



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGEMBANGAN MODEL BISNIS MIKRO DAN  
MODEL MAKRO BERBASIS SISTEM DINAMIS  
UNTUK MENGANALISA DAMPAK KEBERLANJUTAN  
DARI INDUSTRI BIODIESEL**

**DISERTASI**

**AKHMAD HIDAYATNO  
NPM 0806400882**

**PROGRAM PASCA SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
JULI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGEMBANGAN MODEL BISNIS MIKRO DAN  
MODEL MAKRO BERBASIS SISTEM DINAMIS  
UNTUK MENGANALISA DAMPAK KEBERLANJUTAN  
DARI INDUSTRI BIODIESEL**

**DISERTASI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor**

**AKHMAD HIDAYATNO  
NPM 0806400882**

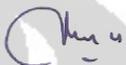
**PROGRAM PASCA SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
JULI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Akhmad Hidayatno

NPM : 0806400882

Tanda Tangan : 

Tanggal : 14 Juli 2011



## LEMBAR PENGESAHAN

Disertasi ini diajukan oleh,

Nama : Akhmad Hidayatno  
NPM : 0806400882  
Program Studi : Teknik Kimia

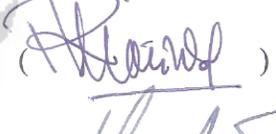
Judul Disertasi : Pengembangan Model Bisnis Mikro dan Model Industri Makro Biodiesel berbasis Sistem Dinamis untuk menganalisa Dampak Keberlanjutan dari Industri Biodiesel

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

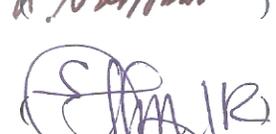
### DEWAN PENGUJI

Promotor : Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA (  )

Ko-Promotor : Prof. Dr. Ir. Teuku Yuri M. Zagloel, M.Eng (  )

Tim Penguji : Prof. Dr. Ir. Roekmijati W.S., M.Si. (Anggota) (  )

Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng. (Anggota) (  )

Dr. Ir. Andy Noorsaman S., D.E.A (Anggota) (  )

Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng (Anggota) (  )

Dr. Nuzul Achjar (Anggota) (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 14 Juli 2011

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan disertasi ini. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan disertasi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan karya ilmiah ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. Ir. Widodo W. Purwanto DEA, selaku promotor dan dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan disertasi ini;
- (2) Prof. Dr. Ir. Teuku Yuri M. Zagloel, M.Eng.Sc, selaku ko-promotor dan dosen pembimbing yang juga telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan disertasi ini;
- (3) Bapak dan Ibu Penguji Sidang S3, Prof. Dr. Ir. Roekmijati W.S., M.Si., Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng, Dr. Nuzul Achjar, Dr. Ir. Andy Noorsaman S., D.E.A dan Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng. yang telah bersedia memberikan perhatian, masukan dan koreksi atas penelitian yang penulis lakukan.
- (4) Ernie Widianty Rahardjo (Nessy), yang selalu setia menemani dan mendukung hingga selesainya penelitian ini. Bapak Ibu dan keluarga besar Ir. Soedjadi Martodiwirjo yang terus menginspirasi dan mendorong saya untuk terus belajar tanpa memandang usia, serta Papa Mama dan keluarga besar Prof. Dr. dr. Eddy Rahardjo Sp.An, KIC yang telah memberikan dukungan untuk selalu menyebarkan ilmu ke generasi berikutnya.
- (5) Aziiz Sutrisno, sahabat muda yang telah banyak mendukung dan membantu saya dalam menyelesaikan penelitian ini. Tim Asisten Laboratorium dan Para Periset “Biodiesel” di Laboratorium Rekayasa Sistem, Pemodelan dan Simulasi, Departemen Teknik Industri atas kekeluargaan, dukungan dan inspirasi untuk terus berkarya.
- (6) Rekan-rekan seperjuangan Mahasiswa Program S3 Teknik Kimia, Keluarga Departemen Teknik Kimia dan Keluarga Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

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

Depok, 14 Juli 2011

Penulis

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

---

---

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

Nama : Akhmad Hidayatno  
NPM : 0806400882  
Program Studi : Teknik Kimia  
Departemen : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Disertasi

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 Bisnis Mikro dan Model Industri Makro Biodiesel berbasis Sistem Dinamis untuk menganalisa Dampak Keberlanjutan dari Industri Biodiesel**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 14 Juli 2011

Yang menyatakan



( Akhmad Hidayatno)

## ABSTRAK

Nama : Akhmad Hidayatno  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : Pengembangan Model Bisnis Mikro dan Model Industri Makro Biodiesel berbasis Sistem Dinamis untuk menganalisa Dampak Keberlanjutan dari Industri Biodiesel

Industri biodiesel berbasis minyak kelapa sawit masih menjadi kandidat terkuat dalam pemenuhan strategi diversifikasi energi dalam bentuk bahan bakar nabati. Pemerintah mengeluarkan kebijakan dengan menargetkan pencampuran solar dengan biodiesel mencapai 20% dari setiap liter biosolar yang dijual pada tahun 2025. Kebijakan ini akan menciptakan pasar bagi biodiesel sehingga diharapkan mampu menarik investasi industri biodiesel, menghasilkan bauran energi berkelanjutan yang lebih baik, meningkatkan pertumbuhan ekonomi, menciptakan lapangan kerja, dan berkontribusi positif kepada lingkungan hidup. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sebuah model kebijakan sebagai media diskusi terhadap potensi dampak positif dan tantangan dari berbagai macam studi akan dampak negatif dari kebijakan ini. Model yang dibangun dengan pendekatan sistem dinamis dan akan mensimulasikan dua tingkat kebijakan: mikro pada tingkat perusahaan dan makro pada tingkat negara. Hasil dari model menunjukkan adanya saling pengaruh antara aspek energi dengan tiga aspek keberlanjutan: ekonomi, sosial dan lingkungan. Penelitian ini juga menguji dua skenario utama yang diharapkan dapat membangkitkan kembali ketertarikan investasi pada industri biodiesel yang saat ini mengalami gejala kelesuan.

**Kata Kunci:**

Biodiesel Kelapa Sawit, Model Dinamika Sistem, Pembangunan Berkelanjutan, Kebijakan Energi

## ABSTRACT

Name : Akhmad Hidayatno  
Study Program : Chemical Engineering  
Title : Development of Micro and Macro Models of Biodiesel Industry in Indonesia to Analyze its impacts based on Three Sustainability Pillars based on System Dynamics Methodology

Indonesia's palm-oil based biodiesel is still the prime candidate for Indonesia's energy diversification strategy to renewable energy in the form of biodiesel fuel. The government has created a mandatory market by targeting 20% blend of biodiesel in all diesel fuel in 2025. In theory, this new market could induce the growth of palm-oil based biodiesel industry as an extension to the already mature palm oil industry. This would result in the development of the biodiesel industry, better renewable energy mix, boost economic growth, create jobs, and at the same time would help environment. These results cover all three aspects of sustainability pillars: economy, social and environment. However, all these perceived positive impacts are also challenged by various studies on the negative impacts of palm oil and biodiesel industry. Therefore, this research aims to develop an integrated multi level model as a tool to capture the complexity and obtain a more comprehensive understanding of the interrelationship dynamics. The model development is based on system dynamics approach. The model results shows that there is visible a tradeoff on energy, socio-economic growth and environmental impact. Given that the current policy is not working, this research evaluates two plausible scenarios on how to restart the development of the biodiesel industry and achieve the biodiesel production target set by the government

**Keywords:**

Palm Oil, Biodiesel Industry, System Dynamics Model, Sustainability, Energy Policy

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Perumusan Masalah .....	3
1.2. Tujuan dan Hipotesis Penelitian .....	4
1.3. Batasan Penelitian .....	5
<b>2. STUDI PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1. Biodiesel Berbasis Minyak Sawit di Indonesia .....	6
2.1.1. Deskripsi dan Keunggulan Biodiesel .....	6
2.1.2. Potensi Industri Kelapa Sawit .....	7
2.1.3. Proses Produksi Biodiesel berbasis Transesterifikasi.....	12
2.1.4. Biodiesel dalam Rencana Pengembangan Energi Terbarukan.....	13
2.1.5. Biodiesel dan Dampak Ekonomi.....	17
2.1.6. Biodiesel dan Dampak Sosial.....	18
2.1.7. Biodiesel dan Dampak Lingkungan .....	19
2.2. Konsep Pembangunan Berkelanjutan .....	26
2.2.1. Pembangunan Berkelanjutan pada Skala Makro Negara.....	28
2.2.2. Keberlanjutan pada Skala Mikro Perusahaan .....	30
2.3. Model-Model Kebijakan Energi .....	37
2.3.1. Analisa Kebijakan Energi .....	38
2.3.2. Pendekatan Sistem Dinamis dalam Pemodelan Kebijakan Energi.....	43
2.3.3. Pendekatan Model Ekonomi Ekonometri dan Sistem Dinamis .....	45
2.3.4. Threshold 21 Model - Energi .....	47
2.3.5. Perbandingan Model Energi Ekonomi dengan Model BSM .....	52
2.4. Rumusan Keterkinian Penelitian ( <i>State of the Art</i> ).....	53
2.4.1. Rumusan Keterkinian ( <i>State of The Art</i> ).....	56
<b>3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>58</b>
3.1. Formulasi Riset .....	59
3.2. Pengembangan Model Mikro Rantai Produksi Biodiesel .....	62
3.3. Pengembangan Model Makro Biodiesel Berkelanjutan.....	64
3.4. Skenario & Analisa .....	65
<b>4. MODEL MIKRO RANTAI PRODUKSI BIODIESEL.....</b>	<b>66</b>
4.1. Konseptualisasi Model Mikro.....	66

4.1.1.	Tujuan Model Mikro.....	66
4.1.2.	Daftar Variabel Utama.....	67
4.1.3.	Batasan dan Asumsi Model Mikro.....	67
4.1.4.	Struktur Kepemilikan Rantai Produksi pada Model Mikro.....	69
4.1.5.	Hipotesa Dinamis Keterkaitan Variabel dalam Model Mikro Biodiesel.....	70
4.2.	Pengembangan Model Mikro.....	74
4.2.1.	Tahapan Umum Proses Produksi Minyak Kelapa Sawit.....	76
4.2.2.	Data Aspek Finansial Mikro.....	78
4.2.3.	Data Aspek Lingkungan Mikro.....	82
4.2.4.	Data Aspek Sosial Model Mikro.....	84
4.3.	Verifikasi dan Validasi Model Mikro.....	85
4.3.1.	Kondisi Ekstrim.....	86
4.3.2.	Error dalam Integrasi.....	88
4.3.3.	Reproduksi Perilaku.....	90
<b>5.</b>	<b>MODEL MAKRO DAMPAK INDUSTRI BIODIESEL.....</b>	<b>99</b>
5.1.	Konseptualisasi Model Makro.....	99
5.1.1.	Tujuan Model Makro.....	99
5.1.2.	Batasan dan Asumsi Model Makro.....	101
5.2.	Hipotesa Dinamis Interaksi Variabel Model Makro.....	101
5.3.	Pengembangan Model Makro Berkelanjutan Indonesia.....	103
5.4.	Integrasi Model Mikro dan Makro Berkelanjutan Indonesia.....	106
5.5.	Verifikasi dan Validasi.....	109
5.5.1.	Kondisi Ekstrim.....	111
5.5.2.	Error dalam Integrasi.....	112
5.5.3.	Reproduksi Perilaku.....	114
<b>6.</b>	<b>SKENARIO DAN ANALISA.....</b>	<b>119</b>
6.1.	Tahapan Analisa dan Pemilihan Indikator Analisa.....	119
6.2.	Dinamika Model Mikro.....	122
6.2.1.	Struktur Biaya dan Pendapatan Rantai Produksi Biodiesel.....	122
6.2.2.	Pengaruh Laju Pembukaan, Metode Pembukaan, dan Kelas Lahan.....	124
6.2.3.	Pengaruh Kepemilikan Rantai Suplai pada Tingkat Mikro.....	127
6.3.	Dinamika Model Makro dan Pengembangan Skenario.....	129
6.3.1.	Pengembangan Skenario.....	130
6.3.2.	Kecukupan Produksi CPO Nasional untuk Skenario DMO.....	134
6.3.3.	Analisa Food vs Fuel.....	137
6.4.	Analisa Perbandingan Antar Skenario.....	140
6.4.1.	Analisa Perbandingan Tiga Skenario.....	143
<b>7.</b>	<b>KESIMPULAN.....</b>	<b>149</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>107</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia (2009).....	8
Tabel 2.2 Tabel Produksi BBN per hektar (Gj/ha) dan kebutuhan lahannya (ha/toe) .....	9
Tabel 2.3 Rencana Bauran Energi berdasarkan PP No 5/2006.....	13
Tabel 2.4 Roadmap Pemanfaatan Biofuel Nasional .....	14
Tabel 2.5 Pentahapan Kewajiban Minimal Pemanfaatan Biodiesel.....	15
Tabel 2.6 Peta Kebijakan yang ada pada Rantai Produksi Biodiesel .....	16
Tabel 2.7 Tabel Kategori dan Sub-Kategori Dampak LCA dalam ISO 14040 ....	26
Tabel 2.8 Kebijakan Energi Terbarukan secara Umum.....	40
Tabel 2.9 Peta Regulasi BBN dalam Analisa Kebijakan.....	40
Tabel 2.10 Tabel Kebijakan Pemerintah dalam bentuk Tiga Aspek Keberlanjutan.....	41
Tabel 2.11 Perbedaan Karakteristik Indonesia dan Brazil dalam Aspek Pemodelan .....	43
Tabel 2.12 Perbandingan Konseptual Model MARKAL, INOSYD, dan BSM .....	53
Tabel 2.13 Pendekatan Simulasi yang Dipakai dalam Membahas Isu BBN .....	54
Tabel 2.14 Peta Pembahasan Topik BBN.....	55
Tabel 3.1 Sumber Data Sekunder untuk Life Cycle Analysis .....	63
Tabel 4.1 Deskripsi dan Batasan Model Mikro.....	66
Tabel 4.2 Daftar Variabel Eksogen, Endogen, dan Diabaikan yang Signifikan .....	68
Tabel 4.3 Roadmap Biodiesel dan Biofuel 2006-2025.....	68
Tabel 4.4 Daftar Konstanta dalam Mikro Model .....	69
Tabel 4.5 Basis data dan Persamaan Proyeksi Variabel Penting .....	69
Tabel 4.6 Tahapan Proses Pengolahan Biodiesel.....	77
Tabel 4.7 Data Indikator Finansial .....	82
Tabel 4.8 Nilai Perhitungan CO <sub>2</sub> pada Fase Non-Produktif/Pembukaan Lahan.....	82
Tabel 4.9 Nilai Perhitungan Dampak Cara Pembukaan Lahan.....	82
Tabel 4.10 Nilai untuk Perhitungan Dampak yang digunakan didalam Model pada Fase Produksi* .....	83
Tabel 4.11 Data Indikator Sosial .....	84
Tabel 4.12 Hasil Verifikasi dan Validasi untuk Model Mikro.....	85
Tabel 4.13 Validasi Nilai Variabel Aspek Finansial Model Mikro.....	97
Tabel 4.14 Validasi Nilai Variabel Aspek Sosial Model Mikro .....	98
Tabel 4.15 Validasi Nilai Variabel Aspek Lingkungan Model Mikro .....	98
Tabel 5.1 Deskripsi dan Batasan Model Makro .....	100
Tabel 5.2 Kelompok Variabel Endogenous dan Exogenous.....	101

Tabel 5.3 Sumber Data dalam Pengembangan Model Makro .....	104
Tabel 5.4 Perbedaan Model T21, T21 Papua, T21 USA Energy dan BSM .....	104
Tabel 5.5 Hubungan Antara Variabel Mikro ke Makro.....	106
Tabel 5.6 Rangkuman Indikator yang Bisa Dihasilkan oleh Model Terintegrasi.....	108
Tabel 5.7 Hasil Verifikasi dan Validasi untuk Model Makro .....	109
Tabel 5.8 Tabel Kompilasi Validasi Riil secara Umum .....	117
Tabel 5.9 Perbandingan Hasil Model pada PDB Riil .....	117
Tabel 5.10 Perbandingan Hasil Model pada Produksi Sektor Pertanian .....	117
Tabel 5.11 Perbandingan Hasil Model pada Populasi .....	118
Tabel 5.12 Perbandingan Hasil Model pada Penggunaan Lahan.....	118
Tabel 5.13 Perbandingan Hasil Model pada Total Kebutuhan Energi .....	118
Tabel 6.1 Rangkuman Indikator Analisa .....	120
Tabel 6.2 Hasil Berbagai Alternatif Kebijakan pada Tingkat Mikro .....	126
Tabel 6.3 Daftar Skenario Pencapaian Target Produksi Biodiesel.....	130
Tabel 6.4 Perubahan Variabel pada Setiap Skenario.....	133
Tabel 6.5 Pungutan Ekspor CPO di Indonesia Berdasarkan Peraturan Menteri Keuangan No. 9/PMK.011/2008 .....	135
Tabel 6.6 Perbandingan Antara Skenario (Angka pada 2025).....	140

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pertumbuhan Luas Lahan Perkebunan Sawit 2009 .....	8
Gambar 2.2 Potensi Lahan Perkebunan Indonesia 2009 .....	9
Gambar 2.3 Pohon Industri Agribisnis Kelapa Sawit.....	11
Gambar 2.4 Diagram Alir Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Sawit dengan Transesterifikasi.....	12
Gambar 2.5 Ilustrasi Multi-Sektor Peranan Pemerintah dalam Industri BBN.....	17
Gambar 2.6 Ilustrasi Langkah-langkah Umum LCA .....	25
Gambar 2.7 Ilustrasi Keseimbangan yang Dicari dalam 3 Aspek Berkelanjutan: Sosial, Ekonomi dan Lingkungan .....	28
Gambar 2.8 Struktur Indikator Index dari HDI.....	30
Gambar 2.9 Variabel yang dinilai dalam "Show Me the Money" Model .....	33
Gambar 2.10 "Show Me the Money" Model .....	33
Gambar 2.11 Corporate Sustainability Model.....	34
Gambar 2.12 Sustainable Operating System (SOS) Model .....	35
Gambar 2.13 Kombinasi Perbaikan Internal dan Tuntutan Eksternal dalam Berbagai Strategi Keberlanjutan Korporasi .....	37
Gambar 2.14 Matriks Topik Penelitian tentang Kebijakan Energi .....	38
Gambar 2.15 Peta Alternatif Kebijakan secara Umum .....	39
Gambar 2.16 Perbandingan antara Biaya Produksi Biodiesel dan Harga Minyak Bumi .....	42
Gambar 2.17 Ilustrasi Kerangka Kerja Model Threshold 21 .....	48
Gambar 2.18 Diagram Pertumbuhan Ekonomi .....	50
Gambar 2.19 Matriks <i>State-of-the-Art</i> .....	56
Gambar 3.1 Ilustrasi Interaksi antara Model Mikro dan Model Makro .....	58
Gambar 3.2 Alir Metodologi Penelitian .....	59
Gambar 3.3 Diagram Sistem tentang Permasalahan yang Diteliti .....	61
Gambar 4.1 Struktur Kepemilikan Usaha Biodiesel .....	70
Gambar 4.2 CLD untuk Rantai Produksi Biodiesel .....	72
Gambar 4.3 Metodologi Pengembangan Model Mikro .....	75
Gambar 4.4 Ilustrasi Struktur Sederhana Model Mikro .....	76
Gambar 4.5 Struktur Model Finansial untuk Produsen Kelapa Sawit.....	80
Gambar 4.6 Struktur Model Finansial untuk Produsen Biodiesel.....	81
Gambar 4.7 Lahan Potensial yang Tersedia pada Kondisi Ekstrim .....	86
Gambar 4.8 Konsumsi Ketersediaan Lahan Potensial pada Kondisi Ekstrim .....	87
Gambar 4.9 Ekspansi Lahan Inti dan Plasma pada Kondisi Ekstrim .....	87
Gambar 4.10 Total Lahan Inti dan Plasma pada Kondisi Ekstrim .....	88
Gambar 4.11 Produksi Tandan Buah Segar Inti dan Plasma, Produksi Minyak Kelapa Sawit, serta Produksi Biodiesel pada <i>Time Step</i> 1 Tahun.....	89

Gambar 4.12 Produksi Tandan Buah Segar Inti dan Plasma, Produksi Minyak Kelapa Sawit, serta Produksi Biodiesel pada <i>Time Step</i> 0.5 Tahun.....	89
Gambar 4.13 Harga Biodiesel dinaikkan sehingga Margin Biodiesel Meningkat.....	90
Gambar 4.14 Perbandingan Profitabilitas Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel.....	91
Gambar 4.15 Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel dan Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel.....	92
Gambar 4.16 Harga Biodiesel diturunkan sehingga Margin Biodiesel menurun.....	92
Gambar 4.17 Perbandingan Persepsi Profitabilitas Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel .....	93
Gambar 4.18 Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel dan Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel .....	93
Gambar 4.19 Produksi Minyak Kelapa Sawit, Suplai Minyak Kelapa Sawit untuk Biodiesel, Suplai Minyak Kelapa Sawit untuk Ekspor, serta Produksi Biodiesel pada 2 Kondisi Berbeda .....	94
Gambar 4.20 Perbandingan Harga Minyak Kelapa Sawit Aktual dengan Harga Minyak Kelapa Sawit Simulasi .....	95
Gambar 4.21 Perbandingan Harga Tandan Buah Segar Aktual dengan Harga Tandan Buah Segar Simulasi.....	95
Gambar 4.22 Perbandingan Harga Minyak Inti Kelapa Sawit (MIKS) Aktual dengan Harga MIKS Simulasi.....	96
Gambar 5.1 Interpretasi CLD dari Model BSM.....	102
Gambar 5.2 Metodologi Pengembangan BSM yang diadaptasi dari T21 .....	103
Gambar 5.3 Sub-Model dan Modul dalam BSM .....	105
Gambar 5.4 Ilustrasi Struktur Sederhana Model Makro.....	107
Gambar 5.5 Validasi Riil dari setiap variable pengamatan (Bagian 1) (a) Populasi, (b) Permintaan Energi Total, (c) PDB Riil Perkapita (Tahun 2000 sebagai dasar), (d) Pengurangan Lahan Hutan, (e) Produksi Pertanian (USD), (f) Produksi Industri (USD), (g) Pendapatan Pemerintah (USD), (h) Produksi Jasa (USD), (i) Pengeluaran pemerintah (USD).....	110
Gambar 5.6 Validasi Riil dari setiap variable pengamatan (Bagian 2) (a) PDB Riil (USD), (b) Pengangguran (ribu orang), (c) Permintaan BBM Transportasi (juta liter), (d) Permintaan Tenaga Kerja (juta orang), (e) Emisi Gas Rumah Kaca (juta ton), (f) Jejak Karbon Per Kapita (ton).....	111
Gambar 5.7 Uji Ekstrimitas Pada Kebutuhan Lahan.....	112
Gambar 5.8 Gambar Basis Hasil pada <i>Time Step</i> 45 hari .....	113
Gambar 5.9 Gambar Keluaran Menggunakan <i>Time Step</i> 22 Hari (setengah kali <i>Time Step</i> alami).....	113

Gambar 5.10 Gambar Keluaran Menggunakan <i>Time Step</i> 90 Hari (dua kali <i>Time Step</i> alami) .....	113
Gambar 5.11 Hubungan antara GDP dan Tenaga Kerja.....	114
Gambar 5.12 Hubungan Jumlah Populasi dan Total Permintaan Energi .....	115
Gambar 5.13 Perbandingan Emisi dan Produksi.....	115
Gambar 5.14 Perbandingan Antara PDB dengan Indeks Teknologi .....	116
Gambar 6.1 Kerangka Analisa .....	119
Gambar 6.2 Struktur Biaya Produsen Biodiesel Independen.....	123
Gambar 6.3 Efek Perubahan Harga CPO kepada IRR .....	123
Gambar 6.4 Nilai Produktivitas Lahan .....	125
Gambar 6.5 Perbedaan IRR pada Setiap Kelas Lahan .....	125
Gambar 6.6 Angka Indeks Keberlanjutan untuk Produsen Independen.....	128
Gambar 6.7 Angka Indeks Keberlanjutan untuk Produsen Terintegrasi .....	128
Gambar 6.8 Perbandingan Biaya Produksi Biodiesel dan Alternatif Proyeksi Harga Minyak Dunia di MOPS .....	132
Gambar 6.9 Proyeksi Kebutuhan CPO Dalam Negeri.....	134
Gambar 6.10 Perbandingan Produksi dan Kebutuhan CPO Nasional.....	135
Gambar 6.11 Proyeksi Produksi dan Kebutuhan Total Nasional CPO .....	136
Gambar 6.12 Pergerakan Komposisi Kebutuhan dan Konsumsi CPO.....	137
Gambar 6.13 Perilaku Sektor Produksi (Jasa, Industri, Pertanian) .....	142
Gambar 6.14 Perilaku Variabel Pengangguran di Tiga Skenario .....	142
Gambar 6.15 Penurunan Luas Hutan.....	143
Gambar 6.16 Radar Perbandingan Tiga Skenario .....	144
Gambar 6.17 Perbandingan Emisi Nasional CO <sub>2</sub> antara Metode Pembukaan Lahan.....	145
Gambar 6.18 Kontribusi Pendapatan PE CPO sesuai Proyeksi Harga Dunia ....	146
Gambar 6.19 Prediksi Pola Pertumbuhan Industri Biodiesel.....	147

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

Subsidi yang diberikan untuk bahan bakar minyak telah menjadi beban rutin yang harus dialokasikan dalam anggaran belanja pemerintah Indonesia setiap tahunnya. Untuk mengurangi beban ini, terutama ketika terjadi lonjakan harga minyak mentah dunia pada tahun 2008, pemerintah telah bertekad untuk memprioritaskan pengembangan energi alternatif keterbarukan sehingga mencapai 17% dari seluruh suplai energi nasional (Inpres No. 5/2006, 2006). Bahan Bakar Nabati (BBN) juga menjadi salah satu bauran energi nasional yang harus dikembangkan oleh pemerintah sampai dengan tahun 2025 dengan komposisi hingga 5% dari kebutuhan energi nasional, sehingga pemerintah akhirnya menyusun serangkaian kebijakan, mulai dari tingkatan undang-undang hingga ke peraturan menteri untuk mewujudkan target ini. Kebijakan pertama adalah melalui penciptaan pasar atas bahan bakar nabati dengan menetapkan mandat pemakaian bahan bakar nabati secara berjenjang dan ditargetkan pada tahun 2025 pasokan biodiesel mencapai 10.22 juta KL atau setara dengan 20% konsumsi solar nasional, serta pasokan bioethanol mencapai 6.28 milyar liter atau setara dengan 15% konsumsi premium nasional (Biofuel National Team, 2006).

Minyak Kelapa Sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO) merupakan potensi terbesar dan paling siap sebagai sumber BBN untuk biodiesel bagi Indonesia, karena Indonesia adalah produsen CPO terbesar di dunia. Data tahun 2005 menyebutkan prosentase pangsa pasar ekspor dunia CPO Indonesia mencapai 39.3%, dengan produksi mencapai 13,112,000 ton dari total lahan mencapai 5,502,219 hektar (IPOB, 2007). Potensi sumber biodiesel lainnya, seperti minyak jarak, belum memiliki skala volume produksi yang cukup untuk dikembangkan sebagai sebuah industri yang dewasa.

Potensi yang besar ini juga dihadapkan terhadap tantangan multi aspek terhadap pengembangan biodiesel, yaitu aspek finansial, aspek lingkungan dan aspek sosial. Pada aspek finansial akibat dari harga bahan bakar minyak di pasar nasional yang relatif rendah karena disubsidi pemerintah, membuat harga jual

biodiesel juga tidak menarik untuk melakukan produksi, terutama investor swasta. Pemerintah mendorong pihak swasta untuk menjadi motor dalam penyediaan BBN dengan mempertimbangkan kepemilikan lahan perkebunan industri yang didominasi oleh investasi swasta. Sebuah investasi tentunya akan menarik jika layak secara finansial serta memiliki peluang pertumbuhan yang pasti, dan peranan pemerintah untuk menciptakan kondisi ini menjadi sangat penting.

Pada aspek lingkungan, ekspansi industri biodiesel yang juga mendorong ekspansi perkebunan kelapa sawit dan mengambil alih fungsi hutan (Koh & Ghazoul, 2008) sehingga menambah emisi gas rumah kaca atau *Green House Gasses* (GHG) dan mengurangi penyerapan GHG (Reijnders & Huijbregts, 2008; Vries, 2008). Pada aspek sosial, ketakutan terbesar adalah peningkatan harga bahan makanan dunia akibat konversi penggunaan tanaman pangan, serta pengalihan alokasi lahan produktif, yang akhirnya berdampak terbesar kepada rakyat miskin (Koh & Ghazoul, 2008).

Status perkembangan industri biodiesel nasional saat ini memang tidak menggembirakan. Awalnya pada November 2008, diperkirakan terdapat 11 pabrik komersial dan tiga pabrik skala kecil berkapasitas kurang dari 1.000 ton per tahun (Dillon, Laan, & Dillon, 2008). Total produksi keseluruhan diperkirakan mencapai 1,6 juta ton atau setara dengan 1.810 juta liter (dengan estimasi densitas rata biodiesel adalah 0,88 liter per m<sup>3</sup> yang bervariasi tergantung suhu, sehingga 1 ton setara dengan 1.136 liter). Tetapi pada tahun 2010 ini diperkirakan campuran biodiesel pada produk biosolar pada kenyataannya hanya mencapai kurang dari 1.5% dan diperkirakan bahwa hanya tinggal 1 produsen biodiesel yang beroperasi dengan kapasitas hanya 50% kapasitas terpasang. (Bromokusumo, 2009).

Kondisi yang kurang menggembirakan ini menunjukkan bahwa kompleksitas yang terjadi dalam pengembangan industri biodiesel berbasis minyak sawit masih belum sepenuhnya dipahami oleh pemerintah. Untuk membantu proses pemahaman ini diperlukan dukungan sebuah model kebijakan yang bisa dipakai untuk memahami kompleksitas secara multi skala (multi tingkatan): dari tingkat mikro maupun tingkat makro. Tingkatan mikro adalah produsen biodiesel yang membutuhkan iklim usaha yang kondusif, sedangkan tingkatan makro adalah sisi

pemerintah yang membutuhkan gambaran bagaimana kontribusi industri biodiesel sesungguhnya. Model ini menjadi alat bantu untuk menyusun alternatif kebijakan yang dapat mendorong produksi biodiesel sesuai target serta mengevaluasi kontribusi dan dampak dari adanya industri biodiesel terhadap indikator keberlanjutan dan indikator energi secara nasional berupa sebuah model kebijakan yang multi tingkatan yang mampu menggambarkan kompleksitas permasalahan yang terjadi secara multi-aspek, multi tingkatan dan jangka panjang sesuai jangka waktu target pemenuhan BBN.

Secara umum, beberapa penelitian tentang model kebijakan mengenai energi terbarukan berupa bahan bakar nabati lebih banyak membahas ke satu tingkat atau satu sektor saja (Bantz & Deaton, 2006; Grosshans, Kevin M., & Jacobson, April 2007; Morrone, J.Stuart, McHenry, & L.Buckley, February 2009) . Pendekatan simulasi yang dilakukan juga mengarah kepada optimasi untuk mencari tujuan terbaik (Papapostolou, Kondili, & Kaldellis, 2008), dan tidak ditujukan untuk mendapatkan pemahaman dinamis secara lengkap dari interaksi faktor-faktor penting dalam pengembangan bahan bakar nabati ini. Sehingga dibutuhkan sebuah model kebijakan yang membahas secara lengkap dan lebih luas dari sekedar aspek energi dan ekonomi saja, tetapi juga oleh isu-isu sosial dan lingkungan, karena pembahasan pengembangan industri biodiesel tidak bisa dilepaskan dari seluruh aspek-aspek ini yang kita kenal sebagai aspek keberlanjutan (*sustainability*).

### **1.1. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah pada penelitian ini mencakup:

- Apa alternatif kebijakan yang secara realistis yang dapat mendorong kembali ketertarikan investasi bagi produsen biodiesel pada tingkat mikro?
- Pada saat yang sama dapat diketahui bagaimana kontribusi dan dampak dari setiap alternatif kebijakan secara makro nasional jika perkembangan industri biodiesel berhasil dipicu kembali untuk memenuhi target pencapaian produksi biodiesel?

## 1.2. Tujuan dan Hipotesis Penelitian

Tujuan penelitian adalah mendapatkan sebuah model industri biodiesel secara lengkap multi-tingkatan dan multi-aspek yang dapat menggambarkan hubungan timbal-balik antara tiga aspek berkelanjutan (lingkungan, sosial dan ekonomi) dan aspek energi, sehingga mampu didapatkan pemahaman yang utuh untuk menciptakan kebijakan pengembangan industri biodiesel yang lebih baik.

Tujuan ini dikembangkan lebih lanjut menjadi tujuan yang berbeda sesuai pada setiap tingkatan model, yaitu

- Mendapatkan model mikro satu rantai produksi biodiesel dan mengeluarkan 3 aspek indikator keberlanjutan dan energi berupa produk biodiesel untuk mengevaluasi ketertarikan produksi biodiesel terhadap kebijakan yang dilakukan pemerintah.
- Mendapatkan model makro pembangunan industri biodiesel berkelanjutan pada tingkat nasional Indonesia untuk mengevaluasi dampak berkelanjutan dari perkembangan industri biodiesel dari setiap alternatif kebijakan yang akan mengembangkan kembali industri biodiesel.

Hipotesis penelitian ini adalah:

- Tanpa perubahan pendekatan kebijakan pemerintah yang lebih integratif dan multi-perspektif terhadap industri biodiesel Indonesia maka industri ini tidak akan berkembang dan berkontribusi terhadap aspek berkelanjutan dan target bauran energi di Indonesia.
- Terdapat sebuah kebijakan yang akan mendorong industri biodiesel untuk mampu berkembang yang akan memberikan kontribusi maupun dampak secara nasional yang tidak hanya berfokus kepada aspek energi saja tetapi juga mengubah aspek ekonomi, sosial dan lingkungan akibat dari kompleksitas karakteristik dari industri biodiesel.

### 1.3. Batasan Penelitian

Beberapa batasan umum dilakukan untuk lebih mengarahkan hasil dari penelitian ini, yaitu:

- a) Produk BBN yang dibahas adalah yang bersumber dari CPO yaitu biodiesel, karena bahan baku biodiesel telah mencapai skala industri dan penguasaan teknologi produksi yang telah dikuasai oleh Indonesia.
- b) Pengembangan keseluruhan model menggunakan pendekatan sistem dinamis, dengan pertimbangan utama kemampuannya menunjukkan keterkaitan antar variabel yang sesuai dengan salah satu tujuan pengembangan model serta jangka waktu pemodelan yang panjang.
- c) Batasan waktu analisa adalah 2006 – 2025 sesuai dengan ruang waktu target pemenuhan BBN pemerintah
- d) Batasan sistem mencakup batasan geografis adalah Indonesia walaupun biaya sistem distribusi maupun jarak yang biasanya menjadi tantangan tersendiri bagi kondisi kepulauan luas diabaikan.
- e) Batasan variabel aktor serta kebijakan adalah sesuai dengan peraturan perundangan yang ada hingga tahun 2008.

Batasan yang lebih detail penelitian yang merupakan asumsi dan batasan model secara detail dijelaskan pada setiap tahapan pengembangan model, terutama pada bagian konseptualisasi pada buku disertasi ini dan pada penjelasan setiap modul model pada lampiran disertasi ini.

## **BAB 2 STUDI PUSTAKA**

Studi pustaka dimulai dengan studi tentang potensi dan tantangan biodiesel berbasis di Indonesia, tentang penggunaan pemodelan untuk kebijakan energi, konsep berkelanjutan pada tingkatan mikro dan makro, serta ditutup dengan formulasi keterkinian penelitian.

### **2.1. Biodiesel Berbasis Minyak Sawit di Indonesia**

Biodiesel berbasis minyak sawit memiliki keunggulan baik secara teknis sebagai bahan bakar yang dicampurkan dengan bahan bakar diesel maupun secara produktivitas energi yang dihasilkan. Selain itu terdapat pula potensi pengembangan industri minyak sawit yang saat ini mendominasi pengembangan perkebunan Indonesia dengan luas lahan yang masih tersedia.

#### 2.1.1. Deskripsi dan Keunggulan Biodiesel

Biodiesel adalah BBN yang dibuat dari minyak kelapa sawit yang baru maupun dari bekas penggunaan memasak (minyak goreng) yang diolah melalui proses transesterifikasi, esterifikasi, maupun proses esterifikasi–transesterifikasi yang secara teknologi produksi telah dikuasai di Indonesia. Proses transesterifikasi merupakan proses produksi biodiesel yang sering digunakan dengan pertimbangan biaya, kebutuhan energi yang kecil dan tingginya tingkat konversi yang didapatkan walaupun didalam prosesnya membutuhkan air yang tinggi untuk menghilangkan residu dan garam. Pertimbangan biaya dan dampak lingkungan juga menimbulkan pencarian akan metode yang lebih efektif dan hemat melalui teknologi *dry washing*, pencarian *adsorbents*, katalis dan teknologi lainnya (Janaun & Ellis, 2010). Hanya saja teknologi ini masih belum di komersialisasi secara meluas.

Biodiesel sebagai BBN digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM pada motor diesel. Biodiesel dapat digunakan baik dalam bentuk 100 % (B100) atau campuran dengan minyak solar pada tingkat konsentrasi tertentu (Bxx). Sebagai contoh 10% biodiesel dicampur dengan 90% solar dikenal dengan nama

B10. Campuran biodiesel dengan solar yang ada di pasar Indonesia dikenal dengan merk “biosolar”. Biosolar merupakan produk dagang PERTAMINA untuk biodiesel yang ketika pertama kali dikenalkan berupa campuran antara 95% solar produksi kilang Balongan dan 5% biodiesel *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME).

Bahan bakar yang berbentuk cair ini memiliki sifat menyerupai solar sehingga sangat prospektif untuk dikembangkan. Disamping sifatnya yang menyerupai solar, biodiesel memiliki kelebihan dibandingkan dengan solar. Kelebihan biodiesel dibanding solar adalah sebagai berikut: bahan bakar yang ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (*free sulphur, smoke number* rendah) sehingga sesuai dengan isu-isu global, *cetane number* lebih tinggi (> 57) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan dengan minyak kasar, memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin; *biodegradable* (dapat terurai), merupakan *renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbarui, dan meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal. Biodiesel juga dapat memperpanjang umur mesin dan meningkatkan keandalan mesin. (Basha, Gopal, & Jebaraj, 2009)

Mesin diesel sendiri yang diberi nama dari penemunya yaitu Rudolf Diesel, sebenarnya didesain sejak awal untuk menggunakan minyak nabati, tetapi sesuai dengan berjalannya waktu, ditemukan alternatif minyak solar yang bersumber dari minyak bumi (petro-diesel) yang lebih murah dan memiliki kelebihan lainnya (Pahl, 2008), sehingga kemampuan ini tenggelam bersamaan dengan semakin populernya petro-diesel.

