

**PERANCANGAN MODEL SISTEM DINAMIS DI TINGKAT  
NASIONAL SEBAGAI MEDIA UNTUK MENINGKATKAN  
PEMAHAMAN TERHADAP DAMPAK BERKELANJUTAN INDUSTRI  
BIODIESEL DI INDONESIA**

**SKRIPSI**

**AZIIZ SUTRISNO**

**06 06 07 69 80**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2010**

**PERANCANGAN MODEL SISTEM DINAMIS DI TINGKAT  
NASIONAL SEBAGAI MEDIA UNTUK MENINGKATKAN  
PEMAHAMAN TERHADAP DAMPAK BERKELANJUTAN INDUSTRI  
BIODIESEL DI INDONESIA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik**

**AZIIZ SUTRISNO**

**06 06 07 69 80**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Aziiz Sutrisno

NPM : 0606076980

Tanda Tangan :

Tanggal : JUNI 2010



## KATA PENGANTAR

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

1. Ir. Akhmad Hidayatno, MBT. Selaku pembimbing yang telah membimbing, memotivasi, memberikan pengarahan dan membantu Penulis dalam menyelesaikan penelitian ini;
2. Kedua Orang Tua dan keluarga saya, yang selalu mendoakan, memberikan dorongan, motivasi dan dukungan dalam mengerjakan penelitian ini.
3. Bapak Yadrifil, Msc Selaku Pembimbing Akademis Peneliti selama berkuliah di Departemen Teknik Industri UI
4. Shintya Rachma Utami, yang dengan dukungan dan motivasinya kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian ini.
5. Dosen-dosen di SEMS Bapak Armand Omar Moeis, Msc; Bapak Ir. Boy Nurtjahyo, MSIE dan Bapak Komarudin, Msc yang telah memberikan banyak sekali dukungan dan arahan
6. Teman Teman SEMS Seperjuangan, Nuki, Lindi, Christie, Sisca, Steven, Fadhil dkk yang kebersamaannya mampu meringankan beban yang mendera.
7. Teman-teman peneliti terdahulu Carissa, Christian, Elice dan Tri atas data dan petunjuknya dalam menyelesaikan penelitian ini
8. Teman-teman peneliti di World Bank dan Max Planck Institute atas data dan petunjuk, penjelasan serta keramahannya yang membuat semua perhitungan menjadi memungkinkan.

9. Prof. Widodo yang memberikan arahan dan petunjuk dalam penyusunan skripsi ini.
10. Segenap teman teman di TI06 yang menjadi teman terbaik selama ini
11. Seluruh asisten Lab SEMS atas bantuan dan tawa cerianya
12. Mbak Har, Mbak Ana, Mbak Willy, Mas Mursyid, Mas Latif, Bang Achil, Mas Dodi dan Mas Iwan atas bantuannya selama ini
13. Seluruh dosen Departemen Teknik Industri UI atas ilmu dan bimbinganya selama ini.
14. Dan seluruh pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung membantu pengerjaan penelitian ini.

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, 22 Juni 2009

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

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

Nama : Aziiz Sutrisno

NPM : 0606076980

Departemen : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demikian 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:

Perancangan Model Sistem Dinamis Di Tingkat Nasional Sebagai Media Untuk Meningkatkan Pemahaman Terhadap Dampak Berkelanjutan Industri Biodiesel Di Indonesia

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 22 Juni 2009

Yang menyatakan

(Aziiz Sutrisno)

## ABSTRAK

Nama : Aziiz Sutrisno  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : Perancangan Model Sistem Dinamis Di Tingkat Nasional Sebagai Media Untuk Meningkatkan Pemahaman Terhadap Dampak Berkelanjutan Industri Biodiesel Di Indonesia

Skripsi ini membahas mengenai dampak industri biodiesel terhadap aspek keberlanjutan Indonesia, dimana aspek keberlanjutan yang diukur adalah aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan hidup dan ditambah aspek energy. Model yang dihasilkan berdasar pada model system dinamis terhadap keempat aspek tersebut dimana intervensi Biodiesel dapat terlihat dampaknya. Dampak dari Industri biodiesel sendiri mampu meningkatkan produksi domestic bruto Indonesia dengan mengakselerasi pertumbuhan sector pertanian. Secara sosial dampak dari industri biodiesel adalah mampu menyerap tenaga kerja sehingga menurunkan angka pengangguran. Dalam kacamata lingkungan hidup, Biodiesel mampu menurunkan intensitas emisi gas rumah kaca per dolar produksi.

Kata kunci: system dinamis, biodiesel, dampak keberlanjutan

## ABSTRACT

Name : Aziiz Sutrisno  
Study Program : Industrial Engineering  
Title : System dynamic model design in National Level as a media to Increase Knowledge on Biodiesel Industry Sustainability Impact in Indonesia

This thesis discusses the impact of the biodiesel industry towards sustainability of Indonesia, where the measured aspects of sustainability are economic, social, and environmental with additional energy aspects. Generated model, based on system dynamic model of the four aspects where the effects of Biodiesel Industry can be seen. The impact of the biodiesel industry alone can increase the gross domestic production of Indonesia by accelerating development of agricultural sector. In social impact, the biodiesel industry is able to absorb the workforce and thus reducing unemployment. Environmental point of view, biodiesel can reduce greenhouse gas emissions intensity per dollar of production.

Keywords: biodiesel, palm oil, biodiesel subsidies, palm oil, policy analysis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>vii</b>
<b>TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK /ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang Permasalahan .....	1
1.2    Diagram Keterkaitan Permasalahan .....	6
1.3    Perumusan Permasalahan .....	7
1.4    Tujuan Penelitian.....	7
1.5    Ruang Lingkup Penelitian .....	7
1.6    Metodologi Penelitian .....	9
Di bawah ini merupakan diagram Metodologi Penelitian yang dilakukan .....	9
1.7    Sistematika Penulisan.....	12
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>14</b>
2.1    Profil Biodiesel.....	14
2.1.1    Bahan Baku ( <i>Feedstock</i> ) Biodiesel .....	14
2.1.2    Peran Biodiesel dalam Transportasi.....	15
2.1.3    Mandat Penggunaan Bahan Bakar Nabati.....	16

2.1.4	Kebijakan Terkait dengan Industri Biodiesel.....	17
2.1.5	Peta dan Kapasitas Produksi Biodiesel .....	19
2.2	Simulasi .....	20
2.2.1	Definisi Simulasi.....	20
2.2.2	Tujuan Simulasi .....	22
2.2.3	Penggunaan Simulasi .....	24
2.2.4	Jenis-Jenis Simulasi .....	25
2.2.4.1	Simulasi Statis atau Simulasi Dinamis .....	25
2.2.4.2	Simulasi Stokastik atau Simulasi Deterministik.....	25
2.2.4.3	Simulasi Diskrit atau Simulasi Kontinu.....	27
2.2.5	Perbedaan Simulasi, Optimasi dan Ekonometri.....	28
2.3	Sistem Dinamis.....	29
2.3.1	Sistem.....	29
2.3.2	Berpikir Sistem .....	30
2.3.3	Sistem Dinamis .....	31
2.3.4	Proses Permodelan Sistem Dinamis.....	33
2.3.5	Sumber Informasi dalam Pembuatan Model Simulasi.....	35
2.3.5.1	Data Tertulis .....	36
2.3.5.2	Data Numerik.....	36
2.3.5.3	Data Mental.....	36
2.3.6	Umpan Balik ( <i>Feedback</i> ).....	37
2.3.7	Diagram <i>Loop</i> Sebab-akibat ( <i>Causal Loop Diagram</i> ).....	38
2.3.8	Diagram Alir ( <i>Stock and Flow Diagram</i> ) .....	40
2.3.9	Struktur dan Perilaku Sistem Dinamis .....	43
2.3.10	Validasi Model.....	44
2.3.11	Analisis Sensitivitas Model.....	48
2.4	Teori Dasar Makro Ekonomi.....	48
2.4.1	Prinsip-prinsip Dasar Makro Ekonomi Keynes .....	49
2.4.1.1	Aliran Ekonomi.....	50
2.4.1.2	Peran Pemerintah dalam Ekonomi.....	51
2.4.2	Faktor Produksi Ekonomi : Persamaan Cobb-Douglas.....	53

2.4.2.1	Faktor Investasi Modal Uang.....	54
2.4.2.2	Faktor Tenaga Kerja .....	55
2.4.2.3	Faktor Energi .....	55
2.4.2.4	Faktor Teknologi.....	57
2.4.3	Pendapatan Nasional .....	58
2.4.3.1	Pendapatan Domestik Bruto .....	59
2.4.4	Ekonomi dan Dampak Sosial.....	59
2.4.4.1	Ekonomi dan Pengangguran.....	59
2.4.4.1	Ekonomi dan Kemiskinan.....	60
2.4.5	Ekonomi dan Lingkungan Hidup.....	60
2.4.5.1	Produksi, Permintaan Energi dan Lingkungan Hidup .....	60
2.6	Analisa Kebijakan .....	62
2.7	Regresi Linear .....	64
2.7.1	Model Teoritis.....	64
2.7.2	Asumsi Dasar .....	65
<b>BAB 3</b>		
<b>PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....</b>		<b>66</b>
3.1	Pengumpulan Data Mental .....	66
3.1.1	Pengumpulan Data Mental dari Jurnal Penelitian.....	66
3.1.1.1	Dampak Sektor Energi pada Aspek Keberlanjutan Negara, sebuah Pemahaman dari Jurnal Modeling US Energy with Threshold 21.....	67
3.1.1.2	Peranan Sektor Ekonomi dalam Aspek Lingkungan Hidup, sebuah Pemahaman dari Jurnal Production functions for climate policy modeling: An empirical analysis.....	71
3.1.1.3	Keterkaitan sektor Ekonomi dengan Sektor Energi dan Sosial, sebuah Pemahaman dari Jurnal Brazil: The Challenges in Becoming an Agricultural Superpower.....	72
3.1.2	Hipotesa Dinamis .....	73
3.1	Kerangka Sistem dan Pengembangan Model.....	74
3.1.1	Modus Referensi .....	79
3.1.2	Diagram Sistem dan Kerangka Teknis Model .....	81

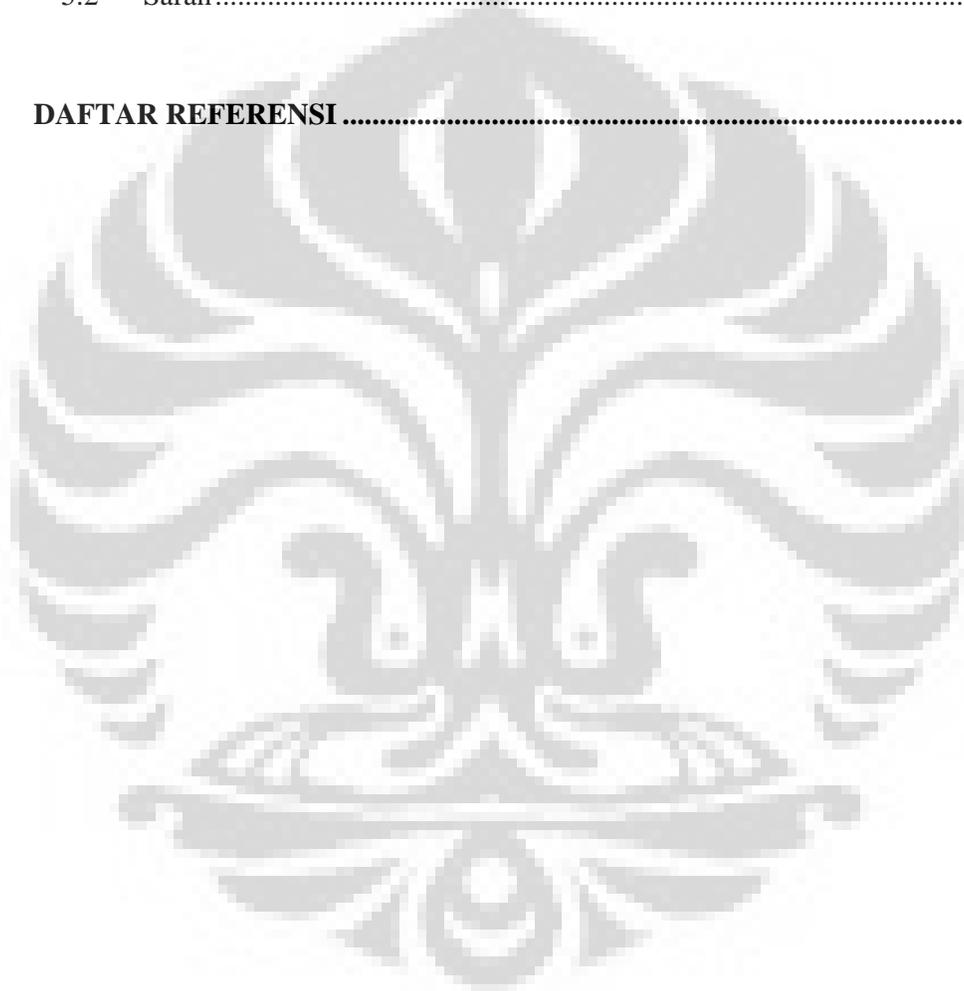
3.1.2.1	Pengembangan <i>Causal Loop Diagram</i> .....	83
3.1.2.1.1	Pengembangan <i>Causal Loop Diagram</i> berdasarkan model T21 ..	84
3.1.2.1.2	Pengembangan <i>Causal Loop Diagram Model</i> .....	88
3.3	Pengumpulan dan Pengolahan Data Tertulis dan Numerik.....	97
3.2.1	Pengumpulan Data Tertulis dan Numerik.....	97
3.2.1.1	Pengumpulan Data Output Model Micro Biodiesel Terdahulu	97
3.2.1.2	Pengumpulan Data Makro Ekonomi.....	98
3.2.1.3	Pengumpulan Data Indikator Sosial dan Teknologi.....	99
3.2.1.4	Pengumpulan Data Indikator Lingkungan Hidup.....	99
3.2.1.5	Pengumpulan Data Indikator energi .....	99
3.2.2	Pengolahan Data Tertulis dan Numerik .....	100
3.3	Pengembangan Stock and Flow Diagram .....	102
3.3.1	SFD Sub-Model Ekonomi.....	104
3.3.2	SFD Sosial Teknologi .....	108
3.3.3	SFD Lingkungan Hidup .....	111
3.3.4	SFD Energi.....	114
3.3.5	SFD Biodiesel .....	118
3.4	Validasi dan Verifikasi .....	121
3.4.1	Verifikasi Model .....	121
3.4.2.1	Kecukupan Batasan.....	125
3.4.2.2	Penilaian Struktur .....	125
2.1.1.1	Konsistensi Dimensi .....	125
2.1.1.2	Kondisi Ekstrim .....	126
2.1.1.3	Error dalam Integrasi .....	127
2.1.1.4	Reproduksi Perilaku.....	128
2.1.1.5	Analisa Sensitivitas.....	130
<b>BAB 4 ANALISIS MODEL .....</b>		<b>133</b>
4.1	Analisis Dampak Industri Biodiesel.....	133
4.3.1	Kondisi Basis dan Simulasi Kondisi basis.....	134

4.3.2	Kondisi dengan Implementasi Industri Biodiesel dan Simulasinya	137
4.3.3	Analisis Perbandingan Kondisi .....	139

**BAB 5 KESIMPULAN .....** 142

5.1	Kesimpulan.....	142
5.2	Saran .....	143

**DAFTAR REFERENSI .....** 144



## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Perbedaan Optimasi, Simulasi dan Ekonometri .....	28
Tabel 3-1 Tabel Faktor Endogen, Eksogen dan Diabaikan.....	78
Tabel 3-2 Tabel Multiplier Tenaga Kerja .....	100
Tabel 3-3 Tabel Verifikasi Sektor Pertanian.....	122
Tabel 3-4 Tabel Verifikasi Produk Domestik Bruto .....	122
Tabel 3-5Tabel Verifikasi Populasi .....	123
Tabel 3-6 Verifikasi Lahan Hutan.....	124
Tabel 4-7 Tabel Perbandingan Total Kebutuhan Energi.....	124
Tabel 4-1 Tabel Indikator Ekonomi Indonesia Sampai Tahun 2025 .....	134
Tabel 4-2 Tabel Indikator Sosial indonesia Sampai Tahun 2025 .....	134
Tabel 4-3 Tabel Indikator Lingkungan Hidup Indonesia Sampai Tahun 2025 ..	135
Tabel 4-4 Tabel Indikator Energi Indonesia Tahun 2025 .....	135
Tabel 4-5 Indikator Ekonomi Pada Tahun 2025 Dengan Pemanfaatan Biodiesel .....	138
Tabel 4-6 Tabel Indikator Sosial Pada Tahun 2025 Dengan Penerapan Biodiesel .....	138
Tabel 4-7 Tabel Indikator Lingkungan Hidup Pada Tahun 2025 Dengan Pemanfaatan Biodiesel.....	138

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Bauran Energi Nasional berdasarkan tipe 2006 (Peraturan Presiden No.5 Tahun 2006, 2006).....	3
Gambar 1-1.2 Roadmap Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Inpres No. 1/2006, 2006) .....	5
Gambar 1.3 Diagram Keterkaitan Masalah.....	6
Gambar 1.4 Metodologi Penelitian .....	9
Gambar 2.1 Peta Historis Pemikiran Ekonomi Dunia .....	49
Gambar 2.2 Siklus aliran barang dan jasa.....	50
Gambar 2.3 Gambar Siklus Ekonomi menurut Mazhab Keynesian .....	52
Gambar 3.1 Gambar Relasi Makro Model T-21 .....	68
Gambar 3.2 Kerangka Kerja Dasar Model T21 .....	75
Gambar 3.3 Gambaran Umum Indikator Keberlanjutan.....	76
Gambar 3.4 Modus Referensi Jumlah Produsen Biodiesel.....	79
Gambar 3.5 Modus Referensi Jumlah Produksi Biodiesel.....	80
Gambar 3.6 Diagram Sistem Model yang Dikembangkan .....	81
Gambar 3.7 Layout Teknis Makro Model.....	82
Gambar 3.8 <i>Causal Loop Diagram</i> Utama Model.....	83
Gambar 3.9 <i>Loop</i> Ekonomi Publik .....	85
Gambar 3.10 <i>Loop</i> Utama Ekonomi Swasta.....	85
Gambar 3.11 <i>Loop</i> Utama Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup .....	86
Gambar 3.12 <i>Loop</i> Utama Ketersediaan Tenaga Kerja .....	87
Gambar 3.13 <i>Loop</i> Populasi dan Pendapatan.....	88
Gambar 3.14 CLD Sektor Produksi Pertanian .....	89
Gambar 3.15 CLD Sektor Produksi Industri.....	90
Gambar 3.16 CLD Sektor Produksi Jasa .....	91
Gambar 3.17 CLD Faktor Harga Relatif.....	92
Gambar 3.18 CLD Populasi .....	93
Gambar 3.19 CLD Bidang Pendidikan .....	93

Gambar 3.20 CLD Rumah Tangga dan Distribusi Pendapatan .....	94
Gambar 3.21 CLD Polusi .....	94
Gambar 3.22 CLD Permintaan dan Suplai air .....	95
Gambar 3.23 CLD Ketersediaan Hutan .....	95
Gambar 3.24 CLD Permintaan Energi .....	96
Gambar 3.25 CLD Ketersediaan Minyak Bumi.....	96
Gambar 3.26 Perhitungan Proyeksi Angka Fertilitas Natural.....	100
Gambar 3.27 Pergerakan Nilai Tukar Rupiah.....	101
Gambar 3.28 Pergerakan Inflasi tahun 2000-2009 .....	102
Gambar 3.29 Modul Produksi Pertanian.....	104
Gambar 3.30 Modul Produksi Jasa .....	105
Gambar 3.31 Modul Produksi Jasa .....	105
Gambar 3.32 Modul Pengeluaran Pemerintah .....	106
Gambar 3.33 Modul Pendapatan Pemerintah.....	106
Gambar 3.34 Modul Neraca Pemerintah.....	107
Gambar 3.35 Modul Perdagangan Internasional.....	107
Gambar 3.36 Modul Investasi .....	108
Gambar 3.37 SFD Populasi.....	108
Gambar 3.38 SFD Teknologi .....	109
Gambar 3.39 SFD Rumah Tangga .....	109
Gambar 3.40 SFD Distribusi Pendapatan .....	110
Gambar 3.41 SFD Angka Harapan Hidup .....	110
Gambar 3.42 SFD Pendidikan.....	111
Gambar 3.43 SFD Tenaga Kerja.....	111
Gambar 3.44 SFD Siklus Karbon .....	112
Gambar 3.45 SFD Gas Rumah Kaca .....	112
Gambar 3.46 SFD Kehutanan .....	113
Gambar 3.47 SFD Ketersediaan air .....	113
Gambar 3.48 SFD Perubahan Iklim.....	114
Gambar 3.49 SFD Permintaan Energi Rumah Tangga .....	115
Gambar 3.50 SFD Permintaan Energi Industri .....	115

Gambar 3.51 SFD Permintaan Energi Sektor Jasa.....	116
Gambar 3.52 Permintaan Energi Transportasi .....	116
Gambar 3.53 Biaya Minyak Bumi .....	117
Gambar 3.54 SFD Produksi Minyak Bumi .....	117
Gambar 3.55 Modul Total Permintaan Energi .....	118
Gambar 3.56 SFD Produksi Biodiesel .....	118
Gambar 3.57 SFD Penerimaan Pajak Biodiesel.....	119
Gambar 3.58 SFD Nilai Tambah Biodiesel .....	119
Gambar 3.59 SFD Penyerapan Tenaga Kerja Biodiesel .....	120
Gambar 3.60 SFD Kebutuhan Lahan Biodiesel.....	120
Gambar 3.61 Grafik Verifikasi Sektor Pertanian .....	122
Gambar 3.62 Verifikasi Produk Domestik Bruto.....	123
Gambar 3.63 Grafik Verifikasi Populasi.....	124
Gambar 3.64 Uji Ekstrimitas Pada Kebutuhan Lahan .....	126
Gambar 3.65 Gambar Basis Hasil pada <i>Time Step</i> 45 hari .....	127
Gambar 3.66 Gambar Keluaran Menggunakan <i>Time Step</i> 22 Hari (setengah kali <i>Time Step</i> alami).....	128
Gambar 3.67 Gambar Keluaran Menggunakan <i>Time Step</i> 90 Hari (dua kali <i>Time Step</i> alami).....	128
Gambar 3.68 Grafik Perbandingan Emisi dan Produksi .....	129
Gambar 3.69 Perbandingan Antara PDB dengan Indeks Teknologi.....	130
Gambar 3.70 Perbandingan Pendapatan Domestik Bruto Terhadap Nilai Tukar Rupiah .....	131
Gambar 3.71 Gambar Perbandingan Produksi Terhadap Perubahan Nilai Inflasi .....	131
Gambar 3.72 Gambar Perbandingan Produksi Terhadap Perubahan Nilai Index Produktifitas .....	132
Gambar 4.1 Porsi Penggunaan Energi di Indonesia Berdasarkan Tipe Energi...	136
Gambar 4.2 Grafik Pergerakan Populasi Indonesia .....	136
Gambar 4.3 Grafik Pergerakan Kebutuhan Energi Total.....	137
Gambar 4.4 Total Porsi Energi Setelah Pemanfaatan Biodiesel .....	139

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1) Pendahuluan**

#### **1.1 Latar Belakang Permasalahan**

Dengan jumlah penduduk yang sangat besar mencapai lebih dari 218 juta jiwa (Biro Pusat Statistics, 2005), Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk menjadi salah satu kekuatan besar dalam ekonomi dunia, dimana jumlah penduduk yang besar merupakan potensi pasar yang luar biasa bagi negara ini. Selain dari besarnya jumlah penduduk, Indonesia juga dianugrahi oleh melimpahnya sumber daya alamnya seperti minyak bumi, batubara, gas alam dan berbagai sumber daya alam lainnya. Potensi ini terbukti telah menjadi salah satu obat ampuh bagi Indonesia untuk tidak terseret pada keadaan krisis ekonomi dunia yang dimulai dengan krisis *Subprime mortgage* yang terjadi di Amerika Serikat pada tahun 2009 lalu. Indonesia tetap menikmati pertumbuhan ekonomi yang positif sebesar 6,3% (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 2008) dan tetap melanjutkan trend positif penguatan ekonomi dunia yang dimulai dari tahun 2004 – menjelang tahun 2008, dimana disaat itu pertumbuhan ekonomi dunia meningkat dengan baik.

Melihat kenyataan kondisi ekonomi Indonesia yang mulai menemukan fundamental ekonomi yang semakin kuat banyak praktisi ekonomi dunia menyatakan Indonesia dapat menjelma setara dengan keajaiban ekonomi dunia baru yang diwakili oleh negara negara BRIC (Brazil, Rusia, India dan China), dimana terdapat banyak kesamaan dari keempat negara tersebut dengan Indonesia, kesamaan kesamaan yang dapat diidentifikasi adalah :

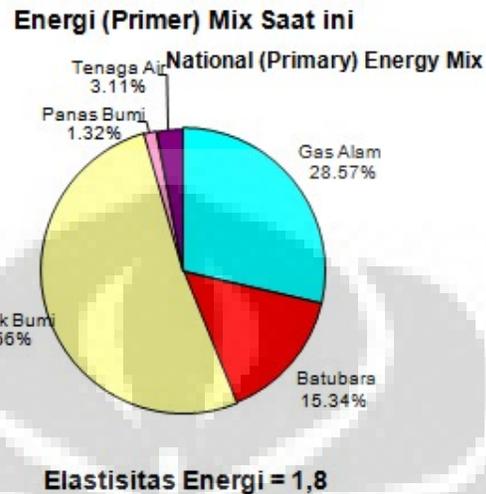
- Sama sama memiliki sumber energi primer yang besar
- Memiliki jumlah penduduk yang besar sebagai pangsa pasar domestik
- Kesamaan kebudayaan sebagai negara negara yang berawal pada basis agraria

Cerita sukses dari keempat negara BRIC yang memiliki beberapa kesamaan basis dengan Indonesia membuat Indonesia dipandang juga memiliki potensi yang hampir sama dengan keempatnya. Walaupun secara agregat pada tahun 2009 arus investasi asing langsung anjlok 28% dibandingkan nilai di tahun 2008, namun investasi total di Indonesia melonjak tumbuh sebesar 15-20% dibandingkan dari tahun 2008 (Dewi Astuti, 2009), indikator naiknya nilai investasi menunjukkan bahwa geliat pertumbuhan ekonomi nasional berada pada tren positif kenaikan sektor ekonomi Indonesia secara menyeluruh.

Kenaikan sektor ekonomi ini disisi lain menimbulkan permasalahan lain yang fundamental, permasalahan itu adalah permasalahan dari ketersediaan energi untuk menunjang produktifitas dan kenaikan aspek ekonomi nasional. Dalam perhitungan ekonomi nasional faktor produksi merupakan kata kunci utama ekonomi, dimana kekuatan ekonomi sebuah negara dihitung berdasarkan kemampuan kuantitatif sebuah negara memproduksi barang dan komoditi, semenantara pada faktor produksi variabel energi merupakan salah satu variabel utama disamping variable tenaga kerja dan modal. Dengan demikian ketersediaan energi nasional menjadi hal mutlak untuk menujung pertumbuhan ekonomi nasional, secara matematis hubungan antara faktor produksi dengan energi digambarkan dalam persamaan *Cobb-Douglas*.

Persamaan *Cobb-Douglas* menggambarkan korelasi antara faktor produksi (Y) dengan variabel variabel yang mempengaruhinya seperti faktor pekerja (L), faktor modal (C) dan faktor energi (E), dimana porsi pembagian persentase masing masing variabel ditentukan dari nilai  $\alpha$  dan  $\beta$ , sehingga akan terbentuk sebuah persamaan yang menggambarkan berapa besar pengaruh energi untuk produksi, terutama produksi domestik bruto sebuah negara. Dari persamaan diatas juga didapatkan korelasi bahwa untuk menaikkan produksi sebuah negara maka akan meningkatkan kebutuhan akan suplai energi, dari sini kenaikan ekonomi sebuah negara terutama di Indonesia memerlukan suplai energi yang sebanding dengan kenaikan produksi. Dimana kebutuhan akan energi ini dapat diproyeksikan dari besarnya kebutuhan akan konsumsi minyak bumi nasional. Saat ini minyak bumi merupakan sumber energi primer yang paling banyak dimanfaatkan di Indonesia, dimana pemanfaatan minyak bumi mencapai lebih

dari 50% dari total penggunaan energy nasional, persebaran penggunaan energy dapat dilihat dari grafik dibawah ini:



**Gambar 1.1 Grafik Bauran Energi Nasional berdasarkan tipe 2006  
 (Peraturan Presiden No.5 Tahun 2006, 2006)**

sebagai bahan baku utama energi nasional, minyak bumi juga diekspor sebagai sumber devisa sampai pada tahun 2005, dimana Indonesia menjadi net importer untuk minyak bumi. Hasil dari kilang bahan bakar fosil tersebut terdiri atas premium, minyak tanah, minyak solar (*automotive diesel oil*), minyak diesel, dan minyak bakar yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pada sektor pembangkit listrik, transportasi, industri, dan rumahtangga. Pada tahun 1999, konsumsi energi dari sektor rumah tangga merupakan konsumen energi terbesar dengan persentase 41% sedangkan sektor industri sebesar 37% dan sektor transportasi sebesar 22%. Pertumbuhan industri diproyeksikan akan memutarbalikkan tren ini. Pada tahun 2025, diproyeksikan kebutuhan energi dari sektor industri akan menempati posisi teratas dengan persentase 44% dari *market share*, diikuti dengan sektor transportasi sebesar 31% dan sektor rumah tangga sebesar 26% (Sugiyono, 1999). Dilihat dari data diatas, maka ketergantungan Indonesia akan minyak bumi terlalu besar, dan untuk itu Pemerintah merasa perlu untuk adanya bauran energi lain selain bahan bakar fossil secara umum dan minyak bumi secara khusus.

Indonesia yang telah menjadi net importir minyak bumi semenjak tahun 2005 yang menyebabkan harga komoditi turunan minyak bumi di Indonesia menjadi sangat rentan terpengaruh akan volatilitas harga minyak bumi internasional, hal ini dapat terlihat dari semakin membengkaknya subsidi bahan turunan minyak bumi seperti premium, solar dan lainnya. Dan pergerakan harga ini ternyata juga berpengaruh pada aspek aspek kehidupan lain secara Nasional, aspek yang terpengaruh secara nyata adalah aspek ekonomi dan aspek sosial, pembuktian pengaruh harga minyak bumi yang merupakan penggerak utama sektor energi adalah ketika harga bahan bakar premium naik maka inflasi besar terjadi terhadap bahan pangan secara Nasional, hal ini juga menimbulkan gejolak di bidang sosial seperti makin tingginya nilai koefisien Gini sesaat setelah kenaikan harga premium diberlakukan di Indonesia (United Nations, 2009), untuk itulah Pemerintah Indonesia mencoba melakukan minimalisasi ketergantungan Indonesia terhadap minyak bumi dengan melakukan diversifikasi energy terutama pada energi terbarukan. Berkaca pada kondisi Indonesia yang menjadi net importir minyak bumi semenjak tahun 2005, Pemerintah mulai melakukan langkah antisipasi untuk mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap Minyak bumi, hal itu dilakukan antara lain dengan melakukan diversifikasi sumber energi. Pemerintah berupaya meningkatkan keluaran energi lain terutama bahan bakar yang terbarukan. Dari pemikiran ini Pemerintah mengeluarkan Instruksi Presiden nomor 1 tahun 2006 yang mengeluarkan mandat tentang penyediaan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati sebagai bahan bakar lain di Indonesia, detail rencana penyediaan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati dapat dilihat pada gambar di bawah ini yang memperlihatkan *roadmap* dari Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati.

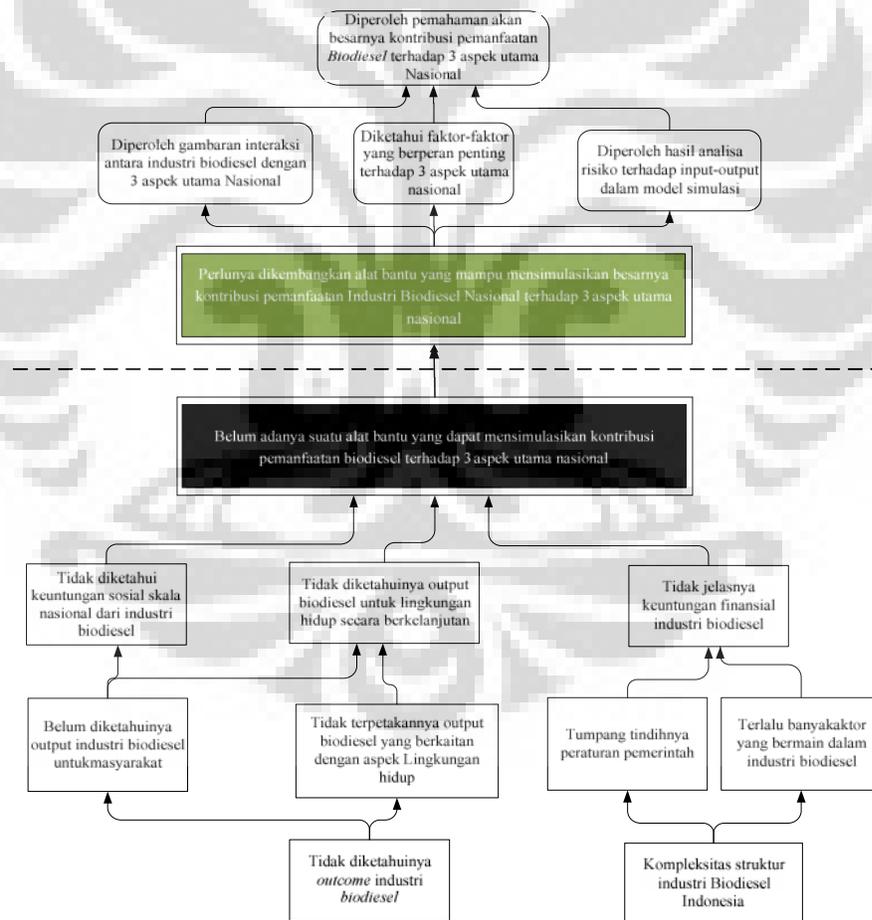
Tahun	2005-2010	2011-2015	2016-2025
<b>Biodiesel</b>	Pemanfaatan Biodiesel Sebesar Konsumsi Solar 10% 2.41 juta kl	Pemanfaatan Biodiesel Sebesar 15% Konsumsi Solar 4.52 juta kl	Pemanfaatan Biodiesel Sebesar 20% Konsumsi Solar 10.22 juta kl
<b>Bioetanol</b>	Pemanfaatan Bioetanol 5% Konsumsi Premium 1.48 juta kl	Pemanfaatan Bioetanol 10% Konsumsi Premium 2.78 juta kl	Pemanfaatan Bioetanol 15% Konsumsi Premium 6.28 juta kl
<b>Biooil</b> - Biokerosin	Pemanfaatan Biokerosin 1 juta kl	Pemanfaatan Biokerosin 1.8 juta kl	Pemanfaatan Biokerosin 4.07 juta kl
- PPO untuk Pembangkit Listrik	Pemanfaatan PPO 0.4 juta kl	Pemanfaatan PPO 0.74 juta kl	Pemanfaatan PPO 1.69 juta kl
<b>Biofuel</b>	Pemanfaatan Biofuel Sebesar 2% energi mix 5.29 juta kl	Pemanfaatan Biofuel Sebesar 3% energi mix 9.84 juta kl	Pemanfaatan Biofuel Sebesar 5% energi mix 22.26 juta kl

**Gambar 1-2 Roadmap Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Inpres No. 1/2006, 2006)**

Penggunaan bahan bakar nabati menjadi perhatian karena melihat adanya potensi yang besar di Indonesia untuk pengembangannya, terutama penggunaan Kelapa Sawit sebagai bahan baku utama yang pengelolaan dan penggunaannya sudah mendekati taraf dewasa. Sejak tahun 2000 biodiesel dari kelapa sawit sudah dipergunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor seperti kendaraan dinas dan traktor di Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan dan terbukti tidak mempunyai masalah baik pada mesin maupun pada kinerjanya. Secara teknis, penggunaan biodiesel berbahan baku kelapa sawit sebagai bahan bakar untuk sektor transportasi tidak mengalami kendala mengingat biodiesel mempunyai karakteristik yang sama dengan minyak solar, sehingga biodiesel juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar penunjang untuk sektor pembangkit listrik asalkan dapat bersaing dengan minyak solar dari segi ekonomis. Dari aspek sosial, dalam Instruksi Presiden ini pemanfaatan Biodiesel diharapkan mampu memberikan nilai tambah pada aspek pembukaan lapangan kerja dan peningkatan standar hidup masyarakat, diharapkan juga dengan adanya pemanfaatan Biodiesel akan didapatkan faktor *multiplier* terhadap aspek kehidupan masyarakat dan juga akan membantu memenuhi target *Millenium Development Goal*, dimana peran aktif pemerintah dalam peningkatan pemanfaatan Biodiesel menjadi kunci dalam keberhasilannya. Dari segi dampak lingkungan, biodiesel juga diketahui relatif

bersih dari emisi bahan pencemar (Escobar et al., 2008). Pemanfaatan biodiesel diharapkan bukan saja dapat mengurangi besarnya kebutuhan diesel yang dapat berdampak terhadap berkurangnya beban pemerintah atas subsidi, tetapi juga dapat mendukung program pemanfaatan energi yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan. Mengacu dari banyaknya manfaat yang didapatkan dari pemanfaatan *Biodiesel*, maka diperlukan sebuah model yang mampu mensimulasikan keadaan industri biodiesel nasional dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, sehingga didapatkan pemahaman tentang besarnya kontribusi *Biodiesel* terhadap 3 aspek utama Nasional berupa aspek ekonomi, Lingkungan hidup dan sosial nasional.

