

**PENGEMBANGAN MODEL INDIKATOR
KEBERLANJUTAN DALAM BISNIS BAHAN BAKAR
NABATI KELAPA SAWIT DI INDONESIA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

TRI RAMDHANI

0405070577



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Tri Ramdhani

NPM : 0405070577

Tanda Tangan :

Tanggal : Juli 2009

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Tri Ramdhani

NPM : 0405070577

Departemen : Teknik Industri

Judul Skripsi : Pengembangan Model Indikator Keberlanjutan dalam Bisnis
Bahan Bakar Nabati Kelapa Sawit di Indonesia

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Akhmad Hidayatno, ST, MBT (.....)

Penguji : Ir. Sri Bintang P., MSISE., PhD (.....)

Penguji : Ir. Yadrifil, MSc (.....)

Penguji : Ir. Hj. Erlinda Muslim, MEE (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Akhmad Hidayatno, ST, MBT sebagai dosen pembimbing skripsi atas segala bimbingan dan arahan selama pembuatan skripsi ini.
2. Armand Omar Moeis, ST, M.Sc, yang telah memberikan masukan dan arahan mengenai ilmu sistem dinamik
3. Professor Widodo yang telah memberikan masukan dan arahan mengenai isu keberlanjutan
4. Bapak Eddy Yusuf dan Bapak Heryadi yang telah memberikan waktu dan data mengenai perkebunan kelapa sawit.
5. Ayah, Ibu, kakak dan keponakan yang telah memberikan inspirasi dan perhatian yang sangat besar dan berarti bagi penulis.
6. Carissa Sanjaya, Christian Wijaya dan Rama Darmawan sebagai tim pembuatan skripsi atas masukan dan bantuan pengerjaan skripsi ini.
7. Liza Afrinotha atas kesediaannya membantu dan memberi semangat bagi penulis.
8. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknik Industri Universitas Indonesia Angkatan 2005 atas kerjasamanya selama masa kuliah dan memberi semangat selama pembuatan skripsi bagi penulis.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna mengingat keterbatasan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi pembacanya.

Depok, Juli 2009

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Tri Ramdhani
NPM : 0405070577
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

Pengembangan Model Indikator Keberlanjutan dalam Bisnis Bahan Bakar Nabati Kelapa Sawit di Indonesia

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 1 Juli 2009

Yang Menyatakan,

(Tri Ramdhani)

ABSTRAK

Nama : Tri Ramdhani

Program Studi : Teknik Industri

Judul : Pengembangan Model Indikator Keberlanjutan dalam Bisnis
Bahan Bakar Nabati Kelapa Sawit di Indonesia

Penelitian ini membahas mengenai parameter-parameter yang berpengaruh dalam aspek indikator keberlanjutan ekonomi, sosial dan lingkungan dalam bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit di Indonesia. Penelitian ini menggunakan sistem dinamik untuk melihat perilaku model dan kesensitivitasan parameter yang digunakan dalam indikator keberlanjutan tersebut. Hasil penelitian membuktikan bahwa parameter tingkat inflasi dan kurs rupiah terhadap dolar mempunyai pengaruh yang paling signifikan dalam model indikator keberlanjutan. Selain itu, Indikator yang paling merespon perubahan parameter adalah subsidi pemerintah dan nilai NPV perusahaan kelapa sawit.

Kata Kunci:

Sistem dinamik, keberlanjutan, Bahan Bakar Nabati

ABSTRACT

Name : Tri Ramdhani

Study program : Industrial Engineering

Title : Sustainability Indicators model Development of Biodiesel based-CPO business in Indonesia

The focus of this study are policy options that have impact in economic, social and environmental sustainability indicators of Biodiesel based-CPO business in Indonesia. This study use system dynamic approach in order to observe the behavior of the system and the sensitivity of those parameters in the system. The result of study shows that inflation rate and rate of exchange have the biggest impact in the model. In the other hand, indicators that have highest respond are governmental subsidy and NPV value of company of CPO.

Keywords:

System Dynamics, Sustainability, Biodiesel

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
1.3 Perumusan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Metodologi Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	9
BAB 2 TINJAUAN LITERATUR	10
2.1 Teori Sistem Dinamik	10
2.1.1 Sistem.....	10
2.1.2 Sistem Dinamik.....	11
2.1.3 Struktur dan Perilaku Sistem Dinamik.....	12
2.1.3.1 Pertumbuhan Eksponensial (<i>Exponential Growth</i>).....	14
2.1.3.2 Pencapaian Tujuan (<i>Goal Seeking</i>).....	15
2.1.3.3 Osilasi (<i>Oscillation</i>).....	16
2.1.4 Proses Pemodelan Sistem Dinamik.....	17
2.1.5 Sumber Informasi dalam Pembuatan Model.....	20
2.1.5.1 Data Tertulis.....	20
2.1.5.2 Data Numerikal.....	20
2.1.5.3 Data Mental.....	20
2.1.6 Diagram Sistem (<i>System Diagram</i>).....	21
2.1.7 Diagram <i>Loop</i> Sebab Akibat (<i>Causal Loop Diagram</i>).....	22
2.1.8 Diagram Alir (<i>Stock and Flow Diagram</i>).....	25
2.1.9 Pengujian Model (<i>Model Testing</i>).....	28
2.1.9.1 Verifikasi Model	28
2.1.9.2 Validasi Model.....	29
2.1.10 Analisis Sensitivitas Model.....	31
2.2 Teori Keberlanjutan (<i>Sustainability</i>).....	31
2.2.1 Sejarah Teori Keberlanjutan	31
2.2.2 Definisi Teori Keberlanjutan	33
2.2.3 Aspek dan Indikator Keberlanjutan	34
2.2.3.1 Aspek dan Indikator Keberlanjutan Ekonomi.....	37
2.2.3.2 Aspek dan Indikator Keberlanjutan Sosial.....	37
2.2.3.3 Aspek dan Indikator Keberlanjutan Lingkungan.....	39

2.2.4 Keberlanjutan korporat	42
2.2.5 Penilaian Dampak Keberlanjutan (<i>Sustainability Impact Assessment</i>)	45
2.3 Bisnis Bahan Bakar Nabati Kelapa Sawit.....	47
2.3.1 Kelapa Sawit	47
2.3.1.1 Sejarah Kelapa Sawit	47
2.3.1.2 Klasifikasi Kelapa Sawit.....	48
2.3.1.3 Pohon Industri Kelapa Sawit.....	48
2.3.1.4 Karakteristik Kimia Minyak Sawit	50
2.3.2 Biodiesel.....	50
2.3.2.1 Sejarah Biodiesel.....	50
2.3.2.2 Karakteristik Biodiesel.....	51
BAB 3 PENGUMPULAN DATA	54
3.1 Data Tertulis	54
3.1.1 Data Peraturan Perundang-undangan.....	54
3.1.2 Data Indikator Keberlanjutan.....	63
3.2 Data Numerikal	64
3.2.1 Data Produksi.....	64
3.2.2 Data Ekonomi	66
3.2.2.1 Data Ekonomi Kelapa Sawit.....	66
3.2.2.2 Data Ekonomi Biodiesel.....	68
3.2.3 Data LCA.....	69
3.3 Data Mental.....	69
BAB 4 PENGOLAHAN DATA	71
4.1 Perancangan Model Simulasi Dinamis	71
4.1.1 Diagram Sistem.....	71
4.1.2 Diagram Sebab-akibat.....	71
4.1.3 Diagram Alir (<i>Stock and Flow Diagram</i>).....	73
4.2 Pengujian Model	74
4.2.1 Verifikasi Model	75
4.2.2 Validasi Model.....	75
4.2.2.1 Kecukupan Batasan.....	75
4.2.2.2 Penilaian Struktur.....	76
4.2.2.3 Kondisi Ekstrim Nol	76
4.2.2.4 Kondisi Ekstrim Tak Terbatas	78
BAB 5 ANALISIS PERILAKU MODEL	81
5.1 Parameter dan Keluaran	81
5.2 Analisis Perilaku Model Dasar.....	82
5.3 Perilaku Model sesuai Deviasi Opsi Kebijakan.....	87
5.3.1 Perilaku Model terhadap Deviasi Parameter Opsi Kebijakan Pemerintah.....	87
5.3.2 Perilaku Model terhadap Deviasi Parameter Opsi Kebijakan Bisnis.....	90
5.3.3 Perilaku Model terhadap Deviasi Parameter Kelas Lahan.....	91
5.4 Analisis Sensitivitas Model.....	93
5.4.1 Analisis Sensitivitas Model pada Keluaran Indikator Aspek Ekonomi.....	93
5.4.2 Analisis Sensitivitas Model pada Keluaran Indikator Aspek Sosial.....	96
5.4.3 Analisis Sensitivitas Model pada Keluaran Indikator Aspek Lingkungan	99
5.4.4 Analisis Sensitivitas Model pada Keluaran lain-lain	99

5.4.5 Analisis Sensitivitas Kelas Lahan	100
5.4.6 Parameter Paling Sensitif	102
5.5 Penjembatanan Penelitian Selanjutnya	103
BAB 6 KESIMPULAN	104
DAFTAR REFERENSI	105



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Cara Validasi Model	29
Tabel 2.2. Unit Standar Aktivitas Produksi dan Nilai Jasa	36
Tabel 2.3. Sifat Fisik Kima MKS (CPO)	50
Tabel 2.4. Sifat Fisik Kimia MIS (KPO)	50
Tabel 2.5. Persyaratan Biodiesel (ASTM D 6751 – 02)	53
Tabel 3.1. Peraturan Perundang-undangan dalam Blueprint Pengembangan Bahan Bakar Nabati 2006-2025	56
Tabel 3.2. Plafon Biaya Satuan per Hektar Pembukaan Lahan	62
Tabel 3.3. Plafon Biaya Satuan per Hektar Peremajaan Lahan	63
Tabel 3.4. Data Indikator Sosial	63
Tabel 3.5. Data Indikator Ekonomi	64
Tabel 3.6. Produktivitas Kelas Lahan per Ton TBS (FFB)	65
Tabel 3.7. Rendemen Produksi	65
Tabel 3.8. Biaya Investasi Kelapa Sawit	67
Tabel 3.9. Biaya Produksi (konstan)	67
Tabel 3.10. Biaya operasional perkebunan	68
Tabel 3.11. Biaya Investasi Biodiesel	69
Tabel 3.12. Biaya Produksi Biodiesel	69
Tabel 3.13. Data LCA	69
Tabel 4.1. Pendapatan MKS (CPO) dan MIS (KPO) saat Konversi TBS-MKS menjadi nol	76
Tabel 4.2. Produksi dan penjualan MIS (KPO) saat Konversi MIS (KPO) menjadi nol	77
Tabel 4.3. Produksi TBS (FFB) dan Pendapatan MKS (CPO) dan MIS (KPO) saat Pembebasan lahan Menjadi Nol	78
Tabel 4.4. Arus Kas investasi PKS (Mills CPO) dan Pabrik Biodiesel saat Inflasi Diubah Menjadi 100%	79
Tabel 4.5. Pembayaran Bunga dan Pinjaman yang Dibutuhkan Pabrik Biodiesel saat Tingkat Suku Bunga Menjadi 90%	79
Tabel 4.6. Biaya Langsung PKS (Mills CPO) saat Kurs Diubah Menjadi 1 Miliar Rupiah	80
Tabel 5.1. Parameter Model	81
Tabel 5.2. Keluaran yang Digunakan dalam Analisis	82
Tabel 5.3. Nilai Dasar Parameter Model	82
Tabel 5.4. Nilai Dasar Keluaran	83
Tabel 5.5. Nilai Deviasi masing-masing Parameter	87
Tabel 5.6. Keluaran simulasi dari Deviasi minus 10% Parameter Opsi Kebijakan Pemerintah	88
Tabel 5.7. Keluaran simulasi dari Deviasi plus 10% Parameter Opsi Kebijakan Pemerintah	89
Tabel 5.8. Keluaran simulasi dari Deviasi minus 10% Parameter Opsi Kebijakan Bisnis	90
Tabel 5.9. Keluaran simulasi dari Deviasi plus 10% Parameter Opsi Kebijakan Bisnis	91
Tabel 5.10. Keluaran Simulasi dari Parameter Kelas Lahan	92

Tabel 5.11. Sensitivitas Keluaran Indikator Keberlanjutan Ekonomi.....	95
Tabel 5.12. Sensitivitas Keluaran Indikator Keberlanjutan Sosial	98
Tabel 5.13. Sensitivitas Keluaran LCA.....	99
Tabel 5.14. Sensitivitas Keluaran Lain-Lain.....	100
Tabel 5.15. Sensitivitas Kelas Lahan	101
Tabel 5.16. Rangkuman Parameter Paling Sensitif untuk masing-masing Keluaran	102



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Persebaran dan Produksi Kelapa Sawit di Indonesia	3
Gambar 1.2. Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
Gambar 1.3. Metodologi Penelitian	8
Gambar 2.1. Elemen-Elemen Sistem	11
Gambar 2.2. Model Perilaku yang Umum	13
Gambar 2.3. Struktur dan Perilaku Pertumbuhan Eksponensial	14
Gambar 2.4. Struktur dan Perilaku Pencapaian Tujuan	15
Gambar 2.5 Struktur dan Perilaku Osilasi.....	17
Gambar 2.6. Proses Sistem Dinamik.....	18
Gambar 2.7. Kerangka Diagram Sistem	21
Gambar 2.8. Cara Penulisan Diagram Loop Sebab-Akibat	22
Gambar 2.9. Polaritas Hubungan	23
Gambar 2.10. Cara Penulisan Diagram Alir	26
Gambar 2.11. Analogi Hidrolik	27
Gambar 2.12. Empat Representasi Struktur Diagram Alir	28
Gambar 2.13. Hubungan ketiga aspek Keberlanjutan.....	35
Gambar 2.14. Dimensi Keberlanjutan dan Kepentingan Relatifnya.....	38
Gambar 2.15. Tipe Hubungan <i>Triple-Bottom-Line</i>	43
Gambar 2.16. <i>Bubble Diagram</i> Keberlanjutan Organisasi	44
Gambar 2.17. Konsep Interpretasi Indikator Keberlanjutan	47
Gambar 2.18. Pohon Industri Kelapa Sawit.....	49
Gambar 2.19. Reaksi Transesterifikasi Biodiesel	52
Gambar 3.1. Cuplikan Bidang-bidang Usaha Tertentu yang mendapatkan Fasilitas Pengurangan Pajak Penghasilan.....	59
Gambar 3.2. Data Mental Diagram Sebab-Akibat	70
Gambar 4.1. Diagram Sistem Penelitian	71
Gambar 4.2. Diagram Sebab-Akibat Sistem.....	72
Gambar 4.3. Diagram Alir (<i>Stock and Flow Diagram</i>)	74
Gambar 5.1. Penjualan PKS (Mills CPO) terhadap luas Lahan perkebunan Model Dasar	83
Gambar 5.2. Persentase Penjualan PKS (Mills CPO) terhadap Jumlah Pekerja PKS (Mills CPO) Model Dasar.....	84
Gambar 5.3. Persentase Biaya Sosial terhadap Biaya Produksi Model Dasar.....	84
Gambar 5.4. Persentase Pendapatan PKS (Mills CPO) terhadap Biaya Umum dan Administrasi PKS (Mills CPO) Model Dasar	85
Gambar 5.5. Persentase Pendapatan Perusahaan Biodiesel terhadap Biaya Umum dan Administrasi Perusahaan Biodiesel Model Dasar	86
Gambar 5.6. LCA Model Dasar	87

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Dengan tingginya ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap konsumsi bahan bakar fosil yang tidak disertai dengan kecukupan persediaan energi maka dalam jangka panjang secara strategis Indonesia harus dapat mencukupi kebutuhan akan energinya sendiri sehingga tidak tergantung dengan negara lainnya. Pada tahun 2006, konsumsi minyak harian nasional mencapai 1,3 juta barel per tahun dan diprediksi akan terus meningkat 1,5% untuk setiap tahunnya¹. Pertumbuhan konsumsi energi nasional, pasti akan berbenturan dengan persediaan sumber daya fosil yang sangat terbatas. Produksi minyak harian Indonesia hanya mencapai 1,1 juta barel dan akan terus turun 1,2% setiap tahun sehingga mengubah status Indonesia dari Eksportir menjadi Importir minyak dunia pada tahun 2002² dan pada tahun 2006, 43% kebutuhan BBM dalam negeri telah diimpor³. Serangkaian kejadian tersebut menyebabkan subsidi pemerintah terhadap BBM terus meningkat karena pemerintah menahan harga BBM yang dijual ke masyarakat di bawah harga dunia. bahkan pada bulan Oktober 2008, subsidi pemerintah terhadap BBM telah mencapai Rp. 130 triliun (*Platts Commodity News*, 2008).

Salah satu solusi yang ditargetkan pemerintah adalah dengan mendorong penggunaan Bahan Bakar Nabati (BBN) dengan mengeluarkan serangkaian instrumen kebijakan dan *Roadmap* pengembangan BBN yang terangkum dalam *Blueprint 2006-2025* “Pengembangan Bahan Bakar Nabati untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan dan Pengangguran” yang diterbitkan oleh Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati (Timnas BBN). 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

¹ Oil production to continue decreasing until 2009, *Tempo Interactive*, 2006

² Departemen Pertambangan dan Energi, 2005

³ Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati, “*Blueprint 2006-2025* Pengembangan Bahan Bakar Nabati untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan dan Pengangguran”, 2006, hal 5

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* nasional⁴. Ditargetkan pada tahun 2025 pasokan biodiesel mencapai 10,22 juta KL atau setara dengan 20% konsumsi solar nasional dan pasokan Bioethanol mencapai 6,28 juta KL atau setara dengan 15% konsumsi premium nasional⁵.

Indonesia sebagai negara tropis memiliki berbagai jenis tanaman yang dapat dikembangkan sebagai bahan baku untuk produksi BBN, baik berupa bioethanol sebagai pengganti premium maupun biodiesel sebagai pengganti minyak solar. Dilihat dari segi kesiapannya, produk biodiesel berbahan baku kelapa sawit mempunyai prospek yang lebih besar dibanding produk Bahan Bakar Nabati lainnya maupun produk biodiesel berbahan baku lainnya. Sebagai salah satu tanaman industri, kelapa sawit telah tersebar di hampir seluruh wilayah Indonesia dengan teknologi yang sudah mapan. Luas areal kelapa sawit di Indonesia mencapai 4,25 juta Ha pada tahun 2004 dengan persebaran lahan di seluruh Indonesia seperti terlihat pada Gambar 1.1 Peta persebaran dan produksi Kelapa Sawit di Indonesia⁶.

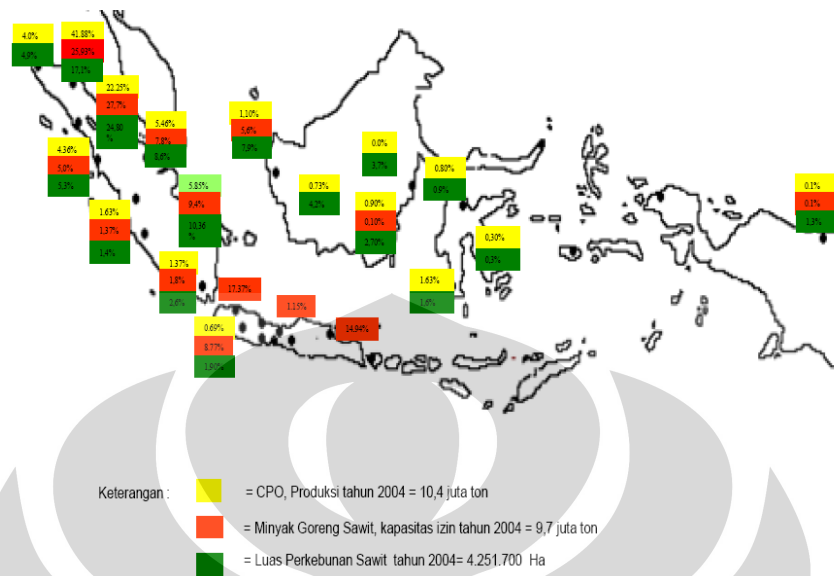
Aspek penting yang harus dipertimbangkan dalam mengembangkan bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit adalah adanya isu-isu keberlanjutan (*sustainability*). Isu ini berkaitan dengan pandangan dunia internasional terhadap pengembangan biodiesel sebagai alternatif penggunaan bahan bakar minyak yang tidak saja memperhatikan faktor kelayakan secara ekonomi saja, tetapi juga memperhatikan faktor lain seperti faktor sosial dan lingkungan. Isu-isu keberlanjutan dalam bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit terdiri dari 3 unsur utama yaitu unsur ekonomi, sosial dan lingkungan. Masing-masing unsur memiliki indikator tersendiri untuk menentukan apakah suatu bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit berkelanjutan atau tidak. Ketiga unsur tersebut saling terkait

⁴ Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati, *Op Cit*, 2006

⁵ *Ibid.*

⁶ Departemen Perindustrian RI, *Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit*, 2007

untuk membentuk suatu bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit yang berkelanjutan.



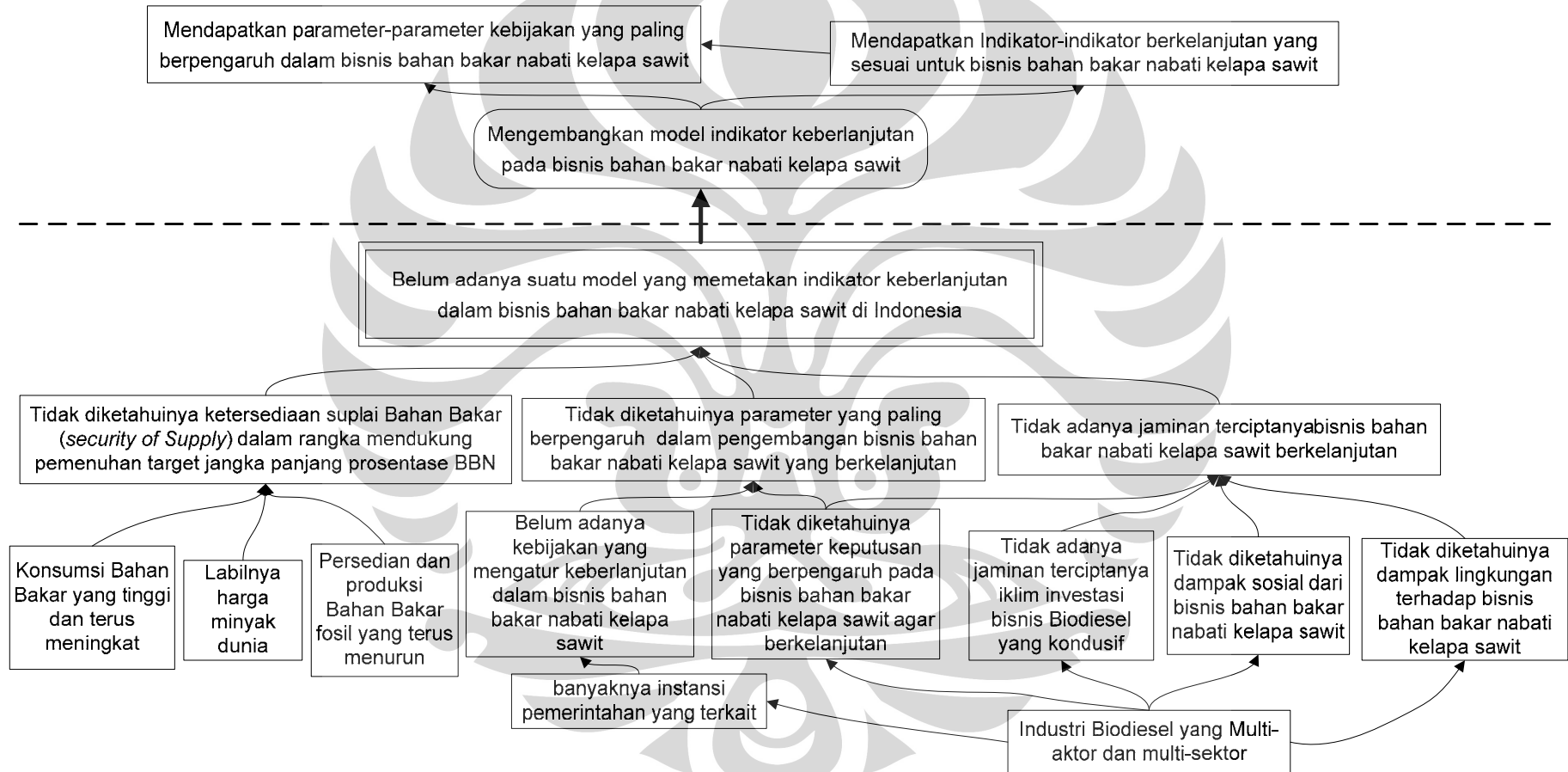
Gambar 1.1. Peta Persebaran dan Produksi Kelapa Sawit di Indonesia

Sumber: Departemen Perindustrian RI, 2009

Pada akhirnya, semua interaksi dalam model bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit ini akan diterjemahkan menjadi suatu model indikator keberlanjutan dalam suatu bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit. Model indikator keberlanjutan dipilih sebagai alat untuk merepresentasikan analisis perilaku model yang mengkombinasikan antara strategi bisnis dan kebijakan sehingga dapat tercipta suatu bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit yang berkelanjutan. Pengembangan dan penggunaan model indikator keberlanjutan akan memperlihatkan struktur dan dinamik kerangka kerja dari *causal loop/feedback* sistem bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit dan bagaimana perubahan dari variabel peubah yang akan mempengaruhi bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit tersebut⁷. Model indikator keberlanjutan akan disusun menggunakan pendekatan sistem dinamik untuk mengetahui parameter kebijakan yang paling berpengaruh dalam pengelolaan pengembangan bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit berbahan baku kelapa sawit di Indonesia.

⁷ Steven G. Bantz and Dr. Michael L. Deaton, Understanding U.S. Biodiesel Industri Growth using System Dynamics Modeling. n.d

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah



Gambar 1.2. Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Perumusan Masalah

Belum adanya suatu model yang memetakan indikator keberlanjutan dalam bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit yang terdiri dari indikator ekonomi, sosial dan lingkungan untuk menentukan keberlanjutan dari suatu bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit di Indonesia.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yang berjudul “Pengembangan Model Indikator Keberlanjutan dalam Bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit di Indonesia” adalah:

- Mendapatkan suatu model Indikator Keberlanjutan dalam bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit di Indonesia
- Mendapatkan indikator-indikator keberlanjutan suatu bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit sehingga menjadi satu bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit yang berkelanjutan di Indonesia
- Mendapatkan parameter-parameter kebijakan yang paling berpengaruh pada bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit baik dalam keputusan bisnis maupun dalam keputusan kebijakan pemerintah.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah agar pelaksanaan serta hasil yang akan diperoleh sesuai dengan tujuan pelaksanaannya. Adapun batasan masalahnya adalah:

- Bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit yang dijadikan studi kasus hanya bahan bakar nabati jenis biodiesel dengan bahan baku kelapa sawit yang terdiri dari satu perusahaan kelapa sawit dan satu perusahaan biodiesel.
- Bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit tersebut dimulai dari pembukaan lahan, penanaman bibit kelapa sawit, pemrosesan kelapa sawit menjadi MKS (CPO) sampai dengan pemrosesan MKS (CPO) menjadi Biodiesel.
- Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data primer berupa observasi langsung terhadap bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit dan data sekunder berupa data statistik yang dikeluarkan oleh entitas bisnis bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit dan pemerintah RI serta dari hasil wawancara

dengan pelaku bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit dan pemerintah RI.

- Batasan ruang yang digunakan dalam bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit ini terdiri dari entitas bisnis perkebunan dan pabrik kelapa sawit, entitas bisnis pabrik biodiesel dan petani plasma
- Batasan waktu yang digunakan adalah tahun 2006 sampai dengan 2025 yang disesuaikan dengan target waktu pengembangan BBN 2006-2025.

1.6 Metodologi Penelitian

Sebagai suatu penelitian sistem dinamik yang mensimulasikan perilaku sebuah sistem, maka peneliti mengacu pada langkah studi simulasi dengan urutan sebagai berikut:

1. Pemilihan topik penelitian

Pada tahap ini peneliti melakukan pemilihan topik penelitian dan menentukan tujuan penelitian beserta batasan-batasan dari masalah penelitian tersebut.

2. Pemahaman landasan teori

Pada tahap ini peneliti menentukan dan mempelajari dasar teori yang dibutuhkan dalam mengupas pokok permasalahan penelitian. Dasar teori yang digunakan meliputi teori sistem dinamik, teori keberlanjutan (*Sustainability*) dan data yang berhubungan dengan kelapa sawit dan biodiesel.

3. Pengumpulan data

Pada tahap ini proses pengumpulan data dilakukan dalam penelitian untuk mengambil data-data berikut.

- Data Peraturan perundang-undangan yang berhubungan dengan bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit
- Data bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit yang berisi data seluruh entitas bisnis industri biodiesel dari perkebunan sampai dengan pabrik biodiesel baik melalui data primer (wawancara) dan data sekunder
- Data indikator keberlanjutan, yaitu indikator-indikator yang menunjukkan suatu bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit berkelanjutan atau tidak

4. Pengolahan Data

Sesuai dengan tahapan pada studi simulasi, dalam pengembangan sebuah model dan disesuaikan dengan kebutuhan pengolahan data penelitian ini, maka tahapan pengolahan data adalah sebagai berikut:

- a. Membuat perancangan model yang berupa pembuatan diagram sistem, perancangan Diagram sebab-akibat sampai dengan perancangan *Stock and Flow Diagram*
- b. Pengujian Model pada Model Indikator Keberlanjutan Bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit yaitu berupa verifikasi model (mengecek kode pemrograman pada model simulasi kebijakan bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit apakah sesuai dan dapat dijalankan atau tidak) dan validasi model (mengecek model kebijakan yang telah dibuat apakah telah sesuai dengan perilaku sistem seharusnya).

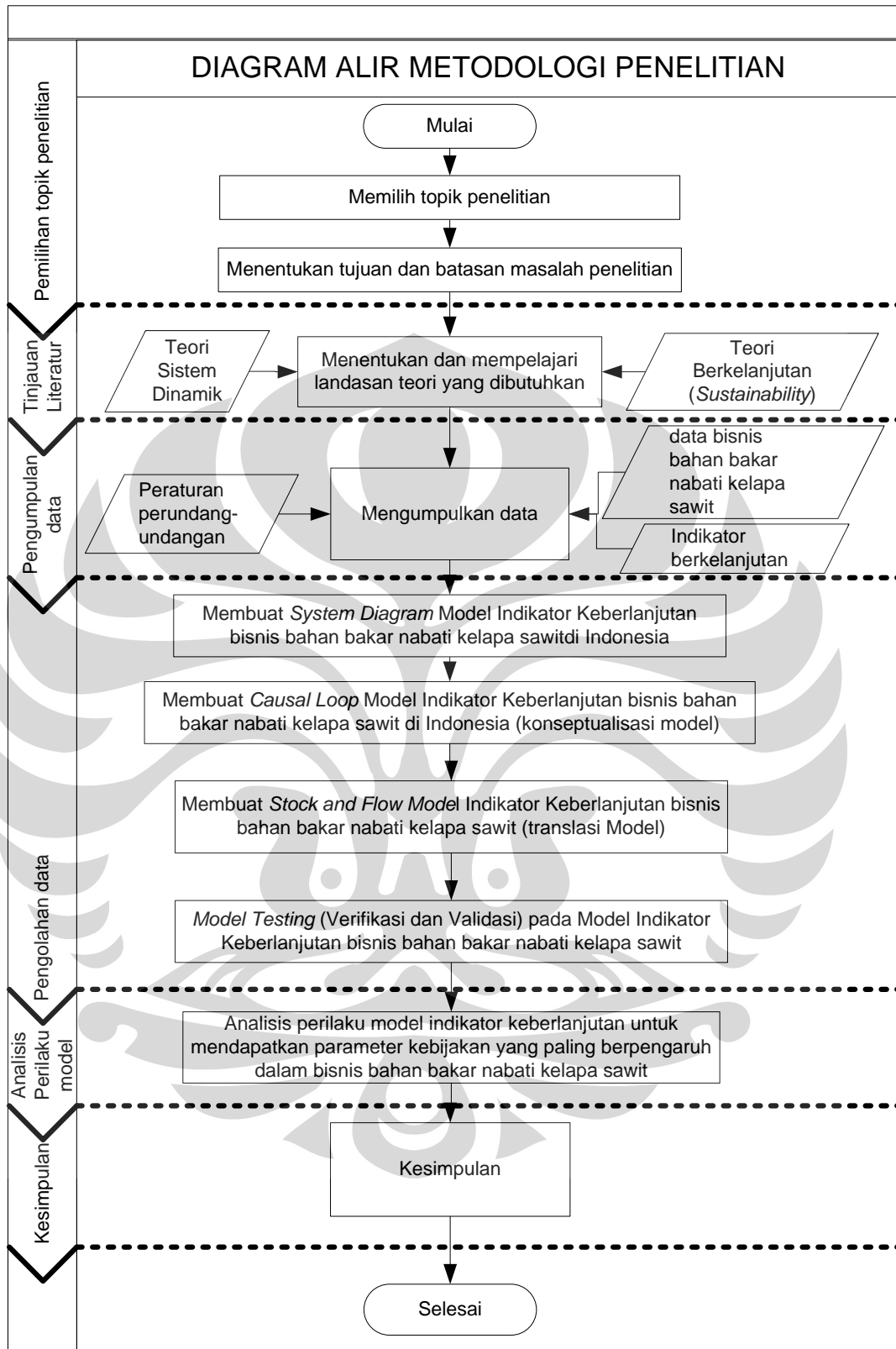
5. Analisis Perilaku Model

Analisis perilaku model dilakukan dengan menjalankan model yang dijadikan dasar perhitungan deviasi untuk analisis sensisitivitas. Analisis perilaku model dilakukan untuk mencari parameter-parameter yang paling berpengaruh kepada keluaran yang diinginkan.