*“The use of vegetable oils for engine fuels may seem insignificant today, but such oils may become, in the course of time, as important as petroleum and coal-tar products of the present time”*  
(Rudolf Diesel, 1912)

### 2.1.2. Potensi Industri Kelapa Sawit

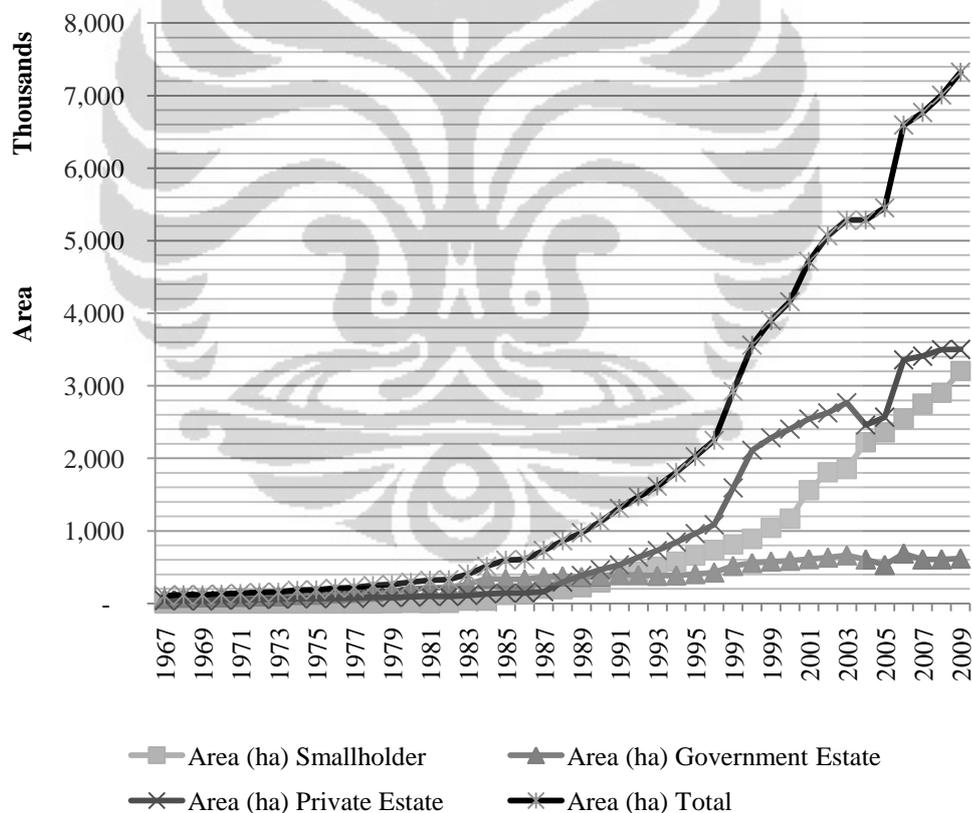
Saat ini sebagian besar lahan perkebunan sawit masih didominasi di pulau Sumatera kemudian Kalimantan, yang keduanya dianggap sebagai kawasan barat Indonesia, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1. Kawasan barat Indonesia telah dianggap lebih maju sehingga fokus pembangunan sedang diarahkan

kawasan timur dengan kandidat terkuat tentunya adalah Sulawesi dan Papua. Hal ini yang menjadi dasar argumen pemerintah bahwa pengembangan biodiesel akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat terpencil, yang saat ini lebih banyak berada pada kawasan timur Indonesia.

**Tabel 2.1 Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia (2009)**

Industri Minyak Kelapa Sawit	Sumatera	Kalimantan	Sulawesi	Bagian Indonesia Lainnya
Kepemilikan Lahan (ha)				
• Pemerintah	2.548.514	504.441	119.924	35.143
• Perusahaan Swasta	2.094.572	1.301.301	88.705	16.128
• Petani	485.771	71.882	22.096	37.420
Produktivitas Lahan (kg/ha)	3.950	3.475	3.600	3575
Kapasitas Produksi Minyak Sawit (ton FFB/hour)	14.968	2.716	270	290
Jumlah Industri	349	57	8	7

Sumber: (Pusat Data dan Informasi Departemen Pertanian, 2009)

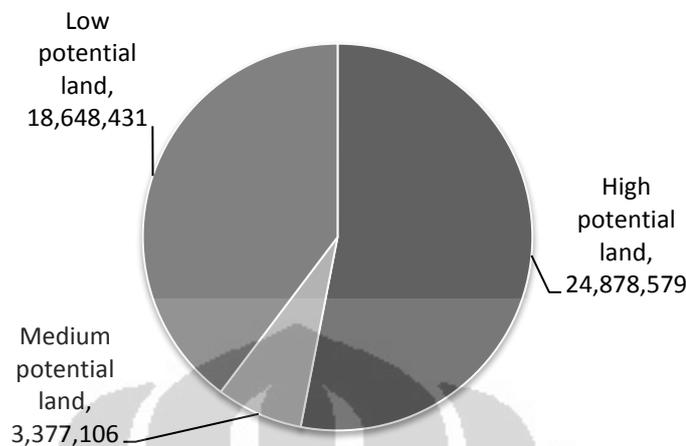


**Gambar 2.1 Pertumbuhan Luas Lahan Perkebunan Sawit 2009**

Sumber: (Pusat Data dan Informasi Departemen Pertanian, 2009)

Gambar 2.1 menunjukkan kecepatan pertumbuhan investasi yang dilambangkan pada luas lahan kelapa sawit yang melonjak tinggi dari tahun 90-an hingga saat

ini. Minat yang dipicu oleh menariknya harga minyak kelapa sawit ke pasar luar negeri. Gambar 2.2 menunjukkan potensi lahan yang masih tersedia, dan masih didominasi oleh tanah dengan potensi tinggi (*high potential land*).



**Gambar 2.2 Potensi Lahan Perkebunan Indonesia 2009**

Sumber: (Pusat Data dan Informasi Departemen Pertanian, 2009)

Produksi minyak kelapa sawit dan potensinya menyebabkan minyak sawit menjadi salah satu kandidat dalam program pengembangan bahan bakar nabati. Apalagi minyak kelapa sawit dibandingkan dengan tanaman lain memiliki rasio energi biodiesel per hektar terbaik berdasarkan teknologi yang tersebar luas saat ini (Escobar et al., 2008), seperti yang dibandingkan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Tabel Produksi BBN per hektar (Gj/ha) dan kebutuhan lahannya (ha/toe)**

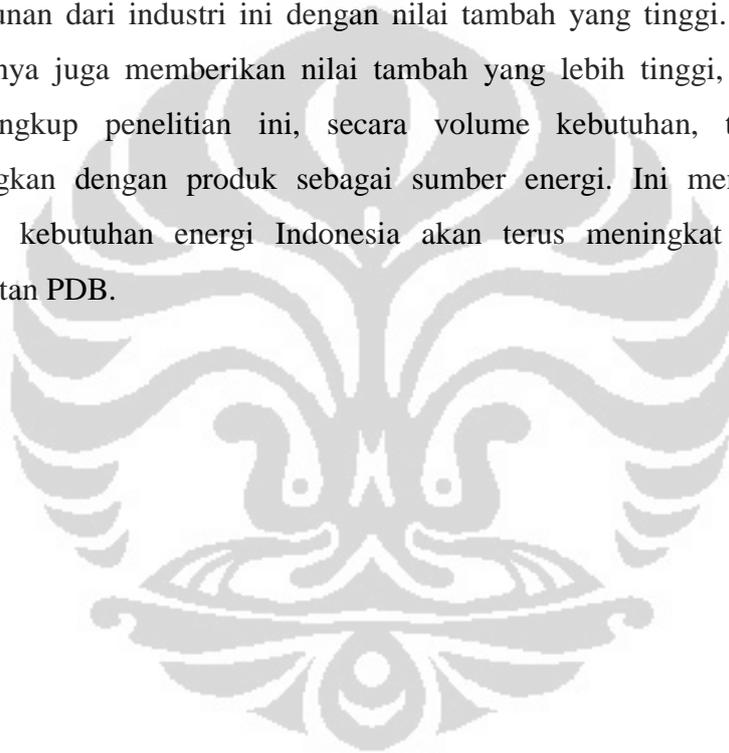
Generation	Biofuels	Gj/ha	ha/toe
1°	Sunflower biodiesel	36	1.17
	Soybean biodiesel	18–25	2.35–1.67
	Wheat ethanol	53–84	0.79–0.50
	Corn ethanol	63–76	0.66–0.55
	Sugar beet ethanol	117	0.36
	Sugarcane ethanol	110–140	0.38–0.30
	Palm oil	158.4	0.285
2°	Switchgrass ethanol	228–407 (future)	0.18–0.10
	FT biodiesel–eucalyptus crop	460–620	0.08
	Eucalyptus crop–methanol	800–1000	0.04
	Eucalyptus crop–DME	850–1100	0.04

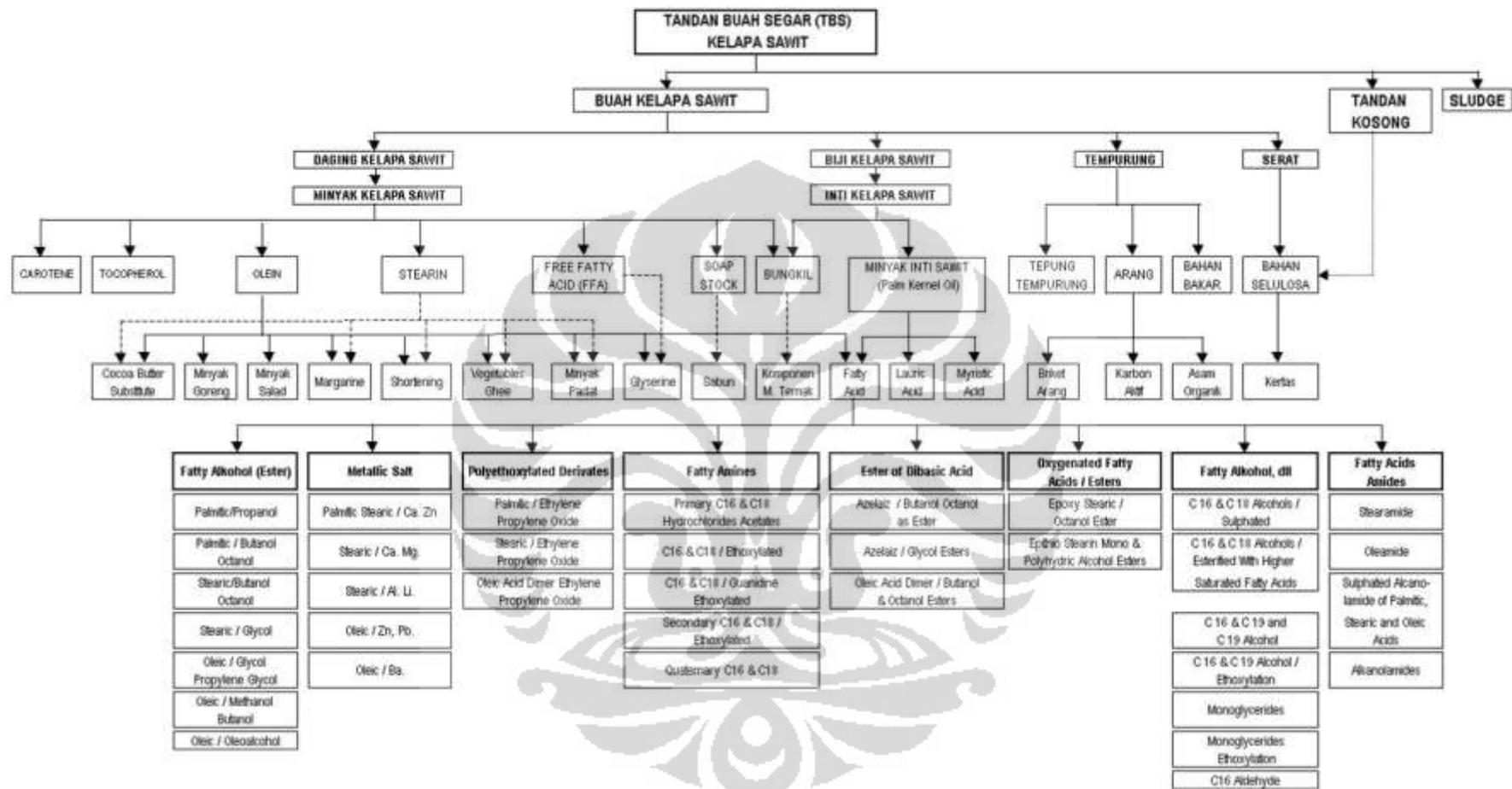
Sumber: (Escobar, et al., 2008)

Dalam konsep pertanian yang holistik, dianut pandangan bahwa setiap bagian tanaman sejak panen dapat dijadikan bahan dasar industri tanpa sisa yang berarti.

Paham ini melahirkan efek berganda (*multiplier effects*) yang disebut pohon industri agribisnis yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Produk dari perkebunan kelapa sawit pada tingkat perkebunan yaitu buah yang berbentuk tandan buah segar (TBS). TBS diolah di unit ekstraksi yang berlokasi di perkebunan menjadi produk setengah jadi yang berbentuk minyak kelapa sawit (MKS), dan minyak inti kelapa sawit (MIKS). CPO (MKS) dan *palm kernel* (MIKS) dapat diolah menjadi bermacam-macam produk lanjutan dengan bermacam-macam produk bahan jadi akhir, baik yang bisa dimakan (*edible*) maupun tidak (*nonedible*).

Pada saat ini produk turunan kelapa sawit berupa minyak goreng mendominasi jenis turunan dari industri ini dengan nilai tambah yang tinggi. Produk turunan jadi lainnya juga memberikan nilai tambah yang lebih tinggi, tetapi di dalam ruang lingkup penelitian ini, secara volume kebutuhan, tidak signifikan dibandingkan dengan produk sebagai sumber energi. Ini mempertimbangkan dominasi kebutuhan energi Indonesia akan terus meningkat seiring dengan peningkatan PDB.



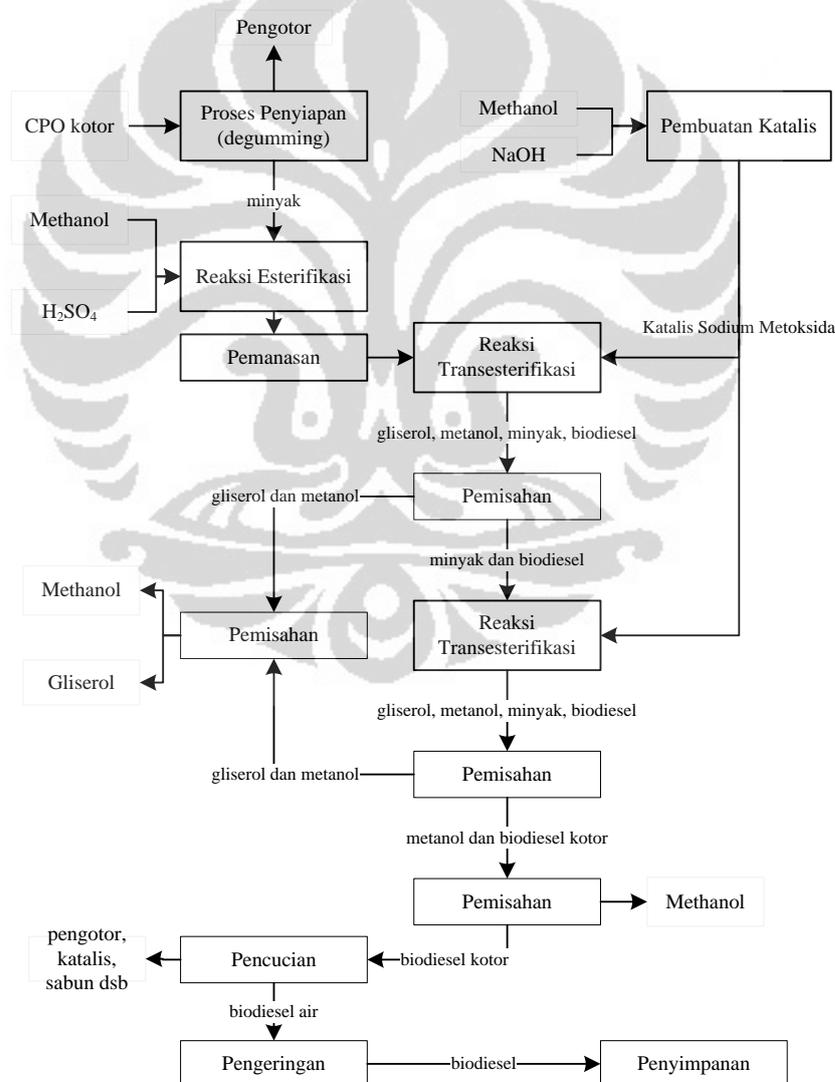


Gambar 2.3 Pohon Industri Agribisnis Kelapa Sawit

(sumber: "Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit", Depperin, 2007)

### 2.1.3. Proses Produksi Biodiesel berbasis Transesterifikasi

Proses produksi biodiesel yang dilakukan pada saat ini umumnya adalah transesterifikasi minyak dengan alkohol melalui katalisis basa, mengingat cara ini merupakan cara yang paling ekonomis karena membutuhkan temperatur dan tekanan atmosferik yang relatif rendah (150 F, 20psi), menghasilkan tingkat konversi tinggi (98%) dan tidak membutuhkan material dan konstruksi yang rumit. Proses lainnya, yaitu esterifikasi minyak dengan methanol melalui katalisis langsung dan konversi minyak ke *fatty acid* ke *alkyl ester* melalui katalisis asam, kurang ekonomis (Nugraha, 2007). Secara umum proses ini digambarkan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4 Diagram Alir Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Sawit dengan Transesterifikasi**

Proses dimulai dengan penyiapan bahan baku CPO kotor untuk menyiapkan bahan baku sehingga mengurangi tingkat kesulitan pemurnian produk pada proses esterifikasi yang mencakup pembersihan kotoran (*degumming*) dan menaikkan temperatur mencapai suhu operasional. Pada saat yang sama juga diproduksi katalis sodium metoksida dari metanol dan NaOH. Proses berikutnya adalah reaksi transesterifikasi pada temperatur 60 °C selama 4-6 jam yang untuk mendapatkan hasil yang lebih tinggi dilakukan secara dua tahap. Dari proses ini akan didapatkan metil ester dan gliserol kotor yang masing-masing akan menuju ke proses pencucian untuk pemurnian biodiesel.

#### 2.1.4. Biodiesel dalam Rencana Pengembangan Energi Terbarukan

Basis kebijakan bahan bakar nabati Indonesia dimulai dari Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006, yang menargetkan bahwa pada tahun 2025 tercapai energi mix primer yang memasukkan unsur energi alternatif terbarukan, seperti yang dicantumkan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Rencana Bauran Energi berdasarkan PP No 5/2006**

Jenis Energi Terbarukan	2005	2025 Tanpa Perubahan	2025 Dengan Perubahan
<b>Tenaga Air</b>	3,11%	1,9%	EBT
<b>Panas Bumi</b>	1,32%	1,1%	EBT
<b>Gas Bumi</b>	28,57%	20,6%	30%
<b>Minyak Bumi</b>	51,66%	41,7%	30%
<b>Batubara</b>	15,34%	34,6%	33%
<b>Energi Baru Terbarukan (EBT)</b>			
- Panas Bumi	-	-	5%
- Bahan Bakar Nabati (BBN)	-	-	5%
- Biomasa, Nuklir, Air, Surya, Angin	-	-	5%
- Batabara Dicairkan	-	-	2%

Pada Tabel 2.3, BBN sebagai salah satu energi terbarukan berperan penting dalam pencapaian target ini, dengan komposisi hingga 5% dari kebutuhan energi nasional, sehingga pemerintah akhirnya menyusun 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. Hasilnya adalah

sebuah *Blueprint* dan *roadmap* (Tabel 2.4) 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 BBN dalam bauran energi nasional (Biofuel National Team, 2006).

**Tabel 2.4 Roadmap Pemanfaatan Biofuel Nasional**

Tahun	2005-2010	2011-2015	2016-2025
<b>Pemanfaatan Biodiesel</b>	10% Blending Solar 2.41 juta kl	15% Blending Solar 4.52 juta kl	20% Blending Solar 10.22 juta kl
<b>Pemanfaatan Total BBN</b>	2% Energi Mix Nasional 5.29 juta kl	3% Energi Mix 9.84 juta kl	5% Energi Mix 22.26 juta kl

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

Dari roadmap tersebut, pemerintah menetapkan mandat pentahapan kewajiban minimal pemanfaatan biodiesel yang telah ditetapkan sampai dengan jangka waktu tahun 2025 yang diuraikan pada Tabel 2.5. Target ini sangat ambisius karena hanya dalam waktu lima tahun harus terjadi kenaikan kapasitas sebesar 100%. Secara sederhana berarti dibutuhkan pembukaan lahan baru dan pabrik baru sebesar dua kali lipat setiap lima tahun sejak tahun 2005.

Tentunya pemerintah tidak mampu melakukan ini sendiri tanpa adanya peran serta aktif dari swasta untuk memenuhi target ini. Iklim kepastian investasi dan usaha dibutuhkan bagi swasta untuk melakukan investasi terhadap BBN, sehingga dikeluarkanlah Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 32/2008, tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain. Peraturan ini menciptakan kepastian pasar terhadap produk BBN, baik berupa biodiesel maupun bioethanol, serta mengatur tata niaga BBN terutama dalam pengeluaran "Izin Usaha Niaga Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*)", yaitu izin yang diberikan kepada Badan Usaha untuk melakukan kegiatan usaha niaga Bahan Bakar Nabati (*biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain. Izin Usaha ini terutama diberikan kepada produsen BBN yang tidak merupakan PSO secara nasional, sehingga tidak harus didistribusikan melalui PERTAMINA, selaku badan usaha milik negara yang saat ini memiliki satu-satunya mandat untuk mendistribusikan bahan bakar bersubsidi (PSO). Peraturan ini penting untuk memberikan celah bagi BBN, mengingat ketatnya regulasi produksi dan distribusi bahan bakar yang saat ini bermuatan unsur subsidi negara.

Tabel 2.5 Pentahapan Kewajiban Minimal Pemanfaatan Biodiesel

Jenis Sektor	Januari 2009	Januari 2010	Januari 2015	Januari 2020	Januari 2025
Rumah Tangga	-	-	-	-	-
Transportasi PSO*	1%	2,5%	5%	10%	20%
Transportasi Non-PSO	1%	3%	7%	10%	20%
Industri & Komersial*	2,5%	5%	10%	15%	20%
Pembangkit Listrik*	0,25%	10%	10%	15%	20%

Catatan: Rumah tangga tidak ditentukan

\*terhadap kebutuhan total

(Sumber: (Ministerial Decree No 32, 2008)

Jika dilihat dari rencana prosentase dan komposisi pasar dari BBN yang mencakup pula untuk transportasi yang disubsidi atau dikenal pula sebagai *Public Service Obligations* (PSO) maka pemerintah secara implisit juga telah bersiap untuk melakukan subsidi terhadap bahan bakar ini. Khusus untuk biodiesel, pertanyaannya adalah apakah subsidi yang diberikan mampu bersaing dengan peluang keuntungan yang lebih besar dengan melakukan ekspor CPO ke luar negeri, yang saat ini lazim terjadi dan harus menjadi sebuah pertimbangan sendiri. Hal ini yang terlihat belum menjadi perhatian dalam analisa Timnas BBN ini. Pada 2009, akibat kebijakan pemerintah untuk menurunkan harga biosolar telah mengikis margin keuntungan, para produsen biodiesel meminta subsidi dari pemerintah sebesar subsidi untuk BBM (Bisnis Indonesia, 19 Juni 2009).

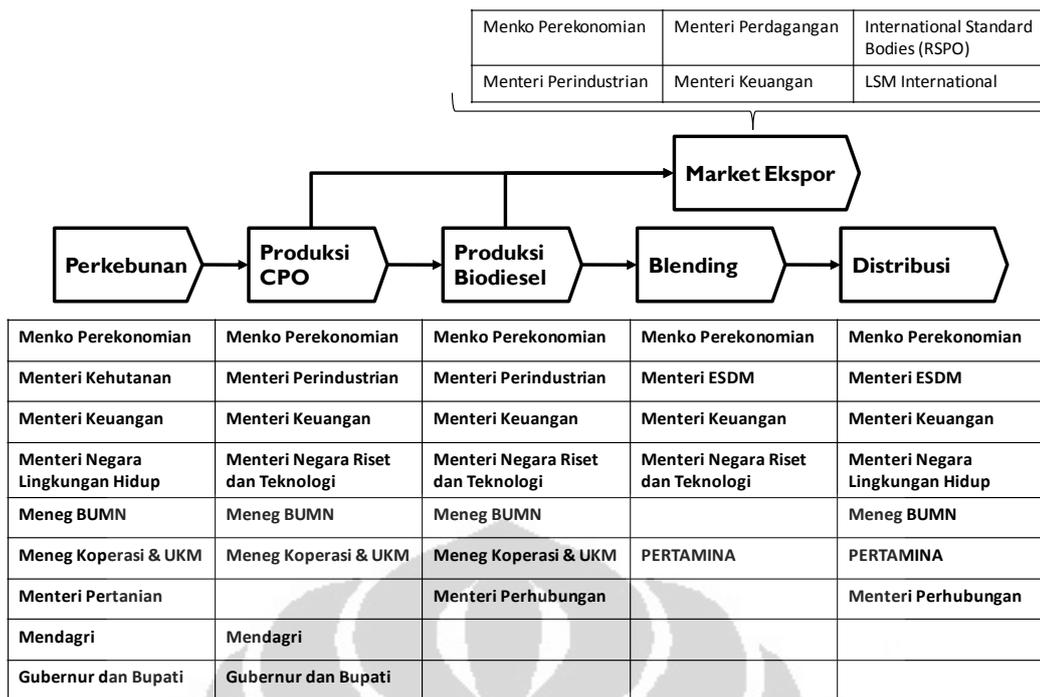
Blueprint Pengembangan Bahan Bakar Nabati 2006-2025 juga menjabarkan mengenai peraturan perundang-undangan yang berhubungan dan mendukung jalannya program-program yang terdapat dalam blueprint tersebut. Jika dipetakan secara rantai produksi dan distribusi maka pemerintah sebenarnya telah memiliki berbagai macam instrumen dasar didalamnya dapat digunakan untuk mendorong pengembangan industri biodiesel, seperti yang pada Tabel 2.6. Tabel ini menunjukkan berbagai peranan pemerintah sebagai regulator, aktor, atau fasilitator pada rantai produksi penyediaan BBN di Indonesia.

Tabel 2.6 Peta Kebijakan yang ada pada Rantai Produksi Biodiesel

	<b>Perkebunan</b>	<b>Proses Produksi</b>	<b>Distribusi</b>	<b>Konsumsi Nasional</b>	<b>Export</b>
<b>Variabel dalam Rantai Suplai</b>	Lahan, Bibit, Pupuk, Tenaga Kerja, Infrastruktur Pertanian	Teknologi, Mesin Produksi, Kualitas SDM	Infrastruktur Transportasi	Transportasi, Pembangkit Listrik, Industri,	Eropa, India dan Cina
<b>Pemerintah sebagai Regulator</b>	Kebijakan Penggunaan dan Kepemilikan Lahan, Ketenagakerjaan, Pajak	Insentif dan Pajak	Kebijakan Pembangunan maupun Pemeliharaan Infrastruktur Jalan dan Pelabuhan, Tata Niaga BBN	Kebijakan Energi	Pajak Ekspor, Kebijakan Lingkungan
<b>Pemerintah sebagai Aktor</b>	BUMN Perkebunan	BUMN Perkebunan	BUMN Energi dan Perdagangan	BUMN Energi dan Listrik	
<b>Pemerintah sebagai Fasilitator</b>	Pinjaman Bank, Prioritasi pada penggunaan lahan tidur dan kritis	Pinjaman Bank, Riset			Negosiasi Perdagangan

*Diadaptasi dari (Dillon, et al., 2008)*

Tantangan pengembangan industri BBN adalah karena perbedaan karakteristik industri antara industri BBN dan BBM, yang menyumbangkan kompleksitas tinggi dalam pemenuhan target pemerintah ini. Pertama: industri BBN adalah industri multi-aktor yang memproduksi multi-produk dan melibatkan multi sektor, tidak seperti industri minyak bumi yang merupakan industri yang khusus untuk mengambil dan memproses satu produk utama yaitu BBM. Hal ini sudah tergambar pada Inpres 1/2006 dengan Presiden menginstruksikan kepada satu menteri koordinator, 12 menteri multi-sektor, gubernur dan bupati pada daerah-daerah otonomi produsen sumber BBN atau yang memiliki industri BBN. Sektor pemerintahan yang terlibat paling sedikit mencakup Pertanian dan Perkebunan, Perhubungan, Perdagangan, Kehutanan, Lingkungan Hidup, Riset Teknologi dan Energi, yang diilustrasikan pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5 Ilustrasi Multi-Sektor Peranan Pemerintah dalam Industri BBN**

Kompleksitas ini menunjukkan peranan pemerintah menjadi sangat besar selaku regulator dalam segala aspek penciptaan iklim industri yang mendukung. Inilah sebabnya dalam laporan IEA tentang kebijakan energi di Indonesia menyoroti belum adanya pejabat pada tingkat yang cukup yang didedikasikan untuk melakukan koordinasi tentang BBN (IEA, 2008).

#### 2.1.5. Biodiesel dan Dampak Ekonomi

Pemerintah kelihatannya menyadari bahwa pada kondisi harga BBM dunia yang tidak tinggi, maka harga BBN secara umum masih lebih tinggi dibandingkan dengan harga BBM, sehingga usaha-usaha pengembangan industri BBN telah mempertimbangkan aspek sosial dan lingkungan, untuk meningkatkan daya tarik industri ini. Strategi BBN Indonesia menggunakan tiga jargon utama sebagai pendorong kebijakan BBN, yaitu: *Pro-Growth* (ekspor dan investasi), *Pro-Job* (Penciptaan Lapangan Kerja) dan *Pro-Poor* (Pengurangan Kemiskinan di daerah sekitar perkebunan dan pabrik) (Wirawan & Tambunan, November 16, 2006). Konsep ini penting karena jika harga minyak kembali terjangkau, dorongan untuk melakukan pengembangan BBN termasuk biodiesel dapat melemah, seperti yang dialami oleh negara-negara pengembang biodiesel di dunia (Demirbas, 2008).

Pemerintah menargetkan bahwa pengembangan biodiesel akan mampu memberikan dampak ekonomi berupa penghematan devisa yang saat ini digunakan untuk melakukan impor BBM, penciptaan lapangan kerja dan peningkatan pendapatan 3,5 juta pekerja on-farm dan off-farm, pengembangan tanaman industri BBN yang mencapai 5,25 juta hektar (Biofuel National Team, 2006).

Pemerintah juga melihat adanya pangsa pasar ekspor biodiesel ketika kebijakan ini diluncurkan. Harga di tahun 2006 yang kompetitif juga telah menarik berbagai investasi untuk memproduksi biodiesel untuk ekspor, tetapi pada kenyataannya tidak mudah dan harga dunia menjadi berfluktuatif. Pada tahun 2010 pangsa utama ekspor biodiesel ke Uni Eropa mengalami tekanan akibat adanya regulasi baru tahun 2009 yang meletakkan produk biodiesel Indonesia belum mampu mencapai 35% penghematan gas rumah kaca sehingga tidak bisa mendapatkan insentif khusus (EU Directive, 2009). Tanpa insentif maka harga biodiesel ekspor tidak mampu mencapai skala keekonomian bagi produsen yang tidak memiliki kebun, sehingga akhirnya para produsen tetap berharap kepada pasar nasional biodiesel dibandingkan pasar ekspor.

#### 2.1.6. Biodiesel dan Dampak Sosial

Dampak sosial positif yang paling nyata dalam pengembangan industri biodiesel adalah penciptaan lapangan kerja, yang diperkirakan mencapai 3,5 juta lapangan pekerjaan pada keseluruhan rantai produksi dan rantai suplai biodiesel.

Tantangan dampak sosial adalah perdebatan pengalihan sebagian sumber bahan baku biodiesel, yaitu minyak kelapa sawit sebagai sumber bahan baku makanan menjadi bahan baku energi. Sebagai sumber minyak nabati yang dibutuhkan oleh tubuh, minyak goreng yang diproses dari CPO merupakan komponen makanan yang populer, misalnya di Asia. Diperkirakan konsumsi minyak nabati per kapita rata-rata dunia adalah 17,9 kg, dan berkisar mulai dari rata-rata 9,4 kg di Bangladesh, 10,6 kg di India, 17,7 kg in China, mencapai 39,3 kg di Amerika (Corley, 2009). Untuk Indonesia sendiri minyak goreng mencapai 16,5 kg per tahun, sedangkan konsumsi perkapita khusus untuk minyak goreng sawit sebesar 12,7 kg per tahun.

Alternatif sumber minyak nabati untuk makanan mencakup kelapa sawit, kedelai, biji bunga matahari dan *rapeseed*. Walaupun memiliki alternatif yang lain tetapi diperkirakan sumber minyak nabati dari kelapa sawit akan meningkat proporsinya karena memiliki peluang lahan yang masih luas serta harga produksi yang rendah (Carter, Finley, Fry, Jackson, & Willis, 2007; Corley, 2009).

Hal ini menimbulkan perdebatan yang sering disebut “*Food vs Fuel Debate*”, yaitu apakah kita mengorbankan sumber makanan untuk dialihkan kepada sumber energi. Strategi pemanfaatan CPO untuk biodiesel dan jagung atau kacang kedelai untuk bio-ethanol dituding sebagai penyebab kenaikan harga makanan dunia yang menyebabkan kelaparan di dunia. Tetapi sebenarnya masih terdapat perbedaan pendapat tentang korelasi antara kenaikan harga sumber minyak nabati yang terjadi dengan strategi diversifikasi energi, yang dianggap disebabkan kurangnya suplai bahan makanan (Escobar, et al., 2008).

Dari sisi produksi, Indonesia sendiri sebenarnya tidak memiliki permasalahan dalam perdebatan ini mengingat secara produksi CPO nasional yang menjadi bahan baku minyak goreng masih jauh melebihi dari kebutuhan domestik. Dari sisi harga, problematika terjadi ketika terjadi perbedaan harga antara pasar ekspor dan pasar nasional, sehingga pasokan ke pasar nasional menjadi tertekan. Pemerintah menggunakan mekanisme Pungutan Ekspor (PE) yang berjenjang besarnya tergantung pada harga CPO dunia untuk menjaga pasokan nasional. Kebijakan ini menuai kontroversi di kalangan produsen CPO nasional karena dianggap menghambat perkembangan industri ini dan tidak adil bagi petani kelapa sawit. Bukan berarti produsen CPO tidak akan menikmati keuntungan dengan menjual dengan harga nasional, karena kalkulasi biaya produksi yang relatif rendah tetap memberikan margin keuntungan yang cukup bagi produsen CPO.

#### 2.1.7. Biodiesel dan Dampak Lingkungan

Saat ini pasar negara maju yang menjadi tujuan ekspor utama dari CPO telah semakin kuat menuntut adanya pertimbangan atas aspek lingkungan dalam proses produksi. Cuaca yang ekstrem yang melanda dunia dan menjadi pembicaraan di berita telah mendorong konsumen untuk menanyakan: apakah produk yang dikonsumsinya tidak berkontribusi terhadap kerusakan lingkungan. Kesadaran ini

diberi nama *Ecological Intelligence* oleh Daniel Coleman sebagai pencetus konsep *Emotional Intelligence* (Coleman, 2009).

Dampak lingkungan yang diperhatikan terutama dalam rantai produksi biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit mencakup seperti gas rumah kaca, pembebasan lahan hutan untuk perkebunan kelapa sawit (*deforestation*), jumlah air yang digunakan pada prosesnya, jumlah residu dan hasil buangan dari proses untuk mendapat minyak dari kelapa sawit mentah. (Reijnders & Huijbregts, 2008). Walaupun hasil studi ini dikritik karena banyak sekali menggunakan asumsi-asumsi yang masih diperdebatkan dalam perhitungannya (Vries, 2008). Isu lain juga adalah terancam punahnya spesies Orang Utan serta penggunaan lahan gambut yang ternyata menghasilkan CO<sub>2</sub> yang tinggi dalam prosesnya (Tan, Lee, Mohamed, & Bhatia, 2009).

Salah satu dampak lingkungan lainnya adalah perubahan peruntukan lahan untuk perkebunan kelapa sawit. Penggundulan Hutan (*deforestation*) baik dari hutan hijau tropis maupun lahan gambut (*peatland*) dianggap berkontribusi paling besar terhadap aspek lingkungan dalam perkebunan minyak sawit (Srinivasan, 2009).

Pemerintah sendiri melakukan prioritas lahan yang akan digarap adalah lahan "tidur", yaitu lahan hutan yang telah dikeluarkan Hak Guna Usaha (HGU) dan telah atau belum memperoleh Ijin Usaha Perkebunan (IUP), untuk mengantisipasi tekanan aspek lingkungan.

Pada teknologi pemrosesan biodiesel maka perhatian utama secara lingkungan adalah apakah proses produksi biodiesel memiliki neraca energi dan karbon yang baik (positif). Walaupun masih terjadi perdebatan, terutama mengenai tetap digunakannya BBM dalam pemrosesan dan transportasi kelapa sawit, tetapi secara umum proses pembuatan minyak kelapa sawit dianggap memiliki dampak karbondioksida netral. Ini diakibatkan perhitungan bahwa karbondioksida yang diserap dari alam dan dikembalikan ke alam adalah sama. Neraca karbon yang baik dalam kasus biodiesel adalah ketika karbon yang dilepaskan dari seluruh proses hingga penggunaan adalah setara dengan yang diserap oleh perkebunan kelapa sawitnya. Penggunaan BBM dalam proses produksi dan transportasi biodiesel membuat biodiesel dianggap tetap memiliki neraca yang negatif.

Sehingga proses produksi dan teknologi lanjut yang bisa menekan neraca ini menjadi fokus perhatian, termasuk penggunaan sisa Tandan Buah Segar (TBS) atau *Fresh Fruit Bunch* (FFB) yang telah diproses, sebagai bahan baku boiler daripada menggunakan BBM merupakan salah satu cara dan ini berlaku pula bagi hasil buangan lainnya (Yusoff, 2006).

Aspek teknologi menjadi penentu pula dalam dampak lingkungan dari produksi CPO maupun biodiesel. Generasi teknologi yang sekarang digunakan disebut sebagai generasi pertama yang menggunakan transesterifikasi, sedangkan generasi berikutnya yang dianggap lebih sedikit membutuhkan energi disebut generasi kedua, seperti *pyrolysis/gasification syngas* atau *cellulosic ethanol through hydrolisis*, yang saat ini masih belum bisa dilakukan secara kapasitas industri (*industrial scale*) (Escobar, et al., 2008).

Berbagai isu lingkungan ini telah menekan pasar ekspor tujuan CPO dari para produsen kelapa sawit terutama dari Asia. Ini mendorong mereka untuk merespons isu lingkungan ini dengan membuat sebuah forum konsultasi permanen yang diberi nama *Roundtable for Sustainable Palm Oil* (RSPO) yang terdiri dari perkebunan, industri pemrosesan minyak kelapa sawit, pedagang, pembeli, bank, LSM lingkungan maupun LSM Sosial. RSPO didirikan pada tahun 2004 sebagai respon atas kebutuhan dunia terhadap minyak kelapa sawit yang diproduksi secara berkelanjutan, dengan tujuan untuk mempromosikan pertumbuhan dan penggunaan produk minyak kelapa sawit yang berkelanjutan dengan standar global yang dipercaya dan dengan kesepakatan perjanjian dengan para *stakeholder*. RSPO diharapkan menjembatani berbagai macam pihak untuk mencapai sebuah kesepakatan bersama. Pusat dari RSPO berkedudukan di Zurich, Switzerland. Sekretariat RSPO berada di Kuala Lumpur. Pada tahun 2006, didirikan RSPO Indonesia Liaison Office (RILO) untuk dapat mendukung Sekretariat RSPO dan untuk mempromosikan tujuan dari RSPO di Indonesia.