## 1.2 Diagram Keterkaitan Permasalahan



**Gambar 1.3 Diagram Keterkaitan Masalah**

### 1.3 Perumusan Permasalahan

Berdasarkan pemaparan pada latar belakang dan diagram keterkaitan masalah, dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif mengenai *outcome biodiesel* terutama dalam 3 aspek nasional Ekonomi, Sosial dan Lingkungan hidup diperlukan suatu model simulasi yang dapat mensimulasikan keadaan industri biodiesel nasional berkaitan dan menggambarkan korelasi dan kontribusi industri *Biodiesel* terhadap 3 aspek nasional. Oleh karena itu, di dalam penelitian ini, permasalahan yang diangkat adalah perlunya dikembangkan sebuah model yang dapat mensimulasikan keadaan industri biodiesel nasional berkaitan dan menggambarkan korelasi dan kontribusi industri *Biodiesel* terhadap 3 aspek nasional.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh sebuah model simulasi berbasis sistem dinamis untuk mensimulasikan interaksi skenario industri Biodiesel terhadap aspek-aspek Sosial, Lingkungan hidup dan ekonomi Nasional. Sehingga didapatkan pemahaman tentang kontribusi Industri biodiesel terhadap 3 aspek utama nasional tersebut

### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini digunakan agar masalah yang diteliti lebih dapat terarah dan terfokus sehingga penelitian dapat dilakukan sesuai dengan apa yang direncanakan. Ruang lingkup dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

- Biodiesel yang akan dibahas dalam penelitian ini secara khusus adalah biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit mengingat jenis inilah yang memiliki perkembangan yang paling pesat untuk saat ini di Indonesia.
- Sesuai dengan tujuan penelitian, ruang lingkup dari model simulasi biodiesel yang dibuat adalah dalam konteks pemenuhan target

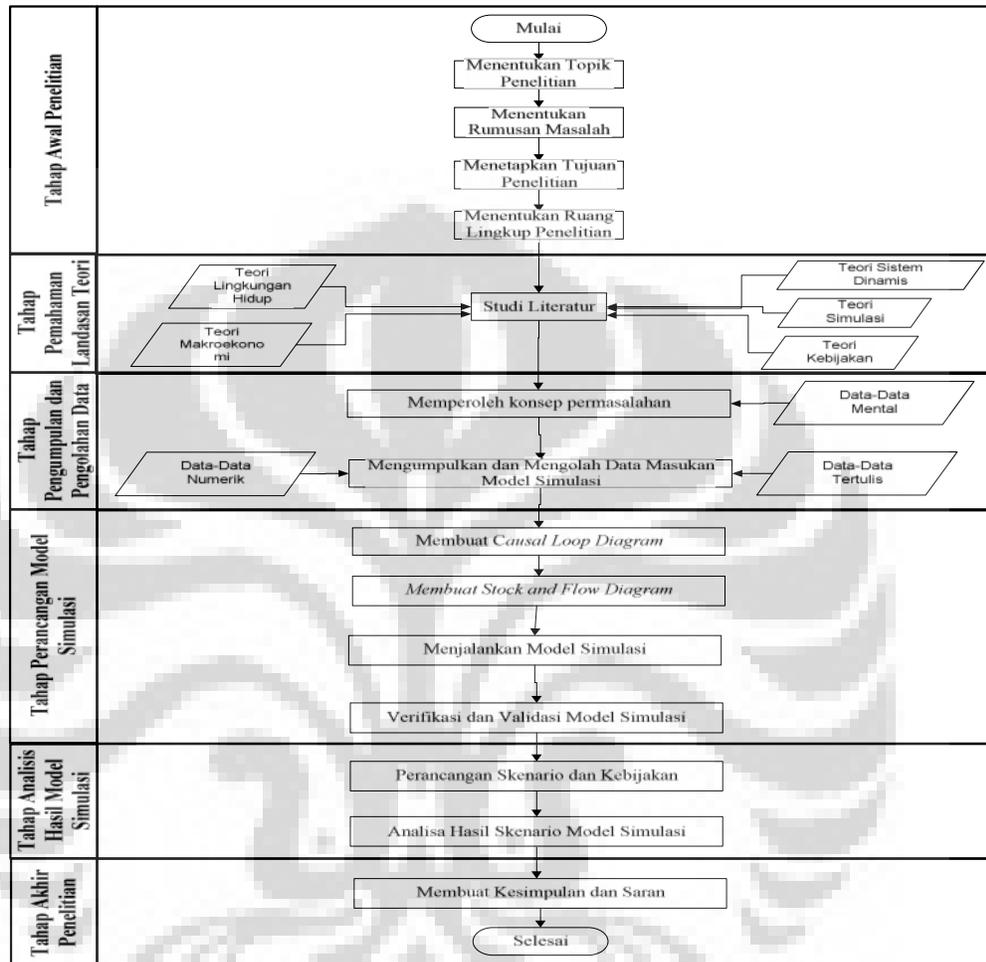
pemanfaatan jangka panjang bahan bakar nabati nasional sesuai dengan *roadmap* timnas pengembangan bahan bakar nabati nasional 2006-2025.

- Batasan ruang lingkup yang didefinisikan di dalam model simulasi adalah dimulai dari pembukaan lahan untuk penanaman kelapa sawit sampai dengan distribusi biodiesel di Plumpang untuk memenuhi permintaan biodiesel nasional.
- Jangka waktu model simulasi disesuaikan dengan periode *roadmap* pemanfaatan bahan bakar nabati, yakni sampai dengan tahun 2025.
- Pengolahan data dilakukan dengan pengembangan program komputer khusus dengan menggunakan perangkat lunak *Powersim Studio 2005* dan *Microsoft Excel*.



## 1.6 Metodologi Penelitian

Di bawah ini merupakan diagram Metodologi Penelitian yang dilakukan



**Gambar 1.4 Metodologi 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

industri biodiesel di Indonesia dalam kaitannya dengan pemenuhan target biodiesel nasional. 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, dasar teori ekonometri, 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 industri biodiesel di Indonesia.
- b. Berdasarkan konsep permasalahan yang telah dipelajari, kemudian ditentukan variabel-variabel dan parameter-parameter yang berperan penting dalam rangka pemenuhan target jangka panjang biodiesel nasional.
- c. Melakukan pengumpulan data-data yang relevan dan detail, yakni laporan-laporan kondisi negara, 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 varabel-variabel yang ada.
- b. Mempelajari perilaku-perilaku yang terjadi seiring dengan berjalannya waktu berdasarkan dinamika yang digambarkan dalam *causal loop diagram*.
- c. Mendefinisikan jenis-jenis variabel (seperti *stock*, *flows*, *converters*, dan lain-lain) dan menyusun *stock and flow diagram* (SFD) untuk sektor-sektor model yang berbeda.
- d. Membangun model simulasi komputer yang didasarkan atas CLD atau SFD yang sebelumnya dibuat. Pada tahap ini dilakukan identifikasi nilai awal dari *stock/level*, nilai-nilai parameter dari hubungan-hubungan yang ada, serta hubungan struktural di antara variabel-variabel yang ada dengan menggunakan *constant*, hubungan grafis, atau fungsi-fungsi matematis yang sekiranya tepat. Pembuatan model ini dilakukan dengan menggunakan bantuan software Powersim Studio 2005.
- e. Mensimulasikan model sesuai dengan periode waktu yang telah ditetapkan sebelumnya.
- f. Menyajikan hasil dalam bentuk grafik atau tabel dari hasil model simulasi dengan menggunakan bantuan *software* komputer. Perilaku yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan data historis atau referensi yang mendukung.
- g. Melakukan verifikasi terhadap persamaan-persamaan, parameter dan batasan, serta melakukan validasi terhadap perilaku model dalam periode waktu yang dijalankan. Inspeksi kemudian dilakukan untuk melihat tabel dan grafik yang dihasilkan dari model simulasi pada tahap ini.

h. Melakukan 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, teori kebijakan serta teori ekonometri.

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 pada industri biodiesel di Indonesia dengan aspek aspek utama nasional berdasarkan konsep yang telah dipahami untuk kemudian digunakan sebagai input model simulasi yang akan dibuat merupakan perancangan model simulasi dan analisis hasil model simulasi, 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. Pada bagian akhir bab ini, dibahas mengenai proses verifikasi dan validasi terhadap model simulasi yang dibuat, serta analisa sensitivitas..

Bab keempat merupakan analisis dari hasil keluaran model, sebuah perbandingan antara kondisi saat ini tanpa ada intervensi dari pihak manapun yang dibandingkan dengan kondisi apabila tercapai pemenuhan mandat industri biodiesel di Indonesia.

Bab kelima 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 program pemanfaatan biodiesel nasional. Pada bagian akhir dibahas mengenai saran untuk penelitian berikutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab 2 ini, penelitian akan berfokus pada tinjauan pustaka yang mendukung penelitian ini. Teori yang dijabarkan diantaranya adalah perihal Biodiesel, model dan simulasi, teori sistem dinamis, teori finansial, teori produksi Cobb-douglass, teori ekonometrik, teori system neraca sosial ekonomi, teori lingkungan hidup, teori kebijakan, profil kelapa sawit, dan profil biodiesel.

#### **2.1 Profil Biodiesel**

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran *mono-alkyl* ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarui seperti minyak sayur atau lemak hewan.

Sebuah proses dari transesterifikasi lipid digunakan untuk mengubah minyak dasar menjadi ester yang diinginkan dan membuang asam lemak bebas. Setelah melewati proses ini, biodiesel memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan diesel (*solar*) dari minyak bumi, dan dapat menggantikannya dalam banyak kasus.

##### **2.1.1 Bahan Baku (*Feedstock*) Biodiesel**

Tanaman kedelai dan kelapa sawit merupakan tanaman yang sudah dibudidayakan hampir di seluruh Indonesia. Oleh karena itulah, dalam hal kebutuhan bahan bakar biodiesel, kedua jenis tanaman inilah yang mendapatkan sorotan utama.

Sementara itu, tanaman jarak pagar (*jatropha curcas*) juga merupakan tanaman yang dikenal sebagai bahan baku biodiesel, namun saat ini budidaya tanaman tersaebut masih terbatas, sehingga pemanfaatan tanaman ini sebagai bahan baku biodiesel masih memerlukan sosialisasi. Di samping itu, kendala yang

menghambat pemanfaatan tanaman jarak pagar sebagai bahan baku biodiesel adalah pada tingkat keasamannya yang masih tergolong tinggi, sehingga untuk pemanfaatan biodiesel masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

Sebagai salah satu bahan baku dari biodiesel, minyak kelapa sawit memiliki beberapa sisi positif dan negatif. Biodiesel yang diproduksi dari minyak kelapa sawit memiliki angka setana yang tinggi, yakni secara umum lebih dari 65 dibandingkan dengan 51 yang dimiliki solar yang diperoleh dari bahan bakar fosil atau 53-56 dari biodiesel yang diperoleh dari bahan minyak nabati lainnya. Angka setana yang tinggi ini memberikan karakteristik berkendara yang sempurna dan membuat biodiesel berbahan dasar minyak kelapa sawit berharga sebagai bahan bakar alternatif.

### 2.1.2 Peran Biodiesel dalam Transportasi

Biodiesel merupakan kandidat yang paling dekat untuk menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber energi transportasi utama dunia, karena ia merupakan bahan bakar terbarukan yang dapat menggantikan diesel petrol di mesin sekarang ini dan dapat diangkut dan dijual dengan menggunakan infrastruktur sekarang ini.

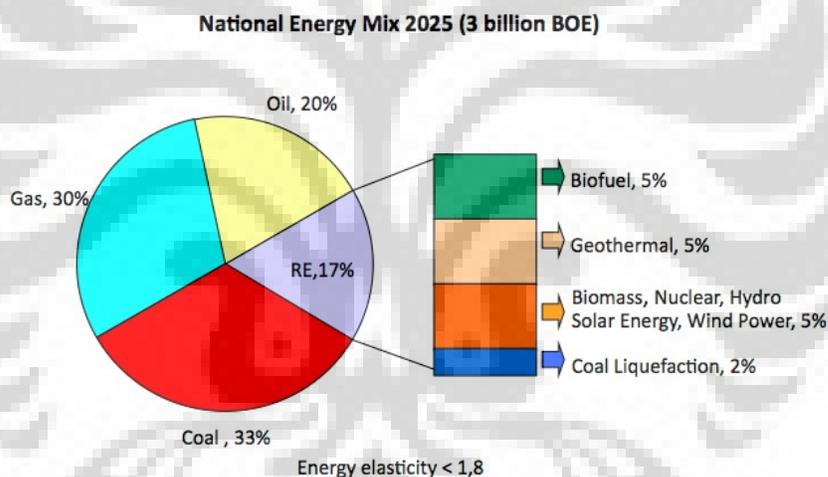
*Biofuel* B5 merupakan campuran dari 95 persen solar (HSD) dengan 5 persen *fatty acid methyl esters* (FAME). Ini merupakan produk transesterifikasi dari *crude palm oil*. Biosolar merupakan nama dagang Pertamina untuk biofuel B5 tersebut. Biosolar merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Secara umum, biosolar lebih baik karena ramah lingkungan, pembakarannya bersih, biodegradable, mudah dikemas dan disimpan, serta merupakan bahan bakar yang dapat diperbaharui. Selain itu, mesin atau alat yang menggunakan biosolar tidak perlu dimodifikasi. Biosolar juga dapat memperpanjang umur mesin dan menjamin keandalan mesin dengan lubrisitas atau pelumas maksimum 400 mikron.

Bahan bakar yang berbentuk cair ini memiliki sifat menyerupai solar sehingga sangat prospektif untuk dikembangkan. Disamping sifatnya yang menyerupai solar, biodiesel memiliki kelebihan dibandingkan dengan solar. Kelebihan biodiesel dibanding solar adalah sebagai berikut: merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik

(*free sulphur, smoke number* rendah) sesuai dengan isu-isu global, *setana number* lebih tinggi ( $> 57$ ) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan dengan minyak kasar, memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin; *biodegradable* (dapat terurai), merupakan *renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbarui, dan meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal.

### 2.1.3 Mandat Penggunaan Bahan Bakar Nabati

Prospek pemberdayaan bahan bakar alternati dalam hal ini BBN didorong atas adanya keputusan presiden No.5 Tahun 2006 yang berisikan target bauran energi nasional seperti yang terpaparkan pada gambar berikut ini.



**Gambar 2. 1.** Bauran Energi Nasional 2025

(Potensi Pengembangan BBN, Dep. Perindustrian, 2008)

Dari gambar di atas, terlihat bahwa proporsi BBN mencapai 5% yang dimana biodiesel termasuk di dalamnya. Proporsi yang lebih detail dari jenis BBN yang ada dalam hal ini biodiesel dan bioethanol sesuai dengan Peraturan Menteri ESDM No. 32 Tahun 2008 terlihat pada tabel berikut.

BIODIESEL (Minimum)						
Sektor	2008	2009	2010	2015	2020	2025
Transportasi, PSO	1% (Existing)	1%	2.5%	5%	10%	20%
Transportasi, Non PSO		1%	3%	7%	10%	20%
Industri	2.5%	2.5%	5%	10%	15%	20%
Listrik	0.1%	0.25%	1%	10%	15%	20%

BIOETHANOL (Minimum)						
Sektor	2008	2009	2010	2015	2020	2025
Transportasi, PSO	3% (Existing)	1%	3%	5%	10%	15%
Transportasi, Non PSO	5% (Existing)	5%	7%	10%	12%	15%
Industri		5%	7%	10%	12%	15%

**Gambar 2. 2.** Mandat Proporsi BBN pada Berbagai Sektor  
(Potensi Pengembangan BBN, Dep. Perindustrian, 2008)

#### 2.1.4 Kebijakan Terkait dengan Industri Biodiesel

Kebijakan yang terkait dengan program pengembangan bahan bakar nabati nasional antara lain adalah menyangkut mandat pemanfaatan bahan bakar nabati serta peranan pemerintah dalam mendukung keberlangsungan program ini. Kebijakan-kebijakan ini dituliskan pada dokumen-dokumen berikut:

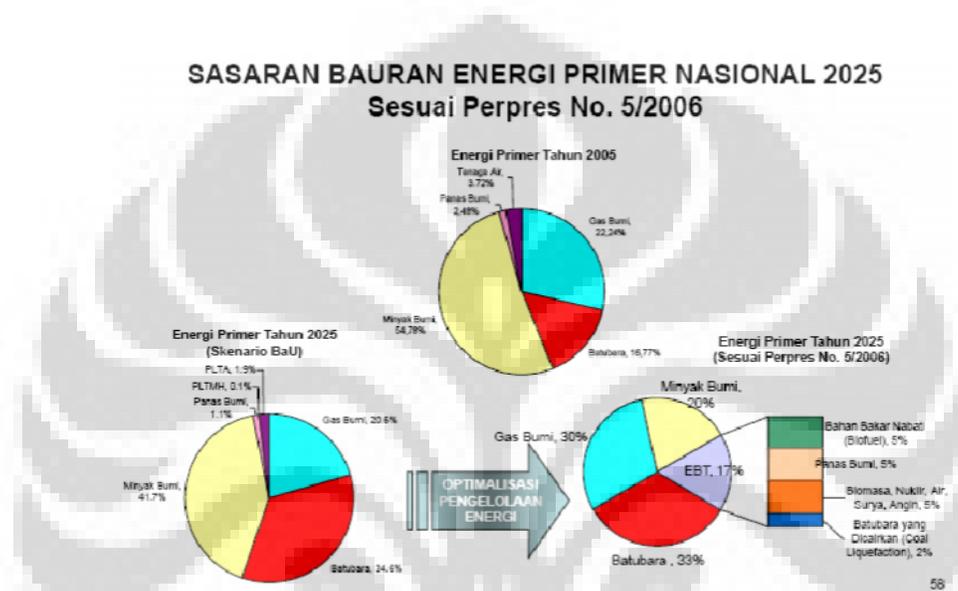
- Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2006

Instruksi Presiden ini berisikan peranan dari setiap menteri dan instansi pemerintah dalam pengembangan bahan bakar nabati.

- *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025

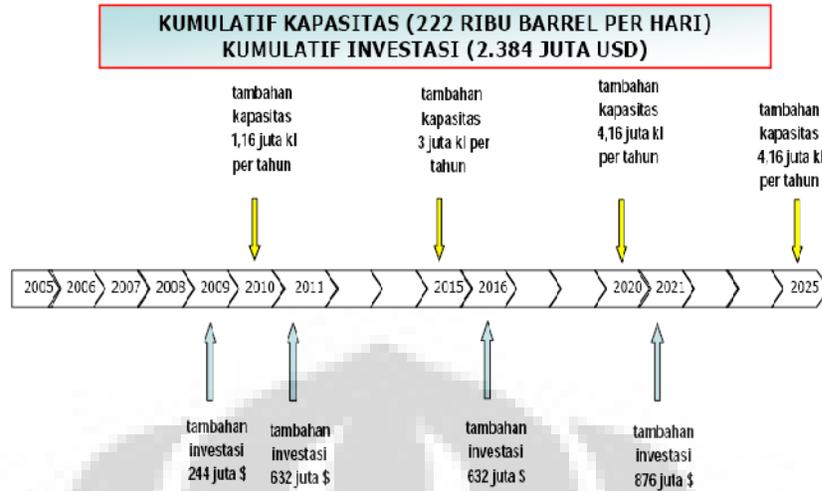
Basis kebijakan *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025 adalah Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006. Di dalam Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006, ditargetkan bahwa pada tahun 2025 tercapai elastisitas energi kurang dari 1 (satu) dan energi mix primer yang optimal dengan memberikan peranan yang lebih besar terhadap sumber energi alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi.

Bahan bakar nabati menjadi salah satu bauran energi nasional yang harus dikembangkan oleh pemerintah sampai dengan tahun 2025 dengan komposisi hingga 5% dari kebutuhan energi nasional seperti yang ditunjukkan pada Sasaran Bauran Energi Primer Nasional 2025 pada gambar 2.3. Sementara itu, perencanaan untuk biodiesel ditunjukkan pada *milestone* biodiesel seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sasaran Bauran Energi Primer Nasional 2025

(Sumber *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025)



**Gambar 2.4 Milestone Biodiesel**

(Sumber *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025)

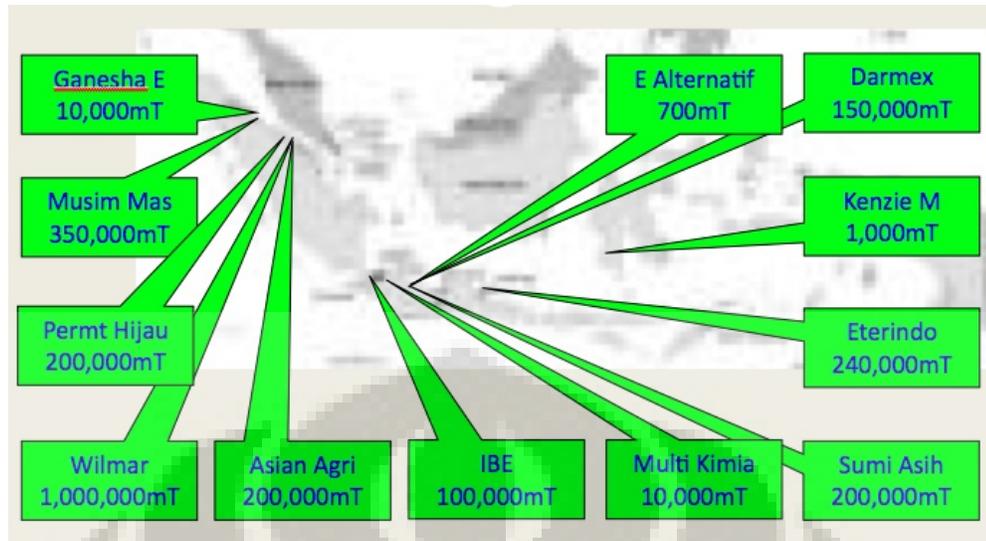
- *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025

Induk dari instrumen kebijakan dan *roadmap* pengembangan BBN tersebut adalah Instruksi Presiden No. 1 Tahun 2006 tentang Percepatan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati yang ditindaklanjuti dengan pembentukan Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati (Timnas BBN) untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan dan Pengangguran melalui Keputusan Presiden No. 10 Tahun 2006.

*Blueprint* dan *roadmap* disusun untuk dijadikan acuan bagi pemangku kepentingan dalam rangka mewujudkan tujuan pengembangan BBN yaitu dalam jangka pendek untuk mengurangi kemiskinan dan pengangguran, serta dalam jangka panjang yaitu penyediaan dan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati dalam energi *mix* nasional. Adapun *roadmap* pemanfaatan biodiesel dapat dilihat pada tabel 1.1 sebelumnya.

### 2.1.5 Peta dan Kapasitas Produksi Biodiesel

Dalam memenuhi mandat pemerintah seperti yang tertuang dalam Permen No. 32 Tahun 2008, berikut ini tergambar letak peta lokasi dan kapasitas produksi biodiesel.



**Gambar 2.5** Peta dan Kapasitas Produksi Biodiesel  
(Potensi Pengembangan BBN, Dep. Perindustrian, 2008)

**Tabel 2-1** Pabrik Biodiesel

Company	Location	2008		2009		2010
		Capacity	Production <sup>1</sup>	Capacity	Production <sup>1</sup>	Capacity <sup>o</sup>
<b>Existing facilities</b>						
Asian Agri Tbk	Lubuk Gaung, Dumai	200	70	200	80	200
BPPT	Serpong, Banten	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Darmex Biofuel	Bekasi, East Java	150	30	150	60	150
EAI	Jakarta	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Energi Alternatif Indonesia PT	Jakarta	0.3	0.3	1	1	1
Eterindo Wahanatama Tbk	Gresik, East Java & Tangerang, Banten	120	120	240	240	240
Ghanesa Energy Group	Medan, North	3	3	10	10	10

(sumber: *Biofuel At What Cost?*, Dillon, 2008)

## 2.2 Simulasi

### 2.2.1 Definisi Simulasi

Secara kontekstual menurut *Oxford American Dictionary* (1980), simulasi secara harfiah dapat berarti sebagai cara “untuk mereproduksi kondisi dari suatu

situasi, melalui penggunaan model atau alat peraga, untuk keperluan penelitian, percobaan, atau latihan”. Dalam pembahasan pada penelitian ini, definisi simulasi, ditekankan pada penggunaannya dalam membantu metode sistem dinamis.

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

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

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

### 2.2.2 Tujuan Simulasi

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

Kelebihan simulasi terletak pada kemampuan simulasi menyediakan suatu metode analisis yang tidak hanya formal dan prediktif, tetapi juga secara akurat mampu mengevaluasi kinerja dari suatu sistem, bahkan sistem yang paling kompleks sekalipun. Dengan kondisi persaingan pasar saat ini yang menuntut “*getting it right the first time*”, pentingnya simulasi menjadi semakin jelas agar tidak dilakukan permulaan yang keliru.

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

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

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

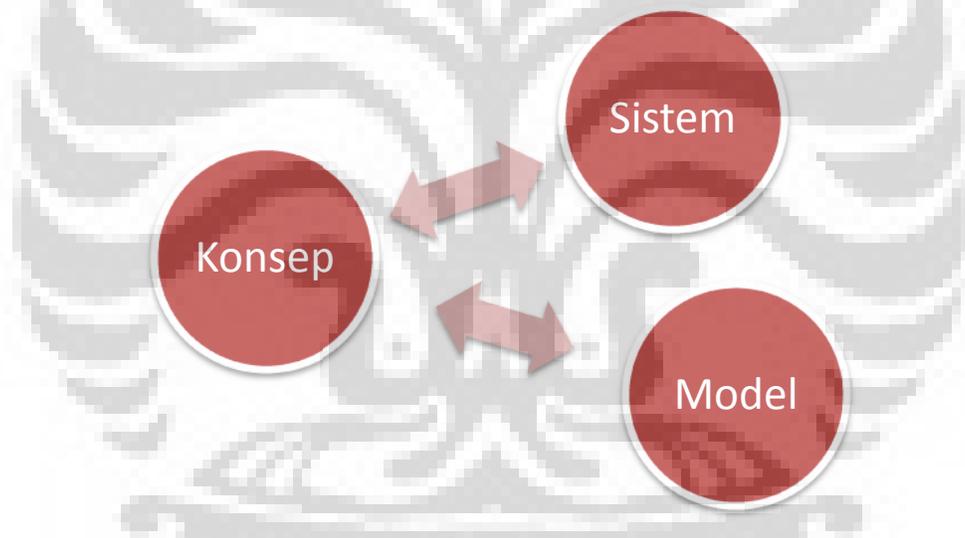
Karena simulasi dapat menggambarkan adanya saling ketergantungan (*interdependencies*) dan variasi, simulasi dapat memberikan pandangan yang mendalam mengenai dinamika yang kompleks dari suatu sistem yang tidak dapat diperoleh dengan menggunakan teknik analisis lainnya.

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

### 2.2.3 Penggunaan Simulasi

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

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



**Gambar 2.6 Simulasi Memberikan Cara Virtual dalam Melakukan Eksperimen terhadap Sistem**

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

Menjalankan simulasi adalah sebuah proses merancang model dari sistem yang nyata dan melakukan eksperimen dengan model ini. Melakukan eksperimen pada model akan mengurangi waktu, biaya, dan kerusakan jika dibandingkan dengan eksperimen yang dilakukan pada sistem aktual. Bertolak dari hal ini,

simulasi dapat dianggap sebagai *virtual prototyping tool* untuk mendemonstrasikan bukti dari konsep yang ada.

#### 2.2.4 Jenis-Jenis Simulasi

Cara simulasi bekerja didasarkan terutama pada jenis dari simulasi yang digunakan. Terdapat banyak pemahaman dalam mengkategorikan simulasi. Beberapa pemahaman yang umum adalah simulasi statis atau simulasi dinamis, simulasi stokastik atau simulasi deterministik, serta simulasi diskrit atau simulasi kontinu.

##### 2.2.4.1 Simulasi Statis atau Simulasi Dinamis

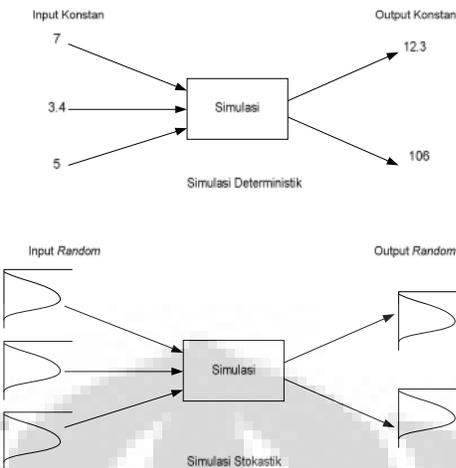
Simulasi statis adalah simulasi yang tidak didasarkan atas waktu. Simulasi ini seringkali melibatkan *random sampling* untuk menghasilkan hasil statistik sehingga simulasi ini kerap kali disebut dengan simulasi *Monte Carlo*.

Sebaliknya, simulasi dinamis mengikutsertakan di dalamnya aliran waktu. Keadaan yang ada di dalam sistem akan berubah seiring dengan jalannya waktu. Karena sifat ini, simulasi dinamis tepat untuk digunakan untuk menganalisa sistem manufaktur dan sistem jasa.

##### 2.2.4.2 Simulasi Stokastik atau Simulasi Deterministik

Simulasi di mana satu atau lebih variabel *input* di dalamnya bersifat *random* disebut dengan simulasi stokastik atau probabilistik. Simulasi stokastik menghasilkan *output* yang juga bersifat *random* dan karenanya hanya memberikan satu *data point* mengenai bagaimana perilaku dari sistem.

Sementara itu simulasi yang tidak mempunyai komponen *input* yang bersifat *random* dapat dikatakan sebagai simulasi deterministik. Model simulasi deterministik pada umumnya serupa dengan model stokastik, hanya saja model simulasi deterministik tidak memiliki *randomness*. Dalam simulasi deterministik, semua keadaan ke depan ditentukan begitu data *input* dan keadaan awal telah didefinisikan.



**Gambar 2.7 Contoh dari Simulasi deterministik dan Simulasi Stokastik**

(Sumber: Bowden, et. al., 2000, hal. 49)

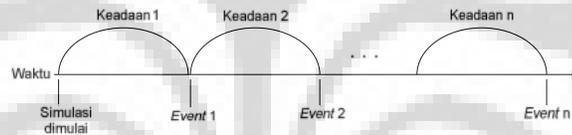
Seperti yang dilihat pada gambar 2.2, simulasi deterministik memiliki *input* konstan dan menghasilkan *output* yang bersifat konstan pula. Sementara itu, simulasi stokastik memiliki *input random* dan menghasilkan *output* yang juga *random*. *Input* yang ada meliputi waktu aktivitas, interval kedatangan, dan urutan *routing*. Sementara itu *output* yang ada meliputi metrik-metrik seperti waktu aliran rata-rata, *flow rate*, dan *resource utilization*. *Output* apapun yang dihasilkan oleh *variable input* yang bersifat *random* akan juga menjadi variabel yang bersifat *random*.

Simulasi deterministik akan selalu mengeluarkan hasil yang sama tidak peduli berapa kali simulasi itu dijalankan. Dalam simulasi stokastik, beberapa replikasi harus dibuat untuk memperoleh perkiraan kinerja yang akurat karena setiap replikasi bervariasi antara satu dengan lainnya secara statistik. Estimasi kinerja dari simulasi stokastik diperoleh dengan menghitung nilai rata-rata dari metrik kinerja yang ada di antara replikasi-replikasi. Sebaliknya, simulasi deterministik hanya perlu dijalankan satu kali untuk memperoleh hasil yang akurat karena hasil yang diperoleh akan selalu sama.

### 2.2.4.3 Simulasi Diskrit atau Simulasi Kontinu

Simulasi terkadang dapat dikategorikan sebagai simulasi diskrit (*discrete-event simulation*) atau simulasi kontinu (*continuous simulation*). Sebuah simulasi diskrit merupakan simulasi di mana perubahan terjadi pada titik-titik diskrit di dalam waktu yang dipicu oleh adanya *event*. *Event* yang dimaksudkan dapat berupa:

- Kedatangan *entity* ke dalam *workstation*.
- Kegagalan kerja dari *resource*.
- Selesainya suatu aktivitas.
- Akhir dari *shift* kerja.

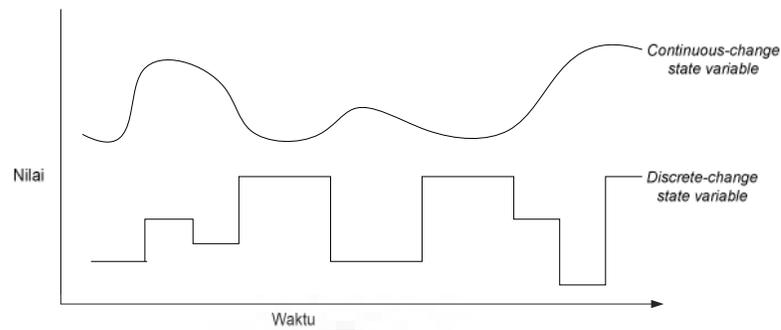


**Gambar 2.8 Perubahan Keadaan Diskrit Disebabkan oleh Adanya Discrete Event**

(Sumber: Bowden, et. al., 2000, hal. 49)

Perubahan keadaan di dalam model terjadi pada saat beberapa *event* terjadi, seperti yang terlihat pada gambar di atas. Keadaan dari model menjadi keadaan kolektif dari semua elemen-elemen di dalam model pada suatu waktu tertentu. Variabel keadaan (*state variable*) yang terdapat di dalam simulasi diskrit disebut dengan *variable* perubahan keadaan diskrit (*discrete-change state variable*).

Di dalam simulasi kontinu, variabel keadaan berubah secara kontinu seiring dengan berjalannya waktu dan karenanya dinamakan *variable* perubahan keadaan kontinu (*continuous-change state variable*). Gambar di bawah ini menunjukkan perbandingan antara *discrete-change state variable* dan *continuous-change state variable* yang berubah terhadap waktu.