6. Pengambilan kesimpulan penelitian

Mengambil kesimpulan dari penelitian ini dan terhadap parameter yang paling berpengaruh dalam bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit yang dihasilkan

Metodologi penelitian yang dilakukan peneliti digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti pada gambar 1.3.



Gambar 1.3. Metodologi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Pembahasan mengenai penelitian yang dilakukan oleh peneliti disajikan dalam enam bab yaitu Pendahuluan, Dasar Teori, Pengumpulan Data, Pengolahan Data, Analisis Perilaku Model dan Kesimpulan

Pendahuluan sebagai bab pembuka menjelaskan latar belakang penulis memilih topik penelitian skripsi ini. Hal ini diperjelas dengan penentuan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian beserta batasan-batasan penelitian agar penelitian dapat lebih fokus pada tujuannya. Selain itu, peneliti menjabarkan mengenai metodologi penelitian dan sistematika penulisan untuk memperlihatkan kerangka kerja dalam melakukan penelitian sehingga menjadi suatu penelitian yang sistematis.

Penjelasan secara terperinci mengenai teori dan konsep yang relevan dengan masalah yang telah dirumuskan akan dibahas dalam Bab Dasar Teori. Bab ini terdiri dari dua sub teori, yaitu membahas mengenai teori sistem dinamik dan teori keberlanjutan. Selain itu, pada bab ini akan dijabarkan mengenai sistem bahan bakar nabati kelapa sawit.

Pada bab pengumpulan data dibahas mengenai jenis-jenis data yang digunakan dan sumber-sumber untuk mendapatkan data tersebut.

Pada Bab pengolahan data, dijelaskan tentang langkah-langkah pengolahan data sesuai dengan yang tertulis pada Metodologi Penelitian.

Pada Bab analisis perilaku model, akan dilakukan analisis terhadap parameter-parameter kebijakan baik dari sisi kebijakan bisnis maupun kebijakan pemerintahan yang paling berpengaruh dalam pengembangan bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit.

Pada Bab Kesimpulan, peneliti akan menyimpulkan secara keseluruhan dari uraian bab-bab sebelumnya dan menyimpulkan kesesuaian skenario terbaik yang didapatkan dibandingkan dengan tujuan penelitian.

BAB 2 TINJAUAN LITERATUR

2.1 Teori Sistem Dinamik

2.1.1 Sistem

Secara luas, sistem didefinisikan sebagai suatu kumpulan elemen-elemen yang saling berinteraksi dalam suatu batas lingkup tertentu untuk mencapai tujuan tertentu. Beberapa contoh sistem diantaranya adalah sistem perbintangan, ekosistem, sistem ekonomi, sistem produksi dan sistem jasa.

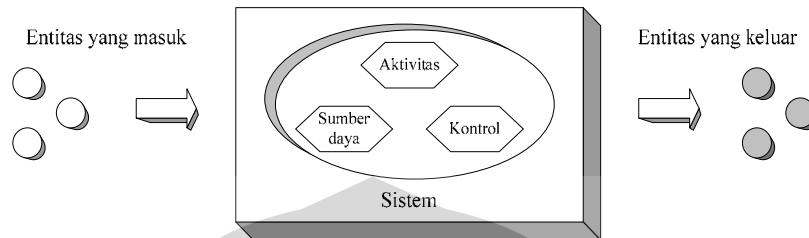
Suatu sistem setidaknya terbentuk atas elemen-elemen sebagai berikut:⁸

- **Entitas**
Entitas adalah sesuatu yang diproses melalui sistem seperti produk, pelanggan, dan dokumen. Entitas yang berbeda memiliki karakteristik yang berbeda seperti biaya, bentuk, prioritas, status, atau kondisi.
Untuk beberapa sistem (yang disebut *continuous system*), tidak ada sistem yang diskrit, tetapi masukan dan keluaran sistem berupa aliran material yang kontinyu, seperti dalam penyulingan minyak.
- **Aktivitas**
Aktivitas adalah tugas atau tindakan yang ada dalam sistem, seperti memenuhi pesanan pelanggan, memotong material, atau memperbaiki mesin. Aktivitas mempunyai durasi dan biasanya mencakup penggunaan sumber daya.
- **Sumber daya**
Sumber daya mendefinisikan siapa atau apa yang melakukan aktivitas, dan di mana aktivitas dilakukan. Sumber daya memiliki karakteristik seperti kapasitas, kecepatan, waktu siklus, dan kehandalan.
- **Kontrol**
Kontrol mempengaruhi bagaimana, kapan, dan di mana aktivitas dilakukan. Kontrol juga menentukan tindakan apa yang diambil ketika kejadian atau kondisi tertentu muncul. Pada tingkat yang lebih tinggi, kontrol berbentuk

⁸ Charles R. Harrell dan Kerim Tumay, *Simulation Made Easy*, Institute of Industrial Engineers, Norcross, 1995, Hal. 18-20

jadwal, rencana, dan kebijakan. Pada tingkat yang lebih rendah, kontrol berbentuk prosedur tertulis dan logika komputer.

Keterkaitan antar elemen tersebut dapat terlihat seperti pada gambar 2.1 ini.



Gambar 2.1. Elemen-Elemen Sistem

Sumber: Charles R. Harrell dan Kerim Tumay, 1995

2.1.2 Sistem Dinamik

Pemodelan Sistem dinamik adalah suatu metode pembelajaran struktur dan perilaku dari sistem sosial, ekonomi dan ekologi untuk mendapatkan pemahaman tentang komponen yang saling berinteraksi satu sama lainnya. Kekuatan terbesar dari pendekatan ini adalah kemampuannya untuk menampilkan seluruh keadaan yang terlibat dalam satu sistem dalam satuan waktu. Sistem dinamik disusun dan dibangun pada akhir tahun 1950-an dan awal tahun 1960-an di Massachusetts Institute of Technology oleh Jay Forrester. Metodologi sistem dinamik telah digunakan untuk mengkaji perilaku dari sistem sosial dan ekonomi⁹. Memang, kedatangan sistem dinamik secara umum dianggap menjadi alat publikasi buku pionir Forrester, *Industrial Dynamics* pada tahun 1961. Sejak itu, kemajuan yang signifikan terjadi, dan penelitian literatur mengindikasikan bahwa sejumlah organisasi yang menggunakan model sistem dinamik untuk pengembangan strategi dan kebijakan operasional tumbuh dengan cepat.¹⁰

Pada dasarnya, ada empat konsep dasar dalam sistem dinamik yang menyangkut struktur dan perilaku sistem yang kompleks¹¹, yaitu:

⁹ Timothy Brown, et al., *Using System Dynamics to Illustrate the Interrelationships of Business Policy*, n.d

¹⁰ Sergio P. Santos, Valerie Belton dan Susan Howick, Adding Value to Performance Measurement by Using System Dynamics and Multicriteria Analysis. *International Journal of Operation and Production Management*, vol. 22, no. 11, 2002, hal. 1251.

¹¹ Jenna Barnes, System Dynamics and Its Use in Organization, *Learning Organization Journal*, No. 0342.511, n.d, hal. 3.

- 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
- *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.
- *Level* dan *rate* (tingkat)
Sebuah sistem dinamik 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.
- Kondisi yang ingin dicapai, kondisi riil, dan perbedaan antara kondisi yang ingin dicapai dengan kondisi riil.
Suatu sistem yang dinamik 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.

Forrester sebagai pengembang konsep Sistem Dinamik menyatakan bahwa seluruh model adalah tidak sempurna karena secara perancangan dibangun dari suatu representasi sistem yang disederhanakan¹².

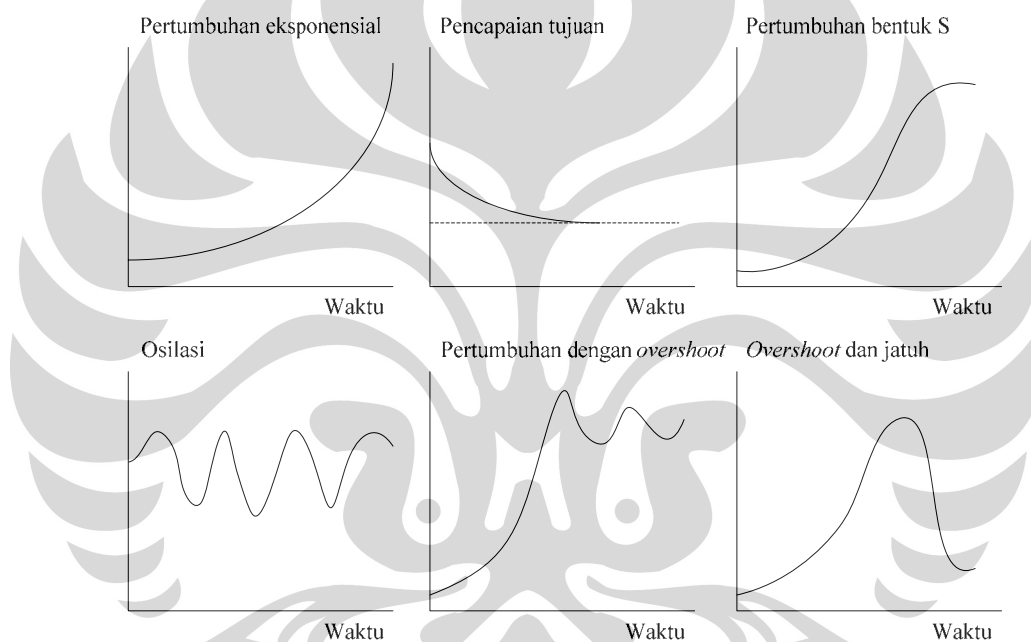
2.1.3 Struktur dan Perilaku Sistem Dinamik

Perilaku dari sebuah sistem muncul dari strukturnya. Di mana sebuah struktur terdiri dari *loop* umpan balik, stok dan aliran, serta kenonlinearan yang

¹² Andrew Ford, *Modeling the Environment: An Introduction to System Dynamics Modeling of Environmental Systems*, Island Press, Washington, 1999, hal 5

diciptakan oleh interaksi dari struktur fisik dan institusional sistem dengan proses pengambilan keputusan dari agen-agen yang bertindak di dalamnya.¹³

Perubahan mengambil banyak bentuk, dan variasi dari kedinamisan di sekitar kita sangat mengejutkan. Dapat kita bayangkan 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 ekponensial (*exponential growth*) atau osilasi (*oscillation*). Gambar 2.2 menunjukkan model perilaku yang umum.¹⁴



Gambar 2.2. Model Perilaku yang Umum

Sumber : John D. Sterman, 2000

Tiga bentuk dasar dari perilaku sistem dinamik adalah pertumbuhan eksponensial (*exponential growth*), pencapaian tujuan (*goal seeking*), dan osilasi (*oscillation*). Masing-masing dari ketiga perilaku ini dibentuk oleh struktur umpan balik yang sederhana, yaitu pertumbuhan muncul dari umpan balik positif, pencapaian tujuan muncul dari umpan balik negatif, dan osilasi muncul dari umpan balik negatif dengan penundaan waktu di dalam *loop*. Bentuk umum

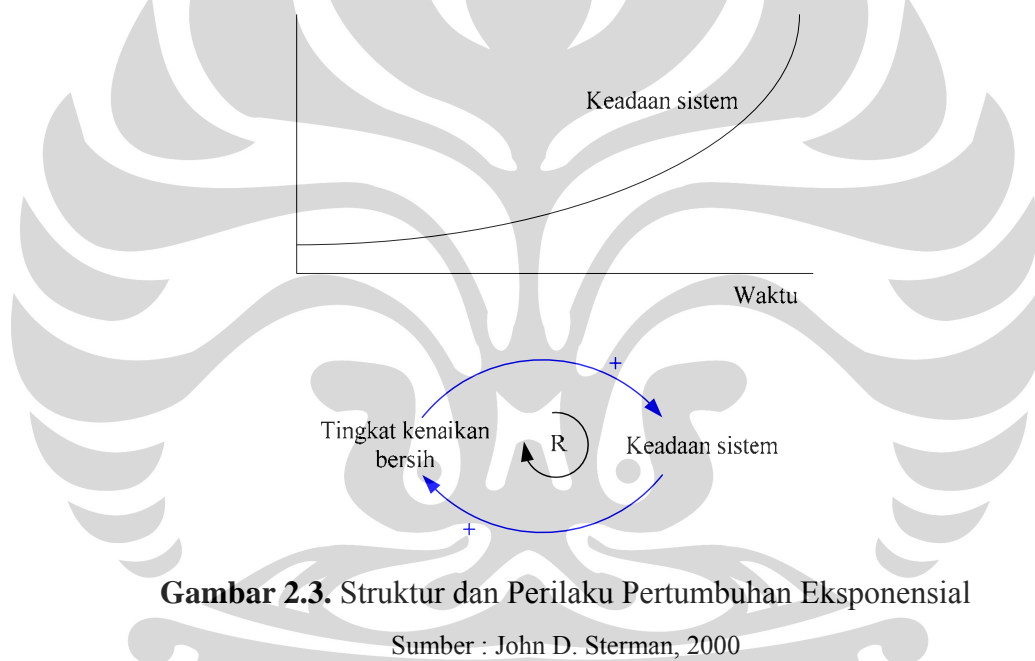
¹³ John D. Sterman, *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for Complex World*, The McGraw Hill Companies, Inc., USA, 2000, Hal 107

¹⁴ *Ibid* hal. 108

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*).¹⁵

2.1.3.1 Pertumbuhan Eksponensial (*Exponential Growth*)

Pertumbuhan eksponensial muncul dari umpan balik positif. Semakin besar kuantitas, semakin besar pula peningkatan bersihnya, yang kemudian semakin memperbesar kuantitas dan mengarah pada pertumbuhan yang semakin cepat (gambar 2.3).



Gambar 2.3. Struktur dan Perilaku Pertumbuhan Eksponensial

Sumber : John D. Sterman, 2000

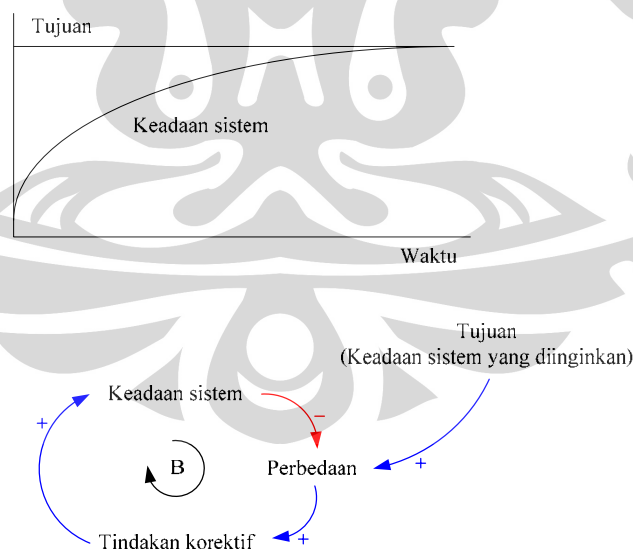
Contoh kasus yang menggambarkan perilaku ini adalah kasus bunga berbunga dan pertumbuhan populasi. Pertumbuhan eksponensial murni memiliki suatu sifat yang luar biasa di mana waktu penggandaannya (*doubling time*) adalah konstan. Keadaan sistem berlipat ganda dalam sebuah periode waktu yang tetap, tidak peduli berapa besar. Diperlukan waktu yang sama untuk tumbuh dari satu unit menjadi dua unit atau satu juta menjadi dua juta. Sifat ini merupakan konsekuensi langsung dari umpan balik positif. Tingkat kenaikan bersih tergantung pada ukuran dari keadaan sistem. Umpan balik positif tidak selalu

¹⁵ *Ibid*,

harus menghasilkan pertumbuhan, tetapi juga dapat menghasilkan penguatan penurunan. Contohnya adalah ketika kejatuhan harga saham mengikis kepercayaan investor yang akan mengarah pada penjualan yang lebih besar, harga yang semakin rendah, dan kepercayaan yang semakin rendah pula.¹⁶

2.1.3.2 Pencapaian Tujuan (*Goal Seeking*)

Umpan balik positif menghasilkan pertumbuhan, menguatkan penyimpangan, dan menguatkan perubahan. Umpan balik negatif mencari keseimbangan. *Loop* umpan balik negatif bertindak untuk membawa keadaan sistem ke dalam pengendalian sebuah tujuan atau keadaan yang diinginkan. Umpan balik negatif ini menghalangi gangguan yang menggerakkan keadaan sistem menjauhi tujuan. *Loop* umpan balik negatif memiliki struktur seperti yang ditunjukkan gambar 2.4. Jika terdapat perbedaan antara keadaan yang diinginkan dengan keadaan aktual, tindakan korektif akan muncul untuk membawa keadaan sistem kembali sejalan dengan tujuan. Ketika kita lapar, kita akan makan untuk memuaskan kelaparan kita; ketika kita lelah, kita akan tidur untuk mengembalikan tenaga kita.¹⁷



Gambar 2.4. Struktur dan Perilaku Pencapaian Tujuan

Sumber : John D. Sterman, 2000

¹⁶ *Ibid* hal. 108-109

¹⁷ *Ibid*, hal. 111-112

Setiap *loop* negatif mencakup sebuah proses untuk membandingkan keadaan yang diinginkan dan keadaan sebenarnya dan mengambil tindakan korektif. Kadang-kadang keadaan yang diinginkan dari sistem dan tindakan korektif terlihat secara eksplisit dan di bawah pengendalian pembuat keputusan. Kadang-kadang tujuan bersifat implisit dan tidak berada di bawah pengendalian yang disadari, atau tidak berada di bawah pengendalian manusia sama sekali. Lamanya tidur yang kita butuhkan untuk merasa benar-benar beristirahat adalah faktor psikologi yang tidak berada di bawah pengendalian yang kita sadari.¹⁸

2.1.3.3 Osilasi (*Oscillation*)

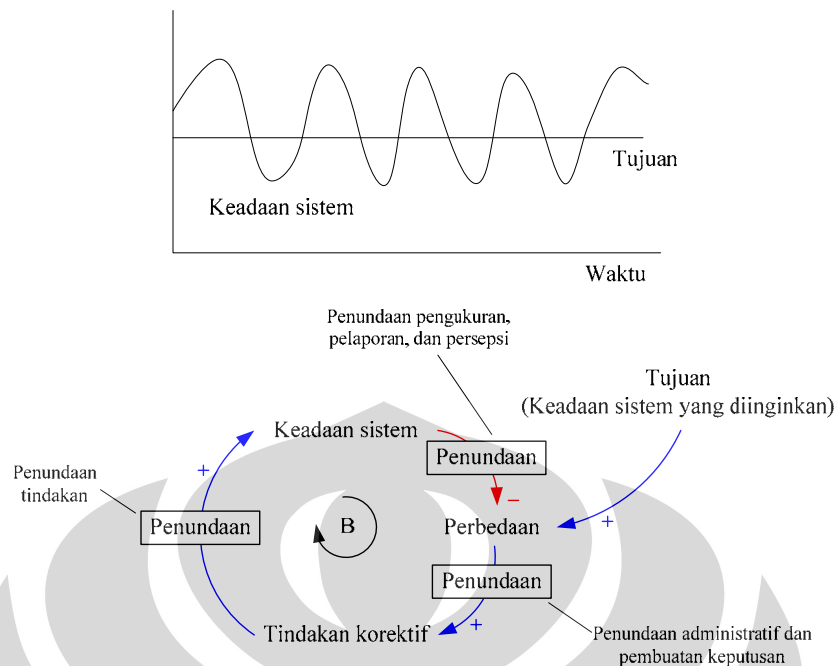
Osilasi merupakan bentuk perilaku dasar yang ketiga di dalam sistem dinamik. Seperti perilaku pencapaian tujuan, osilasi disebabkan oleh *loop* umpan balik negatif. Keadaan dari sistem dibandingkan dengan tujuannya, dan tindakan korektif diambil untuk menghilangkan perbedaan. Dalam sebuah sistem osilasi, keadaan dari sistem secara konstan naik melebihi (*overshoot*) tujuannya atau keadaan keseimbangan, kemudian berbalik dan turun melebihi (*undershoot*) keadaan keseimbangan. *Overshoot* tersebut muncul dari keberadaan waktu penundaan yang signifikan di dalam umpan balik negatif. Penundaan waktu tersebut menyebabkan tindakan korektif untuk terjadi terus-menerus bahkan setelah keadaan dari sistem mencapai tujuannya, mendorong sistem untuk menyesuaikan terlalu banyak, dan menghasilkan sebuah tindakan korektif yang baru pada arah yang berlawanan (gambar 2.5).¹⁹

Osilasi merupakan bentuk perilaku yang paling umum dalam sistem dinamik. Ada berbagai jenis osilasi, meliputi osilasi yang melemah (*damped oscillation*), siklus terbatas (*limit cycles*), dan *chaos*. Setiap varian disebabkan oleh struktur umpan balik tertentu dan sekumpulan parameter yang menentukan kekuatan dari *loop* tersebut dan panjangnya penundaan. Tetapi setiap jenis dari osilasi pada dasarnya memiliki umpan balik negatif dengan penundaan.²⁰

¹⁸ *Ibid*, hal. 112

¹⁹ *Ibid*, hal. 114

²⁰ *Ibid*,



Gambar 2.5 Struktur dan Perilaku Osilasi

Sumber : John D. Sterman, 2000

Osilasi dapat muncul jika ada penundaan yang signifikan di bagian manapun dari *loop* negatif. Seperti ditunjukkan dalam gambar 2.5, ada kemungkinan penundaan di dalam hubungan informasi yang membentuk *loop*. Ada kemungkinan penundaan di dalam merasakan keadaan sistem yang disebabkan oleh sistem pengukuran dan pelaporan. Ada kemungkinan penundaan di dalam mengawali tindakan korektif setelah perbedaan dirasakan menurut waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan. Dan ada kemungkinan penundaan di antara awal dari tindakan korektif dan dampaknya pada keadaan sistem.²¹

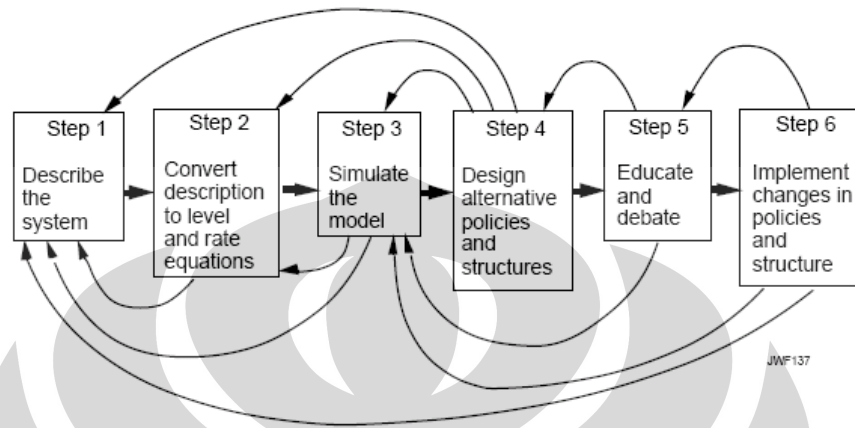
2.1.4 Proses Pemodelan Sistem Dinamik

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

²¹ *Ibid*, hal. 114-115

memperoleh pemahaman atas suatu sistem, sehingga langkah-langkah pemecahan masalah memberikan umpan balik pada pemahaman sistem.

Berikut adalah rangkaian proses dalam sistem dinamik yang dijelaskan oleh Jay Forrester²²:



Gambar 2.6. Proses Sistem Dinamik

Sumber: Jay W. Forrester, 1994

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

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

Langkah ketiga dapat dimulai jika persamaan di langkah kedua telah memenuhi kriteria logis untuk sebuah model yang dapat dijalankan. *Software* sistem dinamik biasanya menyediakan cek logis untuk memenuhi kriteria logis tersebut. Tahap simulasi ini juga mengarahkan pada deskripsi masalah dan perbaikan persamaan kembali. Langkah ketiga ini harus menyesuaikan dengan

²² Jay W. Forrester, System Dynamics, System Thinking and Soft OR, *International Journal of System Dynamics*, Vol: 10, No. 2, hal. 4.

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.

2.1.5 Sumber Informasi dalam Pembuatan Model

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.

2.1.5.1 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.

2.1.5.2 Data Numerikal

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.

2.1.5.3 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

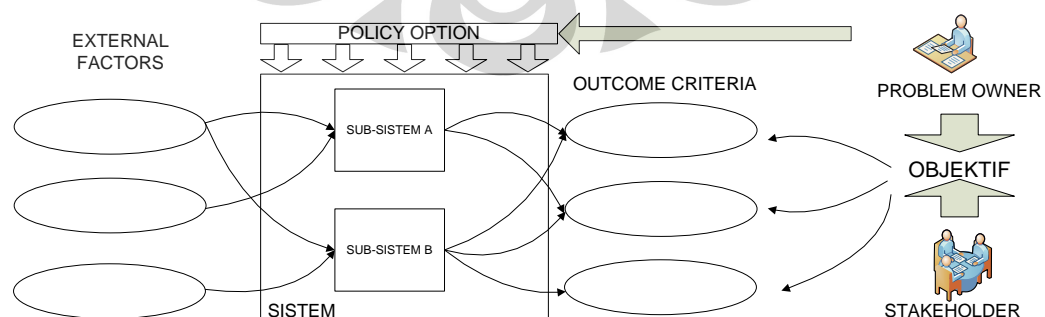
mental terbentuk berdasarkan pengalaman dan pemahaman akan struktur terhadap suatu sistem atau permasalahan. Data mental mengandung informasi konseptual secara umum dalam melihat sistem secara keseluruhan. Informasi konseptual yang ada pada data mental tidak dapat digantikan oleh jenis informasi lain. 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.

2.1.6 Diagram Sistem (*System Diagram*)

Untuk mengetahui gambaran yang jelas mengenai sistem yang akan diteliti, maka perlu dibuat suatu diagram sistem, yaitu pendefinisian obyektif penelitian sistem dinamik yang dilakukan oleh *problem owner* dan *stakeholder* ke dalam suatu *outcome criteria* yang telah ditentukan untuk membangun keterkaitan antar variabel dalam sistem.

Suatu diagram sistem, memiliki tujuh elemen utama yaitu *problem owner*, *stakeholder*, obyektif penelitian, *outcome criteria*, sistem, *policy option* dan *external factor*. Ketujuh elemen tersebut akan membangun suatu diagram sistem dengan hubungan seperti pada gambar 2.7 ini.



Gambar 2.7. Kerangka Diagram Sistem

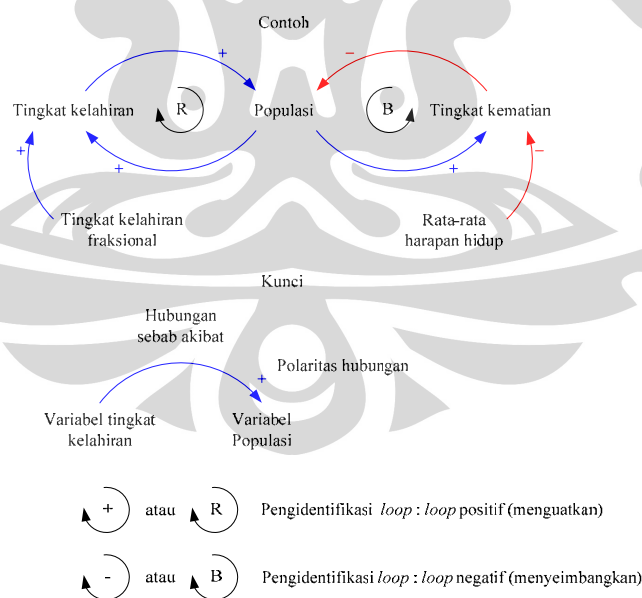
Sumber: Andri D Setiawan dan Yugi Sukriana, n.d

2.1.7 Diagram *Loop* Sebab Akibat (*Causal Loop Diagram*)

Sistem dinamik membantu peneliti untuk menganalisa sistem yang kompleks dengan penekanan khusus pada peran dari umpan balik informasi. Diagram loop sebab akibat (*Causal Loop Diagram*) adalah suatu teknik untuk memetakan kerja informasi umpan balik dalam suatu sistem. Kata *Causal* merujuk pada hubungan sebab dan akibat (*cause-and-effect*) dan kata *loop* merujuk pada suatu rantai tertutup dari sebab akibat tersebut²³. Diagram *loop* sebab akibat baik jika digunakan untuk²⁴:

- 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 2.8. Cara Penulisan Diagram Loop Sebab-Akibat









Sumber : John D. Sterman, 2000

²³ Andrew Ford, *Op Cit*, hal 69

²⁴ John D. Sterman, *Op. Cit*, hal. 137

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 kita perhatikan 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 2.9 akan menjelaskan polaritas hubungan:

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

Gambar 2.9. Polaritas Hubungan

Sumber : John D. Sterman, 2000

Hubungan positif memiliki arti bahwa jika suatu penyebab meningkat, maka akibat juga akan meningkat, dan jika penyebabnya menurun, akibatnya juga akan menurun. Pada contoh dalam gambar 2.11, peningkatan pada tingkat kelahiran fraksional akan menyebabkan peningkatan pada tingkat kelahiran, dan

penurunan pada tingkat kelahiran fraksional akan menyebabkan penurunan pada tingkat kelahiran.

Hubungan negatif memiliki arti bahwa jika suatu penyebab meningkat, maka akibatnya akan menurun, dan jika penyebabnya menurun, maka akibatnya akan meningkat. Pada contoh dalam gambar 2.11, peningkatan harapan hidup rata-rata akan menyebabkan tingkat kematian menurun, dan penurunan harapan hidup rata-rata akan meningkatkan tingkat kematian.

Polaritas hubungan menggambarkan struktur dari sistem. Polaritas tersebut tidak menggambarkan perilaku dari variabel-variabel. Polaritas hubungan ini hanya menggambarkan kemungkinan apa yang akan terjadi jika terdapat sebuah perubahan. Polaritas hubungan ini tidak menggambarkan apa yang benar-benar terjadi.²⁵

Peningkatan dari sebuah variabel penyebab tidak harus berarti bahwa akibatnya akan benar-benar meningkat. Ada dua alasan. Pertama, sebuah variabel seringkali memiliki lebih dari satu input. Untuk menentukan apa yang benar-benar terjadi, kita harus mengetahui bagaimana semua input berubah. Pada contoh populasi di atas, tingkat kelahiran tergantung pada tingkat kelahiran fraksional dan ukuran dari populasi ($\text{tingkat kelahiran} = \text{tingkat kelahiran fraksional} * \text{populasi}$). Kita tidak dapat mengatakan apakah peningkatan pada tingkat kelahiran fraksional akan benar-benar menyebabkan peningkatan pada tingkat kelahiran. Kita juga perlu mengetahui apakah populasi sedang naik atau turun. Penurunan yang cukup besar pada populasi dapat menyebabkan tingkat kelahiran menjadi turun walaupun tingkat kelahiran fraksional mengalami peningkatan.²⁶

Kedua, diagram *loop* sebab akibat tidak membedakan antara stok (*stock*) yang merupakan akumulasi dari sumber daya-sumber daya dalam sebuah sistem dan aliran (*flow*) yang merupakan tingkat perubahan yang mengubah sumber daya-sumber daya tersebut. Di dalam contoh populasi, populasi merupakan stok, yang mengakumulasikan tingkat kelahiran yang dikurangi tingkat kematian. Peningkatan pada tingkat kelahiran akan meningkatkan populasi, tetapi penurunan pada tingkat kelahiran tidak akan mengurangi populasi. Kelahiran hanya dapat

²⁵ *Ibid*, hal. 139

²⁶ *Ibid*, hal. 139-140

meningkatkan populasi dan tidak pernah menguranginya. Kedua alasan ini juga berlaku pada polaritas negatif.²⁷

Ada dua metode untuk menentukan apakah sebuah *loop* positif atau negatif, yaitu cara cepat dan cara yang benar²⁸. Cara cepat adalah dengan menghitung jumlah dari penghubung negative, yaitu untuk menentukan apakah sebuah *loop* adalah positif atau negatif adalah dengan menghitung jumlah dari penghubung negatif. Jika jumlah dari penghubungnya genap, *loop* tersebut adalah positif. Jika jumlah dari penghubungnya ganjil, *loop* tersebut adalah negatif. Namun cara ini dapat menimbulkan kesalahan. Dalam diagram yang kompleks, akan sangat mudah untuk terjadi kesalahan dalam menghitung jumlah hubungan negatif di dalam sebuah *loop*. Selain itu, kesalahan dalam memberi polaritas dari hubungan-hubungan yang ada ketika kita untuk pertama kalinya menggambar diagram juga akan sangat mudah terjadi. Penghitungan jumlah tanda negatif tidak mungkin dapat menampakkan kesalahan-kesalahan tersebut. Cara yang benar adalah menyelidiki efek dari sebuah perubahan di sekeliling *loop*, yaitu untuk menentukan polaritas dari sebuah *loop* adalah dengan menyelidiki efek dari sebuah perubahan yang kecil terhadap salah satu variabel ketika variabel tersebut menyebar di sekeliling *loop*. Jika efek dari umpan balik tersebut menguatkan perubahan awal, maka *loop* tersebut adalah positif. Jika efek umpan balik tersebut berlawanan dengan perubahan awal, maka *loop* tersebut adalah negatif. Kita dapat mulai dari variabel yang mana saja dan hasilnya harus sama.