Pada saat ini ada tiga perusahaan perkebunan yang telah menerima sertifikasi RSPO, yang pertama adalah PT. Musi Mas dengan produksi 45.000 ton, PT. Hindoli dengan produksi 45.000 ton, dan yang terakhir adalah PT. PP Lonsum dengan produksi terbesar yaitu 180.000 ton per tahunnya. Proses Sertifikasi di

Indonesia membutuhkan waktu selama 4 tahun dan sertifikasi melingkupi delapan prinsip penilaian yang sangat ketat meliputi transparansi, kepatuhan hukum, tanggung jawab lingkungan, penerapan terbaik, perbaikan yang berkesinambungan dan pertumbuhan ekonomis. Hal ini dilakukan untuk membuktikan perkebunan kelapa sawit tak merusak lingkungan dan masalah sosial. Anggota RSPO Indonesia di tahun 2006 adalah GAPKI, T. Musim Mas, WWF-Indonesia, Sawit Watch, PT. Socfin Indonesia, PT. Agro Indomas, PT. SMART Tbk, PT. PP Lonsum Tbk, Sumi Asih Oleochemical. Inti Indosawit Subur, HSBC Indonesia, PT. Tunas Baru Lampung Tbk, PT. Agro Bukit, Permata Hijau Group, Agro Jaya Perdana, Sawit Mas Group, Flora Sawita Chemindo (RSPO, 2006)

Secara ideal, sertifikasi RSPO akan memberikan pengaruh secara mikro kepada aspek lingkungan dan sosial, tetapi karena masih sedikitnya studi yang secara kuantitatif bisa menghubungkan ke dua aspek ini. Secara mental model, pengusaha akhirnya hanya memandang RSPO sebagai komponen biaya yang harus dilakukan untuk menjaga pasar. Untuk itu faktor RSPO belum bisa dihubungkan dengan aspek lain dalam tiga aspek keberlanjutan, tetapi hanya menjadi komponen biaya pada aspek finansial.

RSPO mengenalkan konsep sertifikasi berbasis tanggung jawab (*responsibility ownership*) dalam rantai suplai produk kelapa sawit (*RSPO Supply Chain Certification System*) sebagai instrumen utama penilaian kepedulian perusahaan terhadap lingkungan. Sertifikasi ini dilakukan oleh lembaga sertifikasi yang ditunjuk oleh RSPO. Langkah-langkah proses sertifikasi mirip dengan proses sertifikasi ISO 9000, dimulai dari pendaftaran, audit, penyelesaian non-conformity, kemudian pemberian sertifikat yang berlaku selama 1 tahun. Unsur Penelusuran Balik (*traceability*) menjadi penting dalam proses sertifikasi ini (RSPO, 2007). Tentunya ada implikasi biaya dengan adanya proses sertifikasi ini, yang ditanggung oleh peminta sertifikasi dan biayanya dihitung dengan satuan per hektar. Di sisi lain, ternyata pasar masih memberikan respons yang negatif terhadap usaha ini, karena importir ternyata lebih menyukai minyak kelapa sawit yang non-RSPO, sehingga adopsi terhadap sertifikasi RSPO menjadi terhambat (Bisnis Indonesia, 29 Mei 2009).

Pada model mikro dipilih pendekatan *Life Cycle Analysis* (LCA) atau Analisa Siklus Hidup untuk menghasilkan indikator lingkungan. Sebuah pendekatan perhitungan dampak lingkungan yang sering digunakan untuk menghitung dampak terhadap produksi atau operasi sebuah produk atau jasa, untuk menterjemahkan keseluruhan dampak lingkungan ini (Yee, Tan, Abdullah, & Lee, November 2009). LCA termasuk kegiatan disarankan untuk dilakukan oleh perusahaan manufaktur (seperti CPO dan biodiesel) sebagai sebuah ukuran dalam keberlanjutan (Hitchcock & Willard, 2006).

LCA adalah analisa dampak lingkungan dari siklus hidup sebuah produk atau jasa sejak diproduksi hingga akhirnya dikonsumsi atau dibuang. Standard dunia yang telah mengadopsi LCA adalah ISO 14040, yang 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 proses pembuatan hingga proses pembuangan”). Keseluruhan sistem dari unit-unit yang diproses yang termasuk dalam siklus hidup dari sebuah produk disebut sistem produk (Guinée, 2008).

Pendekatan menyeluruh dari LCA merupakan kekuatan sekaligus kelemahan dari metodologi ini, karena untuk mendapatkan hasil yang menyeluruh maka tingkat kejelian yang dilakukan menjadi menurun. Berikut ini beberapa batasan dari langkah penyusunan LCA (Guinée, 2008).

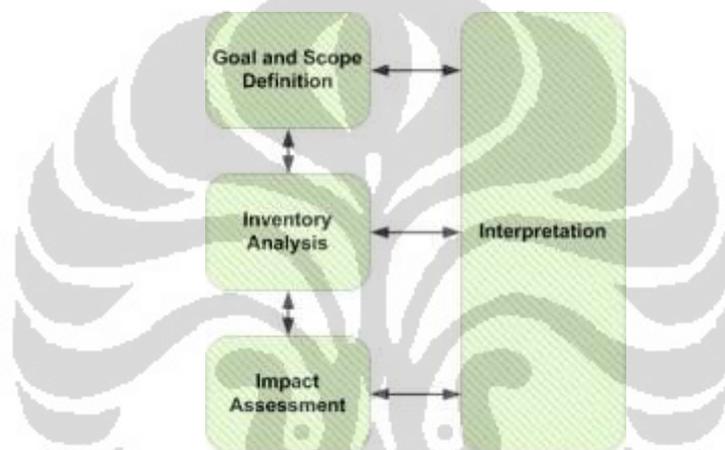
- a) LCA tidak membahas dampak lokal secara geografis. Bumi kita hanya satu, jadi dampak kepada lingkungan sekitar suatu lokasi berarti berdampak pula kepada bumi. Bukan berarti LCA tidak dapat digunakan untuk melihat dampak lokal, hal ini dimungkinkan setelah memasukkan sensitivitas dari setiap area terhadap dampak yang dihitung, tetapi desain awal LCA adalah dampak global

- b) LCA secara dimensi waktu juga bersifat *steady-state* (stabil), tidak bersifat dinamis. Angka yang dihitung biasanya merupakan rata-rata dalam kondisi stabil.
- c) LCA fokus kepada aspek fisik dari aktivitas industri atau proses ekonomi lainnya, aspek non-fisik seperti mekanisme market atau pengembangan teknologi yang belum berefek secara fisik, diabaikan.
- d) Secara umum. LCA menganut prinsip linearitas, baik secara ekonomi maupun dampak lingkungannya.
- e) LCA fokus kepada aspek dampak lingkungan dari sebuah produk atau proses, dengan mendeskripsikan dampak potensial bukan dampak aktual, yang berarti fokus utama kepada dampak teoritis pada kondisi tertentu dari suatu kegiatan. Dampak aktual dari lingkungan akan tergantung kepada dimensi waktu maupun geografis.
- f) Walaupun LCA berorientasi kepada metodologi ilmiah, pada kenyataan tetap melibatkan asumsi teknis dan pemilihan nilai, yang terus diusahakan untuk dibuat setransparan mungkin.
- g) Keterbatasan juga terjadi pada ketersediaan data, terutama pada produk-produk baru atau kompleks.
- h) Semua keterbatasan di atas menunjukkan fungsi LCA sebagai alat analisa bukan untuk alat pengambil keputusan. LCA tidak dimaksudkan untuk memberikan rekomendasi strategi atau langkah-langkah, tetapi berorientasi kepada informasi sehingga pengambilan keputusan dilakukan.

Keterbatasan LCA ini menimbulkan kritik atas perhitungan maupun penggunaan dari LCA, hal ini mencakup pendefinisian unit pengukuran (*functional unit*), penamaan proses yang beraneka ragam, ruang lingkup dari LCA yang tidak mempertimbangkan perlakuan khusus dari material yang digunakan atau dibuang, serta data yang inkonsisten (Ayres, 1995). Walaupun demikian, LCA masih dianggap suatu proses perhitungan yang masih diterima secara luas, karena belum adanya proses lain yang lebih baik.

Secara umum menurut ISO 14040 proses LCA memiliki beberapa langkah yang diilustrasikan pada Gambar 2.6.

- a) Pendefinisian Tujuan dan Lingkup merupakan suatu fase dimana pilihan awal yang menentukan sebuah rencana kerja dari keseluruhan LCA dibuat. Dimulai dari mencanangkan dan menyesuaikan tujuan dari studi LCA, menjelaskan tujuan dari studi dan menentukan penggunaan yang diinginkan dari hasil, inisiator, praktisi, pemegang saham dan target dari hasil studi. Kemudian dilanjutkan dengan 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.



Gambar 2.6 Ilustrasi Langkah-langkah Umum LCA

- b) Langkah berikutnya adalah analisa inventori yang berfokus kepada pengumpulan data. Hal ini biasanya berkaitan dengan jumlah data yang banyak yang diambil dari data yang disiapkan oleh orang lain atau kita lakukan sendiri. Pengumpulan data bisa dilakukan berbasis pada diagram aliran yang menggambarkan garis besar dari semua proses utama berbentuk model. Hal ini sangat membantu dalam memahami dan mengidentifikasi data yang dibutuhkan dalam sebuah sistem proses dan sub-sistemnya.
- c) Analisa Dampak Lingkungan dilakukan dari hasil dari analisa inventori, yang diproses dan diinterpretasikan dalam kerangka dampak lingkungan dan perspektif masyarakat. Hasil ini diterjemahkan pada kontribusi bagi kategori dampak yang relevan seperti penipisan sumber daya abiotik, perubahan iklim, acidification, dan seterusnya. Pada fase pengukuran dampak, hasil dari analisa

inventori diproses dan diinterpretasikan dalam rangka dampak lingkungan. Pada fase ini terdiri atas pemilihan kategori dampak, pemilihan metode karakterisasi (indikator kategori, model karakterisasi, dan faktor karakterisasi), klasifikasi, karakterisasi, normalisasi dan pengelompokan.

LCA membagi kategori dampak menjadi tiga kelompok yang berbeda didasarkan pada kepentingan atas lingkungan dalam hubungannya dengan LCA serta ketersediaan metode karakterisasi, seperti yang dicantumkan pada Tabel 2.7.

**Tabel 2.7 Tabel Kategori dan Sub-Kategori Dampak LCA dalam ISO 14040**

Kategori Dampak	Sub-Kategori Dampak
<i>Baseline Impact Categories</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penipisan sumber daya alam</li> <li>• Dampak dari penggunaan lahan (persaingan lahan)</li> <li>• Perubahan iklim/<i>climate change</i></li> <li>• Penipisan lapisan ozon <i>stratosfer/stratospheric ozone depletion</i></li> <li>• Dampak bahan beracun pada manusia/<i>human toxicity</i></li> <li>• Dampak bahan beracun pada ekosistem/<i>ecotoxicity</i> (3 dampak) Terdiri atas 3 dampak, yaitu dampak bahan beracun pada ekosistem air tawar/<i>freshwater aquatic ecotoxicity</i>, dampak bahan beracun pada ekosistem air laut/<i>marine aquatic ecotoxicity</i>, dampak bahan beracun pada terestrial/<i>terrestrial ecotoxicity</i>.</li> <li>• Pembentukan <i>photo-oxidant</i></li> <li>• Pengasaman/<i>acidification</i></li> <li>• <i>Eutrophication</i></li> </ul>
<i>Study-specific Impact Categories</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dampak dari penggunaan lahan (Kerugian atas fungsi pendukung kehidupan, kerugian keanekaragaman hewan dan tumbuhan)</li> <li>• Dampak bahan beracun pada ekosistem/<i>ecotoxicity</i> Terdiri atas 2 bagian, dampak bahan beracun pada endapan di ekosistem air tawar dan air laut</li> <li>• Dampak dari radiasi ion</li> <li>• Bau (<i>malodorous air</i>)</li> <li>• Kebisingan</li> <li>• Pemborosan energi panas</li> <li>• Hubungan sebab akibat</li> </ul>
<i>Other Impact Categories</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penipisan sumber daya biotik</li> <li>• Pengawetan melalui proses pengeringan</li> <li>• Bau (<i>malodorous water</i>)</li> </ul>

Sumber: (Guinée, 2008)

## 2.2. Konsep Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan suatu bangsa membutuhkan dua sumber daya utama yaitu lingkungan dan manusia. Pada saat pergantian abad ke-21, semua bangsa menyadari bahwa dua sumber daya utama ini memiliki keterbatasan ketersediaan baik secara kuantitas maupun kualitas, sehingga dibutuhkan sebuah konsep pembangunan yang mempertimbangkan keberlanjutan dari ketersediaan dua sumber daya utama ini.

Konsep berkelanjutan pada awalnya sangat abstrak dan tidak mudah untuk diterjemahkan, baik pada tingkatan nasional, maupun pada tingkatan perusahaan. Usaha untuk menterjemahkan konsep ini dimulai dengan persetujuan bersama atas definisi keberlanjutan, yaitu definisi yang dikeluarkan oleh Komisi Brundtland (Brundtland Commission, 1987), yaitu:

*Development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*

“Pembangunan yang dapat memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengkompromasikan kemampuan untuk generasi yang akan datang memenuhinya”

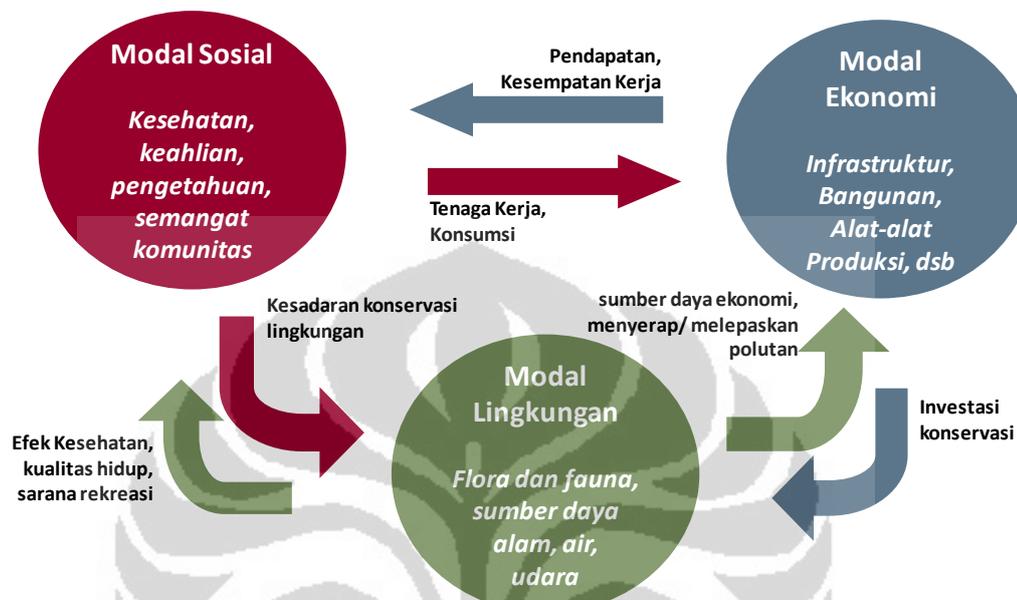
Definisi dari Brundtland Commission merupakan hasil dari komisi yang dibentuk oleh PBB, yaitu *World Commission on Environment and Development (WCED)*. Laporan komisi ini diberi nama Brundtland yang diambil dari nama ketua komisi yaitu Gro Harlem Brundtland.

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.

Definisi ini kemudian diterjemahkan dengan adanya keseimbangan antara modal ekonomi, konservasi lingkungan dan peningkatan sosial. Sebuah negara mendapatkan pembangunan berkelanjutan jika memperhatikan bagaimana ketiga komponen ini saling terkait mendukung dan memiliki keseimbangan antara mengambil sumber daya dari setiap aspek dengan investasi pada sumber daya tersebut sehingga menjaga tingkat kemampuan penyediaan dari sumber daya yang dibutuhkan.

Gambar 2.7 memberikan gambaran hubungan ini. Aktivitas dalam modal ekonomi mengambil sumber daya alam dari lingkungan dan memberikan dampak positif terhadap modal sosial berupa peningkatan pendapatan dan lapangan kerja yang meningkatkan kemampuan untuk menjaga kesehatan, meningkatkan pendidikan. Modal sosial yang meningkat akan menaikkan produktivitas ekonomi sekaligus

kesadaran untuk menjaga lingkungan contohnya kesadaran untuk menggunakan plastik daur sampah. Dorongan modal sosial berupa kesadaran lingkungan diterjemahkan oleh modal ekonomi melalui investasi terhadap modal lingkungan sehingga lingkungan dapat tetap terjaga untuk mendukung aktivitas ekonomi serta mendukung aktivitas sosial.



**Gambar 2.7 Ilustrasi Keseimbangan yang Dicari dalam 3 Aspek Berkelanjutan: Sosial, Ekonomi dan Lingkungan**

Siklus positif ini tentunya juga bisa berubah arah, jika salah satu modal terlalu banyak diambil, sehingga berakibat penurunan semua modal akibat penurunan kapasitas dari setiap modal secara jangka panjang.

### 2.2.1. Pembangunan Berkelanjutan pada Skala Makro Negara

Pada tingkat negara, keseimbangan dua sumber daya ini diterjemahkan dalam dua kerangka besar fokus pengembangan, yaitu pengurangan perubahan iklim yang terutama diakibatkan oleh emisi karbon melalui Protokol Kyoto dan target untuk mencapai kesejahteraan sosial yang terangkum dalam *Millennium Development Goals* (MDG). Keduanya memiliki kelompok indikator target sehingga setiap negara bisa mendapatkan ukuran gap dengan kondisi saat ini.

Protokol Kyoto atau kesepakatan Kyoto dikeluarkan oleh *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) ditujukan terutama untuk menurunkan laju pemanasan global (UNFCCC, 1988). Kesepakatan ini dapat

diikuti oleh negara-negara yang setuju untuk menurunkan emisi gas rumah kaca. Kesepakatan ini juga menjadi dasar adanya program *Clean Development Mechanism* (CDM), untuk memberikan fleksibilitas dan insentif kepada industri atau negara yang melakukan usaha penurunan emisi (Asian Development Bank (ADB), 2000). Insentif yang diberikan dikenal dengan nama perdagangan karbon (*carbon trading*). Indonesia meratifikasi protokol kyoto dengan mengesahkan UU No 17 tahun 2004 tentang Pengesahan Protokol Kyoto atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa. Ratifikasi penting untuk memberikan kerangka hukum secara nasional terhadap upaya penurunan produksi gas rumah kaca.

MDG digagas oleh PBB dalam sebuah pertemuan dunia *Millennium Summit* di tahun 2000 yang merupakan awal abad ke-21 millennium. MDG memiliki delapan tujuan utama yang disarikan dari laporan dalam pertemuan ini dan berfokus kepada tiga aspek pengembangan manusia yaitu perbaikan sumber daya manusia, perbaikan infrastruktur, dan peningkatan pemenuhan hak ekonomi, sosial dan politik (Annan, 2000). Seluruh aspek ini kemudian diterjemahkan ke dalam delapan tujuan yaitu: (1) pengurangan kemiskinan dan kelaparan, (2) pencapaian pendidikan dasar secara universal, (3) kesetaraan gender dan pemberdayaan perempuan, (4) pengurangan kematian anak, (5) peningkatan kesehatan ibu mengandung, (6) perang melawan penyakit HIV/AIDS, malaria dan lainnya, (7) keberlanjutan lingkungan, dan (8) membangun kemitraan global untuk pembangunan.

Tujuan ini kemudian diterjemahkan ke dalam 18 target utama dan disepakati untuk diadopsi sebagai tujuan bersama oleh 192 negara dan 23 organisasi internasional (UN Secretariat, 2010). Keseluruhan target diharapkan tercapai pada tahun 2015, dan pengukuran secara rutin dilakukan oleh *United Nations Development Program* (UNDP) melalui sebuah index indikator yang dikenal sebagai *Human Development Index* (HDI) (UNDP, 2010).



**Gambar 2.8 Struktur Indikator Index dari HDI**

Berbeda dengan Protokol Kyoto, maka proses ratifikasi MDG dilakukan melalui berbagai UU yang fokus ke setiap sektor seperti UU No. 23 Tahun 2002 tentang Perlindungan Anak, UU No. 23 Tahun 2004 tentang Penghapusan Kekerasan Dalam Rumah Tangga (KDRT), Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, UU No. UU No. 12 Tahun 2006 tentang Kewarganegaraan, dan berbagai UU lain serta peraturan pelaksanaan dibawahnya. Setiap UU ini menggunakan MDG sebagai dasar pemikirannya.

Konsep MDG dan protokol Kyoto dengan menetapkan target indikator yang disepakati bersama dari berbagai multi dimensi aspek pembangunan untuk tingkatan negara telah mendorong banyak negara untuk mengadopsi pendekatan serupa, dengan tidak hanya berfokus indikator ekonomi, tetapi juga menggunakan indikator aspek sosial dan lingkungan.

### 2.2.2. Keberlanjutan pada Skala Mikro Perusahaan

Penterjemahan konsep berkelanjutan kepada skala mikro yaitu pada tingkatan perusahaan, mengikuti alur serupa seperti konsep keberlanjutan pada tingkatan negara. Ini terlihat dari tumbuhnya berbagai konsep untuk memecah cara menilai perusahaan, yang biasanya berfokus ke finansial, menjadi ke aspek berkelanjutan. Indikator finansial tetap menjadi fokus utama sesuai fungsi utama perusahaan, tetapi secara bersamaan perusahaan dinilai pula terhadap komitmen secara sosial dan lingkungan.

Untuk itu timbul berbagai macam model konsep tentang tanggung jawab perusahaan terhadap ketiga aspek keberlanjutan serta bagaimana untuk mencapainya. Model-model ini pada akhirnya diterjemahkan sebagai beberapa kelompok indikator. Pembahasan dimulai dengan konsep awal ide kelompok indikator keberlanjutan yaitu *Tripple Bottom Line* (3BL) kemudian dilanjutkan dengan berbagai konsep dan pendekatan lainnya, yaitu: *Dow Jones Sustainability Index* (DJSI), *Show Me The Money*, *Corporate Sustainability Model*, dan *Sustainable Operating System* SOS Model.

“*What gets measured gets managed.*” (anonym)

Pada tingkat perusahaan, pertama kali konsep perhitungan terhadap 3 kinerja sekaligus dikenal sebagai sebagai *Triple Bottom Line* (3BL) (Elkington, 1997b). Istilah *bottom line* biasanya mengacu kepada profit atau keuntungan, yang berarti hanya aspek finansial saja. 3BL memberikan persepsi tambahan bahwa perusahaan perlu memperhatikan “*bottom-line*” lainnya yaitu lingkungan dan sosial (Elkington, 1997a). Konsep keberlanjutan dalam sebuah entitas perusahaan dapat diartikan sebagai: adopsi kombinasi berbagi indikator yang menghitung dan menyeimbangkan indikator ekonomi, sosial dan lingkungan. Perlu dicermati bahwa entitas organisasi ini tidak hanya yang berorientasi bisnis saja, tetapi juga mencakup entitas sosial (LSM), lembaga pemerintah dan lainnya (Hitchcock & Willard, 2006).

Meminjam dari definisi indikator lingkungan yang terdapat pada ISO 14031, dapat dikatakan bahwa indikator keberlanjutan adalah (Blackburn, 2007):

“*A specific expression that provides information about an organization’s sustainability performance, effort to influence that performance, or sustainability conditions . . . .*”

Dasar pemikiran konsep keberlanjutan adalah: sebuah entitas bisnis dalam tujuannya mencari keuntungan bagi pemegang saham, pasti memiliki ketergantungan (*interdependence*) pula terhadap aspek lingkungan dan aspek sosial. Dari aspek lingkungan, maka perusahaan dapat menjamin keberlangsungan perusahaan dengan menjaga kemampuan mengisi kembali (*replenishment*) dari

lingkungan, tempat mengambil sumber daya alam. Dari aspek sosial, perusahaan mendapatkan SDM yang berkualitas untuk meningkatkan kualitas perusahaan serta mengurangi konflik sosial dengan masyarakat sekitar usahanya (Savitz & Weber, 2006). Hitchcock juga menjabarkan keuntungan-keuntungan yang didapatkan bagi perusahaan yang menerapkan keberlanjutan dalam kegiatan bisnisnya, yaitu mengurangi biaya - energi dan barang sisa, membedakan diri kita dibandingkan dengan pesaing di mata pelanggan, menyiapkan diri terhadap peraturan yang lebih ketat di masa yang akan datang, tekanan keberlanjutan juga menciptakan inovasi produk baru, membuka pasar baru secara global, menarik dan mempertahankan SDM terbaik, mengurangi biaya resiko hukum dan asuransi dan memberikan kualitas hidup yang lebih baik pada lingkungan usaha (Hitchcock & Willard, 2006).

Konsep penilaian indikator keberlanjutan ini juga mulai dikenalkan dalam penilaian saham perusahaan dalam bursa saham, dengan harapan memberikan hubungan yang lebih kuantitatif antara kepedulian keberlanjutan dengan keuntungan, seperti indikator *Dow Jones Sustainability Index* (DJSI). DJSI dikenalkan sejak tahun 1999 dengan kerangka kerja penilaian kinerja finansial bagi perusahaan yang ingin menonjolkan kekuatan dalam aspek berkelanjutan. DJSI telah menjadi referensi untuk meningkatkan citra dan nilai perusahaan di mata para investor dan pengamat finansial. Perusahaan-perusahaan terkemuka dunia telah terdaftar dalam daftar ini, seperti GE, Toyota, Hewlett-Packard, Citigroup, Pfizer, Unilever, 3M, and P&G (Bell & Morse, 2008).

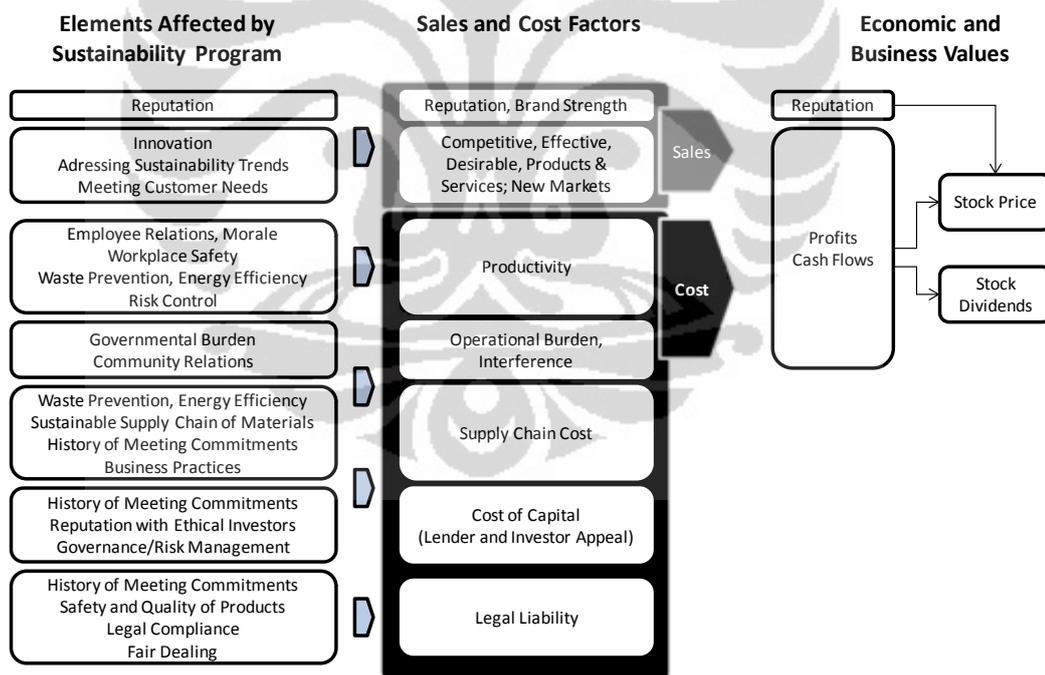
Pendekatan ini menghasilkan digunakan untuk mempromosikan Dow Jones Sustainability Impacts (DJSI), yaitu penilaian kinerja oleh Dow Jones terhadap perusahaan publik yang menunjukkan komitmen keberlanjutan. Dengan tercatat dalam DJSI, maka perusahaan memiliki citra positif di masyarakat maupun investor sehingga mendongkrak kinerja saham mereka.



Gambar 2.9 Variabel yang dinilai dalam "Show Me the Money" Model

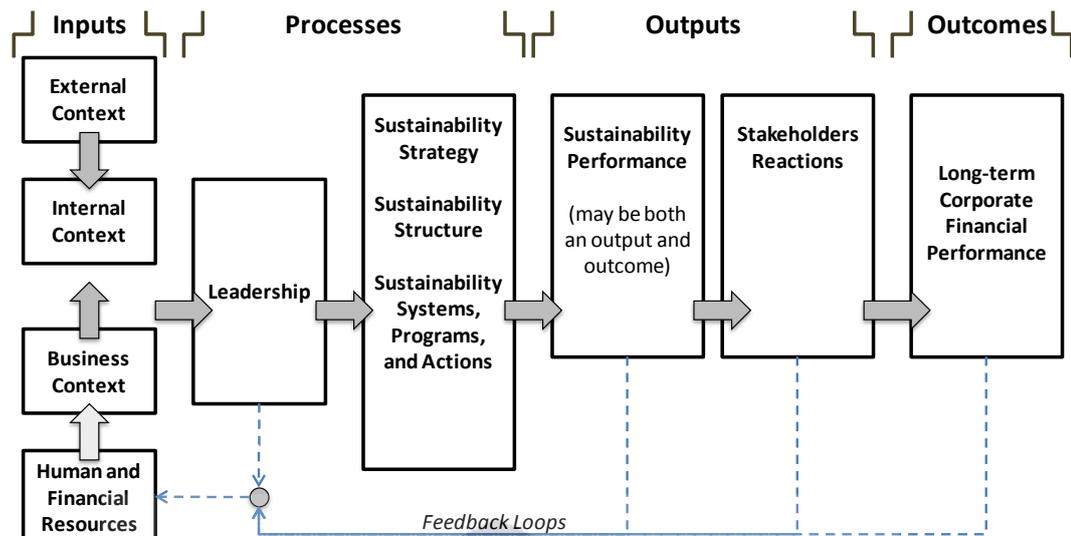
Perusahaan secara sukarela menyatakan kesediaan mereka untuk mendaftar ke DJSI untuk kemudian menyerahkan laporan yang mencakup variabel yang diminta (Gambar 2.9) dan bersedia untuk diaudit oleh DJSI.

Penilaian seperti yang dilakukan oleh DJSI, merupakan penjabaran dari sebuah model pendekatan penilaian perusahaan yang disebut "Show Me the Money". Model ini yang menghubungkan berbagai elemen yang bisa dipengaruhi oleh adanya program keberlanjutan dalam perusahaan, kemudian mengklasifikasikan dalam bentuk profit vs biaya yang dianggap memiliki korelasi kepada nilai saham bagi perusahaan yang telah memiliki status perusahaan publik (Gambar 2.10)



Gambar 2.10 "Show Me the Money" Model

Model pendekatan lain yang digagas oleh Epstein adalah *Corporate Sustainability Model* (Epstein, 2008), merupakan model pendekatan yang berbasis kepada struktur input-proses-output-keluaran, yang diilustrasikan pada Gambar 2.11.

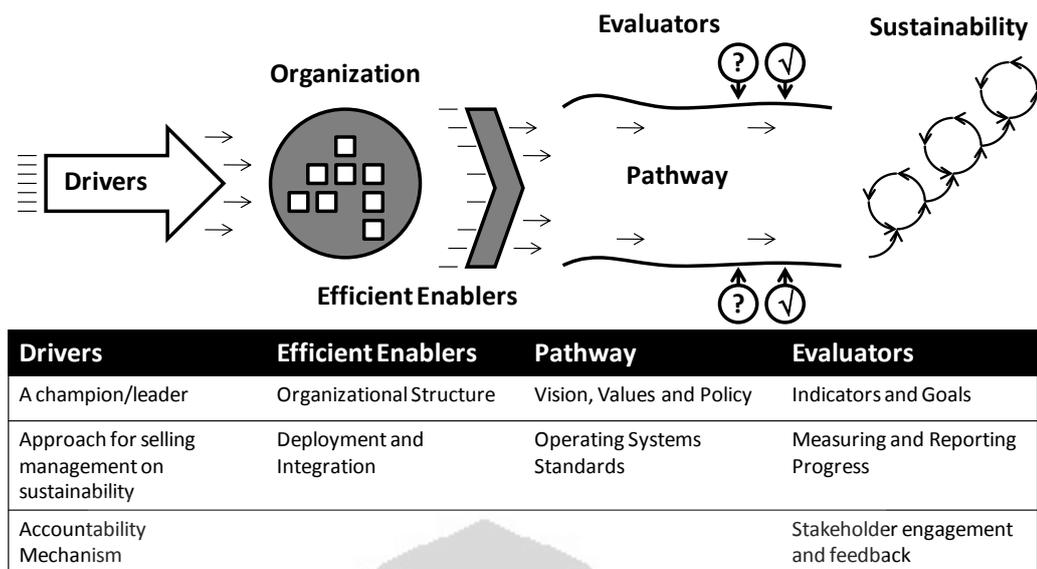


Gambar 2.11 Corporate Sustainability Model

Sumber: (Epstein, 2008)

Dimulai dari proses input yang mengkombinasikan faktor internal, eksternal dan bisnis yang dapat membantu para pemimpin atau manajer merancang tiga hal utama untuk merespons input tersebut. Tiga hal itu berupa strategi, perubahan struktur dan sistem kerja serta langkah-langkah program dan kegiatan. Ketiga hal ini mampu menghasilkan sebuah kinerja berkelanjutan yang bisa dibaca atau diterima oleh para stakeholders, sehingga menimbulkan efek positif berupa kinerja keuangan perusahaan secara jangka panjang.

Model pendekatan lainnya adalah *Sustainable Operating System (SOS)* (Blackburn, 2007), yang membelah sebuah kondisi ideal bagi perusahaan untuk dapat melaksanakan usahanya secara berkelanjutan yaitu adanya *drivers*, *enablers*, *pathway* dan *evaluators* (Gambar 2.12).



**Gambar 2.12 Sustainable Operating System (SOS) Model**

*Sumber: (Blackburn, 2007)*

Pertama adalah Pendorong (*Drivers*), adalah yang merupakan alasan utama yang menjadi dasar sehingga organisasi ingin meraih keberlanjutan. Supaya dorongan ini stabil dan memiliki pengaruh yang kuat maka dibutuhkan 3 hal. Seorang pemimpin atau berpengaruh yang menjadi motor penggerak perubahan yang dibutuhkan. Sebuah pendekatan untuk bisa “menjual” ide tentang keberlanjutan ke manajemen. Serta menyusun sebuah sistem akuntabilitas baik pada tingkat organisasi maupun evaluasi kinerja individu.

Kedua adalah Dukungan Efektif (*Effective Enablers*), adalah sistem pendukung sehingga usaha yang akan dilakukan memiliki dasar yang kuat. Dua hal utama, yaitu struktur organisasi dan metode penjabaran sekaligus integrasi. Struktur organisasi harus didesain sedemikian rupa sehingga meningkatkan akuntabilitas pada organisasi dan mampu menampung kompetensi baru yang dibutuhkan untuk memperoleh keberlanjutan. Metode penjabaran dan integrasi adalah mekanisme organisasi dalam menjabarkan rencana sekaligus secara bersamaan langkah-langkah yang dilakukan sinkron secara integratif.

Ketiga adalah Jalur (*Pathways*), yaitu jalur yang didesain, dipilih dan dimonitor oleh organisasi yang menuju ke arah konsep keberlanjutan yang diinginkan. Hal ini mencakup Visi, Misi dan Kebijakan serta Sistem Prosedur Operasional. Visi, misi dan kebijakan kita kenal terangkum di Rencana Strategis yang memang

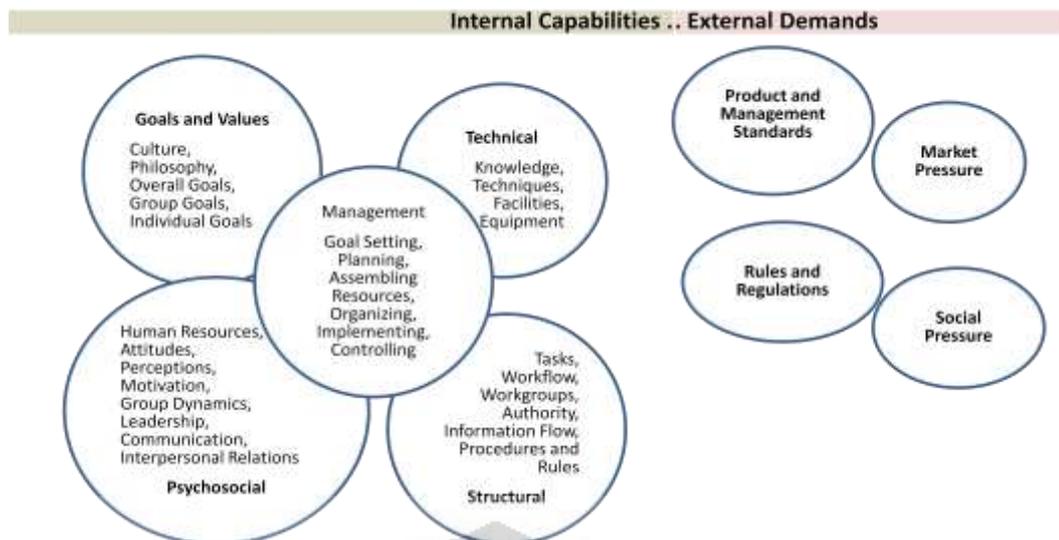
memiliki fungsi utama mengarahkan organisasi ke tempat yang dituju. Sistem Prosedur Operasional merupakan “pagar” yang memberikan panduan implementasi dari rencana strategis sehingga tidak terjadi perbedaan interpretasi yang berakibat tidak sinkron usaha organisasi mencapai visinya.

Keempat adalah Evaluator, yaitu yang menjadi ukuran apakah organisasi telah mencapai kondisi dan sasaran yang diinginkan. Evaluator mencakup indikator dan target, cara pelaporan dan pengukuran kemajuan, serta masukan dan interaksi dengan pemegang kepentingan. Indikator dan target menjadi penting untuk menginspirasi organisasi untuk meraih dan memudahkan organisasi untuk mengetahui gap yang harus dikurangi. Metode pelaporan dan pengukuran kemajuan memastikan bahwa secara berkala organisasi melakukan pengecekan terhadap kondisi saat ini apakah telah semakin dekat dengan target. Sedangkan interaksi dengan pemegang kepentingan bermaksud mendorong organisasi untuk peka terhadap kebutuhan dari pemegang kepentingan serta tidak salah melakukan interpretasi harapan mereka.