**Gambar 2.9 Perbandingan antara Discrete-Change Variable dan Continuous-Change Variable**

(Sumber: Bowden, et. al., 2000, hal. 50)

### 2.2.5 Perbedaan Simulasi, Optimasi dan Ekonometri

Didalam tulisannya yang berjudul *A Skeptic's Guide to Computer Models*, John Sterman mencoba untuk memberikan rangkuman tentang perbedaan dari tiga buah alat yang sering digunakan untuk melakukan permodelan, rangkuman tersebut dapat dilihat pada table di bawah ini.

**Tabel 2-2 Perbedaan Optimasi, Simulasi dan Ekonometri**

Differences	a Brief Review on Optimization, Simulation and Econometrics		
	Optimization	Simulation	Econometrics
Purpose	The output of an optimization model is a statement of the best way to accomplish some goal	The purpose of simulations may be foresight (predicting how systems might behave in the future under assumed conditions) or policy design	Measure economic relations, and it originally involved statistical analysis of economic data.
Parts	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objective Function</li> <li>- Decision Variables</li> <li>- Constraints</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Representation of the physical world relevant to the problem under study</li> <li>- Portrait the behavior of the</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Specification</li> <li>- Estimation</li> <li>- Forecasting</li> </ul>

		actors in the system	
Limitations	- Specification of Objective Values Bias	- Accuracy of the Decision Rules	- Static Behavior
	- Produce Linear Behavior	- Limitations of Soft Variables	- Irony of Equilibrium
	- Lack of Feedback	- Broad Model Boundaries	- Lack of Feedback
	- Lack of Dynamics		- Lack of Dynamics

## 2.3 Sistem Dinamis

### 2.3.1 Sistem

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

Suatu sistem setidaknya terbentuk atas elemen-elemen sebagai berikut:

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

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

- Sistem terbuka

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

- Sistem tertutup

Sistem tertutup disebut juga *feedback* sistem, yaitu sistem yang memiliki struktur *loop* yang tertutup yang membawa hasil dari tindakan di masa lalu (*output* sebelumnya) kembali untuk mengendalikan tindakan (*input* saat ini) di masa mendatang. Sebuah *loop* umpan balik membutuhkan dua faktor penting untuk menjalankan operasinya yakni perbedaan antara hasil aktual dengan hasil yang diinginkan, serta aturan atau kebijakan yang menentukan aksi yang akan dilakukan terhadap suatu nilai perbedaan.

### 2.3.2 Berpikir Sistem

Untuk memahami apa itu sistem dinamis perlu diketahui terlebih dahulu apa itu berpikir sistem (*system thinking*) karena berpikir sistem merupakan konsep dasar dari pemahaman terhadap sistem dinamis. Berpikir sistem merupakan suatu konsep di mana suatu sistem hanya dapat dipahami jika dilihat secara keseluruhan sebagai suatu integritas.

”Berpikir sistem adalah kemampuan untuk melihat dunia sebagai suatu sistem yang kompleks, yang kita mengerti bahwa ’kita tidak dapat melakukan hanya satu hal’ dan bahwa ’segala sesuatu berkaitan dengan segala sesuatu.’” (Stermann, 2000, hal. 4).

Berdasarkan berpikir sistem, kita tidak dapat memahami suatu individu sebagai komponen dari sistem untuk dapat memahami sistem secara keseluruhan, sebab sistem memiliki karakteristik unik yang tidak dimiliki oleh komponen-komponen dari sistem tersebut. Karakteristik ini terbentuk karena adanya interaksi-interaksi antar komponen-komponen dalam sistem tersebut.

Dalam memahami sistem ada dua cara yang umum dilakukan:

- Mempelajari/menganalisis bagaimana komponen-komponen dari sistem bekerja sehingga kita mendapatkan hasil berupa pengetahuan mengenai kerja sistem tersebut

- Melakukan proses sintesis di mana kita melihat sistem secara keseluruhan sehingga mendapatkan hasil berupa pemahaman akan sistem tersebut. Cara ini merupakan prinsip dasar dari berpikir sistem

### 2.3.3 Sistem Dinamis

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

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

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

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

merasuk dalam jiwanya. Singkatnya, berbagai pengalaman yang diperolehnya dengan melakukan banyak proyek di berbagai bidang, dari teknologi rendah hingga teknologi tinggi mendorongnya untuk menggabungkan kedua konsep tersebut, yaitu kekompleksan dan dinamika sistem dengan komputer.

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

#### 1. Ruang lingkup yang tertutup

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

#### 2. *Loop* umpan balik sebagai komponen dasar sistem

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

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

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

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

Suatu sistem yang dinamis akan memperlihatkan adanya kondisi yang menjadi tujuan sistem dan kondisi yang saat ini terjadi. Oleh karena ada

kemungkinan kondisi yang ingin dicapai belum terjadi maka terjadi perbedaan yang mendasari perubahan dalam sistem.

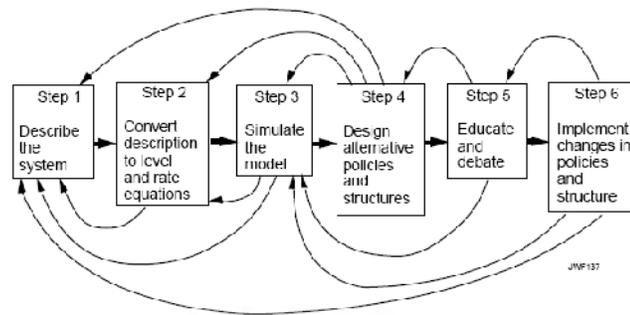
Setiap gejala, baik fisik maupun non-fisik, bagaimanapun kerumitannya, dapat disederhanakan menjadi struktur dasar yaitu mekanisme dari masukan, proses, keluaran, dan umpan balik. Mekanisme kerja berkelanjutan yang menunjukkan adanya perubahan menurut waktu bersifat dinamis. Perubahan tersebut menghasilkan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

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

#### 2.3.4 Proses Permodelan Sistem Dinamis

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

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



**Gambar 2.10 Proses Sistem Dinamik**

(Sumber: Forrester, 1994, hal.4)

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

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

### 2.3.5 Sumber Informasi dalam Pembuatan Model Simulasi

Pembuatan suatu model membutuhkan sumber informasi yang tepat. Sumber informasi yang digunakan dalam pembuatan model dari suatu sistem sangat beragam dan dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu data mental,

data tertulis dan data numerik. Dari ketiga jenis sumber informasi ini, data mental memiliki kandungan informasi paling banyak dan data numerik memiliki kandungan informasi paling sedikit.

#### ***2.3.5.1 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.

#### ***2.3.5.2 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.

#### ***2.3.5.3 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.

#### 2.3.6 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:

- 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.

- Umpan balik negatif

Suatu umpan balik disebut negatif apabila peningkatan pada suatu variabel akan mengakibatkan penurunan pada variabel yang sama. Umpan balik negatif

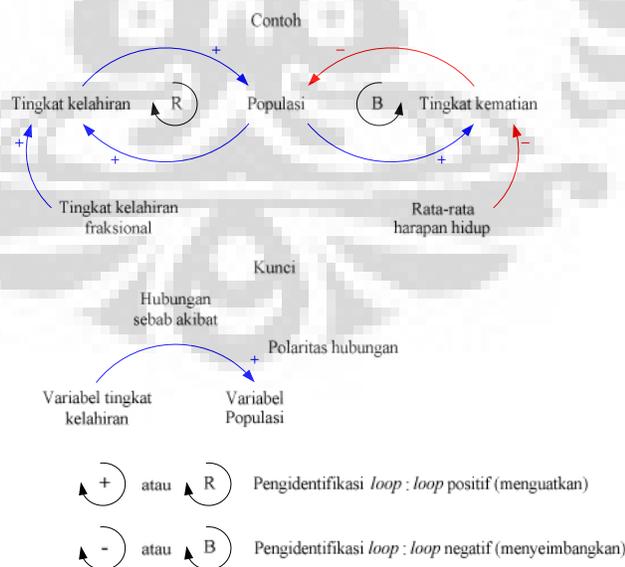
bersifat menyetabilisasi sistem atau menyeimbangkan sistem. Umpan balik negatif dapat ditemui pada sistem yang memiliki perilaku dengan pola osilasi.

### 2.3.7 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, hal. 137) :

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

Diagram *loop* sebab akibat terdiri dari variabel-variabel yang dihubungkan oleh tanda panah yang menunjukkan pengaruh sebab akibat di antara variabel-variabel tersebut. *Loop* umpan balik juga diidentifikasi di dalam diagram. Berikut merupakan cara yang umum digunakan untuk menggambarkan hubungan sebab akibat:



**Gambar 2.11** Cara Penulisan Diagram Loop Sebab-Akibat

(Sumber : Sterman, 2000, hal. 138)

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

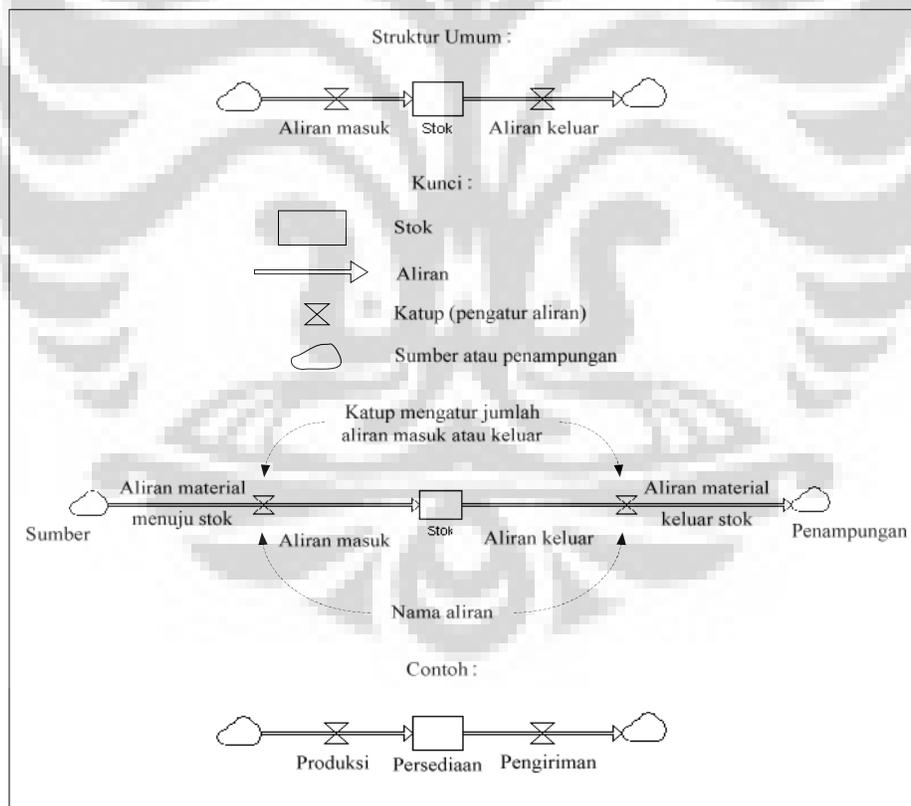
**Gambar 2.12 Polaritas Hubungan**

(Sumber : Sterman, 2000, hal. 139)

### 2.3.8 Diagram Alir (*Stock and Flow Diagram*)

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

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



**Gambar 2.13** Cara Penulisan Diagram Alir

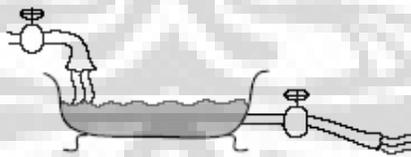
(Sumber : Sterman, 2000, hal. 193)

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. 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 dikurangi air yang mengalir keluar melalui saluran pipa dengan asumsi tidak ada percikan dan penguapan.



**Gambar 2.14 Analogi Hidrolik**

(Sumber: Sterman, 2002, hal. 508.)

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

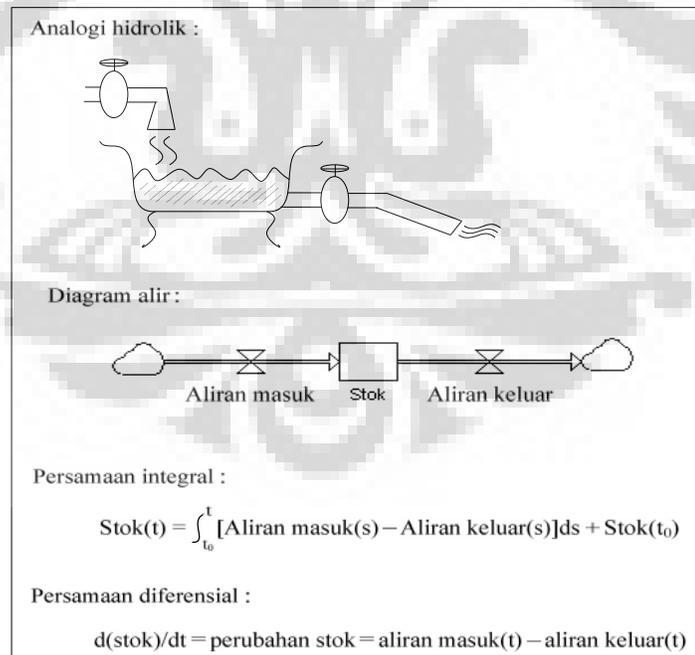
tingkat perubahan dari stok. Oleh karena itu, struktur yang digambarkan dalam gambar 2.10 di atas sesuai dengan persamaan integral berikut ini :

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

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:



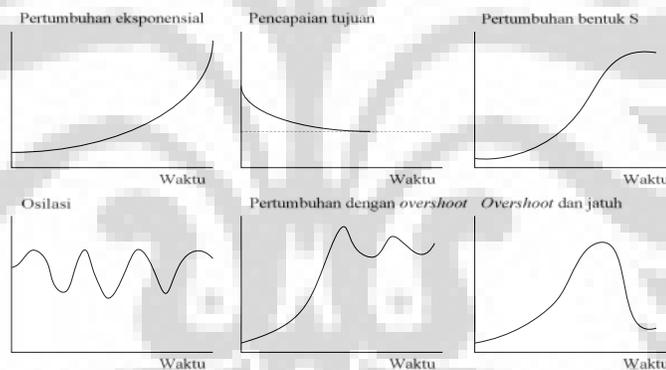
**Gambar 2.15 Representasi Struktur Diagram Alir**

(Sumber : John D. Sterman, 2000, hal. 194)

### 2.3.9 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 2.16** Perilaku Model secara Umum

(Sumber : Sterman, 2000, hal. 108)

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

### 2.3.10 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" (Stermann, 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 Stermann.

**Tabel 2-2 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 2-2 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 imbanan 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 2.2 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?	Perilaku respon model terhadap input tes, <i>shock event</i> dan <i>noise</i>

Tabel 2.2 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 signifikan	Gunakan metode optimasi untuk mendapatkan parameter dan kebijakan terbaik
		Kapan asumsi terhadap parameter, batasan dan agregasi bervariasi pada <i>range</i> kemungkinan ketidakpastian?	Gunakan metode optimasi untuk mendapatkan kombinasi parameter yang menghasilkan ketidakmungkinan atau <i>reverse policy outcomes</i>
12	Perbaikan sistem	Apakah proses <i>modeling</i> membantu merubah sistem menjadi lebih baik?	Desain percobaan terkontrol dengan perlakuan dan kontrol grup, tugas acak, penilaian sebelum dan sesudah intervensi

(Sumber : Sterman, 2000, hal. 859)

### 2.3.11 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.

## 2.4 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 untuk dihitung sebagai dasar kemakmuran Negara tersebut. Perbedaan antara ekonomi makro dan mikro adalah :

- Ekonomi Mikro

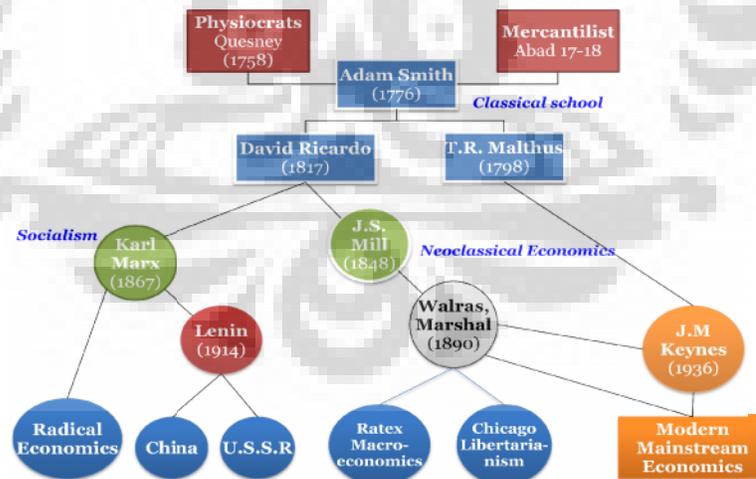
- memusat perhatian pada kegiatan ekonomi individual atau kelompok individu tertentu,
- Mengabaikan hubungan keterkaitan antar pasar & mengasumsikan bahwa hal-hal lain yang terjadi di luar pasar tidak berubah

- 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

#### 2.4.1 Prinsip-prinsip Dasar Makro Ekonomi Keynes

Dalam prinsip ekonomi makro juga dikenal berbagai macam mazhab atau aliran pemahaman ekonomi yang dicetuskan oleh pemikir pemikir kenamaan ekonomi di dunia, peta historis pemikiran ekonomi dapat dilihat sebagai berikut :



**Gambar 2.1 Peta Historis Pemikiran Ekonomi Dunia**

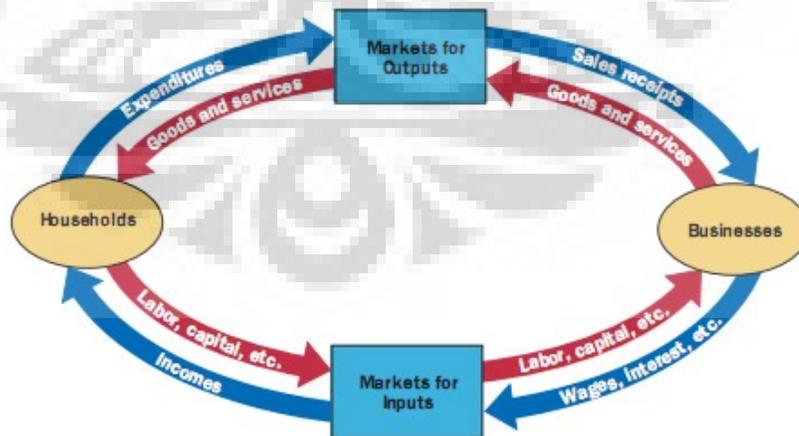
(Sumber: The Macro Economy Today, McGraw-Hill)

John Maynard Keynes, yang saat ini merupakan seorang tokoh yang cara pandanganya terhadap ekonomi menjadi sebuah landasan baru dalam menjalankan

roda roda ekonomi sebuah Negara berpendapat bahwa Negara tidak dapat hanya berperan sebagai pemain dan membiarkan “tangan tangan yang tak terlihat membiarkan ekonomi berjalan dengan semestinya”, Keynes berpendapat bahwa Negara harus berperan aktif sebagai regulator ekonomi, berperan sebagai jembatan dan wasit di dunia ekonomi, pendapat ini tentunya berbeda dengan pendapat dari Adam Smith yang mengatakan bahwa campur tangan pemerintah tidak dibutuhkan dalam ekonomi, dimana aturan dan pergerakan dari ekonomi itu sendiri akan dengan sendirinya mengatur diri menjadi seimbang.

#### 2.4.1.1 Aliran Ekonomi

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. Pada prinsip pemahaman ekonomi Keynesian, aliran ekonomi berawal dari konsumsi rumah tangga yang dipenuhi oleh perusahaan dan Negara sebagai sumber produksi, namun pada prinsip ini Negara tidak hanya menjadi pemain aktif dalam pasar, namun Negara juga berperan sebagai regulator dan penyeimbang pasar, dimana Negara mampu mengeluarkan peraturan yang menjaga pasar berjalan dengan semestinya. Aliran lengkap dari ekonomi berdasarkan prinsip Keynesian dapat digambarkan seperti gambar berikut ini,



**Gambar 2.2 Siklus aliran barang dan jasa**

(Sumber: The Macro Economy Today, McGraw-Hill)

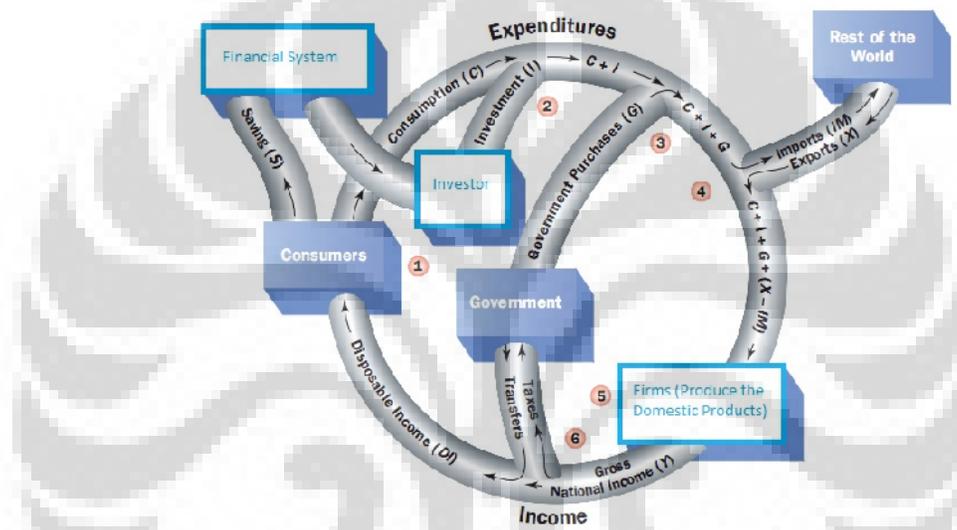
Dalam gambar diatas dapat dijelaskan bahwa ekonomi berjalan diawali dengan adanya konsumsi dari rumah tangga (*consumer*), dimana konsumsi dari rumah tangga ini akan menjadi permintaan yang akan dipenuhi oleh perusahaan. Selain konsumsi faktor lainnya adalah investasi yang dikeluarkan oleh rumah tangga; 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 peminjamana 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 Propensity 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.

#### **2.4.1.2 Peran Pemerintah dalam Ekonomi**

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. Bentuk peranan yang menyerupai siklus ini disebut siklus ini disebut siklus ekonomi, untuk lebih jelas siklus ekonomi dapat dilihat seperti gambar dibawah ini:



**Gambar 2.3 Gambar Siklus Ekonomi menurut Mazhab Keynesian**

(Sumber: The Macro Economy Today, McGraw-Hill)

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

#### 2.4.2 Faktor Produksi Ekonomi : Persamaan Cobb-Douglas

Dalam ekonomi, produksi merupakan indikator utama pengukuran kemakmuran dari sebuah Negara, dan untuk mampu melakukan produksi dibutuhkan faktor-faktor penunjang, Fungsi produksi Cobb-Douglas diperkenalkan oleh Cobb, C.W dan Douglass, P.H (1928), dalam artikelnya “*A Theory of Production*”. Artikel ini dimuat dalam majalah *American Economic Review* 18, halaman 139-165. faktor-faktor tersebut digambarkan oleh persamaan Cobb-Douglas, persamaan tersebut digambarkan seperti dibawah ini.

$$Y = K^{\alpha} L^{\beta} E^{(1-\alpha-\beta)}$$

Dimana:

$Y$  = Nilai produksi sebuah Negara       $E$ =Jumlah Energi dibutuhkan Negara

$K$  = Kapitalisasi modal produksi Negara    dan    = Konstanta

$L$  = Jumlah tenaga kerja sebuah Negara

Dari persamaan diatas terlihat jelas persamaan dan hubungan yang terjadi antara faktor Ekonomi (yang dilambangkan oleh kapitalisasi modal, faktor Sosial (Ketersediaan tenaga kerja) dan faktor energy (dilambangkan dengan jumlah energy yang dibutuhkan), lebih dari itu jurnal ini membahas bagaimana korelasi yang terbangun antara tiap sektor, dimana sebagai ilustrasi digambarkan bagaimana kenaikan permintaan energi pada sebuah sektor mampu memicu pergerakan harga (dalam hal ini inflasi) yang nantinya juga akan mempengaruhi besarnya penerimaan dari sektor sektor lain sehingga total produksi dari sektor tersebut bisa saja berkurang, maupun bisa saja meningkat apabila peningkatan permintaan dapat diimbangi oleh peningkatan penawaran sehingga peningkatan permintaan tersebut dapat menjadi stimulus terhadap produksi sektor yang berkaitan dan dampak dari permintaan yang dapat diimbangi oleh penawaran adalah dampak yang disebut efek pengali, dimana sebuah permintaan mampu meningkatkan produksi di sektor lainnya.

#### **2.4.2.1 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.

#### **2.4.2.2 Faktor Tenaga Kerja**

Pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan angkatan kerja (yang terjadi beberapa tahun kemudian setelah pertumbuhan penduduk) secara tradisional dianggap sebagai salah satu faktor 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 negativenya 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.

#### **2.4.2.3 Faktor Energi**

Pertumbuhan ekonomi juga mengakibatkan adanya pertumbuhan dalam permintaan energi, menurut *International Energy Agency* (IEA), yaitu sebuah badan di bawah naungan kelompok negara OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*), dalam laporan tahunannya yang bertajuk *World Energy Outlook 2008* (WEO 2008) (International Energy Agency (IEA), 2008), konsumsi tahunan energi primer dunia pada tahun 2008 berada di level 12.000 MTOE (juta ton of oil equivalent); meliputi minyak, batu bara, gas, biomassa, nuklir, hidro, dan energi terbarukan lainnya. Bila diproyeksikan ke depan, konsumsi tahunan energi dunia di tahun 2030

diprediksi berada di level 17.000 MTOE. Angka prediksi ini sudah mengakomodir skenario berbagai kebijakan/policies yang sudah dibuat dan diimplementasikan berbagai negara di dunia sampai tahun 2008. Dalam pengertian, jika setelah tahun 2008 tidak ada lagi kebijakan baru yang bisa men-trigger upaya penghematan dan diversifikasi energi lebih lanjut, maka angka ramalan konsumsi energi dunia di tahun 2030 tersebut sangat besar kemungkinan bisa terjadi.

Pertambahan konsumsi energi dunia dalam 20 tahun ke depan didominasi oleh negara-negara non-OECD yang nota bene merupakan negara-negara berkembang di Timur Tengah, Afrika, Eropa Timur (Eurasia), Amerika Latin, dan negara-negara Asia lainnya termasuk Indonesia, serta dua negara yang bakal menjadi raksasa ekonomi dunia, yaitu China dan India. Hal ini bisa difahami karena sebagian besar negara-negara non-OECD ini sedang mengalami proses industrialisasi dan sedang dalam proses meningkatkan taraf hidup warganya, sehingga diperlukan tambahan pasokan energi yang lebih banyak dari tahun ke tahun untuk mencukupi kebutuhan energinya hingga sampai mencapai titik ekuilibrium tertentu. Separuh dari pertambahan permintaan energi dunia dalam dua dasawarsa mendatang akan dipakai untuk memenuhi pertumbuhan konsumsi energi di China dan India (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 2008).

Energi fosil mendominasi konsumsi energi dunia hingga 80% dari bauran energi (energy mix) di tahun 2030. Pemanfaatan batubara meningkat paling tajam di antara ketiga jenis energi fosil tersebut. Permintaan minyak bumi meningkat dari level 85 juta barel per hari pada tahun 2008 menjadi 106 juta barel per hari di tahun 2030 dengan porsi 30% dari total bauran energi primer. Penambahan produksi minyak untuk memenuhi kebutuhan dunia dalam 20 tahun mendatang diharapkan datang dari negara-negara OPEC yang memiliki jumlah cadangan besar dan biaya produksi relative. Di sisi lain, negara-negara OECD menunjukkan penambahan kebutuhan energi yang jauh lebih kecil dibandingkan negara-negara non-OECD (BP plc, June 2009). Negara-negara OECD bahkan diprediksi mampu menurunkan konsumsi minyak bumi sekitar 2,7 juta barel per hari di tahun 2030. Negara-negara OECD yang sebagian besar merupakan negara-negara industri

maju memang memiliki potensi mampu melakukan penghematan dan diversifikasi energi karena didukung oleh beberapa faktor: budaya efisien, kurva *supply-demand* energi dapat dikatakan sudah mencapai titik ekuilibrium sehingga angka elastisitas energinya kecil – bahkan beberapa negara di Eropa Barat ada yang elastisitasnya negatif, memiliki kekuatan finansial, serta memiliki kemampuan iptek (ilmu pengetahuan dan teknologi)(Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 2008). Menurut skenario dalam WEO 2008, produksi minyak dunia akan bisa memenuhi kebutuhan sampai 20 tahun mendatang asalkan ada penambahan investasi secara terus menerus untuk membiayai kegiatan eksplorasi dan peningkatan teknologi – termasuk teknologi laut dalam dan teknologi EOR (Enhanced Oil Recovery) bagi lapangan-lapangan minyak yang akan mengalami penurunan produksi (*declining*)(International Energy Agency (IEA), 2008). Dengan adanya tambahan investasi ini diharapkan adanya tambahan temuan cadangan minyak baru dan tambahan produksi baru.

#### **2.4.2.4 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).

### **2.4.3 Pendapatan Nasional**

Salah satu tolak 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).

#### ***2.4.3.1 Pendapatan Domestik Bruto***

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.

Untuk menghitung PDB suatu Negara 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 nasional 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 negara.

#### **2.4.4 Ekonomi dan Dampak Sosial**

Pembangunan dan peningkatan ekonomi tentunya memiliki dampak sosial dimana tujuan utama dari sistem ekonomi adalah tercapainya kemakmuran sebuah Negara yang dilihat dari indikator indikator sosial, indikator seperti jumlah orang miskin dan pengangguran menjadi topic pembicaraan utama dalam makro ekonomi.

##### ***2.4.4.1 Ekonomi dan Pengangguran***

Gambaran secara menyeluruh dari kondisi perekonomian suatu daerah dapat diperoleh dengan mengukur dengan tingkat pertumbuhan ekonominya yang

kita kenal dengan konsep Produk Domestik Bruto (PDB) sebagai salah satu indikator makro ekonomi. Dalam konsep penghitungan PDB, yang dihitung adalah nilai bruto dari seluruh barang dan jasa yang dihasilkan oleh semua unit ekonomi dalam wilayah yang diukur. Salah satu aspek untuk melihat kinerja perekonomian adalah seberapa efektif penggunaan sumber-sumber daya yang ada sehingga lapangan pekerjaan merupakan perhatian dari pembuat kebijakan. Angkatan kerja merupakan jumlah total dari pekerja dan pengangguran, sedangkan pengangguran merupakan persentase angkatan kerja yang menganggur (Bank Indonesia, 2009).

Pertumbuhan ekonomi dan pengangguran memiliki hubungan yang erat karena penduduk yang bekerja berkontribusi dalam menghasilkan barang dan jasa sedangkan pengangguran tidak memberikan kontribusi. Studi yang dilakukan oleh ekonom Arthur Okun mengindikasikan hubungan negatif antara pertumbuhan ekonomi dengan pengangguran, sehingga semakin tinggi tingkat pengangguran, semakin rendah tingkat pertumbuhan ekonomi.

#### **2.4.4.1 Ekonomi dan Kemiskinan**

Proses pembangunan memerlukan *Gross National Product (GNP)* yang tinggi dan pertumbuhan ekonomi yang cepat. Dibanyak negara syarat utama bagi terciptanya penurunan kemiskinan yang tetap adalah pertumbuhan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi memang tidak cukup untuk mengentaskan kemiskinan tetapi biasanya pertumbuhan ekonomi merupakan sesuatu yang sangat dibutuhkan, walaupun begitu pertumbuhan ekonomi yang bagaimanapun menjadi tidak akan berarti bagi masyarakat miskin jika tidak diiringi dengan penurunan yang tajam dalam pendistribusian atau pemerataannya.

### **2.4.5 Ekonomi dan Lingkungan Hidup**

#### **2.4.5.1 Produksi, Permintaan Energi dan Lingkungan Hidup**

Konsumsi bahan bakar fosil yang besar sesudah revolusi industri selain memberikan kepraktisan dan kenyamanan dalam kehidupan manusia, juga menyebabkan peningkatan populasi secara drastis. Sebelum revolusi industri,

penduduk bumi hanya meningkat sedikit, di awal abad 18 populasi dunia menjadi sekitar 600 juta jiwa. Sesudah revolusi industri jumlah penduduk mulai meningkat dengan cepat, berdasarkan estimasi tahun 1999 sekitar 6 milyar orang mendiami bumi. Jadi, penduduk dunia dari sejak kemunculan manusia hingga abad 18 dalam waktu beberapa juta tahun hanya meningkat menjadi 600 juta orang, tetapi sesudah revolusi industri hanya dalam waktu 300 tahun bertambah menjadi 5 milyar orang. Penduduk dunia di abad 21, pada tahun 2050 akan mencapai 15 milyar (United Nations, 2009), sebagian besar penambahan penduduk diperkirakan terjadi di negara berkembang. Akibat pertumbuhan ini antara lain terjadi kekurangan pangan dan konsumsi energi dalam jumlah besar. Konsumsi energi dunia pada tahun-tahun terakhir meningkat pesat. Hampir semua energi yang dikonsumsi adalah bahan bakar fosil berupa batubara, minyak dan gas alam, selebihnya adalah energi nuklir atau tenaga air. Sebagai akibat dari konsumsi energi yang besar ini (khususnya bahan bakar fosil), negara-negara industri maju mengalami pertumbuhan ekonomi yang besar, masyarakat menjalani kehidupan dengan makmur. Selanjutnya diperkirakan populasi akan meningkat dengan pesat, negara-negara berkembang mengejar pertumbuhan ekonomi untuk meningkatkan taraf hidupnya, dan seiring dengan meningkatnya GDP, dibutuhkan energi dalam jumlah sangat besar (Blackburn, 2007)

Sebagai akibatnya, seperti yang sudah ditunjukkan di atas, muncul masalah polusi lingkungan yang menyertai konsumsi energi dalam jumlah besar. Pada awalnya akibat konsumsi batubara yang besar, daerah di sekitar pabrik penuh asap, polusi udara karena materi beracun seperti jelaga dan asam sulfat mengganggu kesehatan pekerja dan penduduk. Terakhir, timbul masalah pemanasan global akibat CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, dan ini memberikan pengaruh yang besar kepada kebijakan energi di tiap-tiap negara, dan walaupun telah dilakukan diskusi secara internasional, akan sangat sulit untuk menemukan cara menekan CO<sub>2</sub>, karena CO<sub>2</sub> dikeluarkan dari rentang aktivitas yang luas. Dengan latar belakang ledakan penduduk semacam ini, untuk pertumbuhan atau mempertahankan ekonomi dibutuhkan konsumsi sumberdaya dan energi dalam jumlah besar, yang akibatnya akan muncul rangkaian sebab akibat berupa memburuknya lingkungan. Hubungan erat antara pertumbuhan

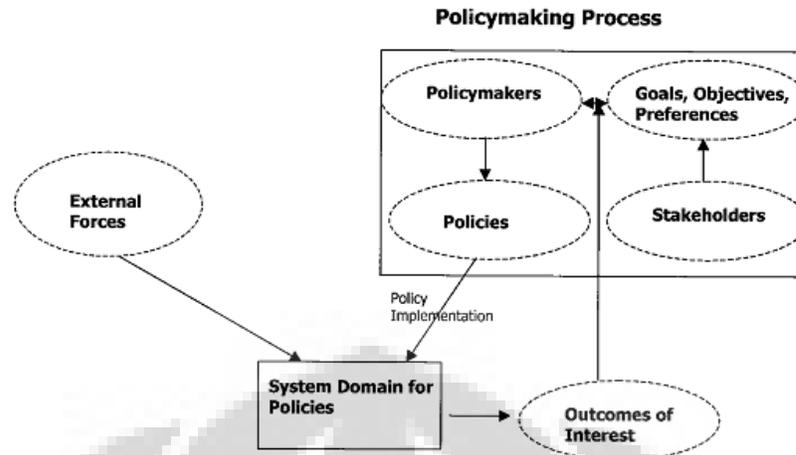
ekonomi, sumberdaya energi dengan masalah lingkungan disebut masalah trilema, dan saat ini sepertinya belum ada kebijakan untuk mengatasi hal ini

## 2.6 Analisa Kebijakan

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

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

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



Gambar 2.10 Proses Pembuatan Kebijakan

Pendekatan analisa kebijakan bekerja dalam sebuah deskripsi sistem integral dalam bidang kebijakan sebagaimana ditunjukkan dalam **gambar 2.10**. Inti dari deskripsi sistem ini adalah sebuah model yang merepresentasikan domain kebijakan. Dalam **gambar 2.10**, tampak adanya dua set pengaruh eksternal yang bekerja pada sistem, yaitu: *external forces* (faktor eksternal) yang berada di luar kendali actor-aktor dalam domain kebijakan serta *policy change* (perubahan kebijakan). Kedua pengaruh eksternal tersebut berkembang di luar batas sistem dan dapat mempengaruhi struktur dari sistem ini sendiri. Perkembangan dari kedua set pengaruh eksternal ini melibatkan faktor ketidakpastian yang sangat tinggi, sebagai akibatnya, kedua set pengaruh eksternal itu sendiri menjadi tidak pasti.