2.1.8 Diagram Alir (*Stock and Flow Diagram*)

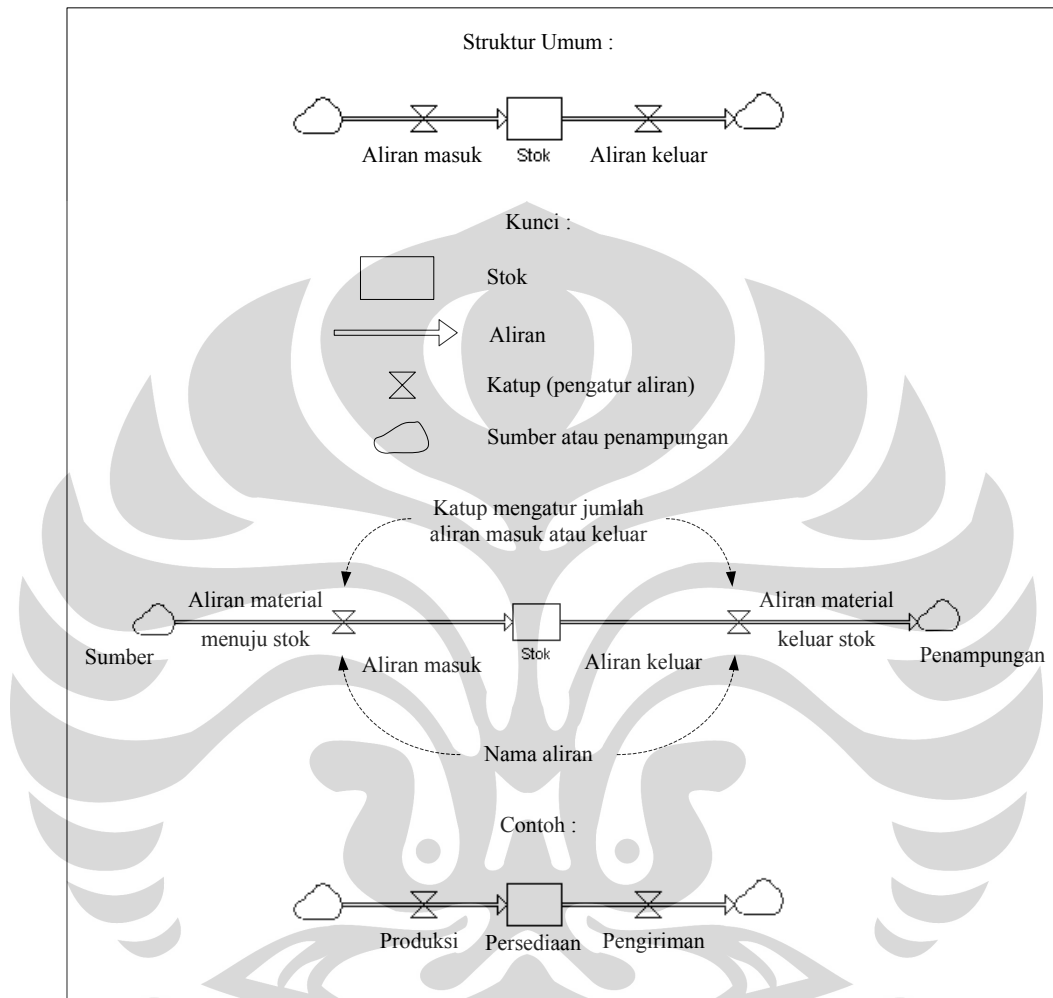
Diagram *loop* sebab akibat memiliki beberapa keterbatasan dan dengan mudah dapat disalahgunakan. Salah satu keterbatasan yang paling penting dari diagram sebab akibat adalah ketidakmampuannya untuk menangkap struktur stok dan aliran (*stock and flow*) dari sistem. Stok dan aliran, bersama dengan umpan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

²⁷ *Ibid*, hal. 140

²⁸ *Ibid*, hal. 143-144

penundaan dengan mengakumulasikan perbedaan antara aliran masuk menuju proses dan aliran keluarnya. Dengan memisahkan tingkat aliran, stok merupakan sumber ketidakseimbangan dalam sistem.



Gambar 2.10. Cara Penulisan Diagram Alir

Sumber : John D. Sterman, 2000

Gambar 2.10 merupakan cara-cara penulisan diagram alir dalam sistem dinamis, berikut penjelasannya:

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 2.11. Analogi Hidrolik

Sumber: John D. Sterman, 2002

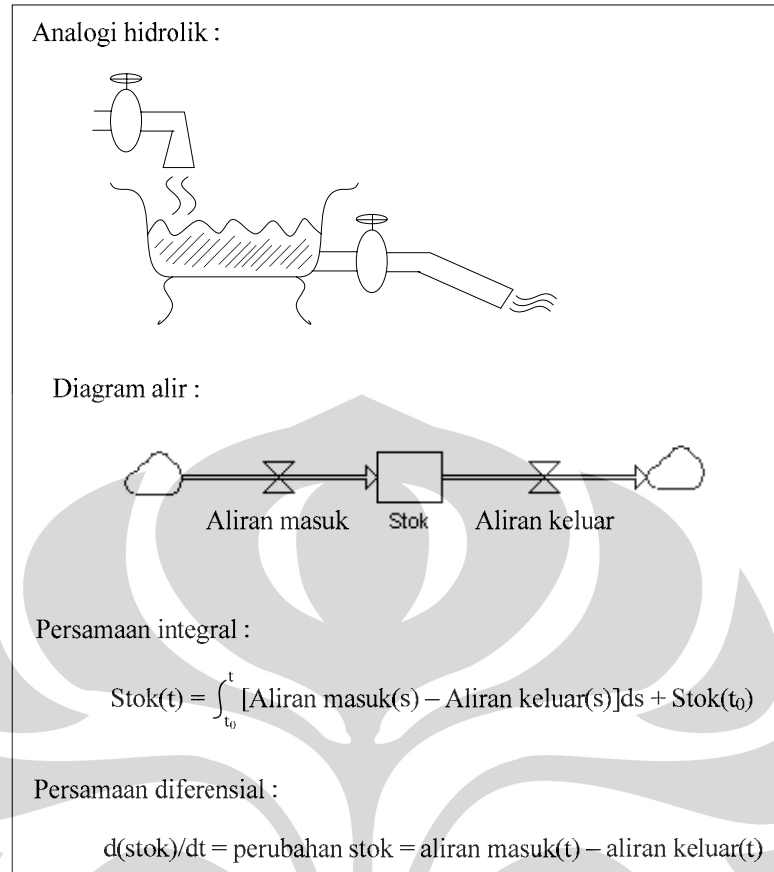
Melalui cara yang sama, kuantitas material dalam stok apapun merupakan akumulasi dari aliran material yang masuk dikurangi aliran material yang keluar. Analogi ini memiliki pengertian matematis yang tepat dan tidak ambigu. Stok mengakumulasi atau mengintegrasikan alirannya; aliran menuju stok adalah tingkat perubahan dari stok. Oleh karena itu, struktur yang digambarkan dalam gambar 2.11 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 2.12. Empat Representasi Struktur Diagram Alir

Sumber: John D. Sterman, 2000

2.1.9 Pengujian Model (*Model Testing*)

Pengujian model terdiri dari dua bagian utama, yaitu verifikasi dan validasi model.

2.1.9.1 Verifikasi Model

Suatu model dikatakan telah lolos verifikasi jika model tersebut telah dijalankan dengan cara yang independen. Verifikasi dianggap sebagai suatu uji apakah suatu model telah disintesiskan tepat sesuai dengan yang dimaksud. Verifikasi model mengindikasikan bahwa model tersebut telah dipercaya konsepnya, namun tidak peduli konsepsi tersebut valid atau tidak. Verifikasi mungkin terdengar tautologikal namun verifikasi bukan suatu pengujian yang terlalu penting dimana mekanisme suatu model, secara fakta sesuai dengan

pemikiran pembuat model²⁹. Dalam sistem dinamik, pengujian model melalui proses verifikasi mempunyai dua cara, yaitu³⁰:

- Dimensi atau uji analisis unit

Untuk mengetahui bahwa proses verifikasi dengan cara uji analisis unit sudah benar atau belum dapat dilihat dari dua hal, yaitu seluruh variabel mempunyai unit yang benar, dan seluruh unit sesuai dengan realita yang ada dan tidak terdapat unit korektif yang dimasukkan.

- Uji numerikal

Dalam uji numerical ini juga terdapat dua bagian. Pertama, dimensi waktu yang dipilih sesuai dengan *timestep* berjalannya model. Kedua, menggunakan metode integrasi numerikal.

2.1.9.2 Validasi Model

Tahapan selanjutnya dalam pengujian model adalah proses validasi model. Berikut cara melakukan validasi model.

Tabel 2.1. Cara Validasi Model

No	Tipe Tes	Tujuan dari tes	Alat dari prosedur
1	kecukupan batasan	menentukan batasan masalah yang dianggap endogenous	gunakan grafik batasan, diagram sub-sistem, diagram sebab-akibat, peta stock and flow, dan pemeriksaan persamaan model secara langsung
		apakah perilaku model berubah secara signifikan ketika batasan masalah diubah?	gunakan interview, workshop 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 endogenous, lalu ulangi analisa kebijakan dan sensitivitas
2	kondisi ekstrim	apakah model tersebut masih sesuai jika inputnya ditaruh sebagai kondisi ekstrim?	periksa tiap persamaan, tes respon pada nilai ekstrim di tiap input, tiap bagian atau dalam kombinasi
		apakah model memungkinkan merespon kebijakan, gangguan, dan parameter ekstrim?	subjek model pada gangguan besar dan kondisi ekstrim. Gunakan tes sesuai dengan aturan dasar (misal: tidak ada inventori, tidak ada shipment, dll)
3	konsistensi dimensi	apakah tiap persamaan sudah konsisten, tanpa menggunakan parameter yang tidak perlu?	gunakan software analisa dimensi, periksa persamaan model di variabel-variabel tertentu

Sumber: John D. Sterman, 2000

²⁹ Andrew Ford, *Op Cit*, hal 283

³⁰ Andri D Setiawan dan Yugi Sukriana, *Urban Decay in Kente – Dealing with Capacity and Distribution of Opportunity*. n.d

Tabel 2.1. Cara Validasi Model (Sambungan)

No	Tipe Tes	Tujuan dari tes	Alat dari prosedur
4	penilaian struktur	apakah struktur model konsisten dengan pengetahuan yang relevan dari sistem?	gunakan diagram struktur kebijakan, diagram sebab-akibat, peta stock and flow, 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 tesmodel secara parsial dengan kebijakan yang diinginkan
			apakah percobaan laboratorium untuk mendapatkan mental odel 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
5	penilaian parameter	apakah parameter nilai telah sesuai dengan pengetahuan deskriptif dan numerik sistem	gunakan metode statistik untuk memperkirakan parameter gunakan tes model secara parsial untuk mengkalibrasi sub-sistem
		apakah setiap parameter memiliki imbalan di dunia nyata?	gunakan metode penilaian berdasarkan interview, opini para ahli, fokus grup, bahan utama, pengalaman langsung, dan sebagainya
			gunakan beberapa sub-model untuk memperkirakan hubungan dalam keseluruhan model
6	error dalam integrasi	apakah hasil simulasi sensitif terhadap pemilihatan timestep atau metode integrasi numerik?	gunakan setengah timestep dan tes perubahan perilakunya. Gunakan metode integrasi berbeda dari tes perubahan perilakunya
7	reproduksi perilaku	apakah model menghasilkan perilaku penting dari sistem?	gunakan pengukuran statistik untuk melihat kesesuaian antara model dan data
		apakah variabel endogenous 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, shock event dan noise
8	anomali perilaku	apakah ada anomali perilaku ketika asumsi model diubah atau dihilangkan?	zero out key effect, gantikan asumsi equilibrium dengan asumsi dengan struktur disequilibrium
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

Sumber: John D. Sterman, 2000

Tabel 2.1. Cara Validasi Model (Sambungan)

No	Tipe Tes	Tujuan dari tes	Alat dari prosedur
10	perilaku mengejutkan	apakah model menghasilkan perilaku yang tak terduga?	pertahankan kaurasi, 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 partisipN Sn 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 parametr, batasan dan agregasi bervariasi pada range kemungkinan ketidakpastian?	gunakan metode optimasi untuk mendapatkan kombinasi parameter yang menghasilkan ketidakmungkinan atau reverse policy outomes
12	perbaikan sistem	apakah proses modeing membantu merubah sistem menjadi lebih baik?	desain percobaan terkontrol dengan perlakuan dan kontrol grup, tugas acak, penilaian pre dan pasca intervensi

Sumber: John D. Sterman, 2000

2.1.10 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 kita mempersiapkan nilai-nilai parameter yang berbeda untuk diuji pada model yang telah dibuat agar kita dapat melihat bagaimana perubahan pada parameter dapat menyebabkan perubahan perilaku pada sistem. Dengan menunjukkan bagaimana perilaku sistem merespons perubahan pada parameter, kita dapat menjadikan analisis sensitivitas sebagai *tool* yang sangat berguna dalam proses pembentukan maupun evaluasi model.

2.2 Teori Keberlanjutan (*Sustainability*)

2.2.1 Sejarah Teori Keberlanjutan

Konsep keberlanjutan pertama kali muncul di Stockholm pada *UN Conference on the Human Environment* Tahun 1972. Saat itu, negara berkembang

dan negara industrialisasi mendebatkan mengenai mana yang lebih penting antara perlindungan lingkungan atau pengembangan ekonomi. Mulai saat itu, pergerakan lingkungan mencuat ke permukaan setelah 10 tahun tulisan Rachel Carson yang memublikasikan *Silent Spring*, yaitu buku yang menjelaskan mengenai bahaya pestisida pada kehidupan liar dan manusia. Pada tahun yang sama saat pertemuan Stockholm, Amerika Serikat mengeluarkan lima legislasi lingkungan. Satu tahun kemudian, India mendapatkan gejolak dari warga Chipko yang memberontak melawan deforestasi. Dengan serangkaian kejadian tersebut, perdebatan di Stockholm telah melahirkan peringatan bahwa perlindungan lingkungan dan pengembangan ekonomi saling mengikat³¹.

Pada akhir tahun 1970-an dan beberapa decade sesudahnya, kejadian momentum lainnya menarik perhatian umum tentang perlunya tanggung jawab lingkungan seperti peristiwa meledaknya Pembangkit Listrik bertenaga Nuklir *Chernobyl* di Uni Soviet, tumpahnya minyak mentah di Alaska dari tanker milik Exxon Valdez Oil³².

Namun, isu lingkungan bukan satu-satunya masalah yang jadi perhatian. Kebijakan pemisahan ras Apartheid di Afrika Selatan mendapat perlawanan dari seorang pastur Philadelphia dan pemimpin penegak Hak Asasi Manusia, Rev. Dr. Leon Sullivan, dan dari aktivis agama dan pelajar. Dari kejadian ini, investor Eropa dan Amerika Serikat enggan untuk berinvestasi di Afrika Selatan³³.

Isu-isu tersebut menjadi latar belakang pembentukan Komisi Brundtland, yaitu satu kelompok yang ditunjuk oleh PBB untuk merancang strategi dalam mengembangkan kehidupan manusia tanpa mengancam dan membahayakan lingkungan. Pada tahun 1987, komisi ini memublikasikan laporannya yang berisi definisi dari pengembangan keberlanjutan (*Sustainable Development*). Lima tahun setelahnya, konsep tersebut menginspirasi keluarnya 27 prinsip dalam *Rio Declaration on Environment and Development*, hasil dari *Rio Declaration Summit (UN Conference on Environment and Development in Rio De Janeiro)*. Deklarasi tersebut selain mengemukakan tentang perhatian terhadap kehidupan ekonomi dan

³¹ William R Blackburn, *The Sustainability Handbook*, Earthscan, London, 2008, hal 2

³² *Ibid*, hal 3

³³ *Ibid*, hal 3

lingkungan yang menjadi focus utama keberlanjutan, tetapi juga menambahkan topic sosial³⁴.

2.2.2 Definisi Teori Keberlanjutan

Definisi mengenai Keberlanjutan banyak diungkapkan oleh banyak organisasi dan pemerintahan. Berikut adalah petikan mengenai beberapa definisi keberlanjutan:

"meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs." (Brundtland Commission Definition)

"Development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs." Sustainable development implies economic growth together with the protection of environmental quality, each reinforcing the other. The essence of this form of development is a stable relationship between human activities and the natural world, which does not diminish the prospects for future generations to enjoy a quality of life at least as good as our own. Many observers believe that participatory democracy, undominated by vested interests, is a prerequisite for achieving sustainable development (WCED Definition)

The guiding rules are that people must share with each other and care for the Earth. Humanity must take no more from nature than nature can replenish. This in turn means adopting lifestyles and development paths that respect and work within nature's limits. It can be done without rejecting the many benefits that modern technology has brought, provided that technology also works within those limits³⁵

Dari beberapa definisi di atas, definisi dari Brundtland Commission merupakan definisi yang umum dan digunakan sebagai basis definisi pada penelitian ini. Definisi dari Brundtland Commission sebenarnya disebut dengan World Commission on Environment and Development (WCED) dan kemudian disebut sebagai laporan Brundtland yang diambil dari nama ketuanya yaitu Gro

³⁴ *Ibid*, hal 4

³⁵ *Caring for the Earth*, IUCN, hal 8

Harlem Brundtland. Menyadari bahwa banyak batasan pada kemampuan bumi dalam menyerap dampak aktivitas manusia dan menekankan pada kemiskinan dunia sebagai masalah yang paling signifikan terjadi di dunia sekarang, komisi Brundtland menekankan pada persamaan (*Equity*) sebagai isi dari keberlanjutan. Penekanan dari kebanyakan definisi yang ada adalah suatu konsep bahwa dalam dunia keberlanjutan, kehidupan manusia akan saling terintegrasi. Definisi Sustainable Seattle juga memperlihatkan bahwa terdapat hubungan antara tiga cakupan dalam kehidupan³⁶, seperti yang terangkum pada paragraf berikut.

"Sustainability is the long-term social, economic, and environmental health of our community." (Sustainable Seattle Working Definition)

Namun, dari beberapa definisi tersebut di atas, terdapat enam karakteristik utama dalam pendefinisian keberlanjutan³⁷, yaitu:

- c. *Asset-based*, yaitu memulai dari mempertimbangkan aset yang ada sekarang kemudian menekankan defisiensinya.
- d. *Engages diverse stakeholders*, yaitu mengikutsertakan stakeholder dari berbagai kalangan berdasarkan saling hormat, gotong royong, fleksibel dan proses pengambilan keputusan yang terbuka
- e. *Express values*, yaitu mengungkapkan nilai-nilai yang telah diadopsi secara formal oleh warga sekitar.
- f. *Integrating*, yaitu menjelaskan hubungan antar isu
- g. *Forward looking*, yaitu focus pada perubahan masa depan jangka panjang dan bukan evaluasi dari masa lampau
- h. *Distributional*, yaitu bekerja dengan distribusi yang pantas bagi sumber daya dan kesejahteraan, bukan hanya untuk generasi sekarang tetapi juga untuk generasi mendatang.

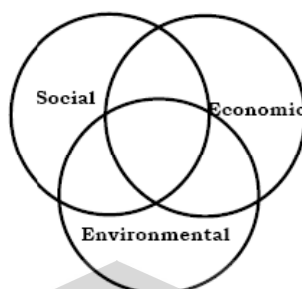
2.2.3 Aspek dan Indikator Keberlanjutan

Dari definisi kerja *Sustainable Seattle*, dapat diketahui bahwa terdapat tiga aspek yang membangun keberlanjutan yaitu aspek sosial, ekonomi dan Lingkungan. Hubungan dan interdependensi dari aspek sosial, ekonomi dan

³⁶ Urban Ecology Coalition. *Neighborhood Sustainability Indicators guidebook*, Crossroads Resource Center, Minneapolis, 1999, hal 8

³⁷ *Ibid*, hal 8

lingkungan dapat terlihat seperti gambar 2.13 dengan zona perpotongan antar tiga aspek tersebut adalah zona keberlanjutan yang harus dicapai.



Gambar 2.13. Hubungan ketiga aspek Keberlanjutan

Sumber: Urban Ecology Coalition, 1999

Kata indikator bagi sebagian orang bersinonim dengan kata metrik, parameter atau statistik. Bahkan ada yang mengungkapkannya dalam konotasi yang lebih luas. Meminjam dari defnisi indikator lingkungan yang terdapat pada ISO 14031, dapat dikatakan bahwa indikator keberlanjutan adalah³⁸:

“A Specific Expression that provides information about an organization’s sustainability performance, effort to influence that performance, or sustainability conditions”

Untuk tujuan penjabaran indikator keberlanjutan, terdapat tiga tipe indikator³⁹:

- Indikator Metrik (metrik), yaitu standar kuantitatif dari suatu pengukuran atau rating. Metrik biasanya dijabarkan secara numerikal, tetapi dapat juga dikomunikasikan melalui pengukuran lainnya.
- Indikator Inisiatif, yaitu pernyataan atau status tentang proyek atau pekerjaan diskrit. Tipe indikator ini termasuk, sebagai contoh, indikasi program pelatihan HAM untuk penjaga keamanan yang baru telah dibangun.
- Indikator Deskriptif, yaitu deskripsi kualitatif dari suatu kondisi. Suatu pernyataan akan menjelaskan mengenai operasi keberlanjutan yang akan membantu pembaca untuk menilai komitmen perusahaan pada keberlanjutan.

³⁸ William R Blackburn, *Op Cit*, hal 228

³⁹ *Ibid*, hal 229

Namun, tidak seluruh indikator yang ada dapat dipergunakan untuk menilai suatu sistem berkelanjutan atau tidak. Terdapat beberapa karakteristik tentang indikator yang efektif, yaitu:

- Indikator efektif harus relevan, yaitu harus memenuhi tujuan dari pengukuran dan dapat memberikan sesuatu tentang sistem yang harus diketahui.
- Indikator efektif harus mudah dimengerti
- Indikator efektif harus terpercaya, yaitu terpercaya terhadap informasi dari indikator yang disediakan
- Indikator efektif harus berdasarkan data yang dapat diakses (*Accessable data*)

Untuk memudahkan penggunaan indikator maka perlu suatu unit standar aktivitas produksi dan nilai jasa dalam menentukan rasio metrik yang akan menjadi indikator keberlanjutan. Unit standar aktivitas produksi dan nilai jasa tersebut, terangkum dalam tabel 2.4.

Tabel 2.2. Unit Standar Aktivitas Produksi dan Nilai Jasa

• Pendapatan Penjualan
• Harga Pokok Penjualan
• Harga Pokok Penjualan Disesuaikan
• Nilai Produksi (Biaya Bahan Baku dan sub perakitan ditambah nilai tambah proses)
• Jumlah Unit produk yang diproduksi atau dijual
• Ekuivalen liter dari produk cair yang dihasilkan atau dijual
• Meter kubik gas alam yang dijual
• Metrik ton produk yang dihasilkan atau dijual
• Paket produk yang dikirimkan atau dikapalkan
• Muatan truk dari produk yang dikirimkan atau dikapalkan
• Kilometer pengiriman
• Jumlah transaksi yang diproses
• Jumlah pelanggan yang dilayani
• Jumlah pelanggan
• Jam kerja
• Jumlah 100 full-time equivalent employees (FTEs) (100 FTEs = 200.000 jam kerja)
• Giga Watt Hours dari listrik yang dihasilkan, ditransmisikan atau didistribusikan
• Mill kabel
• Muatan cucian yang dicuci
• Area yang ditanami
• Luas bangunan
• Ton yang dipanen

Sumber: William R. Blackburn, 2008

2.2.3.1 Aspek dan Indikator Keberlanjutan Ekonomi

Aspek keberlanjutan ekonomi pada dasarnya tidak berdiri sendiri dalam menentukan indikator keberlanjutan ekonomi. Segala yang berhubungan pada aspek ekonomi pasti berpengaruh ke aspek lain. Sebagai contoh, terdapat indikator yang dinamakan sosio-ekonomi yaitu indikator yang mempengaruhi aspek sosial maupun aspek ekonomi. Namun pernyataan kunci untuk aspek keberlanjutan ekonomi adalah penggunaan sumber daya yang bijak⁴⁰, bukan hanya sumber daya alam tetapi juga sumber daya manusia.

2.2.3.2 Aspek dan Indikator Keberlanjutan Sosial

Terdapat kesepakatan umum bahwa dimensi yang berbeda dalam pengembangan keberlanjutan tidak diprioritaskan secara sama oleh pembuat keputusan termasuk dalam berbagai tulisan mengenai penelitian keberlanjutan. Seperti terlihat pada gambar 2.14, isu lingkungan dan ekonomi mendominasi perdebatan mengenai pengembangan keberlanjutan. Baru pada akhir tahun 1990an isu sosial masuk ke dalam agenda keberlanjutan. Ini terjadi karena pengembangan keberlanjutan lahir dari sinergi antara pergerakan kesadaran lingkungan pada tahun 1960an dan advokat kebutuhan dasar pada tahun 1970an. Sebagai hasilnya, sedikit literatur yang fokus pada keberlanjutan sosial. Pendekatan untuk konsep keberlanjutan sosial tidak menyentuh pada teori tetapi lebih kepada pemahaman praktis. Sebagai tambahan, keberlanjutan sosial sekarang lebih dihubungkan dengan implikasi sosial dari politik lingkungan dibandingkan dengan salah satu komponen pengembangan keberlanjutan yang sama rata⁴¹.

Selain itu, tidak ada konsensus tentang kriteria dan perspektif yang harus diadopsi dalam mendefinisikan keberlanjutan. Berikut adalah beberapa definisi tentang keberlanjutan sosial⁴², yaitu:

” ...a quality of societies. It signifies the nature-society relationships, mediated by work, as well as relationships within the society. Social sustainability is given, if work within a society and the related institutional

⁴⁰ William R Blackburn, *Op Cit.* hal 23

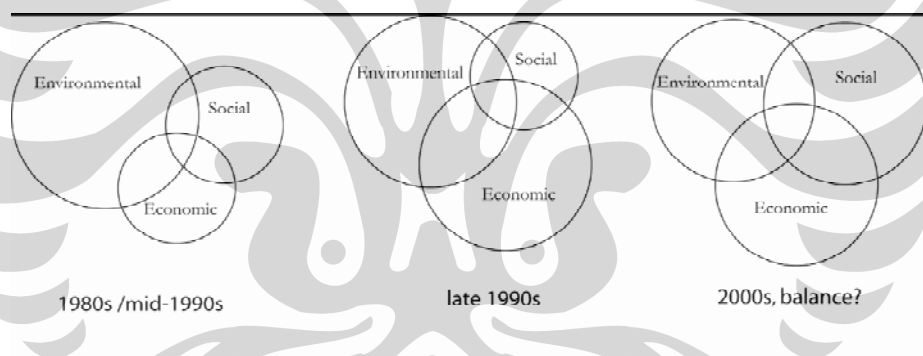
⁴¹ Colantonio, Andrea. 2007. *Measuring Social Sustainability: Best Practice from Urban Renewal in the EU*. Oxford: Oxford Brookes University, hal 3-4

⁴² *Ibid*, hal 5-6

arrangements satisfy an extended set of human needs [and] are shaped in a way that nature and its reproductive capabilities are preserved over a long period of time and the normative claims of social justice, human dignity and participation are fulfilled” (Littig and Grießler definition)

”Development (and/or growth) that is compatible with harmonious evolution of civil society, fostering an environment conducive to the compatible cohabitation of culturally and socially diverse groups while at the same time encouraging social integration, with improvements in the quality of life for all segments of the population” (Polese and Stren definition)

”[Sustainability] aims to determine the minimal social requirements for longterm development (sometimes called critical social capital) and to identify the challenges to the very functioning of society in the long run” (Biart definition)



Gambar 2.14. Dimensi Keberlanjutan dan Kepentingan Relatifnya

Sumber: Marghescu, 2005

Pencarian mengenai konsep keberlanjutan telah menjalar ke pencarian metode penilaian, metrik dan alat keberlanjutan sebagai instrumen untuk mengoperasionalisasi konsep dari pengembangan keberlanjutan dan untuk menginformasikan dan mengarahkan kebijakan pengembangan. Namun, penilaian dan pengukuran keberlanjutan sosial terhalang oleh setidaknya enam rintangan praktikal dan metodologikal⁴³, yaitu:

⁴³ *Ibid*, Hal 15-16

- Penilaian dampak sosial menimbulkan masalah lain. Hal ini berhubungan dengan keaslian dampak, yaitu kesulitan mengisolasi dampak yang spesifik; munculnya dampak yang saling konflik; kesulitan dalam membedakan dampak spesifik dari suatu proyek yang berubah yang mungkin diakibatkan oleh level makro ekonomi; kumulatif dampak asal; kurangnya penelitian
- Konsep dari keberlanjutan sosial belum menjadi teori yang utuh dan kadang-kadang terlalu di sederhanakan atau digabungkan dengan teori dan kriteria penilaian yang sudah ada. Selain itu, tidak ada diferensiasi yang jelas antara aspek analitis, normatif dan politikal dalam keberlanjutan sosial dimana konotasi yang luas dan multi-faset terhadap kata sosial yang memberikan arti yang normatif.
- Terdapat perbedaan pendapat mengenai metode dan kriteria penilaian. Hal ini dikarenakan kondisi sosial dan kultural internasional yang heterogen yang menghalangi penerimaan terhadap kriteria untuk menilai keberlanjutan sosial secara universal.
- Pengalaman buruk pada tahun 1960an membuat ilmuwan sosial ragu-ragu dalam memformulasikan target dan objektif normatif.
- Objektif sosial sebagai bagian dari kerangka keberlanjutan harus dikontektualisasikan dengan model pengembangan yang berbeda.
- Tidak ada nilai yang optimum untuk indikator sehingga sulit untuk menetapkan benchmark. Ini membuktikan bahwa sulit untuk bagaimana dan siapa yang harus menetapkan nilai ambang batas.

2.2.3.3 Aspek dan Indikator Keberlanjutan Lingkungan

Aspek lingkungan dalam konsep keberlanjutan biasanya dinilai menggunakan konsep *Life Cycle Analysis* (LCA). ISO 14040 mendefinisikan LCA sebagai kompilasi dan evaluasi dari masukan, keluaran, dan dampak lingkungan yang potensial dari siklus hidup sebuah sistem produk. LCA merupakan alat bantu yang dapat digunakan untuk menganalisa efek lingkungan dari produk di setiap tahap dalam siklus hidupnya, mulai dari ekstraksi sumber daya, produksi material, produksi komponen, hingga produksi produk akhir tersebut, dan kegunaan produk bagi manajemen setelah produk tersebut sudah

selesai diproduksi, entah dengan digunakan kembali, didaur ulang atau dibuang (berlaku “dari *cradle* hingga *grave*). Keseluruhan sistem dari unit-unit yang diproses yang termasuk dalam siklus hidup dari sebuah produk disebut sistem produk⁴⁴.

