseluruhan barang dan jasa yang diproduksi di DKI Jakarta dimana nilai tersebut menjadi indikator model terhadap sektor ekonomi. Nilai produksi sektor tersebut dibagi dalam tiga sub modul, yaitu pertanian, industri, dan jasa.



Gambar 4.1 Sub Modul Produksi Pertanian

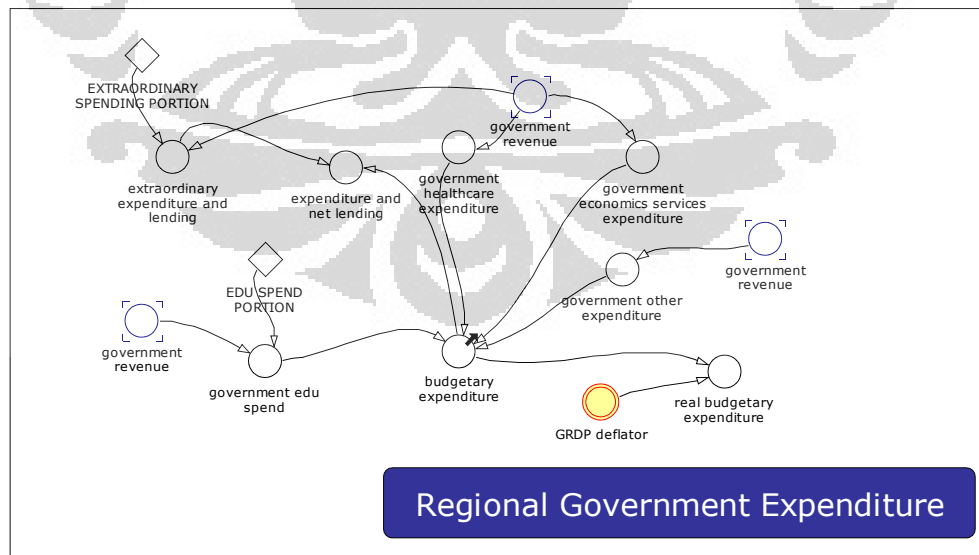


Gambar 4.2 Sub Modul Produksi Industri

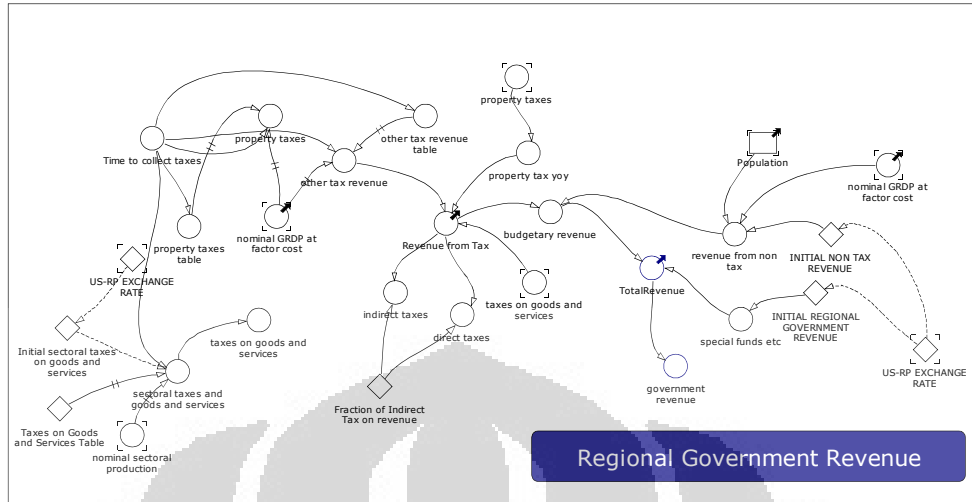


Gambar 4.3 Sub Modul Produksi Jasa

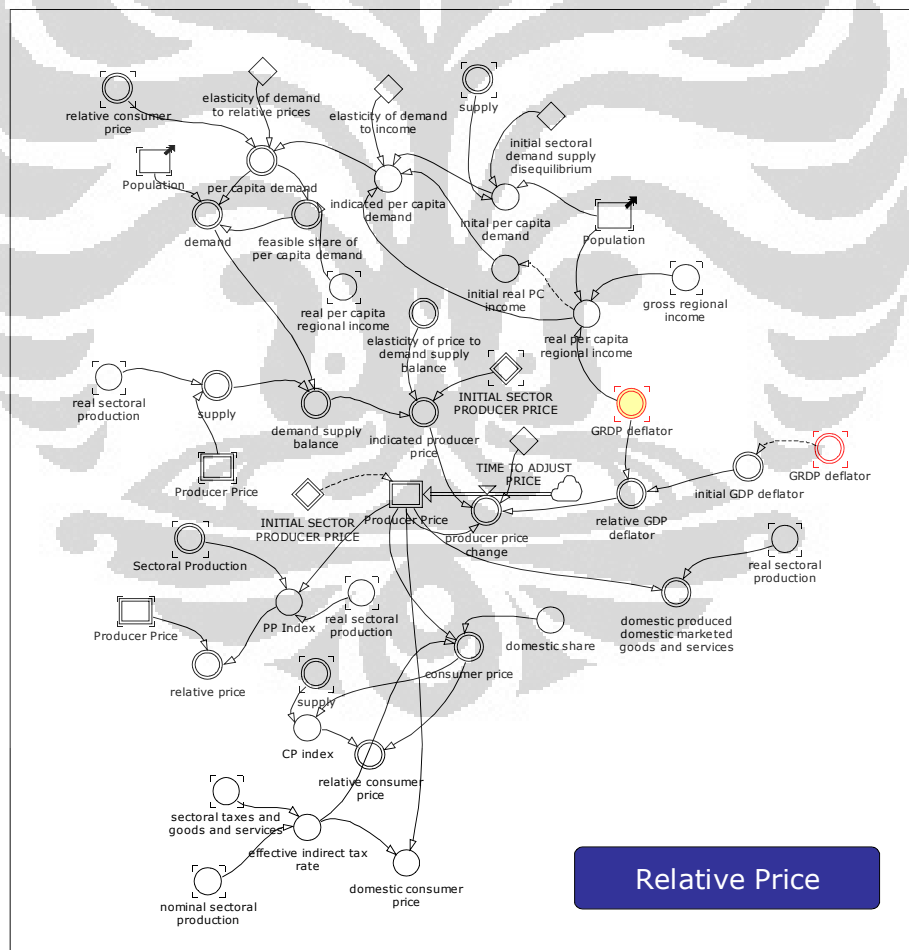
Sub modul bidang Pemerintahan daerah ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5. Sedangkan sub modul Harga Relatif dan Investasi masing-masing ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