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

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

## 2.7 Regresi Linear

Dalam statistik, regresi linear digunakan untuk dua hal berikut:

- Untuk membentuk formula sederhana yang dapat memprediksi nilai suatu variabel dengan menggunakan nilai variabel lainnya.
- Untuk menguji apakah dan bagaimana satu variabel berhubungan dengan variabel lainnya.

Regresi linear adalah bentuk analisa regresi di mana hubungan antara satu atau lebih variabel independen serta variabel dependen, dimodelkan dengan sebuah fungsi *least square*, yakni persamaan *least square*. Fungsi ini merupakan kombinasi linear antara satu atau lebih parameter model. Kata “*linear*” di sini tidak mengacu kepada garis lurus, tetapi kepada cara bagaimana koefisien regresi muncul dalam persamaan regresi.

### 2.7.1 Model Teoritis

Sebuah model dari regresi linear multiple adalah seperti berikut:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \cdots + \beta_p X_{ip} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n$$

Model yang tidak mengikuti spesifikasi ini dapat diberikan perlakuan statistik melalui regresi nonlinear. Sebuah model regresi linear tidak harus merupakan sebuah fungsi dari variabel independen. Linear dalam konteks ini berarti  $Y_i$  linear dengan parameter  $\beta_i$ .

### 2.7.2 Asumsi Dasar

Asumsi dasar dari regresi linear menyertakan asumsi bahwa sampel dipilih secara acak dari populasi, dengan variabel dependen mengikuti garis yang ada dan *error* mengikuti distribusi normal dan identik.

$$E(Y_i | X_i = x_i) = \alpha + \beta x_i$$

Dengan asumsi ini, sebuah formula yang ekuivalen dengan regresi linear sederhana yang menunjukkan secara eksplisit regresi linear sebagai sebuah model dari *conditional expectation* adalah seperti pada persamaan di atas.



## **BAB 3**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini, akan dibahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data. Seperti yang telah dijelaskan pada bab 2, data-data yang dikumpulkan dapat berupa data tertulis, data numerik maupun data mental. Alur pengumpulan dan pengolahan data dimulai dari pengolahan terhadap data mental untuk mengidentifikasi permasalahan dan kondisi yang ada. Dari konsep permasalahan yang dipahami pada data mental, 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 Data Mental**

Pada bagian ini dilakukan pembahasan mengenai pengumpulan data-data yang digunakan sebagai landasan dalam pembentukan konsep terhadap permasalahan yang ada di dalam industri biodiesel. Konsep yang telah didapatkan dan dipahami dari data-data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan kerangka berpikir sebagai landasan dalam pembuatan model simulasi serta sebagai acuan dalam menentukan pengumpulan dan pengolahan data tertulis dan data numerik.

##### **3.1.1 Pengumpulan Data Mental dari Jurnal Penelitian**

Bagian ini membahas mengenai pengumpulan data mental yang diperoleh dari jurnal penelitian yang meneliti tentang permasalahan yang terdapat di dalam program pengembangan bahan bakar nabati dari sudut pandang berpikir system sehingga nantinya akan didapatkan sebuah hipotesis dinamik

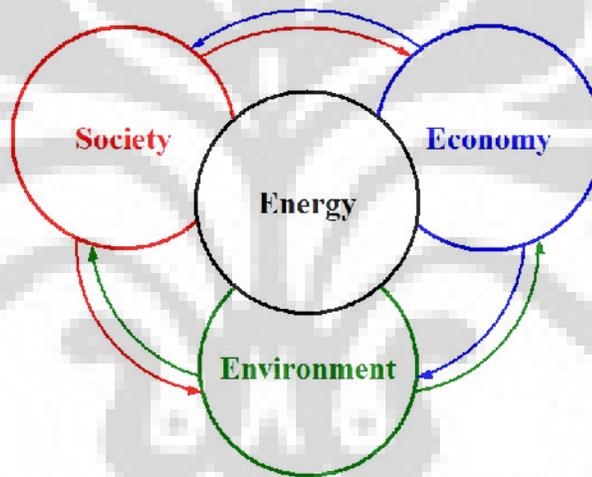
### ***3.1.1.1 Dampak Sektor Energi pada Aspek Keberlanjutan Negara, sebuah Pemahaman dari Jurnal Modeling US Energy with Threshold 21***

Amerika Serikat saat ini sedang menghadapi sebuah kesulitan yang berkaitan satu sama lainnya, pengamat mengatakan bahwa problem yang dihadapi oleh pemerintahan Amerika Serikat saat ini merupakan problem sistemik dimana satu sector akan mempengaruhi bahkan menambah buruk keadaan disektor lain. Hal ini tercermin dari nilai hutang domestic Amerika yang semakin membumbung tinggi, keuangan mereka bergantung secara besar terhadap Republik Rakyat China, serta neraca perdagangan mereka yang semakin hari menumpuk nilai deficit, menjadikan Amerika sebagai sebuah Negara yang sebenarnya sedang dilanda penyakit yang akut. Ditambah pula dengan nilai kebergantungan Amerika yang sangat besar pada komoditas energy dari Negara lain dan kompetisi yang makin ketat terhadap suplai energy dengan China dan India makin membuat kondisi Amerika saat ini sedang terdesak. Pada tahun 2008 menjelang akhir kepemimpinannya, Presiden George W. Bush mengajukan proposal perubahan system keamanan sosial yang menurut klaimnya mampu mengatasi permasalahan multi dimensional yang saat ini sedang dihadapi oleh Amerika Serikat. Dalam pidatonya, Presiden Bush juga menitikberatkan bahwa perubahan system kemanan sosial ini juga nantinya mampu menunjang berbagai isu lainnya (seperti: Perang melawan terorisme, keamanan dalam negeri, ketergantungan akan sumber energy dari pihak asing).

Masyarakat yang semakin bingung akan hadirnya isu yang rumit seperti ini menjadi tidak mampu memberikan pandangan yang tepat terhadap kebijakan yang dijalankan oleh pemerintah, untuk itulah dibutuhkan sebuah metode yang mampu meningkatkan pemahaman dan pengertian masyarakat terhadap isu rumit yang sedang berkembang seperti ini. Model T-21 yang berbasis pada permodelan menggunakan dasar-dasar system dinamis menjadi sebuah pilihan yang baik untuk mampu menggambarkan relasi dan ketergantungan sebuah sector terhadap sector lainnya (Bassi, 2008). Tujuan utama dari model T-21 adalah menggambarkan dan mengevaluasi sebuah dampak dari kebijakan sebuah sector terutama pada sector energy terhadap sector lainnya. Relasi makro dari model ini ditunjukkan oleh gambar 3-1

Pada gambar 3-1 diperlihatkan bahwa terdapat 4 aspek utama dalam model yang dibangun yang juga merupakan 4 aspek utama dalam sebuah negara. Aspek-aspek tersebut adalah:

- 1 Aspek Ekonomi = Dilambangkan sebagai indikator utama kemakmuran sebuah Negara yang berasal dari perhitungan nilai Pendapatan Domestik Bruto, nilai akumulasi investasi, nilai produksi sektoral (pertanian, industry dan jasa)
- 2 Aspek Sosial = Dilambangkan sebagai indikator utama kemajuan dari struktur sosial sebuah negara dimana yang berasal dari perhitungan jumlah tenaga kerja, pemerataan pendapatan dan jumlah



**Gambar 3.0.1 Gambar Relasi Makro Model T-21**

- 3 Aspek Lingkungan Hidup = Dilambangkan sebagai indikator utama dari keberlanjutan sebuah stuktur, dimana unsure lingkungan hidup menjadi basis dari modal lainnya. Aspek lingkungan hidup diwakili oleh indikator seperti jejak karbon nasional per kapita, ketersediaan *Biocapacity*, dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil.

Ketiga aspek ini akan dielaborasi oleh sebuah aspek lainnya yang tidak kalah penting yaitu aspek energy. Dalam elaborasi energy kepada tiga aspek lainnya, energy akan memegang peranan kunci sebagai jembatan antara hubungan ketergantugna sebuah aspek terhadap aspek lainnya. Aspek energy secara nyata



merupakan sebuah aspek yang berdiri sendiri secara independen, aspek energi juga dipengaruhi oleh aspek lainnya. Aspek lainnya yang mempengaruhi aspek energi antara lain adalah aspek sosial dan ekonomi, dimana kenaikan permintaan, suplai energi dan pergerakan harga dari energi dipengaruhi oleh aspek aspek sosial dan ekonomi, sebagai ilustrasi ketika aspek sosial berupa populasi meningkat maka seyogyanya kebutuhan akan energi juga akan meningkat seiring dengan peningkatan dari populasi itu sendiri, selain hal itu faktor suplai energi juga dapat dipengaruhi oleh peningkatan nilai teknologi nasional, yang akan meningkatkan efektifitas maupun efisiensi dari produksi sektor energi, sedangkan faktor teknologi juga dipengaruhi secara langsung oleh faktor ekonomi yaitu investasi dalam setiap sektor produksi maupun dipengaruhi oleh pengeluaran pemerintah untuk pendidikan yang secara langsung dapat meningkatkan tingkat teknologi dimana tingkat teknologi tersebut akan memberikan umpan balik dalam mempengaruhi faktor faktor lainnya.

Pada intinya, melalui penjelasan dan *causal loop diagram* dari jurnal penelitian ini didapatkan pemahaman mengenai struktur interaksi antara sistem ekonomi, sosial dan lingkungan hidup di sebuah negara sebagai berikut:

- Adanya interaksi timbal balik antara faktor ekonomi, sosial dan lingkungan hidup yang dijumpai oleh faktor teknologi dan produksi
- Aspek energi juga menjadi jembatan dan akselerator dalam interaksi faktor faktor ekonomi, sosial dan lingkungan hidup dimana faktor energi menjadi batasan dan penyeimbang terhadap kemajuan yang terjadi
- Terlihatnya batasan pertumbuhan (*Limits to growth*) dari model ini yang mengakibatkan bahwa pertumbuhan ekonomi maupun lainnya terbatas oleh *reinforcing loop* yang ada dalam model

### **3.1.1.2 Peranan Sektor Ekonomi dalam Aspek Lingkungan Hidup, sebuah Pemahaman dari Jurnal *Production functions for climate policy modeling: An empirical analysis***

Pertumbuhan ekonomi sering sekali dianggap menjadi penyebab utama kerusakan lingkungan dimana modal utama dari pertumbuhan ekonomi sesuai dengan fungsi produksi Cobb-Douglas adalah tenaga kerja, modal financial dan energi, sehingga untuk meningkatkan keluaran produksi maka peningkatan ketiga faktor tersebut mutlak diperlukan.

Peningkatan pada ketiga faktor tersebut memberikan diindikasikan memberikan dampak negatif bagi lingkungan hidup karena mengambil sumber daya alam yang terbatas, sehingga sumber daya yang tersedia semakin berkurang, selain itu peningkatan produksi ekonomi yang memerlukan sejumlah energi untuk mampu memproduksi akan mengeluarkan emisi dan polutan dalam menunjang kegiatan, sehingga yang terjadi adalah semakin meningkatnya polusi dan zat zat pencemar yang terlepas ke lingkungan.

Melihat indikasi-indikasi kurang baik dari kegiatan produksi ekonomi ini, maka diperlukan sebuah model atau alat yang mampu menghitung seberapa besar dampak lingkungan terutama perubahan iklim yang menjadi isu bersama seluruh warga dunia yang dihasilkan oleh kegiatan ekonomi sebuah Negara, pada jurnal ini digunakan pendekatan model matematis untuk menghitung seberapa besar peningkatan produksi ekonomi berpengaruh pada indikator indikator lingkungan hidup seperti besarnya emisi karbon dioksida yang dihasilkan.

Menggunakan pendekatan *Constant Elasticity of Substitution* dan data data yang didapatkan dari 12 Negara-negara OECD model ini bertujuan menemukan elastisitas dari perubahan iklim yang ditunjukkan oleh indikator indikator lingkungan terhadap peningkatan produksi sebagai kesimpulan empiris terhadap hubungan antara pertumbuhan produksi dengan menurunnya kualitas lingkungan hidup.

Dari hasil yang ditampilkan oleh jurnal ini ditunjukkan bahwa, secara empiris memang terbukti terdapat elastisitas terhadap peningkatan produksi ekonomi

dengan kebutuhan sumberdaya yang akan mengakibatkan berkurangnya kualitas lingkungan hidup, dan secara empiris faktor antara dari ekonomi ke lingkungan hidup adalah faktor energi, sehingga model ini menyarankan untuk mereduksi perusakan lingkungan adalah dengan menyiapkan set kebijakan yang mampu mengintervensi konsumsi energi.

### ***3.1.1.3 Keterkaitan sektor Ekonomi dengan Sektor Energi dan Sosial, sebuah Pemahaman dari Jurnal Brazil: The Challenges in Becoming an Agricultural Superpower***

Brazil merupakan sebuah Negara yang seringkali menjadi model bagi Negara lain dalam hal penerapan diversifikasi energi melalui sumber nabati, karena Brazil adalah Negara yang sukses dalam pengembangan Bio-ethanol sebagai sumber energi alternatif.

Dimulai dengan strategi pemerintah Brazil dalam pengembangan sektor pertaniannya lewat *Vargas Project*, sektor pertanian Brazil terutama tebu mampu melonjak dengan sangat tinggi, sehingga suplai dari tebu sendiri melebihi kebutuhan akan tebu dalam negeri. Kelebihan suplai ini dimanfaatkan oleh pemerintah Brazil dengan mendorong pemanfaatan lain dari tebu yaitu dengan konversi kedalam bentuk energi yaitu Bio-ethanol ketimbang elakukan ekspor secara besar-besaran

Rencana ini terbukti memberikan banyak sekali manfaat bagi masyarakat dan pemerintah Brazil. Produksi pertanian meningkat dengan adanya kebijakan ini, walaupun efek secara langsung hanya dinikmati oleh petani tebu namun terjadi efek *multiplier* bagi sektor produksi pertanian lainnya, sehingga keluaran produksi pertanian pun meningkat.

Peningkatan produksi pertanian ini memberikan efek positif bagi perekonomian secara nasional, peningkatan produksi pertanian memberikan Brazil kemampuan untuk mendukung populasinya yang semakin membesar, dengan produksi pertanian ini daya dukung Brazil menjadi tinggi sehingga jumlah angkatan kerja mereka yang besar tidak perlu tergantung dengan komoditi pertanian ekspor. Kemampuan produksi jagung Brazil pun akhirnya mampu

melebihi permintaan dalam negeri, sehingga timbul kekhawatiran bahwa nilai komoditi jagung akan turun karena adanya kelebihan suplai tersebut, dan untuk mengatasi permasalahan tersebut pemerintah Brazil melakukan konversi Jagung ke Bio-ethanol sehingga petani jagung Brazil tetap memiliki tempat untuk menjual hasil kelebihan produksi mereka. Di sisi lain bagi pemerintah, program konversi jagung ke Bio-Ethanol ini memberikan berkah tersendiri, dimana program konversi ini mampu menyedot tenaga kerja dan mengurangi ketergantungan mereka terhadap minyak impor, meskipun Brazil dengan Petrobras merupakan salah satu Negara penghasil minyak bumi terbesar di Amerika Selatan namun konsumsi energi mereka juga besar yang diakibatkan oleh besarnya ukuran populasi mereka.

Pemerintah Brazil melihat potensi program ini untuk dilanjutkan menjadi program strategis nasional pada jangka panjang, karena dalam jangka pendek program ini telah memberikan kontribusi besar bagi Brazil di bidang ekonomi dengan meningkatnya produksi pertanian, di bidang sosial dengan berkurangnya angka pengangguran dan di bidang lingkungan dengan berkurangnya emisi CO<sub>2</sub>.

### **3.1.2 Hipotesa Dinamis**

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

Hipotesa dinamis yang dapat diambil adalah, bahwa pada Biodiesel yang memiliki peran utama sebagai pengganti minyak solar dalam aspek energi akan memiliki dampak bagi aspek keberlanjutan dan aspek energi di Indonesia. Tujuan Biodiesel yaitu mengurangi penggunaan bahan bakar fosil berupa solar mampu memberikan efek positif yaitu pengurangan emisi gas karbon dioksida secara langsung, selain itu pengembangan Biodiesel juga berdampak positif bagi aspek sosial dimana Biodiesel mampu menyerap tenaga kerja dan Biodiesel memberikan kontribusi positif di bidang ekonomi dengan pemasukkan bagi pemerintah dalam bentuk Pajak dan meningkatkan nilai produksi pertanian.

Dengan kontribusi positif yang begitu besar, penerapan Biodiesel juga memberikan efek samping negatif dengan mengurangi ketersediaan hutan yang dikonversi menjadi lahan kelapa sawit yang menjadi bahan baku utama dari Biodiesel, selain itu *biodiversity* juga menjadi salah satu aspek lingkungan hidup yang menjadi perhatian utama karena dengan didorongnya produksi Biodiesel maka hutan yang bersifat hetero kultural akan dikonversi menjadi lahan mono kultural kelapa sawit.

Besarnya kontribusi positif kelapa sawit tentunya akan dibandingkan dengan kontribusi negatif yang diakibatkan oleh kelapa sawit, dengan berkecenderungan bahwa nilai-nilai humanis dari biodiesel lebih besar maka Biodiesel patut diberikan tempat sebagai salah satu perencanaan strategis Indonesia sebagai program yang menghasilkan kontribusi positif bagi aspek-aspek keberlanjutan Indonesia.

Berkecenderungan dari Hipotesis Dinamis yang diambil, dapat disimpulkan bahwa pertanyaan utama penelitian adalah:

- Seberapa besar dampak keberlanjutan dari implementasi program Biodiesel di Indonesia?
- Apakah dengan menerapkan program Biodiesel kondisi Indonesia akan lebih baik dibandingkan jika program ini tidak diterapkan?

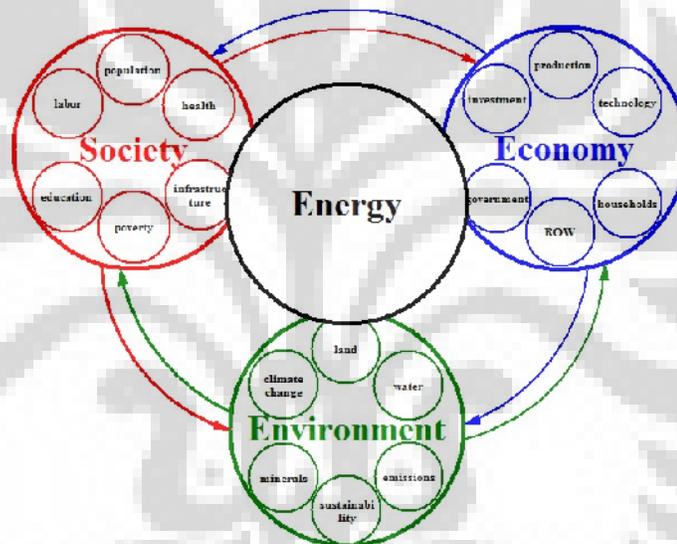
### 3.1 Kerangka Sistem dan Pengembangan Model

Berdasarkan pengumpulan data mental yang dilakukan, terlihat bahwa terdapat korelasi antara aspek ekonomi, sosial dan lingkungan hidup terhadap aspek energi, sehingga perlu dikembangkannya sebuah model yang mampu mengakomodir keterkaitan dan korelasi yang terjadi atas keempatnya. Terlebih dalam proses pengambilan data mental dapat dibuktikan bahwa adanya alternatif lain dalam sektor energi mampu membuat keempat aspek ini bergerak dengan dinamik, untuk itu dapat dibuktikan peranan industri biodiesel dalam kaitannya terhadap ketiga aspek keberlanjutan Indonesia.

Sebuah model yang sudah tervalidasi digunakan sebagai dasar pengembangan model dalam penelitian ini, Model *Threshold 21* (T21) yang

dikembangkan oleh *Millenium Institute* Amerika Serikat menjadi kerangka dasar pengembangan model kontribusi industry biodiesel ini. Kekuatan utama dari model T21 adalah mampu mengkombinasikan keterkaitan dan dinamika yang terjadi antara ketiga aspek dan tambahan pada aspek energi, selain itu struktur dari Model T21 yang menggunakan basis permodelan system dinamis dirasa sangat cocok untuk dikombinasikan dengan model system dinamis untuk industry biodiesel yang telah dikembangkan sebelumnya.

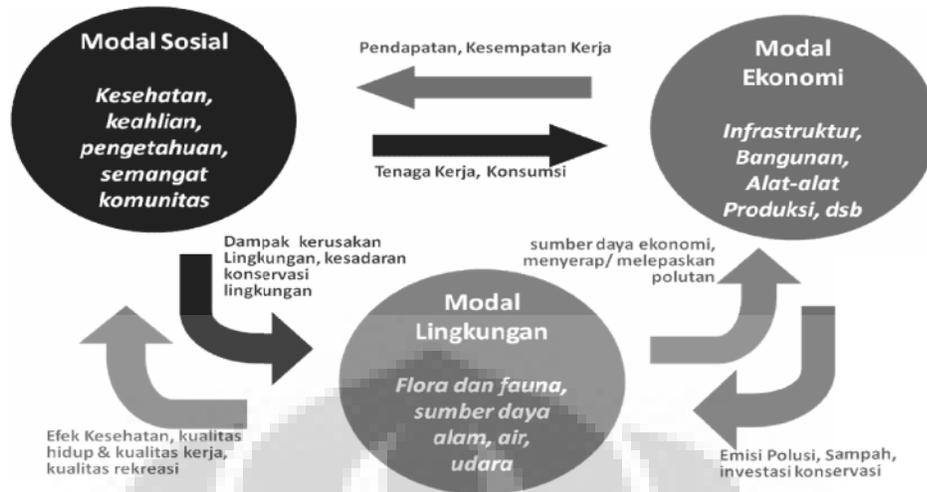
Kerangka dasar model T21 secara lebih jelas dapat tergambar melalui gambar berikut.



**Gambar 3.2 Kerangka Kerja Dasar Model T21**

Dari kerangka tersebut terlihat bahwa model T21 berupaya untuk mengakomodasi faktor faktor penting yang menjadi penggerak dari sebuah Negara, dimana kerangka ini dapat digunakan untuk menghitung seberapa besar dampak dari industry Biodiesel nasional.

Dari kerangka tersebut lalu dilakukan pembatasan model, yaitu menentukan di dalam model 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. Secara umum indikator keberlanjutan tergambar dalam diagram berikut ini.



**Gambar 3.3 Gambaran Umum Indikator Keberlanjutan**

Berkaca pada tujuan utama model yaitu mengeluarkan dampak dampak industri biodiesel pada aspek keberlanjutan nasional, maka indikator indikator utama dalam aspek keberlanjutan harus bisa diolah oleh model, adapun indikator indikator tersebut adalah :

- Pada Bidang Ekonomi :
  - Nilai Produksi Sektoral
  - Pendapatan Domestik Bruto
  - Pendapatan per Kapita
- Pada Bidang Sosial :
  - Jumlah Populasi
  - Indeks Literasi
  - Jumlah Tenaga Kerja
  - Jumlah Penerimaan Tenaga Kerja
  - Angka Harapan Hidup
  - Jumlah Pengangguran
  - Indeks Gini
- Pada Bidang Lingkungan Hidup :
  - Intensitas Emisi Gas Rumah Kaca per US Dollar PDB
  - Jejak Karbon per Kapita
  - Emisi Gas Rumah Kaca Total

- Luas Hutan
- Pada Bidang Energi :
  - Komposisi struktur Energi
  - Jumlah Permintaan Energi per Tipe dan Sektor
  - Jumlah Produksi Minyak Bumi Indonesia
  - Jumlah Permintaan Minyak Bumi Transportasi

Nilai-nilai diatas dipilih berdasarkan kewajaran pada indikator keberlanjutan 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 sosial dipilih berdasarkan atas rujukan pada program MDG (*Millenium Development Goal*) dan HDI (*Human Development Indeks*) yang dikeluarkan oleh Persatuan Bangsa Bangsa (PBB), untuk nilai indikator bidang lingkungan hidup dipilih berdasarkan laporan lembaga *Economic and Social Comission on Asia and the Pacific* (ESCAP) PBB. Sementara indikator indikator bidang energi juga mengadopsi indikator nilai yang dikeluarkan oleh laporan ESCAP dalam *Energy Security and Environmental Development in Asia and the Pacific*.

Dari nilai nilai yang diharapkan mampu menjadi keluaran model maka dipetakan apa saja yang mampu diolah model secara *Endogenous*, *Exogenous* dan apa yang dianggap diabaikan oleh model, daftar tersebut terlihat dalam tabel dibawah ini.

**Tabel 3 -1 Tabel Faktor Endogen, Eksogen dan Diabaikan**

Endogenous	Exogenous	Excluded
Population	Migration	Natural Disaster
Life Expectation	Natural Fertility Rate	Corruption
Employment	Mining Production	Crime
Labor Force	Health Matters	Terrorism
Income Distribution	Grants	War
GDP	Extraordinary Expenditure	Political Issues
Technology	Exchange Rate	Other Energy Production
Investment	Foreign Investment	
Consumption	Inflation	
Debt	Special National Issues	
Land Utilization	Urbanization Rate	
Energy Demand	Omission and Adjustment Table	
Oil Production		
Fossil Fuel Emissions		
Carbon Cycle		
Climate Change		
Forestry Production		
Education		

Faktor faktor endogen tersebut akan diolah dalam model dan dibantu masukan dari faktor faktor eksogen untuk menghasilkan nilai nilai yang diharapkan sebagai indikator keberlanjutan dampak diterapkannya kebijakan penggunaan biodiesel di Indonesia yang merupakan tujuan utama model.

Model ini juga memiliki batasan batasan masalah yang terkait dengan tujuan penelitian, adapun batasan batasan masalah tersebut adalah.

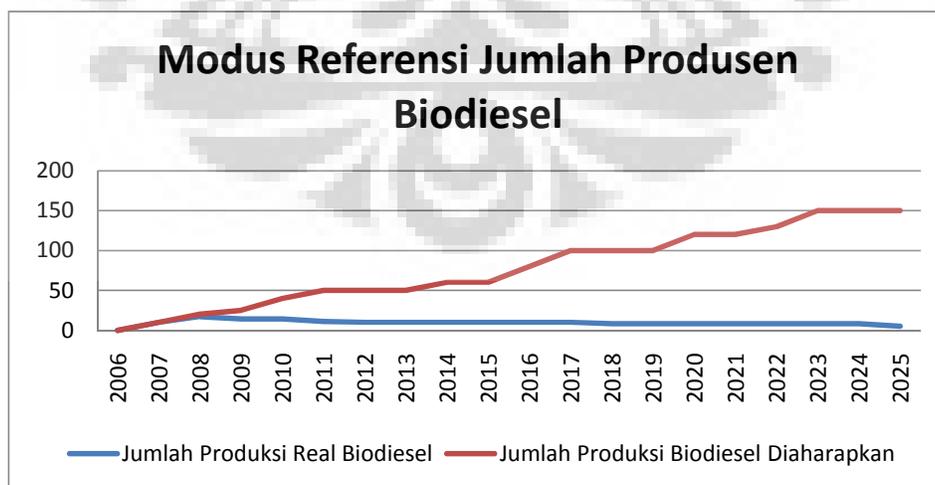
- Biodiesel yang akan dibahas dalam penelitian ini secara khusus adalah biodiesel **berbahan baku minyak kelapa sawit** mengingat jenis inilah yang memiliki perkembangan yang paling pesat untuk saat ini di Indonesia dan telah memiliki skala industri yang mapan dan bisa diintervensi oleh pemerintah.
- Sesuai dengan tujuan penelitian, ruang lingkup dari model simulasi biodiesel yang dibuat adalah dalam konteks pemenuhan target

pemanfaatan jangka panjang bahan bakar nabati nasional sesuai dengan **roadmap timnas pengembangan bahan bakar nabati nasional 2006-2025**.

- **Jangka waktu model simulasi** disesuaikan dengan periode *roadmap* pemanfaatan bahan bakar nabati, yakni **sampai dengan tahun 2025**.
- Kapasitas sebuah Pabrik Biodiesel yang dijadikan acuan adalah Industri Biodiesel dengan **Kapasitas 60 Ton per hari**
- Penggunaan **data data sekunder** pada penelitian yang diambil dari sumber sumber yang diakui secara nasional maupun internasional

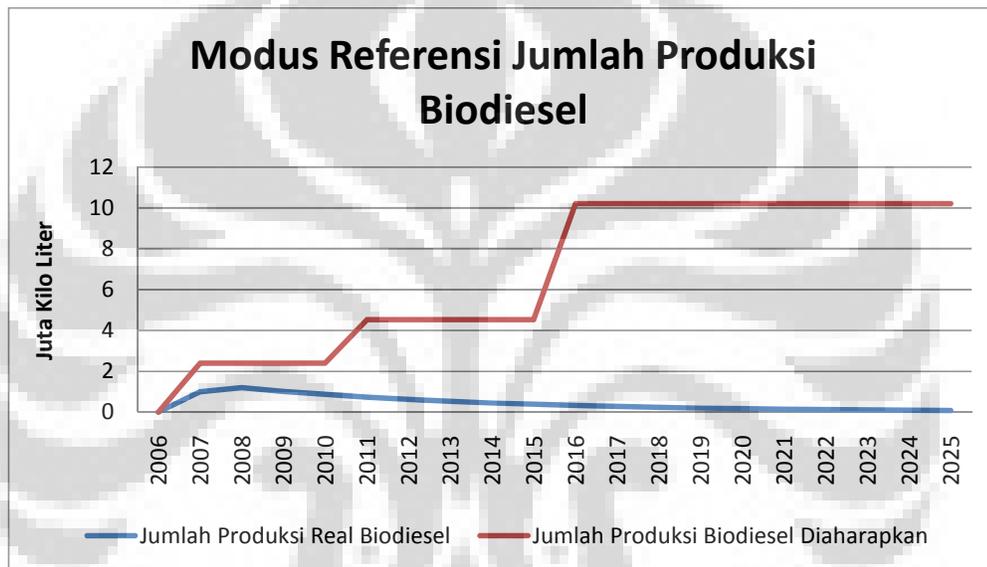
### 3.1.1 Modus Referensi

Dalam permodelan system 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, adapun indikator perilaku yang kita lihat adalah indikator-indikator yang terdapat pada industry biodiesel yang meliputi jumlah produsen dan jumlah produksi dari Biodiesel, nilai ini diperlukan untuk melihat kondisi terkini dari ketertarikan terhadap investasi Biodiesel.



**Gambar 3.4** Modus Referensi Jumlah Produsen Biodiesel

Seperti apa yang terlihat dari grafik modus referensi diatas, secara jelas tergambar bahwa jumlah produsen Biodiesel di Indonesia tidak mampu mencapai nilai yang diinginkan untuk mencapai produksi yang diharapkan, jumlah produsen Biodiesel malah cenderung menurun dibandingkan pada awal penerapan program Biodiesel. Kemungkinan penurunan terjadi akibat tidak diperolehnya kelayakan secara finansial industri Biodiesel dan tidak konsistennya pemerintah dalam mendukung proyek ini, sehingga para produsen Biodiesel tidak lagi mampu mempertahankan pabriknya.



**Gambar 3.5 Modus Referensi Jumlah Produksi Biodiesel**

Hampir sama seperti modus referensi pada jumlah produser Biodiesel, jumlah produksi Biodiesel pun mengalami penurunan yang sama, terlebih lagi karena adanya penggunaan setengah kapasitas dari pabrik yang membuat produksi Biodiesel pada kondisi saat ini menunjukkan angka yang mengkhawatirkan. Dengan alasan yang serupa, Industri Biodiesel tak mampu mencapai produksi yang diharapkan karena kurangnya kelayakan dalam bidang finansial dan kurangnya dukungan pemerintah sehingga tidak tercapai kuota produksi Biodiesel yang diharapkan.

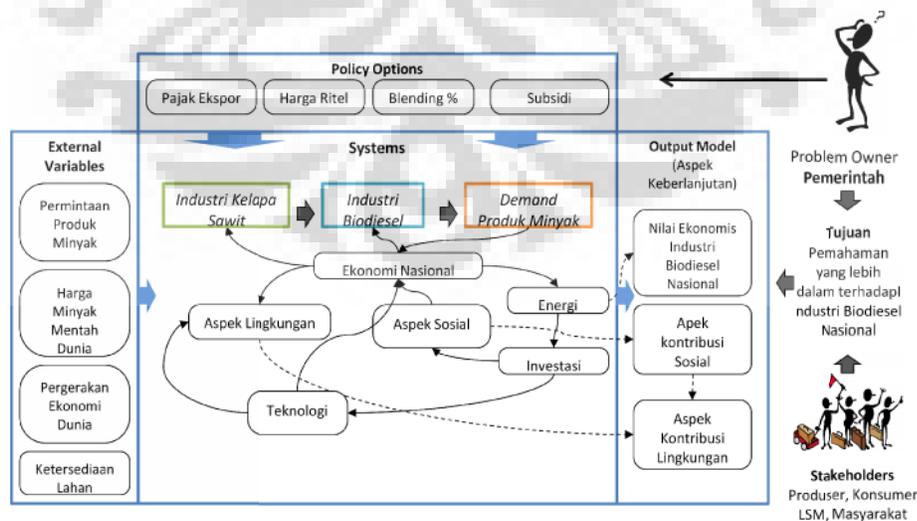
Berkaca dari modus referensi yang tersaji, industri Biodiesel nampaknya belum mendapatkan perhatian dari investor dan pemerintah sebagai sebuah

industri yang cukup menjanjikan, kurangnya pemahaman pemerintah dalam memahami kontribusi industri Biodiesel membuat pemerintah tidak menyiapkan langkah strategis yang nyata untuk membuat industri Biodiesel menjadi industri yang menjanjikan.

Model yang akan dikembangkan bertujuan untuk memberikan pengetahuan baru bagi *Stakeholder* terhadap dampak yang diberikan oleh industri Biodiesel bagi aspek aspek keberlanjutan Negara, sehingga analisis yang disampaikan adalah analisis *with or without condition*, dimana diperbandingkan kondisi dengan adanya penerapan Biodiesel dan tanpa penerapan Biodiesel.