Efek lingkungan mencakup berbagai jenis dari dampak bagi lingkungan, termasuk ekstraksi dari berbagai jenis sumber daya, emisi dari bahan berbahaya dan penggunaan lahan dengan tipe yang berbeda. Produk yang dimaksud dapat berupa barang fisik dan jasa.

LCA harus diusahakan memiliki karakteristik kuantitatif, sehingga semua dampak lingkungan yang dihasilkan dapat dilaporkan selengkap mungkin

Analisa *cradle to grave* menggunakan sebuah pendekatan holistik (analisa secara keseluruhan), dimana analisa ini secara konsisten akan mendeteksi dampak-dampak yang telah terjadi atau akan terjadi di mana pun dan kapan pun. Selain itu, dengan analisa *cradle to grave* ini, akan menghindari terjadinya *problem shifting*. Di dalam *eco-design*, memindahkan masalah ke tahap lain dalam siklus hidup produk, bukanlah merupakan solusi dari suatu masalah lingkungan.

Aplikasi utama dari LCA adalah untuk:

1. Menganalisa sumber masalah yang berkaitan dengan produk tertentu
2. Membandingkan perbaikan-perbaikan yang berbeda dari sebuah produk
3. Merancang produk baru
4. Memilih produk terbaik di antara beberapa produk yang dapat dibandingkan

Aplikasi yang sama dapat digunakan dalam level strategik, level yang berkaitan dengan kebijakan pemerintah dan strategi bisnis. Cara implementasi proyek LCA bergantung pada harapan penggunaan hasil LCA.

Karakteristik utama dari LCA adalah sifat analisa secara keseluruhannya, yang menjadi kekuatan utama dan juga pada waktu yang bersamaan, merupakan keterbatasannya. Jangkauan yang luas dalam melaksanakan LCA yang lengkap dari sebuah produk hanya dapat dicapai dengan menyederhanakan aspek lain.

Yang pertama, LCA tidak dapat berkonsentrasi pada dampak lokal. LCA tidak menyediakan kerangka untuk sebuah studi penilaian resiko lokal yang

⁴⁴ William R Blackburn, *Op Cit*, Hal 688

lengkap, yang mengidentifikasi dampak mana yang dapat diharapkan berkaitan dengan fungsi dari sebuah fasilitas di tempat yang spesifik.

Begitu pula dengan aspek waktu, LCA, secara khas merupakan keadaan yang tetap, dan bukan sebuah pendekatan dinamis.

Model LCA berfokus pada karakteristik fisik dari aktivitas industri dan proses ekonomi lainnya, dan hal ini tidak termasuk mekanisme pasar, atau efek lain dalam pengembangan teknologi. Secara umum, LCA menganggap semua proses bersifat linear, baik dalam ekonomi dan dalam lingkungan. LCA merupakan sebuah alat bantu berdasarkan permodelan linear.

Selanjutnya, LCA berfokus pada aspek lingkungan dari produk dan tidak berkaitan dengan karakteristik ekonomi, sosial dan lainnya. Dampak lingkungan sering didefinisikan sebagai dampak yang potensial, karena dampak lingkungan tidak ditetapkan dalam waktu dan tempat dan berkaitan dengan satuan fungsional yang telah didefinisikan.

Meskipun LCA bertujuan untuk menjadi dasar yang bersifat ilmu pengetahuan, LCA tetap menggunakan beberapa asumsi yang bersifat teknis dan terpilih. Proses standarisasi ISO dalam melaksanakan LCA ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kesewenangan. Tujuan penting adalah untuk menggunakan asumsi dan pilihan ini setransparan mungkin.

Yang terakhir, sebuah karakteristik yang sangat penting dan berkaitan dengan sifat dasar dari LCA sebagai sebuah alat analitis. LCA membantu menyediakan informasi untuk mendukung keputusan namun LCA tidak dapat menggantikan proses pengambilan keputusan itu sendiri.

Analisis LCA diambil dari kerangka kerja LCA dalam ISO 14042 yang mempunyai urutan penelitian sebagai berikut⁴⁵.

1. Mendefinisikan tujuan dan cakupan penelitian

Pendefinisian Tujuan dan cakupan penelitian merupakan suatu fase dimana pilihan awal yang menentukan sebuah rencana kerja dari keseluruhan LCA dibuat. Tahap pendefinisian tujuan terdiri atas mencanangkan dan menyesuaikan tujuan dari studi LCA, menjelaskan tujuan dari studi dan menentukan penggunaan yang diinginkan dari hasil, inisiator, praktisi,

⁴⁵ Choosak Kiwjaroun, et al, LCA studies comparing biodiesel synthesized by conventional and supercritical methanol methods, *Journal of Cleaner Production*, 2009, vol 17, hal 146

pemegang saham dan target dari hasil studi. Tahap pendefinisian cakupan penelitian menetapkan karakteristik utama dari studi LCA yang mencakup masalah seperti batasan temporal, geografis, dan teknologi, jenis dari analisa dan level keseluruhan dari kecanggihan dari studi ini.

2. Analisa Life Cycle Inventory (LCI)

Analisa inventori merupakan fase dimana sistem produk didefinisikan.

3. Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Pada fase ini, hasil dari analisa inventori diproses dan diinterpretasikan dalam rangka dampak lingkungan dan preferensi masyarakat.

4. Penilaian dan interpretasi

Pada fase ini, hasil dari analisa, pilihan dan asumsi yang dibuat, dievaluasi dan dibuat kesimpulan secara keseluruhannya. Elemen utama dari fase ini adalah evaluasi hasil dan formulasi dari kesimpulan dan rekomendasi dari studi ini.

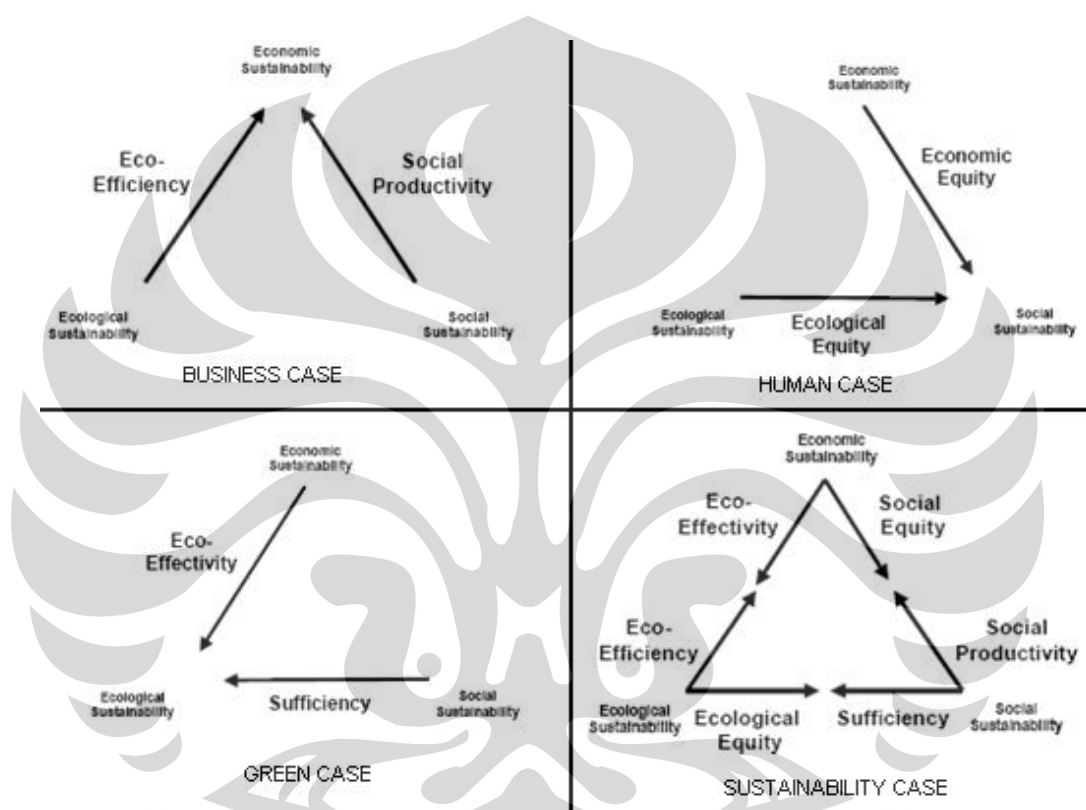
2.2.4 Keberlanjutan korporat

Seperti kata “*green*”, “*eco-efficient*” atau tanggung jawab sosial, kata keberlanjutan sulit untuk menjadi definisi yang diterima secara umum dan menjadi lebih kompleks lagi dalam mendefinisikannya yang berhubungan dengan korporat. Salah satu usulan mengenai definisi dari keberlanjutan korporat diambil dari definisi Brundtland Commission (1987), yaitu:

“A strategy for corporate sustainability must meet the needs of a firm’s stakeholders without compromising its ability to also meet the needs of future stakeholders.”

Analogi “triple-bottom line” dari keberlanjutan Ekonomi, sosial dan lingkungan muncul sebagai model pendahulu bagi korporat untuk menginterpretasikan keberlanjutan. Tiga tipe hubungan bisa ditarik dari analogi tersebut. Pertama, pertanyaan akan muncul tentang bagaimana keberlanjutan sosial dan lingkungan berkontribusi terhadap keberlanjutan ekonomi. Ini biasa disebut sebagai “*business case*” untuk keberlanjutan yang membolehkan perusahaan untuk mengejar strategi pemegang saham melalui keberlanjutan lingkungan dan sosial. Strategi ini bertujuan untuk *eco-efficiency* atau produktivitas sosial. Kedua,

pertanyaan akan kembali muncul bagaimana keberlanjutan ekonomi dan lingkungan dapat berkontribusi kepada *human case* keberlanjutan sosial. Pandangan dari kasus ini adalah pemilihan strategi persamaan ekonomi dan persamaan lingkungan. Ketiga, perusahaan akan bertanya-tanya bagaimana keberlanjutan sosial dan ekonomi berkontribusi terhadap *green case*. Strategi ini disebut dengan *eco-effectiveness* dan *sufficiency* yang membutuhkan penelitian yang lebih lanjut⁴⁶.



Gambar 2.15. Tipe Hubungan *Triple-Bottom-Line*

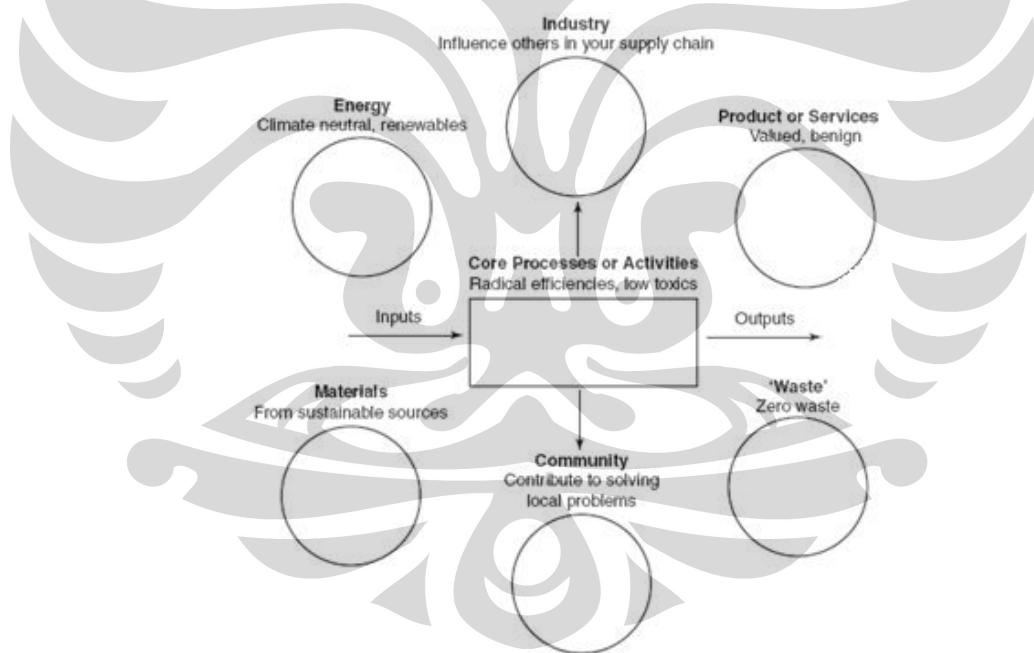
Sumber: Hockerts, 1996

Satu organisasi tidak dapat bertanggung jawab dalam membuat seluruh masyarakat menjadi berkelanjutan namun organisasi tersebut dapat mengkaji input, output, proses dan dampak pada sistem yang lebih proses dimana organisasi tersebut beroperasi. Untuk membantu organisasi mengembangkan pandangan

⁴⁶ Thomas Bieker, et al, *Towards A Sustainability Balanced Scorecard Linking Environmental and Social Sustainability to Business Strategy*. n.d

yang jelas mengenai keberlanjutan maka harus dibuat suatu *Bubble Diagram*⁴⁷. Operasi suatu organisasi atau korporat dikatakan berkelanjutan saat:

- *Material*. Seluruh material yang digunakan berasal dari sumber yang bertanggung jawab secara sosial dan berkelanjutan
- *Energy*. Seluruh energi yang digunakan berasal dari sumber yang dapat didaur-ulang
- *Process*. Seluruh proses yang ada harus seefisien mungkin
- *Product design*. Produk yang dihasilkan harus *biodegradable*, bahkan *edible*, sehingga akan ramah lingkungan selama produk tersebut organik.
- *Waste*. Seluruh hasil limbah juga harus bisa digunakan kembali (*reused, recycled, composted*)
- *Industry Influence*. Mengaplikasikan kepemimpinan dan kekuatan beli untuk memacu seluruh industri menggunakan konsep keberlanjutan.



Gambar 2.16. *Bubble Diagram* Keberlanjutan Organisasi

Sumber: Darcy Hitchcock dan Marsha Willard, 2006

Masing-masing aspek keberlanjutan juga terbagi lagi menjadi beberapa topik kecil untuk dilakukan penilaian keberlanjutan skala korporat. Topik-topik tersebut adalah ⁴⁸:

⁴⁷ Hitchcock, Darcy & Willard, Marsha, *Op Cit*, hal 18-20

1. Keberlanjutan ekonomi
 - a. Kinerja perusahaan
 - b. Dukungan komunitas
2. Keberlanjutan sosial
 - a. Kesehatan dan keselamatan tempat kerja (*Workplace safety and Health*)
 - b. Isu produk/pelanggan, tanggung jawab produsen
 - c. Donasi amal
 - d. Community outreach
 - e. Corporate governance
 - f. Kompensasi pekerja
 - g. Pengembangan pekerja
 - h. Hak berserikat
 - i. Hak Asasi Manusia
 - j. Non-diskriminasi
 - k. Praktek/etika bisnis
3. Keberlanjutan lingkungan
 - a. Penggunaan energi
 - b. Limbah padat dan berbahaya
 - c. Emisi GHG (*Greenhouse Gas*)
 - d. Emisi udara lain
 - e. Kontaminasi tanah
 - f. Biodiversitas
 - g. Limbah air
 - h. Air
 - i. Penggunaan sumber daya alam
 - j. Isu lingkungan produk/pelanggan
 - k. Perancangan hijau (*Green design*)

2.2.5 Penilaian Dampak Keberlanjutan (*Sustainability Impact Assessment*)

Dalam melakukan penilaian mengenai dampak keberlanjutan, ada dua aspek yang harus diperhatikan yaitu batasan ruang (batas ruang yang harus

⁴⁸ William R. Blackburn, *Op Cit*, hal. 728-735

dilingkupi agar keberlanjutan dapat tercapai) dan batasan waktu (lama waktu yang diperlukan untuk mencapai keberlanjutan). Skala ruang berkorespondensi terhadap sawah, desa, kota, negara dan bahkan satu planet pun dipikirkan. Namun, permasalahannya adalah seluruh skala tersebut saling terhubung satu sama lainnya. Semakin kecil skala yang dibuat, semakin sulit untuk menetapkan batasnya. Dari perspektif teoritikal, skala ruang jelaslah sangat penting saat mengusahakan praktek keberlanjutan atau saat menilai tingkat keberlanjutan dari sistem yang sudah ada. Namun, meskipun individu dapat mendefinisikan batasan dengan jelas, masih terdapat masalah dalam mengimplementasikan keberlanjutan. Untuk memulainya, terdapat konsiderasi logis untuk anggaran terbatas. Semakin besar skala, maka semakin tidak berkelanjutan sistem tersebut dan semakin besar masalah yang akan timbul. Batasan proyek lebih baik bekerja pada batas politikal dibandingkan dengan batasan sistem lain yang telah diformulasikan⁴⁹.

Selain batasan ruang, dalam penilaian keberlanjutan juga perlu dan penting untuk mengenal efek dari waktu. Dua aspek waktu dapat diidentifikasi, yaitu berhubungan kepada perubahan kehidupan sosial dan pengembangan teknologi natural. Efek terdahulu menandakan bahwa keberlanjutan adalah target “bergerak” dan tergantung dari tingkat pengembangan sosial dan tingkat pemahaman ilmiah tentang interaksi antara produk teknologi dan *eco-sphere*⁵⁰.

Sebelum melakukan penilaian terhadap indikator keberlanjutan, ada baiknya perlu mengetahui konsep dalam interpretasi indikator keberlanjutan yang terangkum dalam gambar 2.17. Seperti terlihat pada gambar dibawah, seluruh indikator keberlanjutan atau *Sustainability Indicators* (SIs) merupakan suatu koleksi indikator yang keluar dari sistem. Setelah mengetahui indikator-indikator apa saja yang bisa diidentifikasi dari sistem yang sudah ada, indikator-indikator tersebut dikumpulkan menjadi satu untuk dilakukan interpretasi terhadap keberlanjutan sistem tersebut.

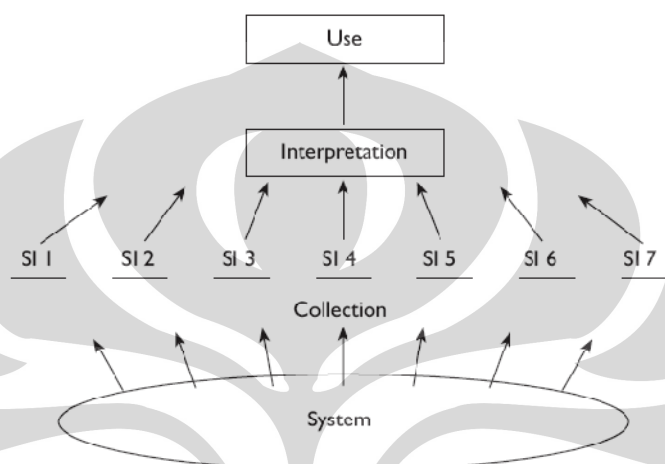
Dalam melakukan penilaian terhadap dampak dari keberlanjutan terdapat banyak cara dan metode serta dapat dilihat dari berbagai perspektif. Mulai dari pengembangan model AMOEBA sampai dengan analisis multi-kriteria. Ada yang

⁴⁹ Bell, Simon & Morse, Stephen, *Sustainability Indicators*, Earthscan, London, 2008, hal 14-15

⁵⁰ Dewulf, Jo & Langenhove, Herman Van, *Renewables-Based Technology*, John Wiley & Sons, Hoboken, 2006, hal 42-44

menyarankan menggunakan pemodelan dinamis, *fuzzy theory* sampai menggunakan aplikasi Teknologi Informasi⁵¹.

Pertimbangan lain adalah beberapa peneliti menyarankan bahwa kualitas keputusan keberlanjutan terbangun saat proses pengambilan keputusan mengikutsertakan multi-konstituen⁵². Dengan begitu pertimbangan penilaian keberlanjutan juga memasukkan unsur dari seluruh *stakeholder* yang terlibat.



Gambar 2.17. Konsep Interpretasi Indikator Keberlanjutan

Sumber: Simon Bell dan Stephen Morse, 2008

2.3 Bisnis Bahan Bakar Nabati Kelapa Sawit

Dalam bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit, terdapat dua entitas bisnis yang terlibat, yaitu entitas bisnis kelapa sawit dan entitas bisnis pabrik biodiesel. Entitas bisnis kelapa sawit selain mempunyai pabrik pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit yang diolah menjadi MKS (CPO) maupun MIS (KPO), entitas bisnis ini juga memiliki perkebunan kelapa sawit sendiri.

2.3.1 Kelapa Sawit

2.3.1.1 Sejarah Kelapa Sawit

Kelapa sawit adalah tanaman perkebunan/industri berupa pohon batang lurus dari famili *Palmae* dengan nama latin kelapa sawit adalah *Elaeis guineensis*. Terdapat fosil, bukti historis dan linguistik yang menyatakan bahwa terdapat lemak yang ditemukan di makam Abydos di Mesir yang kemungkinan adalah

⁵¹ Ray Grosshans, et al, *Sustainable Harvest for Food and Fuel*, 2007

⁵² *Ibid*,

minyak kelapa sawit namun hal tersebut masih diragukan sebagai asal-usul kelapa sawit. Bukti botanikal dari Amerika mengenai genus yang berelasi dengan kelapa sawit berasal dari Amerika Selatan. Hal ini telah menjadi kontroversi sejak lama mengenai asal-usul kelapa sawit dan terdapat pendapat yang menyatakan bahwa kelapa sawit dari Amerika Selatan tersebut ditransportasikan ke Afrika pada masa pra-kolombia⁵³. Tanaman ini menyebar ke Afrika, Amerika Equatorial, Asia Tenggara, dan Pasifik Selatan. Benih kelapa sawit pertama kali yang ditanam di Indonesia pada tahun 1984 berasal dari Mauritius, Afrika. Perkebunan kelapa sawit pertama dibangun di Tanahitam, Hulu Sumatera Utara oleh Schadt (Jerman) pada tahun 1911.

2.3.1.2 Klasifikasi Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*palm oil*) dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Ordo : Palmales

Famili : Palmae

Sub – Famili : Cocoidae

Spesies : 1. *Elaeis guineensis* Jacq (Kelapa sawit Afrika)

2. *Elaeis melanococca* atau *Corozo oleifera* (kelapa sawit Amerika Latin)

Varietas/Tipe : Digolongkan berdasarkan :

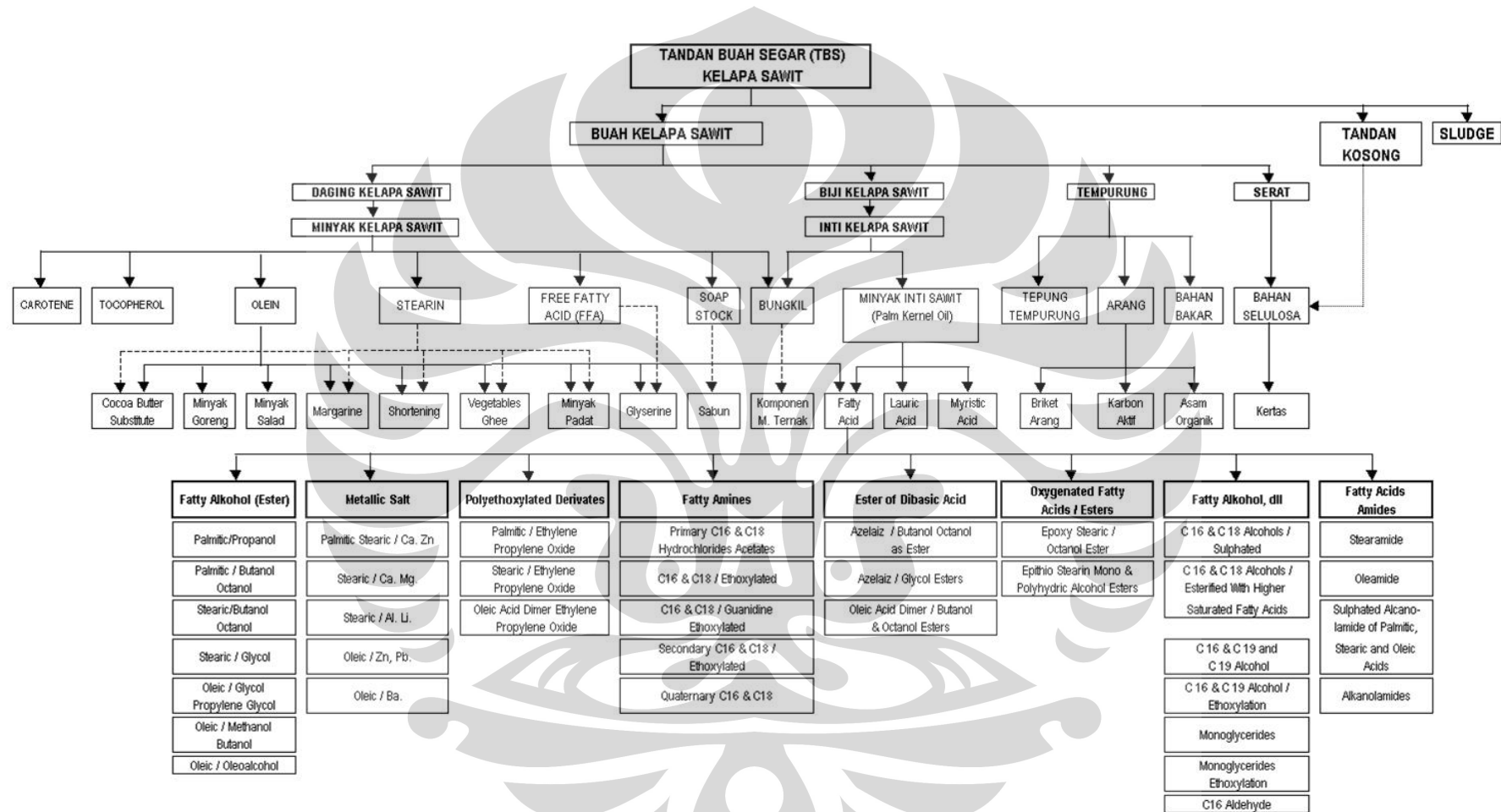
1. Tebal tipisnya cangkang (endocarp) : dikenal ada tiga varietas/tipe, yaitu Dura, Pisifera, dan Tenera.

2. Warna buah : dikenal tiga tipe yaitu Nigrescens, Virescens, dan Albescens

2.3.1.3 Pohon Industri Kelapa Sawit

Sebagai suatu tanaman industri, kelapa sawit mempunyai banyak kegunaan yang dapat dilihat dari produk turunan yang bisa dihasilkan pengolahan kelapa sawit seperti terlihat pada Gambar 2.18.

⁵³ R.H.V Corley dan P.B Tinker, *The Oil Palm*, Blackwell, Oxford, 2003, hal 1



Gambar 2.18. Pohon Industri Kelapa Sawit

Sumber: Badan Koordinasi Penanaman Modal RI, 2009

2.3.1.4 Karakteristik Kimia Minyak Sawit

Minyak sawit secara garis besar terdiri dari dua, yaitu minyak kelapa sawit (*Crude Palm Oil/CPO*) dan Minyak Inti Sawit (*Kernel Palm Oil/KPO*). Secara struktur kimia, sifat-sifat kimia yang terdapat pada MKS (CPO) dan MIS (KPO) tersaji dalam tabel 2.4 dan 2.5.

Tabel 2.3. Sifat Fisik Kima MKS (CPO)

Sifat Fisik Kimia	Nilai
Trigliserida	95 %
Asam lemak bebas (FFA)	2 – 5 %
Warna (5 ¼” Lovibond Cell)	Merah orange
Kelembaban & Impurities	0.15 – 3,0 %
Bilangan Peroksida	1 -5.0 (meq/kg)
Bilangan Anisidin	2 – 6 (meq/kg)
Kadar β -carotene	500-700 ppm
Kadar fosfor	10-20 ppm
Kadar besi (Fe)	4-10 ppm
Kadar Tokoferols	600-1000 ppm
Digliserida	2-6 %
Bilangan Asam	6,9 mg KOH/g minyak
Bilangan Penyabunan	224-249 mg KOH/g minyak
Bilangan iod (wijs)	44-54
Titik leleh	21-24°C
Indeks refraksi (40°C)	36,0-37,5

Sumber: Departemen Perindustrian RI, 2007

Tabel 2.4. Sifat Fisik Kimia MIS (KPO)

Sifat Fisik Kimia	Nilai
Kadar Asam lemak bebas (FFA)	25 % (m/m)
Bilangan Asam	225 mg KOH/g minyak
Bilangan Penyabunan	256 mg KOH/g minyak
Bilangan iod (wijs)	14 - 23
Titik leleh	48°C

Sumber: Departemen Perindustrian RI, 2007

2.3.2 Biodiesel

2.3.2.1 Sejarah Biodiesel

Secara umum diketahui bahwa minyak sayur dan lemak binatang telah diinvestigasi sebagai alternatif bahan bakar untuk mesin diesel sebelum krisis

energi pada tahun 1970an dan awal tahun 1980an. Penemu mesin Diesel, Rudolf Diesel (1858-1913), juga mempunyai ketertarikan tersendiri terhadap bahan bakar alternatif ini. Namun, sejarah awal dari bahan bakar alternatif mesin diesel dari minyak sayur sering dipresentasikan secara tidak konsisten. Pada bab terakhir dari buku yang dibuat oleh Rudolf Diesel yang berjudul “Liquid Fuels”, Rudolf Diesel menegaskan penggunaan minyak sayur sebagai bahan bakar dengan pernyataan sebagai berikut⁵⁴.

“For [the] sake of completeness it needs to be mentioned that already in the year 1900 plant oils were used successfully in a diesel engine. During the Paris Exposition in 1900, a small diesel engine was operated on arachide (peanut) oil by the French Otto Company. It worked so well that only a few insiders knew about this inconspicuous circumstance. The engine was built for petroleum and was used for the plant oil without any change. In this case also, the consumption experiments resulted in heat utilization identical to petroleum.”

Walton merekomendasikan bahwa untuk mendapatkan nilai sepenuhnya dari minyak sayur sebagai bahan bakar maka perlu memisahkan trigliserida dari asam lemak. Pernyataan Walton memberikan rekomendasi petunjuk penhilangan gliserol dari bahan bakar meskipun ester tidak disebutkan yang kemudian berkembang namanya menjadi biodiesel. Berhubungan dengan pernyataan tersebut, beberapa penelitian telah dilakukan sehingga G. Chavanne (Universitas Brussek, Belgia) mendapatkan paten Belgia No. 422,877 pada 31 Agustus 1937 yang mengeluarkan laporan yang berhubungan dengan biodiesel. Paten tersebut menjelaskan penggunaan etil ester dari Minyak Kelapa Sawit sebagai bahan bakar mesin diesel. Ester ini didapatkan dengan proses transesterifikasi minyak menggunakan katalis asam⁵⁵.

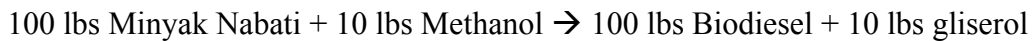
2.3.2.2 Karakteristik Biodiesel

Biodiesel didefinisikan sebagai ester mono-alkil asam lemak yang diambil dari minyak sayur dan lemak hewan. Terminology sederhananya, biodiesel adalah produk yang didapatkan dari minyak sayur atau lemak hewan yang direaksikan

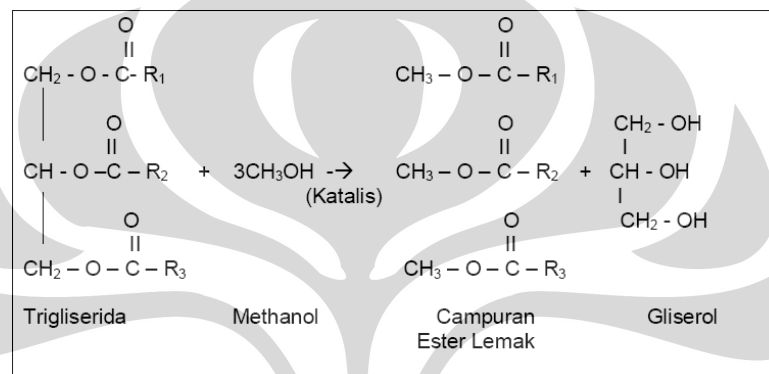
⁵⁴ Gerhard Knothe, *The Biodiesel Handbook*, AOCS Press, Illinois, 2005, hal 4-5

⁵⁵ *Ibid*, hal 10.

secara kimiawi dengan menggunakan alcohol untuk mendapatkan suatu produk yang dinamakan asam lemak alkil-ester dan menggunakan katalis asam (Asam Sulfat) maupun basa (sodium hidroksida atau potassium hidroksida) serta menghasilkan gliserol sebagai produk sampingannya. Secara sederhana, persamaan reaksi transesterifikasi dapat digambarkan sebagai berikut⁵⁶:



Gambaran reaksi kimia proses transesterifikasi, dapat digambarkan dalam gambar 2.19.



Gambar 2.19. Reaksi Transesterifikasi Biodiesel

Sumber: Jon Van Gerpen, 2004

Agar dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin diesel, bahan bakar biodiesel harus memenuhi persyaratan ASTM D 6751 – 02 seperti yang tersaji dalam tabel 2.5⁵⁷.