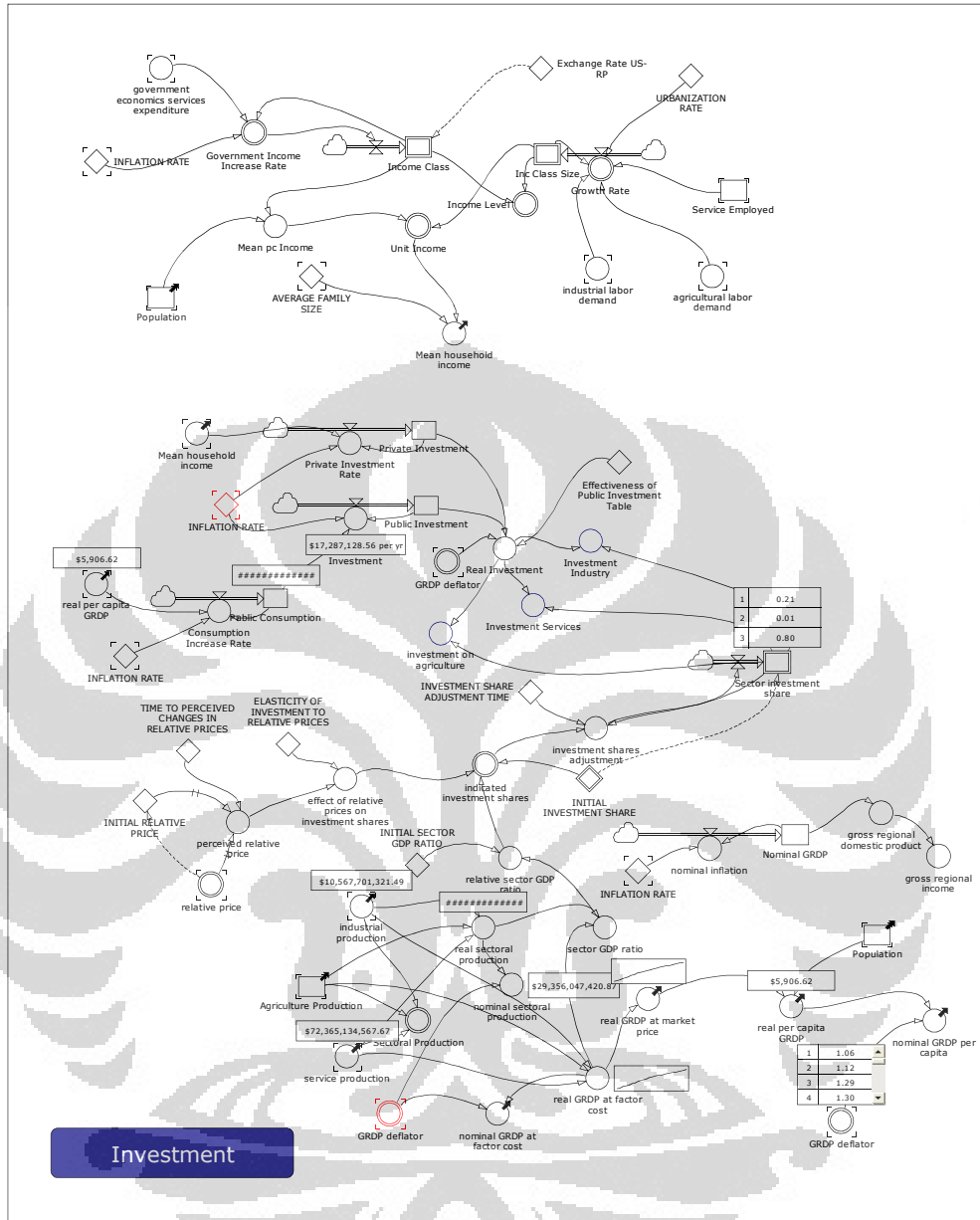
Gambar 4.4 Sub Modul Pengeluaran Pemerintah