### 3.1.2 Diagram Sistem dan Kerangka Teknis Model

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



**Gambar 3.6 Diagram Sistem Model yang Dikembangkan**

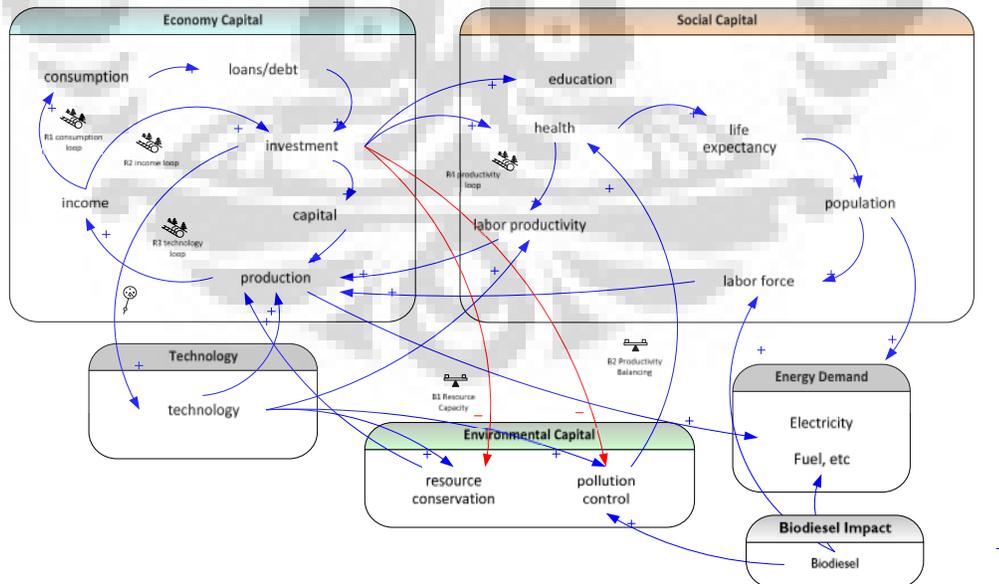


Dengan bantuan ke dua model yang sudah dikembangkan ini, model yang lebih makro untuk menghitung dampak dari Industri Biodiesel dapat dikembangkan melalui, pembuatan model secara makro terlebih dahulu, setelah itu digabungkan dengan model mikro Industri biodiesel untuk mendapatkan masukan nilai nilai kontribusi dari Industri Biodiesel, lalu model ini juga mendapatkan nilai efek pengali Industri biodiesel pada kesejahteraan sosial pada model SAM sehingga didapatkan dampak dari Industri Biodiesel terhadap aspek Ekonomi dan Sosial.

### 3.1.2.1 Pengembangan *Causal Loop Diagram*

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

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



**Gambar 3.0.8 Causal Loop Diagram Utama Model**

Dalam CLD utama dari model dijelaskan keterkaitan antar masing masing modul dalam model sehingga menciptakan sebuah keterkaitan yang unik. Diawali dengan pendapatan individu yang dalam prinsip prinsip ekonomi menjadi penggerak utama ekonomi sebuah Negara, dimana jika pendapatan individu meningkat maka akan diiringi juga dengan peningkatan konsumsi, sehingga dibutuhkan peningkatan produksi untuk memenuhi permintaan dari konsumen, selain itu peningkatan pendapatan juga akan meningkatkan tabungan dan investasi yang dikeluarkan oleh individu, sehingga terjadi pertambahan nilai modal yang tersedia bagi perusahaan untuk meningkatkan kapasitas produksi mereka.

Peningkatan investasi yang terjadi juga dapat meningkatkan investasi dalam bidang pendidikan dan kesehatan (investasi ini dilakukan lewat perantara program *Corporate Social responsibility* (CSR) atau lewat perantara pengeluaran pemerintah) dimana peningkatan investasi pada kedua bidang ini akan mengakibatkan peningkatan produktivitas pekerja yang pada akhirnya juga akan meningkatkan produksi dari masing masing sektor.

Di Lain sisi peningkatan produksi akan meningkatkan kebutuhan akan energi dan sumber daya alam, dimana kebutuhan akan sumber daya alam dan energi tersebut sangat terkait dengan aspek lingkungan hidup yang menjadi sumber modal utama dari kebutuhan tersebut. Oleh karena itu ketersediaan akan sumber daya alam dan energi ini menjadi fungsi penghalang yang disebut sebagai *Balancing Loop* yang membatasi peningkatan produksi yang mungkin terjadi.

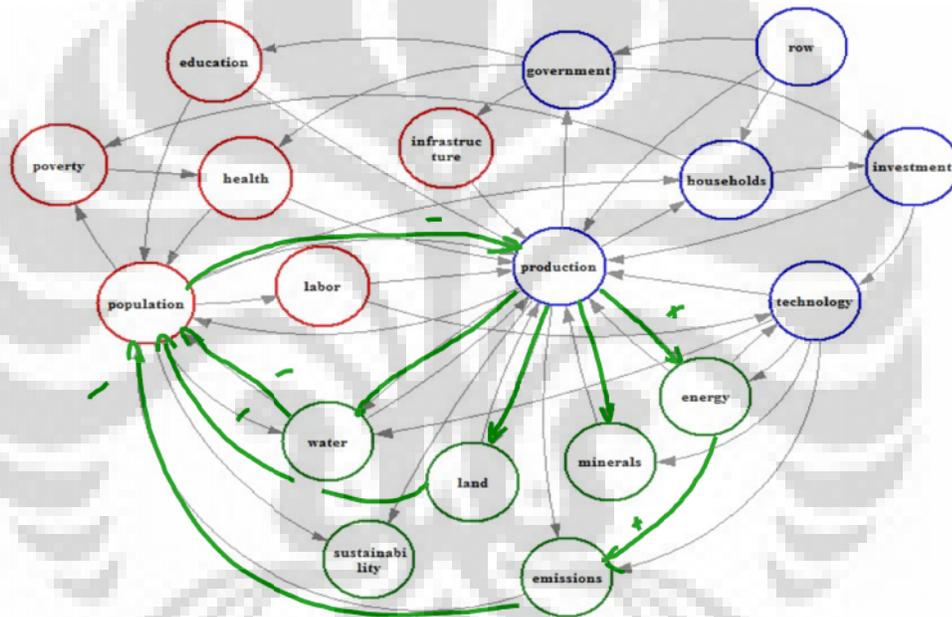
#### ***3.1.2.1.1 Pengembangan Causal Loop Diagram berdasarkan model T21***

Pengembangan model yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan dasar kerangka model T21 yang telah divalidasi sebelumnya, maka pengembangan CLD pada model ini juga menggunakan basis pengembangan CLD dalam model T21. Dimana dalam model T21 terdapat lima buah *Loop* utama yang digunakan. Setiap *Loop* utama menggambarkan korelasi yang penting dan unik dari model T21 ini.



*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*.

- *Loop* Utama ketiga (*Loop* Sumber daya alam dan lingkungan hidup)

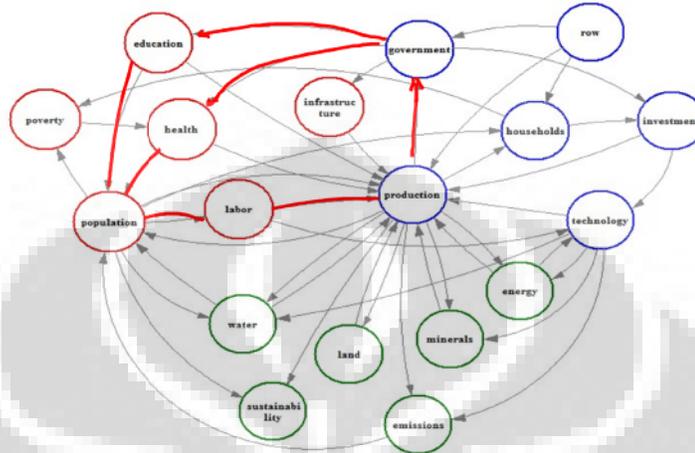


**Gambar 3.11 *Loop* Utama Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup**

*Loop* ketiga 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*.

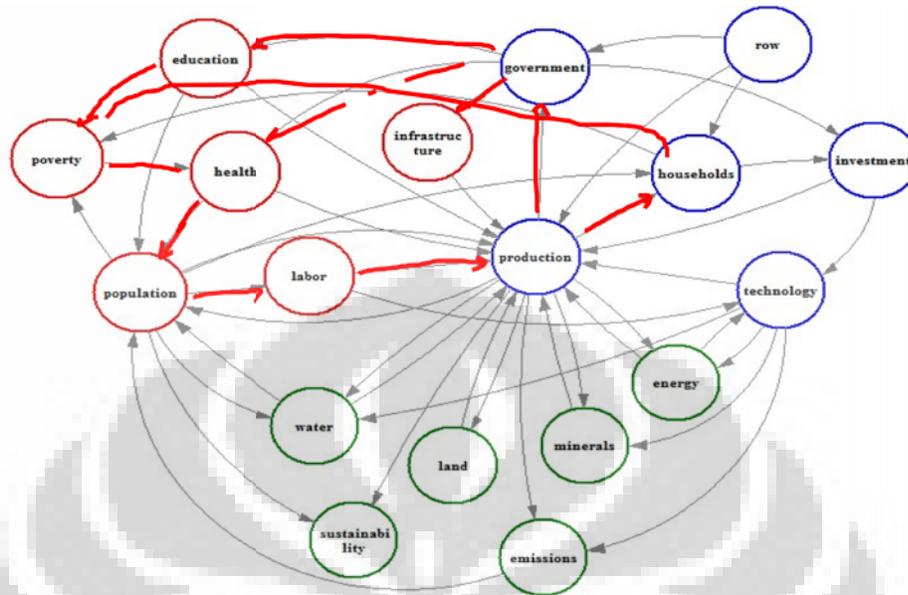
- *Loop* keempat (*Loop* Ketersediaan Tenaga Kerja)



**Gambar 3.12 Loop Utama Ketersediaan Tenaga Kerja**

*Loop* keempat 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.

- *Loop* utama kelima (*Loop* Populasi dan Pendapatan)



**Gambar 3.13** *Loop* Populasi dan Pendapatan

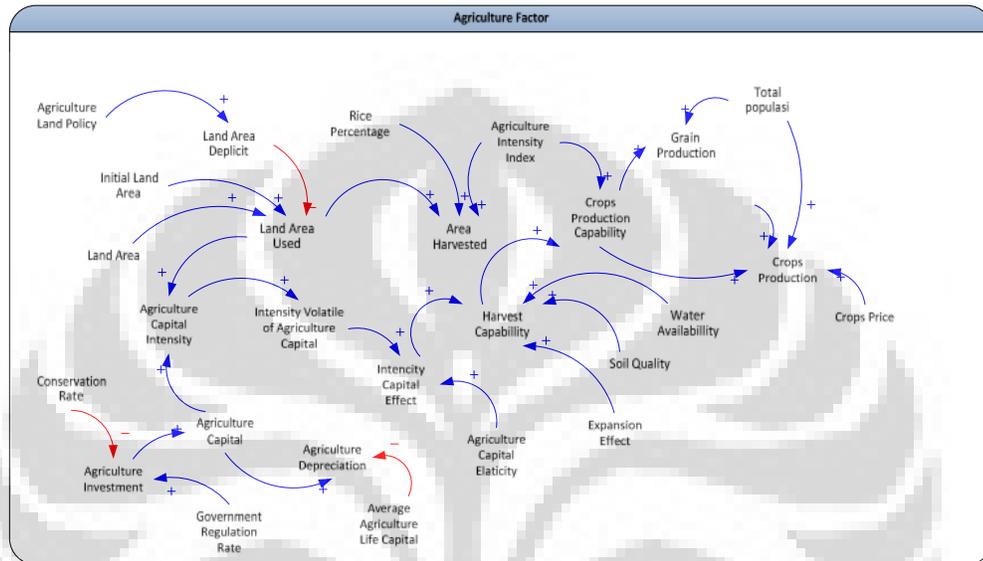
*Loop* kelima ini menggambarkan adanya keterkaitan antara faktor populasi yang menjadi sumber utama pada aspek sosial dengan pendapatan atau produksi sebagai sumber utama faktor ekonomi. Dalam *Loop* ini digambarkan bahwa seiring dengan meningkatnya pendapatan yang diperoleh maka pemerintah mampu memberikan 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.

### 3.1.2.1.2 Pengembangan Causal Loop Diagram Model

Setelah melakukan pengembangan CLD model T21, dilakukan pengembangan CLD yang lebih detail dalam model. CLD ini akan dikembangkan berbasis pada sub-model yang ada.

Dimulai dengan pengembangan CLD dari sub-model ekonomi dimana terdapat sektor-sektor produksi, aspek pemerintah dan aspek harga relatif yang menjadi penggerak dari sistem ekonomi yang ada.

- CLD Sektor Produksi Pertanian



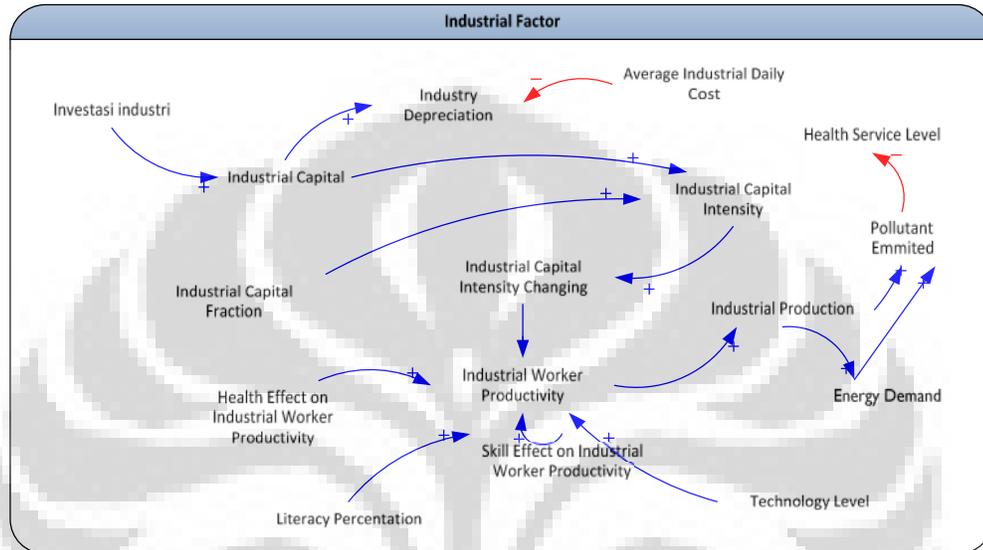
**Gambar 3.14 CLD Sektor Produksi Pertanian**

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 dan populasi pada Negara. Produksi pertanian juga digambarkan memiliki ketergantungan yang sangat besar pada ketersediaan lahan yang dapat digunakan dimana telah diketahui bahwa sektor pertanian memiliki hubungan linear terhadap penggunaan lahan, dimana untuk meningkatkan produksi dari produk pertanian dapat dilakukan dengan cara ekstensifikasi lahan yaitu pembukaan lahan pertanian baru.

Selain ketersediaan lahan faktor pertanian bergantung sangat besar pada kualitas lingkungan yang ada, dimana produktivitas dari lahan pertanian sangat dipengaruhi oleh kualitas tanah dan ketersediaan air pada lahan tersebut. 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.

- CLD Sektor Produksi Industri

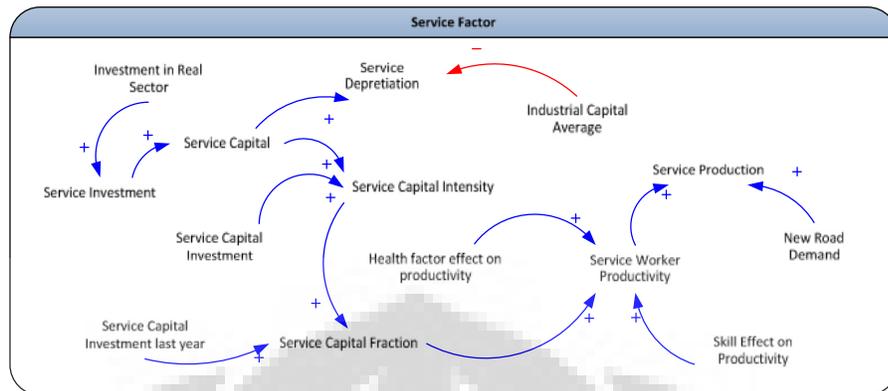


**Gambar 3.15 CLD Sektor Produksi Industri**

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.

- CLD Sektor Produksi Jasa

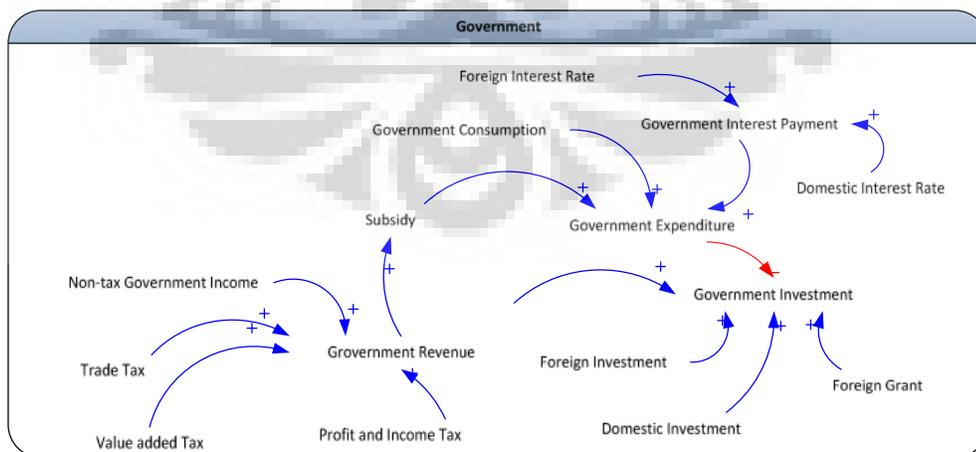


**Gambar 3.16 CLD Sektor Produksi Jasa**

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.

- CLD Faktor Pemerintah

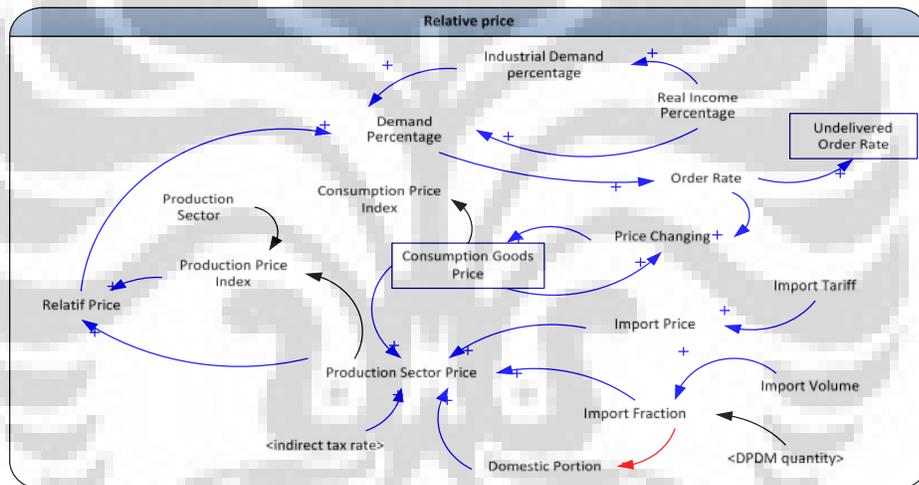


**Gambar 3.17 CLD Faktor Pemerintah**

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 tergambar bahwa adanya investasi domestic 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.

- CLD Faktor Harga Relatif



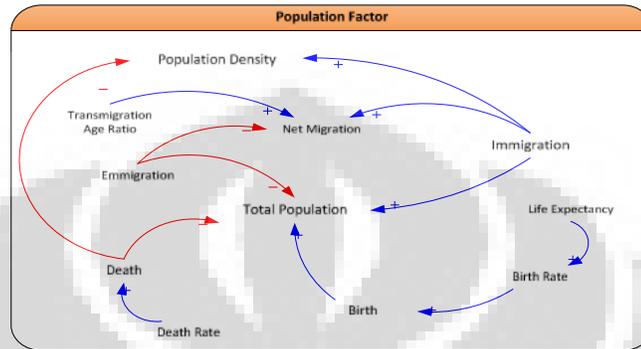
**Gambar 3.17 CLD Faktor Harga Relatif**

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 internasional.

Pertimbangan harga relatif membentuk adanya keseimbangan harga yang terjadi, selain itu pada CLD ini dapat dilihat adanya interaksi antara kebijakan pemerintah lewat tariff dan pajak untuk melakukan penyeimbangan terhadap permintaan atas barang dan jasa di pasar.

Setelah pembahasan dari sub-model ekonomi maka selanjutnya dibahas mengenai submodel sosial yang meliputi sektor populasi, pendidikan dan pengeluaran rumah tangga dan distribusi pendapatan.

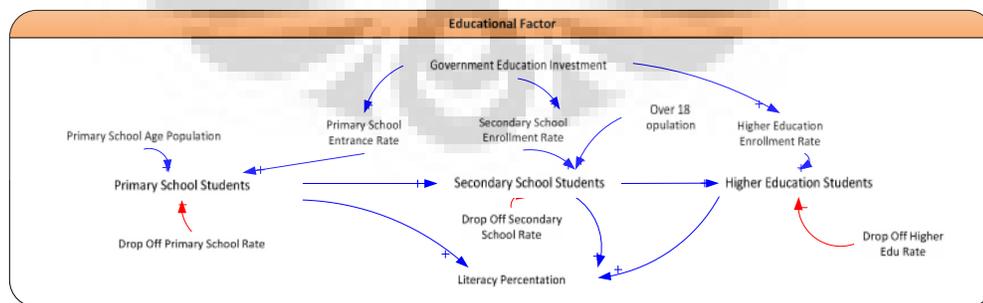
- CLD Populasi



**Gambar 3.18 CLD Populasi**

Pada CLD Populasi dapat terlihat adanya interaksi antar variabel variabel sosial yang menyebabkan terbentuknya pertumbuhan populasi. Dimana populasi akan tumbuh secara natural diakibatkan oleh adanya angka pertumbuhan alami dari populasi, namun total populasi juga dipengaruhi oleh angka kematian alami dari populasi, dimana angka kematian alami dari populasi akan dipengaruhi oleh polusi dan investasi pada kesehatan dan pendidikan yang dikeluarkan oleh pemerintah.

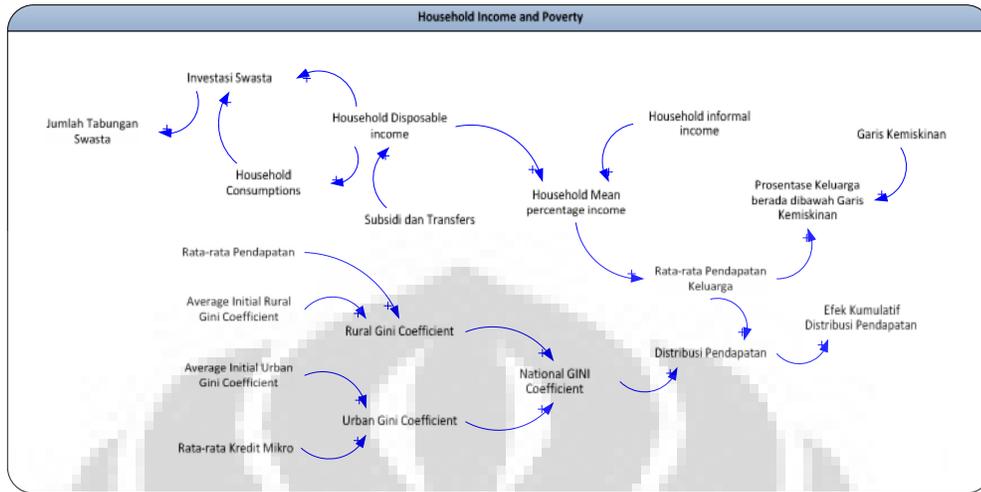
- CLD Pendidikan



**Gambar 3.19 CLD Bidang Pendidikan**

Pada CLD ini digambarkan bagaimana bidang pendidikan bergerak.

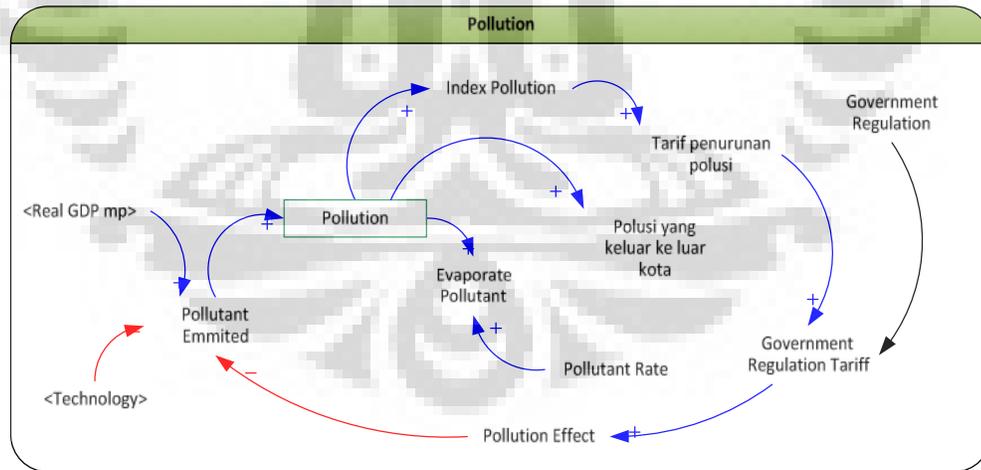
- CLD Rumah tangga dan Distribusi Pendapatan



**Gambar 3.20 CLD Rumah Tangga dan Distribusi Pendapatan**

Setelah pembahasan dari sub-model sosial maka selanjutnya dibahas mengenai sub-model Lingkungan Hdiup yang meliputi sektor polusi, permintaan dan persediaan air dan ketersediaan hutan.

- CLD Polusi

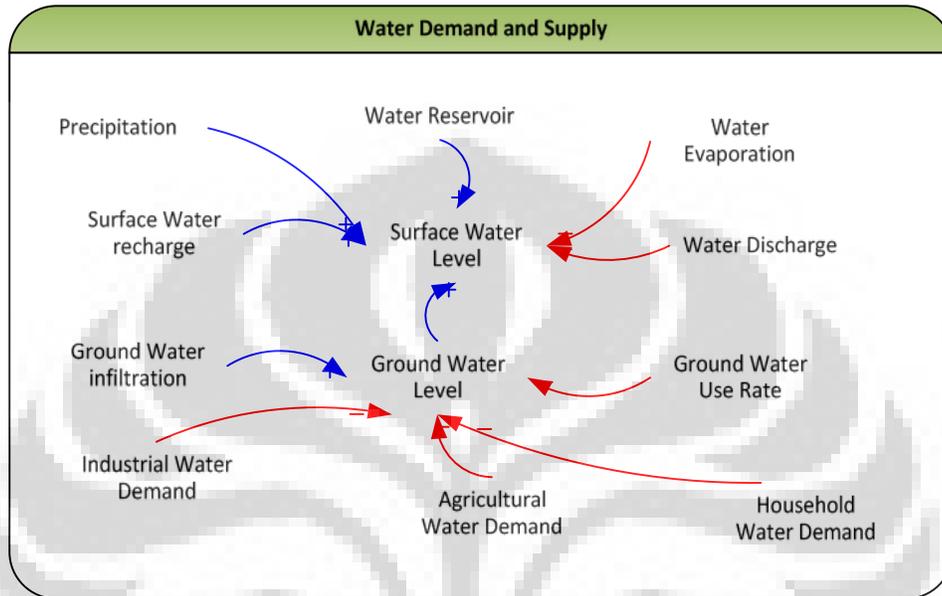


**Gambar 3.21 CLD Polusi**

Pada CLD ini digambarkan bagaimana pendapatan dan aspek teknologi memainkan peranan dalam meningkat atau menurunnya polusi yang dihasilkan, dimana peningkatan pendapatan cenderung akan meningkatkan polusi, namun

dapat diimbangi dengan peningkatan teknologi yang juga dapat mengurangi polusi yang dihasilkan.

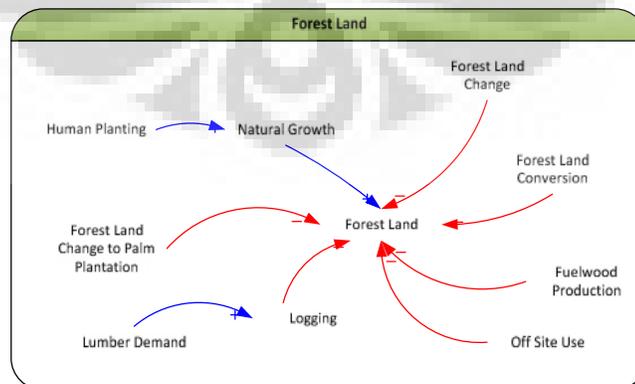
- CLD Permintaan dan Suplai air



**Gambar 3.22 CLD Permintaan dan Suplai air**

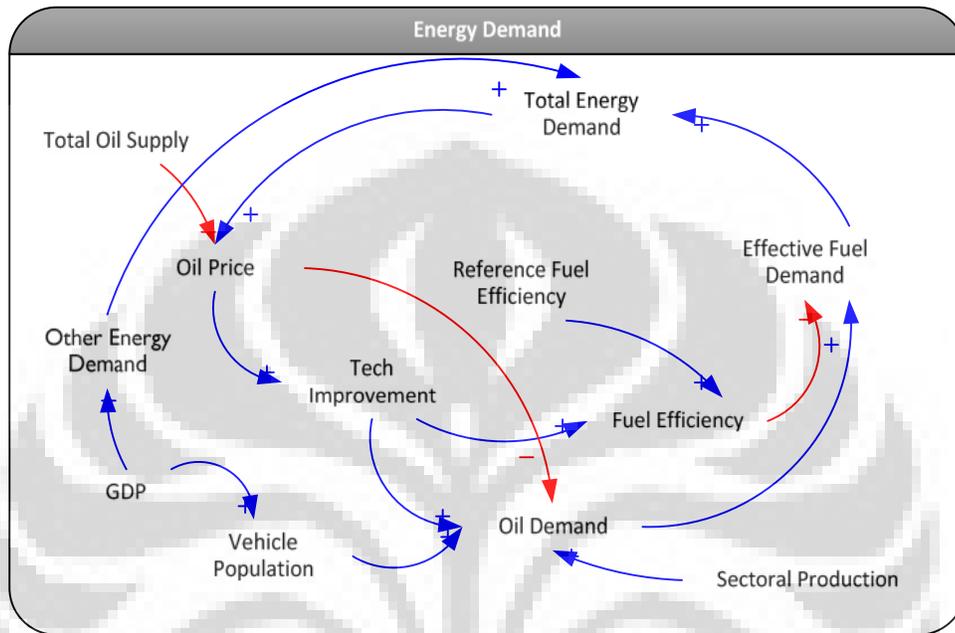
Dalam CLD ini digambarkan keterkaitan produksi pertanian terhadap kebutuhan air, disini ketersediaan air menjadi salah satu faktor pembatas bagi berkembangnya produksi pertanian.

- CLD Ketersediaan Hutan



**Gambar 3.23 CLD Ketersediaan Hutan**

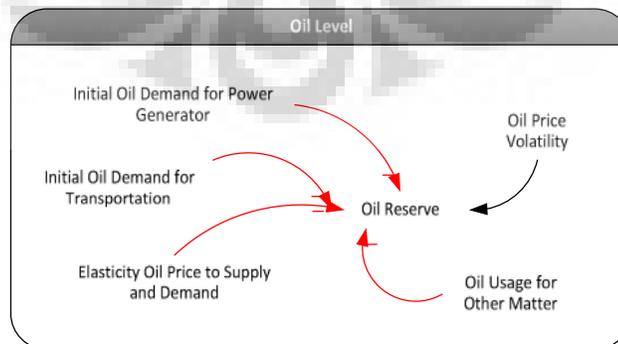
Setelah pembahasan dari sub-model Lingkungan Hidup maka selanjutnya dibahas mengenai sub-model Energi yang meliputi sektor permintaan energi dan ketersediaan minyak bumi.



**Gambar 3.24 CLD Permintaan Energi**

CLD ini menggambarkan bagaimana permintaan terhadap energi akan meningkat seiring dengan peningkatan pendapatan dan peningkatan produksi sektoral.

- CLD Ketersediaan Minyak Bumi



**Gambar 3.25 CLD Ketersediaan Minyak Bumi**

### **3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data Tertulis dan 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 Tertulis dan Numerik**

Pengumpulan data tertulis dalam pengembangan model ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari sumber sumber sekunder yang diakui secara nasional maupun sumber yang diakui oleh dunia internasional.

##### ***3.2.1.1 Pengumpulan Data Output Model Micro Biodiesel Terdahulu***

Tujuan utama model yang dikembangkan ini adalah mengetahui seberapa besar dampak industri biodiesel nasional terhadap aspek keberlanjutan di Indonesia, oleh karena itu dibutuhkan sebuah alat atau model yang dapat memberikan keluaran berupa indikator indikator yang diperlukan untuk dapat diakumulasikan sebagai masukan pada model ini.

Untuk itu penggunaan model industri biodiesel yang telah dikembangkan sebelumnya dapat menjadi jawaban untuk mendapatkan indikator indikator yang diperlukan.

Model mikro yang digunakan ini terlebih dahulu telah diverifikasi dan validasi sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai masukan dalam model yang sedang dikembangkan, adapun tujuan awal model mikro ini adalah menunjukkan tentang kelayakan secara finansial akan industri biodiesel, dimana model ini juga mampu menghitung efek lokal industri biodiesel pada aspek sosial dan lingkungan.

Variabel variabel yang digunakan sebagai masukan dari model mikro ke model yang dikembangkan adalah :

- Jumlah produksi dari industri biodiesel
- Jumlah tenaga kerja yang diserap industri biodiesel
- Jumlah nilai nominal produksi industri biodiesel
- Jumlah kontribusi pajak industri biodiesel
- Jumlah lahan yang diperlukan oleh industri biodiesel

Selain interaksi model mikro ke model yang dikembangkan, model mikro juga mendapatkan masukan dari model yang dikembangkan melalui perhitungan permintaan energi yang porsinya akan dipenuhi oleh biodiesel.

### ***3.2.1.2 Pengumpulan Data Makro 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 pertumbuhan ekspor dan impor, data data pengeluaran dan pendapatan pemerintah, data investasi luar negeri dan beberapa data indikator lain.

Sumber utama data data tersebut adalah :

- *World Bank: World Development Indeks Report and Database 2009*
- Ringkasan Laporan APBN 2005-2010
- *International Monetary Fund Report and Economic Outlook 2009*
- Sistem Neraca Sosial Ekonomi Indonesia 2005
- *Statistical Database Bank Indonesia*
- *Food and Agriculture Organizations (FAO) Statistics*

### **3.2.1.3 Pengumpulan Data Indikator Sosial dan Teknologi**

Serupa dengan data-data untuk sektor makro ekonomi, data data untuk sektor sosial dan teknologi juga menggunakan data data sekunder yang didapatkan dari lembaga-lembaga nasional maupun internasional yang sudah dipercaya.