Dalam suatu sistem produksi biodiesel, rendemen biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan bahan baku (feedstock) minyak kelapa sawit (CPO) adalah 80% dengan sisanya adalah gliserol sebagai hasil sampingan. Gliserol sebagai produk sampingan dari produksi biodiesel mempunyai pasar tersendiri sehingga mempunyai harga jual dan masih bernilai ekonomis walaupun hanya merupakan produk sampingan.

⁵⁶ Jon Van Gerpen, *Business Management for Biodiesel Producers*, National Renewable Energy Laboratory, Springfield, 2004, hal 1-2

⁵⁷ Jon Van Gerpen, B Shanks dan R. Pruszko, *Biodiesel Production Tecnology*, National Renewable Energy Laboratory, Springfield, 2004, hal 23

Tabel 2.5. Persyaratan Biodiesel (ASTM D 6751 – 02)

Property	Method	Limits	Units
Flash point, closed cup	D 93	130 min	°C
Water and sediment	D 2709	0.050 max	% volume
Kinematic viscosity, 40 ° C	D 445	1.9 – 6.0	mm ² /s
Sulfated ash	D 874	0.020 max	wt. %
Total Sulfur	D 5453	0.05 max	wt. %
Copper strip corrosion	D 130	No. 3 max	
Cetane number	D 613	47 min	
Cloud point	D 2500	Report to customer	°C
Carbon residue	D 4530	0.050 max	wt. %
Acid number	D 664	0.80 max	mg KOH/g
Free glycerin	D 6584	0.020	wt. %
Total glycerin	D 6584	0.240	wt. %
Phosphorus	D 4951	0.0010	wt. %
Vacuum distillation end point	D 1160	360 °C max, at 90% distilled	°C
Storage stability	To be determined	To be determined	To be determined

Sumber: J. Van Gerpen, B.Shanks, dan R. Pruszko, 2004

BAB 3

PENGUMPULAN DATA

3.1 Data Tertulis

Sumber informasi pertama yang digunakan dalam penelitian sistem dinamik ini adalah data tertulis. Sumber informasi berupa data tertulis ini dikelompokkan menjadi dua, yaitu data peraturan perundang-undangan dan data indikator keberlanjutan. Pembahasan lebih lanjut mengenai kedua data tertulis tersebut telah terangkum dalam pembahasan di bawah.

3.1.1 Data Peraturan Perundang-undangan

Data peraturan perundang-undangan digunakan sebagai basis sumber informasi pembuatan model untuk data-data yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Secara umum, data peraturan perundang-undangan tersebut diambil data *Blueprint* 2006-2025 Pengembangan Bahan Bakar Nabati yang dirilis oleh Tim Pengembangan Bahan Bakar Nabati dan peraturan perundangan lain yang berhubungan dengan bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit yang tidak tercantum dalam *Blueprint* Pengembangan Bahan Bakar Nabati 2006-2025.. *Blueprint* ini digunakan sebagai acuan pemerintah dalam menjalankan program pengembangan Bahan Bakar Nabati nasional sampai dengan jangka waktu 2006-2025. Namun, *blueprint* tersebut merupakan pengembangan dari *blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025 yang telah dikeluarkan sejak tahun 2006. Data peraturan perundang-undangan yang digunakan sebagai basis penelitian ini akan dibahas lebih lanjut dalam poin-poin di bawah.

1. *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025

Basis kebijakan *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025 adalah Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006. Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 menargetkan 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. Dengan demikian, *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025 perlu direvisi untuk disesuaikan dengan Peraturan

Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) tersebut. Blueprint PEN disusun oleh Sekretariat Panitia Teknis Sumber Energi (PTE). *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional ini merupakan dokumen yang bersifat dinamis, sehingga akan selalu diperbaharui sesuai dengan perkembangan dan kebutuhan. 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. Hal ini sesuai dengan Sasaran Bauran Energi Primer Nasional 2006-2025.

2. *Blueprint* Pengembangan Bahan Bakar Nabati 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. Ditargetkan pada tahun 2025 pasokan biodiesel mencapai 10,22 juta KL atau setara dengan 20% konsumsi solar nasional dan pasokan Bioethanol mencapai 6,28 juta KL atau setara dengan 15% konsumsi premium nasional.

Dalam *Blueprint* tersebut juga dijabarkan mengenai peraturan perundang-undangan yang berhubungan dan mendukung jalannya program-program yang terdapat dalam *blueprint* tersebut. Peraturan perundang-undangan tersebut terangkum dalam Tabel 3.4.

Tidak semua peraturan perundang-undangan yang dijabarkan pada *blueprint* Pengembangan Bahan Bakar Nabati 2006-2025 dapat dipergunakan sebagai sumber informasi dalam penelitian sistem dinamik ini. Hanya peraturan perundang-undangan yang mempunyai besaran nilai dan teknis pelaksanaan

yang digunakan sebagai sumber informasi yang digunakan dalam model penelitian ini.

Tabel 3.1. Peraturan Perundang-undangan dalam Blueprint Pengembangan Bahan Bakar Nabati 2006-2025

No.	Nama kebijakan	Isi	Data Yang diambil
1	Inpres No 1 Tahun 2006	Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (biofuel) sebagai bahan Bakar Lain	instansi terkait pengembangan BBN
2	Keppres No 10 Tahun 2006	Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan dan Pengangguran	pembentukan Timnas BBN
3	PP No 62 Tahun 2008	Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 1 Tahun 2007 Fasilitas Pajak Penghasilan untuk Penanaman Modal di Bidang-bidang Usaha Tertentu dan/atau di Daerah/daerah tertentu	besar dan lama pengurangan PPh
4	PP No 1 Tahun 2007	Fasilitas Pajak Penghasilan untuk Penanaman Modal di Bidang-bidang Usaha Tertentu dan/atau di Daerah/daerah tertentu	besar dan lama pengurangan PPh
5	PP No 36 Tahun 2004	Kegiatan Usaha Hilir Minyak dan Gas Bumi	teknis kegiatan usaha hilir migas Bahan Bakar Lain
6	PP No 40 Tahun 1996	Hak Guna Usaha, Hak Guna Bangunan dan Hak Pakai Atas Tanah	teknis Hak Guna Usaha
7	Permentan No 33/Permentan/OT.140/7/2006	Pengembangan Perkebunan melalui Program Revitalisasi Perkebunan	teknis program PIR-Bun
8	Kepmen Keuangan No 66/KMK.017/2001	penetapan besarnya tarif pajak ekspor kelapa sawit, CPO, dan produk turunannya	besar tarif pajak ekspor
9	Peraturan Meneg Agraria/Kepala BPN No 2 Tahun 1999	Izin Lokasi	teknis izin lokasi
10	Peraturan Bank Indonesia No 6/12/PBI/2004	Kredit Investasi Pengembangan Perkebunan dengan pola perusahaan inti-Rakyat yang dikaitkan dengan program transmigrasi (PIR-Trans) Pra Konversi	teknis pemberian kredit investasi
11	Keputusan Dirjen Perkebunan No. 135/kpts/RC110/10/2008	Satuan Biaya Maksimum Pengembangan Kebun Peserta program revitalisasi Perkebunan di lahan Kering Tahun 2008-2009	plafon satuan biaya pembukaan lahan plasma

Sumber: *Blueprint Pengembangan Bahan Bakar Nabati 2006-2025*, 2006

3. Instruksi Presiden No 1 Tahun 2006

Dalam peraturan ini, disebutkan mengenai pejabat-pejabat pemerintah yang terlibat dalam penyediaan dan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (BBN) sebagai Bahan Bakar Lain. Pejabat-pejabat tersebut adalah Menteri Koordinator Bidang Perekonomian, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, Menteri Pertanian, Menteri Kehutanan, Menteri Perindustrian, Menteri Perdagangan, Menteri Perhubungan, Menteri Negara Riset dan Teknologi, Menteri Negara Koperasi dan Usaha Kecil Menengah, Menteri Negara Badan Usaha Milk Negara, Menteri Dalam Negeri, Menteri Keuangan, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Gubernur dan Bupati/walikota. Seluruh pejabat-pejabat pemerintah tersebut bertugas di bawah koordinasi Menteri Koordinator Bidang Perekonomian.

4. Keputusan Presiden No. 10 Tahun 2006

Dalam peraturan ini, Presiden membentuk Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati dengan ketua bersama tim pengarah adalah Menteri Koordinator Bidang Perekonomian dan Menteri Koordinator bidang Kesejahteraan Rakyat. Dalam peraturan ini juga berisi tim pelaksana yang menjalankan amanat Pengembangan Bahan Bakar Nabati beserta kelompok-kelompok kerja yang dibentuk.

5. Peraturan Pemerintah No. 62 Tahun 2008 dan Peraturan Pemerintah No 1 Tahun 2007

Regulasi ini mengatur mengenai fasilitas pengurangan Pajak Penghasilan (PPh) untuk penanaman modal di bidang-bidang usaha tertentu dan/atau di daerah-daerah tertentu. Peraturan ini berlaku untuk entitas bisnis biodiesel karena bisnis ini termasuk ke dalam penanaman modal di bidang-bidang usaha tertentu sesuai dengan lampiran dari peraturan tersebut. Bisnis biodiesel termasuk bidang usaha Kelompok Industri Bahan Kimia Industri dengan sub-kelompok Industri Kimia Organik yang bersumber dari hasil pertanian seperti terlihat pada gambar 3.4. Besar pengurangan pajak PPh yang terkait dengan peraturan ini adalah sebesar 30% selama 6 tahun atau sama dengan pengurangan pajak sebesar 5% per tahun selama 6 tahun. Hal ini tercantum dalam Pasal 2 ayat (2) butir (a) pada Peraturan Pemerintah No 1

Tahun 2007. Peraturan perundang-undangan ini adalah pengganti dari peraturan perundang-undangan yang lama untuk fasilitas pengurangan Pajak Penghasilan ini. Peraturan ini menggantikan Peraturan Pemerintah No. 1 Tahun 2007 yang menggantikan Peraturan Pemerintah No. 148 Tahun 2000. Besar pengurangan Pajak Penghasilan untuk seluruh Peraturan tersebut mempunyai nilai yang sama, namun terdapat penambahan bidang-bidang usaha dan daerah-daerah tertentu yang mendapatkan fasilitas pengurangan Pajak Penghasilan dari Peraturan sebelumnya.

6. Peraturan Pemerintah No 36 Tahun 2004

Regulasi ini adalah peraturan yang mengatur tentang kegiatan usaha Hilir Minyak dan Gas Bumi. Regulasi ini digunakan dalam penelitian ini karena dijadikan sebagai basis teknis bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit. Walaupun produk biodiesel bukan merupakan hasil dari Minyak dan Gas Bumi, namun dalam pendistribusiannya menggunakan pola seperti produk hasil olahan Minyak dan Gas Bumi.

7. Peraturan Pemerintah No 34 tahun 2002

Regulasi ini mengatur tentang penggunaan dan pemanfaatan kawasan hutan. Dalam pembukaan lahan perkebunan kelapa sawit, perusahaan perkebunan dapat saja mendapatkan hak dalam membuka hutan yang akan digunakan untuk lahan perkebunan kelapa sawit. Dalam penelitian sistem dinamik keberlanjutan ini, penggunaan kawasan hutan tergantung kepada kelas lahan yang digunakan untuk membuka lahan. Pembukaan kelas lahan tertentu juga akan menentukan produktivitas TBS yang dihasilkan dan analisa dampak lingkungan yang dikeluarkan dari pembukaan lahan tersebut.

NO.	BIDANG USAHA	KBLI (KLASIFIKASI BAKU LAPANGAN USAHA INDONESIA)	CAKUPAN PRODUK
	c. Industri Kertas Industri	21015	*) (Terintegrasi dengan Industri Bubur Kertas)
	f. Industri Kertas Tissue	21016	Kelompok ini mencakup usaha pembuatan kertas rumah tangga (towelling stock, napkins stock, facial tissue, toilet tissue, lens tissue), kertas kapas, kertas sigaret, dan cork tipping paper (Terintegrasi dengan Industri Bubur Kertas) Kayu yang diolah tidak boleh berasal dari hutan alam
9.	Pengilangan Minyak Bumi (Oil Refinery) *)	23201	Pemurnian pengilangan minyak bumi yang menghasilkan gas/LPG, avtur, avigas, naphta, minyak solar, minyak tanah, minyak diesel, minyak bakar, lubricant, waz, solvent/pelarut, residu dan aspal Prioritas untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri
10.	Pembangunan kilang mini gas bumi (Industri Pemurnian dan Pengolahan Gas Bumi)	23202	Kelompok ini mencakup usaha pemurnian dan pengolahan gas bumi menjadi Liquefied Natural Gas (LNG) dan Liquefied Petroleum Gas (LPG)
11.	Kelompok Industri Bahan Kimia Industri		
	a. Industri Kimia Dasar Anorganik Klor dan Alkali	24111	- Industri Garam Industri (Kadar NaCl Minimal 96%) - Natrium Carbonat (Na ₂ CO ₃)
	b. Industri Kimia Dasar Anorganik Lainnya	24114	- White Carbon
	c. Industri Kimia Dasar Organik yang bersumber dari Hasil Pertanian	24115	- Industri Oleokimia (Industri Turunan Fatty Acid, Fatty Alcohol, dan Glycerin) - Industri Bioenergi (Industri Biodiesel, Biooil, dan Bioetanol anhidrat) - Industri Biolube
	d. Industri Kimia Dasar Organik yang bersumber dari Minyak Bumi, Gas Bumi, dan Batubara	24117	- Ethylene, Propylene, dan Butadiene serta yang terintegrasi dengan turunannya - Benzene, Xylene, dan Toluene serta yang terintegrasi dengan turunannya - Ammonia yang terintegrasi dengan Amonium Nitrate atau Asam Nitrate - Caprolactam
	e. Industri Kimia Dasar Organik Lainnya	24119	Modified Diethanol Amine (MDEA)
	f. Industri Karet Buatan	24132	Karet Teknis Buatan
12.	Kelompok Industri Barang-Barang Kimia Lainnya		
	a. Industri Bahan Farmasi	24231	- Senyawa Derivat Statin - Para Amino Fenol - Sefalosporin - Rifampisin

Gambar 3.1. Cuplikan Bidang-bidang Usaha Tertentu yang mendapatkan Fasilitas Pengurangan Pajak Penghasilan

Sumber: Lampiran II, Peraturan Pemerintah No 62 Tahun 2008

8. Peraturan Pemerintah No 40 Tahun 1996

Peraturan ini memuat tentang teknis Hak Guna Usaha, Hak Guna Bangunan dan Hak Pakai Atas Tanah. Peraturan ini digunakan dalam entitas bisnis kelapa sawit yang menggunakan lahan milik negara. Lahan yang digunakan oleh perusahaan kelapa sawit menggunakan status Hak Guna Usaha. Luas minimum tanah yang dapat diberikan Hak Guna Usaha adalah seluas lima hektar. Sedangkan pemberian Hak Guna Usaha yang diberikan kepada Badan Usaha ditetapkan oleh Menteri atau pejabat yang ditunjuk dengan memperhatikan pertimbangan dari pejabat yang berwenang di bidang usaha yang bersangkutan. Hal ini tercantum dalam Pasal 5 ayat (1) dan (3) pada peraturan pemerintah tersebut.

9. Peraturan Menteri Pertanian RI No. 33/Permentan/OT.140/7/2006

Peraturan ini menjelaskan mengenai mekanisme pola kerjasama perusahaan dengan petani melalui program Revitalisasi Perkebunan. Program ini berlaku untuk entitas bisnis kelapa sawit karena dalam pasal 1 disebutkan mengenai tanaman perkebunan yang masuk ke dalam program revitalisasi perkebunan ini salah satunya adalah tanaman kelapa sawit. Sesuai dengan Pasal 17 ayat (1), disebutkan bahwa luas lahan untuk setiap petani maksimal sebanyak empat hektar. Dalam ayat (3) pada pasal yang sama, disebutkan bahwa tanah yang akan digunakan untuk pengolahan tanaman akan menjadi hak milik petani. Di dalam Bab VI, dijelaskan mengenai mekanisme pembiayaan pengembangan perkebunan. Biaya pengembangan perkebunan yang dimiliki oleh perusahaan menjadi beban perusahaan itu sendiri, sedangkan biaya pengembangan perkebunan untuk petani menggunakan skema pembiayaan Kredit Program Revitalisasi Perkebunan. Skema pembiayaan kredit Program revitalisasi Perkebunan adalah sebagai berikut.

- a. Kredit program revitalisasi perkebunan diberikan dan dikelola oleh perusahaan mitra setelah disetujui oleh Bank (Pasal 20 Ayat (1))
- b. Kredit tersebut dialihkan kepada petani peserta setelah tanaman dinilai layak secara teknis (Pasal 20 ayat (2))
- c. Biaya pengembangan perkebunan mulai dari tahap pengembangan sampai dengan penyerahan kebun kepada petani jumlahnya mengacu kepada

plafon satuan biaya yang ditetapkan setiap tahunnya oleh Direktur Jenderal Perkebunan (Pasal 22 Ayat (1) butir (a))

- d. Satuan biaya tersebut, didalamnya jasa manajemen sebesar 5 persen yang diberikan kepada mitra usaha (Pasal 22 Ayat (1) butir (b)).
- e. Realisasi satuan biaya merupakan hasil kesepakatan antara bank dengan mitra usaha/koperasi dan/atau Petani peserta dan jumlahnya tidak melampaui plafon satuan biaya yang ditetapkan oleh Direktur Jenderal Perkebunan. (Pasal 22 Ayat (2))
- f. Petani dibebani bunga sebesar 10 persen selama masa pengembangan perkebunan yaitu maksimal 5 (lima) tahun untuk kelapa sawit (Pasal 22 Ayat (3))
- g. Selisih bunga komersial dengan bunga yang dibebankan kepada Petani peserta selama masa pengembangan perkebunan menjadi beban pemerintah sebagai subsidi bunga, dan setelah masa pengembangan perkebunan petani peserta dibebani bunga komersial. (Pasal 22 Ayat (3))
- h. Kebun dialihkan kepada Petani peserta pada saat tanaman mencapai umur menghasilkan sesuai jenis tanaman dan memenuhi standar teknis (Pasal 23 Ayat (1))
- i. Pengembalian kredit dilakukan oleh petani peserta setelah kebun dialihkan kepada petani peserta, paling lambat mulai tahun ke 6 (enam) sampai dengan tahun ke 13 (tiga belas) untuk kelapa sawit (Pasal 28 Ayat (2))
- j. Pengembangan perkebunan dengan Pola Kemitraan (Inti-Plasma) yang telah ada sebelum ditetapkan peraturan ini yang tanamannya belum menghasilkan sampai tahun pertama (TBM 1), dapat dipertimbangkan untuk mengikuti Program Revitalisasi Perkebunan (Pasal 29)

10. Keputusan Menteri Keuangan No. 66/KMK.017/2001

Regulasi ini menjelaskan mengenai penetapan besar tarif pajak ekspor Kelapa Sawit, MKS (CPO) dan turunannya. Sesuai dengan pasal 2 ayat (1), maka perhitungan besar tarif pajak ekspor adalah:

$$\text{Pajak Ekspor} = \text{Tarip Pajak Ekspor} \times \text{Harga Patokan Ekspor (HPE)} \times \text{Jumlah Satuan Barang} \times \text{Kurs}$$

11. Peraturan Bank Indonesia No. 6/12/PBI/2004

Regulasi ini mengatur mengenai kredit investasi pengembangan perkebunan dengan pola perusahaan inti rakyat yang dikaitkan dengan program transmigrasi (PIR-TRANS) pra konversi. Pada dasarnya, pola kredit investasi pada peraturan ini mempunyai pola yang sama dengan Peraturan Menteri Pertanian RI No. 33/Permentan/OT.140/7/2006 yang telah disebutkan di atas sebelumnya. Peraturan yang dikeluarkan oleh Menteri Pertanian juga mencakup pola yang terdapat pada peraturan Bank Indonesia. Namun, pada peraturan yang dikeluarkan oleh Bank Indonesia, lebih menekankan pada pola peminjaman oleh bank di Indonesia.

12. Keputusan Direktur Jenderal Perkebunan No 135/Kpts/RC.110/10/2008

Regulasi ini mengatur mengenai satuan Biaya Maksimum untuk program pembangunan Kebun peserta program revitalisasi perkebunan di lahan kering. Selain itu, regulasi ini juga mengatur mengenai satuan biaya peremajaan kelapa sawit.

Tabel 3.2. Plafon Biaya Satuan per Hektar Pembukaan Lahan

No.	Kegiatan	Biaya per Hektar
1	P0 Pembukaan Lahan dan penanaman - tenaga kerja - infrastruktur - bahan dan alat - manajemen fee 5% sertifikasi lahan	Rp. 14.093.000
2	P1 Pemeliharaan Tahun pertama - tenaga kerja - bahan dan alat - manajemen fee 5%	Rp. 8.219.000
3	P2 Pemeliharaan Tahun Kedua - tenaga kerja - bahan dan alat - manajemen fee 5%	Rp. 8.003.000
4	P2 Pemeliharaan Tahun Kedua - tenaga kerja - bahan dan alat - manajemen fee 5%	Rp. 8.709.000
Jumlah P0+P1+P2+P3		Rp. 39.024.000

Sumber: Keputusan Dirjen Perkebunan No 135/Kpts/RC.110/10/2008

Tabel 3.3. Plafon Biaya Satuan per Hektar Peremajaan Lahan

No.	Kegiatan	Biaya per Hektar
1	P0 Pembukaan Lahan dan penanaman - tenaga kerja - infrastruktur - bahan dan alat -manajemen fee 5% sertifikasi lahan	Rp. 13.136.000
2	P1 Pemeliharaan Tahun pertama - tenaga kerja - bahan dan alat -manajemen fee 5%	Rp. 7.610.000
3	P2 Pemeliharaan Tahun Kedua - tenaga kerja - bahan dan alat -manajemen fee 5%	Rp. 8.003.000
4	P2 Pemeliharaan Tahun Kedua - tenaga kerja - bahan dan alat -manajemen fee 5%	Rp. 8.709.000
Jumlah P0+P1+P2+P3		Rp. 37.458.000

Sumber: Keputusan Dirjen Perkebunan No 135/Kpts/RC.110/10/2008

3.1.2 Data Indikator Keberlanjutan

Data mengenai indikator keberlanjutan yang digunakan mengacu pada buku *The Sustainability Handbook*. Buku tersebut menyajikan metrik kinerja keberlanjutan pada skala korporat yang disertai dengan rasio metriknya. Khusus untuk indikator keberlanjutan lingkungan maka analisa dampak lingkungan berdasarkan konsep Life cycle Analysis (LCA). Tabel 3.8 berikut adalah indikator-indikator yang digunakan dalam menilai keberlanjutan bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit di Indonesia.

Tabel 3.4. Data Indikator Sosial

No	INDIKATOR KEBERLANJUTAN	UNIT
1	Persentase Biaya Sosial terhadap investasi	%
2	Persentase Biaya Sosial terhadap biaya produksi	Yr
3	Jumlah Tenaga Kerja	Orang
4	total lahan plasma	Ha
5	total KK petani plasma	KK
6	total penghasilan plasma per KK	Rp/KK
7	Total Kredit Plasma per KK	Rp/KK

Sumber: William R. Blackburn, 2008

Tabel 3.5. Data Indikator Ekonomi

No	INDIKATOR KEBERLANJUTAN	UNIT
1	NPV Perusahaan	Rp
2	persentase total pajak terhadap total pendapatan	%
3	Persentase penjualan per pekerja	Rp/Orang
4	Persentase penjualan per luas lahan	Rp/Ha
5	Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi	%

Sumber: William R. Blackburn, 2008

3.2 Data Numerikal

Data numerikal yang digunakan dalam penelitian sistem dinamik keberlanjutan ini adalah data produksi, data ekonomi dan data dampak lingkungan. Penjelasan mengenai ketiga data tersebut akan dijabarkan pada bagian di bawah.

3.2.1 Data Produksi

Data produksi yang digunakan adalah mengenai kelas lahan, produktivitas TBS (FFB) untuk masing-masing kelas lahan, rendemen produksi dan kapasitas produksi terpasang. Seluruh data produksi yang digunakan dalam perhitungan diambil dari buku Panduan Lengkap Kelapa Sawit. Berikut adalah rinciannya.

1. Kelas Lahan

Terdapat empat tipe kelas lahan yang terdapat di Indonesia yang dapat digunakan sebagai media tumbuh kelapa sawit. Makin tinggi nomor lahan, maka makin rendah kualitas lahan tersebut sehingga makin sedikit produktivitas TBS (FFB) yang dihasilkan. Makin rendah nomor lahan maka makin tinggi kualitas lahan tersebut, namun dampak lingkungan yang dihasilkan akan lebih besar jika menggunakan lahan tersebut. Kelas lahan empat merupakan lahan degradasi yang mempunyai kemiringan lereng dan kesuburan yang rendah.

2. Data produktivitas TBS (FFB) tiap kelas Lahan

Produktivitas TBS (FFB) yang dihasilkan untuk setiap hektar lahan yang digunakan mempunyai hasil yang berbeda-beda tergantung kelas lahan yang ditanami. Dari tabel 3.9 terlihat bahwa produktivitas kelas lahan 1 mempunyai produktivitas TBS (FFB) per ton paling banyak dibandingkan dengan kelas lahan lainnya. Sedangkan produktivitas kelas lahan 4

mempunyai produktivitas TBS (FFB) per ton paling sedikit dibandingkan dengan kelas lahan lainnya.

Tabel 3.6. Produktivitas Kelas Lahan per Ton TBS (FFB)

Tahun	KELAS LAHAN			
	I	II	III	IV
Tahun 1	0	0	0	0
Tahun 2	0	0	0	0
Tahun 3	9	7.5	6	5
Tahun 4	17	15	13	10
Tahun 5	21	18.5	16	14
Tahun 6	25	22.5	19	16
Tahun 7	28	25	23	18.5
Tahun 8	30	28	25	21.5
Tahun 9	30	28	25	21.5
Tahun 10	30	28	25	21.5
Tahun 11	30	28	25	21.5
Tahun 12	30	28	25	21.5
Tahun 13	30	28	25	21.5
Tahun 14	27	25	22.5	20.5
Tahun 15	27	25	22.5	20.5
Tahun 16	25	24	21.5	20
Tahun 17	25	24	21.5	20
Tahun 18	24	22.5	20	19
Tahun 19	24	22.5	20	19
Tahun 20	22	21	18.5	18
Tahun 21	22	21	18.5	18
Tahun 22	20	18.5	17.5	16
Tahun 23	20	18.5	17.5	16
Tahun 24	18	17.5	16.5	14.5
Tahun 25	18	17.5	16.5	14.5

Sumber: Syukur dan Lubis, 2006

3. Rendemen Produksi

Terdapat empat rendemen produksi yang digunakan dalam penelitian sistem dinamik keberlanjutan ini. Nilai rendemen produksi tersebut tersaji dalam tabel 3.10.

Tabel 3.7. Rendemen Produksi

No	Rendemen produksi	nilai rendemen
1	TBS -CPO	0.21
2	CPO-KPO	0.24
3	CPO-Biodiesel	0.8
4	Biodiesel-Gliserin	0.11

Sumber: Syukur dan Lubis, 2006

3.2.2 Data Ekonomi

Dengan melibatkan dua entitas bisnis yang berbeda, maka terdapat dua data ekonomi yang berbeda pula yaitu data ekonomi untuk entitas bisnis kelapa sawit dan data ekonomi untuk entitas bisnis biodiesel. Selain itu terdapat satu data ekonomi berupa plafon biaya satuan pembukaan lahan yang ditetapkan oleh pemerintah yang sudah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya.

3.2.2.1 Data Ekonomi Kelapa Sawit

Dalam data ekonomi kelapa sawit, terdapat data yang berubah tiap tahun dengan konstan dan terdapat data yang mempunyai nilai yang berbeda tiap tahunnya. Data yang berubah tiap tahun dengan konstan hanya dipengaruhi oleh tingkat inflasi sehingga data tersebut naik eksponensial secara konstan. Namun data yang mempunyai nilai yang berbeda tiap tahunnya juga mengalami inflasi tergantung kapan menggunakan data tersebut. Dalam penjabaran data-data ekonomi tersebut, struktur pembagian data ekonomi kelapa sawit adalah sebagai berikut:

1. Data Investasi Kelapa Sawit

Data investasi adalah data biaya yang digunakan dalam investasi kelapa sawit. Data tersebut adalah biaya modal kerja operasi (*operating Capital Expenditure*), biaya pembangunan pabrik dan jembatan, biaya kompensasi tanah, biaya sertifikasi RSPO, biaya *Indirect General Charge Nucleus*, dan biaya pengembangan lahan belum menghasilkan (*Immature Development Cost*).

Untuk biaya *operating Capex*, pembangunan jembatan dan pabrik menggunakan data baseline biaya untuk pembukaan lahan seluas 10,000 hektar. Jika lahan yang dibuka pada simulasi yang dilakukan berbeda dengan baseline tersebut maka biaya tersebut akan menggunakan *seven-tenth rules*, yaitu dipangkatkan dengan nilai tujuh per sepuluh.

Selain mengeluarkan biaya, saat melakukan investasi, perusahaan kelapa sawit juga mendapatkan pemasukan berupa *management fee* yang

didapat dari pembukaan lahan plasma sebesar 5% total biaya pembukaan lahan plasma.

Tabel 3.8. Biaya Investasi Kelapa Sawit

No	Investasi	Masa Depresiasi	Satuan	Nilai	
1	<i>Operating Capex</i>	15 tahun	Rp/10,000 Ha	48,827,600,000.00	
2	Jembatan	50 tahun	Rp/10,000 Ha	4,036,000,000.00	
3	Pabrik	50 tahun	Rp/10,000 Ha	70,400,000,000.00	
4	<i>Land Compensation</i>	35 tahun	USD/Ha	289.00	
5	Sertifikasi RSPO	5 Tahun	USD/Ha	20.00	
6	Indirect General Charge Nucleus	22 tahun	USD/Ha	16.00	
7	Immature Development Cost	22 tahun	Tahun 0	Rp/ha	10,034,217.50
			Tahun 1	Rp/ha	3,468,154.41
			Tahun 2	Rp/ha	3,424,808.50
			Tahun 3	Rp/ha	4,697,328.10

Sumber: Syukur dan Lubis, 2006

2. Data Biaya produksi Kelapa Sawit

Biaya produksi yang berlaku di bisnis kelapa sawit yaitu biaya nucleus Mature, biaya pengumpulan dan Transportasi TBS (FFB), biaya transportasi ke Mill eksternal, biaya pemrosesan MKS (CPO), biaya panen dan biaya operasional perkebunan. Untuk empat biaya produksi yang disebutkan pertama, mempunyai nilai konstan dan hanya dipengaruhi oleh inflasi yang tersaji dalam tabel 3.12. Sedangkan suatu biaya produksi terakhir mempunyai nilai berbeda-beda tergantung umur tanaman kelapa sawit yang tersaji dalam tabel 3.13.

Tabel 3.9. Biaya Produksi (konstan)

No	Biaya produksi	Satuan	Nilai
1	Biaya Nukleus Mature	USD/Ha	15.00
2	Biaya Pengumpulan dan Transportasi TBS	USD/ton	12.00
3	Biaya transportasi ke mill eksternal	USD/ton	28.00
4	Biaya Pemrosesan CPO	USD/ton	12.00

Sumber: Syukur dan Lubis, 2006

3. Data biaya plasma

Data yang dikeluarkan oleh perusahaan kelapa sawit (yang juga disebut sebagai perusahaan inti) untuk petani plasma disebut dengan *direct general charge*. Biaya ini terbagi menjadi dua yaitu saat tanaman belum

menghasilkan dan saat tanaman menghasilkan yang disebut dengan *direct general charge plasma immature* dan *direct general charge plasma immature*. Biaya saat tanaman belum menghasilkan dan tanaman menghasilkan berturut-turut adalah US\$ 17 per hektar dan US\$ 13 per hektar.

Tabel 3.10. Biaya operasional perkebunan

Tahun	Biaya Operasional Perkebunan (Rp/ha)	Biaya Panen (Rp/Ha)
4	3,240,130.64	60500
5	3,240,130.64	60500
6	3,240,130.64	60500
7	3,240,130.64	60500
8	3,281,937.04	49500
9	3,281,937.04	49500
10	3,281,937.04	49500
11	3,281,937.04	49500
12	3,281,937.04	49500
13	3,281,937.04	49500
14	3,281,937.04	49500
15	3,228,747.44	59500
16	3,228,747.44	59500
17	3,228,747.44	59500
18	3,228,747.44	59500
19	3,228,747.44	59500
20	3,228,747.44	59500
21	3,228,747.44	59500
22	3,228,747.44	59500
23	3,228,747.44	59500
24	3,228,747.44	59500
25	3,228,747.44	59500

Sumber: Syukur dan Lubis, 2006

3.2.2.2 Data Ekonomi Biodiesel

Seperti halnya pada data ekonomi kelapa sawit, data ekonomi biodiesel juga menggunakan pola pembagian yang sama namun tanpa biaya plasma karena data tersebut hanya berlaku untuk perusahaan kelapa sawit.