Kesimpulan global dari beberapa model yang diberikan adalah adanya beberapa kesamaan prinsip dalam semua model tersebut:

- a. Penekanan pentingnya Kepemimpinan yang Kuat
- b. Kebutuhan Indikator yang Seimbang
- c. Basis indikator non-finansial adalah pendekatan manajemen resiko
- d. Tetap meletakkan unsur bisnis sebagai unsur utama dan penting
- e. Membutuhkan pendekatan yang menyeluruh

Semua model menekankan pentingnya kombinasi yang penting antara perbaikan kapabilitas internal yang berorientasi kepada perbaikan aspek berkelanjutan dengan penterjemahan tekanan eksternal untuk memicu usaha perbaikan (Gambar 2.13)



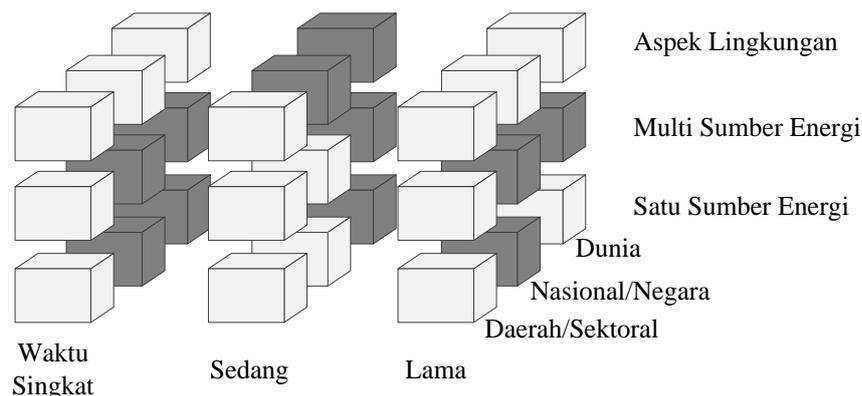
**Gambar 2.13 Kombinasi Perbaikan Internal dan Tuntutan Eksternal dalam Berbagai Strategi Keberlanjutan Korporasi**

Tanpa adanya tekanan eksternal maka perusahaan tidak memiliki alasan untuk berubah dan tekanan eksternal harus diterjemahkan secara terstruktur kepada perbaikan internal.

### 2.3. Model-Model Kebijakan Energi

Energi menjadi titik sentral dalam perkembangan ekonomi dan sosial, tidak jarang di Indonesia, perdebatan tentang energi dengan mudah menjadi isu nasional karena menyangkut harkat hidup masyarakat banyak. Untuk membantu para pengambil kebijakan, para peneliti telah menyusun berbagai macam model energi untuk membantu para pengambil kebijakan tentang masalah energi (Bhattacharya & Timilsina, 2009; Bunn & Larsen, 1997; Lesourd, Percebois, & Valette, 1996)

Model-model yang disusun digunakan untuk berbagai macam kepentingan dan digunakan untuk secara spesifik menjawab kebutuhan tertentu, dalam suatu kombinasi dimensi pemodelan. Dimensi ini bisa berupa dimensi waktu, cakupan geografis, sumber energi, aspek/sektor yang dibahas, dimensi tipe pemodelan, dimensi suplai atau kebutuhan dan sebagainya. Sebuah contoh ilustrasi matriks yang menggambarkan berbagai penelitian tentang model energi digambarkan pada Gambar 2.14.



**Gambar 2.14 Matriks Topik Penelitian tentang Kebijakan Energi**

*Sumber: ( D. M. Pedercini, February 2003)*

Dalam dimensi karakteristik pemodelan, kita dapat mengkategorikan empat tipe pemodelan energi, yaitu model simulasi (termasuk ekonometri), Optimasi, Input-Output (IO), GE (*General Equilibrium*) atau dengan semakin kuatnya kemampuan komputasi komputer dikenal pula sebagai CGE (*Computerized General Equilibrium*). Tentunya ke-empat tipe ini tentunya memiliki kekuatan dan kelemahannya masing-masing (Howells, Alfstad, Cross, & Jeftha, 2002; Sterman, 1991)

Indonesia sendiri telah menggunakan dan modifikasi beberapa model kebijakan energi seperti *Reference Energy System Generator* (RESGEN), *Wien Automatic System Planning* (WASP), *Energy and Power Evaluation Program* (ENPEP), *Long Range Energy Evaluation Planning* (LEAP) dan yang terpopuler digunakan adalah *Market Allocation* (MARKAL). Pengkajian Energi Universitas Indonesia juga bahkan telah mengembangkan sendiri model berbasis sistem dinamis yaitu *Indonesia Energy Outlook by Systems Dynamic* (INOSYD).

### 2.3.1. Analisa Kebijakan Energi

Analisa kebijakan energi merupakan bagian dari analisa kebijakan yang berfokus kepada sektor energi. Analisa kebijakan dapat didefinisikan sebagai sebuah pendekatan rasional dan sistematis untuk mendapatkan pilihan kebijakan di sektor publik (Walker, 2000). Analisa kebijakan dilakukan untuk membantu pengambil kebijakan untuk memilih kebijakan yang dilakukan dari berbagai alternatif yang memiliki kompleksitas yang tinggi akibat konsekuensi yang besar, multi-aktor dengan multi-tujuan, serta keberadaan ketidakpastian. Hal ini dapat timbul akibat

kurangnya informasi dan pengetahuan terhadap alternatif yang ada. Untuk itu digunakan berbagai alat dan metode untuk mendukung ini, salah satunya adalah model kebijakan.

Secara umum, pengelompokan dari kebijakan yang bisa dilakukan oleh pemerintah dapat dibagi sesuai dengan Gambar 2.15. Alternatif kebijakan secara umum ini sebagian besar telah diaplikasikan didalam kebijakan energi, karena energi memang telah menjadi kebutuhan yang mendasar bagi masyarakat, seperti yang terlihat pada Tabel 2.8



Gambar 2.15 Peta Alternatif Kebijakan secara Umum

Tabel 2.8 Kebijakan Energi Terbarukan secara Umum

Instrumen Kebijakan	Bentuk Kebijakan	Tipe Analisa Kebijakan
Insentif Fiskal dan Ekonomi	Subsidi, Hibah dan Keringanan Pajak, termasuk dis-insentif seperti pajak karbon, <i>Cap and Trade</i> , Pajak Ekspor, <i>feed-in tariffs</i>	Subsidi Kredit Pajak untuk Usaha
Penciptaan Pasar	Kewajiban Penggunaan jumlah tertentu energi	Penciptaan Pasar
Kebijakan Harga	Kebijakan harga BBM dan BBN, <i>Green Pricing</i>	Kebijakan Harga
Penelitian dengan Dana Pemerintah	Fokus penelitian ke pengembangan energi terbarukan	Kebijakan Tarif
Informasi dan Kampanye Edukasi	Peningkatan kesadaran keberadaan dan penggunaan energi terbarukan	Penciptaan Pasar
Regulasi dan Standar	Penggunaan energi dan pemberian kinerja kuantitatif, standar produk	Regulasi
Target Nasional	Rencana dan target kuantitatif untuk menggunakan dan mengembangkan energi terbarukan	Penciptaan Pasar
Aktivitas Sukarela	Investasi swasta	Regulasi

Sumber: (International Energy Agency, 1997)

Jika menggunakan pengelompokan kebijakan versi Weimer (Weimer & Vining, 2005), maka berbagai intervensi telah dilakukan oleh pemerintah dari segi biodiesel pada Tabel 2.9

Tabel 2.9 Peta Regulasi BBN dalam Analisa Kebijakan

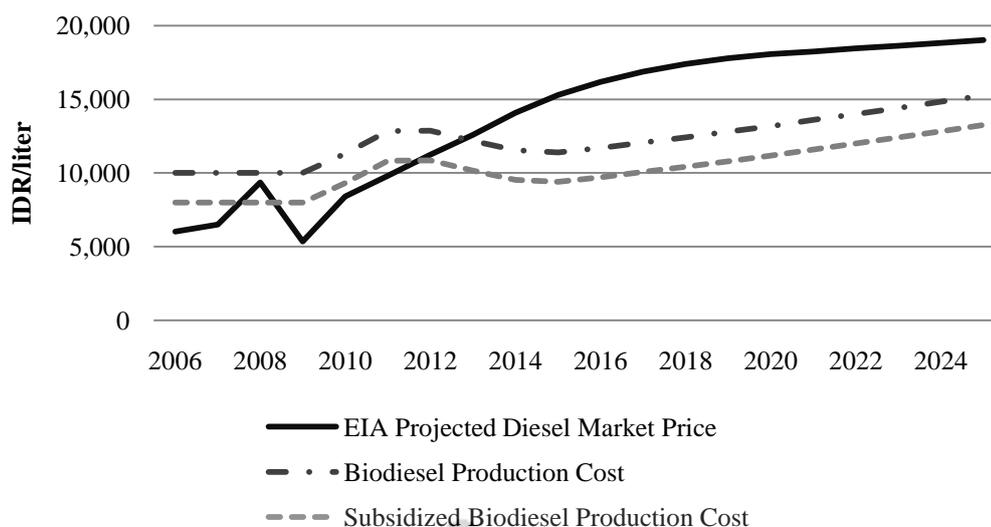
Instrumen Kebijakan	Regulasi BBN	Tipe Analisa Kebijakan
Penciptaan Pasar BBN	UU 30/2007, Inpres 1/2006, Permen ESDM 32/2008	Penciptaan Pasar
Perijinan Usaha	UU 25 /2007 tentang Penanaman Modal, Keputusan bersama Menteri Kehutanan ,Menteri Pertanian & Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor : 364/Kpts-11/90, VIII-1990 tgl 25 Juli 1990 ttg Ketentuan Pelepasan Kawasan Hutan & Pemberian HGU untuk Pengembangan Usaha Pertanian, UU No. 5 /1960 ttg Peraturan Dasar Pokok-Pokok Agraria.	Fasilitasi Pasar
Prioritas Penggunaan Hutan	Peraturan Menteri Agraria /Kepala Badan Pertanahan Nasional No. 2 tentang Ijin Lokasi, UU No. 18 Tahun 2004 tentang Perkebunan, Keputusan Menteri No. 26/Permentan/05.140/2/2007 Tanggal 20 Pebruari 2007 Tentang Pedoman Usaha Perkebunan	Alokasi Hak Milik (Hutan)
Mekanisme Pasar BBN Non-Subsidi	Peraturan Menteri ESDM No. 051 tahun 2006 tentang Persyaratan dan Pedoman Izin Usaha Niaga BBN sebagai bahan bakar lain	Deregulasi Pasar
Pungutan Ekspor (PE)	Peraturan Menteri Keuangan No. 9/PMK.011/2008	Kebijakan Tarif (Exports)
Pajak Penghasilan (PPh), Pajak Pertambahan Nilai (PPn)	UU 42/2009 tentang Pajak Pertambahan Nilai, UU 36/2008 tentang Pajak Penghasilan	Kredit Pajak untuk Usaha
Subsidi Langsung	Alokasi anggaran untuk subsidi 2000 IDR /liter	Subsidi
Kebijakan Harga (BBM)	UU No 22/2001 tentang Minyak dan Gas Bumi, PP 36/2004 tentang Kegiatan Usaha Hilir Minyak dan Gas Bumi	Kebijakan Harga

Jika instrumen pemerintah pada Tabel 2.9 dipetakan kedalam tiga aspek keberlanjutan maka dapat didapatkan hasil pada Tabel 2.10.

**Tabel 2.10 Tabel Kebijakan Pemerintah dalam bentuk Tiga Aspek Keberlanjutan**

<b>Aspek Keberlanjutan</b>	<b>Alternatif Kebijakan Pemerintah</b>
Ekonomi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kepastian Pasar (Market Obligation)</li> <li>• Insentif Pajak (PPh dan PPN) – Tax Loss Carrying Forward</li> <li>• Kebijakan Kepemilikan Tanah dan Ijin Usaha</li> <li>• Pajak Ekspor</li> </ul>
Sosial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kewajiban Petani Plasma</li> <li>• Kebijakan Buruh</li> <li>• Kebijakan CSR</li> </ul>
Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standar Spesifikasi Biodiesel (Permen ESDM No 0048 Tahun 2005)</li> </ul>

Mempertimbangkan regulasi yang telah dikeluarkan pemerintah untuk mendorong biodiesel di dalam Tabel 2.9 dan membandingkannya dengan berbagai strategi kebijakan umum dalam energi terbarukan pada Tabel 2.8, maka regulasi pemerintah masih berfokus kepada proses penciptaan dan peraturan mekanisme pasar dan belum menyentuh aspek insentif dan alternatif intervensi langsung. Padahal dalam kondisi normal tidak mungkin biodiesel mampu berkompetisi dengan petrodiesel (Demirbas, 2008). Kondisi tidak normal adalah kondisi terjadinya gap antara harga pasar diesel yang tidak disubsidi dengan harga bahan baku CPO yang rendah, yang terjadi pernah pada tahun 2008, seperti yang tergambar pada Gambar 2.16, ketika harga minyak bumi melonjak tajam dan memaksa pemerintah untuk menaikkan harga minyak nasional dan harga jual CPO dunia yang menukik turun sehingga biaya produksi biodiesel yang sangat tergantung pada harga CPO juga menukik turun. Kondisi unik ini menimbulkan gap yang cukup menarik buat investor untuk melakukan investasi. Hanya saja, ketika harga minyak dunia kembali turun, dan pemerintah memberlakukan kembali subsidi BBM maka harga pasar biodiesel menjadi berada dibawah biaya produksi, sehingga hampir seluruh produksi biodiesel berhenti walaupun berhasil memperjuangkan subsidi sebesar 2000 IDR pada tahun 2010. Gambar 2.16 juga menunjukkan bahwa angka subsidi yang dibutuhkan untuk menjaga ketertarikan terus meningkat seiring dengan proyeksi kenaikan harga BBM.



**Gambar 2.16 Perbandingan antara Biaya Produksi Biodiesel dan Harga Minyak Bumi**

Jika mengacu kepada kisah sukses Brazil yang memiliki sejarah pengembangan bio-ethanol selama 30 tahun (Hira & Oliveira, 2009), maka kondisi luar biasa atau tidak normal ini terjadi dengan alasan awal yang sama. Pada awal 1975, awal program pengembangan ethanol Brasil disebabkan kejatuhan harga dari gula dunia akibat pasokan yang berlebih dan gejolak harga minyak dunia akibat pergolakan di Timur Tengah. Kejatuhan harga akibat pasokan berlebih ini menimbulkan celah yang signifikan antara harga gula dan harga minyak bumi dunia, sehingga mendorong dan memaksa pemerintah Brasil untuk mengembangkan industri bioethanol dari gula untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi. Kebijakan Brazil adalah menciptakan pasar melalui mandatory blending, memberikan pinjaman khusus berbunga rendah bagi pengembangan pabrik pengolahan melalui bank sentral, subsidi dan regulasi harga ethanol, serta meningkatkan kuota produksi gula dengan melakukan kontrol ekspor gula.

**Tabel 2.11 Perbedaan Karakteristik Indonesia dan Brazil dalam Aspek Pemodelan**

<b>Aspek Pemodelan</b>	<b>Brazil</b>	<b>Indonesia</b>
<b>Dimensi Waktu</b>	30 tahun	5 tahun
<b>Dimensi Geografis</b>	Kontinen Besar, memudahkan pengembangan infrastruktur	Kepulauan Besar, meningkatkan biaya infrastruktur
<b>Kebijakan</b>	Penciptaan Pasar	Inpres 1/2006
	Bunga Rendah Pengolahan Bio-ethanol, Bank Sentral	Tidak untuk Biodiesel Ada untuk Perkebunan PIR
	Regulasi Harga bioethanol	Hanya berbentuk Subsidi (2000 IDR di 2010)
	Kontrol Kuota dan Ekspor Gula	Pungutan Ekspor CPO
<b>Kelembagaan</b>	IAA	Tidak ada Lembaga Khusus Lintas Sektor

Membandingkan kebijakan dua negara berbeda secara langsung adalah tidak sepenuhnya bijaksana, Brazil dan Indonesia memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga dibutuhkan kehati-hatian dalam melakukan perbandingan (Tabel 2.11). Walaupun demikian, Brazil memang telah banyak dijadikan contoh keberhasilan negara berkembang dalam melakukan program diversifikasi energi dari bahan bakar nabati, sehingga pengalaman mereka tetap bisa dijadikan referensi kebijakan di negara lain.

### 2.3.2. Pendekatan Sistem Dinamis dalam Pemodelan Kebijakan Energi

Pendekatan sistem dinamis diciptakan dan diperkenalkan pada akhir dekade 1950 oleh Jay Forrester. Forrester berargumen bahwa metode tradisional dalam pemecahan masalah memiliki keterbatasan untuk memahami proses strategis yang sering muncul dalam sebuah sistem yang kompleks. Sistem Dinamis adalah metodologi untuk secara kualitatif mendeskripsikan, mempelajari dan menganalisa sistem yang kompleks yang mencakup proses, informasi, batasan dan strategi organisasi, yang dapat memfasilitasi pemodelan dan simulasi secara quantitative struktur dan mekanisme kontrol dari sistem (Wolstenhome, 1990). Sistem dinamis memiliki asumsi dasar bahwa perilaku dari sebuah sistem diakibatkan (dalam tingkat tertentu) dari struktur dari sistem. Struktur ini tidak hanya struktur fisik tetapi juga non fisik seperti kebijakan dan tradisi yang sangat mempengaruhi proses pengambilan keputusan pada sistem tersebut (Roberts, 1998). Struktur ini memiliki aliran, jeda waktu, dan umpan balik informasi yang

juga didapatkan dalam sebuah sistem teknis pada umumnya, umpan balik ini merupakan salah satu karakter utama dari sistem dinamis.

Secara umum metodologi pemodelan sistem dinamis terdiri atas 4 tahap yang iterative. Proses iterative merupakan ciri khas dalam pemodelan sistem dinamis karena mempertimbangkan beberapa hal. Yang pertama, adalah evaluasi model pada tahap tertentu bisa memberikan masukan untuk memperbaiki model (Homer, 1996; Sterman, 2000). Kedua, proses pemodelan sendiri adalah proses eksplorasi sehingga setiap aktivitas dalam setiap langkah membantu memahami sistem, sehingga pengetahuan yang dihasilkan dalam setiap langkah menjadi umpan balik pada langkah yang lainnya (G.P. Richardson & A.L. Pugh III, 1981).

Langkah utama tersebut adalah konseptualisasi, formulasi model, pengujian model, dan penggunaan model. Langkah konseptualisasi mencakup penentuan tujuan model, pembatasan model, identifikasi variabel utama dan membuat grafik konseptual dari model yang mampu menunjukkan umpan balik dalam sistem (biasanya yang digunakan adalah diagram umpan balik atau diagram stock and flow). Langkah formulasi model mencakup memformulasikan persamaan matematis serta nilai parameter, sedangkan pada langkah pengujian dilakukan verifikasi dan validasi. Langkah penggunaan model biasanya berbasis kepada sebuah skenario yang disusun untuk melihat respon dari model.

Pendekatan sistem dinamis sebagai sebuah alat analisa memang dipandang lebih layak digunakan dalam beberapa kondisi tertentu. Forrester berpendapat pendekatan sistem dinamis tidak tepat digunakan ketika masalah yang dianalisa tidak memiliki keterhubungan secara sistemik, ketika masa lalu tidak mempengaruhi masa depan sistem, pada situasi ketika perubahan terhadap waktu tidak diperhatikan, serta permasalahan yang terlalu mikro atau kurang memiliki tingkat agregasi yang lebih luas (Forrester, 1968).

Permasalahan energi memiliki karakteristik yang bisa dianalisa secara sistem dinamis, berdasarkan kriteria Forrester di atas, dan aplikasi sistem dinamis sendiri memang telah sering digunakan dalam analisa permasalahan energi dalam berbagai dimensi penggunaannya. Model SD telah digunakan untuk melakukan perubahan paradigma terhadap pelaku industri minyak (sebagai alat manajemen

perubahan organisasi) (Lane, 1997), SD juga digunakan untuk memetakan dinamika pasar minyak bumi (Morecroft & March, 1997).

Khusus untuk biodiesel sendiri penggunaan pendekatan SD telah dilakukan untuk mengevaluasi tentang perkembangan industri biodiesel di Amerika secara nasional (Bantz & Deaton, 2006).

### 2.3.3. Pendekatan Model Ekonomi Ekonometri dan Sistem Dinamis

Terdapat sebuah pernyataan yang menjadi sangat di kenal dalam dunia pemodelan sistem dinamis, yaitu "*All models are wrong*" (Sterman, 2002).

Pernyataan ini merupakan permintaan refleksi bagi seluruh pengguna model maupun penyusunnya (modeler) di semua bidang ilmu untuk menyadari kembali bahwa sebuah model dibuat atau disusun selalu dengan keterbatasan dan asumsi tertentu sehingga tidak mungkin ada model yang benar (Sterman, 1991). Ini berlaku untuk semua jenis model baik berbasis pada optimasi maupun pada simulasi. Sterman meminta para modeler untuk kembali kepada hakikat pemodelan: simplifikasi dari sebuah permasalahan nyata yang sangat kompleks sehingga kita lebih bisa memahami permasalahan itu. Ini berarti sebuah model hanya bisa dikatakan benar atau salah didalam konteks tujuan awal dari pengembangan model itu sendiri.

Hal ini juga mewarnai perdebatan klasik antara model-model ekonomi nasional klasik yang berbasis optimasi dan teori ekonomi (ekonometri) dengan model-model ekonomi nasional yang berbasis pada sistem dinamis. Perdebatan yang dipicu di pertengahan 70-an dengan prediksi keterbatasan bumi untuk mendukung umat manusia di dalam buku *The Limits of Growth*. Prediksi ini dilakukan oleh sebuah model dunia berbasis sistem dinamis – *World Model* (D. H. Meadows, Randers, Meadows, & W. Behrens II, 1974), dikembangkan dari model yang disusun oleh Forrester (Forrester, 1973). Model dunia yang disusun oleh Tim Roma (*Team of Rome*) ini dikritik, karena salah satunya karena tidak menggunakan basis teori ekonomi tentang pencarian dan adanya keseimbangan, sehingga dipersepsikan model tidak memiliki validasi secara empiris. Model ini juga dikritik saat ini karena dianggap mengabaikan faktor substitusi yang terjadi karena adanya intervensi teknologi untuk mengantisipasi adanya kelangkaan

beberapa bahan baku utama produk industri saat itu (Mankiw, 1997). Walaupun dalam buku terakhir yang telah direvisi tentang model dunia ini keseluruhan kritik dibahas secara garis besar dan menekankan bahwa “perjalanan masih panjang” untuk bisa mengatakan benar atau salah (D. Meadows, Randers, & Meadows, 2004). Kritik ini diperluas kepada pendekatan sistem dinamis yang tidak memiliki tujuan akhir persamaan yang jelas pada keseluruhan model yang dibangun, walaupun tetap memiliki landasan hubungan persamaan matematis berdasarkan waktu untuk setiap keterkaitan variabel.

Perdebatan ini bahkan dianalisa dalam sebuah sisi yang menarik, yaitu apakah perdebatan ini dianggap perdebatan ilmiah yang masih berjalan atau perdebatan yang telah usang serta tidak memiliki kadar ilmiah (Myrtveit, 2005). Myrtveit menganalisa bahwa perdebatan yang terjadi adalah sebuah perdebatan multidimensi antara fakta, teori, prinsip dan nilai dengan perspektif keilmuannya masing-masing. Disimpulkan bahwa perdebatan ini masih relevan dan tetap “hangat” hingga masa sekarang.

Metodologi pengembangan sistem dinamis memang dibangun berdasarkan atas pencarian hubungan-hubungan antar variabel yang dianggap signifikan dalam membangun perilaku dari sebuah sistem. Perilaku dalam sistem, yang tergambar sebagai ada atau tidak adanya perbedaan sejalan dengan waktu, menjadi basis dalam analisa sistem dinamis. Perilaku didapatkan dari ketidakseimbangan didalam sistem, bukan karena sistem dalam keadaan seimbang (Sterman, 2000). Sebuah sistem yang seimbang tidak memberikan informasi keterkaitan yang dibutuhkan. Walaupun bisa menjadi alat untuk melakukan prediksi, tetapi model sistem dinamis tidak memiliki tujuan utama untuk mendapatkan prediksi. Semua ini: tidak adanya basis teori ekonomi yang solid, kurangnya disiplin matematika atau statistik dalam pengolahan data, serta tidak adanya target (contohnya keseimbangan), membuat model-model SD kurang populer pada tingkatan makro ekonomi.

Pada sisi yang lain, model-model ekonometri juga sangat tergantung kepada asumsi-asumsi dan teori-teori ekonomi tentang kesempurnaan informasi, rasionalitas aktor ekonomi, dan adanya keseimbangan, yang pada dunia nyata

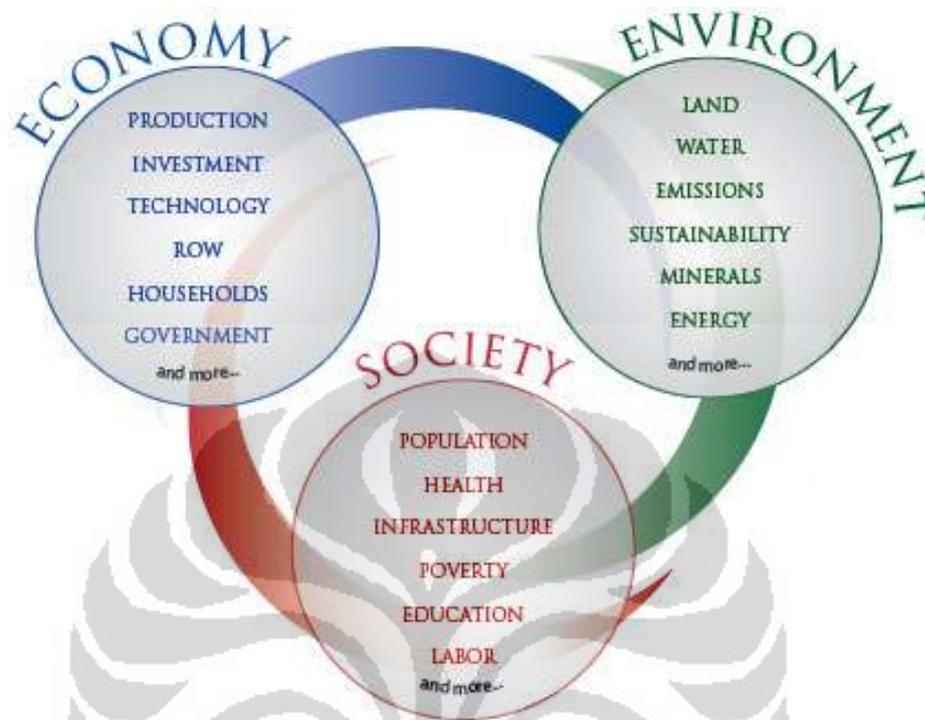
sangat sulit untuk didapatkan. Pada ekonomi yang sedang berkembang khususnya, semua asumsi ini sulit didapatkan secara alami, sehingga para modeler biasanya mencoba melakukan modifikasi untuk mendapatkan kondisi ini. Sebuah fenomena yang sering dituliskan sebagai “*fit to modeler*”. Kedisiplinan proses matematika atau statistik yang tinggi juga menjadi poin kekuatan berikutnya dalam bentuk model ini, juga dianggap dapat mengakibatkan perhatian yang berlebih terhadap korelasi atas data lampau (Stermann, 1991). Hanya saja korelasi tidak menggambarkan kausalitas, korelasi pada masa lalu tidak berarti tetap berlaku pada masa yang akan datang. Fokus kepada data yang ada (yaitu data masa lalu) untuk melakukan validasi juga menjadi kritik dari model yang dibangun dengan basis statistik, karena berakibat pengembangan model akan didorong untuk sesuai dengan data (*fit to data*), walaupun secara perilaku belum tentu berhubungan dengan data yang diolah.

Pemahaman selalu adanya perbedaan, persamaan, kekuatan dan kelemahan dari pendekatan optimasi, ekonometri dan sistem dinamis menjadi pegangan bagi semua modeler untuk menyadari bahwa semua model yang disusun adalah simplifikasi dari dunia nyata. Dalam proses simplifikasi, pasti tidak akan sempurna bahkan tidak akan mendekati sempurna. Dalam sebuah tulisan ekonom bank dunia John D. Shilling, timbul ajakan untuk tidak saling mendebatkan kelemahan dari masing-masing pendekatan tapi mencari kombinasi kekuatan dari kedua kekuatan ini (Shilling, 2004).

#### 2.3.4. Threshold 21 Model - Energi

Model Threshold 21 (T21) versi Energi adalah pengembangan dari model dasar T21 yang berorientasi untuk menganalisa aspek energi dalam dinamika pembangunan berkelanjutan. Model T21 dasar sendiri adalah sebuah model yang diilhami kebutuhan sebuah model berbasis model sistem dinamis yang mengintegrasikan tiga pilar pembangunan berkelanjutan, yaitu ekonomi – sosial – lingkungan, yang diharapkan digunakan untuk mendukung proses kebijakan perencanaan pembangunan negara yang lebih integratif. Model T21 dikembangkan oleh Millennium Institute sebagai alat bantu untuk melakukan perencanaan pembangunan negara secara berkelanjutan dalam pencapaian

*Millennium Development Goals* (MDG). Pendekatan sistem dinamis dipilih karena dianggap mampu lebih menggambarkan keterkaitan antar variabel didalam ataupun antar aspek keberlanjutan (Gambar 2.17).



**Gambar 2.17 Ilustrasi Kerangka Kerja Model Threshold 21**

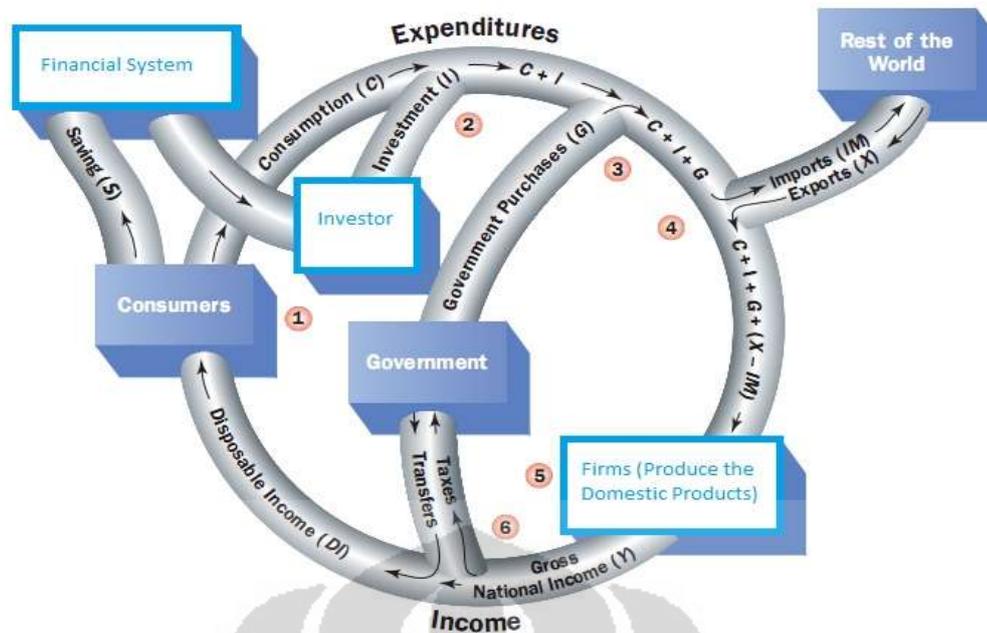
Desain model T21 memiliki beberapa fitur yang memberikan keunggulan tersendiri, terutama bagi tujuan penelitian ini, yaitu:

- **Transparansi**, semua model T21, baik yang dasar maupun model-model pengembangannya secara terbuka bisa diunduh untuk dianalisa struktur hubungannya, walaupun tetap membutuhkan pengetahuan dasar tentang membaca penggambaran struktur pada sistem dinamis. Ini membuat proses untuk melakukan pengembangan model untuk tujuan yang berbeda dengan cukup mudah dilakukan.
- **Fleksibilitas**. Setelah tujuan dari penggunaan model didefinisikan, maka model T21 dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan. T21 pernah digunakan di berbagai negara sesuai dengan kebutuhan pembangunan di setiap negara yang berbeda-beda.

- Berbasis sistem dinamis. Keterkaitan antara ketiga pilar keberlanjutan dengan relatif lebih mudah dapat digambarkan dan dihitung. Penggambaran keterkaitannya membuat model T21 menjadi alat yang sesuai untuk memfasilitasi bahan diskusi yang lebih transparan, partisipatif dan membangun konsensus. Sebagai sebuah alat bantu, maka salah satu kekuatan T21 adalah pada kemampuannya sebagai alat untuk belajar, bukan hanya sebagai alat untuk memprediksi sebuah kondisi pada masa yang akan datang. Untuk itu aspek transparansi dalam model T21 menjadi sangat penting, karena transparansi atas hubungan antar variabel, sehingga memudahkan orang untuk mempelajarinya.
- Integrasi Indikator Penting Dunia. Model T21 telah mengakomodasi hampir seluruh *Millennium Development Goals* (MDG).

Aspek keberlanjutan dalam model T21 direpresentasikan dengan tiga sub-sistem utama pembangunan berkelanjutan, yaitu sub-sistem ekonomi, sosial dan lingkungan.

Pada sub-model ekonomi digunakan pendekatan perhitungan pertumbuhan ekonomi yang memiliki indikator utama berupa Produk Domestik Bruto (PDB). Sub-sistem ekonomi memiliki tiga sektor produksi: jasa, industri dan pertanian/perkebunan. PDB didefinisikan sebagai nilai pasar dari semua hasil produk dan jasa final yang diproduksi oleh suatu negara dalam suatu waktu tertentu (Mankiw, 1997). Secara grafis kegiatan pertumbuhan ekonomi yang terjadi pada model T21 dapat digambarkan pada Gambar 2.18 merupakan representatif dari pergerakan ekonomi yang ada pada model ini. Representasi tersebut direalisasikan dalam bentuk persamaan dan variabel yang saling terkait.



**Gambar 2.18 Diagram Pertumbuhan Ekonomi**

Sementara untuk produksi ekonomi, model ini dibangun dengan menggunakan dasar persamaan fungsi produksi Cobb-Douglas. Persamaan Produksi Cobb-Douglas merupakan sebuah persamaan matematis yang mencoba menjelaskan fenomena produksi dan faktor input sumber daya, modal, tenaga kerja dan teknologi. Sub-sistem ini kemudian dielaborasi dengan menggunakan kerangka *System of National Accounts (SNA)* dan *Social Accounting Matrix (SAM)*.

Untuk mengatur aliran investasi, didalam model T21 terdapat modul investasi yang mencari perilaku perkembangan investasi, terutama pada perubahan dan perubahan volume aliran investasi ketiga sektor produksi. Perubahan dipicu oleh peningkatan aliran investasi publik maupun swasta (*private*), sedangkan perubahan aliran tergantung pada harga relatif (*relative price*) yang akan mengatur flow modal tergantung ketertarikan terhadap pengembaliannya yang tergantung kepada harga. Model mendistribusi permintaan kepada sektor-sektor produksi dengan menggunakan Kurva Engle berdasarkan populasi dan pendapatan perkapita.

Sub-sistem berikutnya yaitu sub-sistem sosial dibangun untuk mendapatkan dinamika piramida penduduk, index pendidikan dan angka harapan hidup. Sub-

sistem lingkungan menangkap perubahan peruntukan lahan, emisi gas rumah kaca, air bersih dan perubahan iklim

Pada versi energi T21 untuk Amerika, yaitu T21-USA, ditambahkan modul energi untuk menghitung kebutuhan dan suplai energi dalam rangka memenuhi perkembangan pembangunan. Kebutuhan energi didasarkan kepada PDB, piramida penduduk dan teknologi, sedangkan suplai didasarkan atas produksi masing-masing jenis sumber energi primer serta suplai dari impor (*rest of the world*).

T21 Papua yang merupakan variasi model T21 untuk menganalisa pembangunan di Propinsi Papua seiringan dengan usaha untuk melakukan konservasi hutan di Papua dan meningkatkan kualitas sumber daya manusia (M. Pedercini, 2004). T21 Papua merupakan model pertama yang disusun pada tingkatan daerah dan dikerjakan bersama dengan *Conservation International* (CI) sebagai sebuah usaha untuk melakukan sebuah perencanaan secara lebih terintegrasi. T21 Papua walaupun merupakan sebuah model daerah, tetapi tetap mempertimbangkan dinamika pembangunan pada tingkat negara Indonesia, sehingga menjadi sumber rujukan dalam melihat keterkaitan variabel dan nilainya.

Di sub-model sosial terdapat berbagai modul sosial untuk menghasilkan indikator sosial sesuai dengan MDG, yaitu populasi, kesehatan dan pendidikan, serta modul teknologi. Teknologi akan dipengaruhi oleh modal dalam 3 sektor produksi ekonomi, perkembangan teknologi di dunia yang pasti akan mensuplai teknologi ke dalam negeri, serta indeks pendidikan yang menunjukkan kualitas SDM sebagai agen untuk mengabsorpsi dan menggunakan teknologi. Dalam T21 model, nilai koefisien ini dicari besarnya nilai koefisien teknologi yang bergerak atas dasar pergerakan investasi dan *Trickle down effect* (Keith Blackburn & Niloy Bose, 2003). Koefisien teknologi nantinya akan berperan sebagai koefisien peubah dalam berbagai perhitungan. Disini koefisien teknologi merupakan indeks akumulasi terhadap faktor-faktor peubahnya (Barbiroli, 1995).

Untuk sub-model lingkungan terdapat berbagai modul untuk menghitung dampak aspek lingkungan Emisi gas rumah kaca diperoleh dari emisi bahan bakar serta data tentang jejak karbon (*carbon footprint*). Pada sub-model ini juga diletakkan

kontribusi dari emisi biodiesel mikro model. Umpan balik yang ditampilkan pada modul lingkungan didasari dari adanya interaksi aspek lingkungan dan aspek social dimana interaksi ini digambarkan dalam sebuah modul umpan balik yang mampu menyajikan nilai indikator penting seperti jumlah emisi gas rumah kaca yang nantinya juga akan berpengaruh pada faktor ekonomi (Fiddaman, 1997).

### 2.3.5. Perbandingan Model Energi Ekonomi dengan Model BSM

Jika T21-USA dikategorikan sebagai sebuah model energi ekonomi, maka letak model ini adalah unik jika dibandingkan dengan model energi-ekonomi dunia lainnya. Secara umum model energi-ekonomi dapat dibagi menjadi dua kategori utama: model yang berorientasi pada perilaku pasar serta model optimasi detail (*bottom-up optimization*). Contoh dalam kategori pertama adalah POLES dan PRIMES, yang mengadopsi proses peranan adaptasi teknologi terhadap perilaku pasar. Kategori kedua yang berbasis optimasi, mencakup MARKAL (*Market Allocation*) dan MESSAGE (*Model of Energy Supply Systems Alternatives and their General Environmental Impacts*) yang menggunakan asumsi masa depan yang rigid untuk mengoptimalkan aliran energy dalam sebuah fungsi tujuan dan permintaan. Model lain dalam kategori ini adalah NEMS (National Energy Modeling Systems) dari EIA (Energy Information Administration) dan WEM (World Energy Model) yang dibangun oleh International Energy Agency (IEA) (Bassi & Shilling, 2010).

Terlepas evolusi dari aplikasi model-model ini yang lebih luas, seperti MARKAL, yang telah berkembang menjadi pendekatan multi-kerangka, yang memasukkan unsur teknologi, ketidakpastian, dan sebagainya, umpan balik yang terjadi masih terbatas dalam kerangka awal model atau gabungan antar model (Bassi, 2008). Model T21 Energi mengambil pendekatan yang berbeda dengan memulai pengembangan model dengan memperhatikan hubungan umpan balik dari variabel dari tiga aspek keberlanjutan dengan aspek energi secara holistik.

Dua model mengenai ekonomi-energi dan aspek berkelanjutan yang sering digunakan di Indonesia adalah MARKAL (Market Allocation) atau serta INOSYD (Indonesia Energy Outlook by System Dynamics) yang dikembangkan

oleh Pusat Pengkajian Energi UI. Sedangkan model yang disusun diberi nama *Biodiesel Sustainability Model* (BSM).