Gambar 4.5 Sub Modul Pendapatan Pemerintah



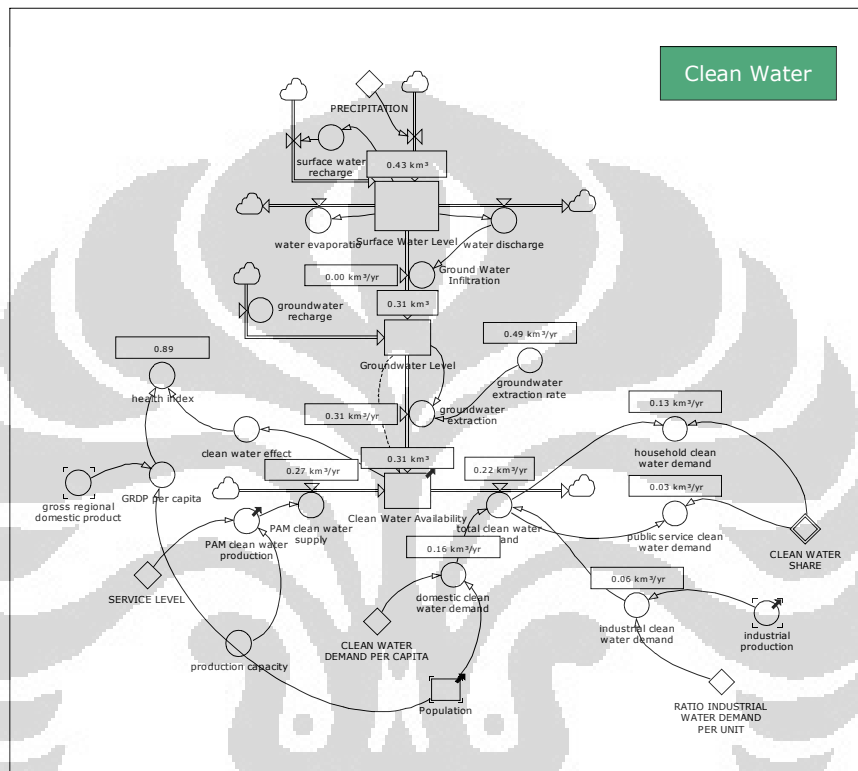
Gambar 4.6 Sub Modul Harga Relatif



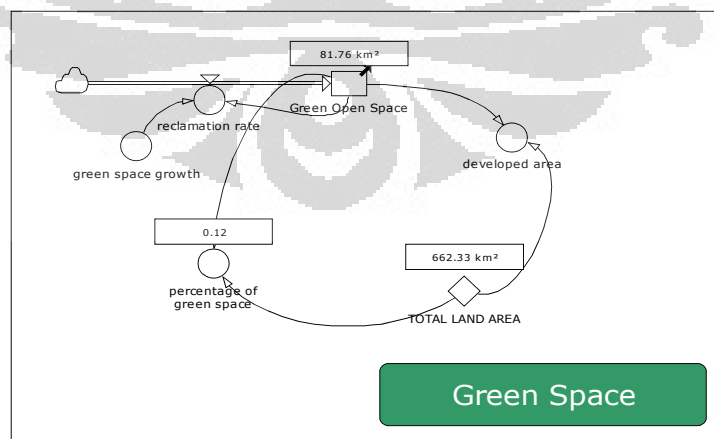
Gambar 4.7 Sub Modul Investasi

4.1.2. SFD Modul Lingkungan

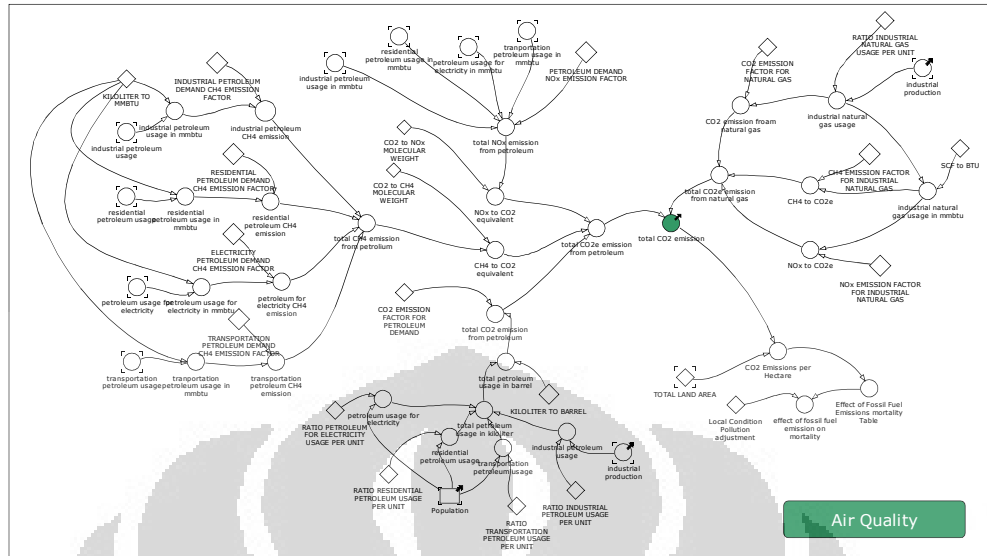
Modul Lingkungan terdiri atas tiga sub modul, yaitu Ketersediaan Air Bersih, Ruang Terbuka Hijau, dan Emisi Gas Rumah Kaca sebagaimana ditunjukkan Gambar 4.8, Gambar 4.9, dan Gambar 4.10.



Gambar 4.8 Sub Modul Air Bersih



Gambar 4.9 Sub Modul Ruang Terbuka Hijau



Gambar 4.10 Sub Modul Emisi Gas Rumah Kaca

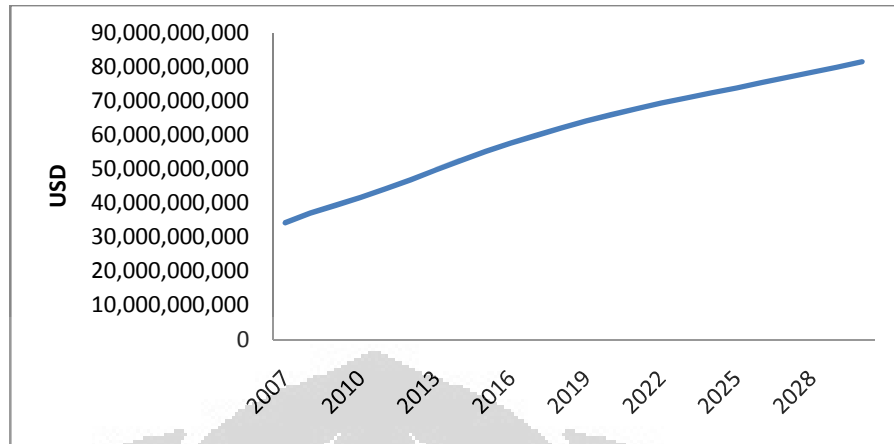
4.2. Hasil Simulasi Model

Pada hasil simulasi model, akan ditampilkan indikator-indikator yang diteliti sesuai dengan tujuan penelitian. Pada modul ekonomi, indikator yang ditampilkan antara lain Nilai Produksi Sektoral, Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), dan Pendapatan Per Kapita. Sedangkan pada modul lingkungan hidup, indikator-indikator yang ditampilkan adalah Persentase Ruang Terbuka Hijau, Ketersediaan Air Bersih, dan Jumlah Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan.

4.2.1. Hasil Simulasi Modul Ekonomi

a. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

PDRB merupakan nilai keseluruhan barang dan jasa yang diproduksi di dalam suatu wilayah dalam jangka waktu tertentu dimana indikator ini digunakan untuk melihat potensi dan perkembangan ekonomi suatu wilayah.

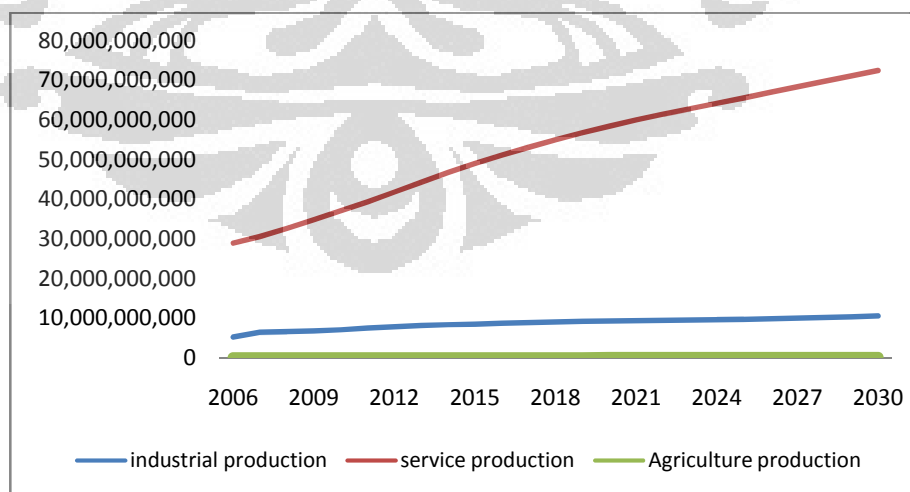


Gambar 4.11 Hasil Simulasi Variabel PDRB Rill

Berdasarkan simulasi yang dilakukan dalam kondisi BAU (*business as usual*) sampai dengan tahun 2030, perekonomian DKI Jakarta akan mengalami perkembangan dan dapat terus menikmati pertumbuhan ekonomi positif sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.11.

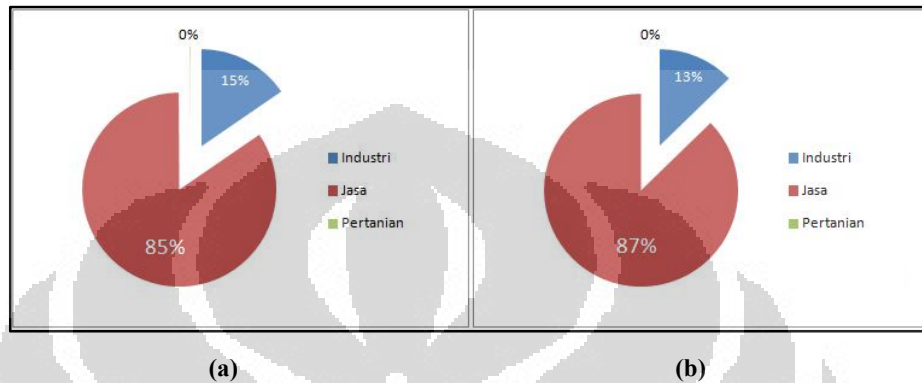
b. Produksi Sektoral

Perkembangan yang terjadi pada indikator PDRB didorong oleh pertumbuhan produksi sektoral yang semakin membaik, khususnya pada sektor industri jasa sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Hasil Simulasi Nilai Produksi Sektoral