1. Data Investasi Biodiesel

Data investasi yang digunakan dalam keekonomian biodiesel adalah investasi lahan, pengeluaran pra-poryek, pengolahan air, *loading arm*, *power plant*, pabrik dan modal kerja.

Tabel 3.11. Biaya Investasi Biodiesel

Investasi	Masa Depresiasi	Satuan	Nilai
Lahan	10 tahun	Rp	2,760,000,000.00
Pengeluaran pra-proyek	10 tahun	Rp	3,413,200,000.00
Pengolahan air	10 tahun	Rp	920,000,000.00
Loading arm	10 tahun	Rp	11,040,000,000.00
Power plant	10 tahun	Rp	15,927,406,961.00
Pabrik	10 tahun	Rp	147,200,000,000.00

Sumber: Departemen Pertanian RI, 2009

2. Data Produksi

Unsur biaya yang digunakan dalam operasional produksi biodiesel dapat terlihat dalam tabel 3.16.

Tabel 3.12. Biaya Produksi Biodiesel

No	Biaya produksi	Satuan	Nilai
1	Biaya Bahan Baku	Rp/ton	4,778,180.00
2	Biaya utilisasi dan Konsumsi	Rp/ton	192,868.00
3	Biaya Tenaga Kerja	Rp/60,000 ton	4,600,000,000.00
4	Pengawasan dan over head	Rp/60,000 ton	2,300,000,000.00
5	Perawatan	Rp/60,000 ton	529,759,000.00
6	Asuransi	Rp/60,000 ton	3,680,000,000.00
7	Lab/Quality control	Rp/60,000 ton	2,208,000,000.00
8	Biaya pemasaran	Rp/60,000 ton	1,380,000,000.00
9	Lain-lain	Rp/60,000 ton	1,840,000,000.00

Sumber: Departemen Pertanian RI, 2009

3.2.3 Data LCA

Berikut adalah data-data LCA yang digunakan sebagai perhitungan untuk indikator lingkungan.

Tabel 3.13. Data LCA

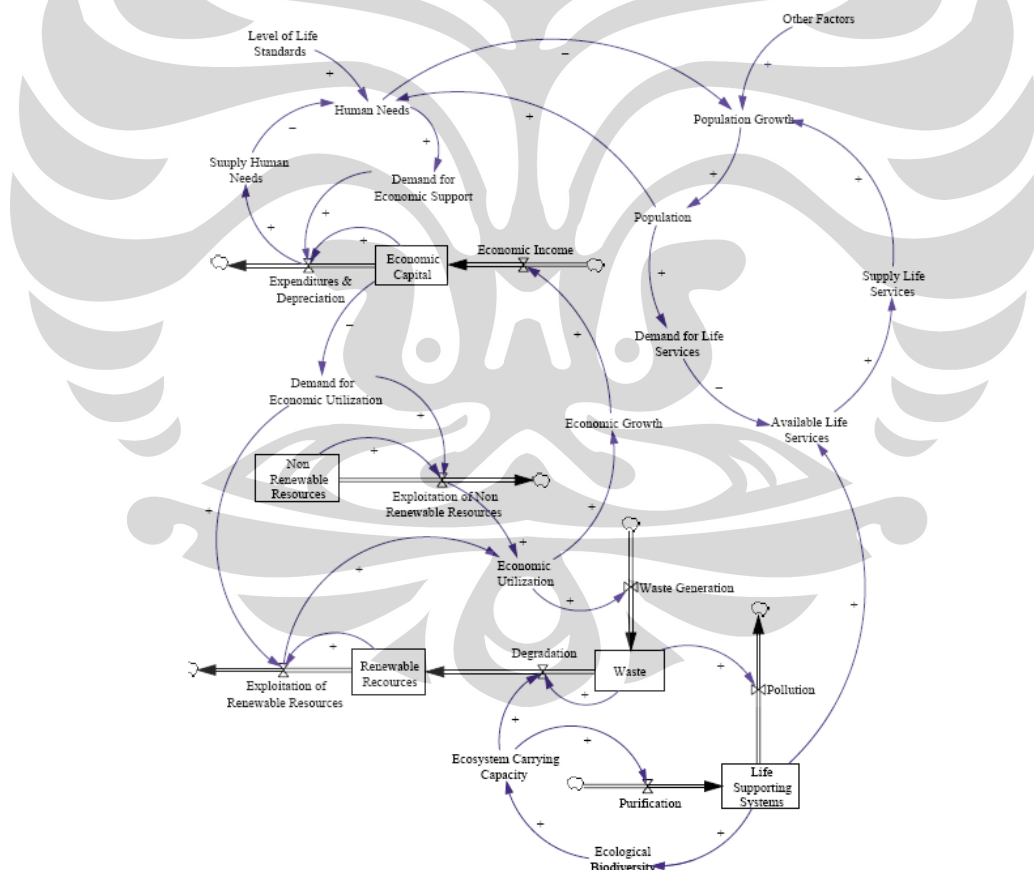
NO	AKTIVITAS	SATUAN	NILAI LCA (yr)
1	Pembukaan lahan	per Ha	5.23161E-08
2	Operasional TBM	per Ha	4.57187E-10
3	PKS	per 1 ton MKS	5.0606E-12
4	Biodiesel	per 1 ton Biodiesel	5.89E-12

Sumber: Jeroen B. Guinee, 2002 (diolah)

3.3 Data Mental

Data mental yang digunakan dalam penelitian kali ini berasal dari responden dengan wawancara dan pengembangan dari referensi jurnal yang

didapat. Wawancara digunakan sebagai teknik untuk mendapatkan data mental tersebut. Wawancara dilakukan kepada responden yang melakukan bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit ini, baik dari sisi yang menjalankan bisnis maupun dari sisi pembuat kebijakan. Hasil wawancara tersebut akan diterjemahkan ke dalam diagram sebab-akibat yang kemudian akan diterjemahkan ke dalam diagram stok-alir. Data mental diambil dari referensi jurnal yang berhubungan dengan penggunaan sistem dinamik dalam keberlanjutan yang menyebutkan bahwa keberlanjutan dilihat dari sisi proses berkelanjutan yang didefinisikan bukan hanya menggunakan tujuan yang tetap atau pengertian tertentu untuk mencapai keberlanjutan tersebut. Penggunaan sistem dinamik dalam isu keberlanjutan dianggap sebagai metodologi yang tepat karena dapat mensimulasikan sistem secara keseluruhan⁵⁸.



Gambar 3.2. Data Mental Diagram Sebab-Akibat

Sumber: Peder Hjorth dan Ali Bagheri, 2006

⁵⁸ Hjorth, Peder dan Bagheri, Ali, Navigating Toward Sustainability Development: A System Dynamic Approach, *future* vol. 74-92, 2006, Hal 74

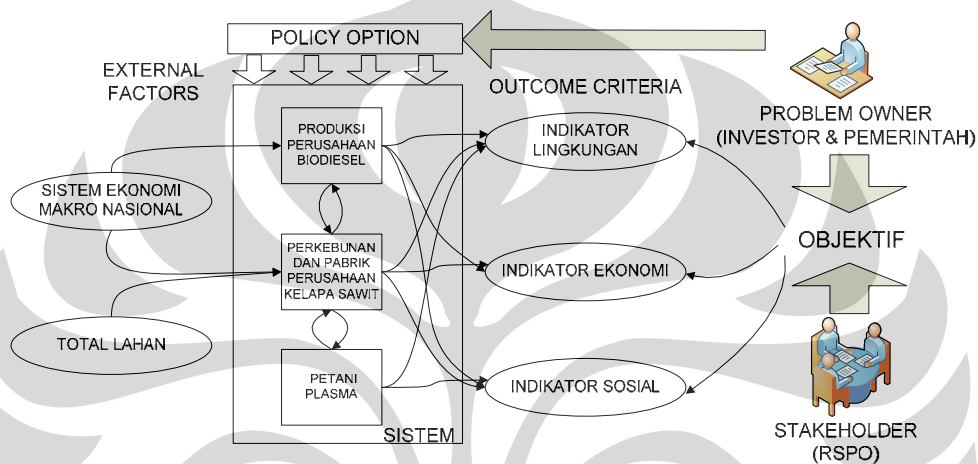
BAB 4

PENGOLAHAN DATA

4.1 Perancangan Model Simulasi Dinamis

4.1.1 Diagram Sistem

Untuk mengetahui sistem penelitian secara keseluruhan maka perlu dibuat suatu diagram sistem yang memperlihatkan sistem pemodelan secara keseluruhan.



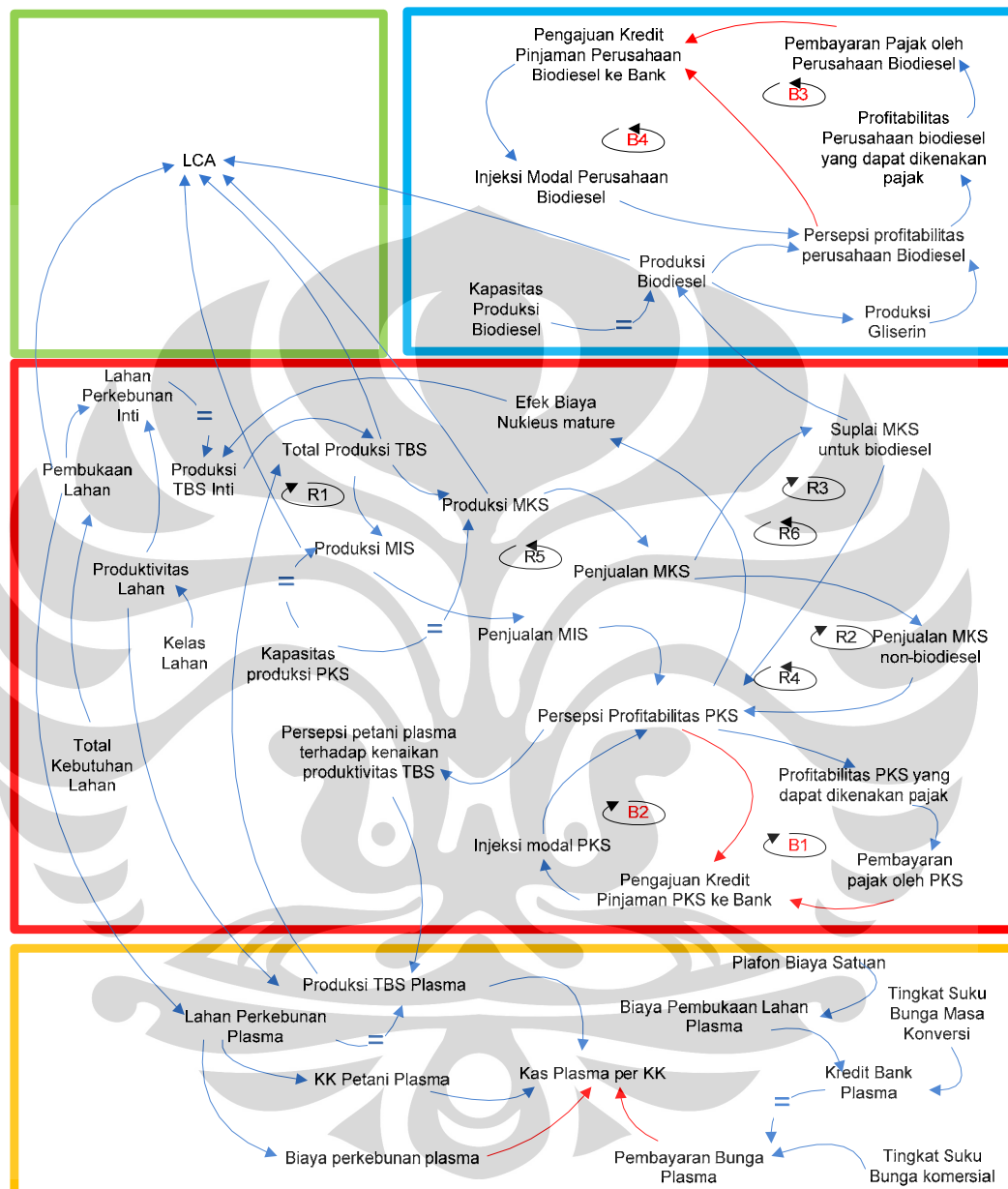
Gambar 4.1. Diagram Sistem Penelitian

Dari diagram 4.1, dapat terlihat bahwa yang mempunyai peranan dalam perancangan model ini adalah investor dan pemerintah sebagai pemilik masalah dan RSPO sebagai *stakeholder*. *Stakeholder* dalam diagram ini berperan dalam menentukan kriteria keluaran yang diinginkan. Sub model yang digunakan sesuai dengan cakupan penelitian yang terdiri dari entitas perusahaan kelapa sawi, perusahaan biodiesel dan petani plasma. Sistem pemodelan ini dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal sistem ekonomi makro nasional dan total lahan yang tidak dapat dipengaruhi oleh investor dan pemerintah. Opsi kebijakan yang digunakan berupa parameter-parameter yang dapat digunakan sebagai tolak ukur keberpengaruhan parameter-parameter tersebut.

4.1.2 Diagram Sebab-akibat

Setelah mengetahui sistem pemodelan yang akan diteliti maka tahap selanjutnya adalah pembuatan diagram sebab-akibat untuk mengetahui sistem

berfikir dari sistem secara keseluruhan. Berdasarkan sub-model yang terdapat dalam diagram sistem Gambar 4.1, maka dapat digambarkan diagram sebab-akibat secara keseluruhan dalam causal loop berikut pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Diagram Sebab-Akibat Sistem

Dalam diagram di atas (Gambar 4.2), terlihat bahwa diagram tersebut dibagi menjadi empat sub model utama, yaitu sub-model perusahaan kelapa sawit (kotak merah), sub-model petani plasma (kotak jingga), sub-model perusahaan biodiesel (kotak biru) dan sub model lingkungan (kotak hijau).

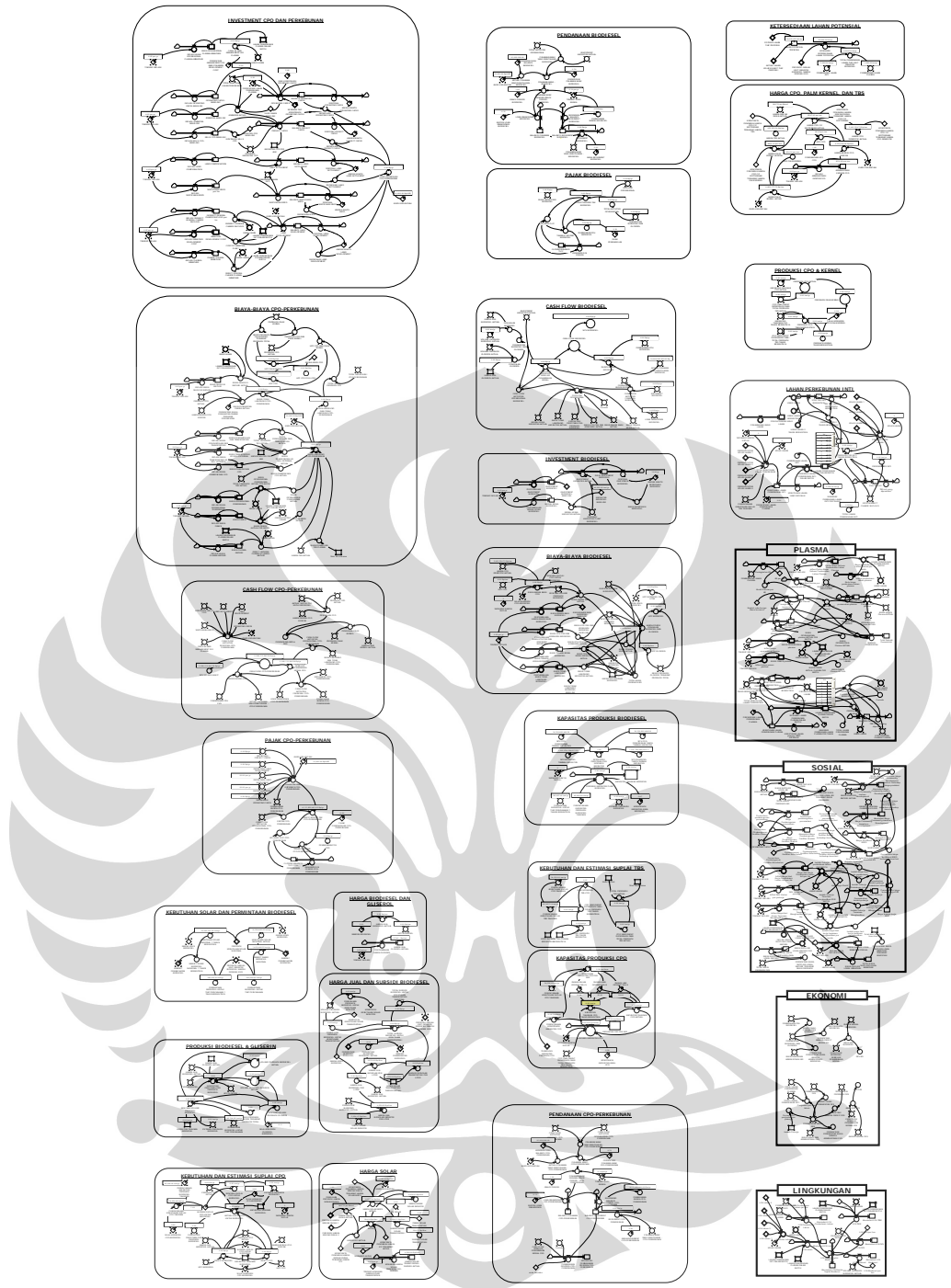
Dalam diagram tersebut, terlihat bahwa seluruh sistem digerakkan oleh total kebutuhan lahan. Selain sebagai penggerak, total kebutuhan lahan dianggap sebagai batasan sistem dalam pembukaan lahan baik lahan plasma maupun lahan inti. Untuk menghasilkan produksi TBS (FFB), dari mulai pembukaan lahan terdapat delay sampai dengan lahan tersebut dapat menghasilkan TBS (FFB) atau Tandan Buah Segar. Dengan produksi TBS (FFB) akan meningkatkan persepsi profitabilitas Pabrik Kelapa Sawit, dengan meningkatnya persepsi profitabilitas maka akan menurunkan pengajuan kredit pinjaman perusahaan kelapa sawit ke Bank. Persepsi profitabilitas juga akan meningkatkan persepsi petani plasma terhadap kenaikan produktivitas TBS (FFB) milik petani dan persepsi pekerja terhadap kenaikan produktivitas TBS (FFB) milik perusahaan kelapa sawit. Produksi MKS (CPO) yang dihasilkan oleh perusahaan kelapa sawit akan digunakan oleh perusahaan biodiesel sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Kapasitas produksi MKS (CPO) dan kapasitas produksi Biodiesel dianggap sebagai batasan sistem aspek ekonomi.

Sub-model petani plasma dianggap sebagai aspek sosial dalam keberlanjutan sistem bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit. Dalam mekanisme petani plasma, kredit bank plasma dibayarkan setelah masa konversi tanaman kelapa sawit menjadi tanaman menghasilkan selesai. Oleh sebab itu, terdapat delay dalam pembayaran bunga plasma dari kredit bank plasma yang harus dibayarkan oleh petani plasma.

Aspek lingkungan dipengaruhi oleh aktivitas perkebunan dan aktivitas produksi pabrik kelapa sawit dan biodiesel. Untuk mengetahui indikator lingkungan maka digunakan konsep LCA untuk mengkalkulasikan nilai indikator lingkungan.

4.1.3 Diagram Alir (*Stock and Flow Diagram*)

Dari diagram sebab-akibat Gambar 4.2 akan dijabarkan menjadi diagram alir dan stok yang merupakan model penyederhanaan sistem nyata. Pembagian diagram alir dibagi sesuai dengan diagram sistem sebelumnya yaitu aspek ekonomi, aspek lingkungan, aspek sosial ekonomi perusahaan dan aspek petani plasma. Gambar 4.3 menunjukkan diagram alir penelitian.



Gambar 4.3. Diagram Alir (*Stock and Flow Diagram*)

4.2 Pengujian Model

Dalam perancangan model baik model simulasi kontinu maupun diskrit, harus dilakukan proses pengujian model yang terdiri dari langkah yaitu, verifikasi model dan validasi model.

4.2.1 Verifikasi Model

Verifikasi model dalam penelitian ini akan dilihat mengenai konsistensi dimensi dan unit korektif yang digunakan dalam perancangan model simulasi dinamis. Melalui program Powersim, setiap pembuatan syntax pada program tersebut akan memastikan bahwa tidak terdapat penulisan ataupun kode pemrograman yang tidak dapat terbaca oleh program tersebut. Dalam pemrograman di Powersim, jika terdapat tanda berupa tanda pagar (#) maupun tanda tanya (?) menandakan bahwa terdapat kesalahan dalam pemrograman. Dengan tidak adanya tanda-tanda yang keluar tersebut, dapat dipastikan bahwa program dapat berjalan dengan baik dan benar dan terverifikasi dengan baik dan benar.

4.2.2 Validasi Model

Terdapat banyak cara yang dapat dilakukan dalam melakukan validasi model. Berikut adalah cara-cara yang diambil dalam memvalidasi model pada penelitian ini.

4.2.2.1 Kecukupan Batasan

Dalam membuat sebuah model, menentukan batasan masalah yang dianggap internal atau endogenous merupakan langkah yang sangat krusial. Pada tahap perancangan model sebab-akibat telah dibahas mengenai diagram sebab-akibat dari model dinamis yang dibuat dalam penelitian ini. Melalui tujuan penelitian, dapat diketahui bahwa tujuan dari pembuatan model ini adalah untuk mengetahui variabel-variabel dalam sistem bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit yang dapat menjadi indikator keberlanjutan. Sistem bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit yang dimaksud dibatasi hanya mempunyai satu rantai suplai yang terdiri dari satu perusahaan kelapa sawit dengan perkebunannya dan satu perusahaan biodiesel. Sistem pemodelan ini dibangun dari pemodelan aliran proses material dalam bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit. Faktor peraturan perundang-undangan juga dimasukkan dalam model ini untuk mengetahui efek yang ditimbulkan dari peraturan tersebut.

4.2.2.2 Penilaian Struktur

Dengan menggunakan dasar aliran proses material dalam bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit maka dapat dikatakan bahwa model yang dibangun sudah memiliki struktur yang relevan dengan sistem bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit.

4.2.2.3 Kondisi Ekstrim Nol

Validasi menggunakan kondisi ekstrim nol digunakan digunakan untuk mengetahui perilaku dari sistem apakah akan sesuai dengan kenyataan atau tidak. Validasi dengan menggunakan kondisi ekstrim nol diberlakukan pada tiga nilai variabel yaitu nilai konversi TBS-MKS, nilai konversi MIS (KPO) dan tingkat pembebasan lahan per tahun. Analisis kondisi ekstrim pertama akan dilakukan pada nilai konversi TBS-MKS menjadi 0.

Tabel 4.1. Pendapatan MKS (CPO) dan MIS (KPO) saat Konversi TBS-MKS menjadi nol

Time	PENDAPATAN CPO DAN PALM KERNEL (Rp/yr)
Jan 01, 2006	0.00
Jan 01, 2007	0.00
Jan 01, 2008	0.00
Jan 01, 2009	0.00
Jan 01, 2010	0.00
Jan 01, 2011	0.00
Jan 01, 2012	0.00
Jan 01, 2013	0.00
Jan 01, 2014	0.00
Jan 01, 2015	0.00
Jan 01, 2016	0.00
Jan 01, 2017	0.00
Jan 01, 2018	0.00
Jan 01, 2019	0.00
Jan 01, 2020	0.00
Jan 01, 2021	0.00
Jan 01, 2022	0.00
Jan 01, 2023	0.00
Jan 01, 2024	0.00
Jan 01, 2025	0.00

Dalam tabel 4.1, dapat terlihat bahwa dengan dengan konversi TBS-MKS (CPO) menjadi 0 maka pendapatan dari hasil penjualan MKS (CPO) dan MIS (KPO) juga turun menjadi 0. Hal ini sesuai dengan nalar berfikir secara normal

bahwa saat nilai konversi menjadi nol maka tidak terdapat TBS (FFB) yang dapat diolah menjadi MKS (CPO).

Kondisi ekstrim nol selanjutnya yang dilakukan pada nilai konversi MIS (KPO). Berikut adalah tabel yang berhubungan dengan kondisi tersebut.

Tabel 4.2. Produksi dan penjualan MIS (KPO) saat Konversi MIS (KPO) menjadi nol

Time	PRODUKSI PALM KERNEL (ton/yr)	PENJUALAN PALM KERNEL (Rp/yr)
Jan 01, 2006	0.00	0.00
Jan 01, 2007	0.00	0.00
Jan 01, 2008	0.00	0.00
Jan 01, 2009	0.00	0.00
Jan 01, 2010	0.00	0.00
Jan 01, 2011	0.00	0.00
Jan 01, 2012	0.00	0.00
Jan 01, 2013	0.00	0.00
Jan 01, 2014	0.00	0.00
Jan 01, 2015	0.00	0.00
Jan 01, 2016	0.00	0.00
Jan 01, 2017	0.00	0.00
Jan 01, 2018	0.00	0.00
Jan 01, 2019	0.00	0.00
Jan 01, 2020	0.00	0.00
Jan 01, 2021	0.00	0.00
Jan 01, 2022	0.00	0.00
Jan 01, 2023	0.00	0.00
Jan 01, 2024	0.00	0.00
Jan 01, 2025	0.00	0.00

Saat nilai konversi MIS (KPO) diubah menjadi nol maka produksi MIS (KPO) juga berubah menjadi nol. Begitu pula berlaku pada penjualan MIS (KPO) yang berubah menjadi nol. Hal ini sesuai dengan nalar bahwa saat produksi berubah menjadi nol maka tidak terdapat MIS (KPO) yang dapat dijual.

Kondisi ekstrim nol terakhir yaitu pada pembebasan lahan ini yang diturunkan menjadi nol. Berikut adalah tabel yang berhubungan dengan keadaan tersebut.

Saat kondisi pembebasan lahan diubah menjadi nol maka tidak ada TBS (FFB) yang dapat diproduksi. Dengan tidak adanya TBS (FFB) yang diproduksi maka tidak ada MKS (CPO) dan MIS (KPO) yang diproduksi. Dengan begitu pendapatan dari penjualan MKS (CPO) dan MIS (KPO) juga berubah menjadi nol.

Dengan melihat hasil dari beberapa kondisi ekstrim nol tersebut, maka dapat dikatakan bahwa model yang dirancang telah valid sesuai dengan penalaran secara normal.

Tabel 4.3. Produksi TBS (FFB) dan Pendapatan MKS (CPO) dan MIS (KPO) saat Pembebasan lahan Menjadi Nol

Time	TOTAL PRODUKSI TBS AKTUAL (ton/yr)	PENDAPATAN CPO DAN PALM KERNEL (Rp/yr)
Jan 01, 2006	0.00	0.00
Jan 01, 2007	0.00	0.00
Jan 01, 2008	0.00	0.00
Jan 01, 2009	0.00	0.00
Jan 01, 2010	0.00	0.00
Jan 01, 2011	0.00	0.00
Jan 01, 2012	0.00	0.00
Jan 01, 2013	0.00	0.00
Jan 01, 2014	0.00	0.00
Jan 01, 2015	0.00	0.00
Jan 01, 2016	0.00	0.00
Jan 01, 2017	0.00	0.00
Jan 01, 2018	0.00	0.00
Jan 01, 2019	0.00	0.00
Jan 01, 2020	0.00	0.00
Jan 01, 2021	0.00	0.00
Jan 01, 2022	0.00	0.00
Jan 01, 2023	0.00	0.00
Jan 01, 2024	0.00	0.00
Jan 01, 2025	0.00	0.00

4.2.2.4 Kondisi Ekstrim Tak Terbatas

Setelah melakukan validasi pada keadaan ekstrim nol, validasi juga harus dilakukan pada kondisi ekstrim tak terbatas. Variabel yang diubah untuk mendapatkan validasi kondisi ekstrim tak terbatas adalah variabel tingkat inflasi, tingkat suku bunga komersial dan kurs rupiah terhadap dolar.

Pada kondisi ekstrim tak terbatas pertama, variabel tingkat inflasi diubah menjadi nilai ekstrim hingga nilai 100%. Berikut adalah tabel yang berhubungan dengan keadaan tersebut.

Dari kondisi ekstrim pertama, keluaran yang diamati pada kondisi ekstrim ini adalah arus kas keluar investasi PKS (Mills CPO) dan pabrik biodiesel. Untuk investasi pabrik PKS (Mills CPO), nilai investasi hingga mencapai 23 digit sedangkan investasi pabrik biodiesel mencapai 29 digit. Tingkat inflasi sangat merubah hasil pada investasi kedua entitas bisnis. Secara nalar, tidak ada nilai investasi yang mencapai 23 digit tersebut. Namun untuk kebutuhan validasi, hal ini dapat diterima sehingga dapat dikatakan model valid.

Tabel 4.4. Arus Kas investasi PKS (Mills CPO) dan Pabrik Biodiesel saat Inflasi Diubah Menjadi 100%

(Rp/yr)		
Time	CASH FLOW AKTIVITAS INVESTASI CPO-PERKEBUNAN	INVESTMENT KAPASITAS AKTUAL
Jan 01, 2006	-51,320,520,165.80	0.00
Jan 01, 2007	-3,885,892,389,442.20	0.00
Jan 01, 2008	-642,764,844,552,380.00	0.00
Jan 01, 2009	-48,120,517,388,453,600.00	114,959,946,840,600,000.00
Jan 01, 2010	-3,016,479,469,531,460,000.00	0.00
Jan 01, 2011	-34,571,854,020,171,600,000.00	0.00
Jan 01, 2012	-21,320,384,201,070,200,000,000.00	0.00
Jan 01, 2013	0.00	0.00
Jan 01, 2014	0.00	0.00
Jan 01, 2015	0.00	75,119,692,247,602,800,000,000,000,000.00
Jan 01, 2016	0.00	0.00
Jan 01, 2017	0.00	0.00
Jan 01, 2018	0.00	0.00
Jan 01, 2019	0.00	0.00
Jan 01, 2020	0.00	0.00
Jan 01, 2021	0.00	0.00
Jan 01, 2022	0.00	0.00
Jan 01, 2023	0.00	0.00
Jan 01, 2024	0.00	0.00
Jan 01, 2025	0.00	0.00

Validasi selanjutnya dilakukan pada variabel tingkat suku bunga menjadi 90%. Berikut adalah tabel yang berhubungan dengan keadaan tersebut.

Tabel 4.5. Pembayaran Bunga dan Pinjaman yang Dibutuhkan Pabrik Biodiesel saat Tingkat Suku Bunga Menjadi 90%

(Rp/yr)		
Time	PEMBAYARAN BUNGA BIODIESEL	PINJAMAN BANK YANG DIBUTUHKAN - BIODIESEL
Jan 01, 2006	0.00	0.00
Jan 01, 2007	0.00	0.00
Jan 01, 2008	0.00	0.00
Jan 01, 2009	447,562,374,314.47	129,166,630,393.79
Jan 01, 2010	447,562,374,314.47	0.00
Jan 01, 2011	298,374,916,209.65	0.00
Jan 01, 2012	198,916,610,806.43	0.00
Jan 01, 2013	132,611,073,870.96	0.00
Jan 01, 2014	88,407,382,580.64	0.00
Jan 01, 2015	58,938,255,053.76	0.00
Jan 01, 2016	0.00	0.00
Jan 01, 2017	0.00	0.00
Jan 01, 2018	0.00	0.00
Jan 01, 2019	0.00	0.00
Jan 01, 2020	0.00	0.00
Jan 01, 2021	0.00	0.00
Jan 01, 2022	0.00	0.00
Jan 01, 2023	0.00	0.00
Jan 01, 2024	0.00	0.00
Jan 01, 2025	0.00	0.00

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai pembayaran bunga biodiesel melebihi pinjaman bank yang dibutuhkan. Hal ini mungkin terlihat tidak

benar namun jika diteliti lebih lanjut, pinjaman bank sebelum berpengaruh pada pembayaran bunga juga berpengaruh pada nilai pinjaman yang diberikan oleh bank (*Loan Drawdown*). Nilai pinjaman tersebut juga dipengaruhi oleh tingkat suku bunga. Nilai loan drawdown tersebut akan terakumulasi menjadi bunga yang harus dibayarkan oleh perusahaan sehingga terlihat bahwa pembayaran bunga menjadi berlipat-lipat dibandingkan dengan pinjaman yang sebenarnya dibutuhkan. Dari penjelasan tersebut maka dapat dikatakan bahwa kenaikan tingkat suku bunga yang ekstrim telah memvalidasi model yang berlaku.