Sumber utama data data tersebut adalah :

- *World Bank: World Development Indeks Report and Database 2009*
- Sistem Neraca Sosial Ekonomi Indonesia 2005
- *International Labor Organization Report*
- Organisation For Economic Co-Operation And Development (OECD) Report
- Data Biro Pusat Statistik

### **3.2.1.4 Pengumpulan Data Indikator 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 :

- *World Bank: World Development Indeks Report and Database 2009*
- *Food and Agriculture Organizations (FAO) Statistics*
- *FAO reports on Forestry and Water Utilization*

### **3.2.1.5 Pengumpulan Data Indikator energi**

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

Sumber utama dari data data tersebut adalah :

- Handbook Energi Kementrian ESDM 2005-2010
- *Energy Information Administration (EIA) International Energy Outlook (IEO)*

### 3.2.2 Pengolahan Data Tertulis dan Numerik

- Pengolahan Data Multiplier Tenaga kerja

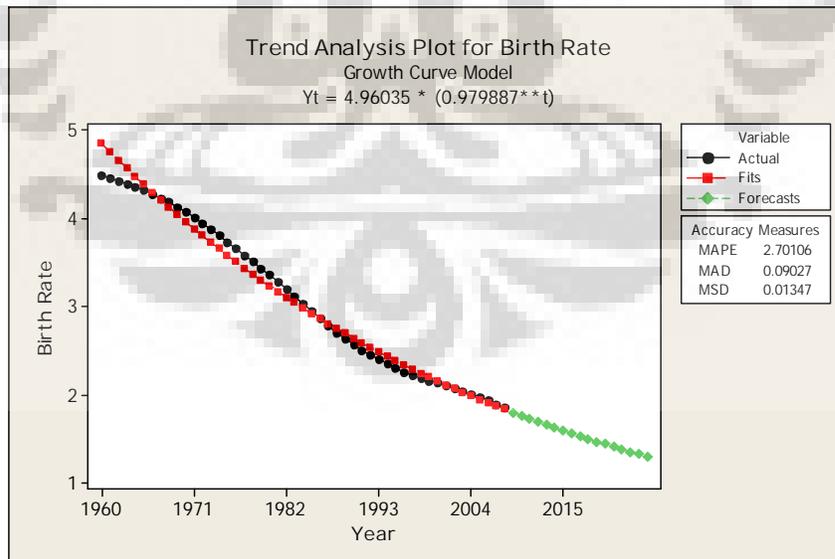
Data multiplier tenaga kerja dibutuhkan untuk mengetahui berapa intensitas produktivitas tenaga kerja terhadap keluaran nominal tiap sektoral, untuk itu dilakukan pengolahan data dengan membagi secara linear

**Tabel 3 -2 Tabel Multiplier Tenaga Kerja**

Multiplier Tenaga Kerja Pada 3 Sektor Produksi	Persentase	Angka Unik	Nilai Tambah (dalam USD)	Multiplier Tenaga Kerja
Tenaga Kerja Pertanian (% total tenaga kerja)	420%	481502	\$ 3,157,680	140069
Tenaga Kerja Industri (% total tenaga kerja)	180%	208952	\$ 9,771,4819	0218018
Tenaga Kerja Jasa (% total tenaga kerja)	393%	488978	\$ 9,392,5367	0459658
Total Tenaga Kerja				1908457
Sumber Data: World Development Indicator 2009 Indonesia Section, The World Bank				

- Pengolahan Data angka fertilitas natural

Angka fertilitas natural menunjukkan laju pertumbuhan penduduk sebuah Negara secara alami, berdasarkan data yang dikumpulkan dari tahun 1960, maka dibuatlah sebuah proyeksi independen terhadap angka fertilitas natural.

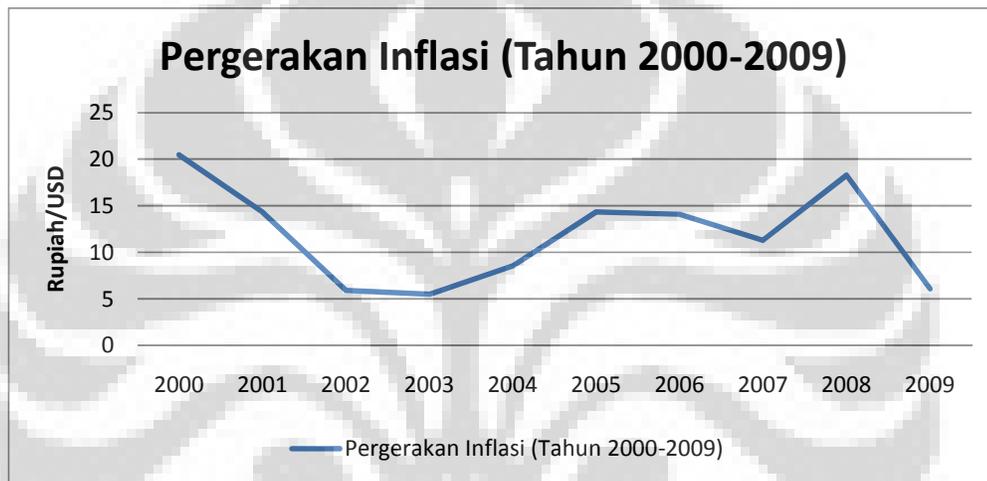


**Gambar 3.26 Perhitungan Proyeksi Angka Fertilitas Natural**

Grafik diatas merupakan grafik proyeksi angka laju angka fertilitas natural dari laju pertumbuhan penduduk alami Indonesia.

- Nilai Tukar Rupiah ke Dolar Amerika

Menurut data yang dikumpulkan pada *range* tahun 2000-2009, pergerakan nilai tukar Rupiah ke Dolar Amerika mengalami fluktuasi yang cukup tinggi, namun apabila dilihat dari kecenderungannya, nilai tukar menunjukkan gejala menuju ke level psikologis tertentu.

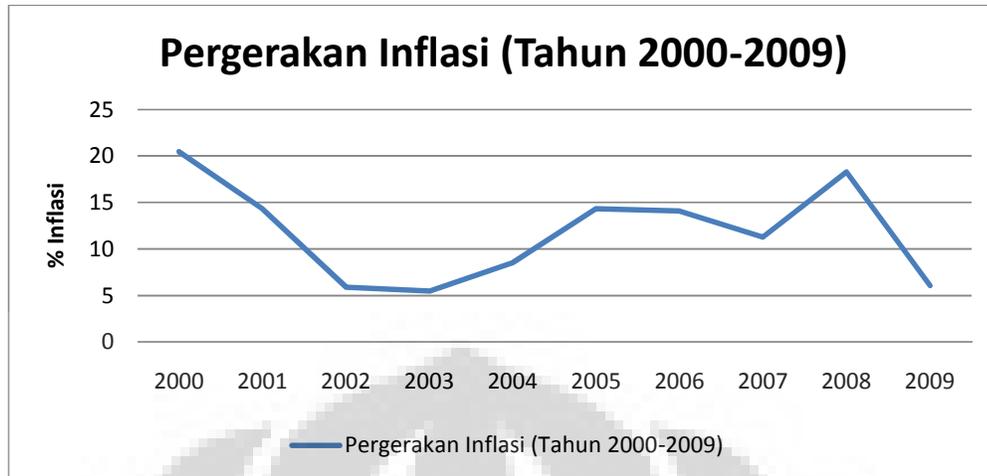


**Gambar 3.27 Pergerakan Nilai Tukar Rupiah**

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 9500 Rupiah per Dolar Amerika, untuk itulah digunakan nilai tukar ini di dalam model sampai tahun 2025.

- Pergerakan Nilai 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 grafik di bawah ini.



**Gambar 3.28 Pergerakan Inflasi tahun 2000-2009**

Karena pergerakan nilai inflasi sangat tidak teratur dimana tidak terdapat modus dan jangkauan nilai yang sangat besar maka digunakan nilai inflasi tahun 2009 untuk menjadi masukan didalam model ini, nilai inflasi pada model adalah 6%, perhitungan inflasi ini juga akan menjadi dasar perhitungan dari deflator PDB.

### 3.3 Pengembangan Stock and Flow Diagram

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

Dengan mengikuti CLD yang sudah dibangun dan tetap mengikuti prinsip pada pengembangan model T21 maka asumsi asumsi model T21 yang dicocokkan pada keadaan model Dampak Industri Biodiesel ini perlu untuk dibuat.

Asumsi dasar pengembangan SFD model dampak industri biodiesel adalah:

- SFD dalam model ini dibagi dalam 5 Sub Model
  - Sub-Model Ekonomi
  - Sub-Model Sosial-Teknologi

- Sub-Model Lingkungan Hidup
- Sub-Model Energi
- Sub-Model Biodiesel
- SFD untuk Sub-Model Ekonomi dibagi dalam 3 modul produksi, 1 modul investasi, 3 modul pemerintah, 1 modul perdagangan dan 1 modul harga relatif.
  - Modul Produksi Pertanian
  - Modul Produksi Industri
  - Modul Produksi Jasa
  - Modul Investasi
  - Modul Pendapatan Pemerintah
  - Modul Pengeluaran Pemerintah
  - Modul Neraca Pemerintah
  - Modul Perdagangan Internasional
  - Modul Harga Relatif
- SFD untuk Sub-Model Sosial Teknologi dibagi dalam 1 modul populasi, 1 modul teknologi, 1 modul pendidikan, 1 modul tenaga kerja, 1 modul rumah tangga, 1 modul distribusi pendapatan dan 1 modul harapan hidup
- SFD untuk Sub-Model Lingkungan hidup dibagi dalam 1 modul perubahan iklim, 1 modul air, 1 modul efek rumah kaca dan polusi dan 1 modul kehutanan
- SFD untuk Sub-Model energi dibagi dalam 4 modul permintaan energi, 1 modul biaya minyak bumi, 1 modul eksplorasi minyak bumi, 1 modul total kebutuhan energi
  - Modul Permintaan energi rumah tangga
  - Modul Permintaan energi Industri
  - Modul Permintaan energi Jasa
  - Modul permintaan energi transportasi
  - Modul Eksplorasi Minyak Bumi
  - Modul Biaya Minyak Bumi
  - Modul Total Kebutuhan energi.

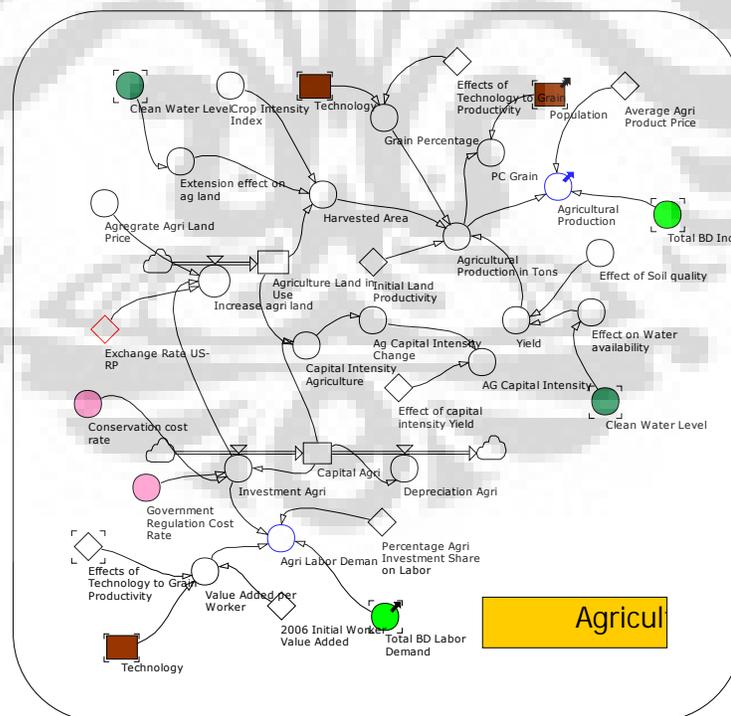
- SFD untuk sub-model biodiesel mencakup agregasi dari indikator untuk model mikro dalam jumlah produksi biodiesel, jumlah tenaga kerja yang diserap, jumlah pendapatan nominal, jumlah kontribusi pajak dan jumlah penggunaan lahan yang dibutuhkan.

### 3.3.1 SFD Sub-Model Ekonomi

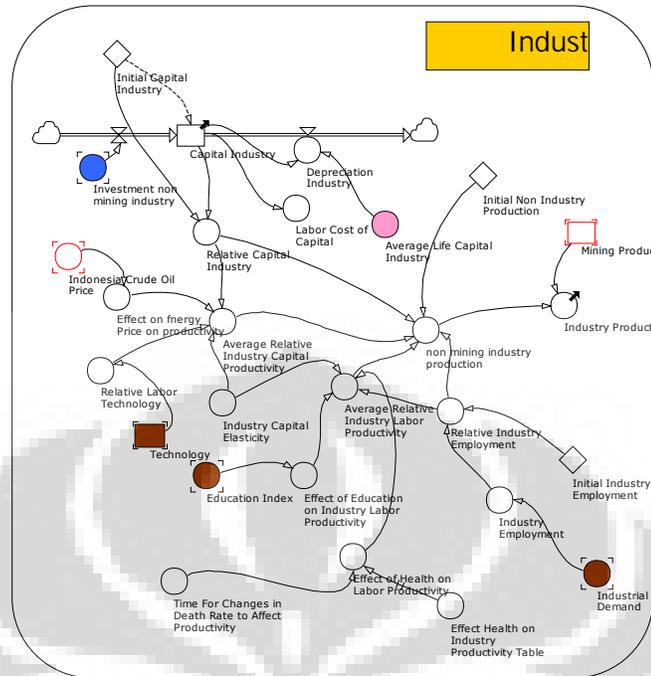
Sub-Model model ekonomi, menunjukkan perhitungan dari model terhadap sektor ekonomi yang menjadi variabel dalam model untuk menghitung kontribusi produksinya.

Berikut SFD Sub-Model Ekonomi yang dimulai dari SFD pada modul modul produksi.

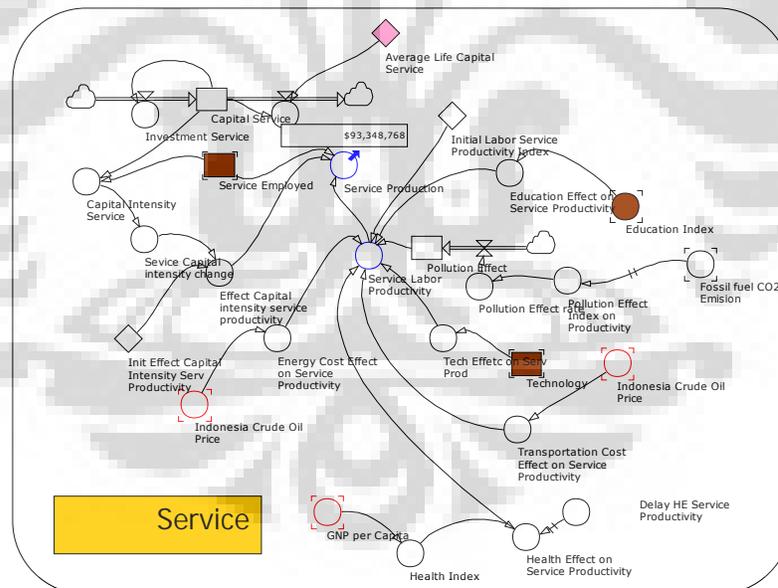
SFD ini menunjukkan interaksi antar variabel dalam modul modul produksi.



**Gambar 3.29 Modul Produksi Pertanian**

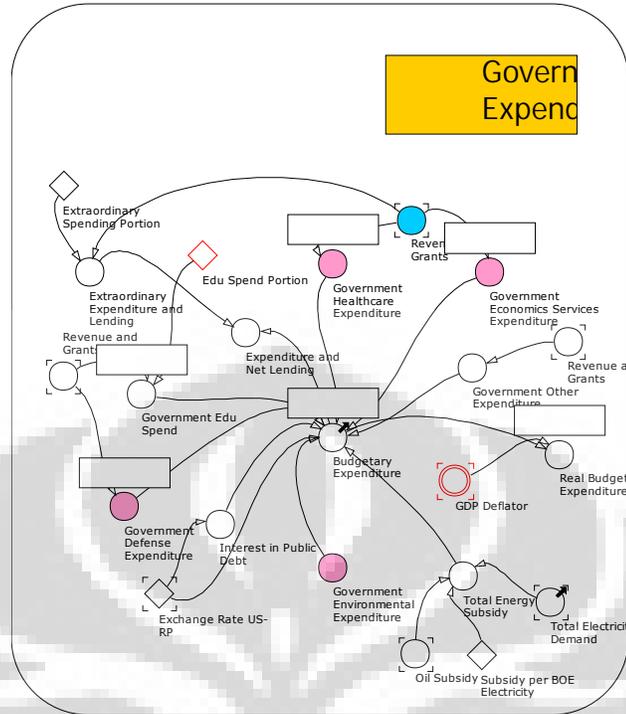


**Gambar 3.30 Modul Produksi Jasa**

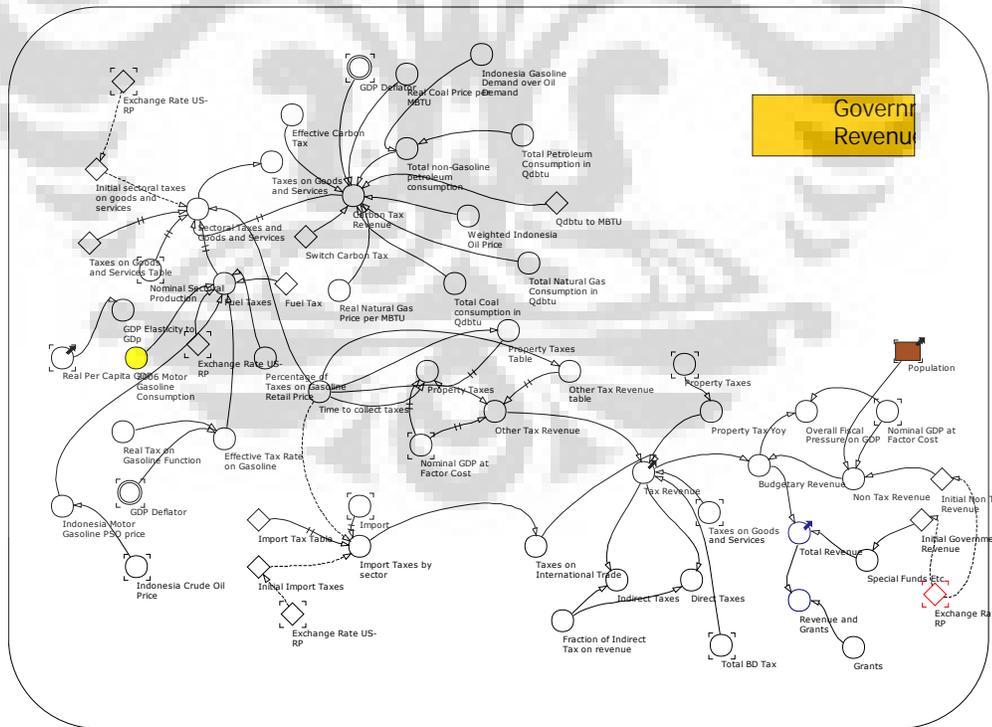


**Gambar 3.31 Modul Produksi Jasa**

Untuk SFD pada faktor pemerintah dapat dilihat pada gambar 3-32 sampai 3-34

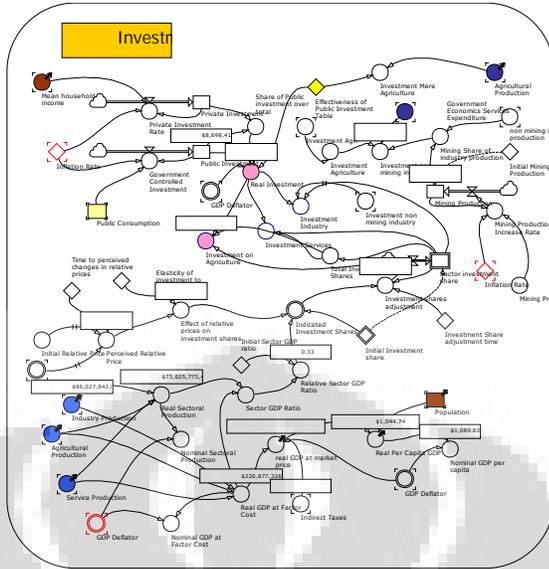


Gambar 3.32 Modul Pengeluaran Pemerintah



Gambar 3.33 Modul Pendapatan Pemerintah

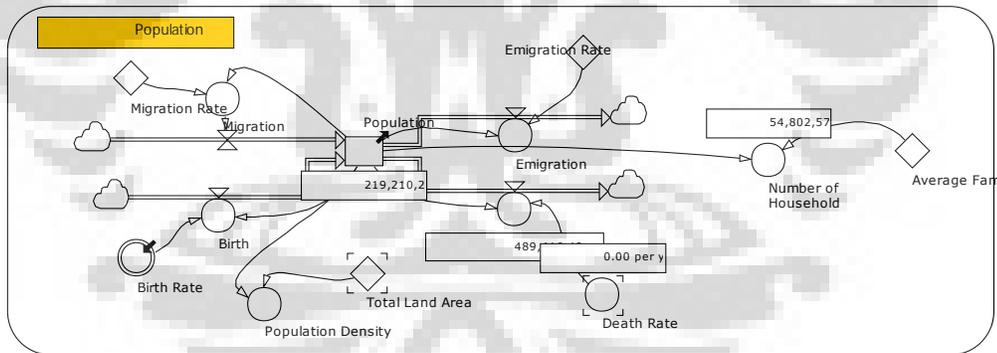




Gambar 3.36 Modul Investasi

### 3.3.2 SFD Sosial Teknologi

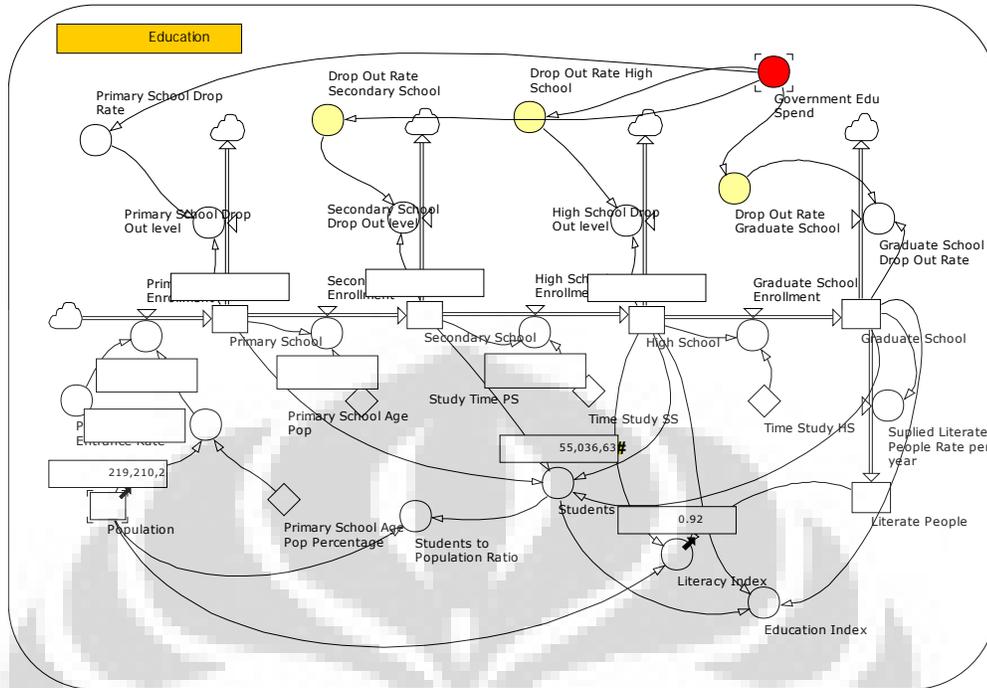
SFD yang ditampilkan dibawah ini menunjukkan interaksi antara variabel variabel dalam aspek sosial dan teknologi



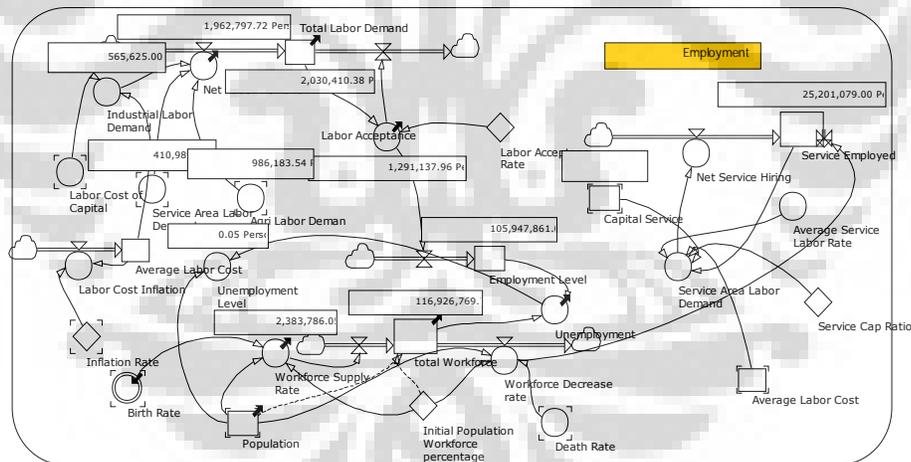
Gambar 3.37 SFD Populasi







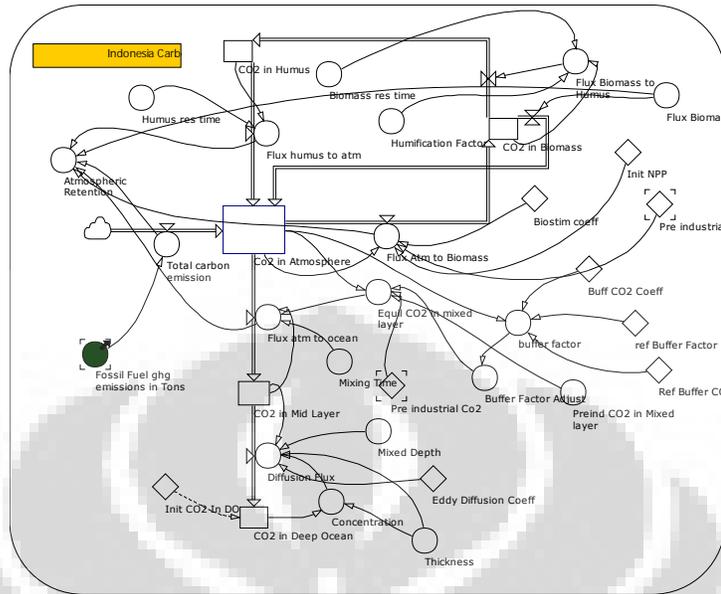
Gambar 3.42 SFD Pendidikan



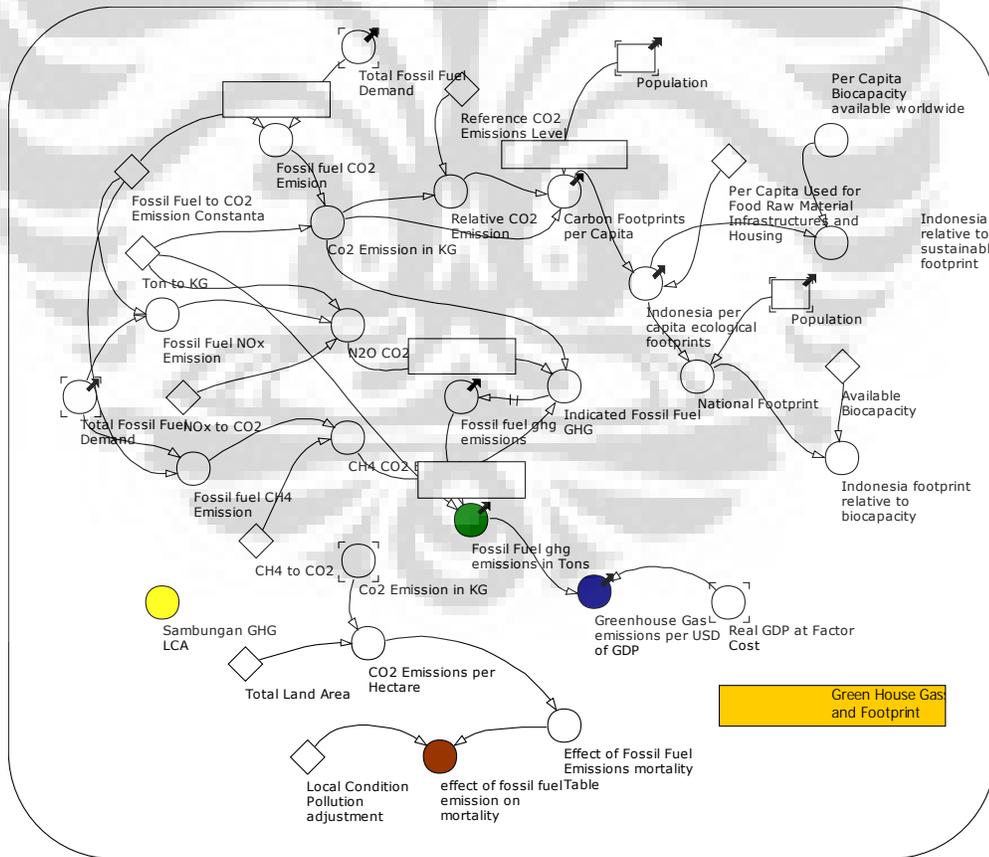
Gambar 3.43 SFD Tenaga Kerja

### 3.3.3 SFD Lingkungan Hidup

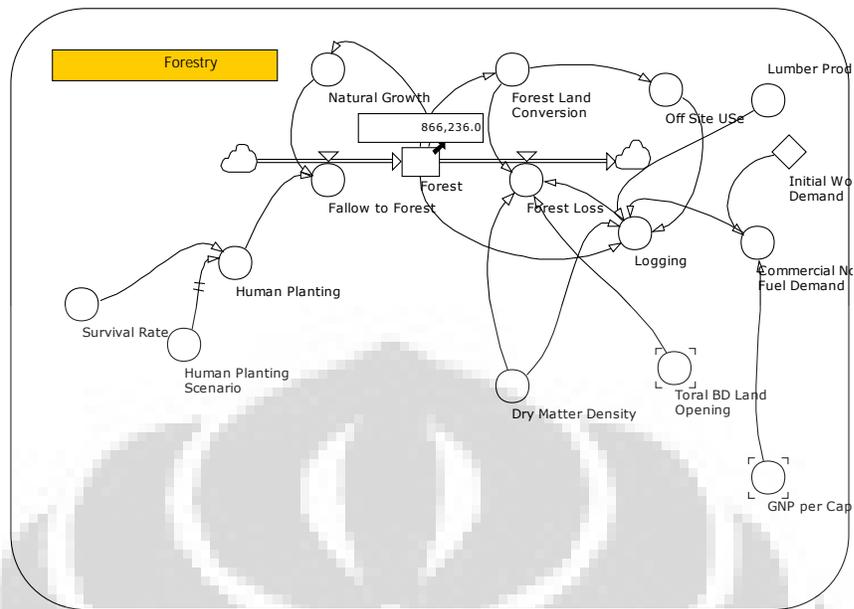
Dibawah ini merupakan SFD pada aspek lingkungan hidup, SFD dibangun berdasarkan korelasi dan interaksi yang telah digambarkan pada CLD sebelumnya.



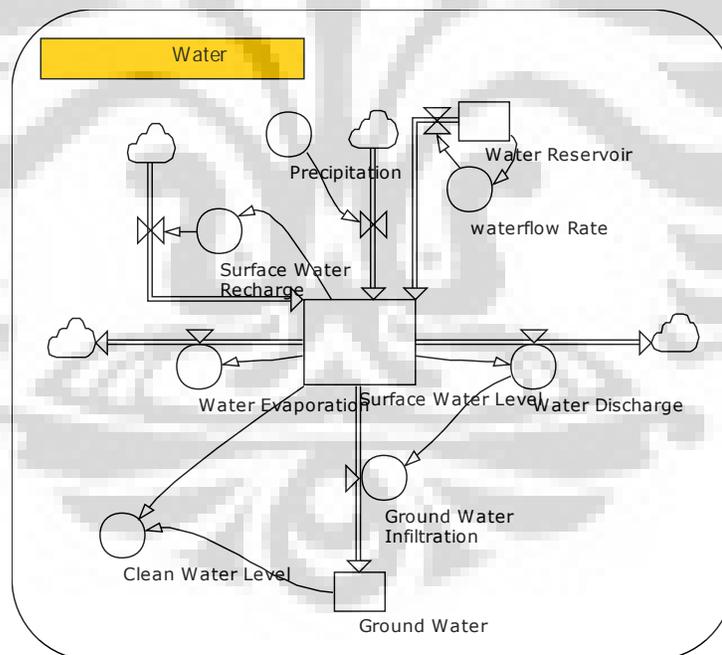
Gambar 3.44 SFD Siklus Karbon



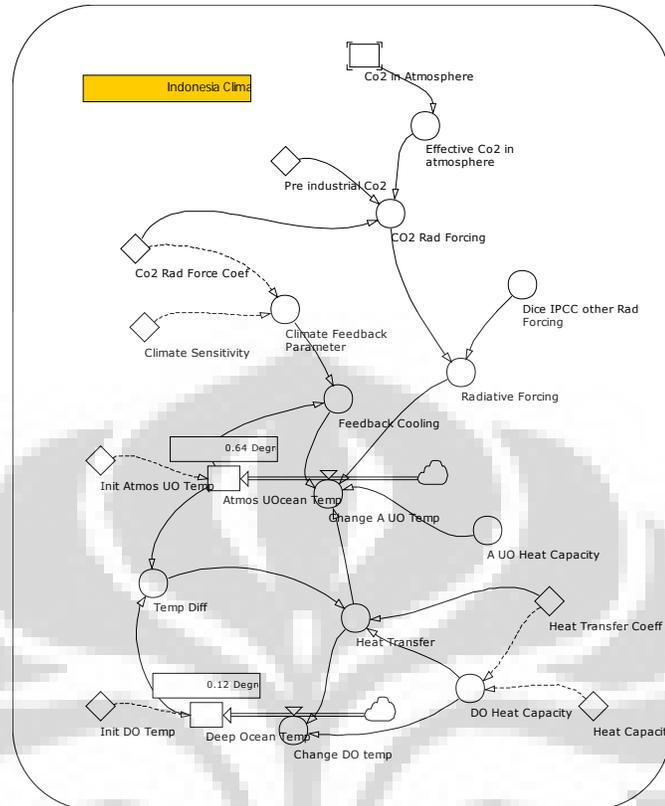
Gambar 3.45 SFD Gas Rumah Kaca



**Gambar 3.46 SFD Kehutanan**



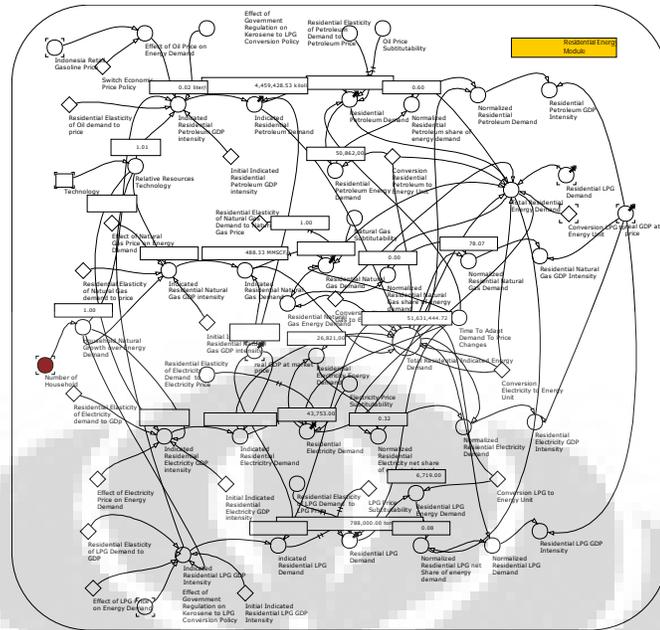
**Gambar 3.47 SFD Ketersediaan air**



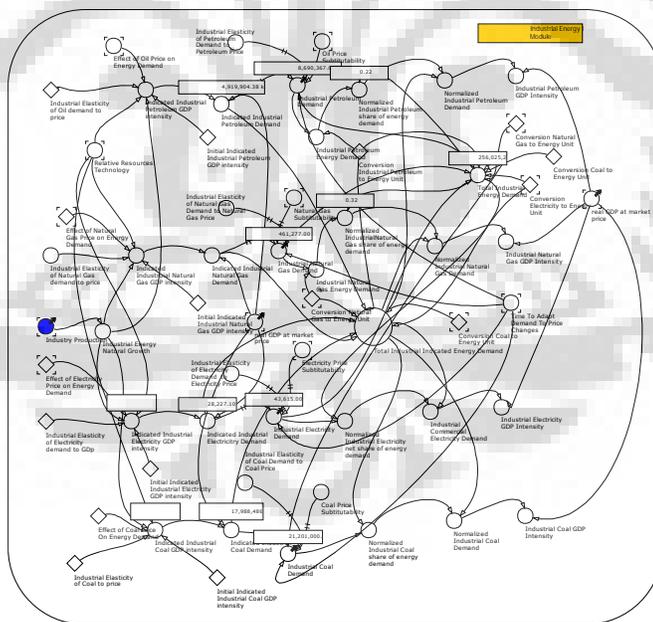
**Gambar 3.48 SFD Perubahan Iklim**

### 3.3.4 SFD Energi

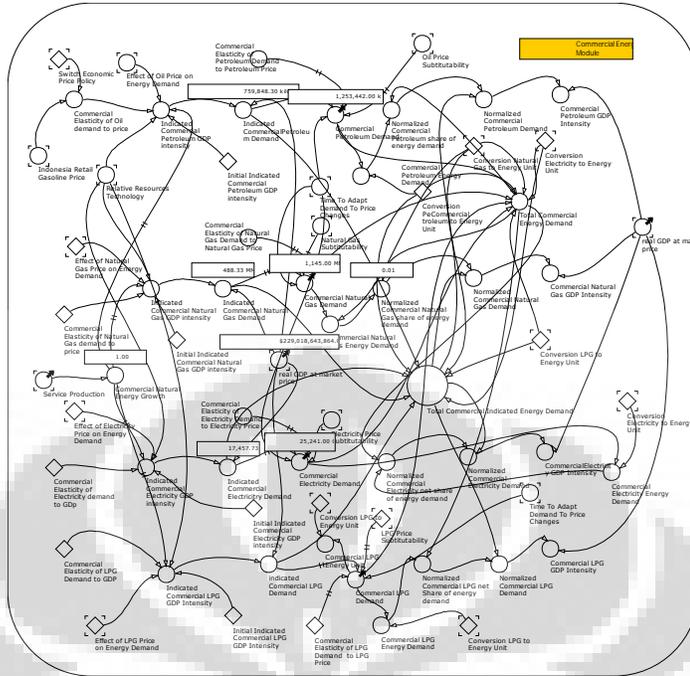
Pada bagian SFD energi, modul yang dikembangkan lebih banyak pada modul permintaan energi sektoral, hal ini menunjukkan adanya keterkaitan antara sektor energi dengan sektor sektor lainnya.