**Tabel 2.12 Perbandingan Konseptual Model MARKAL, INOSYD, dan BSM**

	<b>MARKAL</b>	<b>INOSYD</b>	<b>BSM</b>
<b>Tujuan Model</b>	Prediksi Kebutuhan Energi Pemenuhan Suplai	Prediksi Kebutuhan Energi Pemenuhan Suplai dan analisa	Perilaku makro nasional terhadap dampak industri biodiesel ke 3 aspek keberlanjutan Indonesia
<b>Pendekatan Pemodelan</b>	Optimasi/Ekonometri	Sistem Dinamis	Sistem Dinamis
	<i>Bottom Up</i>	<i>Bottom Up</i>	<i>Top Down</i>
<b>Dasar Struktur Awal</b>	Berkembang ke <i>non-linear programming, stochastic programming</i> dll		
	<i>Equilibrium Supply and Demand</i>	<i>Equilibrium Supply and Demand</i>	Pola dan mekanisme pembangunan berkelanjutan (termasuk mekanisme <i>supply and demand</i> tanpa pencarian equilibrium)
	Dari model ekonomi energi berkembang ke aspek lingkungan	Dari model ekonomi energi bergerak ke aspek lingkungan dan sosial	Dari model pembangunan berkelanjutan berkembang ke biodiesel (sektor ekonomi ke sektor sosial dan lingkungan kemudian disambungkan ke energi)

Model BSM merupakan model yang disusun dalam langkah awal untuk menyajikan alternatif platform dasar pemodelan dari pembangunan berkelanjutan, selain untuk menjawab tujuan penelitian ini yang lebih banyak berorientasi pada perilaku demand energi. Pada pengembangannya BSM seharusnya bisa melakukan adaptasi secara lebih detail terhadap berbagai asumsi setiap sektor energi secara mendalam sehingga mendapatkan gambaran yang lebih lengkap terhadap perilaku sektor energi itu sendiri. Pengembangan BSM sendiri juga bisa dilakukan terhadap sektor-sektor lain atau kepentingan penelitian lainnya yang berorientasi kepada pembangunan berkelanjutan.

#### **2.4. Rumusan Keterkinian Penelitian (*State of the Art*)**

Penelitian ini mengembangkan sebuah dua sub-model sistem dinamis terintegrasi yang berbeda skala yaitu model bisnis pada tingkat produsen biodiesel dan model keberlanjutan nasional dari pengembangan industri biodiesel yang mampu mengeluarkan sekaligus indikator dari tiga aspek keberlanjutan dengan aspek

energi. Pendekatan multi skala ini belum pernah dilakukan dalam mengevaluasi industri biodiesel.

Penelitian yang menyangkut kombinasi kedua hal ini juga belum dilakukan. Secara umum, pembahasan BBN termasuk biodiesel masih bersifat sektoral dan belum terintegrasi, seperti yang dipetakan pada Tabel 2.14, dan fokus setiap studi adalah berpusat pada satu sektor aspek dalam keberlanjutan saja. Hingga saat ini belum ada sebuah penelitian yang bisa menggambarkan kompleksitas keterkaitan serta dampak multi-aspek terhadap beberapa kebijakan sekaligus.

Dari sisi pendekatan pemodelan dan simulasi yang digunakan, pendekatan yang bersifat sistem dinamis masih jarang untuk dilakukan, terutama yang bersifat multi-skala, yaitu membahas aspek bisnis dan aspek kebijakan sekaligus. Model berbasis sistem dinamis juga dapat mengakomodir berbagai macam perspektif yang terjadi yang menjadi salah satu tantangan dalam pengembangan biodiesel yang multi-sektor. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.13.

**Tabel 2.13 Pendekatan Simulasi yang Dipakai dalam Membahas Isu BBN**

	Optimasi	Skenario (What-if)
Tingkat Industri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (F. Bernard 2007)</li> <li>• (Foglia, Thomas A., 2007)</li> <li>• (Mahmoudi, Mohammadhossein, n.d.)</li> <li>• (Ravula, Poorna P., 2007)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Bantz and Deaton 2006)</li> <li>• (Scheffran, BenDor et al. 2007)</li> </ul>
Tingkat Kebijakan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (F. Bernard 2007)</li> <li>• (Bunn &amp; Larsen, 1997)</li> <li>• (Arikan, Guven, &amp; Kumbaroglu, 1997)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Bantz &amp; Deaton, 2006)</li> <li>• (Bunn, Derek, et. Al., n.d.)</li> </ul>

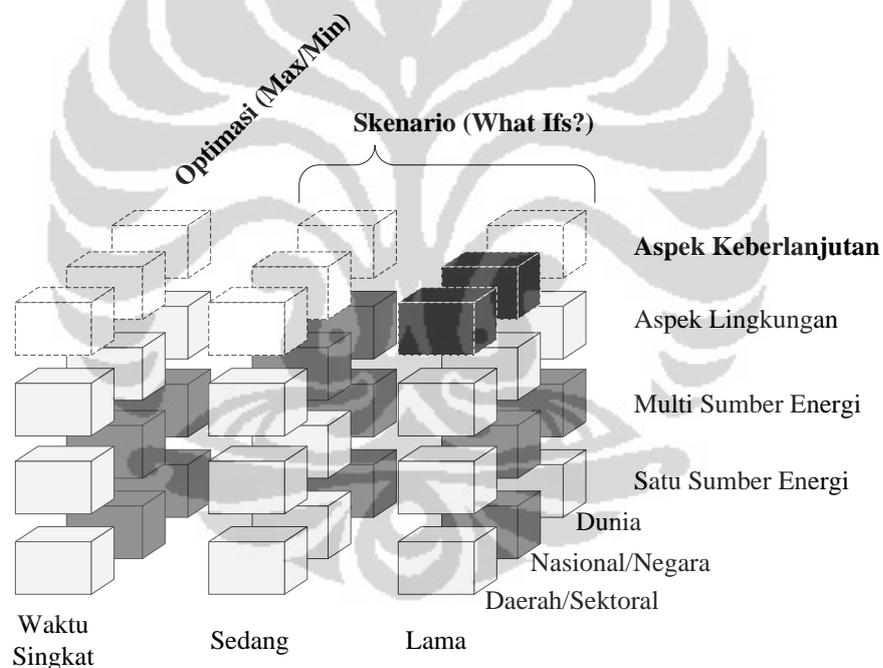
Tabel 2.14 Peta Pembahasan Topik BBN

	Aspek Berkelanjutan					
	Ekonomi		Lingkungan		Sosial	
	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
<b>Tingkat Industri</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinerja BBN Biodiesel setara dengan BBM tanpa harus merubah mesin (Basha, et al., 2009) &amp; (Basha, et al., 2009)</li> <li>• Proses Produksi memiliki Neraca Energi yang Baik (Yusoff, 2006) &amp; (Goldemberg &amp; Guardabassi, 2009)</li> <li>• Produktifitas tinggi dan biaya produksi rendah; (Lam, Tan, Lee, &amp; Mohamed, 2009)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbon Netral (Lam, et al., 2009)</li> <li>• Carbon Netral (Thamsiroj &amp; Murphy, 2009)</li> <li>• Fungsi Hutan yang tergantikan jika berasal dari hutan kritis (Goldemberg &amp; Guardabassi, 2009)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GHG dan Pengalihan Fungsi Hutan (Reijnders &amp; Huijbregts, 2008)&amp; (Koh &amp; Ghazoul, 2008)</li> <li>• Pemilihan lahan adalah faktor penentu emisi GHG secara total (Wicke, Dornburg, Junginger, &amp; Faaij, 2008)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketersediaan Makanan (Lam, et al., 2009)</li> <li>• Memberikan benefit kepada petani sekitarnya (Goldemberg &amp; Guardabassi, 2009)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketersediaan Makanan (Koh &amp; Ghazoul, 2008)</li> </ul>
<b>Tingkat Kebijakan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tantangan Biofuel pada kaca mata produsen skala kecil di Ohio (Morrone, et al., February 2009)</li> <li>• Perbandingan antara Impor biodiesel dengan produksi <i>rapeseed</i> lokal di Irlandia (Thamsiroj &amp; Murphy, 2009)</li> <li>• Pengembangan biodiesel mengurangi impor minyak sehingga GDP untuk impor energi berkurang dalam jangka panjang (Siriwardhana, G.K.C.Opathella, &amp; M.K.Jha, 2009)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perbandingan antara Impor biodiesel dengan produksi <i>rapeseed</i> lokal di Irlandia (Thamsiroj &amp; Murphy, 2009)</li> <li>• Skema sertifikasi Sustainability-Lesson learnt from Germany and UK (Bomb, McCormick, Deurwaarder, &amp; Kaberger, 2007)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak ada energi biomass yang benar-benar karbon-netral (Charles, Ryan, Ryan, &amp; Oloruntoba, 2007)</li> </ul>		

(+) Jurnal menggambarkan Potensi/Efek Positif (-) Jurnal menggambarkan Tantangan/Efek Negatif

#### 2.4.1. Rumusan Keterkinian (*State of The Art*)

Pendekatan yang dilakukan dalam berbagai penelitian lebih berfokus membahas satu atau dua aspek dalam keberlanjutan. Masih belum ditemukan penelitian yang menganalisa topik tentang biodiesel ataupun renewable energy untuk melihat secara menyeluruh dalam tiga aspek keberlanjutan sekaligus. Secara singkat, untuk kasus pengembangan industri biodiesel dibutuhkan sebuah model yang **multi-tingkatan, multi-dimensi** keberlanjutan dan bisa mengakomodir **analisa skenario (*what if*)**. Model yang disusun dalam berbagai penelitian sebelumnya belum memenuhi kriteria ini. Secara matriks, fokus penelitian ini dapat diilustrasikan pada Gambar 2.19, yang digambarkan sebagai dua kotak hitam pada sisi kanan depan atas.



**Gambar 2.19** Matriks *State-of-the-Art*

*Sumber diadaptasi dari (D. M. Pedercini, February 2003)*

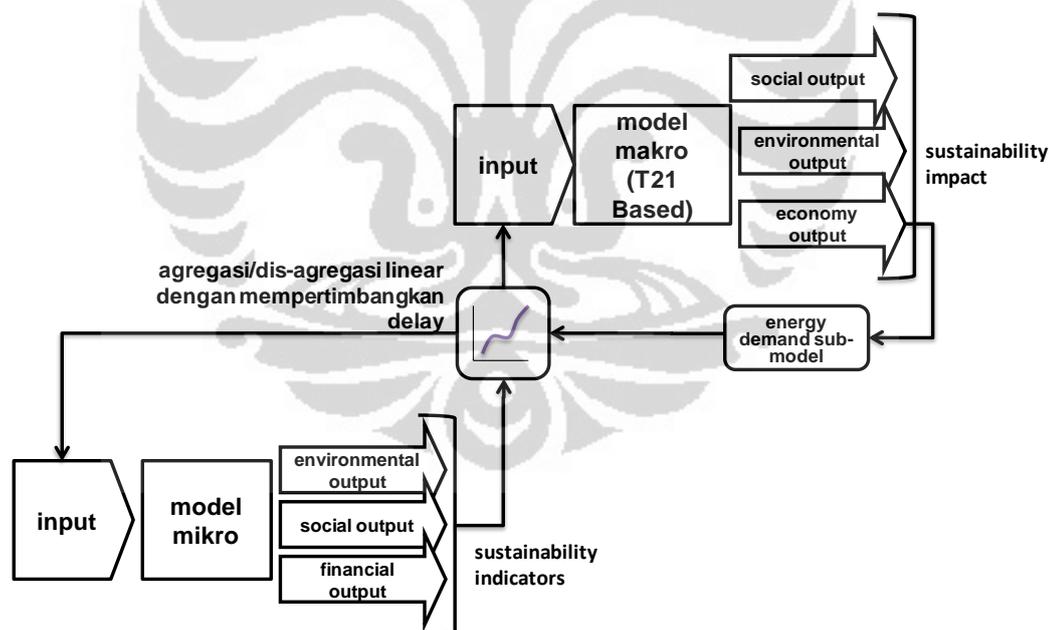
Kedua kotak hitam yang menunjukkan letak dari model ini menunjukkan bahwa aspek yang dibahas secara lengkap adalah aspek keberlanjutan pada tingkatan terbatas, dan mencakup dua tingkatan yaitu sektoral dan nasional, pada jangka waktu yang lama.

Dalam kerangka rekayasa sistem (*systems engineering*), pendekatan yang bersifat multi tingkatan juga jarang dilakukan, mengingat fokus utama dari rekayasa sistem adalah pada sistem pada tingkatan mikro dan bukan makro (INCOSE, 2007). Sehingga kombinasi untuk melihat dampak dari sebuah rekayasa pada tingkat mikro ke tingkatan makro secara multi aspek juga menjadi kontribusi tersendiri pada penelitian ini.



### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian mengacu kepada metodologi pengembangan model sistem dinamis secara umum yang bersifat iterative dan konstruktif, dan terdiri atas empat bagian utama: konseptualisasi, formulasi, validasi dan simulasi skenario (Sterman, 2000). Pengembangan model yang dilakukan terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu sub-model skala mikro dan sub-model skala makro. Pembuatan sebuah model mikro dari sebuah perusahaan produsen perusahaan biodiesel dilakukan secara detail mencari peluang dan tantangan yang terjadi pada tingkat industri dalam aspek keberlanjutan. Model mikro ini dihubungkan ke sebuah model makro tingkat nasional untuk melihat dampak secara nasional dalam aspek keberlanjutan. Secara sederhana ilustrasi hubungan keduanya tergambar pada Gambar 3.1.

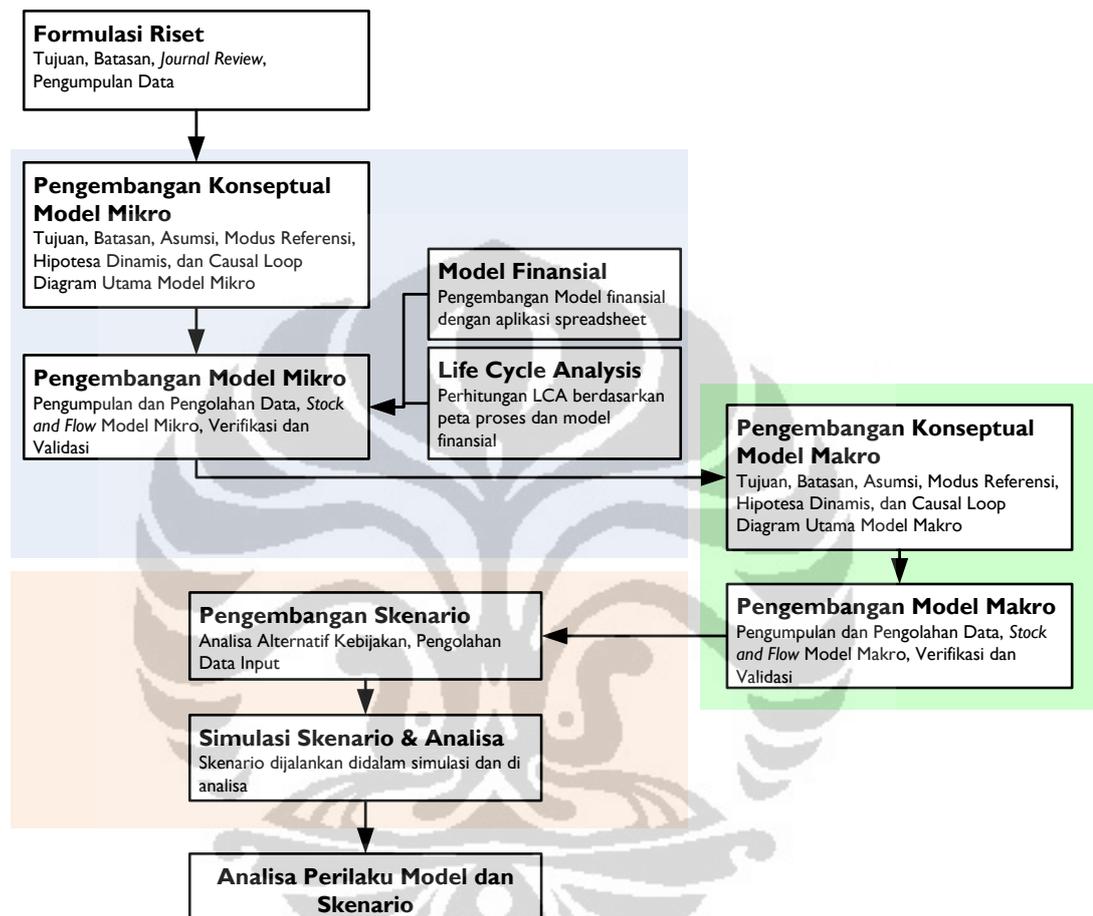


Gambar 3.1 Ilustrasi Interaksi antara Model Mikro dan Model Makro

Secara detail pada pengembangan kedua model ini dapat digambarkan pada diagram metodologi penelitian pada Gambar 3.2.

Seperti yang telah dibahas pada metodologi penelitian, model dari sistem yang akan dikembangkan akan menggunakan dua skala yang berbeda yaitu pada skala

mikro berupa produsen biodiesel dan skala makro yaitu model berkelanjutan pada tingkat nasional. Model makro dibutuhkan untuk mendapatkan kebutuhan energi dengan melihat interaksi antara tiga pilar berkelanjutan, serta memberikan gambaran kontribusi dari industri biodiesel pada skala nasional.



Gambar 3.2 Alir Metodologi Penelitian

### 3.1. Formulasi Riset

Formulasi riset merupakan tahapan konseptualisasi awal pengembangan model yang akan memayungi tujuan keseluruhan dari pengembangan model mikro dan makro serta penyusunan skenario. Konseptualisasi pada formulasi riset akan disusun dalam sebuah diagram sistem Gambar 3.1 menunjukkan konsep penelitian yang dilakukan dalam kerangka sistem sederhana yaitu masukan, proses, keluaran dan umpan balik. Penyusunan konsep dimulai dari bagaimana keluaran dari

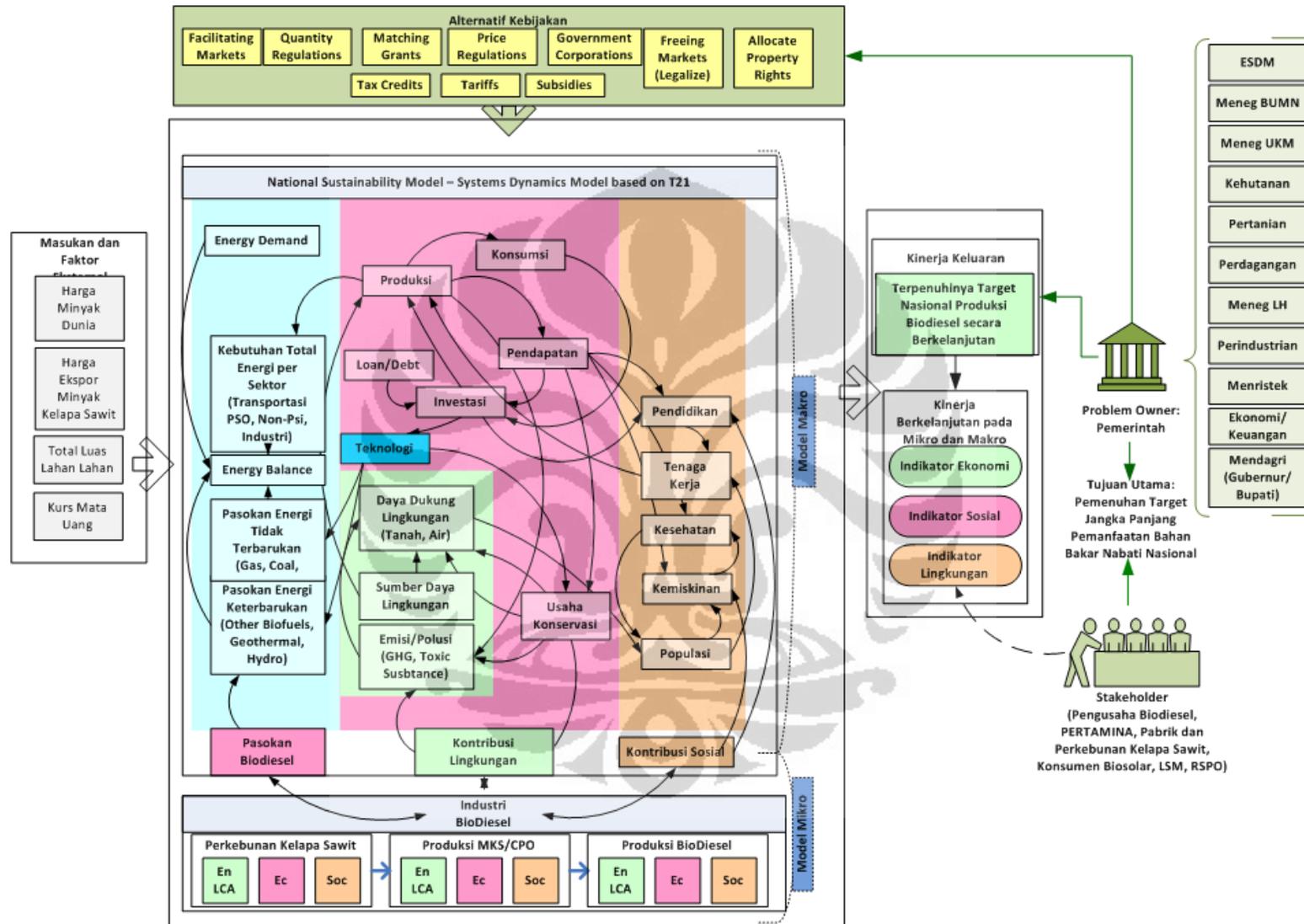
sistem yang dianalisa akan digunakan, oleh siapa serta apa tujuannya dan apakah ada pihak-pihak lain yang terlibat.

Keluaran dari sistem digunakan oleh pemerintah sebagai pemilik permasalahan (*problem owner*), yang memiliki tujuan utama pemenuhan target produksi biodiesel di Indonesia pada 2025. Pemerintah perlu memperhatikan kepentingan pemegang kepentingan lain, yaitu pelaku industri hilir hingga ke hulu, lembaga swadaya masyarakat (LSM) dan konsumen biodiesel. Pemerintah disini adalah entitas kolektif dari berbagai macam departemen, lembaga negara dan tingkat pemerintahan (pusat atau daerah). Tujuan pemerintah dalam sistem ini adalah Pemenuhan Target Jangka Panjang Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Nasional.

Secara keluaran sistem, kepentingan pemilik permasalahan maupun pemegang kepentingan diterjemahkan kepada indikator keluaran utama: Terpenuhinya Target Nasional Produksi Biodiesel secara Berkelanjutan. Konsep berkelanjutan kemudian dijabarkan dengan sebuah kelompok kinerja keberlanjutan yang terdiri dari tiga sub-kelompok indikator, yaitu ekonomi, sosial dan lingkungan.

Secara umpan balik, pemerintah memiliki berbagai macam instrumen untuk mempengaruhi baik input maupun proses dari sistem yang dianalisa. Instrumen ini tergantung dari kewenangan dan tanggung setiap aktor pemerintah (menteri, BUMN dsb). Pengelompokan instrumen yang digambarkan pada bagian atas pada gambar diambil dari sumber tentang analisa kebijakan (Weimer & Vining, 2005). Beberapa kebijakan sebenarnya telah dijalankan oleh pemerintah dalam berbagai regulasi yang dikeluarkan untuk biodiesel. Ini mencakup penetapan mandat penggunaan biodiesel, yang bisa dikategorikan sebagai fasilitasi pasar dan regulasi kuantitas. Alokasi penggunaan lahan untuk perkebunan juga telah diberikan, serta pemberian subsidi untuk biodiesel pada APBN 2010.

Hasil konseptualisasi secara umum akan diterjemahkan dalam konseptualisasi pada tingkat pengembangan model mikro maupun makro.



Gambar 3.3 Diagram Sistem tentang Permasalahan yang Diteliti

### 3.2. Pengembangan Model Mikro Rantai Produksi Biodiesel

Pengembangan model mikro diawali dengan proses konseptualisasi yang terdiri dari penetapan tujuan model mikro. Penetapan tujuan dalam sebuah pengembangan model komputer merupakan langkah yang sangat penting. Tujuan mempengaruhi batasan, asumsi dan rencana validitas dari model yang dibangun (Stermann, 1991). Tujuan dari model mikro mengacu kepada tujuan penelitian. Setelah penetapan tujuan dan batasan maka disusun hipotesa dinamis dan causal loop diagram.

Proses pengembangan model mikro sendiri berjalan dalam langkah-langkah sebagai berikut:

#### a) Identifikasi Tahapan Proses Produksi Biodiesel

Identifikasi berupa tahapan proses produksi dilakukan untuk mendapatkan aliran kerja serta sumber daya yang dibutuhkan dalam memproduksi biodiesel dari hulu hingga ke hilir. Tahapan disusun dengan mengambil sumber data sekunder dari referensi buku dan wawancara dengan para pelaksana lapangan, dan menjadi dasar pengembangan model stock and flow diagram (SFD) dalam aplikasi pemodelan (Indonesian Oil Palm Research Institute, 2003; Pahan, 2008; Pardamean, 2008).

#### b) Pengembangan Model Finansial Model Mikro

Pengembangan model finansial menggunakan mekanisme model yang sering digunakan dalam studi kelayakan (Tennent & Friend, 2005). Berdasarkan tahapan proses yang disusun sebelumnya, diidentifikasi berbagai komponen biaya dan pendapatan yang bermuara kepada sebuah laporan neraca dan arus kas. Pengumpulan data pada model finansial menggunakan data sekunder, terutama buku-buku mengenai perkebunan kelapa sawit dan biodiesel (Barani, 2009; Indonesian Oil Palm Research Institute, 2003; Pahan, 2008; Pardamean, 2008; Syukur S. & AU. Lubis, 1989) . Data sekunder ini kemudian dikonfirmasi dengan wawancara oleh pelaku industri. Data-data yang dikumpulkan mencakup produksi seperti kebutuhan mekanisasi lahan, pembuatan infrastruktur perkebunan, kebutuhan tenaga kerja, pupuk dan sumber input lainnya dihitung

volume maupun biayanya. Proses ini dilakukan mulai dari pembukaan lahan, pemeliharaan tanaman, pemanenan dan pemrosesan hingga menjadi CPO dan biodiesel.

c) Pengembangan Indikator Keberlanjutan

Indikator aspek sosial dipilih dari alternatif indikator sosial yang mungkin dalam menilai sebuah perusahaan kelapa sawit dan biodiesel, kemudian dihubungkan dengan model finansial yang telah dikembangkan.

Indikator untuk aspek lingkungan menggunakan pendekatan LCA (Life Cycle Analysis) berbasis pada ISO 14040 (Guinée, 2008). Perhitungan dilakukan menggunakan kompilasi data-data sekunder yang berasal dari negara tetangga, mengingat studi tentang LCA untuk kelapa sawit di Indonesia masih belum tersedia ketika penelitian ini dilakukan. Tabel 3.1 berisi sumber data sekunder yang dikumpulkan untuk menyusun LCA.

**Tabel 3.1 Sumber Data Sekunder untuk Life Cycle Analysis**

LCI	Sumber Data Sekunder
Perkebunan	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (Pahan, 2008)</li> <li>○ (Pleanjai, Gheewala, &amp; Garivait, 2004)</li> <li>○ (Thamsiroj &amp; Murphy, 2009)</li> <li>○ (Reijnders &amp; Huijbregts, 2008)</li> <li>○ (Chavalparit, 2006)</li> <li>○ (Tomich, van Noordwijk, Vosti, &amp; Witcover, 1998)</li> <li>○ (Crutzen, A.R.Mosier, K.A.Smith, &amp; W.Winiwarter, 2008)</li> <li>○ (Neto et al., 2009)</li> </ul>
Pabrik Kelapa Sawit PKS (Pabrik CPO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (Pleanjai, et al., 2004)</li> <li>○ (Pahan, 2008)</li> <li>○ (Chavalparit, 2006)</li> </ul>
Pabrik biodiesel	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (Pleanjai, et al., 2004)</li> </ul>

Analisa juga dilakukan hanya pada 11 Baseline Impact Categories, dan jika berlaku, karena bisa saja ada kategori dampak yang tidak berlaku karena memang tidak ada dampak tersebut untuk industri ini.

Model Finansial dikombinasikan dengan indikator lingkungan dan sosial, digabung menjadi sebuah indeks keberlanjutan lengkap dari sebuah model bisnis perusahaan BBN dengan mempertimbangkan berbagai model indikator

berkelanjutan untuk tingkat bisnis/perusahaan (Bell & Morse, 2008; Blackburn, 2007; Epstein, 2008; Hitchcock & Willard, 2006).

d) Pengembangan Model Mikro

Pengembangan model dimulai dengan pengembangan Causal Loop Diagram (CLD) dari mental model secara umum untuk memberikan pemahaman menyeluruh atas persepsi (*mental model*) perilaku usaha. Model kemudian dikembangkan sesuai dengan menggunakan struktur *Stock and Flow Diagram*. Struktur model dapat dilihat pada lampiran.

e) Verifikasi dan Validasi Model Mikro

Proses verifikasi dan validasi model makro tetap menggunakan prinsip-prinsip verifikasi dan validasi dalam sistem dinamis, yang mencakup tes kondisi ekstrim, validasi variabel kunci dan validasi perilaku sistem (Barlas, 1996; Sterman, 2000). Verifikasi akan menggunakan perhitungan pada model finansial, sedangkan uji validasi model menggunakan tes kondisi ekstrem, uji kesamaan perilaku melalui kesamaan hasil pada beberapa variabel utama. Proses perhitungan finansial maupun indikator menggunakan aplikasi spreadsheet biasa, mengingat keterbatasan kemampuan perhitungan maupun grafis pada aplikasi Powersim.

### 3.3. Pengembangan Model Makro Biodiesel Berkelanjutan

Proses pengembangan model makro juga dimulai proses konseptualisasi dengan pendefinisian tujuan model, batasan model makro yang mengacu kepada batasan penelitian maupun model mikro untuk menjaga konsistensi dimensi pada kedua model, pengembangan hipotesa dinamis dan causal loop diagram.

Langkah berikutnya dalam penelitian ini adalah membangun model makro yang berinteraksi dengan model mikro sehingga dapat menggambarkan dampak dari industri biodiesel terhadap aspek makro nasional Indonesia. Model Makro dibangun berdasarkan model T21 (Bassi, 2008; Bassi & Shilling, 2010; M. Pedercini, 2004), melalui proses modifikasi sehingga dapat menjawab tujuan penelitian. Proses verifikasi dan validasi model makro tetap menggunakan prinsip-prinsip verifikasi dan validasi dalam sistem dinamis (Barlas, 1996; Sterman, 2000), seperti yang dilakukan pada model mikro.

Dalam pengembangan model makro ini mencakup pula pengembangan modul agregasi yang mengkoneksikan antara model mikro dan makro ke dalam satu model utuh.

### 3.4. Skenario & Analisa

Tidak ada definisi yang tunggal tentang skenario, banyak tulisan yang mengatakan bahwa definisi skenario pertama diberikan oleh Porter, yaitu sebuah pandangan internal organisasi yang konsisten terhadap bagaimana masa depan akan berlangsung (Porter, 1985). Jadi bisa saja sebuah organisasi memiliki skenario yang berbeda dengan organisasi lain, tergantung dari mekanisme internal organisasi. Skenario berorientasi pada masa depan, sehingga skenario bukan merupakan proyeksi atau peramalan (*forecast*) dan bukan pula visi karena tidak mencari kondisi yang ideal (Lindgren & Bandhold, 2003).

Skenario yang dikembangkan sesuai dengan berbagai alternatif kebijakan yang mungkin diambil oleh *problem owner* yaitu pemerintah dalam sistem dengan mempertimbangkan kondisi yang akan diciptakan oleh aktor lain didalam sistem dan bagaimana pergerakan keseluruhan indikator berkelanjutan dan energi. Orientasi ini berdampak kepada berkurangnya alternatif skenario mempertimbangkan keterbatasan kebijakan yang dimiliki pemerintah. Pengembangan skenario juga dibangun diatas temuan pemahaman pada setiap tahapan pengembangan model, untuk menghindari menimbulkan skenario yang terlalu banyak dan tidak dibangun berdasarkan logika konstruktif tetapi hanya berdasarkan variasi data. Skenario berbasis variasi data akan menghasilkan banyak sekali skenario yang bisa membingungkan dan tidak memberikan tambahan pemahaman (Ringland, 1998).

Setiap alternatif skenario diterjemahkan kedalam perubahan variabel eksogen atau data yang dimasukkan kedalam model untuk kemudian dilihat. Hasil dari simulasi skenario dipakai sebagai bahan rekomendasi kebijakan.

## BAB 4 MODEL MIKRO RANTAI PRODUKSI BIODIESEL

Pengembangan model mikro perusahaan diawali dengan proses konseptualisasi yang menjadi dasar dalam pengembangan model. Konseptualisasi mencakup penentuan tujuan, batasan dan asumsi model mikro, dan hipotesa dinamis. Konseptualisasi model mikro dijelaskan secara lebih detail dalam lampiran model disertai ini.

### 4.1. Konseptualisasi Model Mikro

Sebuah model harus disusun untuk menjawab sebuah tujuan sehingga pengembangan model menjadi lebih terstruktur dan memiliki batasan dan asumsi yang jelas.

#### 4.1.1. Tujuan Model Mikro

Tujuan utama dari model mikro perusahaan biodiesel ini adalah untuk memetakan pengaruh kebijakan terhadap operasional yang berkelanjutan pada sisi finansial, sosial maupun lingkungan dari sebuah perusahaan industri BBN.

**Tabel 4.1 Deskripsi dan Batasan Model Mikro**

<b>Faktor</b>	<b>Deskripsi</b>
<b>Pertanyaan Utama</b>	Apa saja alternatif kebijakan yang realistis dapat menarik kembali investasi ke industri biodiesel?
<b>Batasan Ruang</b>	Rantai Produksi Biodiesel (Perkebunan, Pabrik CPO dan Pabrik Biodiesel)
<b>Batasan Waktu</b>	25 tahun (dari 2006)
<b>Mata Uang</b>	USD & IDR
<b>Variabel Output Utama</b>	Indikator finansial dalam batasan profitabilitas
	Indikator Lingkungan Menggunakan analisa dampak lingkungan berbasis LCA.
	Indikator Sosial Pemilihan indikator berbasis model finansial
	Indikator Energi Produksi Biodiesel

Dalam aspek berkelanjutan yang dibahas, titik berat memang diberikan kepada aspek ekonomi karena pada para pelaku bisnis menggunakan aspek ekonomi

sebagai dasar utama melakukan investasi. Jangka waktu disesuaikan dengan peta kebijakan BBN, yang dimulai dari tahun 2006. Mata uang yang digunakan adalah IDR dan USD, karena harga energi dunia dipatok dengan menggunakan dolar Amerika. Variabel output utama adalah indikator dari tiga aspek keberlanjutan.

#### 4.1.2. Daftar Variabel Utama

Melalui wawancara dengan pelaku industri dan mempertimbangkan data-data sekunder dari jurnal, majalah serta berita, maka para pelaku industri mengedepankan beberapa variabel utama, yaitu:

- a) Besar Pasar Biodiesel
- b) Harga Biodiesel
- c) Pajak, Insentif dan Pungutan
- d) Produksi Biodiesel secara Nasional

#### 4.1.3. Batasan dan Asumsi Model Mikro

Model dirancang dibuat berdasarkan kondisi sistem pemenuhan target jangka panjang biodiesel dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

- a) Periode simulasi dimulai dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2025 sesuai dengan periode pemetaan *roadmap* pemanfaatan bahan bakar nabati nasional. Dalam hal ini simulasi dikondisikan untuk perusahaan yang baru memulai untuk memproduksi biodiesel pada tahun 2010, sesuai dengan data tertulis yang diperoleh.
- b) Mempertimbangkan bahwa ruang lingkup penelitian adalah pada pemenuhan target jangka panjang biodiesel nasional, produksi biodiesel yang dilakukan diasumsikan untuk memenuhi secara penuh porsi permintaan sesuai kapasitas produksi maksimum. Porsi permintaan dihitung dari total permintaan kemudian dibagi ke jumlah unit industri biodiesel yang ada secara nasional.
- c) Struktur kepemilikan struktur tiga menjadi dasar pengembangan simulasi yaitu perusahaan biodiesel yang juga memiliki pabrik CPO dan perkebunan kelapa sawit. Dibutuhkan waktu lama untuk lahan dapat memproduksi tandan buah segar, pembukaan lahan dilakukan pada awal-

awal tahun dari periode dijalankannya simulasi. Berarti jika produsen biodiesel merencanakan memproduksi biodiesel pada tahun 2010, pembukaan lahan harus dilakukan dari sejak tahun 2006 agar produksi dapat berjalan dengan lancar.

- d) Harga-harga dan nilai-nilai numerik yang digunakan dalam model simulasi ini adalah seperti yang dibahas dalam bagian sebelumnya. Nilai-nilai ini berpedoman pada kondisi dari peramalan yang digunakan untuk harga minyak dunia dan harga CPO CIF Rotterdam yang didasarkan atas kondisi *reference case*, yakni kondisi yang sesuai dengan keadaan sekarang.
- e) Pertimbangan profitabilitas dalam menentukan keputusan ekspansi kapasitas didasarkan pada nilai NPV (*net present value*) dengan menggunakan perhitungan WACC (*weighted average cost of capital*) yang bergantung pada berapa persen modal yang dipinjam dari bank.