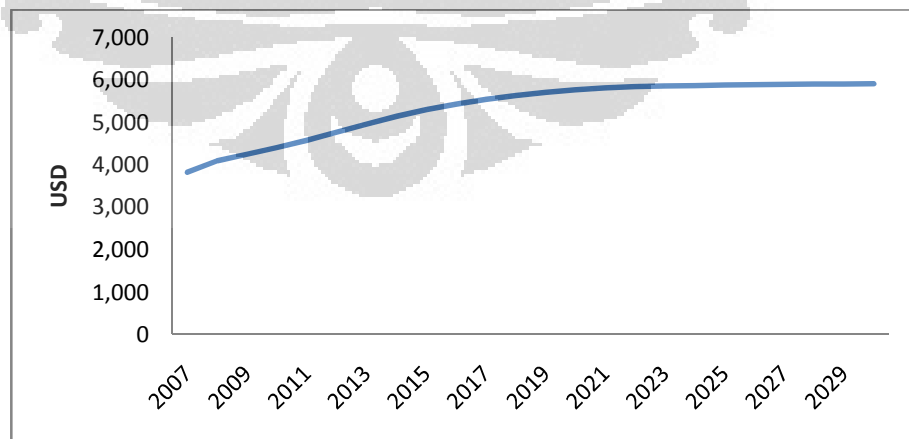
Proporsi produksi ketiga sektor ini juga dibandingkan antara kondisi di tahun 2006 dengan di tahun 2030, sebagaimana ditampilkan pada .



Gambar 4.13 Proporsi Produksi Sektoral Tahun, (a) 2006 dan (b) 2030

c. Pendapatan Per Kapita

Seiring dengan meningkatnya PDRB, maka peningkatan juga terjadi pada Pendapatan Per Kapita. Kenaikan pada indikator Pendapatan Per Kapita menunjukkan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Namun, peningkatan ini mengalami batasan pertumbuhan (*limits to growth*) yang diakibatkan oleh peningkatan populasi penduduk Jakarta. Hal ini ditunjukkan pada .

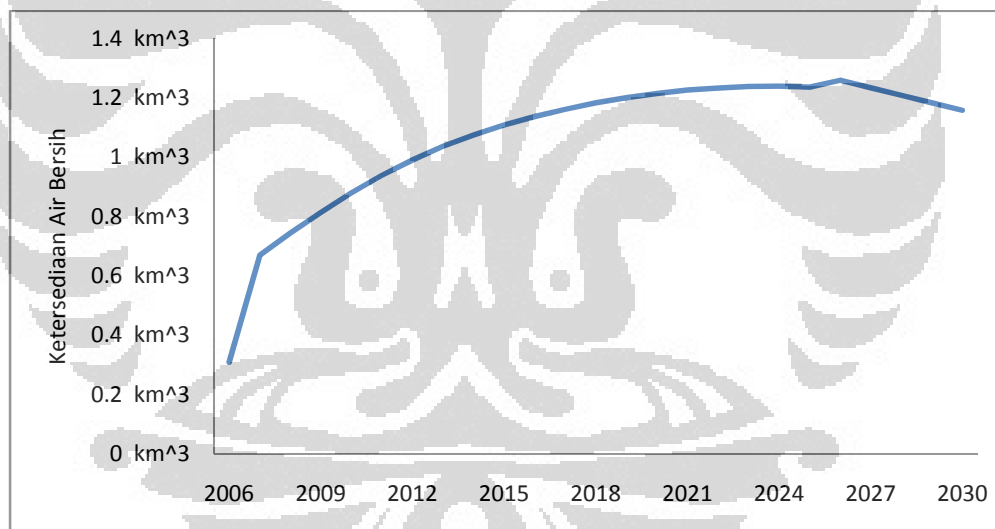


Gambar 4.14 Hasil Simulasi Nilai Pendapatan Per Kapita

4.2.2. Hasil Simulasi Modul Lingkungan

a. Ketersediaan Air Bersih

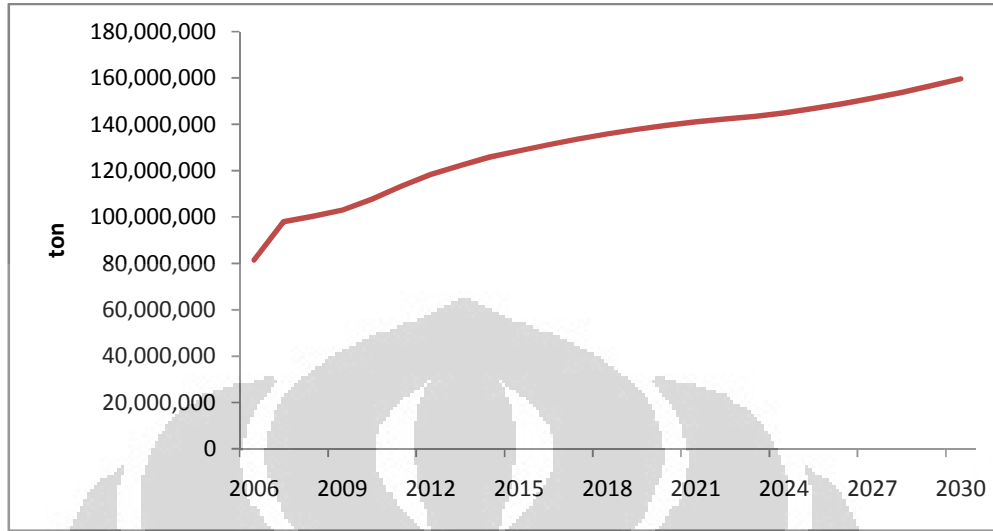
Pada indikator Ketersediaan Air Bersih, hasil simulasi pada Gambar 4.15 menunjukkan bahwa DKI Jakarta akan memperoleh pasokan air bersih yang cukup sampai dengan tahun 2030. Namun, ketersediaan sumber daya air tersebut akan terus menurun apabila tidak dilakukan peningkatan kapasitas produksi air bersih oleh Perusahaan Air Minum Jakarta Raya (PAM Jaya). Selain itu, penurunan tersebut juga terjadi dikarenakan tingginya tekanan penduduk, melalui variabel populasi, dan sektor industri, melalui variabel produksi sektoral, terhadap ketersediaan air tanah di DKI Jakarta yang terus menurun.



Gambar 4.15 Hasil Simulasi Variabel Ketersediaan Air Bersih

b. Emisi Gas Rumah Kaca

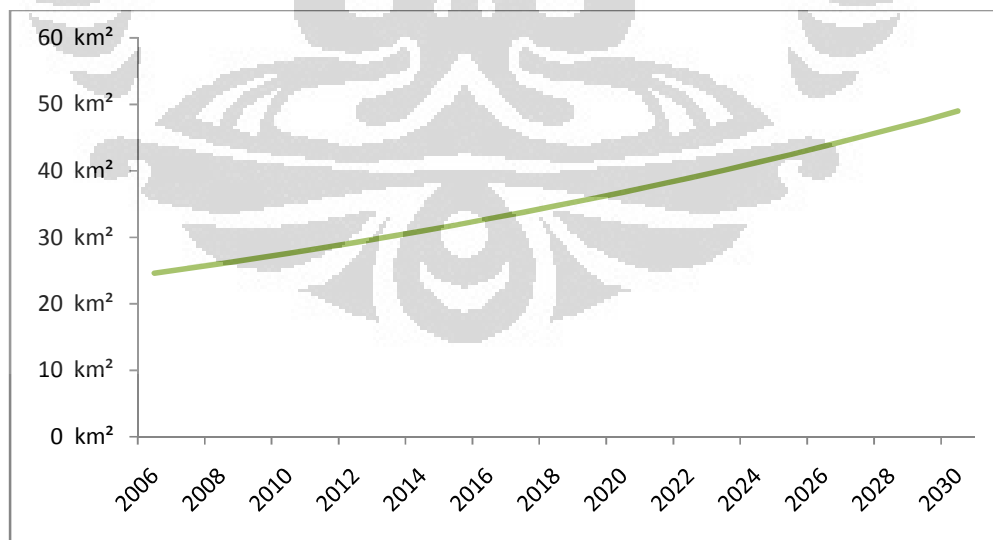
Berdasarkan hasil simulasi sampai dengan tahun 2030, terjadi peningkatan pada indikator Emisi Gas Rumah Kaca sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.16. Peningkatan ini didorong oleh emisi gas yang dihasilkan industri melalui variabel produksi sektor industri dan emisi gas yang dihasilkan rumah tangga melalui variabel populasi.