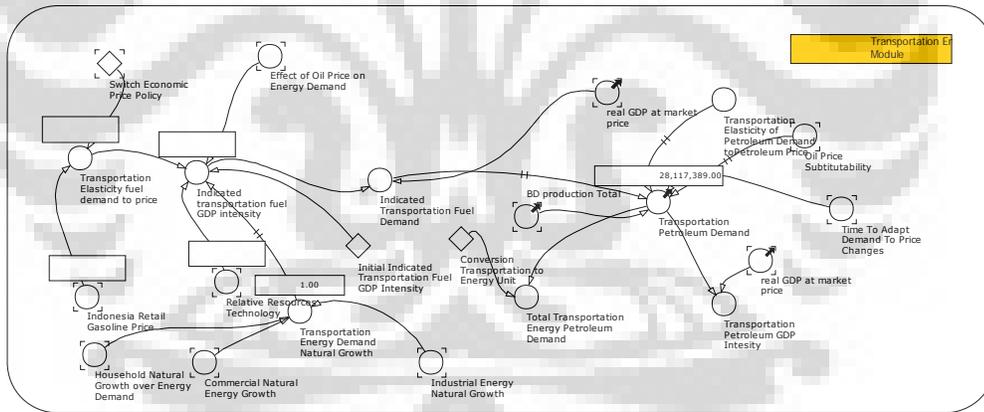
Gambar 3.49 SFD Permintaan Energi Rumah Tangga



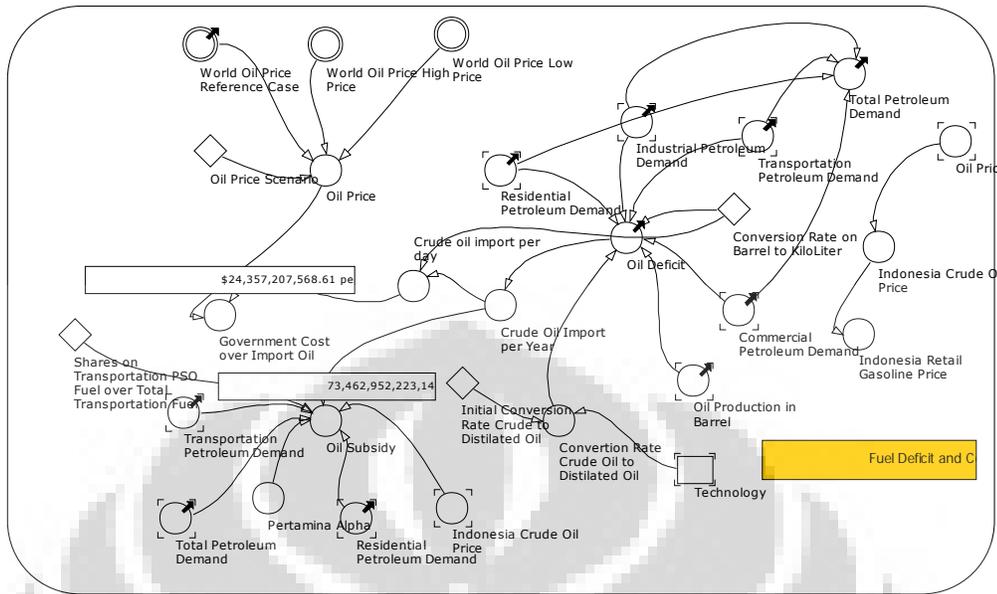
Gambar 3.50 SFD Permintaan Energi Industri



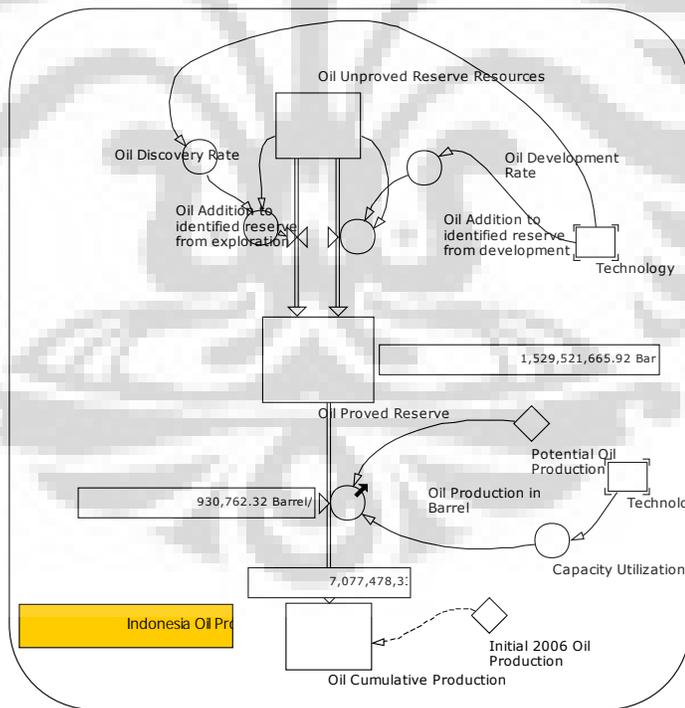
Gambar 3.51 SFD Permintaan Energi Sektor Jasa



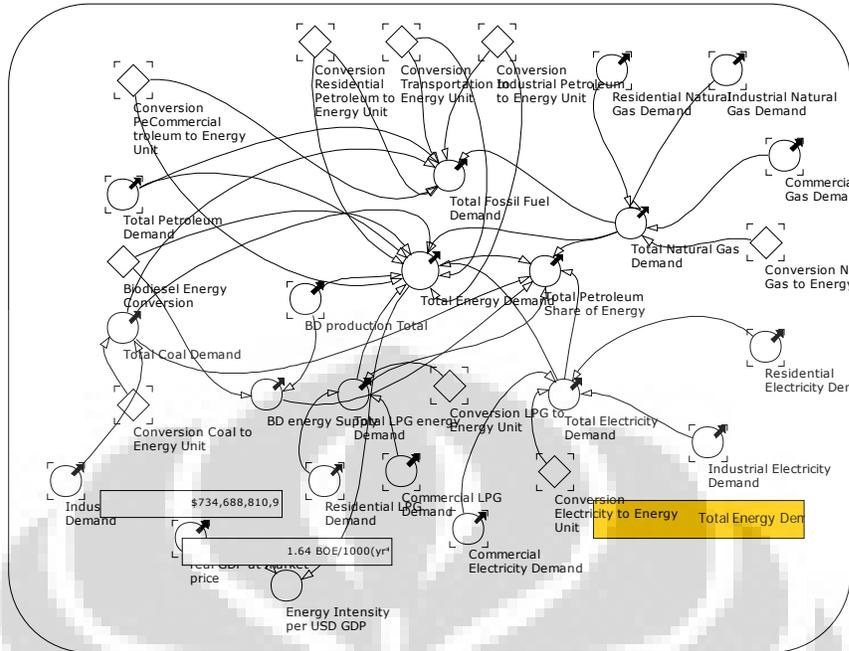
Gambar 3.52 Permintaan Energi Transportasi



**Gambar 3.53 Biaya Minyak Bumi**



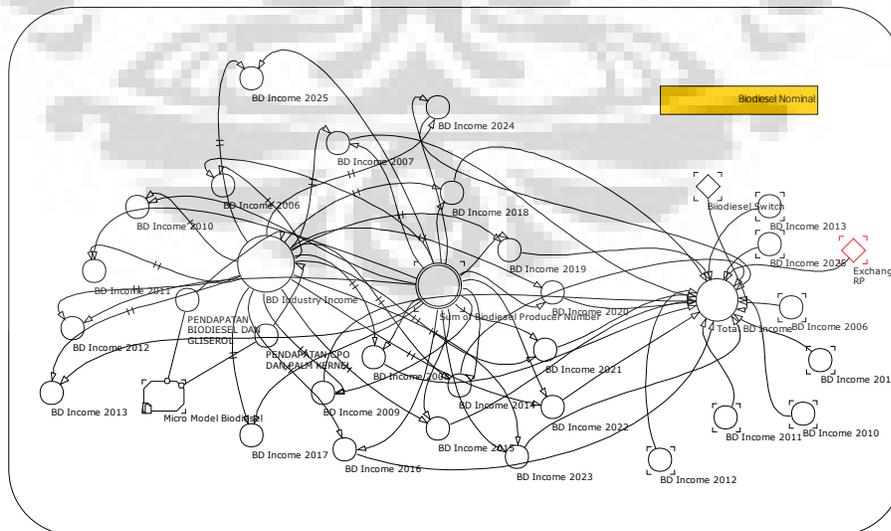
**Gambar 3.54 SFD Produksi Minyak Bumi**



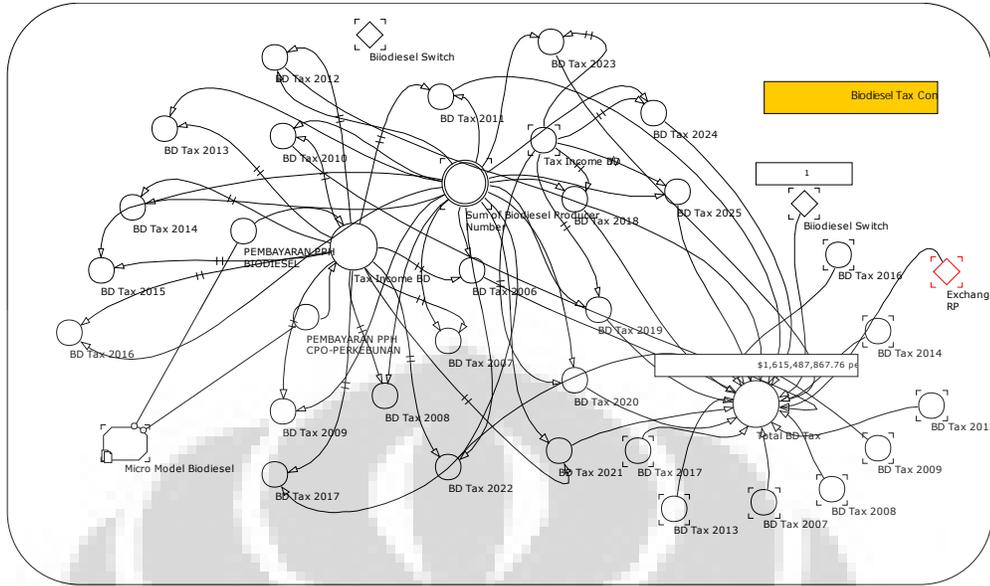
**Gambar 3.55 Modul Total Permintaan Energi**

### 3.3.5 SFD Biodiesel

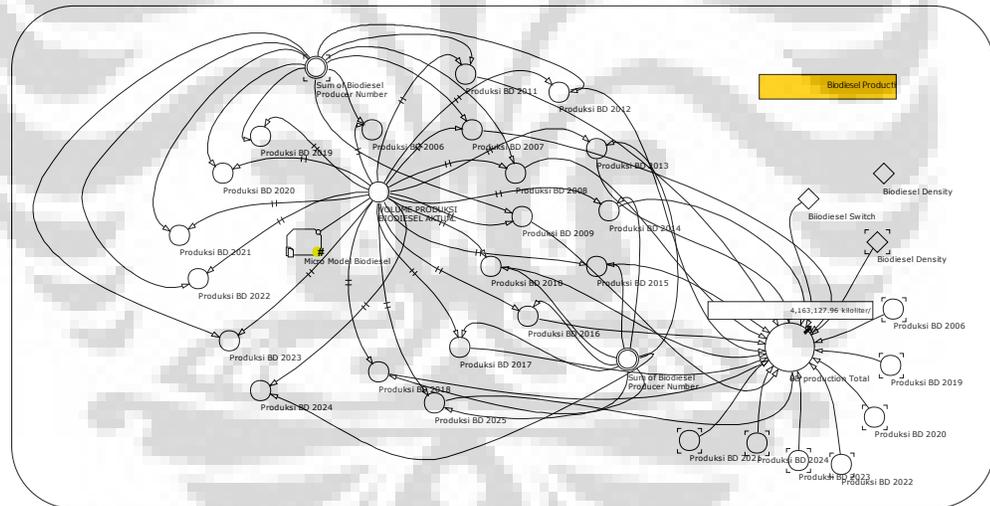
Modul SFD Biodiesel diperlukan untuk melakukan agregasi dari nilai nilai model mikro yang telah dihasilkan oleh model mikro untuk selajutnya diakumulasi menjadi dampak keberlanjutan dari Industri Biodiesel.



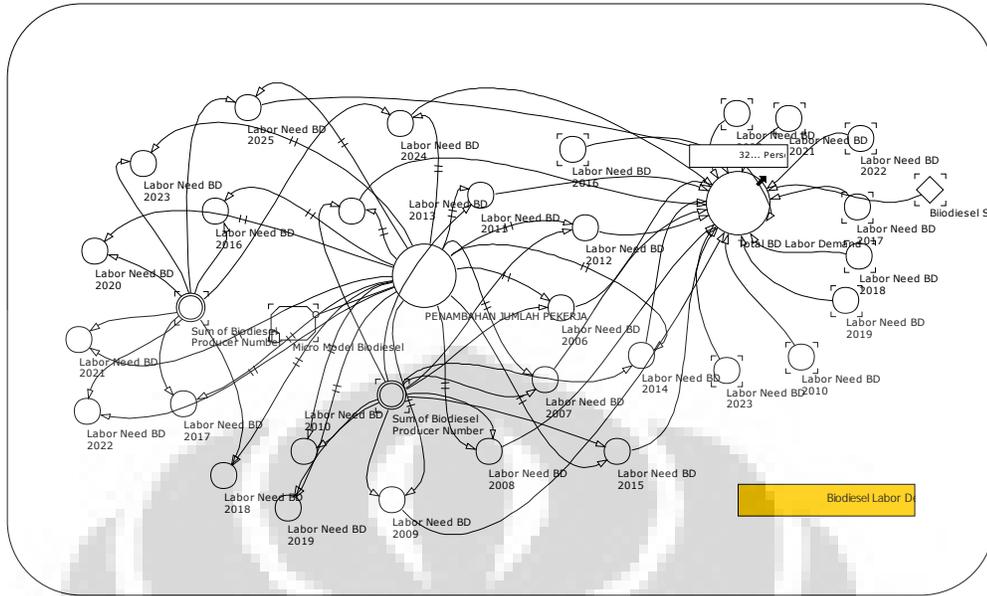
**Gambar 3.56 SFD Produksi Biodiesel**



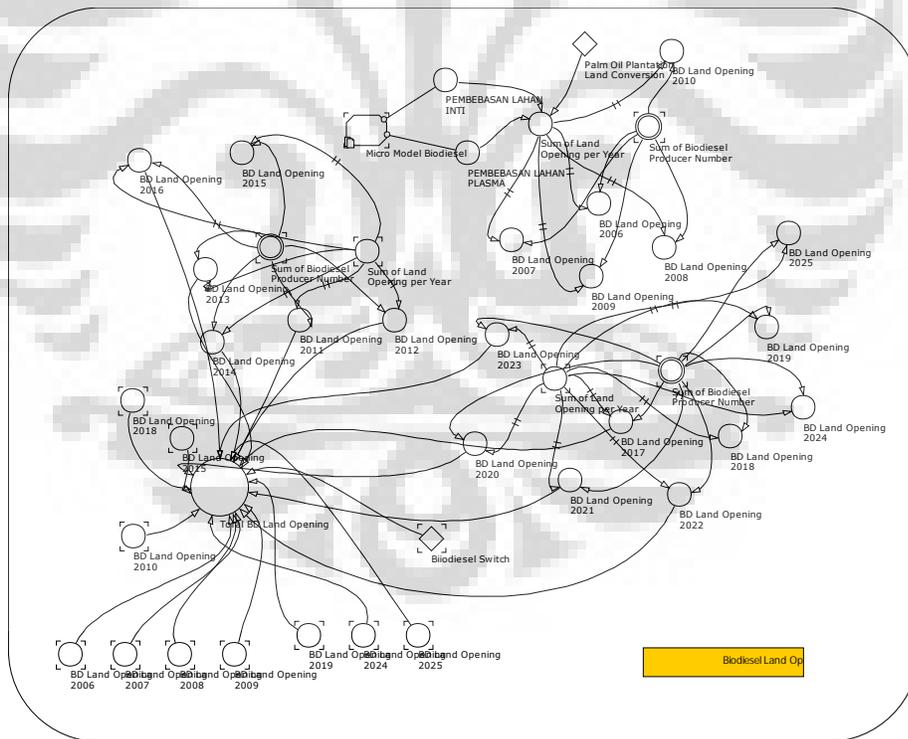
**Gambar 3.57 SFD Penerimaan Pajak Biodiesel**



**Gambar 3.58 SFD Nilai Tambah Biodiesel**



**Gambar 3.59 SFD Penyerapan Tenaga Kerja Biodiesel**



**Gambar 3.60 SFD Kebutuhan Lahan Biodiesel**

### 3.4 Validasi dan Verifikasi

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

#### 3.4.1 Verifikasi Model

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

- Dari Sub-Model Ekonomi :
  - Nilai Produksi Pertanian
  - Nilai Produksi Domestik Bruto
- Dari Sub-Model Sosial-Teknologi :
  - Populasi Indonesia
- Dari Sub-Model Lingkungan :
  - Total Lahan Hutan
- Dari Sub-Model Energi
  - Total Permintaan Energi

Semua variabel yang disebutkan adalah variabel variabel yang berpengaruh dan merupakan indikator yang akan diperbandingkan hasilnya, oleh karena itu verifikasi terhadap nilai nilai keluaran dari variabel tersebut menjadi sangat penting.

- Hasil Verifikasi Produksi Sektor Pertanian

**Tabel 3-0-3 Tabel Verifikasi Sektor Pertanian**

Economic Sphere	Agricultural Production		Perbedaan Hasil
	T21 Indonesia	World Bank	
2006	\$ 31,500.72	\$ 31,157.66	1.10%
2007	\$ 33,767.00	\$ 32,226.13	4.78%
2008	\$ 36,225.87	\$ 33,762.22	7.30%



**Gambar 3.61 Grafik Verifikasi Sektor Pertanian**

Terlihat dari tabel verifikasi bahwa nilai produksi sektoral pertanian yang dihasilkan oleh model T21 tidak berbeda jauh dari data kenyataan yang ada, dengan error dibawah 10%, maka pada sektor ini bisa dikatakan terverifikasi, begitu pula perilaku terhadap waktu yang ditunjukkan grafik juga menunjukkan hasil yang mirip dan cenderung berhimpit.

- Hasil Verifikasi Produk Domestik Bruto

**Tabel 3-4 Tabel Verifikasi Produk Domestik Bruto**

Economic Sphere	Produk Domestik Bruto		Perbedaan Hasil
	T21 Indonesia	World Bank	
2006	\$ 229,018.64	\$ 219,327.66	4.42%
2007	\$ 247,375.08	\$ 233,097.35	6.13%
2008	\$ 253,366.27	\$ 247,228.81	2.48%



**Gambar 3.62 Verifikasi Produk Domestik Bruto**

Pada variabel ini terlihat juga bahwa nilai perbedaan hasil atau error tidak signifikan sehingga pada variabel sektor ini dapat dikatakan sudah terverifikasi, sedangkan grafik juga menunjukkan bahwa perilaku yang dihasilkan model dengan kondisi nyata serupa dan cenderung berhimpit.

- Hasil Verifikasi Sektor Populasi

**Tabel 3-5 Tabel Verifikasi Populasi**

Aspek Sosial	Populasi		Perbedaan Hasil
	T21 Indonesia	UN Ecosoc	
2006	219,210,292	221,936,080	1.23%
2007	223,199,430	224,645,990	0.64%
2008	227,172,106	227,323,560	0.07%
2009	231,094,107	229,952,620	0.50%
2010	234,919,243	232,517,000	1.03%



**Gambar 3.63 Grafik Verifikasi Populasi**

Nampak pada Tabel diatas bahwa perbedaan antara model yang dikembangkan dengan data riil tidak memiliki perbedaan yang signifikan, sehingga model masih bisa dikatakan terverifikasi, sedangkan grafik juga menunjukkan perilaku yang sama terhadap data riil.

- Verifikasi Lahan Hutan

**Tabel 3-6 Verifikasi Lahan Hutan**

Economic Sphere	Produk Domestik Bruto		Perbedaan Hasil
	T21 Indonesia	UN FAO Projection	
2006	866,236.00	866,236.00	0.00%
2007	864,887.94	847,522.00	2.05%
2008	863,612.63	840,741.82	2.72%

Nampak pada tabel 3-6 bahwa perbedaan hasil antara data riil dengan model T21 Indonesia yang dikembangkan tidaklah berbeda jauh, dengan deviasi pada kisaran dibawah 5% maka model ini masih bisa diterima terverifikasi.

- Verifikasi Total Permintaan Energi

**Tabel 3-7 Tabel Perbandingan Total Kebutuhan Energi**

Energy Sphere	Total Kebutuhan Energi		Perbedaan Hasil
	T21 Indonesia	Handbook ESDM	
2006	538,514,397.37	538,453,524	0.01%
2007	582,389,558.64	576,827,000	0.96%
2008	614,832,910.93	643,691,000	4.48%
2009	630,507,616.78	656,564,820	3.97%
2010	721,556,811.56	715,655,654	0.82%

Nampak pada tabel 3-7 bahwa perbedaan hasil antara data riil dengan model T21 Indonesia yang dikembangkan tidaklah berbeda jauh, dengan deviasi pada kisaran dibawah 5% maka model ini masih bisa diterima terverifikasi.

### 3.4.2 Validasi Model

Validasi dilakukan untuk menilai apakah suatu model dapat dianggap memberikan gambaran yang benar mengenai sebuah sistem dan hasilnya. Validasi dilakukan melalui beberapa tes seperti yang telah dijelaskan pada Bab 2.

#### 3.4.2.1 Kecukupan Batasan

Tujuan dari dibuatnya model simulasi ini adalah untuk mensimulasikan pemenuhan target jangka panjang biodiesel nasional. Dalam hal ini, batasan yang ditetapkan penulis adalah aspek-aspek yang berkaitan dengan target suplai biodiesel yang ingin dicapai dengan mengacu kepada batasan struktur sistem yang telah dibuat dalam *system diagram* pada bab sebelumnya, yang mana dibuat berdasarkan pemahaman yang diperoleh dari jurnal penelitian dan kondisi yang berlaku di Indonesia. Dalam hal ini, unsur-unsur di luar itu, seperti korupsi, bencana alam dan terorisme tidak diperhitungkan di dalam model ini.

#### 3.4.2.2 Penilaian Struktur

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

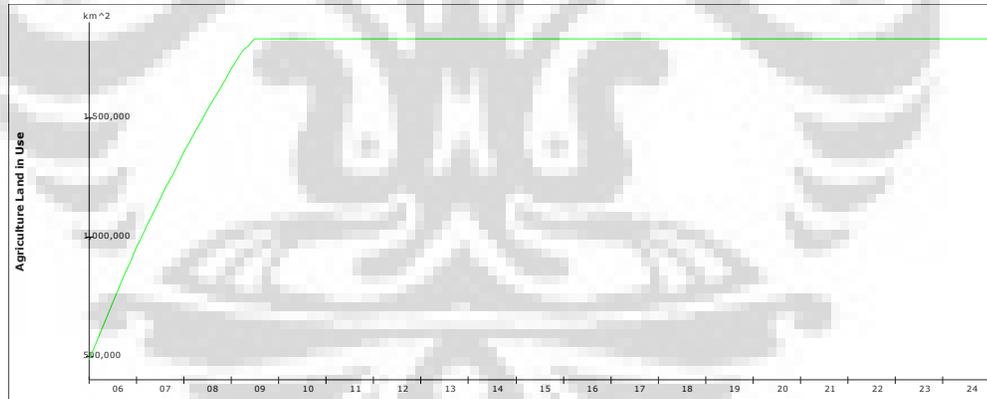
#### 3.4.2.3 Konsistensi Dimensi

Model simulasi sistem dinamis pemenuhan target jangka panjang biodiesel nasional ini dibuat dengan bantuan aplikasi Powersim Studio 2005 yang menuntut adanya konsistensi dalam dimensi yang digunakan agar simulasi dapat berjalan. Karena model simulasi ini dapat berjalan, maka secara otomatis konsistensi dimensinya telah teruji.

### 3.4.2.4 Kondisi Ekstrim

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

Pengujian pada kondisi ekstrim di model ini akan coba dilakukan pada variabel penggunaan lahan pertanian, dimana penggunaan lahan pertanian ini memiliki batas terhadap ketersediaan lahan potensial yang dapat dipergunakan untuk lahan pertanian, jika model perilaku pada model menyimpang maka model tetap akan melakukan ekspansi lahan pertanian kendatipun ketersediaan lahan potensial untuk lahan pertanian sudah tidak dimiliki lagi. Prosedur untuk melakukan uji ekstrimitas ini adalah dengan meningkatkan investasi pada pertanian dengan ekstrim tinggi, lalu dilihat perilaku dari model apakah ketersediaan lahan potensial untuk pertanian bisa menjadi faktor kendala bagi model terutama untuk variabel peningkatan penggunaan lahan pertanian.



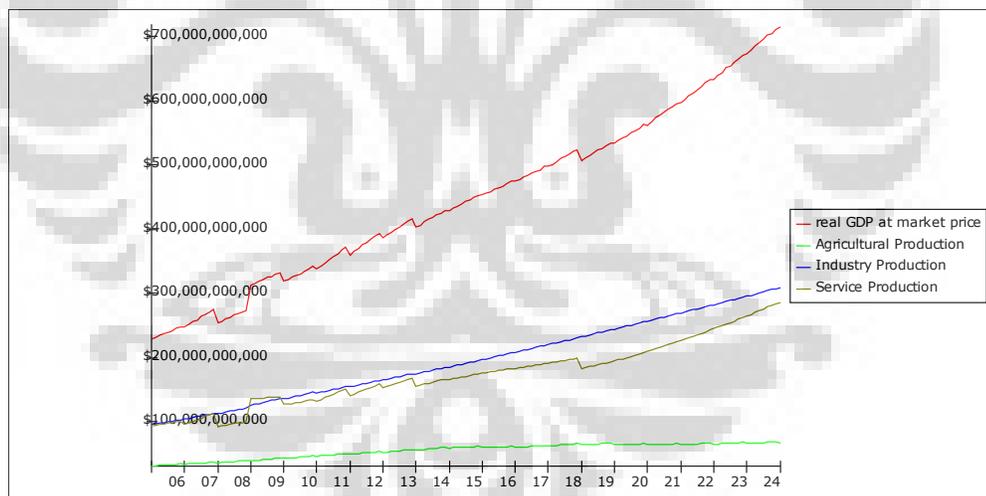
**Gambar 3.64 Uji Ekstrimitas Pada Kebutuhan Lahan**

Pada uji ekstrimitas yang dilakukan diatas dengan memasukkan nilai ekstrim tinggi pada investasi pertanian sehingga terjadi ekspansi besar besaran pada pembukaan kebutuhan lahan baru pertanian, namun pembukaan lahan pertanian tidak lagi terjadi seiring telah habisnya ketersediaan lahan lokal maka pembukaan lahan baru untuk pertanian dihentikan, terlihat pada gambar diatas lahan pertanian tidak bertambah lagi semenjak tahun 2008 karena sudah habisnya

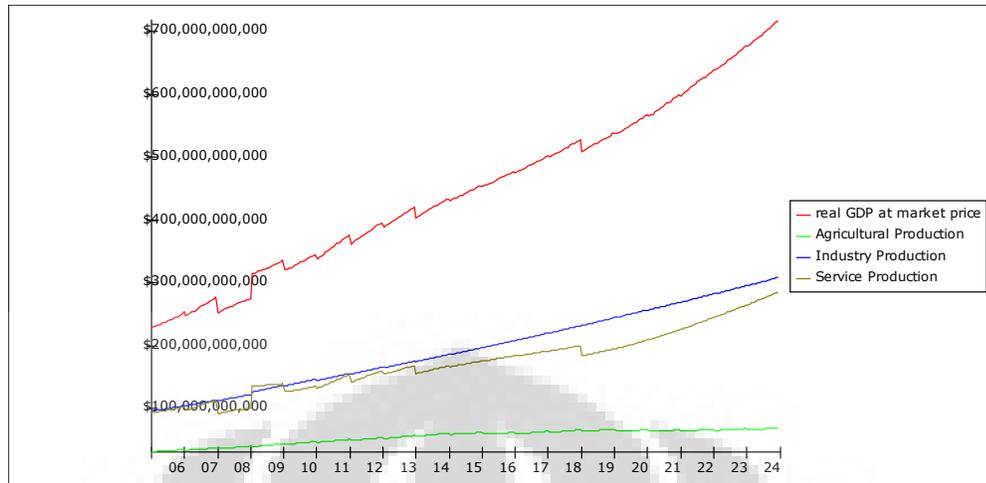
ketersediaan lahan yang ada. Grafik ini sesuai dengan hasil yang diharapkan dimana pembukaan lahan baru akan seketika berhenti ketika ketersediaan lahan telah habis digunakan.

### 3.4.2.5 Error dalam Integrasi

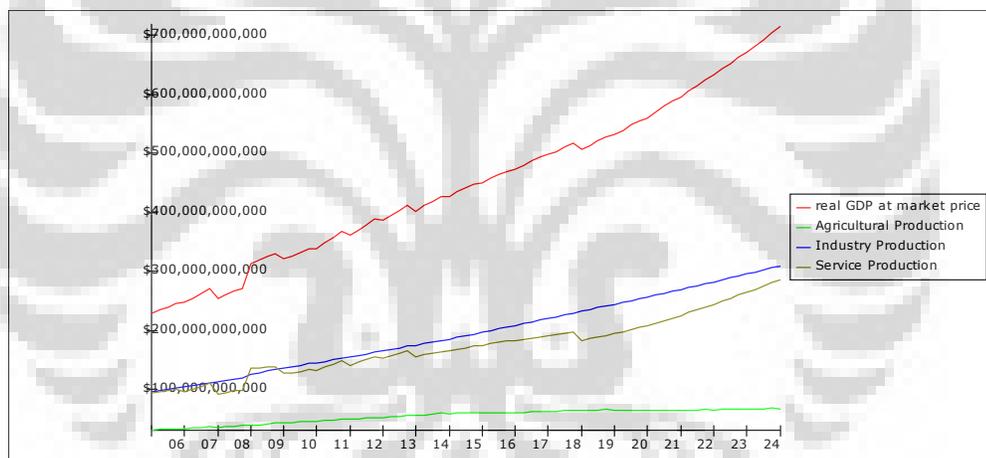
Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah hasil keluaran simulasi sensitif terhadap *time step* yang dipergunakan. Metode yang umum dalam pengujian ini adalah dengan membandingkan hasil simulasi *time step* normal dengan hasil simulasi *time step* setengah dari seharusnya. Sesuai dengan teori sistem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



Gambar 3.65 Gambar Basis Hasil pada *Time Step* 45 hari



**Gambar 3.66** Gambar Keluaran Menggunakan *Time Step* 22 Hari (setengah kali *Time Step* alami)



**Gambar 3.67** Gambar Keluaran Menggunakan *Time Step* 90 Hari (dua kali *Time Step* alami)

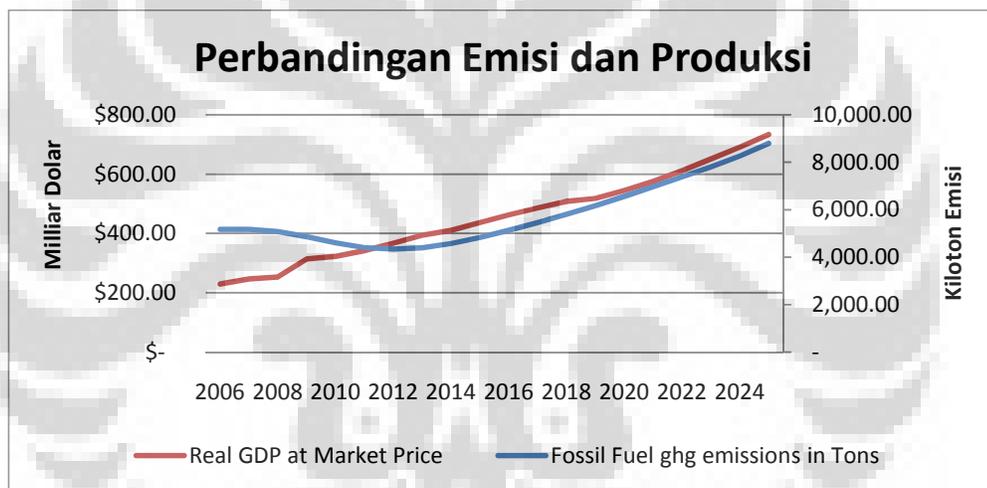
Terlihat pada ketiga grafik diatas bahwa nilai yang dihasilkan tidak jauh berbeda satu sama lain, ketiganya menunjukkan nilai dan perilaku yang sama sehingga dapat terbukti bahwa perubahan *Time Step* tidak mempengaruhi perhitungan model.