Batasan dan asumsi variabel yang penting dalam model disusun pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

**Tabel 4.2 Daftar Variabel Eksogen, Endogen, dan Diabaikan yang Signifikan**

Variabel Endogen	Variabel Eksogen	Variabel Diabaikan
Variabel dalam Indikator Keberlanjutan Model	Harga Minyak Dunia	Iklm dan Cuaca
Volume Produksi	Harga CPO Dunia	Produktivitas Tenaga Kerja
Harga Pokok dan Komponen Biaya Produksi	Harga CPO Domestik	Teknologi Proses dan Perkebunan
	Harga Jual TBS	Politik dan Sosial Budaya
	Proyeksi Kebutuhan Biodiesel	
	Produktivitas Kelas Lahan	
	Kebutuhan BBM Solar	
	Mandat Pencampuran Biodiesel (Blending)	
	Angka Prosentase CSR	
	Harga Solar	

**Tabel 4.3 Roadmap Biodiesel dan Biofuel 2006-2025**

Years	2005-2010	2011-2015	2016-2025
<b>Biodiesel</b>	10% Diesel Fuel Market Mandatory for biodiesel (2.41 Million kl)	15% Diesel Fuel Market Mandatory for biodiesel (4.52 Million kl)	20% Diesel Fuel Market Mandatory for biodiesel (10.22 Million kl)
<b>Total Biofuel</b>	2% National Energy Mix (5.29 Million kL)	3% National Energy Mix (9.84 Million kl)	5% National Energy Mix (22.26 Million kl)

Sumber: (Biofuel National Team, 2006)

Nilai Konstanta penting yang digunakan didalam model disusun pada tabel Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

**Tabel 4.4 Daftar Konstanta dalam Mikro Model**

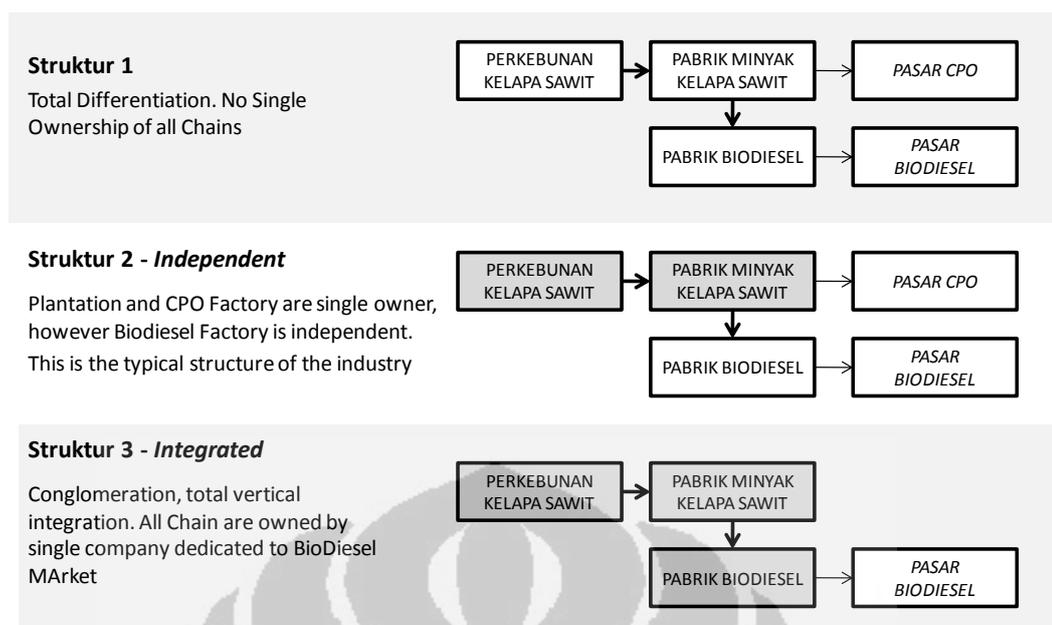
Konstanta	Nilai	Satuan
Tingkat Inflasi	6%	
Kurs Rupiah terhadap US Dollar	9.500	IDR
Nilai Konversi TBS - CPO	0.23	-
Nilai Konversi CPO - Biodiesel	0.8	-
Perbandingan Produksi CPO – Palm Kernel	0.1	-
Perbandingan Produksi Biodiesel - Gliserin	0.11	-
Massa Jenis Biodiesel	1.136	liter/ton
Massa Jenis CPO	0.895	ton/kiloliter
Hari Kerja Efektif	282	hari/tahun
Struktur Pajak Penghasilan	-	-

**Tabel 4.5 Basis data dan Persamaan Proyeksi Variabel Penting**

Variabel Eksogen	Basis Data	Sumber Data	Proses
Harga CPO Dunia Harga (USD)	Harga CPO CIF Rotterdam	<i>FAPRI 2010 U.S. and World Agricultural Outlook</i>	-
Harja Jual Minyak Kelapa Sawit (CPO) Domestik (IDR)	Harga CPO CIF Rotterdam	<i>FAPRI 2010 U.S. and World Agricultural Outlook</i>	Regresi Linear $y = 8401.621x + 802283.6$
Harga Jual TBS (IDR)	Harga CPO CIF Rotterdam	<i>FAPRI 2010 U.S. and World Agricultural Outlook</i>	Regresi Linear $y = -33551.6x + 1204.818$
Harga Jual Minyak Inti Kelapa Sawit (IDR)	Harga CPO CIF Rotterdam	<i>FAPRI 2010 U.S. and World Agricultural Outlook</i>	Regresi Linear $y = 0.841x + 103.738$
Produktivitas Kelas Lahan (TBS/ha)	Tabel Produksi per Hektar	(Syukur S. & AU. Lubis, 1989)	-
Proyeksi PDB (Tanpa Model Makro)	PDB	<i>International Monetary Fund (IMF)</i>	Regresi Eksponensial $PDB=1607.03*1.0432^x$
Kebutuhan BBM Solar (Tanpa Model Makro)	Proyeksi PDB	<i>International Monetary Fund (IMF)</i>	Rasio Elastisitas 1.03
Mandat Pencampuran Biodiesel (Blending)	Inpres 1/2006	Inpres 1/2006	Interpolasi Linear
Harga Solar (non-subsidi)	Harga Minyak Dunia	IEA International Energy Agency <i>Annual Energy Outlook 2009</i>	Regresi Linear $MOPS = 0.009x - 0.145$ $ICP = 1.103x - 2.577$

#### 4.1.4. Struktur Kepemilikan Rantai Produksi pada Model Mikro

Model mikro dalam penelitian ini memiliki ruang lingkup sebuah rantai produksi biodiesel yang memiliki kemungkinan alternatif struktur kepemilikan yang berbeda-beda. Ada tiga tipe struktur kepemilikan yang mungkin terjadi dalam industri biodiesel berbahan baku kelapa sawit (Gambar 4.1)



**Gambar 4.1 Struktur Kepemilikan Usaha Biodiesel**

Struktur pertama, semua subsistem berdiri secara independen, hal ini terjadi pada konsep industri plasma ketika petani plasma menjual ke induknya berupa Tandan Buah Segar (TBS). Struktur dua terdapat integrasi antara perkebunan kelapa sawit dan pabrik kelapa sawit, sedangkan pabrik biodiesel terpisah, sebuah struktur yang pada dunia nyata sering terjadi. Tipe kedua ini biasanya untuk perusahaan kelapa sawit dengan luas perkebunan > 6000 ha sehingga perkebunan mempunyai pabrik kelapa sawit sendiri. Struktur ketiga, ketiga subsistem yakni perkebunan, pabrik kelapa sawit, dan pabrik biodiesel terintegrasi menjadi satu.

Pada penelitian ini, struktur yang dianalisa adalah struktur ke-2 dan ke-3, sebagai struktur yang umum digunakan di Indonesia.

#### 4.1.5. Hipotesa Dinamis Keterkaitan Variabel dalam Model Mikro Biodiesel

Hipotesa dinamis disusun dalam sebuah *causal loop diagram* (CLD) dari rantai produksi biodiesel seperti yang digambarkan pada Gambar 4.5.

CLD yang terbagi menjadi tiga bagian utama: area perkebunan untuk memproduksi tandan buah segar, pembuatan CPO dan pembuatan biodiesel. Keseluruhan rantai tertarik untuk terus melakukan produksi tergantung dari masih adanya permintaan yang belum dipenuhi dan ekspektasi keuntungan yang didapat.

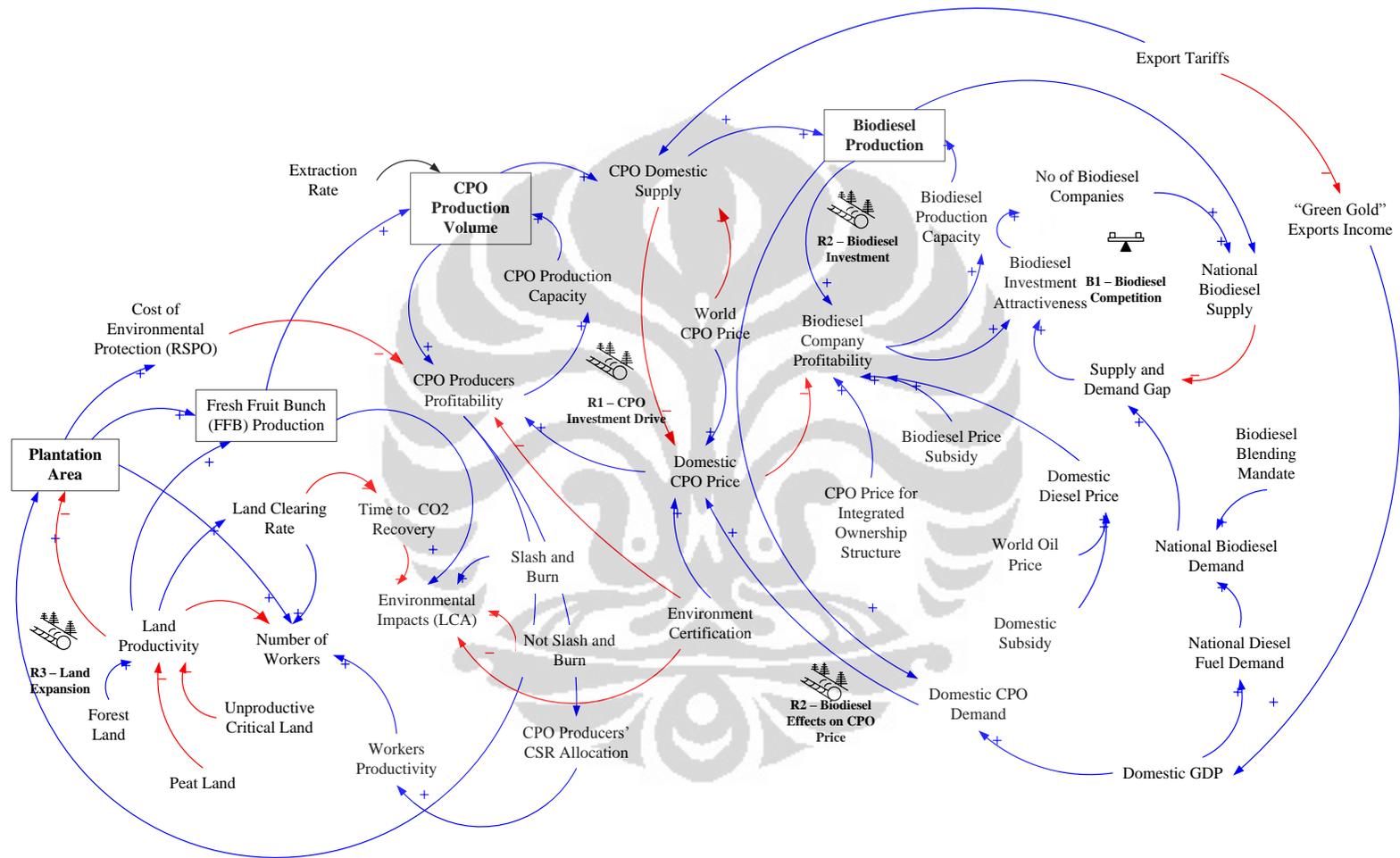
Penjelasan CLD kita mulai dari kebutuhan solar nasional yang meningkat akan secara meningkatkan permintaan biodiesel nasional, hal ini diakibatkan adanya mandat pemanfaatan pencampuran biodiesel yang ditetapkan pemerintah. Permintaan biodiesel untuk tiap perusahaan yang ada sangat bergantung pada jumlah perusahaan industri biodiesel yang berada di pasar. Semakin banyak jumlah industri biodiesel, maka semakin kecil porsi *market share* untuk tiap perusahaan.

Sementara itu, untuk kasus perusahaan biodiesel yang terintegrasi dengan perusahaan minyak kelapa sawit pertimbangan yang dilakukan adalah melihat apakah jumlah suplai minyak kelapa sawit yang dialokasikan untuk biodiesel akan lebih baik jika dijual untuk memenuhi kebutuhan ekspor. Jika terjadi demikian, maka suplai minyak kelapa sawit akan dialihkan untuk dijual kepada pasar ekspor.

Dengan adanya kapasitas produksi biodiesel yang lebih besar, volume produksi biodiesel yang dapat dihasilkan juga akan semakin besar. Dalam hal ini, volume produksi biodiesel selain dibatasi oleh kapasitas produksi biodiesel, juga dibatasi oleh suplai minyak kelapa sawit yang dapat diberikan. Sementara itu, suplai minyak kelapa sawit sendiri sangat bergantung pada perbandingan antara profitabilitas antara alokasi suplai minyak kelapa sawit untuk produksi biodiesel dan untuk kebutuhan ekspor.

Volume produksi yang lebih besar, maka harga pokok penjualan semakin kecil karena utilisasi yang lebih besar. Namun, di sisi lain harga pokok penjualan biodiesel sangat dipengaruhi oleh harga minyak kelapa sawit itu sendiri. Semakin tinggi harga minyak kelapa sawit, maka harga pokok penjualan minyak kelapa sawit semakin tinggi pula.

Harga pokok penjualan ini mempengaruhi harga jual biodiesel, semakin rendah harga pokok penjualan biodiesel, maka harga jual biodiesel dapat semakin rendah. Harga jual ini menentukan profitabilitas dari penjualan biodiesel.



Gambar 4.2 CLD untuk Rantai Produksi Biodiesel

Aspek profitabilitas juga dilakukan ketika permintaan biodiesel yang ada melebihi kapasitas aktual biodiesel yang ada. Dalam hal ini, agar permintaan biodiesel dapat dipenuhi, diperlukan penambahan kapasitas. Pada saat ini produsen biodiesel akan menimbang apakah dengan menambah kapasitas produksi akan memberikan profitabilitas yang lebih tinggi daripada tidak melakukan penambahan kapasitas. Jika ternyata dengan ekspansi perusahaan akan mendapat profit yang lebih rendah, perusahaan memilih untuk tetap bertahan pada kapasitas produksi aktual. Adapun ekspansi kapasitas produksi tidak dapat langsung menghasilkan kapasitas produksi yang diinginkan, terdapat waktu yang dibutuhkan untuk membangun kapasitas biodiesel baru. Keputusan untuk melakukan ekspansi atau tidak melakukan ekspansi kapasitas produksi biodiesel ini mempengaruhi kebutuhan suplai minyak kelapa sawit yang digunakan sebagai *feedstock* dari produksi biodiesel. Dengan kata lain, semakin besar kapasitas minyak kelapa sawit, semakin banyak pula kebutuhan suplai minyak kelapa sawit untuk dapat memenuhi kebutuhan produksi biodiesel sesuai dengan yang direncanakan.

Produksi minyak kelapa sawit yang dapat dihasilkan bergantung kepada kapasitas produksi minyak kelapa sawit dan kepada suplai tandan buah segar yang ada.

Sementara itu, volume produksi minyak kelapa sawit yang semakin besar akan menurunkan harga pokok penjualan minyak kelapa sawit dikarenakan utilisasi kapasitas produksi yang lebih besar. Dengan harga pokok penjualan minyak kelapa sawit yang semakin kecil, maka profit yang diperoleh semakin besar. Bagaimanapun, profit penjualan minyak kelapa sawit ini sangat dipengaruhi oleh harga jual minyak kelapa sawit ekspor itu sendiri, serta besar pajak ekspor yang harus ditanggung untuk memenuhi permintaan ekspor tersebut.

Semakin besarnya perencanaan produksi biodiesel, kebutuhan suplai tandan buah segar yang dibutuhkan sebagai bahan baku produksi minyak kelapa sawit juga semakin besar. Hal ini memicu dilakukannya ekspansi lahan perkebunan.

Sementara itu lahan perkebunan yang dibuka tidak dapat langsung menghasilkan sejumlah tandan buah segar yang dibutuhkan. Hal ini dikarenakan terdapat waktu

selama 3 tahun untuk konversi lahan TBM (tanaman belum menghasilkan) menjadi TM (tanaman menghasilkan). Di sisi lain, setelah lahan sudah memasuki umur TM, produksi tandan buah segar yang dihasilkan juga masih belum dapat memberikan hasil yang diinginkan, hal ini dikarenakan produktivitas lahan yang sangat dipengaruhi oleh umur lahan.

Kembali ke ekspansi kapasitas produksi minyak kelapa sawit, ekspansi yang dilakukan tidak serta merta menghasilkan produksi minyak kelapa sawit yang diinginkan. Hal ini dikarenakan waktu yang dibutuhkan untuk mengkonstruksi kapasitas produksi minyak kelapa sawit adalah 1 tahun. Semakin membesarnya kapasitas minyak kelapa sawit yang ada, maka produksi minyak kelapa sawit yang dimungkinkan juga semakin besar.

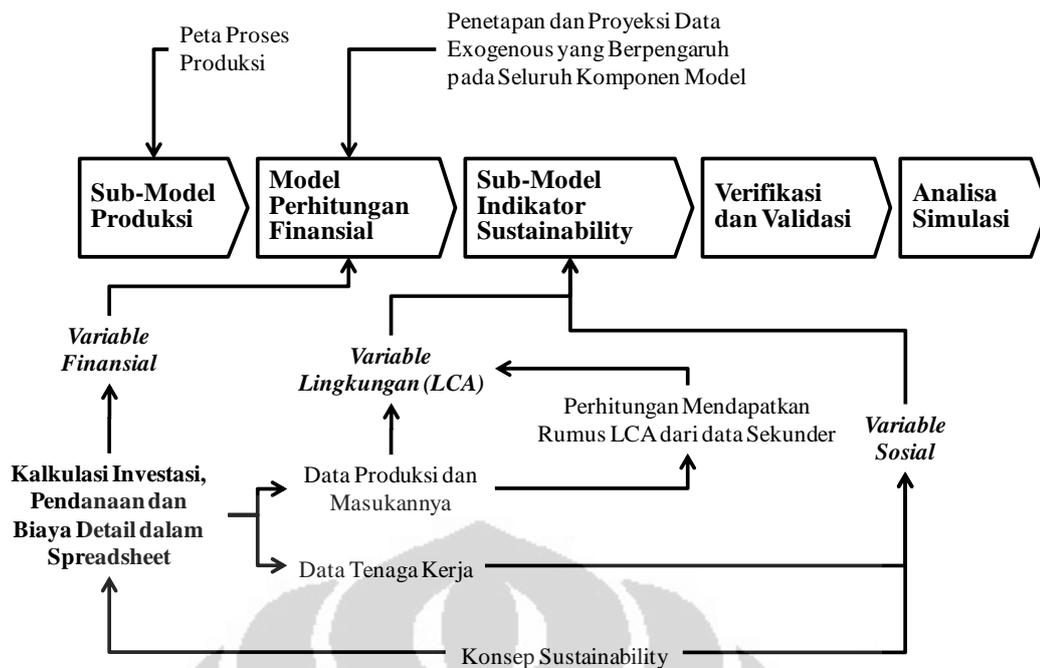
Pada saat yang sama profit penjualan minyak kelapa sawit akan mempengaruhi pertimbangan produsen minyak kelapa sawit dalam menyuplai produksinya untuk biodiesel. Dalam hal ini, apabila profit yang diperoleh dengan menjual alokasi minyak kelapa sawit untuk biodiesel lebih tinggi jika dijual kepada pasar ekspor, maka produsen lebih memilih untuk menjual minyak kelapa sawit produksinya untuk pasar ekspor.

Pada aspek lingkungan proses ekspansi lahan yang dikritik memiliki dampak lingkungan terbesar dalam rantai suplai biodiesel, meningkatkan tekanan dari pembeli luar negeri (ekspor) untuk melakukan sertifikasi RSPO dan mengurangi pasar ekspor dari produk minyak kelapa sawit. Sertifikasi RSPO meningkatkan biaya yang harus ditanggung oleh produsen, dengan harapan mendapatkan kembali pasar ekspor yang telah hilang.

#### **4.2. Pengembangan Model Mikro**

Gambar 4.3 menunjukkan tahapan pengembangan model mikro yang dimulai dari penyusunan tahapan proses produksi, dilanjutkan dengan model finansial, pengembangan indikator berkelanjutan serta verifikasi dan validasi.

Untuk mendapatkan sebuah perhitungan yang obyektif dan riil terhadap biaya-biaya yang timbul dalam produksi kelapa sawit maupun biodiesel, maka disusun terlebih dahulu sebuah model finansial berbasis kepada peta proses produksi.

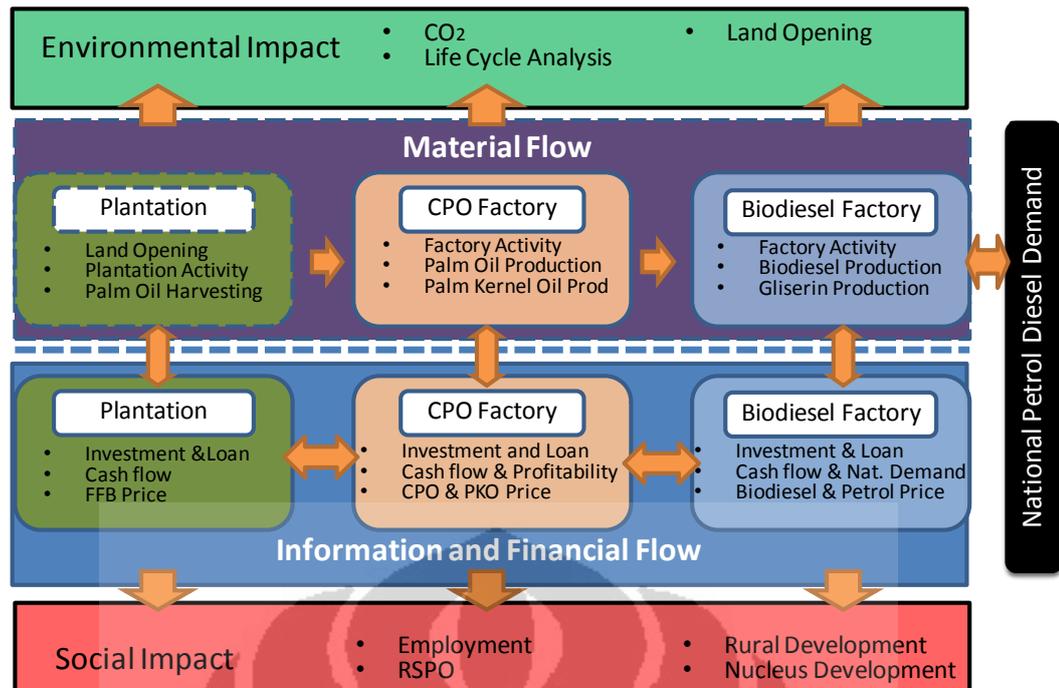


**Gambar 4.3 Metodologi Pengembangan Model Mikro**

Model finansial selain menghasilkan variabel finansial, juga menghasilkan data produksi dan data tenaga kerja yang menjadi dasar dalam perhitungan variabel lingkungan maupun variabel sosial. Variabel sosial difokuskan pada data tenaga kerja, mengingat untuk data lain seperti prosentase biaya CSR dan lain sebagainya ternyata sangat tergantung dari masing-masing perusahaan, sehingga belum bisa dimasukkan ke dalam model pada saat ini.

Untuk melakukan perhitungan variabel lingkungan, maka perlu dicari variabel pengali. Variabel ini didapatkan dengan melakukan studi LCA sederhana yang mengacu kepada data sekunder. Studi ini menghitung berdasarkan data sekunder dampak pembukaan lahan, penggunaan pupuk pada masa pemeliharaan kebun, penggunaan energi dan bahan pada pabrik CPO dan pabrik biodiesel. Seluruh data disusun dalam tabel input-output LCA sehingga didapatkan variabel pengali yang digunakan bersama data produksi dari model finansial.

Keseluruhan variable dikumpulkan untuk disusun sebagai sebuah kelompok indikator keberlanjutan yang dihasilkan oleh model. Gambar 4.4 menunjukkan ilustrasi sederhana struktur dari model mikro (Hidayatno, Sutrisno, Zagloel, & Purwanto, 2011).



Gambar 4.4 Ilustrasi Struktur Sederhana Model Mikro

#### 4.2.1. Tahapan Umum Proses Produksi Minyak Kelapa Sawit

FFB (TBS) diolah di pabrik kelapa sawit untuk diambil minyak dan intinya. Minyak dan inti yang dihasilkan dari PKS merupakan produk setengah jadi. Minyak mentah atau *crude palm oil*/CPO (MKS) dan inti (kernel/IKS) harus diolah lebih lanjut untuk dijadikan produk jadi lainnya.

Stasiun proses pengolahan FFB (TBS) menjadi CPO (MKS) dan Kernel (IKS) umumnya terdiri dari 6 stasiun utama (Pahan, 2008).

Tabel 4.6 Tahapan Proses Pengolahan Biodiesel

Tahap	Proses	Penjelasan
1	<b>Penerimaan Buah</b>	Sebelum diolah dalam PKS, TBS ditimbang di jembatan timbang, dan ditampung sementara di penampungan buah
2	<b>Rebusan (<i>sterilizer</i>)</b>	Proses perebusan TBS bertujuan untuk menghentikan perkembangan ALB/FFA, memudahkan pelepasan brondolan dari tanda, penyempurnaan dalam pengolahan minyak dan penyempurnaan dalam proses pengolahan inti sawit.
3	<b>Pemipilan (<i>stipper</i>)</b>	Proses ini merupakan proses untuk melepaskan brondolan dari tandan.
4	<b>Pencacahan (<i>digester</i>) dan pengempaan (<i>presser</i>)</b>	Proses pencacahan dilakukan untuk mempersiapkan daging buah untuk pengempaan sehingga minyak dengan mudah dapat dipisahkan dari daging buah. Proses pengempaan dilakukan untuk memisahkan minyak dari daging buah.
5	<b>Pemurnian (<i>clarifier</i>)</b>	Pada proses ini, dilakukan pemurnian MKS dari kotoran seperti padatan, lumpur, dan air.
6	<b>Pemisahan biji dan kernel (<i>kernel</i>)</b>	Proses yang dilakukan disini adalah untuk memperoleh biji sebersih mungkin. Biodiesel dibuat melalui suatu proses kimia yang disebut transesterifikasi dimana gliserin dipisahkan dari minyak nabati. Proses ini menghasilkan dua produk yaitu metil ester ( <i>biodiesel/mono-alkyl ester</i> ) dan gliserin/gliseroil yang merupakan produk sampingan dari proses produksi biodiesel ini. Semua bahan baku yang digunakan untuk memproduksi biodiesel mengandung trigliserida, asam lemak bebas (ALB) dan zat-pencemar dimana tergantung pada pengolahan pendahuluan dari bahan baku tersebut. Sedangkan sebagai bahan baku penunjang yaitu alkohol.
7	<b>Transesterifikasi</b>	Proses transesterifikasi meliputi dua tahap. Transesterifikasi I yaitu pencampuran antara kalium hidroksida (KOH) dan metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) dengan minyak sawit. Reaksi transesterifikasi I berlangsung sekitar 2 jam pada suhu 58-65°C. Bahan yang pertama kali dimasukkan ke dalam reaktor adalah asam lemak yang selanjutnya dipanaskan hingga suhu yang telah ditentukan. Reaktor transesterifikasi dilengkapi dengan pemanas dan pengaduk. Selama proses pemanasan, pengaduk dijalankan. Tepat pada suhu reaktor 63°C, campuran metanol dan KOH dimasukkan ke dalam reaktor dan waktu reaksi mulai dihitung pada saat itu. Pada akhir reaksi akan terbentuk metil ester dengan konversi sekitar 94%. Selanjutnya produk ini diendapkan selama waktu tertentu untuk memisahkan gliserol dan metil ester. Gliserol yang terbentuk berada di lapisan bawah karena berat jenisnya lebih besar daripada metil ester. Gliserol kemudian dikeluarkan dari reaktor agar tidak mengganggu proses transesterifikasi II. Selanjutnya dilakukan transesterifikasi II pada metil ester. Setelah proses transesterifikasi II selesai, dilakukan pengendapan selama waktu tertentu agar gliserol terpisah dari metil ester. Pengendapan II memerlukan waktu lebih pendek daripada pengendapan I karena gliserol yang terbentuk relatif sedikit dan akan larut melalui proses pencucian. Alasan utama mengapa minyak nabati dan minyak hewani harus mengalami proses transesterifikasi menjadi alkil ester ( <i>biodiesel</i> ) adalah viskositas kinematis dari biodiesel yang sangat dekat dengan yang dimiliki oleh petrodiesel. Viskositas yang tinggi dari minyak yang tidak mengalami proses transesterifikasi dapat menyebabkan permasalahan operasional
8	<b>Pencucian</b>	Pencucian hasil pengendapan pada transesterifikasi II bertujuan untuk menghilangkan senyawa yang tidak diperlukan seperti sisa gliserol dan metanol. Pencucian dilakukan pada suhu sekitar 55°C. Pencucian dilakukan tiga kali sampai pH campuran menjadi normal (pH 6,8-7,2).
9	<b>Pengeringan</b>	Pengeringan bertujuan untuk menghilangkan air yang tercampur dalam metil ester. Pengeringan dilakukan sekitar 10 menit pada suhu 130°C. Pengeringan dilakukan dengan cara memberikan panas pada produk dengan suhu sekitar 95°C secara sirkulasi. Ujung pipa sirkulasi ditempatkan di tengah permukaan cairan pada alat pengering
10	<b>Filtrasi</b>	Tahap akhir dari proses pembuatan biodiesel adalah filtrasi. Filtrasi bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel pengotor biodiesel yang terbentuk selama proses berlangsung, seperti karat (kerak besi) yang berasal dari dinding reaktor atau dinding pipa atau kotoran dari bahan baku. Filter yang dianjurkan berukuran sama atau lebih kecil dari 10 mikron.

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari BPPT, terdapat beberapa jenis kapasitas pabrik biodiesel dari kapasitas 1 ton hingga 10 ton per hari. Pabrik didesain secara kompak, di mana perlengkapan yang menunjang di antaranya adalah *degumming tank*, *mixing catalyst tank*, reaktor, *washing tank*, *evaporator*, dan *drying tank*. Kebutuhan utilitas untuk pabrik ini antara lain adalah listrik (untuk motor dan pompa), generator uap (untuk boiler berukuran kecil), serta *cooling water system* (untuk pendingin dan kondensator). Pada kapasitas pabrik yang semakin besar ditambahkan fasilitas untuk memproduksi biodiesel menggunakan FFA yang sudah mengalami proses *recovery* dari *recovery unit*.

#### 4.2.2. Data Aspek Finansial Mikro

Karakteristik komoditi pertanian yaitu produksinya dalam bentuk curah (*bulk*), bersifat bervolume, dan dalam beberapa kasus bersifat sangat mudah rusak atau menurun mutunya bila disimpan dalam jangka waktu yang lama. Harga produk perkebunan kelapa sawit sangat ditentukan oleh mekanisme pasar. Dalam hal ini produsen tidak mampu menentukan harga karena fungsi penawaran dan permintaan meliputi cakupan yang sangat luas, yaitu penawaran 14 macam minyak dan lemak serta permintaan yang melintasi batas negara.

Prinsip dasar dalam usaha perkebunan kelapa sawit yaitu memproduksi produk dengan biaya yang rendah dalam tingkat produktifitas yang tinggi dan kualitas produk yang dapat diterima. Setiap produsen kelapa sawit menghasilkan produk yang sama sehingga faktor yang menjadi pertimbangan ekonomis dalam permintaannya yaitu kualitas dan ketersediaan produk di pasar. Strategi untuk meningkatkan pangsa pasar konsumsi minyak kelapa sawit dengan skema biaya produksi yang rendah dinamakan strategi *low cost leadership*.

Pencapaian tingkat efisiensi biaya yang optimal, diperlukan suatu skala ekonomi untuk luasan perkebunan kelapa sawit yang akan dikelola. Dalam tingkat usaha yang optimal tersebut, seluruh komponen biaya tetap akan berfungsi secara maksimal sehingga harga pokok per satuan produk akan menjadi lebih kompetitif.

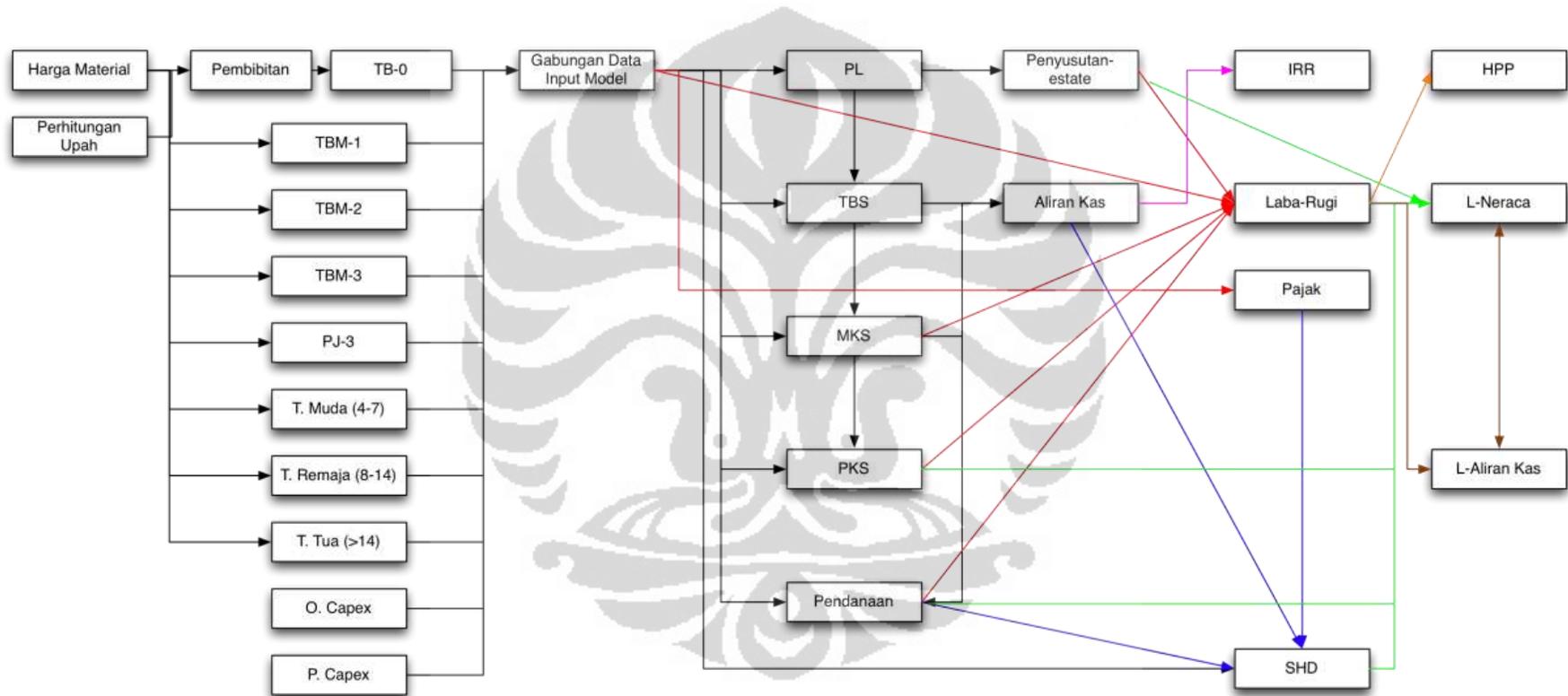
Faktor-faktor yang mempengaruhi skala usaha adalah sebagai berikut.

- jangka waktu tanaman kelapa sawit mulai menghasilkan TBS
- jangka waktu produktif tanaman kelapa sawit
- biaya investasi kebun untuk mencapai skala ekonomi
- sifat TBS setelah panen harus segera diolah di pabrik kelapa sawit karena mutunya akan menurun jika sempat menginap di lapangan
- Adanya bulan produksi puncak yang menyebabkan produksi TBS tidak merata

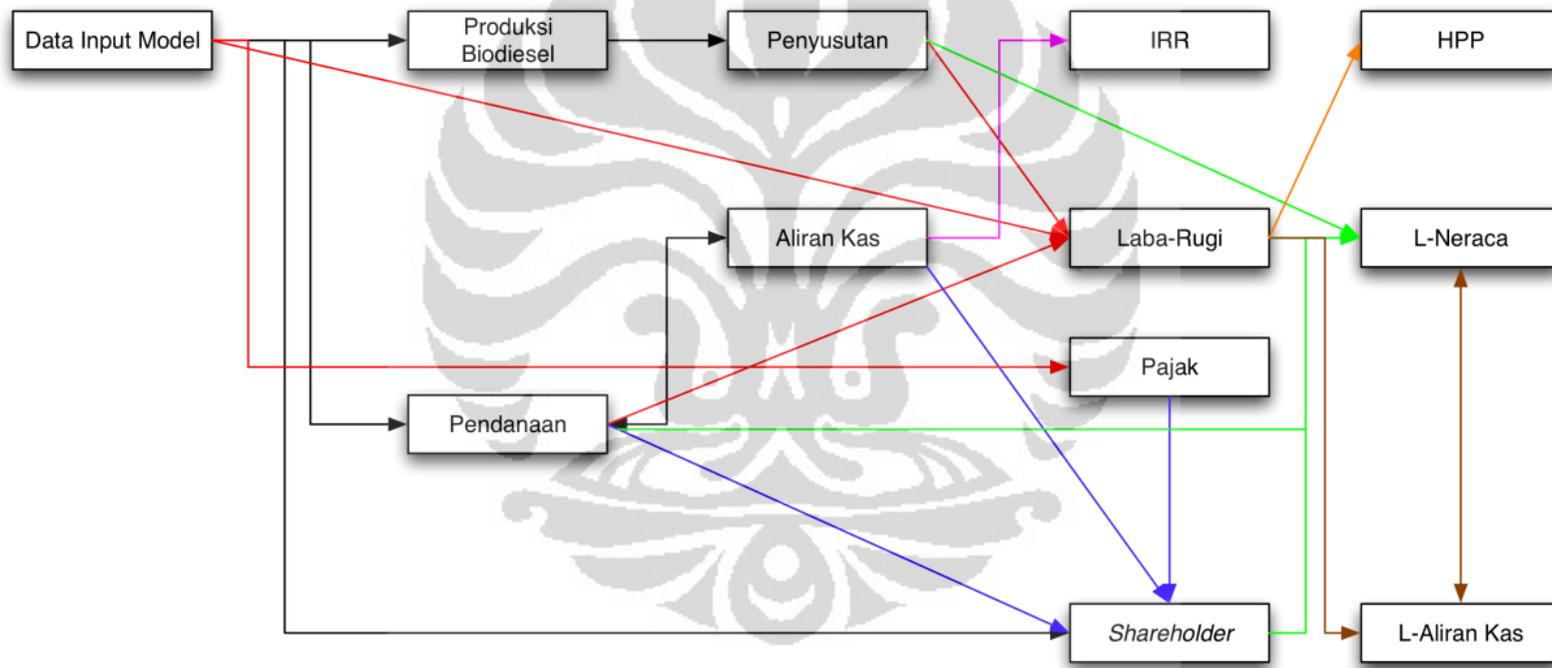
Kelapa sawit merupakan tanaman tahunan yang memiliki periode pertumbuhan vegetatif pada awal pertumbuhan. Periode ini dikenal dengan tanaman belum menghasilkan (TBM). Selama periode TBM, biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan tanaman bersifat investasi jangka panjang. Biaya investasi tersebut memerlukan waktu pengembalian yang cukup lama, umumnya mencapai titik impas pada tahun ke-9 sejak tanam. Hal tersebut diasumsikan dengan jangka waktu mulai menghasilkan TBS sekitar 30 – 36 bulan sejak tanam di lapangan dan produksi per satuan luasnya sesuai dengan standar rata-rata nasional.

Adanya sifat usaha jangka panjang membutuhkan akumulasi modal dan biaya lebih besar dibandingkan dengan usaha tanaman semusim maupun rata-rata tanaman perkebunan lainnya. Untuk mencapai biaya per unit yang efisien dalam rangka mendapatkan selisih keuntungan yang optimal, usaha perkebunan kelapa sawit harus dikelola dalam skala usaha yang memenuhi tingkat skala ekonomi. Skala ekonomi perkebunan kelapa sawit minimal seluas 6000 ha. Angka ini diolah dari pertimbangan berbagai hal, seperti kapasitas pengolahan pabrik kelapa sawit, jumlah tenaga kerja yang dikelola dan rentang kendali, pertimbangan ekonomis biaya pengangkutan TBS dari lapangan ke PKS, dan lain-lain.

Data-data ini kemudian disusun menjadi sebuah model finansial berupa model spreadsheet yang secara detail melakukan perhitungan kepada struktur pemodalan serta biaya, baik untuk produsen minyak sawit (Gambar 4.5), maupun produsen biodiesel (Gambar 4.6), sehingga didapatkan tingkat agregasi detail yang lebih sesuai ketika akan dibangun didalam sebuah model sistem dinamis (Darmawan, 2009) (Hidayatno, Purwanto, Zagloel, & Sutrisno, In Press).