Gambar 4.16 Hasil Simulasi Variabel Emisi Gas Rumah Kaca

c. Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Berdasarkan hasil simulasi sampai dengan tahun 2030, terjadi peningkatan pada indikator Ruang Terbuka Hijau sebagaimana ditunjukkan Gambar 4.17. Peningkatan ini didorong oleh aktivitas reboisasi melalui variabel laju pertumbuhan natural.



Gambar 4.17 Hasil Simulasi Variabel Ruang Terbuka Hijau

BAB 5 VERIFIKASI DAN VALIDASI MODEL

5.1. Verifikasi Model

Verifikasi model dalam Sistem Dinamis dilakukan terhadap persamaan-persamaan dan parameter dimana proses tersebut dilakukan secara langsung oleh perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan model, *Powersim Studio 9*.

5.2. Validasi Model

5.2.1. Perbandingan Perilaku

Pada tahap ini, dilakukan perbandingan nilai variabel pada data aktual dengan nilai variabel yang dihasilkan model. Dalam laporan penelitian ini, validasi yang ditunjukkan hanya pada beberapa variabel yang memiliki peranan penting bagi keabsahan model simulasi sistem dinamis yang dikembangkan. Variabel tersebut antara lain nilai Pendapatan Per Kapita, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.1, dan Ruang Terbuka Hijau yang ditunjukkan pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.2.

Tabel 5.1 Validasi Variabel Pendapatan Per Kapita

Tahun	Model DKI Jakarta	Jakarta Dalam Angka	Error
2006	\$ 3,819.86	\$ 3,866.34	1%
2007	\$ 4,088.39	\$ 4,069.97	0%
2008	\$ 4,246.79	\$ 4,293.73	1%
2009	\$ 4,399.31	\$ 4,463.88	1%
2010	\$ 4,568.12	\$ 4,574.08	0%



Gambar 5.1 Validasi Variabel Pendapatan Per Kapita

Tabel 5.2 Validasi Variabel Ruang Terbuka Hijau

Tahun	Model DKI Jakarta	Jakarta Dalam Angka	Error
2006	24.61 km ²	24.61 km ²	0%
2007	25.32 km ²	26.59 km ²	5%
2008	26.04 km ²	26.66 km ²	2%
2009	26.79 km ²	26.67 km ²	0%
2010	27.56 km ²	27.35 km ²	-1%



Gambar 5.2 Validasi Variabel Ruang Terbuka Hijau

5.2.2. Kecukupan Batasan

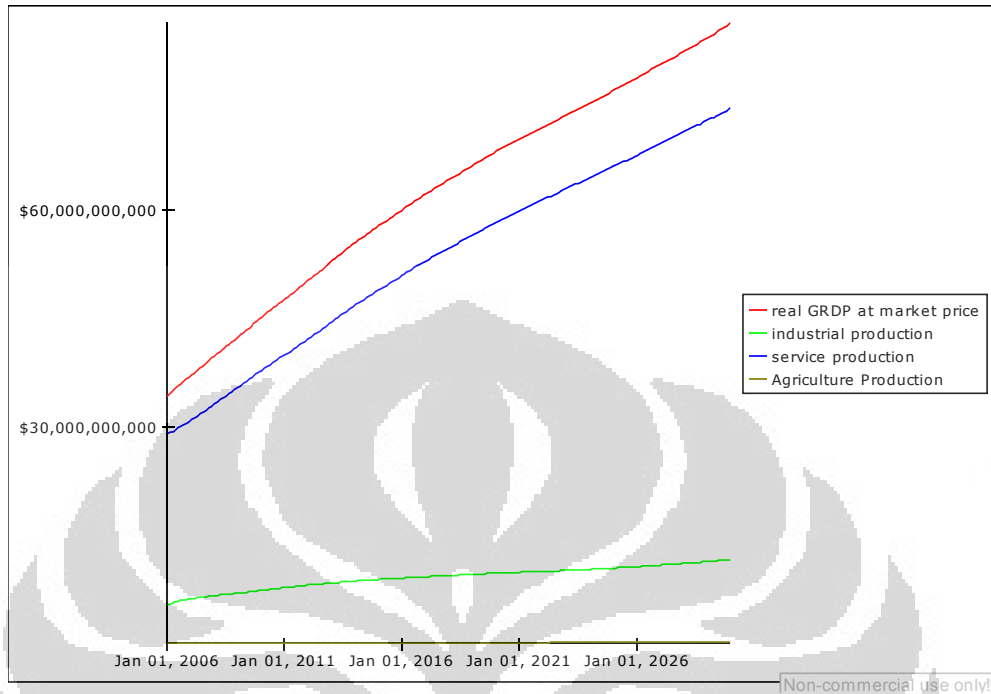
Tujuan dari dibuatnya model simulasi ini adalah untuk mendapatkan gambaran interaksi aspek ekonomi dan lingkungan hidup untuk mengevaluasi dampak dari berbagai kebijakan yang akan dilakukan oleh Pemerintah DKI Jakarta. Dalam hal ini, batasan yang ditetapkan penulis adalah aspek-aspek yang berkaitan dengan interaksi aspek ekonomi dan lingkungan hidup dengan mengacu kepada batasan struktur sistem yang telah dibuat pada Diagram Sistem pada bab ketiga, yang mana dibuat berdasarkan pemahaman yang diperoleh dari data mental dan kondisi yang berlaku di DKI Jakarta. Dalam hal ini, unsur-unsur di luar itu, seperti korupsi, bencana alam dan terorisme, tidak diperhitungkan di dalam model ini.