Kondisi ekstrim terakhir diberlakukan pada variabel kurs. Pada simulasi ini, nilai kurs ditentukan menjadi bernilai 1 satu miliar rupiah. Berikut adalah tabel yang berhubungan dengan kondisi tersebut.

Tabel 4.6. Biaya Langsung PKS (Mills CPO) saat Kurs Diubah Menjadi 1 Miliar Rupiah

Time	BIAYA LANGSUNG CPO-PERKEBUNAN (Rp/yr)
Jan 01, 2006	0.00
Jan 01, 2007	0.00
Jan 01, 2008	0.00
Jan 01, 2009	1,335,377,165,004,910.00
Jan 01, 2010	3,868,752,644,828,140.00
Jan 01, 2011	6,820,194,008,904,240.00
Jan 01, 2012	9,328,297,218,211,380.00
Jan 01, 2013	8,272,365,469,205,830.00
Jan 01, 2014	10,095,646,756,303,700.00
Jan 01, 2015	11,646,688,209,320,000.00
Jan 01, 2016	12,862,479,505,991,000.00
Jan 01, 2017	13,734,553,361,970,500.00
Jan 01, 2018	14,543,152,813,059,000.00
Jan 01, 2019	15,272,516,692,293,000.00
Jan 01, 2020	15,323,485,988,878,100.00
Jan 01, 2021	16,096,863,490,555,500.00
Jan 01, 2022	15,800,748,076,110,800.00
Jan 01, 2023	16,599,153,921,311,600.00
Jan 01, 2024	16,363,034,098,686,400.00
Jan 01, 2025	17,192,310,680,436,700.00

Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa nilai biaya langsung naik secara signifikan sesuai dengan nilai yang diharapkan. Dalam kondisi ini, nilai biaya langsung mencapai 17 digit yang sejalan dengan kenaikan kurs tersebut.

Dari beberapa model yang telah divalidasi menggunakan kondisi-kondisi tertentu, maka dapat dikatakan bahwa model yang dirancang telah valid.

BAB 5

ANALISIS PERILAKU MODEL

5.1 Parameter dan Keluaran

Dalam melakukan analisis perilaku model, perlu adanya suatu keluaran yang harus dijadikan patokan untuk mengukur sensitivitas parameter yang telah ditetapkan. Parameter yang ditetapkan merupakan variabel yang digunakan sebagai opsi kebijakan yang digunakan untuk mengetahui sensitivitas dari keluaran yang dihasilkan. Parameter-parameter yang digunakan selain variabel kebijakan yang merupakan keputusan bisnis, juga terdapat keputusan pemerintahan yang berlaku dalam parameter ini. Hal ini sesuai dengan diagram sistem yang telah dibuat yang menempatkan investor dan pemerintah sebagai pemilik masalah (*problem owner*) dalam penelitian ini. Parameter yang merupakan opsi kebijakan yang dibuat oleh pemerintah adalah parameter nomor 1 sampai dengan 4 dan sisanya adalah opsi kebijakan yang dibuat oleh investor.

Tabel 5.1. Parameter Model

No	Parameter
1	Tingkat Inflasi
2	Tingkat Suku Bunga Komersial
3	Tingkat Suku Bunga Masa konversi
4	Kurs rupiah terhadap Dolar
5	Tingkat Pembukaan Lahan Inti (Ha/tahun)
6	Tingkat Pembukaan Lahan Plasma (Ha/tahun)
7	Persentase Lahan plasma terhadap total lahan
8	Kelas Lahan

Bentuk biaya sosial investasi pada perusahaan kelapa sawit terdiri dari sertifikasi RSPO, pembangunan fasilitas perumahan, kesehatan, tempat ibadah dan *Community Development* baik untuk petani plasma maupun untuk pekerja perusahaan. Sedangkan biaya sosial non-investasi perusahaan kelapa sawit terdiri dari biaya pembelian dari supplier lokal, dan biaya *Community Development* Tanaman Menghasilkan. Untuk perusahaan biodiesel, aspek biaya sosial hanya terdiri dari pembelian bahan baku kepada supplier lokal.

Tabel 5.2. Keluaran yang Digunakan dalam Analisis

No	Output
1	NPV Pabrik Kelapa Sawit
2	NPV Biodiesel
3	LCA
4	Jumlah Tenaga Kerja
5	total lahan plasma
6	total KK petani plasma
7	total penghasilan plasma per KK
8	Total Kredit Plasma per KK
9	Subsidi Pemerintah
10	Total Pajak yang dibayarkan
11	Persentase Biaya Sosial terhadap investasi PKS
12	Persentase Biaya Sosial terhadap biaya produksi PKS
13	Persentase biaya Sosial terhadap Biaya produksi Biodiesel
14	persentase total pajak terhadap total pendapatan PKS
15	Persentase Total pajak terhadap total pendapatan perusahaan Biodiesel
16	Persentase penjualan per pekerja PKS
17	Persentase penjualan per luas lahan PKS
18	Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi PKS
19	Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi Perusahaan Biodiesel

5.2 Analisis Perilaku Model Dasar

Dalam melakukan analisis sensitivitas maka perlu dilakukan simulasi terhadap perilaku model yang dijadikan dasar perhitungan sensitivitas parameter yang digunakan. Berikut adalah nilai dasar dari parameter yang digunakan untuk menjalankan simulasi model dasar.

Tabel 5.3. Nilai Dasar Parameter Model

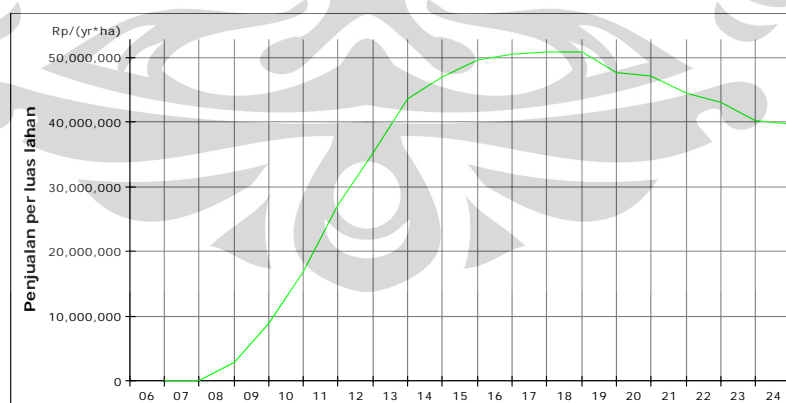
No	Parameter	Nilai Dasar
1	Tingkat Inflasi	5%
2	Tingkat Suku Bunga Komersial	14%
3	Tingkat Suku Bunga Masa konversi	10%
4	Kurs rupiah terhadap Dolar	10,000.00
5	Tingkat Pembukaan Lahan Inti (Ha/tahun)	5,000.00
6	Tingkat Pembukaan Lahan Plasma (Ha/tahun)	1,000.00
7	Persentase Lahan plasma terhadap total lahan	20%
8	Kelas Lahan	3

Setelah menjalankan model maka keluaran dari model dasar dengan menggunakan nilai dasar parameter dalam tabel 5.3 adalah sebagai berikut.

Tabel 5.4. Nilai Dasar Keluaran

No	Output	Unit	Nilai Dasar
1	NPV Pabrik Kelapa Sawit	Rp	1,064,859,725,729.38
2	NPV Biodiesel	Rp	495,232,727,233.82
3	LCA	Yr	0.001147511004871
4	Jumlah Tenaga Kerja	Orang	3,306.00
5	total lahan plasma	Ha	2,678.57
6	total KK petani plasma	KK	1,189.00
7	total penghasilan plasma per KK	Rp/KK	961,867,482.76
8	Total Kredit Plasma per KK	Rp/KK	165,662,293.65
9	Subsidi Pemerintah	Rp	27,501,388,055.80
10	Total Pajak yang dibayarkan	Rp	1,345,490,246,635.55
11	Persentase Biaya Sosial terhadap investasi PKS	%	0.35173470
12	Persentase Biaya Sosial terhadap biaya produksi PKS	%	0.21015570
13	Persentase biaya Sosial terhadap Biaya produksi Biodiesel	%	0.87432632
14	persentase total pajak terhadap total pendapatan PKS	%	0.13427198
15	Persentase Total pajak terhadap total pendapatan perusahaan Biodiesel	%	0.05348121
16	Persentase penjualan per pekerja PKS	Rp/Orang	164,714,343.06590000
17	Persentase penjualan per luas lahan PKS	Rp/Ha	34,948,901.21007000
18	Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi PKS	%	0.02128840
19	Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi Perusahaan Biodiesel	%	0.04942179

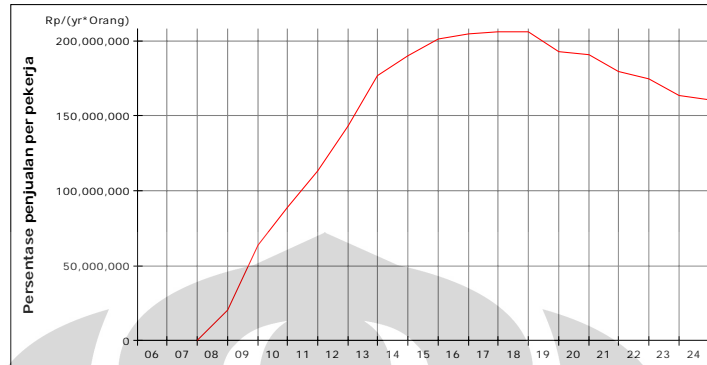
Berikut adalah grafik-grafik yang termasuk dalam indikator keberlanjutan yang keluar dari model dasar.



Gambar 5.1. Penjualan PKS (Mills CPO) terhadap luas Lahan perkebunan Model Dasar

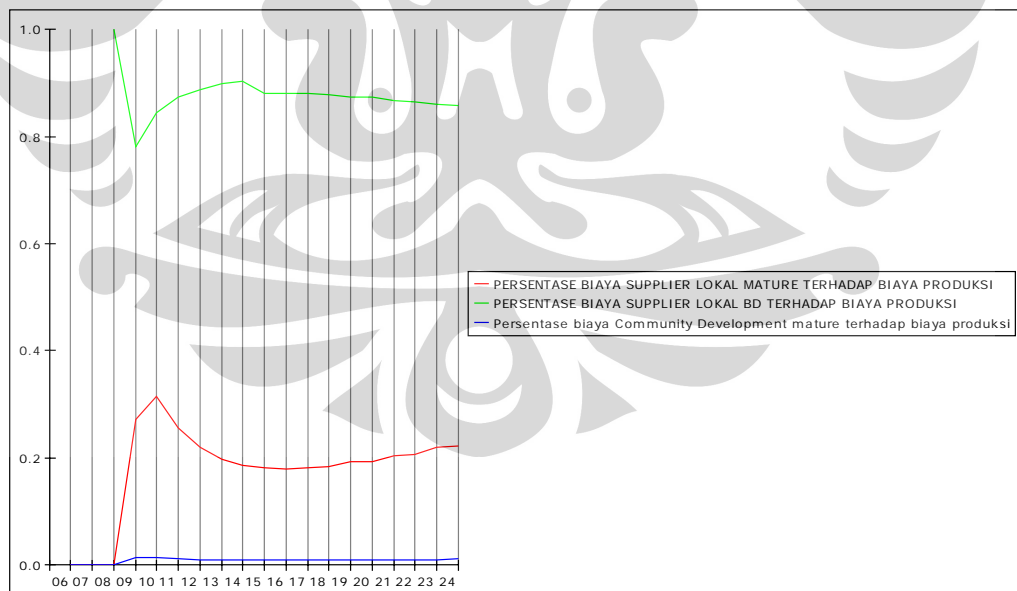
Dari gambar 5.1, terlihat bahwa penjualan Pabrik Kelapa Sawit muncul setelah lahan mencapai umur produktif. Penjualan terus meningkat seiring dengan

produktivitas tanaman. Namun akan menurun kembali karena produktivitas tanaman kelapa sawit akan turun setelah mencapai umur tua.



Gambar 5.2. Persentase Penjualan PKS (Mills CPO) terhadap Jumlah Pekerja PKS (Mills CPO) Model Dasar

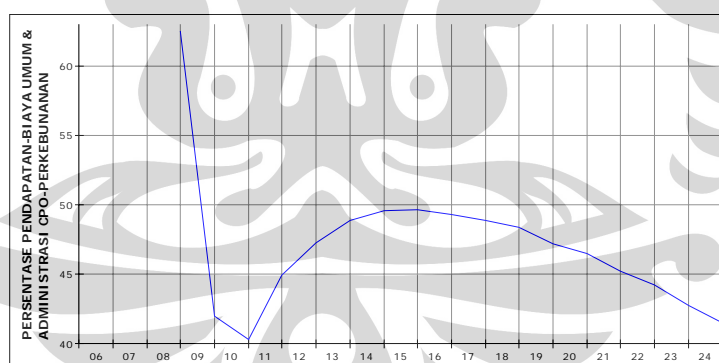
Persentase penjualan per pekerja untuk perusahaan kelapa sawit muncul setelah tanaman kelapa sawit masuk ke dalam fase produktifnya. Persentase penjualan per pekerja juga dipengaruhi oleh produktivitas tanaman kelapa sawit yang naik pada usia muda sampai dengan remaja yang kemudian turun hingga fase tua.



Gambar 5.3. Persentase Biaya Sosial terhadap Biaya Produksi Model Dasar

Gambar 5.3 menunjukkan pergerakan biaya sosial terhadap biaya produksi untuk masing-masing perusahaan. Untuk grafik berwarna merah merupakan

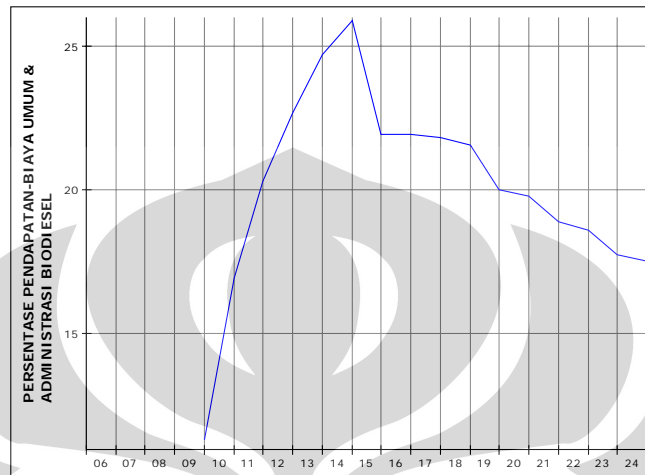
persentase yang dikeluarkan oleh perusahaan kelapa sawit untuk membeli bahan baku dari supplier lokal terhadap biaya produksi Pabrik Kelapa Sawit. Untuk grafik yang berwarna hijau merupakan persentase biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan biodiesel untuk membeli bahan baku dari supplier lokal terhadap biaya produksi pabrik biodiesel tersebut. Sedangkan grafik yang berwarna biru merupakan persentase biaya community development yang dikeluarkan oleh perusahaan kelapa sawit dibandingkan terhadap biaya produksi perusahaan kelapa sawit. Untuk grafik yang berwarna merah, persentase pada awalnya melonjak yang kemudian menurun lagi dikarenakan biaya produksi naik secara tajam dibandingkan dengan biaya supplier lokal. Hal ini terjadi karena biaya produksi mengikuti inflasi dan perkembangan produktivitas tanaman. Sedangkan untuk biodiesel, perkembangan biaya produksi hampir sama dengan perkembangan biaya supplier lokal. Namun untuk biaya community development bergerak secara menanjak tetapi tidak terlalu signifikan pergerakannya dibandingkan dengan pergerakan biaya produksi. Dari Gambar 5.3, terlihat pula bahwa persentase biaya lokal pada pabrik lebih tinggi dibandingkan dengan persentase biaya lokal pada Pabrik kelapa sawit.



Gambar 5.4. Persentase Pendapatan PKS (Mills CPO) terhadap Biaya Umum dan Administrasi PKS (Mills CPO) Model Dasar

Pendapatan PKS (Mills CPO) dari penjualan MKS (CPO) dan MIS (KPO) mengikuti pergerakan produktivitas tanaman kelapa sawit. Seperti yang terlihat dalam grafik, pada sekitar tahun ke 2017, persentase tersebut menurun karena produktivitas tanaman kelapa sawit bergerak konstan dan terus turun sedangkan biaya umum dan administrasi terus meningkat. Walaupun pada dasarnya biaya

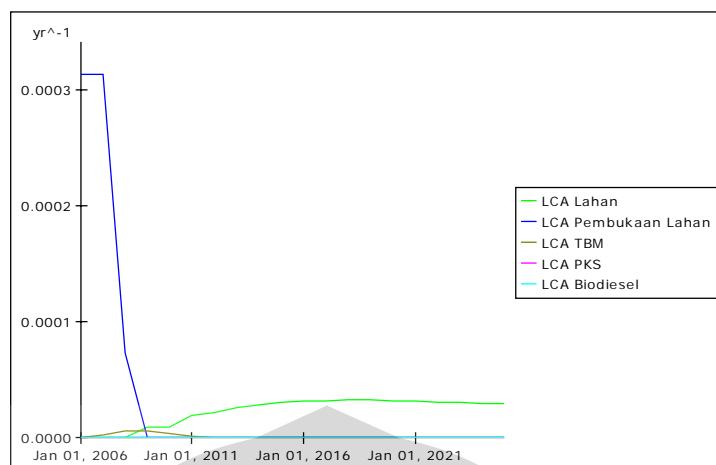
umum dan administrasi mengikuti pola produktivitas kelapa sawit namun pengaruh produktivitas kelapa sawit itu terlampau kecil dibandingkan unsur biaya umum dan administrasi lainnya yang tidak terpengaruh produktivitas tanaman kelapa sawit.



Gambar 5.5. Persentase Pendapatan Perusahaan Biodiesel terhadap Biaya Umum dan Administrasi Perusahaan Biodiesel Model Dasar

Untuk Gambar 5.5, terlihat bahwa grafik bergerak naik yang kemudian turun lagi. Hal ini terjadi karena pendapatan biodiesel naik dengan kemiringan tajam pada fase awal dan terus naik dengan kemiringan rendah pada fase akhir sedangkan biaya umum dan administrasi terus mengalami peningkatan dan tidak terpengaruh oleh pendapatan biodiesel tersebut sehingga bentuk grafik yang keluar seperti yang terlihat pada Gambar 5.5.

Pada gambar 5.6 menunjukkan grafik pergerakan nilai LCA untuk setiap aktivitas baik pada aktivitas perkebunan maupun aktivitas produksi. Grafik LCA pada aktivitas perkebunan seperti aktivitas pembukaan lahan, perawatan tanaman belum menghasilkan dan aktivitas perawatan tanaman menghasilkan memperlihatkan nilai yang sangat besar dibandingkan nilai lainnya. Bahkan aktivitas produksi tidak terlihat dalam grafik karena kecilnya nilai LCA yang didapatkan.



Gambar 5.6. LCA Model Dasar

5.3 Perilaku Model sesuai Deviasi Opsi Kebijakan

Untuk mendapatkan nilai sensitivitas dari parameter yang dijalankan maka perlu menjalankan model dengan nilai parameter tertentu. Sensitivitas analisis berbeda dengan pembuatan skenario dimana sensitivitas analisis hanya mengubah satu nilai parameter dengan menganggap parameter lainnya tetap (*ceteris paribus*). Perubahan nilai untuk semua parameter yang digunakan bernilai deviasi sama. Dalam penelitian ini, nilai deviasi yang diambil adalah 10%. Untuk parameter kelas lahan, tidak dilakukan deviasi karena parameter tersebut telah memiliki kategori tersendiri. Berikut adalah nilai deviasi untuk parameter yang akan dijalankan.

Tabel 5.5. Nilai Deviasi masing-masing Parameter

No	Parameter	Deviasi		
		-10%	0%	10%
1	Tingkat Inflasi	4.50%	5%	5.50%
2	Tingkat Suku Bunga Komersial	12.60%	14%	15.40%
3	Tingkat Suku Bunga Masa konversi	9.00%	10%	11.00%
4	Kurs rupiah terhadap Dolar	9,000.00	10,000.00	11,000.00
5	Tingkat Pembukaan Lahan Inti (Ha/tahun)	4,500.00	5,000.00	5,500.00
6	Tingkat Pembukaan Lahan Plasma (Ha/tahun)	900.00	1,000.00	1,100.00
7	Persentase Lahan plasma terhadap total lahan	18.00%	20%	22.00%
8	Kelas Lahan (1, 2, 3, 4)			

5.3.1 Perilaku Model terhadap Deviasi Parameter Opsi Kebijakan Pemerintah

Seperti yang telah dikatakan sebelumnya, parameter pada opsi kebijakan pemerintah adalah tingkat inflasi, tingkat suku bunga dan kurs rupiah.

Tabel 5.6. Keluaran simulasi dari Deviasi minus 10% Parameter Opsi Kebijakan Pemerintah

Keluaran	Tingkat Inflasi	Tingkat Suku Bunga Komersial	Tingkat Suku Bunga Masa konversi	Kurs rupiah terhadap Dolar
NPV Pabrik Kelapa Sawit (Rp)	1,133,174,571,351	1,165,308,445,535	1,064,859,725,729	902,605,079,410
NPV Biodiesel (Rp)	510,632,214,996	502,514,591,433	495,232,727,234	488,758,029,611
LCA	0.0011474702861	0.0011474714281	0.0011475110049	0.0011475096342
Jumlah Tenaga Kerja (Orang)	3,306.00	3,306.00	3,306.00	3,306.00
total lahan plasma (Ha)	2,678.57	2,678.57	2,678.57	2,678.57
total KK petani plasma (KK)	1,189.00	1,189.00	1,189.00	1,189.00
total penghasilan plasma per KK (Rp/KK)	1,043,455,871.34	1,136,948,905.47	1,113,195,432.50	960,416,421.72
Total Kredit Plasma per KK (Rp/KK)	163,102,076.48	165,662,293.65	158,267,861.38	165,662,293.65
Subsidi Pemerintah (Rp)	27,076,369,640	27,076,369,640	33,924,618,491	27,501,388,056
Total Pajak yang dibayarkan (Rp)	1,424,315,630,440	1,348,981,582,979	1,348,981,582,979	1,155,324,939,065
Persentase Biaya Sosial terhadap investasi PKS (%)	0.35218800	0.35173472	0.35173470	0.35406423
Persentase Biaya Sosial terhadap biaya produksi PKS (%)	0.20656000	0.21015578	0.21015570	0.21916743
Persentase biaya Sosial terhadap Biaya produksi Biodiesel (%)	0.87258270	0.88911176	0.87432632	0.86973123
persentase total pajak terhadap total pendapatan PKS (%)	0.14311452	0.13450937	0.13427198	0.12410897
Persentase Total pajak terhadap total pendapatan perusahaan Biodiesel (%)	0.05563170	0.05581579	0.05348121	0.05379835
Persentase penjualan per pekerja PKS (Rp/Orang)	164,132,519	161,714,343	161,714,343	145,506,378
Persentase penjualan per luas lahan PKS (Rp/Ha)	35,471,505	34,948,901	34,948,901	31,446,116
Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi PKS (%)	0.02093396	0.02128840	0.02128840	0.02128966
Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi Perusahaan Biodiesel (%)	0.04133716	0.04185784	0.04942179	0.05104974

Tabel 5.7. Keluaran simulasi dari Deviasi plus 10% Parameter Opsi Kebijakan Pemerintah

Keluaran	Tingkat Inflasi	Tingkat Suku Bunga Komersial	Tingkat Suku Bunga Masa konversi	Kurs rupiah terhadap Dolar
NPV Pabrik Kelapa Sawit (Rp)	991,504,724,680	975,028,561,546	1,064,859,725,729	1,227,114,225,343
NPV Biodiesel (Rp)	430,005,180,893	473,174,292,227	495,232,727,234	501,711,709,046
LCA	0.0011475122523	0.0011475110049	0.0011475110049	0.0011475122914
Jumlah Tenaga Kerja (Orang)	3,306.00	3,306.00	3,306.00	3,306.00
total lahan plasma (Ha)	2,678.57	2,678.57	2,678.57	2,678.57
total KK petani plasma (KK)	1,189.00	1,189.00	1,189.00	1,189.00
total penghasilan plasma per KK (Rp/KK)	878,209,120.85	783,210,916.69	805,078,992.83	963,301,552.88
Total Kredit Plasma per KK (Rp/KK)	168,257,891.59	165,662,293.65	173,330,559.20	165,662,293.65
Subsidi Pemerintah (Rp)	27,932,279,991	27,932,279,991	20,900,569,178	27,501,388,056
Total Pajak yang dibayarkan (Rp)	1,263,455,480,737	1,343,499,268,520	1,343,499,268,520	1,535,748,866,362
Persentase Biaya Sosial terhadap investasi PKS (%)	0.35127498	0.35173470	0.35173470	0.34947200
Persentase Biaya Sosial terhadap biaya produksi PKS (%)	0.21366500	0.21015570	0.21015570	0.20192255
Persentase biaya Sosial terhadap Biaya produksi Biodiesel (%)	0.89058000	0.87432600	0.87432632	0.87861021
persentase total pajak terhadap total pendapatan PKS (%)	0.12458730	0.13402673	0.13427198	0.14258764
Persentase Total pajak terhadap total pendapatan perusahaan Biodiesel (%)	0.05366026	0.05348121	0.05348121	0.05318338
Persentase penjualan per pekerja PKS (Rp/Orang)	159,145,525	161,714,343	161,714,343	177,929,946
Persentase penjualan per luas lahan PKS (Rp/Ha)	34,393,741	34,948,901	34,948,901	38,453,337
Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi PKS (%)	0.02167648	0.02128840	0.02128840	0.02128716
Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi Perusahaan Biodiesel (%)	0.05011078	0.04942179	0.04942179	0.04789409

Dua tabel di atas (Tabel 5.6 dan Tabel 5.7), merupakan tabel hasil simulasi pada keadaan perilaku deviasi parameter opsi kebijakan pemerintah sebesar minus 10% dan plus 10%.

5.3.2 Perilaku Model terhadap Deviasi Parameter Opsi Kebijakan Bisnis

Parameter-parameter yang digunakan dalam opsi kebijakan bisnis sebenarnya terdiri dari empat parameter namun parameter kelas lahan mempunyai analisa perilaku model tersendiri karena mempunyai perbedaan yang mendasar dalam hal perlakuan deviasi parameter tersebut.

Tabel 5.8. Keluaran simulasi dari Deviasi minus 10% Parameter Opsi Kebijakan Bisnis

Keluaran	Tingkat Pembukaan Lahan Inti (Ha/tahun)	Tingkat Pembukaan Lahan Plasma (Ha/tahun)	Persentase Lahan plasma terhadap total lahan
NPV Pabrik Kelapa Sawit (Rp)	1,035,527,683,893	1,063,466,639,981	1,079,670,347,068
NPV Biodiesel (Rp)	441,050,226,707	494,378,368,914	493,683,001,511
LCA	0.0011407745195	0.0011461722956	0.0011475110723
Jumlah Tenaga Kerja (Orang)	3,272.00	3,306.00	3,342.00
total lahan plasma (Ha)	2,678.57	2,678.57	2,410.71
total KK petani plasma (KK)	1,189.00	1,190.00	1,070.00
total penghasilan plasma per KK (Rp/KK)	165,662,293.65	800,117,921.10	1,136,968,429.65
Total Kredit Plasma per KK (Rp/KK)	165,662,293.65	166,439,984.12	164,617,404.40
Subsidi Pemerintah (Rp)	27,501,388,055.80	27,653,729,897.16	24,592,836,184.54
Total Pajak yang dibayarkan (Rp)	1,320,421,020,027	1,343,380,290,366	1,361,245,185,439
Persentase Biaya Sosial terhadap investasi PKS (%)	0.35194136	0.35172397	0.35327250
Persentase Biaya Sosial terhadap biaya produksi PKS (%)	0.21035844	0.21102690	0.21799120
Persentase biaya Sosial terhadap Biaya produksi Biodiesel (%)	0.88847486	0.87392771	0.87299126
persentase total pajak terhadap total pendapatan PKS (%)	0.13311987	0.13447330	0.13645616
Persentase Total pajak terhadap total pendapatan perusahaan Biodiesel (%)	0.05586293	0.05350538	0.05357436
Persentase penjualan per pekerja PKS (Rp/Orang)	162,543,185	161,252,272	160,346,721
Persentase penjualan per luas lahan PKS (Rp/Ha)	34,655,075	34,894,107	34,949,810
Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi PKS (%)	0.02132789	0.02130267	0.02140574
Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi Perusahaan Biodiesel (%)	0.04210202	0.04956540	0.04989958

Tabel 5.9. Keluaran simulasi dari Deviasi plus 10% Parameter Opsi Kebijakan Bisnis

Keluaran	Tingkat Pembukaan Lahan Inti (Ha/tahun)	Tingkat Pembukaan Lahan Plasma (Ha/tahun)	Persentase Lahan plasma terhadap total lahan
NPV Pabrik Kelapa Sawit (Rp)	1,067,059,142,806	1,066,245,428,696	1,050,091,842,340
NPV Biodiesel (Rp)	498,751,002,158	496,101,181,497	496,831,526,696
LCA	0.0011529111709	0.0011488485135	0.0011475115096
Jumlah Tenaga Kerja (Orang)	3,434.00	3,306.00	3,269.93
total lahan plasma (Ha)	2,678.57	2,678.57	2,946.43
total KK petani plasma (KK)	1,189.00	1,188.00	1,308.00
total penghasilan plasma per KK (Rp/KK)	165,662,293.65	1,123,152,853.17	825,684,456.08
Total Kredit Plasma per KK (Rp/KK)	165,662,293.65	164,883,293.93	166,483,813.32
Subsidi Pemerintah (Rp)	27,501,388,055.80	27,349,046,214.43	30,403,868,702.74
Total Pajak yang dibayarkan (Rp)	1,356,134,962,299	1,347,560,698,002	1,329,794,707,572
Persentase Biaya Sosial terhadap investasi PKS (%)	0.35156670	0.35174546	0.35013069
Persentase Biaya Sosial terhadap biaya produksi PKS (%)	0.20804140	0.20929628	0.20248852
Persentase biaya Sosial terhadap Biaya produksi Biodiesel (%)	0.87583810	0.87472697	0.87565292
persentase total pajak terhadap total pendapatan PKS (%)	0.13368051	0.13407299	0.13207525
Persentase Total pajak terhadap total pendapatan perusahaan Biodiesel (%)	0.05337738	0.05345410	0.05338848
Persentase penjualan per pekerja PKS (Rp/Orang)	156,442,140	162,174,165	163,125,414
Persentase penjualan per luas lahan PKS (Rp/Ha)	35,188,906	35,003,069	34,952,245
Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi PKS (%)	0.02125649	0.02127429	0.02117047
Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi Perusahaan Biodiesel (%)	0.04888918	0.04928271	0.04894613

5.3.3 Perilaku Model terhadap Deviasi Parameter Kelas Lahan

Untuk parameter kelas lahan, penerapan deviasi tidak dapat diberlakukan dalam parameter ini. Hal ini dikarenakan parameter kelas lahan telah menyediakan kategori kelas lahan tersendiri yang bernilai 1 sampai dengan 4. Karakteristik yang terdapat dalam kelas lahan yaitu karakteristik produktivitas lahan dan tingkat efek lingkungan yang ditimbulkan (LCA). Secara umum di Indonesia, lahan yang berlaku untuk perkebunan kelapa sawit di Indonesia kebanyakan mempunyai kelas lahan 3. Untuk itu, kelas lahan 3 dijadikan model dasar sebagai pembanding dengan kelas lahan lainnya.