Gambar 4.5 Struktur Model Finansial untuk Produsen Kelapa Sawit



Gambar 4.6 Struktur Model Finansial untuk Produsen Biodiesel

Aspek finansial di fokuskan untuk menjawab kepada salah satu tujuan dari penelitian yaitu untuk melihat apakah industri biodiesel yang ditopang oleh kelapa sawit masih menguntungkan sehingga bisa beroperasi seperti yang diharapkan pemerintah (Tabel 4.7)

**Tabel 4.7 Data Indikator Finansial**

No	Indikator Finansial	Satuan
1	Net Present Value (NPV) KS	IDR
2	Internal Rate of Return (IRR) KS	%
3	Rata-rata Penjualan per luas lahan KS per tahun pada masa dewasa (2013-2020)	IDR/ha-th
4	Net Present Value (NPV) BD	IDR
5	Internal Rate of Return (IRR) BD	%
6	Pendapatan Sebelum Pajak dan Biaya Finansial ( <i>Earnings Before Interest, Depreciation, Amortization</i> - EBITDA)	IDR

#### 4.2.3. Data Aspek Lingkungan Mikro

Dari sebelas dampak lingkungan yang didefinisikan oleh ISO 14040, yang berlaku untuk industri ini dan dapat dihitung dampaknya adalah sembilan dampak dan nilai-nilai dampak tersebut dirangkum di dalam Tabel 4.10 dan Tabel 4.8. Seperti yang telah dijabarkan pada metodologi penelitian, perhitungan LCA dilakukan dengan menggunakan data sekunder (Hidayatno, Zagloel, Purwanto, Carissa, & Angraini, In Press).

**Tabel 4.8 Nilai Perhitungan CO<sub>2</sub> pada Fase Non-Produktif/Pembukaan Lahan**

ribuan kg (per ha)	Emisi	Absorpsi	Kontribusi
<b>Lahan Kelapa Sawit yang Belum berproduksi</b>			
CO <sub>2</sub>	39,8	96,6	Perubahan Iklim
<b>Lahan Hutan Tropis</b>			
CO <sub>2</sub>	121	164	Perubahan Iklim

Angka-angka LCA ini akan menjadi basis dalam perhitungan dampak lingkungan dalam model sistem dinamis serta akan menjadi indikator dampak lingkungan yang akan dikeluarkan dan dievaluasi dalam penelitian ini.

**Tabel 4.9 Nilai Perhitungan Dampak Cara Pembukaan Lahan**

Metode Pembukaan Lahan	LCA Total Impact
Slash and Burn	0.00184
Non-Burn	0.00132

Tabel 4.10 Nilai untuk Perhitungan Dampak yang digunakan didalam Model pada Fase Produksi\*

No	Dampak	Pembukaan Lahan	Perkebunan (per ton TBS)		Pabrik CPO (per ton CPO)	Pabrik Biodiesel (per ton biodiesel)
		Emisi	Emisi	Absorpsi	Emisi	Emisi
1	Penipisan Sumber Daya Abiotik		0.01	-	0.11	0.00
2	Perubahan Iklim					
	CO <sub>2</sub>	950,000.00	3.96	6.60	167.00	169.00
	CH <sub>4</sub>	29,900.00	83.10	-		
	N <sub>2</sub> O		164.00	-		
3	Human Toxicity		0.01	-	2.59	
4	Fresh Water Aquatic Ecotoxicity		0.37	-		
5	Marine Aquatic Ecotoxicity		0.00	-		
6	Terrestrial Ecotoxicity		0.04	-		
7	Photo-oxidant Formation				0.13	14.70
	CO	1,180.00	-	-		
	CH <sub>4</sub>	8.55	83.10	-		
8	Acidification			-	1.51	
9	Eutrophication		11.10	-	0.28	

\*Asumsi Dasar Extraction Rate dari TBS ke CPO=0.23, dan CPO ke Biodiesel=0.87

#### 4.2.4. Data Aspek Sosial Model Mikro

Aspek sosial pada rantai produksi biodiesel memiliki bobot terbesar pada bagian perkebunan yang membutuhkan dan menyerap tenaga kerja dalam jumlah yang besar. Pada produksi CPO maupun biodiesel, karena merupakan sebuah proses manufaktur, maka jumlah tenaga kerja yang terserap tidak sebanyak bagian perkebunan.

Data mengenai indikator keberlanjutan yang digunakan mengacu pada metrik kinerja keberlanjutan pada skala korporat yang dikembangkan oleh Blackburn (Blackburn, 2007). Tabel 4.11 adalah indikator-indikator yang bisa digunakan dalam menilai keberlanjutan rantai suplai industri biodiesel di Indonesia.

**Tabel 4.11 Data Indikator Sosial**

No	Indikator Finansial	Satuan
1	Jumlah Pekerja KS	Unit
2	Total KK Petani Plasma	Unit
3	Total Penghasilan Plasma per KK	IDR
4	Total Kredit Tersalurkan Plasma per KK	IDR

### 4.3. Verifikasi dan Validasi Model Mikro

Model finansial yang dikombinasikan dengan perhitungan LCA dan aspek sosial dikembangkan menjadi sebuah model *stock and flow* sistem dinamis secara utuh (Christian, 2009; Hidayatno, Zagloel, Purwanto, & Sutrisno, 2011; Ramdhani, 2009). Proses selanjutnya adalah verifikasi dan validasi yang dilakukan untuk menilai apakah suatu model dapat dianggap memberikan gambaran yang benar mengenai sebuah sistem dan hasilnya. Validasi dilakukan untuk menilai apakah suatu model dapat dianggap memberikan gambaran yang benar mengenai sebuah sistem dan hasilnya. Validasi dilakukan melalui beberapa tes seperti yang umum diterapkan dalam validasi model sistem dinamis (Barlas, 1996; Sterman, 2000). Hasil dari validasi tersebut dirangkum pada Tabel 4.12.

**Tabel 4.12 Hasil Verifikasi dan Validasi untuk Model Mikro**

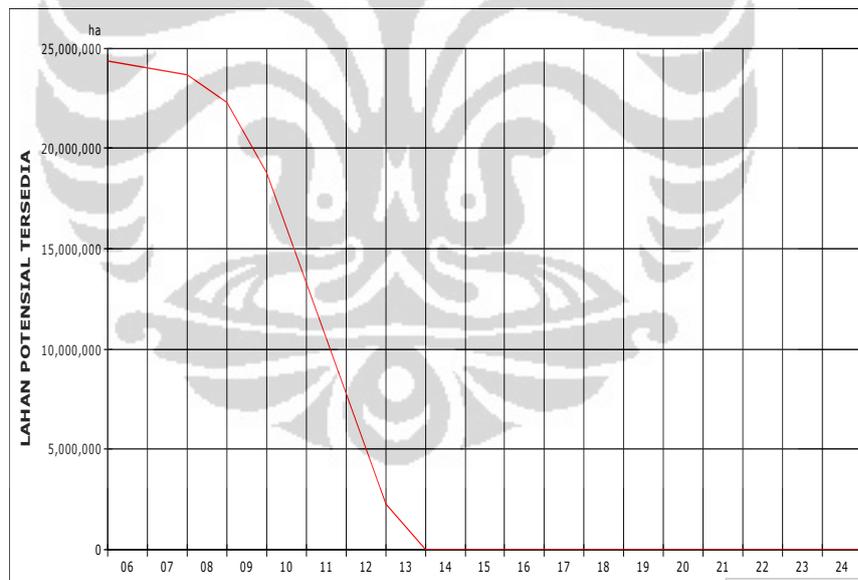
No	Teknik Validasi	Uraian Singkat Skenario
1	Kecukupan Batasan	Seluruh variabel yang dibutuhkan dalam analisa telah berada didalam model sesuai dengan mental model nara sumber
2	Struktur Model	Struktur model disusun berdasarkan atas <i>causal loop diagram</i> mental model, sehingga struktur model mencerminkan struktur pada dunia nyata
3	Uji Konsistensi Dimensi	Pada aplikasi yang menggunakan PowerSIM 2008 telah diintegrasikan kemampuan untuk melakukan uji konsistensi dimensi, model akan menampilkan pesan error jika model dimensinya belum konsisten.
4	Kondisi Ekstrem	Pengujian dilakukan dengan menggunakan lahan tersedia sebagai pembatas kondisi ekstrem untuk ekspansi lahan, dan sistem menunjukkan perilaku yang sama
5	Kesalahan Kalkulasi Integral	Dilakukan perubahan time step dalam melakukan kalkulasi integral, tidak didapatkan perbedaan perilaku.
6	Reproduksi Perilaku	Pada tiga variabel yang dipilih yaitu: harga minyak kelapa sawit domestik, harga tandan buah segar, dan harga palm kernel (minyak inti kelapa sawit) didapat perilaku yang sama antara hasil simulasi dan data sekunder aktual. Selain itu dilakukan pula uji pada perilaku penambahan kapasitas dan kenaikan alokasi CPO untuk produksi biodiesel seandainya harga biodiesel lebih menarik, dan didapatkan perilaku yang serupa. Pada tabel 1.88 di lampiran juga didapatkan nilai-nilai variabel yang telah sama dengan data sekunder.

Detail proses verifikasi yang dielaborasi adalah uji kondisi ekstrem, kalkulasi integral dan reproduksi perilaku

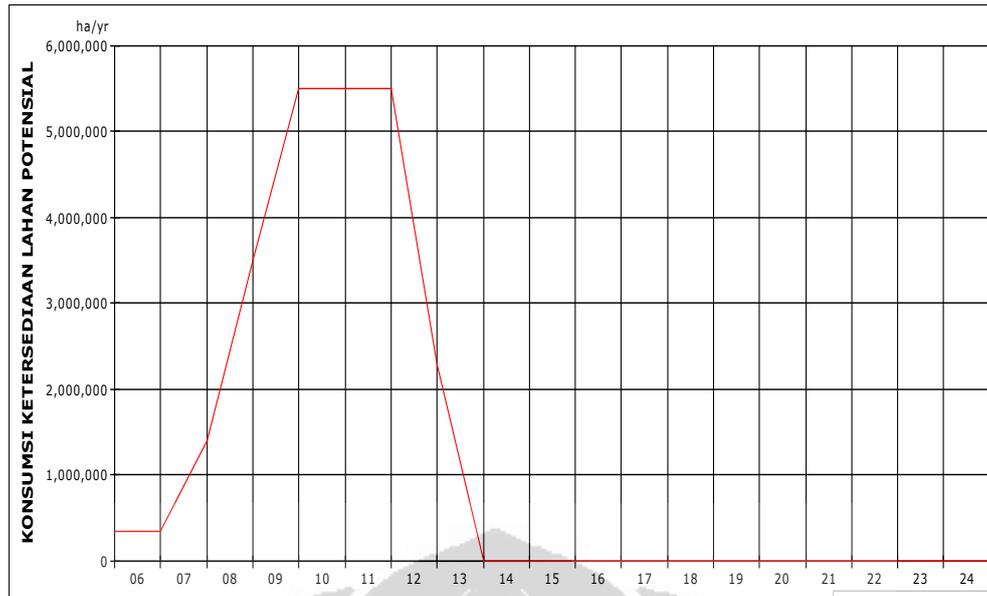
#### 4.3.1. Kondisi Ekstrim

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

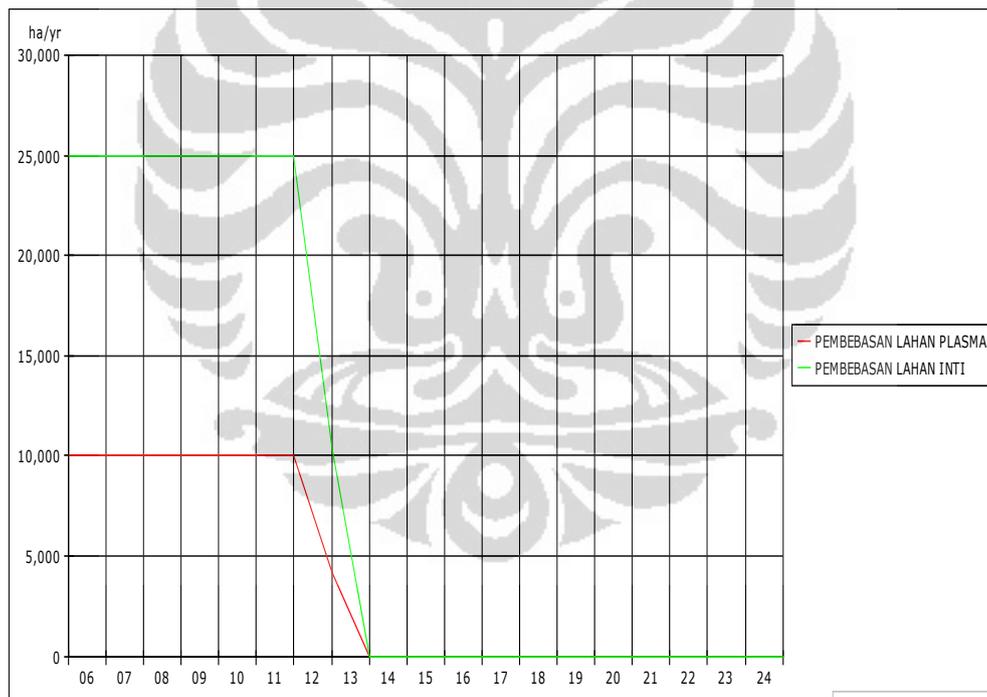
Kondisi ekstrem pertama adalah apakah ketersediaan lahan potensial benar-benar membatasi ekspansi lahan perkebunan kelapa sawit dari tiap-tiap perusahaan, baik inti maupun plasma. Oleh karena itu, kebutuhan lahan serta maksimum pembukaan lahan per tahun untuk lahan inti dan plasma diubah ke dalam nilai yang ekstrim tinggi. Apabila sistem tidak bekerja dengan baik, maka ekspansi lahan akan terus dilakukan walaupun lahan potensial yang tersedia sudah habis atau negatif.



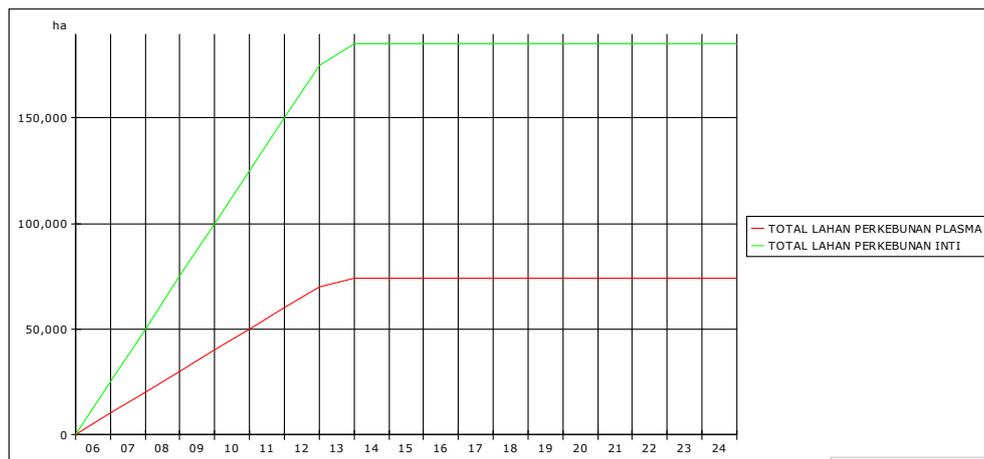
**Gambar 4.7 Lahan Potensial yang Tersedia pada Kondisi Ekstrim**



Gambar 4.8 Konsumsi Ketersediaan Lahan Potensial pada Kondisi Ekstrim



Gambar 4.9 Ekspansi Lahan Inti dan Plasma pada Kondisi Ekstrim

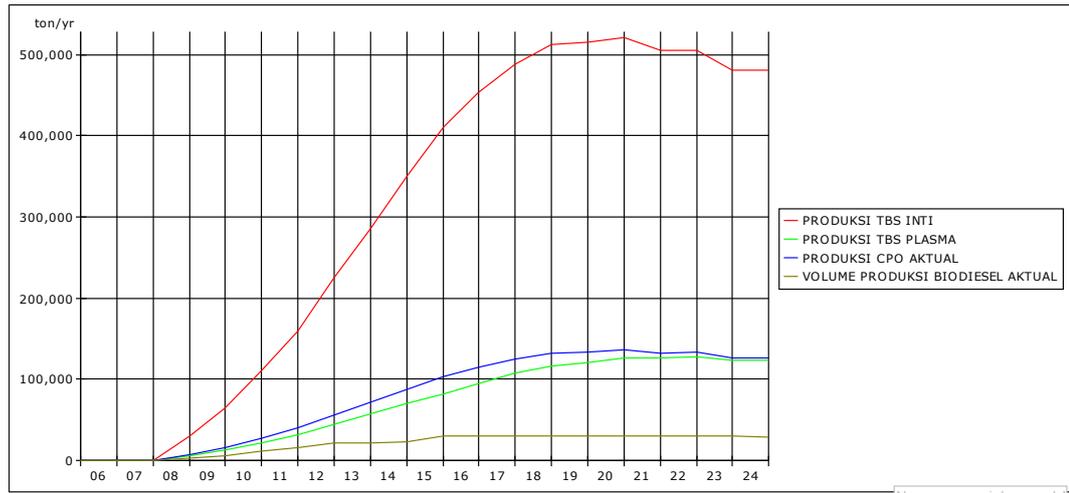


**Gambar 4.10 Total Lahan Inti dan Plasma pada Kondisi Ekstrim**

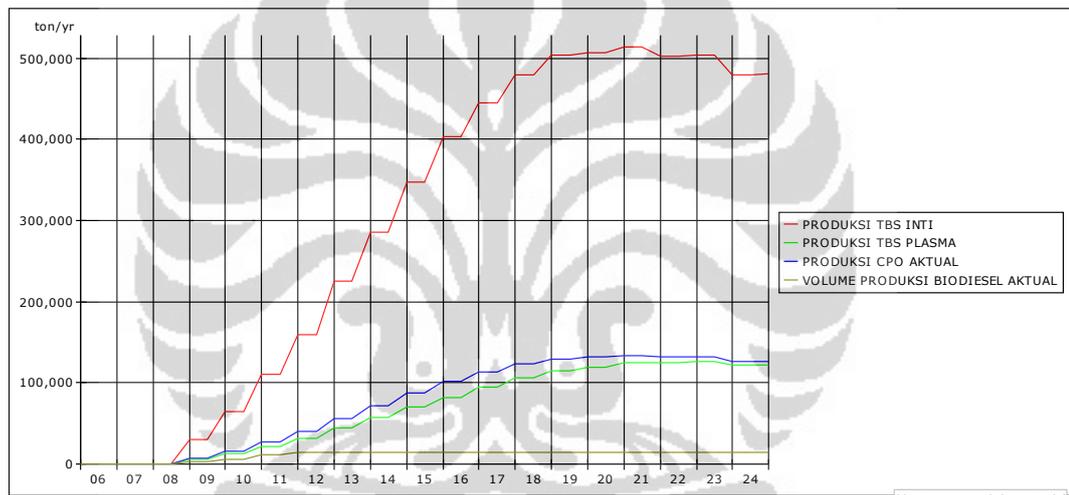
Pada Gambar 4.7 Lahan Potensial yang Tersedia pada Kondisi Ekstrim, sesuai dengan yang diperkirakan, lahan potensial akan habis karena ekspansi lahan yang ekstrim dari tiap perusahaan. Dapat dilihat bahwa lahan potensial habis pada tahun 2014. Untuk mengetahui apakah sistem merespon habisnya lahan potensial yang tersedia ini, dapat dilihat Gambar 4.8 Konsumsi Ketersediaan Lahan Potensial pada Kondisi Ekstrim serta Gambar 4.9 Ekspansi Lahan Inti dan Plasma pada Kondisi Ekstrim. Pada kedua grafik ini, ditunjukkan bahwa konsumsi lahan dan ekspansi lahan turut berhenti pada tahun yang sama. Jika ekspansi lahan inti dan lahan plasma (yang sebelumnya diatur agar terus berjalan sampai akhir berjalannya simulasi) berhenti pada tahun 2014, maka seharusnya pada tahun tersebut penambahan luas lahan inti dan plasma akan berhenti. Sesuai dengan yang diharapkan, hasil inilah yang terlihat Gambar 4.10.

#### 4.3.2. Error dalam Integrasi

Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah hasil keluaran simulasi sensitif terhadap *time step* yang dipergunakan. Metode yang umum dalam pengujian ini adalah dengan membandingkan hasil simulasi *time step* normal dengan hasil simulasi *time step* setengah dari seharusnya. Oleh karena itulah, di dalam pengujian ini penulis membandingkan hasil yang diperoleh dari penggunaan *time step* 1 tahun dan 0.5 tahun, dengan hasil yang ditunjukkan pada kedua grafik pada Gambar 4.11.



**Gambar 4.11** Produksi Tandan Buah Segar Inti dan Plasma, Produksi Minyak Kelapa Sawit, serta Produksi Biodiesel pada *Time Step* 1 Tahun



**Gambar 4.12** Produksi Tandan Buah Segar Inti dan Plasma, Produksi Minyak Kelapa Sawit, serta Produksi Biodiesel pada *Time Step* 0.5 Tahun

Berdasarkan Gambar 4.11, dapat disimpulkan secara umum tidak ada perbedaan yang signifikan dari hasil simulasi pada *time step* yang berbeda. Adapun perbedaan yang terlihat adalah pada *time step* 0.5 tahun, kurva yang ditampilkan menunjukkan bentuk yang bergerigi. Hal ini dikarenakan rancangan *time-step* yang digunakan dalam pembuatan model simulasi yang sebagian besar menggunakan acuan tahun.

#### 4.3.3. Reproduksi Perilaku

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

- Pengaruh perubahan harga jual biodiesel dan minyak kelapa sawit terhadap ketertarikan produsen biodiesel untuk terus memproduksi biodiesel

Pada kondisi nyata, semakin tinggi harga biodiesel yang dapat ditawarkan, maka perusahaan biodiesel akan berusaha untuk tetap terus mengikuti pertumbuhan permintaan biodiesel yang ada, dan suplai minyak kelapa sawit akan terus diberikan untuk menunjang produksi biodiesel tersebut. Sebaliknya, apabila harga biodiesel yang dapat ditawarkan tidak dapat memenuhi ekspektasi perusahaan biodiesel, yang pada saat yang sama juga memproduksi minyak kelapa sawit, perusahaan biodiesel akan lebih memilih untuk menyuplai minyak kelapa sawit yang diproduksinya untuk pasar ekspor, apalagi jika harga minyak kelapa sawit pasar ekspor mampu memberikan margin keuntungan yang lebih baik.

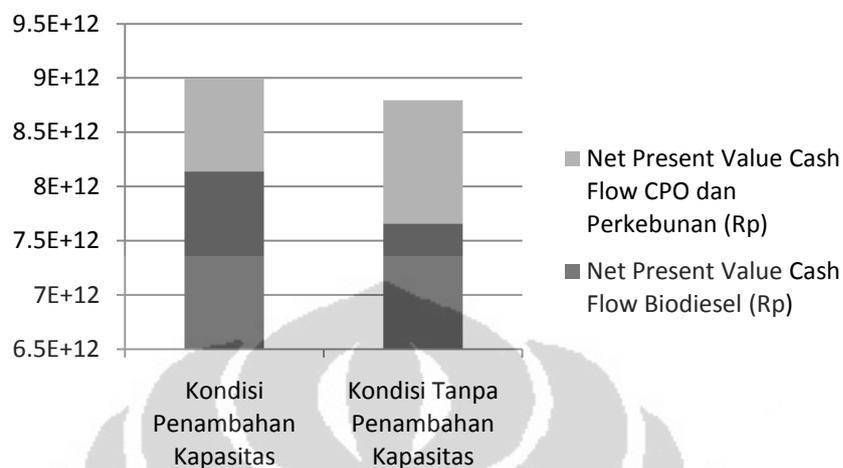
- Pengaruh volume produksi terhadap harga pokok penjualan produk

Gambar 4.13 dapat menggambarkan perilaku pengaruh volume produksi terhadap harga pokok penjualan produk



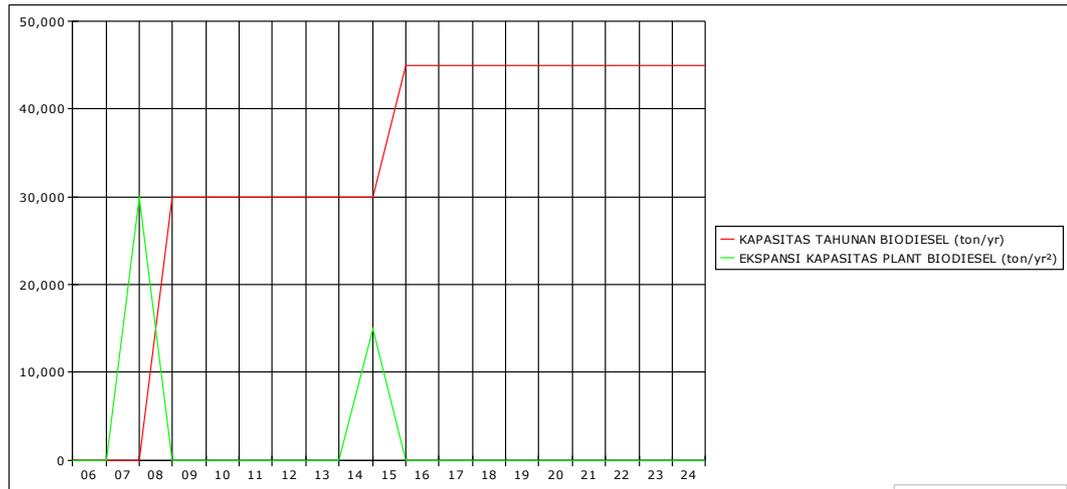
**Gambar 4.13 Harga Biodiesel dinaikkan sehingga Margin Biodiesel Meningkat**

Adanya ekspektasi margin profit yang lebih besar dari penjualan biodiesel membuat perusahaan tetap melanjutkan produksi biodiesel dan mengikuti perkembangan permintaan biodiesel yang ada.



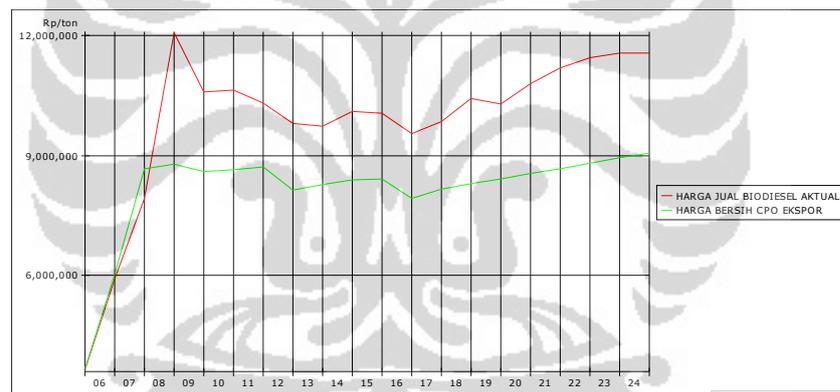
**Gambar 4.14 Perbandingan Profitabilitas Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel**

Gambar 4.14 menunjukkan profitabilitas yang dapat diperoleh dengan menambah kapasitas untuk memenuhi permintaan yang ada lebih besar daripada tidak menambah kapasitas. Dari pengamatan terhadap gambar tersebut, walaupun profitabilitas yang akan diperoleh dari perkebunan kelapa sawit lebih rendah karena suplai minyak kelapa sawit secara konsisten dialokasikan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku produksi biodiesel yang terus meningkat, tetapi dengan NPV yang lebih tinggi maka ekspansi tetap dilakukan (Gambar 4.15)



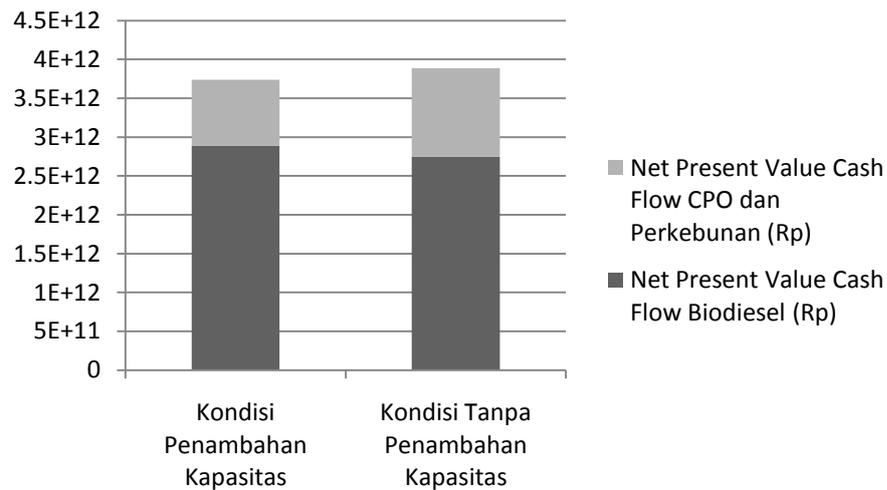
**Gambar 4.15 Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel dan Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel**

Hasil yang sama juga akan diperoleh dari sistem, apabila dilakukan penurunan harga jual minyak kelapa sawit ekspor (Gambar 4.16).



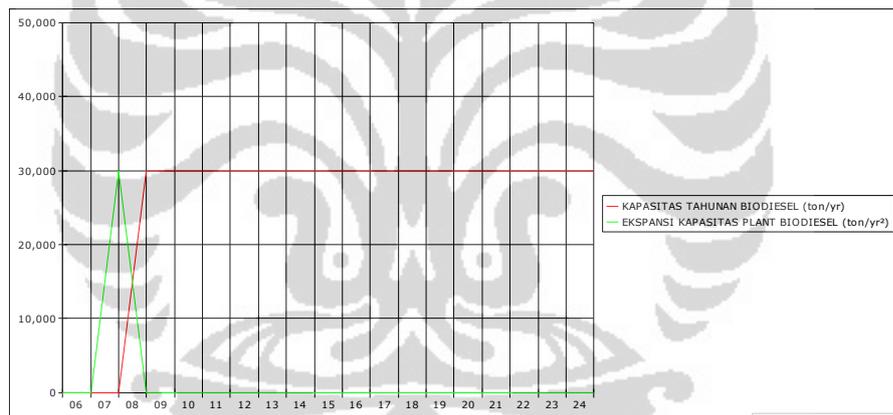
**Gambar 4.16 Harga Biodiesel diturunkan sehingga Margin Biodiesel menurun**

Harga yang turun membuat perhitungan NPV untuk peningkatan kapasitas tidak menarik, seperti yang digambarkan pada Gambar 4.17.



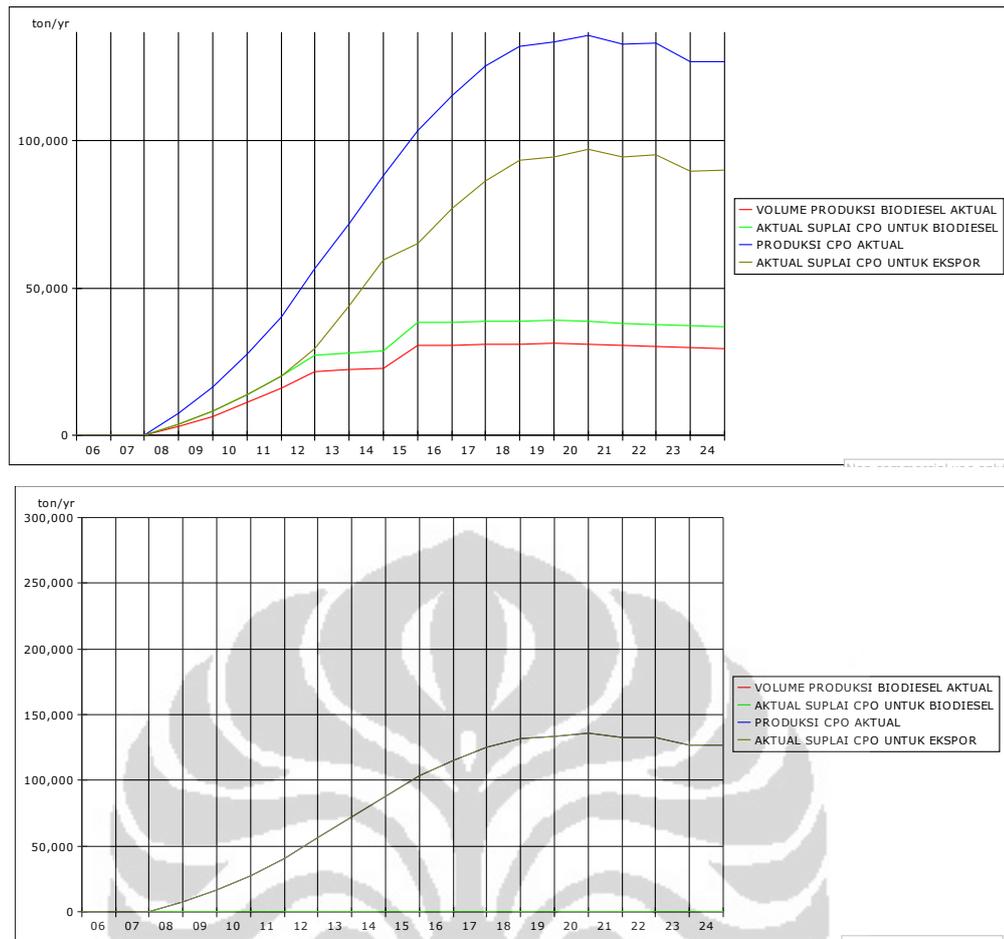
**Gambar 4.17 Perbandingan Persepsi Profitabilitas Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel**

Maka kapasitas produksi tidak akan dinaikkan (Gambar 4.18).



**Gambar 4.18 Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel dan Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel**

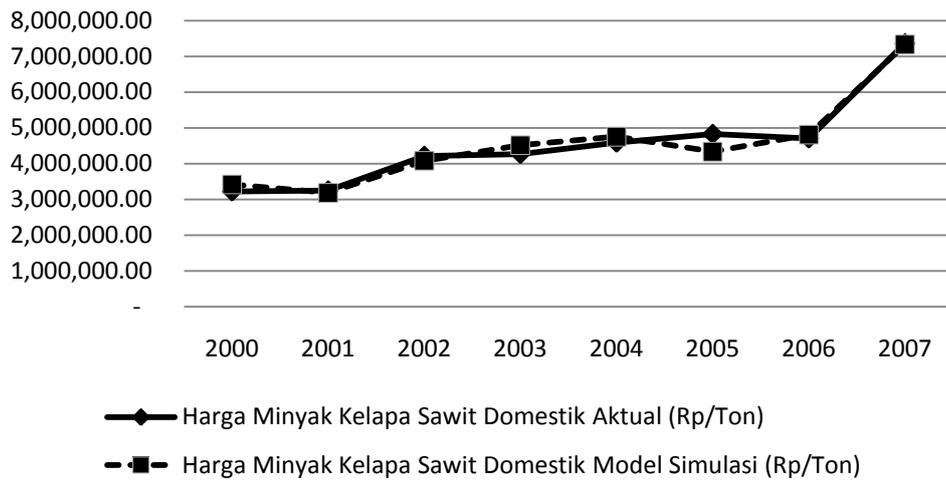
Jika dilihat kedua kondisi tersebut dalam supply CPO maka, supply CPO pada kondisi penurunan harga jual akan dialihkan ke ekspor sepenuhnya (Gambar 4.19).



**Gambar 4.19** Produksi Minyak Kelapa Sawit, Suplai Minyak Kelapa Sawit untuk Biodiesel, Suplai Minyak Kelapa Sawit untuk Ekspor, serta Produksi Biodiesel pada 2 Kondisi Berbeda

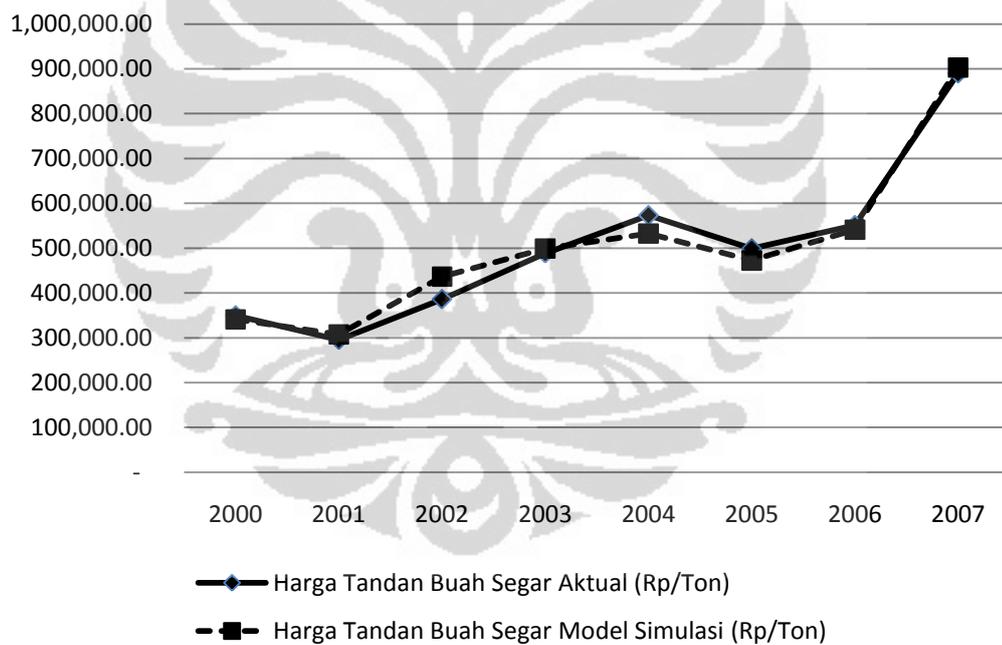
- Perilaku Variabel Harga antara Simulasi dan Aktual

Dari keseluruhan grafik dan tabel untuk perbandingan harga minyak kelapa sawit domestik, tandan buah segar, dan *palm kernel* (minyak inti kelapa sawit) dapat dilihat karakteristik pergerakan hasil model simulasi yang hampir menyerupai kondisi aktual dan persentase perbedaan yang relatif kecil. Dari hasil verifikasi ini, perhitungan-perhitungan yang dilakukan model simulasi dan hasil keluarannya dapat mencerminkan kondisi nyata.



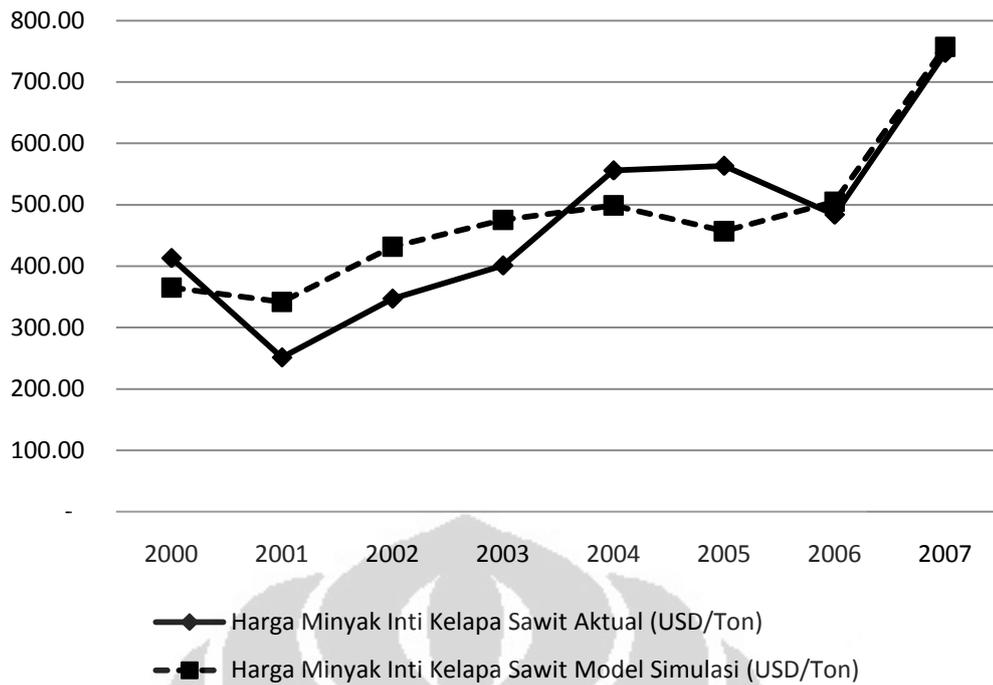
**Gambar 4.20 Perbandingan Harga Minyak Kelapa Sawit Aktual dengan Harga Minyak Kelapa Sawit Simulasi**

(Sumber: (Pusat Data dan Informasi Departemen Pertanian, 2009))



**Gambar 4.21 Perbandingan Harga Tandan Buah Segar Aktual dengan Harga Tandan Buah Segar Simulasi**

(Sumber: (Pusat Data dan Informasi Departemen Pertanian, 2009))



**Gambar 4.22 Perbandingan Harga Minyak Inti Kelapa Sawit (MIKS) Aktual dengan Harga MIKS Simulasi**

(Sumber: (Pusat Data dan Informasi Departemen Pertanian, 2009))

Selain validasi yang bersifat pada keseluruhan perilaku model yang dijabarkan dalam pengembangan model yang bersifat uji perilaku, maka validasi juga dilakukan dengan membandingkan beberapa nilai yang terjadi pada dunia nyata, yang terangkum dalam Tabel 4.13 untuk aspek finansial, Tabel 4.15 untuk aspek sosial dan Tabel 4.14 untuk aspek lingkungan.