5.2.3. Penilaian Struktur

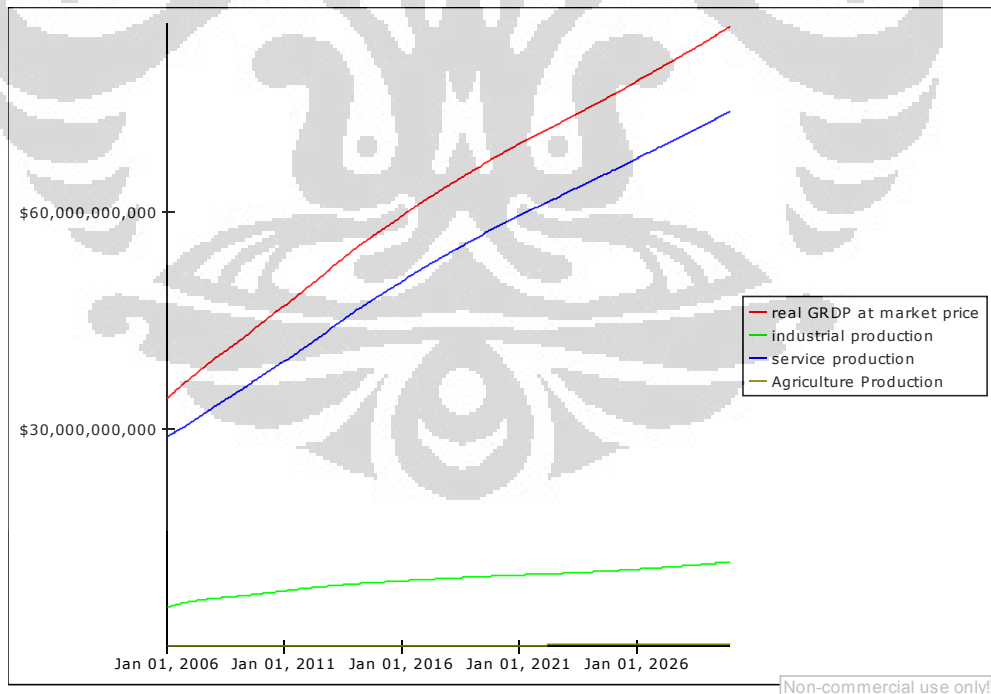
Model yang dibuat sudah memiliki struktur yang relevan dengan sistem dan konsep permasalahan yang ada. Hal ini dapat dilihat dari kesesuaian antara model simulasi yang dibuat pada diagram kausalitas (*causal loop diagram*) dengan Diagram Sistem sebagai kerangkanya.

5.2.4. Error Dalam Integrasi

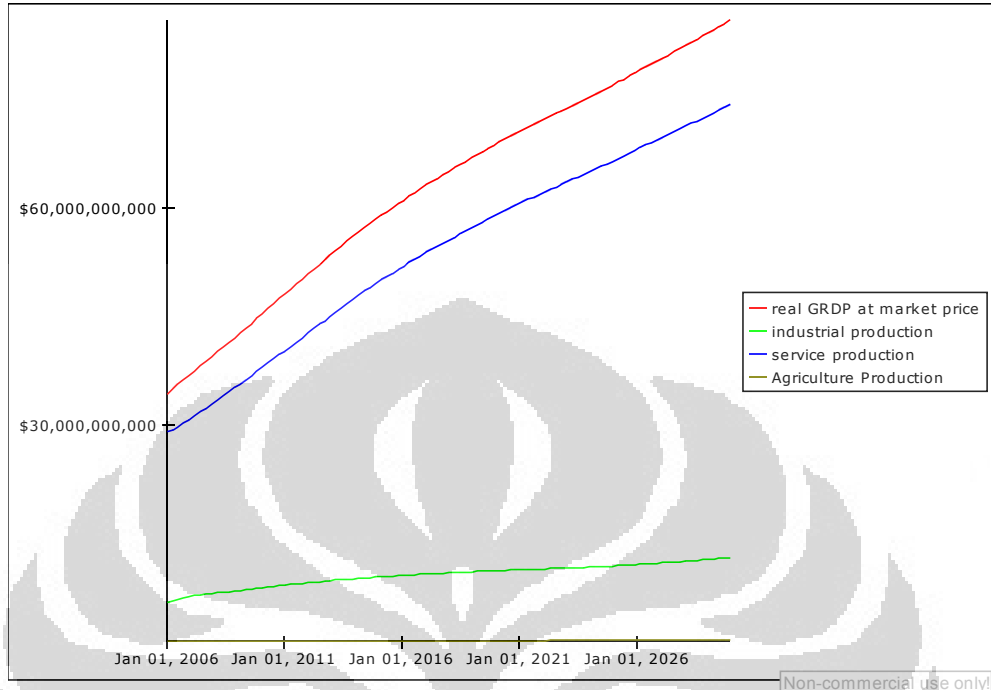
Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah hasil keluaran simulasi sensitif terhadap *time step* yang dipergunakan. Metode yang umum dalam pengujian ini adalah dengan membandingkan hasil simulasi *time step* normal dengan hasil simulasi *time step* setengah dari seharusnya. Sesuai dengan teori sistem 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 5.3 Gambar Basis Hasil pada *Time Step 45* hari