Tabel 5.10. Keluaran Simulasi dari Parameter Kelas Lahan

Output	Unit	Kelas Lahan 1	Kelas Lahan 2	Kelas Lahan 3	Kelas Lahan 4
NPV Pabrik Kelapa Sawit	Rp	1,179,395,224,153.64	1,127,288,231,912.87	1,064,859,725,729.38	855,576,957,659.70
NPV Biodiesel	Rp	494,558,760,486.53	494,705,446,642.48	495,232,727,233.82	444,185,449,226.59
Biaya Sosial	Rp	4,473,531,342,314.07	4,578,865,063,237.00	4,750,157,020,799.83	4,937,432,597,708.60
LCA	yr	0.001022483078091000	0.001069773431539000	0.001147511004871000	0.001236984169964000
Jumlah Tenaga Kerja	Orang	2,846.00	3,074.00	3,306.00	3,690.00
total lahan plasma	Ha	2,232.00	2,399.50	2,678.57	3,016.26
total KK petani plasma	KK	991.00	1,065.00	1,189.00	1,339.00
total penghasilan plasma per KK	Rp/KK	2,555,789,883.11	1,829,085,868.31	961,867,482.76	391,574,963.74
Total Kredit Plasma per KK	Rp/KK	163,799,393.90	164,613,810.08	165,662,293.65	166,724,169.17
Subsidi Pemerintah	Rp	22,663,920,310.89	24,477,381,928.99	27,501,388,055.80	31,169,384,650.91
Total Pajak yang dibayarkan	Rp	1,451,220,749,439.25	1,411,342,747,354.94	1,345,490,246,635.55	1,218,764,336,158.18
Persentase Biaya Sosial terhadap investasi PKS	%	0.34345654	0.347476647	0.35173470	0.356174248
Persentase Biaya Sosial terhadap biaya produksi PKS	%	0.17955647	0.191396701	0.21015570	0.23122569
Persentase biaya Sosial terhadap Biaya produksi Biodiesel	%	0.87263858	0.873284284	0.87432632	0.890622257
persentase total pajak terhadap total pendapatan PKS	%	0.142749237	0.139604047	0.13427198	0.123512703
Persentase Total pajak terhadap total pendapatan perusahaan Biodiesel	%	0.053608881	0.053558762	0.05348121	0.055609964
Persentase penjualan per pekerja PKS	Rp/orang	192305595.6	176305718.3	164,714,343.06590000	140236551.1
Persentase penjualan per luas lahan PKS	Rp/Ha	42945722.64	39567826.48	34,948,901.21007000	29976978.64
Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi PKS	%	0.020342045	0.020695459	0.02128840	0.022129403
Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi Perusahaan Biodiesel	%	0.05007665	0.049819572	0.04942179	0.041423672

5.4 Analisis Sensitivitas Model

Analisis sensitivitas model dilakukan untuk mengetahui variabel mana yang paling berpengaruh terhadap keluaran yang diinginkan. Variabel yang dimaksud dalam penelitian ini adalah parameter-parameter yang diubah sesuai dengan nilai deviasi. Dalam analisis sensitivitas ini nilai deviasi parameter yang digunakan adalah 10%. Berikut adalah analisis sensitivitas model yang dikelompokkan berdasarkan indikator keberlanjutan dan keluaran lain-lain.

5.4.1 Analisis Sensitivitas Model pada Keluaran Indikator Aspek Ekonomi

Seperti yang telah diketahui sebelumnya, keluaran yang merupakan indikator keberlanjutan aspek ekonomi terdiri dari delapan indikator. Dari delapan indikator keberlanjutan ekonomi tersebut maka analisis sensitivitas model yang terangkum dalam tabel 5.11 adalah sebagai berikut.

1. Deviasi parameter kurs rupiah terhadap dolar menghasilkan deviasi keluaran NPV Pabrik Kelapa Sawit paling besar. Deviasi kurs rupiah terhadap dolar memberikan efek deviasi sekitar 15% untuk keluaran NPV Pabrik Kelapa Sawit. Hal ini terjadi mengingat harga MKS (CPO) terpengaruh oleh kurs rupiah terhadap dolar. Sedangkan dari sisi biaya, hanya beberapa unsur biaya saja yang menggunakan dolar sebagai satuan nilainya. Deviasi parameter tingkat suku bunga masa konversi tidak memberikan efek apapun kepada keluaran NPV Pabrik kelapa sawit. Deviasi parameter tingkat inflasi dan tingkat suku bunga komersial juga memberikan nilai deviasi yang cukup signifikan kepada NPV pabrik kelapa sawit walaupun efeknya tidak sebesar deviasi yang diberikan oleh parameter kurs rupiah terhadap dolar tersebut.
2. Deviasi parameter tingkat inflasi memberikan efek yang paling besar kepada keluaran NPV Biodiesel. Parameter tingkat suku bunga masa konversi tidak berpengaruh apapun terhadap nilai keluaran NPV Biodiesel.
3. Parameter tingkat inflasi dan kurs rupiah terhadap dolar memberikan efek deviasi yang bernilai hampir sama pada keluaran persentase pajak terhadap pendapatan PKS. Namun parameter tingkat inflasi memberikan efek deviasi yang lebih besar sedikit dibandingkan dengan parameter kurs rupiah terhadap

dolar. Parameter tingkat suku bunga masa konversi tidak mempengaruhi keluaran persentase pajak ini.

4. Deviasi tingkat pembukaan lahan inti memberikan nilai deviasi keluaran persentase pajak terhadap pendapatan perusahaan biodiesel yang paling tinggi. Namun parameter tingkat suku bunga komersial dan tingkat inflasi juga memberikan efek yang hampir sama dibandingkan dengan deviasi parameter tingkat tingkat pembukaan lahan inti.
5. Deviasi parameter kurs rupiah terhadap dolar memberikan efek deviasi yang paling tinggi pada keluaran persentase penjualan per pekerja PKS.
6. Parameter kurs rupiah terhadap dolar memberikan efek deviasi paling tinggi pada keluaran persentase penjualan per luas lahan PKS. Walaupun parameter ini tidak berhubungan langsung dengan keluaran ini namun terlihat bahwa nilai deviasi yang dihasilkan mempunyai nilai yang sama dengan nilai deviasi pada parameter tersebut yaitu sekitar 10%.
7. Deviasi parameter tingkat inflasi memberikan deviasi keluaran yang paling tinggi pada keluaran persentase pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi perusahaan biodiesel. Namun nilai efek deviasi yang dihasilkan tidak sebesar nilai deviasi parameter yang diberikan. Parameter tingkat suku bunga baik suku bunga komersial maupun suku bunga masa konversi tidak memberikan efek deviasi apapun terhadap keluaran ini.
8. Parameter tingkat inflasi memberikan efek deviasi yang terbesar pada keluaran persentase pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi perusahaan biodiesel.
9. Parameter tingkat suku bunga masa konversi mempunyai pengaruh paling kecil pada indikator keberlanjutan aspek ekonomi.
10. Parameter tingkat pembukaan lahan inti mempengaruhi semua keluaran indikator keberlanjutan ekonomi walaupun tidak terlalu dominan.
11. Indikator keberlanjutan ekonomi yang mempunyai respon paling sensitif atas perubahan parameter adalah indikator NPV perusahaan (Biodiesel dan PKS)
12. Dari poin-poin di atas, Parameter yang paling berpengaruh untuk keluaran indikator ekonomi adalah parameter tingkat inflasi dan kurs rupiah terhadap dolar.

Tabel 5.11. Sensitivitas Keluaran Indikator Keberlanjutan Ekonomi

Parameter	NPV Pabrik Kelapa Sawit		NPV Biodiesel		persentase pajak terhadap pendapatan PKS		Persentase pajak terhadap pendapatan perusahaan Biodiesel		Persentase penjualan per pekerja PKS		Persentase penjualan per luas lahan PKS		Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi PKS		Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi Perusahaan Biodiesel	
	Deviasi		Deviasi		Deviasi		Deviasi		Deviasi		Deviasi		Deviasi		Deviasi	
	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%
Tingkat Inflasi	6.42%	-6.89%	3.11%	-13.17%	6.59%	-7.21%	4.02%	0.33%	-0.35%	-3.38%	1.50%	-1.59%	-1.66%	1.82%	-16.36%	1.39%
Tingkat Suku Bunga Komersial	9.43%	-8.44%	1.47%	-4.45%	0.18%	-0.18%	4.37%	0.00%	-1.82%	-1.82%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-15.30%	0.00%
Tingkat Suku Bunga Masa konversi	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-1.82%	-1.82%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Kurs rupiah terhadap Dolar	-15.24%	15.24%	-1.31%	1.31%	-7.57%	6.19%	0.59%	-0.56%	-11.66%	8.02%	-10.02%	10.03%	0.01%	-0.01%	3.29%	-3.09%
Tingkat Pembukaan Lahan Inti (Ha/tahun)	-2.75%	0.21%	-10.94%	0.71%	-0.86%	-0.44%	4.45%	-0.19%	-1.32%	-5.02%	-0.84%	0.69%	0.19%	-0.15%	-14.81%	-1.08%
Tingkat Pembukaan Lahan Plasma (Ha/tahun)	-0.13%	0.13%	-0.17%	0.18%	0.15%	-0.15%	0.05%	-0.05%	-2.10%	-1.54%	-0.16%	0.15%	0.07%	-0.07%	0.29%	-0.28%
Persentase Lahan plasma terhadap total lahan	1.39%	-1.39%	-0.31%	0.32%	1.63%	-1.64%	0.17%	-0.17%	-2.65%	-0.96%	0.00%	0.01%	0.55%	-0.55%	0.97%	-0.96%

5.4.2 Analisis Sensitivitas Model pada Keluaran Indikator Aspek Sosial

Keluaran indikator keberlanjutan sosial terdiri dari dua jenis yaitu aspek sosial perusahaan yang juga disebut sebagai aspek sosial-ekonomi perusahaan dan aspek sosial plasma. Aspek sosial perusahaan merupakan gabungan dari aspek sosial perusahaan kelapa sawit dan perusahaan biodiesel sedangkan aspek sosial plasma juga mencakup aspek ekonomi dari petani plasma tersebut. Keluaran indikator sosial ini terdiri dari delapan indikator yang terdiri dari empat keluaran awal merupakan indikator sosial petani plasma dan empat keluaran akhir merupakan indikator sosial ekonomi perusahaan.

Analisis sensitivitas perilaku model pada keluaran indikator keberlanjutan seperti yang tersaji dalam tabel 5.12 adalah sebagai berikut.

1. Keluaran total lahan plasma hanya dipengaruhi oleh persentase lahan plasma terhadap total lahan. Dari nilai deviasi yang didapatkan, dapat diambil kesimpulan bahwa total lahan plasma berbanding lurus terhadap perubahan parameter persentase lahan plasma terhadap total lahan. Total lahan plasma tidak dipengaruhi parameter lainnya.
2. Total KK petani plasma dipengaruhi oleh parameter persentase lahan plasma terhadap total lahan dan parameter tingkat pembukaan lahan plasma. Parameter persentase lahan plasma terhadap total lahan memberikan nilai efek yang hampir berbanding lurus dengan deviasi total KK petani plasma. Sedangkan tingkat pembukaan lahan plasma hanya memberikan efek kecil dalam deviasi total KK petani plasma. Untuk parameter lainnya tidak mempengaruhi nilai dari total KK petani plasma
3. Deviasi parameter tingkat suku bunga masa konversi memberikan efek deviasi pada keluaran total penghasilan plasma per KK paling tinggi. Namun, hampir seluruh deviasi parameter memberikan nilai deviasi pada keluaran total penghasilan plasma per KK. Secara umum, keluaran total penghasilan plasma merespon lebih tinggi pada perubahan parameter-parameter yang digunakan kecuali untuk parameter kurs rupiah terhadap dolar.
4. Parameter tingkat suku bunga masa konversi memberikan deviasi keluaran total kredit plasma per KK paling besar walaupun nilai deviasi keluaran tidak sebesar nilai deviasi parameter yang diberikan. Parameter tingkat suku bunga

komersial, kurs rupiah terhadap dolar dan tingkat pembukaan lahan inti tidak mempengaruhi keluaran total kredit plasma per KK.

5. tingkat pembukaan lahan inti mempengaruhi jumlah tenaga kerja. Selain itu, parameter persentase lahan plasma terhadap total lahan juga mempengaruhi jumlah tenaga kerja. Untuk parameter lainnya tidak mempengaruhi jumlah tenaga kerja.
6. Efek deviasi persentase biaya sosial investasi mempunyai nilai yang sangat kecil. Bahkan parameter yang paling berpengaruh pun, yaitu parameter kurs rupiah terhadap dolar hanya memberikan pengaruh dengan nilai deviasi kurang dari 1%. Parameter tingkat suku bunga tidak mempengaruhi persentase biaya sosial investasi sama sekali.
7. Persentase biaya sosial terhadap produksi PKS (Mills CPO) paling besar dipengaruhi oleh kurs rupiah terhadap dolar. Persentase lahan plasma terhadap total lahan juga memberikan nilai deviasi yang mendekati parameter kurs rupiah terhadap dolar tersebut.
8. Parameter tingkat pembukaan lahan inti memberikan nilai deviasi pada keluaran persentase biaya sosial produksi biodiesel paling tinggi dibandingkan dengan parameter yang lain. Parameter tingkat suku bunga masa konversi tidak memberikan efek apapun terhadap keluaran persentase biaya sosial produksi Biodiesel ini.
9. Parameter Tingkat suku bunga komersial memberikan pengaruh paling kecil untuk indikator keberlanjutan aspek sosial
10. Parameter persentase lahan plasma terhadap total lahan mempengaruhi semua keluaran indikator keberlanjutan sosial walaupun tidak terlalu dominan.
11. Parameter yang paling berpengaruh untuk keluaran yang berhubungan dengan plasma adalah parameter tingkat suku bunga (komersial dan masa konversi) untuk keluaran ekonomi plasma dan parameter persentase lahan plasma terhadap total lahan untuk keluaran sosial plasma.
12. Indikator keberlanjutan sosial yang mempunyai respon paling sensitif terhadap perubahan parameter adalah total penghasilan plasma per KK.

Tabel 5.12. Sensitivitas Keluaran Indikator Keberlanjutan Sosial

Parameter	Total Lahan Plasma		total KK petani plasma		total penghasilan plasma per KK		Total Kredit Plasma per KK		Jumlah Tenaga Kerja		persentase Biaya sosial Investasi		persentase biaya sosial produksi PKS		persentase biaya sosial produksi BD	
	Deviasi		Deviasi		Deviasi		Deviasi		Deviasi		Deviasi		Deviasi		Deviasi	
	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%
Tingkat Inflasi	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	8.48%	-8.70%	-1.55%	1.57%	0.00%	0.00%	0.13%	-0.13%	-1.71%	1.67%	-0.20%	1.86%
Tingkat Suku Bunga Komersial	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	18.20%	-18.57%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.69%	0.00%
Tingkat Suku Bunga Masa konversi	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	15.73%	-16.30%	-4.46%	4.63%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Kurs rupiah terhadap Dolar	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.15%	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.66%	-0.64%	4.29%	-3.92%	-0.53%	0.49%
Tingkat Pembukaan Lahan Inti (Ha/tahun)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.68%	36.25%	0.00%	0.00%	-1.03%	3.87%	0.06%	-0.05%	0.10%	-1.01%	1.62%	0.17%
Tingkat Pembukaan Lahan Plasma (Ha/tahun)	0.00%	0.00%	0.08%	-0.08%	-16.82%	16.77%	0.47%	-0.47%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.41%	-0.41%	-0.05%	0.05%
Persentase Lahan plasma terhadap total lahan	-10.00%	10.00%	-10.01%	10.01%	18.20%	-14.16%	-0.63%	0.50%	1.09%	-1.09%	0.44%	-0.46%	3.73%	-3.65%	-0.15%	0.15%

5.4.3 Analisis Sensitivitas Model pada Keluaran Indikator Aspek Lingkungan

Berikut adalah tabel yang menunjukkan persentase deviasi LCA untuk masing-masing perlakuan parameter yang berbeda-beda.

Tabel 5.13. Sensitivitas Keluaran LCA

Parameter	LCA	
	Deviasi	
	-10%	10%
Tingkat Inflasi	-0.003548442%	0.000108711%
Tingkat Suku Bunga Komersial	-0.003448927%	0.000000000%
Tingkat Suku Bunga Masa konversi	0.000000000%	0.000000000%
Kurs rupiah terhadap Dolar	-0.000119444%	0.000112114%
Tingkat Pembukaan Lahan Inti (Ha/tahun)	-0.587051919%	0.470598192%
Tingkat Pembukaan Lahan Plasma (Ha/tahun)	-0.116662003%	0.116557364%
Persentase Lahan plasma terhadap total lahan	0.000005874%	0.000043981%

Keluaran LCA menghasilkan nilai yang sangat kecil. Deviasi setiap parameter juga memberikan deviasi nilai LCA yang kecil pula. Bahkan parameter tingkat pembukaan lahan ini yang merupakan parameter yang memberikan deviasi LCA paling tinggi dibandingkan dengan parameter lainnya, hanya memberikan nilai deviasi sekitar 0.5% pada nilai LCA. Dari tabel 5.16 diketahui bahwa tingkat pembukaan lahan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai LCA. Untuk parameter suku bunga masa konversi tidak memberikan efek apapun terhadap nilai LCA.

5.4.4 Analisis Sensitivitas Model pada Keluaran lain-lain

Keluaran lain-lain dalam analisis sensitivitas ini adalah keluaran subsidi pemerintah dan total pajak yang dibayarkan. Subsidi pemerintah adalah biaya subsidi yang harus ditanggung pemerintah dalam rangka menanggung selisih pembayaran bunga pembukaan lahan plasma. Pajak yang dimaksud dalam analisis ini adalah pajak penghasilan yang dikeluarkan oleh perusahaan kelapa sawit dan biodiesel.

Berdasarkan tabel 5.14, dapat terlihat bahwa parameter tingkat suku bunga komersial memberikan efek deviasi keluaran subsidi pemerintah paling tinggi dibandingkan dengan parameter lainnya. Efek parameter ini, diikuti oleh parameter tingkat suku bunga masa konversi. Keluaran subsidi pemerintah merepson secara lebih tinggi untuk kedua parameter tersebut sebesar dua sampai

tiga kali lipat lebih tinggi dibandingkan nilai deviasi kedua parameter tersebut yang dibuat. Parameter kurs rupiah terhadap dolar dan parameter tingkat pembukaan lahan inti tidak memberikan efek deviasi apapun terhadap keluaran subsidi pemerintah.

Parameter kurs rupiah terhadap dolar memberikan efek deviasi keluaran total pajak yang dibayarkan. Bahkan nilai deviasi keluaran di atas nilai deviasi parameter. Untuk parameter tingkat suku bunga masa konversi tidak mempengaruhi sama sekali nilai total pajak yang dibayarkan.

Tabel 5.14. Sensitivitas Keluaran Lain-Lain

Parameter	Subsidi Pemerintah		Total Pajak yang dibayarkan	
	Deviasi		Deviasi	
	-10%	10%	-10%	10%
Tingkat Inflasi	-1.545%	1.567%	5.858%	-6.097%
Tingkat Suku Bunga Komersial	-36.22%	37.58%	0.26%	-0.15%
Tingkat Suku Bunga Masa konversi	23.36%	-24.00%	0.00%	0.00%
Kurs rupiah terhadap Dolar	0.00%	0.00%	-14.13%	14.14%
Tingkat Pembukaan Lahan Inti (Ha/tahun)	0.00%	0.00%	-1.86%	0.79%
Tingkat Pembukaan Lahan Plasma (Ha/tahun)	0.55%	-0.55%	-0.16%	0.15%
Persentase Lahan plasma terhadap total lahan	-10.58%	10.55%	1.17%	-1.17%

5.4.5 Analisis Sensitivitas Kelas Lahan

Dari menjalankan simulasi masing-masing kelas lahan dan membandingkan simulasi kelas lahan dengan kelas 3 sebagai dasar penentuan kelas lahan yang digunakan maka akan didapatkan deviasi untuk masing-masing kelas lahan terangkum dalam tabel 5.15.

Dari tabel 5.15 terlihat bahwa kelas lahan tertentu belum tentu lebih bagus dibandingkan dengan kelas lahan lainnya. Untuk indikator lingkungan saja, dapat dilihat bahwa nilai LCA untuk kelas lahan 1 dari proses menjalankan simulasi bernilai paling rendah dibandingkan dengan kelas lahan lainnya walaupun pernah dikatakan bahwa penggunaan kelas lahan 1 mempunyai dampak lingkungan paling tinggi. Namun hal ini tidak berlaku dalam simulasi ini, karena dengan penggunaan kelas lahan 1 maka produktivitas tanaman yang dihasilkan akan lebih tinggi sehingga lahan yang dibutuhkan untuk pembukaan lahan pun menjadi lebih sedikit. Dengan lahan yang lebih sedikit maka akan mengurangi dampak lingkungan yang lebih besar. Dengan kata lain, dengan menghitung kebutuhan

lahan dengan cermat, maka penggunaan kelas lahan berkualitas tinggi dapat menurunkan dampak lingkungan.

Dari segi sosial plasma dan sosial perusahaan, dapat terlihat bahwa penggunaan kelas lahan 1 akan menurunkan tingkat indikator keberlanjutan sosial walaupun hanya satu sisi keluaran yang menguntungkan yaitu keluaran total penghasilan plasma per KK.

Tabel 5.15. Sensitivitas Kelas Lahan

Output	Unit	Kelas Lahan 1	Kelas Lahan 2	Kelas Lahan 4
NPV Pabrik Kelapa Sawit	Rp	0.1075592359	0.0586260375	-0.1965355277
NPV Biodiesel	Rp	-0.0013609091	-0.0010647127	-0.1030773517
Biaya Sosial	Rp	-0.0582350599	-0.0360602727	0.0394251340
LCA	yr	-0.1089557540	-0.0677445123	0.0779715094
Jumlah Tenaga Kerja	Orang	-0.1391409558	-0.0701754386	0.1161524501
total lahan plasma	Ha	-0.1667195556	-0.1041861889	0.1260710006
total KK petani plasma	KK	-0.1665264929	-0.1042893188	0.1261564340
total penghasilan plasma per KK	Rp/KK	1.6571122623	0.9015986101	-0.5929013396
Total Kredit Plasma per KK	Rp/KK	-0.0112451645	-0.0063290417	0.0064098806
Subsidi Pemerintah	Rp	-0.1758990395	-0.1099583090	0.1333749623
Total Pajak yang dibayarkan	Rp	0.0785813967	0.0489431275	-0.0941856775
Persentase Biaya Sosial terhadap investasi PKS	%	-0.0235352449	-0.0121058654	0.0126218646
Persentase Biaya Sosial terhadap biaya produksi PKS	%	-0.1456026477	-0.0892623859	0.1002589522
Persentase biaya Sosial terhadap Biaya produksi Biodiesel	%	-0.0019303333	-0.0011918206	0.0186382729
persentase total pajak terhadap total pendapatan PKS	%	0.0631349675	0.0397109471	-0.0801304680
Persentase Total pajak terhadap total pendapatan perusahaan Biodiesel	%	0.0023872068	0.0014500766	0.0398037670
Persentase penjualan per pekerja PKS	Rp/orang	0.1675097141	0.0703725919	-0.1486075315
Persentase penjualan per luas lahan PKS	Rp/Ha	0.2288146738	0.1321622456	-0.1422626292
Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi PKS	%	-0.0444540431	-0.0278527901	0.0395052279
Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi Perusahaan Biodiesel	%	0.0132504290	0.0080487109	-0.1618338385

5.4.6 Parameter Paling Sensitif

Dari hasil analisis sensitivitas setiap keluaran di atas, maka parameter yang paling sensitif untuk masing-masing parameter terangkum dalam tabel berikut.

Tabel 5.16. Rangkuman Parameter Paling Sensitif untuk masing-masing Keluaran

No	Output	Parameter paling sensitif	-10%	10%
1	NPV Pabrik Kelapa Sawit	Kurs rupiah terhadap Dolar	-15%	15%
2	NPV Biodiesel	Tingkat Inflasi	3.110%	-13.171%
3	LCA	Tingkat Pembukaan Lahan Inti (Ha/tahun)	-0.59%	0.47%
4	Jumlah Tenaga Kerja	Tingkat Pembukaan Lahan Inti (Ha/tahun)	-1%	4%
5	total lahan plasma	Persentase Lahan plasma terhadap total lahan	-10%	10%
6	total KK petani plasma	Persentase Lahan plasma terhadap total lahan	-10.008%	10.008%
7	total penghasilan plasma per KK	Tingkat Suku Bunga Komersial	18%	-19%
8	Total Kredit Plasma per KK	Tingkat Suku Bunga Masa konversi	-4.464%	4.629%
9	Subsidi Pemerintah	Tingkat Suku Bunga Komersial	-36.223%	37.582%
10	Total Pajak yang dibayarkan	Kurs rupiah terhadap Dolar	-14.134%	14.140%
11	Persentase Biaya Sosial terhadap investasi PKS	Kurs rupiah terhadap Dolar	0.662%	-0.643%
12	Persentase Biaya Sosial terhadap biaya produksi PKS	Kurs rupiah terhadap Dolar	4.288%	-3.918%
13	Persentase biaya Sosial terhadap Biaya produksi Biodiesel	Tingkat Inflasi	-0.199%	1.859%
14	persentase total pajak terhadap total pendapatan PKS	Tingkat Inflasi	6.586%	-7.213%
15	Persentase Total pajak terhadap total pendapatan perusahaan Biodiesel	Tingkat Pembukaan Lahan Inti (Ha/tahun)	4.453%	-0.194%
16	Persentase penjualan per pekerja PKS	Kurs rupiah terhadap Dolar	-11.661%	8.023%
17	Persentase penjualan per luas lahan PKS	Kurs rupiah terhadap Dolar	-10.023%	10.027%
18	Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi PKS	Tingkat Inflasi	-1.665%	1.823%
19	Persentase Pendapatan terhadap biaya umum dan administrasi Perusahaan Biodiesel	Tingkat Inflasi	-16.358%	1.394%

Dari tabel 5.16 dapat dibuat analisa sebagai berikut:

1. Parameter tingkat suku bunga komersial memberikan efek paling sensitif ke keluaran Subsidi pemerintah dibandingkan parameter paling sensitif lainnya untuk masing-masing keluaran. Dengan kata lain kebijakan tingkat suku bunga komersial akan direspon lebih tinggi oleh keluaran subsidi pemerintah

atau subsidi pemerintah mendapat efek multiplier dari parameter tingkat suku bunga. Untuk itu, dalam mengambil kebijakan tingkat bunga komersial juga harus memperhatikan efek subsidi pemerintah yang harus dikeluarkan.

2. Urutan keluaran yang mempunyai respon yang paling tinggi terhadap perubahan parameter adalah keluaran subsidi pemerintah, NPV Pabrik Kelapa Sawit dan total pajak yang dibayarkan.
3. Urutan keluaran yang mempunyai respon paling rendah terhadap perubahan parameter adalah keluaran LCA, persentase biaya sosial terhadap investasi PKS dan persentase biaya sosial terhadap biaya produksi perusahaan biodiesel.
4. Parameter yang paling berpengaruh untuk keluaran yang berasal dari indikator keberlanjutan lingkungan adalah parameter tingkat pembukaan lahan inti.
5. Parameter yang berhubungan dengan kebijakan pemerintah yang mempunyai pengaruh paling besar adalah tingkat inflasi yang diikuti oleh parameter kurs rupiah terhadap dolar
6. Dari seluruh parameter yang digunakan, urutan parameter yang paling berpengaruh dalam keluaran adalah tingkat inflasi, kurs rupiah terhadap dolar dan tingkat pembukaan lahan inti

5.5 Penjembatanan Penelitian Selanjutnya

Penelitian ini dapat digunakan untuk perencanaan skenario dengan mengambil opsi kebijakan yang paling berpengaruh untuk seluruh indikator yaitu tingkat inflasi, tingkat suku bunga komersial dan masa konversi, tingkat pembukaan lahan inti dan persentase lahan plasma terhadap total lahan.

BAB 6

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dibuat pada bab awal maka dapat diambil beberapa kesimpulan dari penelitian ini, yaitu:

1. Model indikator keberlanjutan dalam bisnis bahan bakar nabati kelapa sawit ini terdiri dari sub model Ekonomi (Perusahaan Kelapa Sawit dan Biodiesel), Sosial (sosial-ekonomi perusahaan dan plasma) dan Lingkungan.
2. Indikator keberlanjutan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi tiga aspek yaitu aspek ekonomi, sosial dan lingkungan.
3. Parameter yang digunakan dalam analisis sensitivitas terdiri dari tingkat inflasi, tingkat suku bunga (komersial dan masa konversi), kurs rupiah terhadap dolar, tingkat pembukaan lahan (inti dan plasma), persentase lahan plasma terhadap total lahan dan kelas lahan.
4. Parameter yang paling berpengaruh pada indikator ekonomi dan sosial-ekonomi adalah tingkat inflasi dan kurs rupiah terhadap dolar. Parameter yang paling berpengaruh pada indikator lingkungan adalah tingkat pembukaan lahan inti. Parameter yang paling berpengaruh pada indikator sosial adalah tingkat suku bunga dan persentase lahan plasma terhadap total lahan.
5. Parameter yang paling berpengaruh pada opsi kebijakan pemerintah adalah tingkat inflasi dan kurs rupiah terhadap dolar sedangkan pada opsi kebijakan keputusan bisnis adalah tingkat pembukaan lahan inti.
6. Secara keseluruhan, parameter yang mempunyai pengaruh paling besar untuk seluruh indikator adalah tingkat inflasi.
7. Proporsi aspek sosial pada perusahaan biodiesel adalah pada proses produksi dan pada perusahaan kelapa sawit adalah pada aktivitas perkebunan
8. Keluaran yang merespon perubahan parameter paling tinggi adalah subsidi pemerintah dan keluaran yang merespon perubahan parameter paling rendah adalah LCA.
9. Dampak lingkungan dari penggunaan kelas lahan dapat diminimalisir jika dilakukan perhitungan luas lahan yang dibutuhkan dengan cermat.

DAFTAR REFERENSI

- Andersen, Maj Munch. (2004). Innovation system dynamics and sustainable development – Challenges for policy. *Innovation, Sustainability and Policy Conference*.
- Bell, Simon & Morse, Stephen. (2008). *Sustainability indicators*. London: Earthscan
- Bieker, Thomas, et al. (n.d). *Towards A sustainability balanced scorecard linking environmental and social sustainability to business strategy*
- Blacburn, William R. (2008). *The Sustainability handbook*. London: Earthscan
- Brown, Timothy et al. (n.d). Using system dynamics to illustrate the interrelationships of business policy
- Charles R. Harrell dan Kerim Tumay. (1995). *Simulation made easy*. Norcross: Institute of Industrial Engineers
- Colantonio, Andrea. (2007). *Measuring social sustainability: Best Practice from Urban Renewal in the EU*. Oxford: Oxford Brookes University
- Corley, R.H.V dan Tinker, P.B.(2003). *The oil palm*. Oxford: Blackwell
- Dewulf, Jo & Langenhove, Herman Van. (2006). *Renewables-based technology*. Hoboken: John Wiley & Sons
- Departemen Perindustrian RI. (2007). *Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit*
- Ford, Andrew. (1999). *Modeling the environment: An introduction to system dynamics modeling of environmental systems*. Washington: Island Press
- Gerpen, Jon Van, Shanks, B dan Pruszko, R. (2004). *Biodiesel production technology*.
- Gerpen, Jon Van. (2004). *Business management for biodiesel producers*.
- Grosshans, Ray, et al. (2007). *Sustainable harvest for food and fuel*
- Guniee, Jeroen. (2002). *Handbook on life cycle assessment*. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Hitchcock, Darcy & Willard, Marsha. (2006). *The Business guide to sustainability*. London: Earthscan

- Hjorth, Peder dan Bagheri, Ali (2006). Navigating Toward Sustainability Development: A System Dynamic Approach. *future* vol. 74-92
- Knothe, Gerhard. (2005). *The Biodiesel handbook*. Illinois : AOCS Press
- Innovations*. Oil production to continue decreasing until 2009. (2006). *Tempo Interactive*
- Jay W. Forrester. (n.d). System Dinamics, System Thinking and Soft OR. *International Journal of System Dynamics*. Vol 10, No. 2
- Jenna Barnes. (n.d). System Dynamics and Its Use in Organization. *Learning Organization Journal*, No. 0342.511
- Kiwjaroun, Choosak et al. (2009). LCA studies comparing biodiesel synthesized by conventional and supercritical methanol methods, *Journal of Cleaner Production*. vol 17
- Moscardini, Alfredo. (n.d). The Use of System Dynamics Models to evaluate the Credit Worthiness of firms.
- Pahan, Iyung. (2008). *Panduan lengkap kelapa sawit: manajemen agribisnis dari hulu hingga ke hilir*. Jakarta: Penebar Swadaya
- Sergio P. Santos, Valerie Belton dan Susan Howick. (2002) Adding Value to Performance Measurement by Using System Dynamics and Multicriteria Analysis. *International Journal of Operation and Production Management*. vol. 22, no. 11
- Sterman, John D. (2000) *Business dynamics: system thinking and modeling for complex world*. USA: The McGraw Hill Companies, Inc
- Steven G. Bantz and Dr. Michael L. Deaton. (n.d). Understanding U.S. Biodiesel Industri Growth using System Dynamics Modeling
- Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati. (2006). *Blueprint 2006-2025 pengembangan bahan bakar nabati untuk percepatan pengurangan kemiskinan dan pengangguran*
- Urban Ecology Coalition. (1999). *Neighborhood sustainability indicators guidebook*. Minneapolis: Crossroads Resource Center