#### 3.4.2.6 Reproduksi Perilaku

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah model simulasi yang dibuat menghasilkan perilaku yang penting atau perilaku sederhana dari sistem sesuai

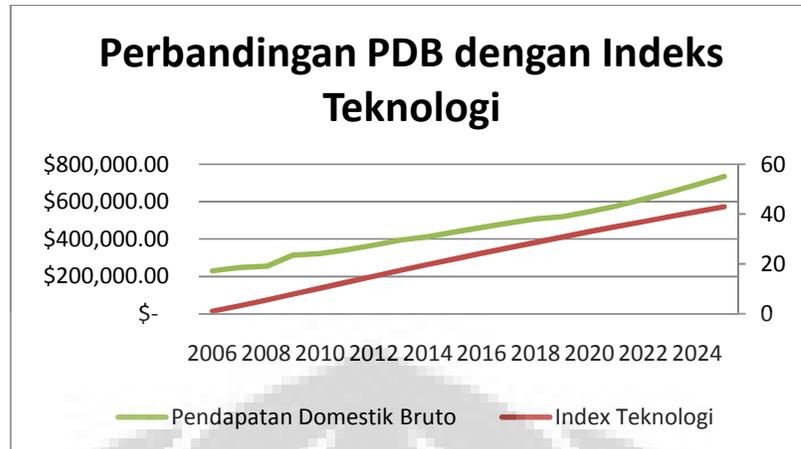
dengan yang terjadi pada kondisi nyata. Di dalam pengujian ini, perilaku-perilaku yang ingin diteliti antara lain adalah sebagai berikut:

- Pengaruh peningkatan nilai nominal produksi terhadap emisi gas rumah kaca, secara teoritis menurut CLD yang telah dibangun dan berdasarkan jurnal-jurnal yang ada, produksi nominal dari sektor ekonomi akan meningkatkan emisi gas rumah kaca.
- Pengaruh peningkatan nilai teknologi terhadap peningkatan produksi ekonomi. Dimana secara teoritis peningkatan indeks teknologi akan meningkatkan produktivitas dari para pekerja dan akan secara langsung meningkatkan produksi dari sektor ekonomi.



**Gambar 3.68 Grafik Perbandingan Emisi dan Produksi**

Pada grafik diatas terlihat bahwa terjadi peningkatan emisi seiring dengan adanya peningkatan produksi, dimana jika dilihat hamper terjadi hubungan yang linear dari emisi dengan produksi, walaupun pada rentang waktu 2010 ke 2012 terjadi penurunan emisi, hal ini dimungkinkan karena adanya peningkatan teknologi yang lebih tinggi dibandingkan peningkatan penggunaan bahan bakar. Namun secara umum peningkatan emisi berbanding lurus dengan peningkatan produksi sektoral pada bidang ekonomi. Perilaku ini sesuai dengan perilaku yang digambarkan pada CLD dimana perbandingan emisi dan produksi memang berbanding lurus.



**Gambar 3.69 Perbandingan Antara PDB dengan Indeks Teknologi**

Pada grafik diatas terlihat dengan sangat jelas terjadi sebuah hubungan linear dari indeks teknologi dengan PDB dimana peningkatan teknologi menjadi salah satu pendorong utama dari produksi, hal ini juga menjadi pembenaran terhadap struktur model yang sesuai dengan CLD yang dibangun.

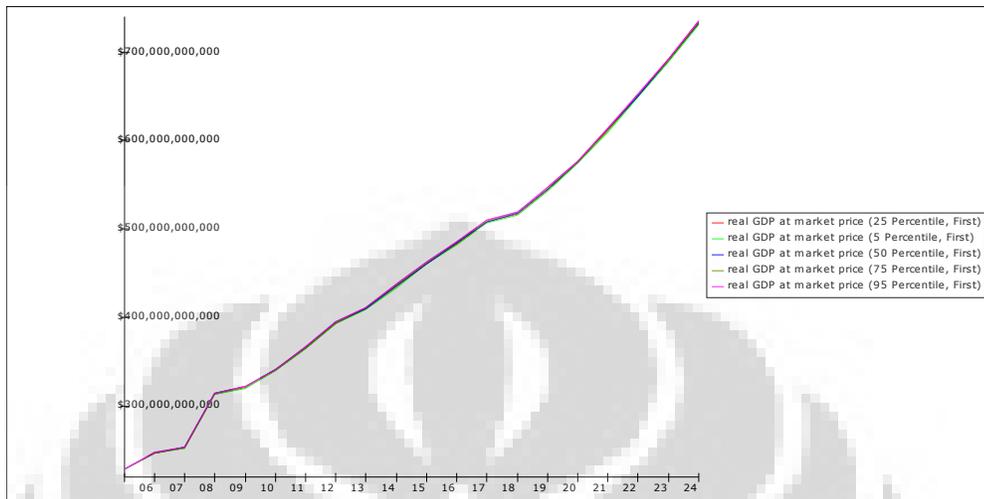
#### 3.4.2.7 Analisa Sensitivitas

Analisa sensitivitas dilakukan untuk mengetahui seberapa sensitif suatu variabel mempengaruhi variabel lainnya. Pada bagian ini, variabel-variabel yang akan diuji adalah variabel eksogenus untuk menguji apakah respon yang diberikan sesuai dengan yang terjadi pada kondisi nyata.

Adapun analisa sensitivitas ini dilakukan dengan menggunakan tool *Risk Assessment* yang terdapat di dalam software *Powersim Studio 2005*. Cara pembacaan terhadap grafik yang dihasilkan adalah berdasarkan nilai persentilnya. Sebagai gambaran, persentil terendah menunjukkan hasil terendah yang dapat diperoleh dengan melakukan perubahan terhadap faktor yang diuji, begitu pula sebaliknya. Variabel-variabel yang dianalisa antara lain sebagai berikut:

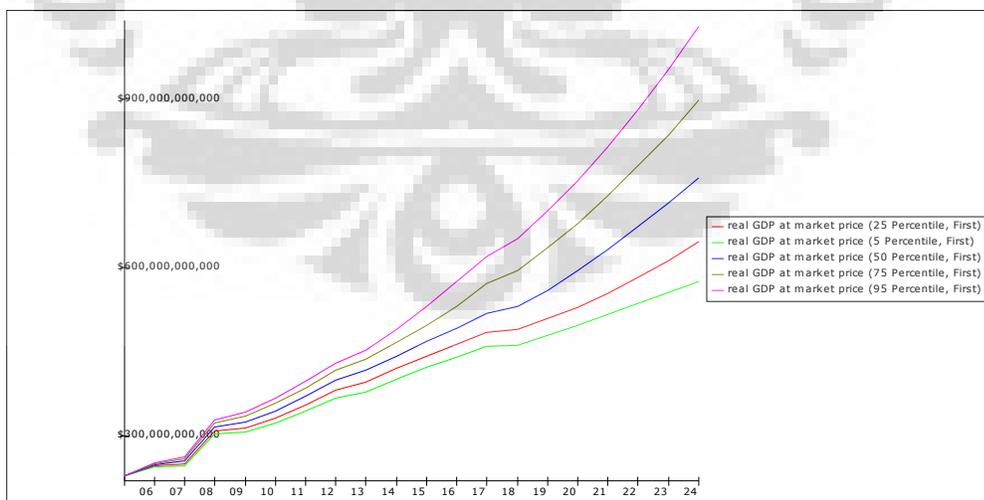
- Laju Inflasi
- Kurs Nilai Tukar Rupiah ke Dolar Amerika Serikat
- Indeks Awal Produktivitas Pekerja

Analisa sensitivitas ini akan dibandingkan dengan perubahan nilai persentil PDB terhadap variabel variabel penguji.



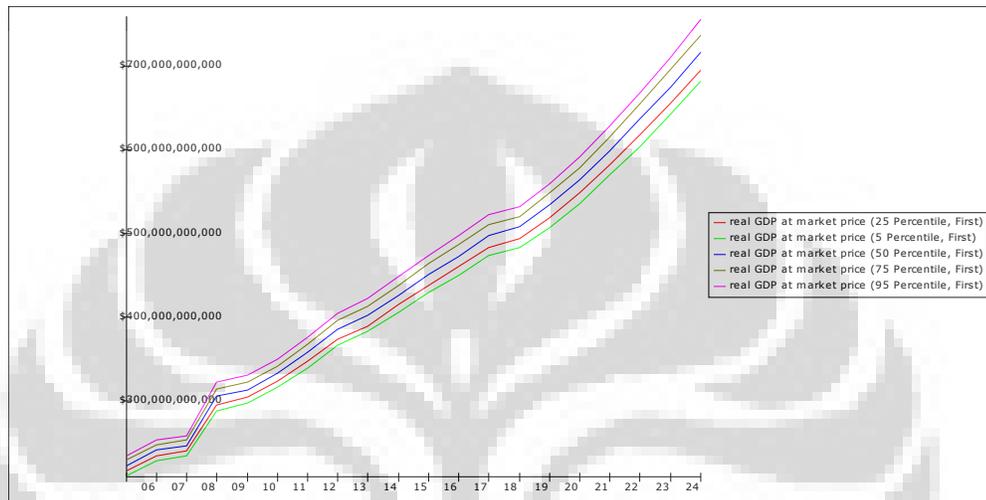
**Gambar 3.70 Perbandingan Pendapatan Domestik Bruto Terhadap Nilai Tukar Rupiah**

Berdasarkan grafik diatas nilai pendapatan domestic bruto tidak terpengaruh oleh nilai tukar rupiah secara besar, dimana terlihat bahwa nilai PDB tidak beranjak secara signifikan dari kondisi awal, ini membuktikan bahwa Pendapatan Domestik Bruto tidak terlalu berpengaruh dengan Nilai Tukar Rupiah.



**Gambar 3.71 Gambar Perbandingan Produksi Terhadap Perubahan Nilai Inflasi**

Dari Gambar diatas dapat terlihat bahwa nilai Inflasi sangat mempengaruhi nilai produksi dari seluruh sektor, dimana semakin tinggi inflasi yang ada maka semakin rendah nilai produksi yang dapat dikeluarkan, ini dikarenakan ongkos produksi yang semakin tinggi sehingga modal modal produksi tidak dapat secara optimal bekerja.



**Gambar 3.72 Gambar Perbandingan Produksi Terhadap Perubahan Nilai Index Produktifitas**

Jika model simulasi berjalan secara realistis, maka seharusnya peningkatan nilai indeks produktifitas akan mempengaruhi jumlah keluaran sehingga mempengaruhi produksi nominal secara nyata. Hal ini dapat dilihat dari gambar 3.72 bahwa atas pengaruhnya terhadap jumlah keluaran sektor produksi, terjadi perubahan pada produksi secara nominal.

## BAB 4 ANALISIS MODEL

### 4.1 Analisis Dampak Industri Biodiesel

Pada bagian ini dilakukan analisis dampak dari industri biodiesel terhadap aspek keberlanjutan di Indonesia, dampak industri biodiesel dihitung berdasarkan agregasi nilai nilai yang ada pada model perusahaan biodiesel pada tingkatan lapisan model yang lebih bersifat makro dengan dikalikan jumlah perusahaan yang dibuat untuk memenuhi mandat pemenuhan kontribusi industri biodiesel. Pada bagian ini akan dilakukan simulasi bagaimana dampak dari keberadaan industri biodiesel dengan posisi pemenuhan mandat Biodiesel sebagai alternatif bahan bakar solar transportasi. Dimana kondisi tersebut akan dibandingkan dengan kondisi tanpa adanya industri biodiesel di Indonesia. Dua kondisi ini memberikan pemahaman tentang adanya analisis *With or Without* yang terjadi antara dengan atau tanpa industri Biodiesel di Indonesia.

Adapun komponen komponen indikator pembanding dari masing masing kondisi dipilih berdasarkan indikator indikator yang sering digunakan dalam melakukan perbandingan antara beberapa kondisi. Indikator indikator yang dipilih tentunya merupakan indikator indikator yang menggambarkan aspek keberlanjutan.

Indikator-indikator yang dibandingkan adalah :

- Pendapatan Nasional melalui indikator Pendapatan Domestik Bruto yang merupakan indikator kemakmuran sebuah bangsa
- Jumlah Pengangguran yang menunjukkan pergerakan ekonomi dapat juga menunjang kemakmuran secara riil lewat penyerapan tenaga kerja
- Jumlah Emisi gas rumah kaca sebagai aspek penilaian lingkungan

Secara umum indikator indikator yang dikeluarkan oleh model dan akan dibandingkan pada masing masing kondisi telah dirangkum pada bab 3.

### 4.3.1 Kondisi Basis dan Simulasi Kondisi basis

Sebelum dibandingkan, sebuah keadaan basis harus dimiliki sebagai kondisi acuan terhadap keadaan yang terjadi. Kondisi basis sendiri sering disebut *Business as Usual* dimana pada kondisi ini segala sesuatunya dibiarkan berjalan apa adanya tanpa ada intervensi. Kondisi basis ini memungkinkan kita untuk melihat apakah yang terjadi apabila keadaan dibiarkan begitu saja tanpa ada perubahan. Kondisi ini lalu nantinya akan dibandingkan dengan kondisi saat kebijakan diterapkan, oleh karena itu kondisi ini disebut kondisi basis yang menjadi dasar dampak dari kebijakan yang diambil.

Kondisi basis Indonesia ditunjukkan dengan indikator indikator di bawah ini:

- Indikator Indikator Ekonomi Pada Tahun 2025

**Tabel 4-1 Tabel Indikator Ekonomi Indonesia Sampai Tahun 2025**

Economic Indicators			
No.	Economic Indicators	Units	in Year 2025
1	Agricultural Production	Million USD	\$ 67,145.61
2	Industrial Production	Million USD	\$ 308,690.94
3	Service Production	Million USD	\$ 286,345.47
4	Real GDP at Market Price	Million USD	\$ 712,314.29
5	Real GDP per Capita	USD	\$ 2,488.28

- Indikator Indikator Sosial Pada tahun 2025

**Tabel 4-2 Tabel Indikator Sosial indonesia Sampai Tahun 2025**

Social Indicators			
No.	Social Indicators	Units	in Year 2025
1	Population	Person	286,267,235.00
2	Gini Coefficient	Index	0.38
3	Literacy Index	Index	0.89
4	Life Expectancy	Years Old	73.52
5	Unemployment	Person	17,309,812

- Indikator Indikator Lingkungan Hidup Pada Tahun 2025

**Tabel 4-3 Tabel Indikator Lingkungan Hidup Indonesia Sampai Tahun 2025**

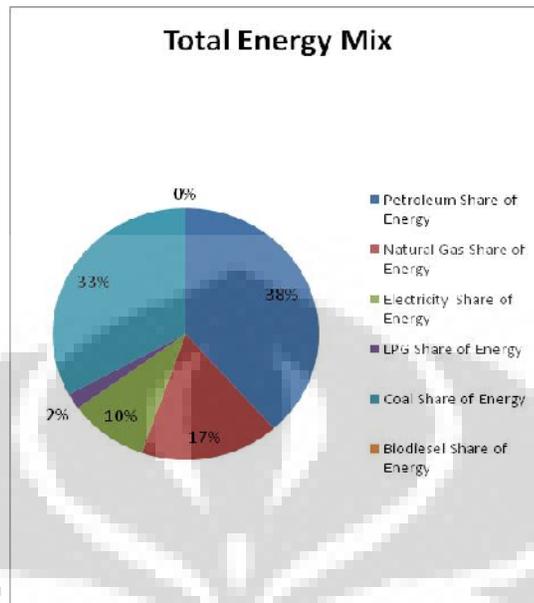
Environmental Indicators			
No.	Environmental Indicators	Units	in Year 2025
1	Greenhouse Gas emissions per USD of GDP	Kg/(Year*USD)	181.35
2	Carbon Footprints per Capita	Kg/(year*person)	3.247
3	Fossil Fuel GHG emissions in Tons	MTon	8,773.74
4	Forest Land	KM <sup>2</sup>	853,324.18

- Indikator Indikator Energi Pada Tahun 2025

**Tabel 4-4 Tabel Indikator Energi Indonesia Tahun 2025**

Energy Indicators			
No.	Energy Indicators	Units	in Year 2025
1	Residential Petroleum Demand	Kiloliter/Year	4,046,600.25
2	Residential Natural Gas Demand	MMSCF/Year	753.76
3	Residential Electricity Demand	GWH/Year	45,191.38
4	Residential LPG Demand	Ton/Year	1,527,687.69
5	Industrial Petroleum Demand	Kiloliter/Year	18,104,469.78
6	Industrial Natural Gas Demand	MMSCF/Year	1,082,159.75
7	Industrial Electricity Demand	GWH/Year	96,486.20
8	Industrial Coal Demand	Ton/Year	90,689,244.41
9	Commercial Petroleum Demand	Kiloliter/Year	1,915,789.33
10	Commercial Natural Gas Demand	MMSCF/Year	1,231.21
11	Commercial Electricity Demand	GWH/Year	40,457.82
12	Commercial LPG Demand	Ton/Year	1,246,161.35
13	Transportation Petroleum Demand	Kiloliter/Year	47,733,106.58
14	Total Energy Demand	BOE/Year	1,156,404,883.13

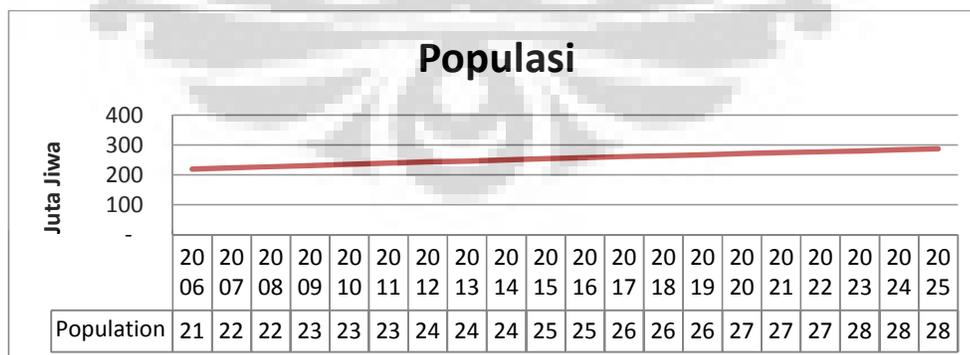
- Indikator Porsi Energi Pada Tahun 2025



**Gambar 4.1 Porsi Penggunaan Energi di Indonesia Berdasarkan Tipe Energi**

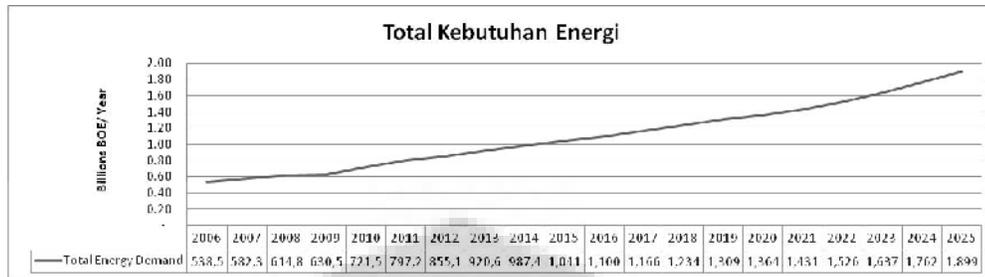
Kondisi indikator indikator tersebut menjadi basis pembandingan terhadap kondisi apabila dipenuhinya mandat penggunaan Biodiesel di Indonesia, selain indikator indikator pembandingan tersebut diperlukan juga indikator lain yang ditampilkan sebagai indikator yang dapat menunjukkan bagaimana sistem dalam model ini berjalan.

- Indikator Populasi



**Gambar 4.2 Grafik Pergerakan Populasi Indonesia**

- Indikator Kebutuhan Energi



**Gambar 4.3 Grafik Pergerakan Kebutuhan Energi Total**

Dua grafik diatas menunjukkan bahwa pada tahun 2025 apabila tidak terjadi perubahan terhadap pola hidup masyarakat Indonesia maka akan terjadi sebuah pertumbuhan populasi yang cukup tinggi, hal ini tentunya juga akan berimbas pada pertumbuhan kebutuhan energi, dimana pertumbuhan energi secara alami akan meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi. Selain itu pertumbuhan populasi pada angka yang signifikan seperti tercermin pada hasil grafik 4.2 juga perlu ditunjang dengan peningkatan produksi barang dan jasa pada sektor riil, peningkatan ini juga berimbas pada kebutuhan produksi terhadap energi sehingga keadaan membuat permintaan terhadap energi meningkat.

Peningkatan ini juga merupakan imbas dari keadaan psikologis masyarakat Indonesia yang cenderung berlaku boros terhadap penggunaan energi, intensitas energi terhadap produksi nominal Indonesia pada tahun 2006 berada pada posisi 2,35 SBM (Setara Barel Minyak) per 1000 Dolar Amerika, dimana nilai ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan Jepang atau negara lain yang lebih maju.

#### **4.3.2 Kondisi dengan Implementasi Industri Biodiesel dan Simulasinya**

Pada kondisi ini, disimulasikan keadaan apabila tercapai pemanfaatan Industri biodiesel yang sesuai dengan mandat yang diberikan oleh pemerintah pada timnas BBN.

Indikator yang dijadikan acuan keluaran tetap sama seperti apa yang dikeluarkan pada kondisi basis tanpa adanya implementasi industri Biodiesel.

- Indikator Ekonomi Pada Tahun 2025 Dengan Penerapan Mandat Biodiesel

**Tabel 4-5 Indikator Ekonomi Pada Tahun 2025 Dengan Pemanfaatan Biodiesel**

Economic Indicators			
No.	Economic Indicators	Units	in Year 2025
1	Agricultural Production	Million USD	\$ 86,256.29
2	Industrial Production	Million USD	\$ 308,730.44
3	Service Production	Million USD	\$ 286,577.89
4	Real GDP at Market Price	Million USD	\$ 732,633.51
5	Real GDP per Capita	USD	\$ 2,559.26

- Indikator Sosial Pada Tahun 2025 Dengan Penerapan Mandat Biodiesel

**Tabel 4-6 Tabel Indikator Sosial Pada Tahun 2025 Dengan Penerapan Biodiesel**

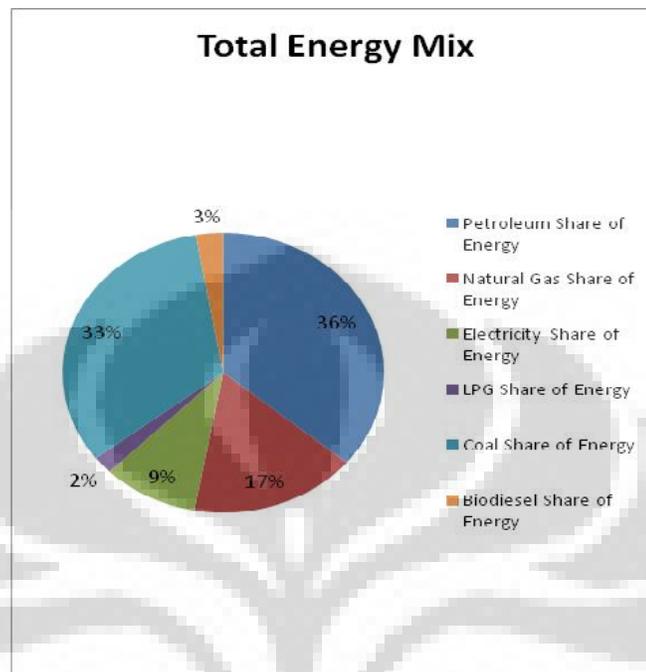
Social Indicators			
No.	Social Indicators	Units	in Year 2025
1	Population	Person	286,267,275.00
2	Gini Coefficient	Index	0.38
3	Literacy Index	Index	0.89
4	Life Expectancy	Years Old	73.52
5	Unemployment	Person	16,592,310

- Indikator Lingkungan Hidup Pada Tahun 2025 Dengan Penerapan Mandat Biodiesel

**Tabel 4-7 Tabel Indikator Lingkungan Hidup Pada Tahun 2025 Dengan Pemanfaatan Biodiesel**

Environmental Indicators			
No.	Environmental Indicators	Units	in Year 2025
1	Greenhouse Gas emissions per USD of GDP	Kg/(Year*USD)	176.19
2	Carbon Footprints per Capita	Kg/(year*person)	3.278
3	Fossil Fuel GHG emissions in Tons	MTon	8,782.84
4	Forest Land	KM <sup>2</sup>	666,363.16

- Indikator Porsi Penggunaan Energi Pada Tahun 2025 Dengan Penerapan Mandat Biodiesel



Gambar 4.4 Total Porsi Energi Setelah Pemanfaatan Biodiesel

#### 4.3.3 Analisis Perbandingan Kondisi

Pada hipotesis awal dinyatakan bahwa industri Biodiesel berperan pada peningkatan pendapatan ekonomi secara keseluruhan, tidak hanya pada penerimaan sektor pertanian namun dapat dilihat terjadi peningkatan pada penerimaan sektor ekonomi, dimana penerimaan pajak pemerintah akan meningkat seiring dengan meningkatnya penerimaan sektor pertanian, meningkatnya penerimaan pemerintah juga akan meningkatkan investasi pemerintah, sehingga akan terjadi efek multiplier bagi seluruh sektor industri. Oleh karena itu penerimaan sektoral akan meningkat.

Secara umum penerimaan riil dibidang ekonomi meningkat 2 Milyar dolar dibandingkan penerimaan ekonomi tanpa pemanfaatan Industri Biodiesel, peningkatan ini juga dirasakan secara merata karena peningkatan pendapatan per kapita juga meningkat 100 dolar dibandingkan tanpa adanya pemanfaatan biodiesel, indikator indikator ini membuat pemanfaatan biodiesel kebijakan yang menguntungkan ekonomi Nasional secara riil.

Selain peningkatan pada sektor pendapatan, peningkatan lain juga dapat dirasakan pada sektor sosial. Pada tabel 4-6 jumlah pengangguran di Indonesia berkurang sebanyak kurang lebih 700 ribu orang jika dibandingkan dengan tabel 4-2, berkurangnya tingkat pengangguran ini diakibatkan adanya penyerapan tenaga kerja yang sangat besar dari Industri Biodiesel, dimana sebuah perusahaan Biodiesel secara rata-rata membutuhkan 1000 pekerja. Walaupun tidak terjadi peningkatan lain pada bidang sosial yang diakibatkan oleh pemanfaatan Biodiesel.

Dampak lain yang dianalisis adalah dampak pada lingkungan hidup. Biodiesel mampu menggantikan solar, dan karena Biodiesel mengeluarkan emisi yang lebih kecil dibandingkan solar maka Biodiesel diharapkan mampu memberikan dampak lingkungan yang lebih baik. Dampak lingkungan yang dibandingkan adalah intensitas emisi gas buang per dolar PDB, pada indikator yang dipilih nilai didapatkan nilai indikator pada kondisi dengan pemanfaatan Biodiesel memiliki nilai yang lebih kecil, ini berarti intensitas emisi berbanding pendapatan menjadi lebih efisien, yang berarti emisi yang dihasilkan dari peningkatan produksi semakin berkurang seiring penggunaan Biodiesel. Pengurangan intensitas emisi per dolar produksi membuat Indonesia berpeluang untuk lebih tinggi mengakselerasi pertumbuhan ekonomi dengan mengurangi kekhawatiran akan tingkat polusi yang tinggi akibat pertumbuhan ekonomi.

Pada sektor energi, penerapan program Biodiesel mampu mengurangi ketergantungan pemerintah terhadap kebutuhan energi yang berasal dari minyak bumi. Hal ini menjadi salah satu indikator penting karena minyak bumi adalah penggerak utama sektor energi yang harganya sangat fluktuatif mengikuti kondisi geopolitis yang tidak menentu. Kondisi fluktuatif dari minyak bumi menyebabkan alokasi anggaran untuk subsidi yang berbasis pada harga minyak bumi juga menjadi tidak memiliki batas yang rigid, sehingga pemerintah dipaksa untuk membuat *hedging* pada nilai subsidi minyak agar pemerintah mampu mengalokasikan dana untuk subsidi minyak.

Dengan berbagai indikator positif yang dihasilkan oleh Biodiesel, industri Biodiesel juga memberikan dampak negatif pada laju perusakan hutan, dimana laju perusakan hutan menjadi sangat tinggi karena adanya pemanfaatan Biodiesel,

sehingga pemanfaatan Biodiesel mengancam keanekaragaman hayati dan penyerapan karbon dioksida. Adapun kerusakan hutan yang didefinisikan di dalam model adalah konversi atau perubahan ekologi hutan hujan tropis atau hutan alami menjadi lahan yang tidak potensial maupun berubah menjadi lahan monokultural. Laju kerusakan hutan yang ditunjukkan oleh model mengindikasikan bahwa jika penerapan program ini dilaksanakan maka Industri Biodiesel merupakan faktor utama dalam peningkatan laju kerusakan hutan, dimana pembukaan lahan untuk Biodiesel menjadi 85% penyebab kerusakan hutan.



## BAB 5 KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari model dampak industri biodiesel nasional dapat disimpulkan hal hal sebagai berikut :

1. Model Dampak Industri Biodiesel terhadap aspek keberlanjutan di tingkat Nasional dikembangkan berdasarkan model T21 dengan melakukan agregasi dari model mikro perusahaan biodiesel yang ada ke model makro sehingga didapatkan dampak keberlanjutan industri Biodiesel.
2. Model Dampak Industri Biodiesel dikembangkan dengan 5 Sub-model yang terdiri dari Sub-model Ekonomi, Sub-model Sosial dan Teknologi, Sub-model Lingkungan hidup, Sub-model energi dan sub-model agregasi industri biodiesel.
3. Dari pengembangan model, mampu menghasilkan keluaran berupa perhitungan dampak industri biodiesel terhadap aspek keberlanjutan dalam kerangka *Three Bottom Line* dan ketahanan energi.
4. Didapatkan perilaku terhadap waktu berupa kecenderungan konsumsi energi nasional yang meningkat mencapai 3 kali lipat dari kurun waktu 2006-2025, sedangkan populasi Indonesia tumbuh dari kisaran 219 Juta penduduk mencapai 286 Juta Penduduk
5. Industri Biodiesel Nasional memberikan kontribusi ekonomi sebesar 20 Miliar Dolar per tahunnya dan lebih dari 700 ribu penyerapan tenaga kerja per tahunnya
6. Walaupun penerapan industri biodiesel nasional dapat menurunkan intensitas emisi terhadap produksi nominal namun, pembukaan lahan dan laju kerusakan hutan yang diakibatkan menyentuh angka yang tinggi yaitu sekitar 120 ribu Km<sup>2</sup>
7. Industri Biodiesel nasional memberikan kontribusi positif terhadap aspek keberlanjutan Indonesia karena memberikan nilai positif terhadap ke tiga aspek keberlanjutan

## 5.2 Saran

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

1. Diperlukan adanya dorongan dari pemerintah yang terkontrol secara periodik baik berupa regulasi ataupun subsidi pada industri Biodiesel untuk menstimulus penggunaan BBN, sehingga dapat tercapai dampak Biodiesel yang diinginkan, selain itu perlu dilakukan sosialisasi sehingga dampak positif Biodiesel dapat tersampaikan dengan baik
2. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dikembangkan ke arah bagaimana mengembangkan kebijakan subsidi untuk pengembangan bahan bakar nabati biodiesel yang berkelanjutan sesuai dengan mandat BBN oleh pemerintah.
3. Berdasarkan hasil penelitian yang memiliki keterbatasan akan data dan informasi, maka untuk penelitian selanjutnya, diharapkan dapat memperdalam informasi akan analisis kebijakan subsidi harga BBN untuk penggunaan transportasi umum.

## DAFTAR REFERENSI

- Asia Pacific Energy Research Centre (2006). *APEC Energy Demand and Supply Outlook 2006: Projections to 2030, Economic Review*. Tokyo: Institute of Energy Economics, Japan.
- Bank Indonesia (2009). Data Statistik Ekonomi & Moneter Indonesia. from Bank Indonesia: <http://www.bi.go.id/web/id/DIBI>
- Biro Pusat Statistics (2005). Statistik Demografi Indonesia. [http://www.datastatistik-indonesia.com/component/option,com\\_tabel/kat,1/idtabel,111/Itemid,165/](http://www.datastatistik-indonesia.com/component/option,com_tabel/kat,1/idtabel,111/Itemid,165/)
- Blackburn, W. R. (2007). *The Sustainability Handbook: Complete Management Guide to Achieving Social, Economic and Environment Responsibility*. London, UK: EarthScan Ltd.
- BP plc (June 2009). *BP Statistical Review of World Energy June 2009*. London, UK: British Petroleum
- Charles, M. B., Ryan, R., Ryan, N., & Oloruntoba, R. (2007). Public policy and biofuels: The way forward? *Energy Policy*, 35, 5737–5746.
- Dewi Astuti (2009, 24 Dec 2009 ). Investasi asing pada 2009 anjlok 28%. *Bisnis Indonesia*.
- Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (2008). 2008 Statistical yearbook for Asia and the Pacific *Statistical yearbook for Asia and the Pacific* (pp. 199). Bangkok: United Nations Publications.
- Escobar, J. C., Lora, E. S., Venturini, O. J., Ya´nˆez, E. E., Castillo, E. F., & Almazan, O. (2008). Biofuels: Environment, technology and food security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, In Press*.
- Instruksi Presiden No 1/2006. Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuels) sebagai Bahan Bakar Lain (2006).
- International Energy Agency (IEA) (2008). *Energy Policy Review of Indonesia*. Paris: International Energy Agency (IEA).
- International Monetary Fund (2009). *IMF Annual Report*. New York: International Monetary Fund.
- Kebijakan Energi Nasional (2006).
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for A Complex World*. Boston: The McGraw Hill Companies, Inc.
- Sugiyono, A. (1999). *Energy Supply Optimization with Considering the Economic Crisis in Indonesia*. Paper presented at the 8th Scientific Meeting of The Indonesia Student Association, Osaka.
- United Nations (2009). *The Millennium Development Goals Report* New York: united Nations.

- Asia Pacific Energy Research Centre. (2006). APEC Energy Demand and Supply Outlook 2006: Projections to 2030, Economic Review. Institute of Energy Economics, Japan, Tokyo.
- Bank Indonesia. (2009). Data Statistik Ekonomi & Moneter Indonesia 6 Bulan. Bank Indonesia.
- Bassi, A.M. (2008). Modelling US Energy Policy with Threshold 21: Understanding Energy Issues and Informing the US Energy Policy Debate with T21, an Integrated Dynamic Simulation Software VDM Verlag Dr. Muller Aktiengesellschaft & Co. KG, Saarbrucken, Germany.
- Biro Pusat Statistics. (2005). Statistik Demografi Indonesia 2005 - 2009.
- Blackburn, W.R. (2007). The Sustainability Handbook: Complete Management Guide to Achieving Social, Economic and Environment Responsibility EarthScan Ltd., London, UK.
- BP plc. (June 2009). BP Statistical Review of World Energy June 2009. British Petroleum London, UK.
- Charles, M.B., R. Ryan, N. Ryan, and R. Oloruntoba. (2007). Public policy and biofuels: The way forward? *Energy Policy* Vol. 35:5737–5746.
- Dewi Astuti. (2009). Investasi asing pada 2009 anjlok 28% Bisnis Indonesia, Jakarta.
- Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. (2008). 2008 Statistical yearbook for Asia and the Pacific, p. 199 *Statistical yearbook for Asia and the Pacific*. United Nations Publications, Bangkok.
- Escobar, J.C., E.S. Lora, O.J. Venturini, E.E. Ya´n´ez, E.F. Castillo, and O. Almazan. (2008). Biofuels: Environment, technology and food security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol. In Press.
- Impres No. 1/2006. (2006). Instruksi Presiden No 1/2006. Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuels) sebagai Bahan Bakar Lain *In Republik Indonesia*, (ed.).
- International Energy Agency (IEA). (2008). Energy Policy Review of Indonesia. International Energy Agency (IEA), Paris.
- International Monetary Fund. (2009). IMF Annual Report. International Monetary Fund, New York.
- Peraturan Presiden No.5 Tahun 2006. (2006). Kebijakan Energi Nasional, *In Kepresidenan*, (ed.) Peraturan Presiden No.5 Tahun 2006,.
- Sterman, J.D. (2000). Business Dynamics: System Thinking and Modeling for A Complex World The McGraw Hill Companies, Inc, Boston.
- (ed.) (Year) of Conference. *8th Scientific Meeting of The Indonesia Student Association*, Osaka.
- United Nations. (2009). The Millennium Development Goals Report united Nations, New York.