Gambar 5.4 Gambar Basis Hasil pada *Time Step 22* hari

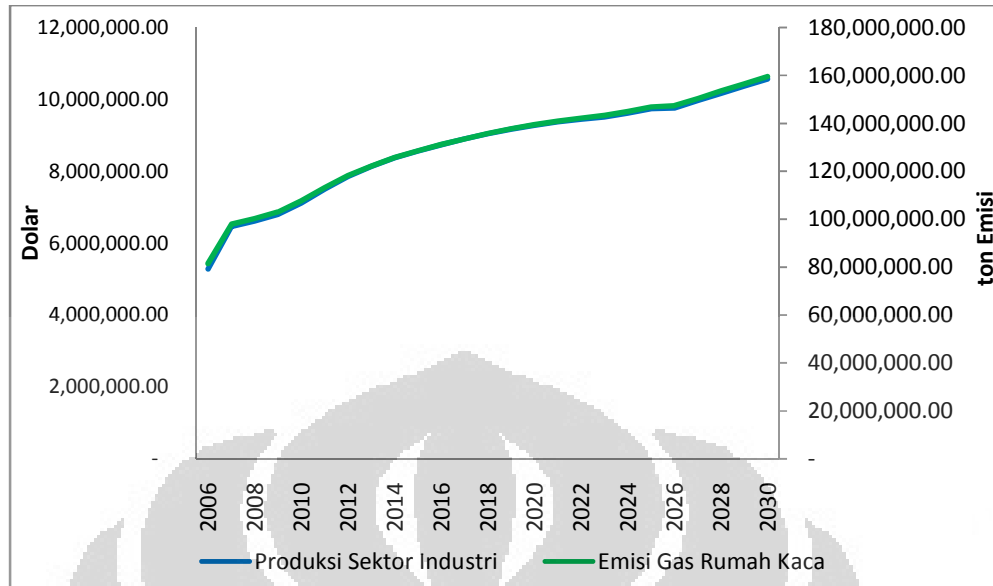


Gambar 5.5 Gambar Basis Hasil pada *Time Step* 90 hari

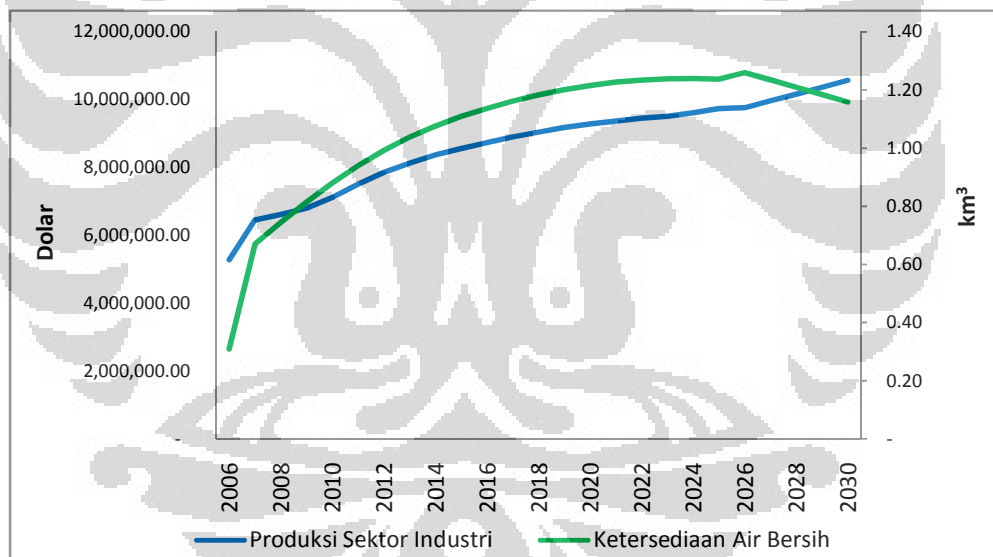
Berdasarkan ketiga grafik diatas diketahui bahwa nilai yang dihasilkan tidak jauh berbeda satu sama lain. Ketiga keadaan tersebut menunjukkan nilai dan perilaku yang sama sehingga dapat terbukti bahwa perubahan *Time Step* tidak mempengaruhi perhitungan model.

5.2.5. Reproduksi Perilaku

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah model simulasi yang dibuat menghasilkan perilaku sederhana sesuai dengan yang terjadi pada kondisi nyata. Di dalam pengujian ini, perilaku-perilaku yang ingin diteliti antara lain adalah pengaruh peningkatan nilai produksi sektor industri terhadap emisi gas rumah kaca dan ketersediaan air bersih dimana berdasarkan CLD yang telah dibangun dan jurnal jurnal yang ada, produksi sektoral dari sektor ekonomi akan meningkatkan emisi gas rumah kaca dan mengurangi ketersediaan air bersih.



Gambar 5.6 Perbandingan Produksi Industri terhadap Emisi Gas Rumah Kaca



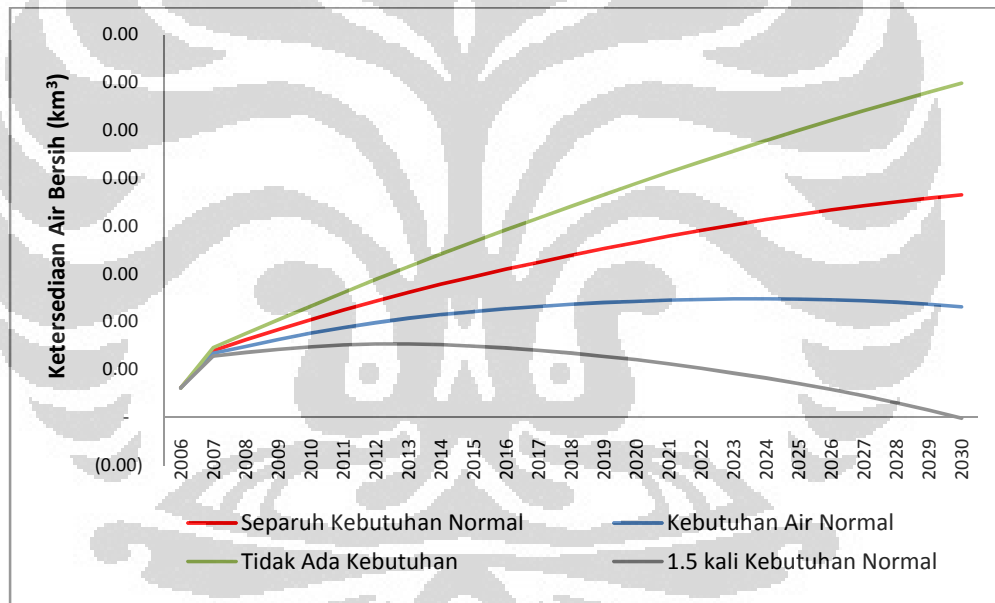
Gambar 5.7 Perbandingan Produksi Industri terhadap Ketersediaan Air Bersih

Berdasarkan Gambar 5.6, terlihat dengan sangat jelas terjadi sebuah hubungan linear antara nilai produksi sektor industri dengan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Sedangkan berdasarkan Gambar 5.7, juga terlihat dengan jelas hubungan linearitas antara nilai produksi sektor industri dengan ketersediaan air bersih. Kedua hal ini menjadi pembedaan bahwa struktur model yang dikembangkan sesuai dengan diagram kausalitas, dimana sektor industri

merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kenaikan atau penurunan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dan ketersediaan air bersih.

5.3. Analisa Sensitivitas

Analisa sensitivitas dilakukan untuk mengetahui seberapa sensitif suatu variabel mempengaruhi variabel lainnya. Pada tahapan ini, variabel-variabel yang akan diuji adalah variabel eksogenus untuk menguji apakah respon yang diberikan sesuai dengan yang terjadi pada kondisi nyata. Dalam penelitian ini, variabel yang diuji adalah Kebutuhan Air Bersih sektor Industri dimana perubahan pada variabel tersebut akan sensitif terhadap variabel Ketersediaan Air Bersih.



Gambar 5.8 Perbandingan Ketersediaan Air Bersih terhadap Perubahan Kebutuhan Air Sektor Industri

Berdasarkan Gambar 5.8, dapat terlihat bahwa nilai Kebutuhan Air Bersih sektor Industri sangat mempengaruhi Ketersediaan Air Bersih dimana semakin besar pertumbuhan sektor industri pengolahan maka tekanan terhadap ketersediaan air bersih juga akan semakin besar sehingga hal ini berpotensi mengakibatkan kekurangan suplai air bersih (*shortage*).

BAB 6

KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari model Pembangunan Berkelanjutan DKI Jakarta dapat disimpulkan hal hal sebagai berikut:

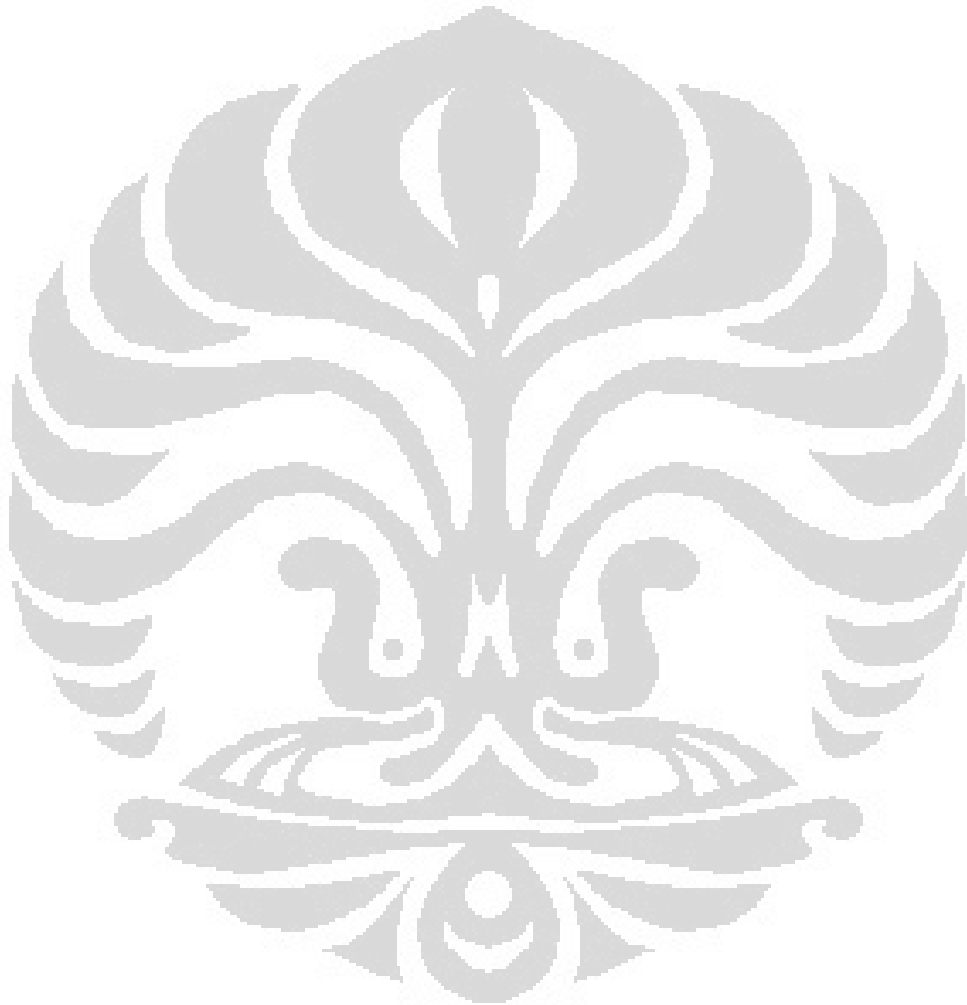
1. Model Pembangunan DKI Jakarta dikembangkan berdasarkan model T21 Papua dengan mengintegrasikan tiga dimensi pembangunan berkelanjutan yang terdiri dari aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan,
2. Berdasarkan aspek pengembangan, model mampu memberikan gambaran interaksi aspek ekonomi dengan aspek lingkungan hidup dan menghasilkan keluaran berupa indikator-indikator keberlanjutan kota yang dapat menunjukkan kondisi ekonomi dan lingkungan hidup di DKI Jakarta, dan
3. Didapatkan perilaku terhadap waktu berupa kecenderungan konsumsi air bersih yang terus meningkat seiring dengan peningkatan populasi dari tahun 2006-2030 yang dapat mengakibatkan kekurangan suplai air bersih (*shortage*).

6.2. Saran

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

1. Diperlukan adanya upaya dari pemerintah daerah dalam membangun perekonomian kota dengan mempertimbangkan aspek lingkungan hidup dalam perencanaan pembangunan kota yang berkelanjutan.
2. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan ke arah bagaimana mengukur dampak berbagai kebijakan yang akan diambil oleh pemerintah dalam mengatasi permasalahan-permasalahan yang terjadi sehingga dapat meningkatkan keberlanjutan kota.

3. Penelitian yang dilakukan memiliki keterbatasan akan data dan informasi sehingga pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperdalam informasi akan analisis kebijakan tata ruang kota Jakarta.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik DKI Jakarta. (2011). *Jakarta Dalam Angka 2011*. DKI Jakarta: Badan Pusat Statistik DKI Jakarta.
- Badan Pusat Statistik DKI Jakarta. (2011). *Statistik Daerah Provinsi DKI Jakarta*. Jakarta: Badan Pusat Statistik DKI Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2012). *Gross Regional Domestic Product at 2000 Constant Market Prices by Provinces 2004-2010*. Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia.
- Badan Pusat Statistik. (2010). *Hasil Sensus Penduduk : Data Agregat Provinsi DKI Jakarta*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. (2012, May). *Informasi Statistik DKI Jakarta. Infostat* .
- Bank Dunia. (2010). *Climate Change, Disaster Risk and the Urban Poor: Cities Building Resilience for a Changing World. Jakarta Case Study* .
- Bank Dunia. (2010). *Jakarta: Tantangan Perkotaan Seiring Perubahan Iklim*. Jakarta: Bank Dunia.
- Bank Indonesia. (2012, June 13). *Kurs Transaksi Bank Indonesia*. Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia.
- Bank Indonesia. (2011). *Tinjauan Ekonomi Regional Triwulan IV-2011*. Jakarta: Bank Indonesia.
- Bossel, H. (1999). *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications*. Canada: International Institute for Sustainable Development.
- Chen, M.-C., Ho, T.-P., & Jan, C.-G. (2006). A System Dynamics Model of Sustainable Urban Development: Assessing Air Purification Policies at Taipei City. *Asian Pacific Planning Review Vol. 4, No.1* , 1.
- Dinas Pertamanan DKI Jakarta. (2012). *Data Ruang Terbuka Hijau* . Jakarta: Dinas Pertamanan DKI Jakarta.
- Direktorat Umum Sumber Daya Air Kemen. PU. (2006). *ICWRMP - WATER DEMAND AND SUPPLY BALANCE*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum.

- Firman, T. (2011, November). Potential climate-change related vulnerabilities in Jakarta: Challenges and current status. *Elsevier - Journal of Habitat International* , 1.
- Guan, D., Gao, W., Su, W., Li, H., & Hokao, K. (2011). Modeling and dynamic assessment of urban economy–resource–environment system with a coupled system dynamics – geographic information system model. *Elsevier - Journal of Ecological Indicators* .
- Hawksworth, J. (2006). *The World in 2050 : Implications of global growth for carbon emissions and climate change policy*. Price Water House Coopers.
- Jones Lang LaSalle. (2011, September). Economic Insight: Jakarta. *On Point* , p. 3.
- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia. (2011). *Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia 2011-2025*. Jakarta: Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian RI.
- Millennium Institute. (2000). *Threshold 21 (T21) Overview*. USA: Millennium Institute.
- Perserikatan Bangsa Bangsa. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development - Our Common Future*. United Nations.
- Rotmans, J., Asselt, M. v., & Vellinga, P. (2000). An integrated planning tool for sustainable cities. *Elsevier Science Inc.* , 3.
- Siemens. (2010). *Asian Green City Index*. Germany: Siemens.
- Sterman, J. (2000). *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for A Complex World*. Boston: The McGraw Hill Companies, Inc.
- Susandi, A. (2009). Integration of adaptive planning across economic sector. *NWP technical works hop on integration of approaches to adaptation planning*. Bangkok.
- Tanguay, G. A., Rajaonson, J., Lefebvre, J.-F., & Lanoie, P. (2010). Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators . *Elsevier Ltd.* , 1.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

Name : IRVANU RAHMAN
 Tempat, Tgl Lahir : Jakarta, 11 Desember 1989
 Kantor : Laboratorium Sistem Rekayasa, Pemodelan, dan Simulasi Teknik Industri Universitas Indonesia

Pendidikan Formal

2008 - Present : Teknik Industri Universitas Indonesia
 2005 – 2008 : SMA Negeri 81 Jakarta
 2002 – 2005 : SMP Negeri 115 Jakarta
 1996 – 2002 : SD Putra I Jakarta

Karir Profesional

POSISI	PERUSAHAAN	TAHUN
Apprentices	Perum Bulog (Topic : Rice Supply Management)	2011
Lab Assistant	SEMS Lab	2010-Present
Student Assistant	Engineering Drawing Course Term 2010 & 2011	2010-2011
Research Assistant	Hibah Riset Awal DRPM UI 2010	2010-2011
Student Supervisor	SNM PTN 2010	2010