**Tabel 4.13 Validasi Nilai Variabel Aspek Finansial Model Mikro**

<b>Aspek Finansial</b>	<b>(min)</b>	<b>(max)</b>	<b>(rata-rata)</b>	<b>Output Model</b>	<b>Deviasi</b>	<b>Referensi</b>
<b>Harga Pasar CPO (USD/ton)</b>	650	700	675	736.418	5.00%	infosawit, september 2009 hal 8
<b>Harga Pasar CPO Domestik (Rp/kg)</b>	5772	7669	6654	6,070.10	8.78%	infosawit, maret 2009 hal 38
<b>Harga TBS (rp/kg)</b>	1000	1450	1225	1,134.56	7.38%	infosawit, mei 2009 hal 36
<b>Produktivitas CPO (ton/hektar/tahun)</b>	3.73	3.91	4	3.37	9.66%	infosawit, juni 2009 hal 22
<b>Produktivitas TBS (ton/hektar/tahun)</b>	20	30	25	21.33249973	6.66%	infosawit, juni 2009 hal 49
<b>Biaya sertifikasi RSPO (USD/ha)</b>	20	40	29	20.00	0.00%	infosawit, oktober 2009 hal 12
<b>Ekstraksi CPO (ton/ton TBS)</b>	20%	23.75%		23.50%	1.05%	iyung pahan, hal 306
<b>Ekstraksi KPO (ton/ton TBS)</b>	0.045	0.055	0.05	0.05	0.00%	iyung pahan, hal 306
<b>HPP CPO (ribu rupiah/ton)</b>	1,542.00	3,751.00	2,646.50	3,450.59	8.01%	iyung pahan, hal 306

**Tabel 4.14 Validasi Nilai Variabel Aspek Aspek Sosial Model Mikro**

Aspek Sosial	Min	Max	rata-rata (10 ribu hektar)	Output Model	Deviasi
penyerapan tenaga kerja	5 orang / 10 hektar perkebunan	1 orang/ 10 hektar Perkebunan	1,000	1,000	0.00%
referensi	infosawit, mei 2009 hal 12	infosawit, februari 2009 hal 15			

**Tabel 4.15 Validasi Nilai Variabel Aspek Lingkungan Model Mikro**

Aspek Lingkungan	(min)	(max)	(rata-rata)	Output Model	Deviasi	Referensi
Emisi GRK CPO Production (kg CO2-eq/ton CPO)	250	450	350	418	7.044%	infosawit, oktober 2009 hal 46

## **BAB 5**

### **MODEL MAKRO DAMPAK INDUSTRI BIODIESEL**

Model makro adalah sebuah model pembangunan nasional berkelanjutan yang digunakan untuk mengevaluasi dampak industri biodiesel. Proses konseptualisasi serupa dengan proses yang dilakukan pada model mikro. Proses pengembangan model sendiri berbeda dengan model mikro yang berbasis kepada peta proses produksi dan model finansial. Pengembangan model makro membangun ulang model nasional berbasis sistem dinamis yang telah banyak digunakan. Pada akhir pengembangan model makro dilakukan integrasi dengan model mikro sehingga didapatkan secara lengkap model integrasi antara makro dan mikro

#### **5.1. Konseptualisasi Model Makro**

Model makro memiliki tujuan yang sejajar dengan model mikro dalam tingkatan yang berbeda. Batasan dan asumsi tetap menggunakan beberapa batasan dan asumsi yang digunakan pada model mikro, sehingga kedua model akan bergerak pada kondisi yang sama. Batasan dan asumsi yang lebih detail pada setiap sub-model makro dijabarkan pada setiap sub-model seperti yang juga dilakukan di model mikro, dan diletakkan pada lampiran disertasi ini.

##### **5.1.1. Tujuan Model Makro**

Jika pada tujuan mikro adalah untuk memahami kompleksitas pada rantai suplai biodiesel, maka pada pengembangan model makro perusahaan biodiesel ditujukan untuk memahami perilaku pengaruh industri biodiesel terhadap komposisi energi serta aspek berkelanjutan secara makro dari aspek ekonomi, sosial maupun lingkungan.

**Tabel 5.1 Deskripsi dan Batasan Model Makro**

<b>Faktor</b>	<b>Deskripsi</b>
Pertanyaan Utama	Bagaimana kontribusi dan dampak industri biodiesel terhadap aspek berkelanjutan nasional dan aspek energi di Indonesia?
Batasan Waktu	25 tahun (dari 2006)
Batasan Ruang	Negara Indonesia
Mata Uang	USD & IDR
Variabel Output Utama	Indikator Makro Ekonomi
	Indikator Makro Lingkungan
	Indikator Makro Sosial
	Indikator Makro Energi

Pilihan dijatuhkan pada pendekatan sistem dinamis dengan kesadaran bahwa model yang disusun tidak ditujukan untuk melakukan proyeksi peramalan yang membutuhkan suatu proses pengembangan yang lebih panjang dari waktu yang tersedia untuk mencapai validitas yang diterima oleh banyak pihak. Pendekatan sistem dinamis memiliki kekuatan untuk menunjukkan keterkaitan antar variabel, cocok untuk digunakan pada tingkat agregasi yang tinggi (negara atau dunia), ketika masa lalu mempengaruhi masa depan, dan pergerakan berdasarkan waktu menjadi penting (Forrester, 1968).

Pendekatan sistem dinamis juga sesuai dengan tantangan pengembangan industri biodiesel memiliki ciri-ciri kompleksitas yang tinggi dimulai dari keterlibatan multi-aktor, multi-sektor, dan memiliki jangka waktu yang panjang. Kompleksitas ini dikategorikan sebagai kompleksitas dinamis, karena memiliki banyak kemungkinan kejadian. Kompleksitas dinamis dianggap lebih sulit disolusikan dibandingkan kompleksitas detail (kompleksitas akibat banyaknya komponen).

Dalam pemodelan sistem, sangat lazim dalam proses pengembangan model dibangun dari model dasar yang telah ada, tentunya dengan catatan telah terjadi proses adaptasi dan pengembangan sehingga model yang dikembangkan memiliki perbedaan yang signifikan dari model dasarnya. Model dasar yang dipilih adalah model Threshold 21 (T21). Proses adaptasi ini mencakup reformulasi model untuk disesuaikan dengan tujuan penelitiannya, perubahan struktur hubungan antar variabel model, kekinian data termasuk pengolahannya, tanpa meninggalkan kaidah verifikasi dan validasi pemodelan.

Dalam beberapa sub-bagian berikutnya dijabarkan beberapa kajian terhadap pendekatan sistem dinamis makro model yang dilakukan dalam penelitian dua ini serta model T21.

### 5.1.2. Batasan dan Asumsi Model Makro

Sebagai suatu sistem menyeluruh maka batasan yang digunakan dalam model mikro tetap berlaku dalam model makro. Secara umum batasan model makro mencakup:

**Tabel 5.2 Kelompok Variabel Endogenous dan Exogenous**

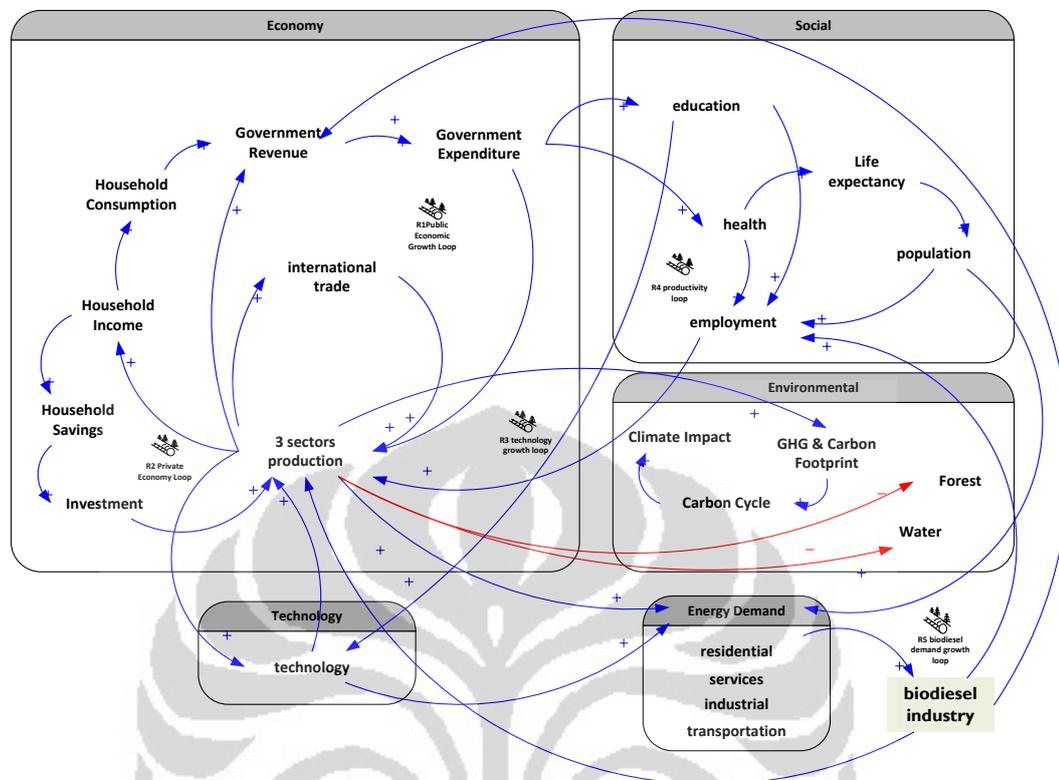
Endogenous	Exogenous	Excluded
Populasi	Migrasi	Bencana
Harapan Hidup	Laju Pertumbuhan Penduduk	Korupsi
Tenaga Kerja	Kesehatan	Kejahatan
Produk Domestik Bruto	Produksi Pertambangan	Terorisme
Teknologi	Hibah	Perang
Investasi	Pengeluaran Darurat	Politik
Konsumsi	Kurs Mata Uang	Produksi Energi Lainnya
Hutang	Investasi Asing	
Utilisasi Lahan	Inflasi	
Kebutuhan Energi	Laju Urbanisasi	
Produksi Minyak Bumi	Tabel Omisi dan Penyesuaian	
Emisi Gas Buang		
Siklus Karbon		
Perubahan Iklim		
Produksi Hutan		
Pendidikan		

Model makro juga merupakan model yang lebih kompleks lebih detail, batasan dan asumsi spesifik yang berlaku pada setiap sektor dan modul dituliskan dalam penjelasan tiap sektor atau modul yang terdapat dalam lampiran penelitian ini.

## 5.2. Hipotesa Dinamis Interaksi Variabel Model Makro

CLD dari model makro dapat diawali produksi dari tiga sektor produksi (jasa, industri dan agrikultur) yang dapat menarik investasi dan meningkatkan pendapatan keluarga. Jika pendapatan individu meningkat maka diiringi juga dengan peningkatan konsumsi, sehingga dibutuhkan peningkatan produksi untuk memenuhi permintaan dari konsumen, selain itu peningkatan pendapatan juga meningkatkan tabungan dan investasi yang dikeluarkan oleh individu, sehingga

terjadi penambahan nilai modal yang tersedia bagi perusahaan untuk meningkatkan kapasitas produksi mereka.



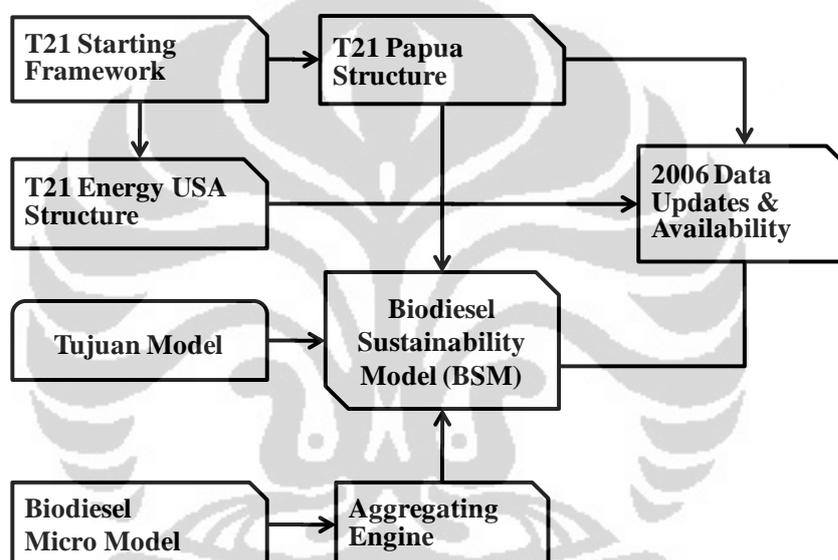
Gambar 5.1 Interpretasi CLD dari Model BSM

Peningkatan investasi dan produksi meningkatkan pendapatan negara yang bisa disalurkan untuk meningkatkan kualitas bidang pendidikan dan kesehatan, yang berikutnya meningkatkan angka harapan hidup serta produktivitas dari tenaga kerja. Peningkatan angka harapan hidup meningkatkan populasi yang berefek kepada peningkatan tenaga kerja. Peningkatan produktivitas pekerja yang pada akhirnya juga meningkatkan produksi dari masing-masing sektor.

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

### 5.3. Pengembangan Model Makro Berkelanjutan Indonesia

Proses pengembangan model mengkombinasikan pemahaman terhadap struktur awal model T21, yang disebut *T21 Starting Framework*, dengan dua variasi model T21 yaitu T21 Papua dan T21 Energi Amerika. Struktur ini di dalam kedua model dikombinasikan dan disimplifikasi dengan mempertimbangkan tujuan dari penggunaan model. Seluruh data yang digunakan untuk baik sebagai data input maupun untuk mendapatkan persamaan hubungan diperbaharui dengan menggunakan data mutakhir, dengan mempertimbangkan 2006 sebagai tahun awal model.



Gambar 5.2 Metodologi Pengembangan BSM yang diadaptasi dari T21

Model Makro yang telah disusun dihubungkan dengan model industri biodiesel melalui persamaan agregasi untuk mendapatkan kontribusi makro industri biodiesel. Agregasi dilakukan dalam 2 pendekatan, pendekatan target pemerintah yang memiliki target kapasitas berdasarkan volume sesuai dengan blueprint biodiesel national atau berdasarkan prosentase blending dari kebutuhan solar yang dihasilkan oleh model makro.

Pengumpulan data-data makro ekonomi untuk keperluan model ini meliputi indikator makro ekonomi seperti data inflasi, data pertumbuhan sektoral, data

pertumbuhan ekspor dan impor, data pengeluaran dan pendapatan pemerintah, data investasi luar negeri dan beberapa data indikator lain.

**Tabel 5.3 Sumber Data dalam Pengembangan Model Makro**

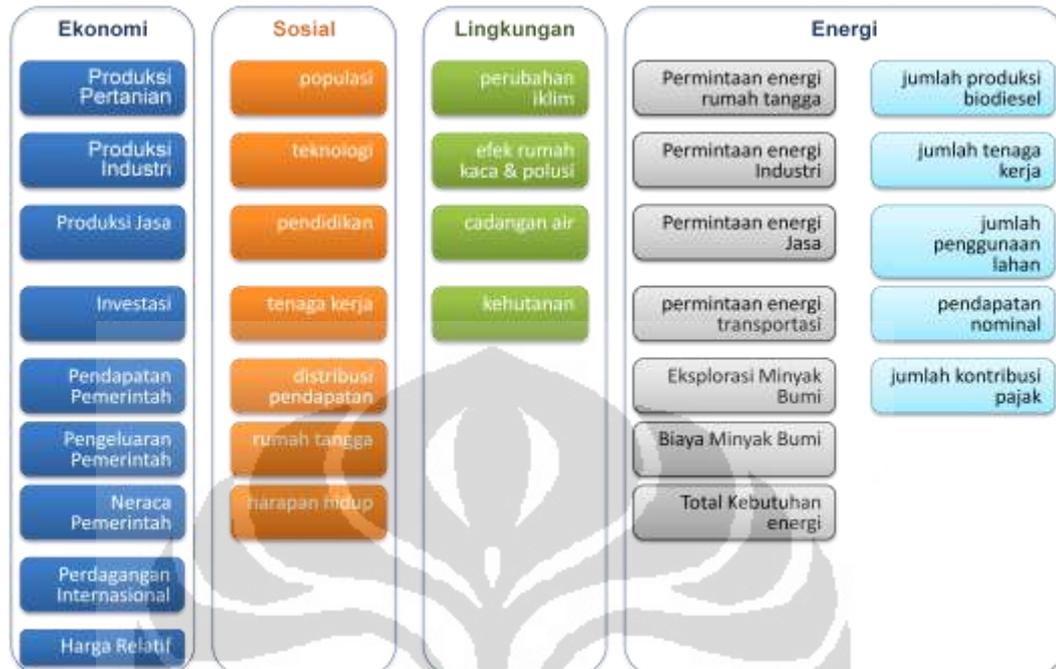
Ekonomi	Sosial dan Teknologi	Lingkungan	Energi	Industri Biodiesel
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ringkasan Laporan APBN 2005-2010</li> <li>• <i>World Bank: World Development Indeks Report and Database 2009 (WDI)</i></li> <li>• <i>International Monetary Fund Report and Economic Outlook 2009 (IMF-EO)</i></li> <li>• Sistem Neraca Sosial Ekonomi Indonesia 2005</li> <li>• Database Statistik Bank Indonesia</li> <li>• Badan Pusat Statistik</li> <li>• <i>Food and Agriculture Organizations (FAO) Statistics</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>World Bank: World Development Indeks Report and Database 2009 (WDI)</i></li> <li>• Sistem Neraca Sosial Ekonomi Indonesia 2005</li> <li>• <i>International Labor Organization Report</i></li> <li>• <i>Organization For Economic Co-Operation And Development (OECD) Report</i></li> <li>• Badan Pusat Statistik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>World Bank: World Development Indeks Report and Database 2009 (WDI)</i></li> <li>• <i>Food and Agriculture Organizations (FAO) Statistics</i></li> <li>• <i>FAO reports on Forestry and Water Utilization</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Handbook Energi Kementrian ESDM 2005-2010</li> <li>• Energy Information Administration (EIA)'s International Energy Outlook</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministry of Agriculture Plantation Statistics</li> </ul>

Mengingat aplikasi yang digunakan oleh T21 adalah Vensim, sedangkan aplikasi yang dimiliki resmi oleh laboratorium adalah Powersim, maka struktur model harus dibangun ulang dengan bahasa Powersim. Tabel 5.4 menunjukkan perbedaan dari model acuan maupun model yang dibangun.

**Tabel 5.4 Perbedaan Model T21, T21 Papua, T21 USA Energy dan BSM**

	T21 Basic	T21 Papua	T21 USA	BSM
<b>Tujuan Model</b>	Mendapatkan pemahaman keberlanjutan dari pencapaian Millennium Development Goals (MDG) sesuai dengan Agenda 21	Mendapatkan strategi kontribusi ekonomi ke masyarakat papua tanpa mengurangi kualitas lingkungan	Membahas kebijakan energi terbarukan di Amerika	Mendapatkan pemahaman terhadap dampak industri biodiesel ke 3 aspek keberlanjutan Indonesia
<b>Struktur (Modul)</b>	18 Sektor dan 37 Modul	19 Sektor dan 37 Modul	12 Sektor dan 44 Modul	18 Sektor dan 38 Modul
<b>Ciri Khas</b>	Model Tingkat Nasional berbasis pada keberlanjutan	Model Nasional berinteraksi pada model regional (propinsi)	Model Nasional fokus kepada kebijakan energi Amerika	Model Nasional berinteraksi dengan model industri biodiesel
<b>Tahun dibangun</b>	1990	2002	2009	2011
<b>Aplikasi</b>	Vensim	Vensim	Vensim	Powersim

Struktur utama model T21 pada sub-model ekonomi tetap dipertahankan, penyederhanaan dilakukan pada sub-model sosial, lingkungan dan energi dengan mempertimbangkan ketersediaan data (Gambar 5.3).



**Gambar 5.3 Sub-Model dan Modul dalam BSM**

Sub-model energi ditambahkan dengan modul agregasi dari model mikro.

#### 5.4. Integrasi Model Mikro dan Makro Berkelanjutan Indonesia

Model makro yang telah disusun dihubungkan dengan model mikro melalui inter-konektivitas Tabel 5.5. Model mikro adalah model satu produsen biodiesel, yang kemudian di agregasi menjadi sebuah industri biodiesel melalui sebuah proses replikasi produsen untuk memenuhi kebutuhan akan biodiesel secara nasional yang bisa tergantung kepada target volume pemerintah atau berdasarkan prosentase campuran (*blending*). Jika mengacu kepada prosentase campuran, maka kebutuhan biodiesel akan lebih tinggi sesuai dengan proyeksi kebutuhan BBM yang semakin tinggi akibat pertumbuhan ekonomi. Pada proses replikasi ini, model dibatasi untuk melakukan replikasi terhadap tipe atau jenis produsen yang sama. Misalnya jika telah ditentukan bahwa struktur yang akan dipilih adalah struktur integrasi dengan kelas lahan 1, maka seluruh industri biodiesel akan terdiri dari kumpulan dari produsen biodiesel yang sama.

Jika terjadi peningkatan kebutuhan biodiesel akibat kenaikan prosentase pencampuran atau peningkatan kebutuhan biosolar, maka mikro model akan melakukan ekspansi kapasitas terlebih dahulu sebelum menambah jumlah produsen biodiesel. Horison waktu adalah satu tahun ke depan untuk mengambil keputusan ekspansi maupun penumbuhan produsen baru. Jumlah produsen yang baru yang dibutuhkan diambil dari volume kebutuhan biodiesel dibagi dengan kapasitas rancangan maksimum, walaupun pada saat awal hanya dilakukan produksi lebih rendah dari rancangan maksimum sesuai perilaku yang ditanamkan di model mikro. Ekspansi ke kapasitas maksimum dilakukan jika pada satu tahun berikutnya memberikan keuntungan lebih dibandingkan tidak melakukan ekspansi.

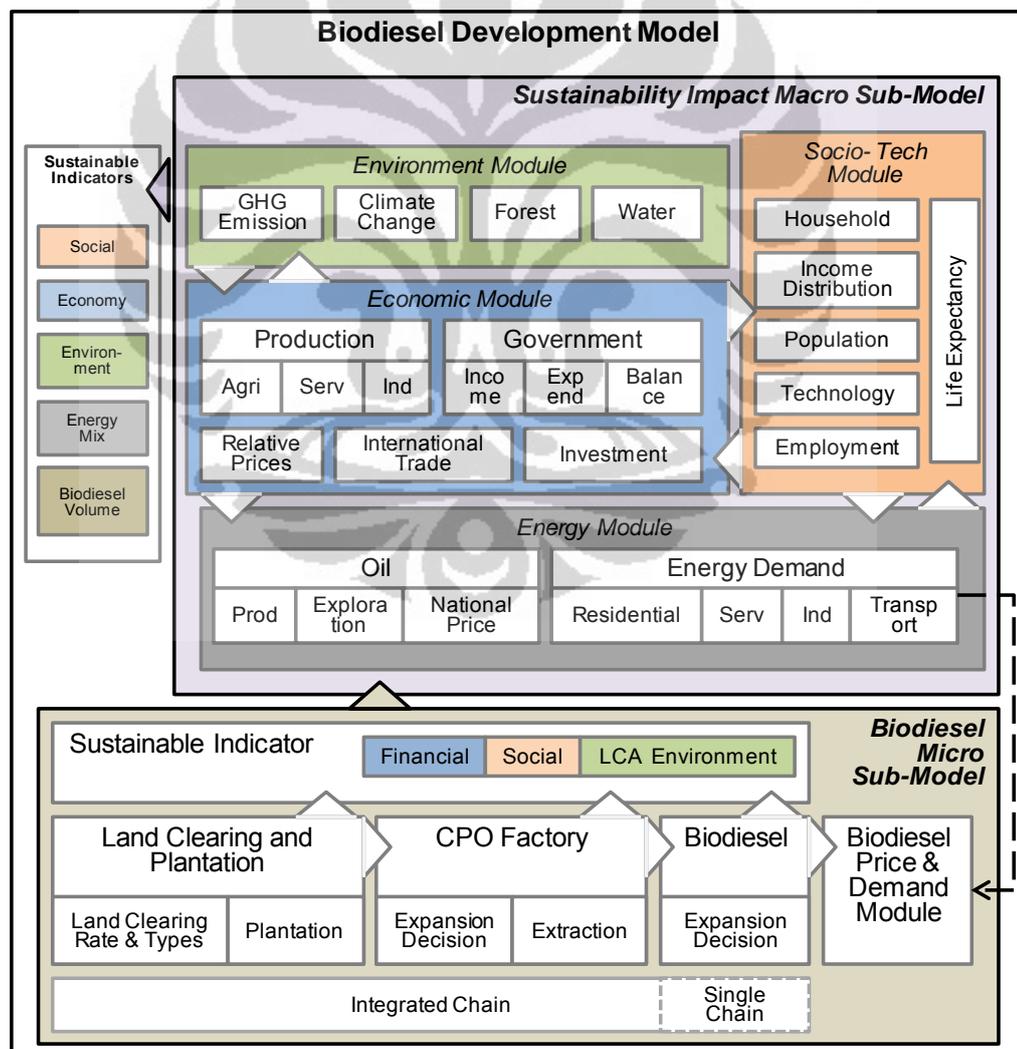
**Tabel 5.5 Hubungan Antara Variabel Mikro ke Makro**

Mikro Model	Sub-Models		Makro Model	Sub-Models
Pajak	Finansial	▶	Pendapatan Pemerintah	Ekonomi
Income from Production	Finansial	▶	Produksi Sektor Pertanian	Ekonomi
Tenaga Kerja	Sosial	▶	Tenaga Kerja	Sosial
Pembukaan Lahan	Lingkungan	▶	Forest	Lingkungan
Emisi CO <sub>2</sub>	Lingkungan	▶	Emisi CO <sub>2</sub>	Lingkungan
Produksi Biodiesel	Finansial	▶	Agregat Produksi Biodiesel	Energi
Kebutuhan Biodiesel	Finansial	◀	Kebutuhan Solar	Energi

Perilaku setiap produsen pada model mikro tetap dipertahankan seperti masa pembukaan lahan, keputusan ekspansi pabrik, dan volume produksi yang tergantung kepada produktivitas lahan. Ini mengakibatkan dalam suatu waktu terdapat kelompok industri yang telah dewasa dan kelompok industri yang baru saja berdiri.

Nilai pertumbuhan produksi dari industri biodiesel hanya dihubungkan ke dalam model makro melalui sektor pertanian dengan pertimbangan kontribusi terbesar dan signifikan tetap berada pada komponen produksi pertanian, walaupun industri biodiesel juga memiliki komponen industri. Kontribusi ini tergantung kepada agregasi dari produksi produsen biodiesel

Struktur model makro terintegrasi dapat diilustrasikan pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Ilustrasi Struktur Sederhana Model Makro

Secara lebih rinci pengembangan model makro dan integrasinya dibahas pada lampiran model. Model yang terintegrasi diberi nama model Biodiesel Sustainability Model (BSM), dan akan mampu mengeluarkan berbagai macam indikator dalam semua aspek berkelanjutan dan energi. Beberapa indikator yang bisa dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6 Rangkuman Indikator yang Bisa Dihasilkan oleh Model Terintegrasi**

	Model	Makro	
<b>Ekonomi</b>	<b>Sosial</b>	<b>Lingkungan</b>	<b>Energi</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nilai Produksi Sektor</li> <li>• Pendapatan Domestik Bruto Riil (Tahun 2000)</li> <li>• Pendapatan per Kapita (Tahun 2000)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah Populasi</li> <li>• Indeks Literasi</li> <li>• Jumlah Pengangguran</li> <li>• Populasi</li> <li>• Koefisien Gini</li> <li>• Tenaga Kerja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisi CO<sub>2</sub> Total</li> <li>• Emisi CO<sub>2</sub> dari BBM</li> <li>• Luas Hutan</li> <li>• Jejak Karbon per Kapita</li> <li>• Indeks Perubahan Iklim</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komposisi Bauran Energi</li> <li>• Total Permintaan Energi</li> <li>• Jumlah Permintaan Minyak Bumi Transportasi</li> <li>• Jumlah Industri Biodiesel</li> <li>• Total Produksi Biodiesel</li> </ul>
	Model	Mikro	
<b>Finansial</b>	<b>Sosial</b>	<b>Lingkungan</b>	<b>Energi</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EBITDA Produsen Biodiesel</li> <li>• IRR Produsen Biodiesel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah Tenaga Kerja Terserap</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisi GHG (termasuk CO<sub>2</sub>)</li> <li>• <i>Nature Abiotic Depletion</i></li> <li>• <i>Dampak Perubahan Iklim</i></li> <li>• <i>Human Ecotoxicity</i></li> <li>• <i>Dampak Photo-oxidant formation</i></li> <li>• <i>Dampak Eutrophication</i></li> <li>• <i>Dampak Acidification</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produksi Biodiesel</li> </ul>

Pada analisa dan skenario, tidak keseluruhan indikator akan ditampilkan sehingga akan dipilih beberapa indikator utama yang sesuai dengan skenario. Hal ini mempertimbangkan adanya perbedaan yang sangat signifikan terhadap satuan dan mengurangi kebingungan akibat banyaknya indikator yang ditampilkan.

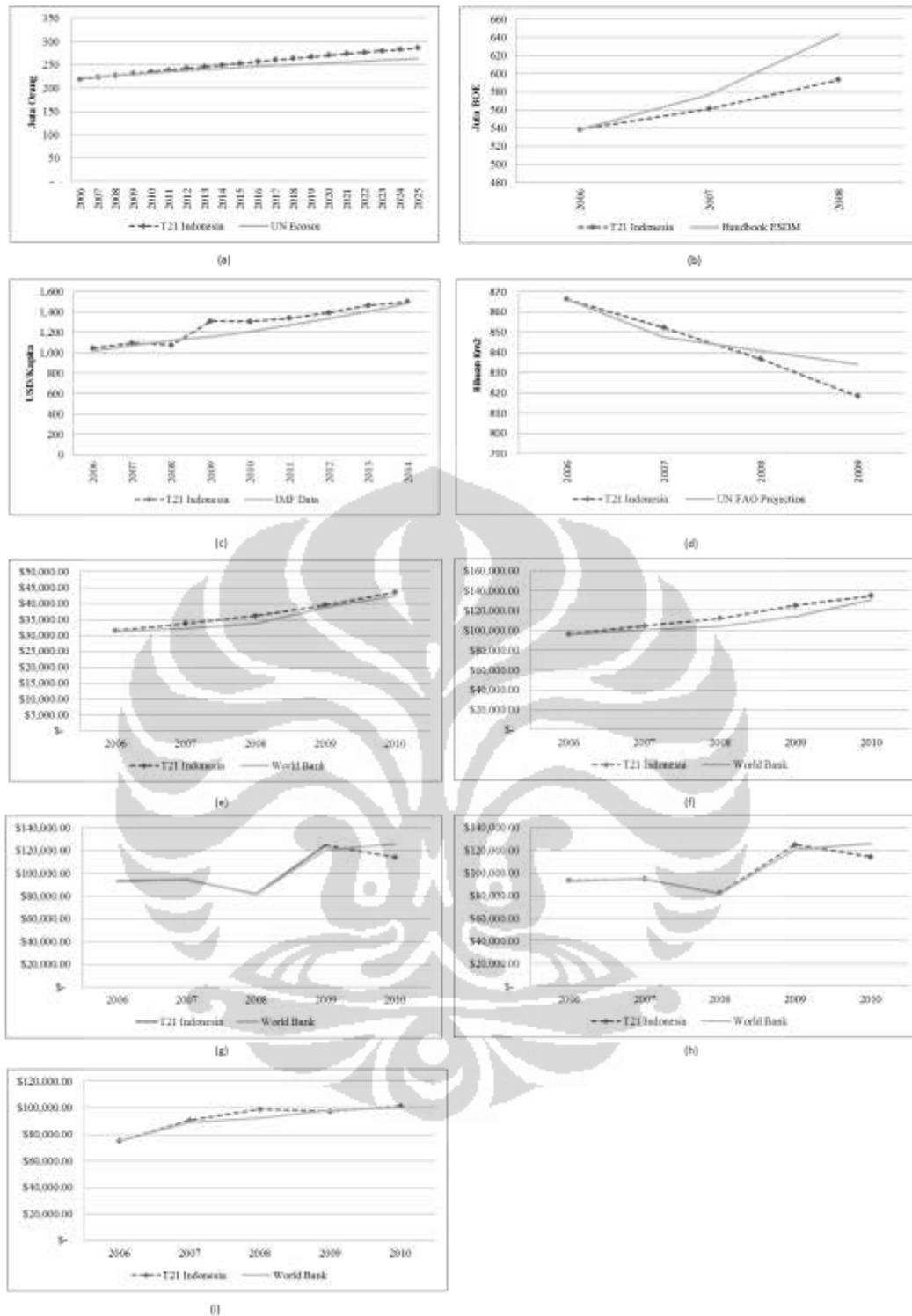
### 5.5. Verifikasi dan Validasi

Hasil verifikasi validasi yang dilakukan dirangkum dalam Tabel 5.7, pembahasan lebih detail mengenai reproduksi perilaku, kondisi ekstrim, kalkulasi integral dibahas lebih detail pada bagian ini.

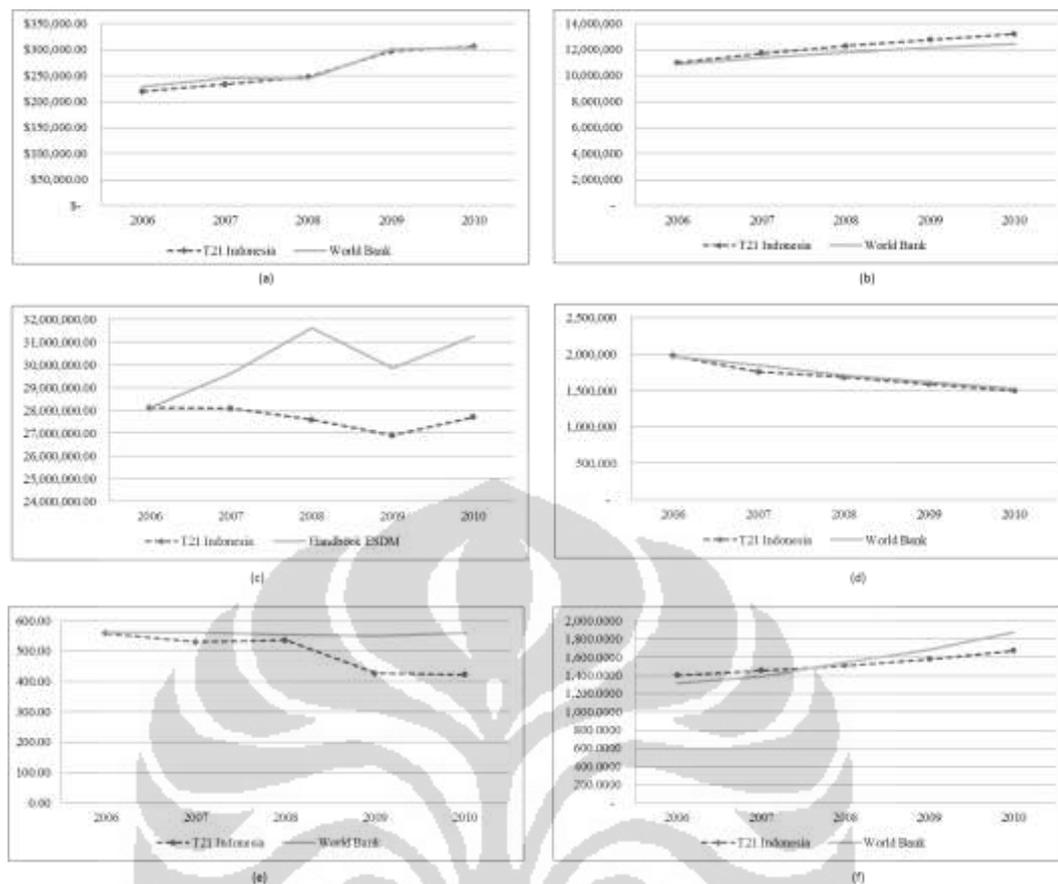
**Tabel 5.7 Hasil Verifikasi dan Validasi untuk Model Makro**

No	Teknik Validasi	Uraian Singkat Skenario
1	Kecukupan Batasan	Seluruh variabel yang dibutuhkan dalam analisa telah berada didalam model sesuai dengan mental model nara sumber dan sistem diagram yang disusun pada penelitian
2	Struktur Model	Struktur model disusun berdasarkan atas <i>causal loop diagram</i> mental model, sehingga struktur model mencerminkan struktur pada dunia nyata.
3	Reproduksi Perilaku	Pada reproduksi perilaku diuji pada produksi nominal dari sektor ekonomi akan meningkatkan emisi gas rumah kaca serta dampak indeks teknologi terhadap produksi. Pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 juga didapatkan nilai-nilai variabel yang telah sama dengan data sekunder. Sedangkan pada tabel 2.121 lampiran model juga dicantumkan tabel hasil validasi beberapa nilai variabel yang penting
4	Uji Konsistensi Dimensi	Pada aplikasi yang menggunakan PowerSIM 2008 telah diintegrasikan kemampuan untuk melakukan uji konsistensi dimensi, model akan menampilkan pesan error jika model dimensinya belum konsisten.
5	Kondisi Ekstrem	Pengujian dilakukan dengan menggunakan lahan potensial tersedia sebagai pembatas kondisi ekstrem untuk ekspansi lahan, dan sistem menunjukkan perilaku yang sama yaitu ketika lahan potensial habis maka ekspansi perkebunan akan berhenti
6	Kesalahan Kalkulasi Integral	Dilakukan perubahan <i>time step</i> dari 45 hari menjadi 22 hari dan 90 hari dalam melakukan kalkulasi integral, tidak didapatkan perbedaan perilaku.

Pada validasi perilaku didapatkan berbagai perilaku yang digambarkan pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 yang menunjukkan perilaku yang mirip dengan variabel pada dunia nyata.



**Gambar 5.5 Validasi Riil dari setiap variable pengamatan (Bagian 1) (a) Populasi, (b) Permintaan Energi Total, (c) PDB Riil Perkapita (Tahun 2000 sebagai dasar), (d) Pengurangan Lahan Hutan, (e) Produksi Pertanian (USD), (f) Produksi Industri (USD), (g) Pendapatan Pemerintah (USD), (h) Produksi Jasa (USD), (i) Pengeluaran pemerintah (USD)**



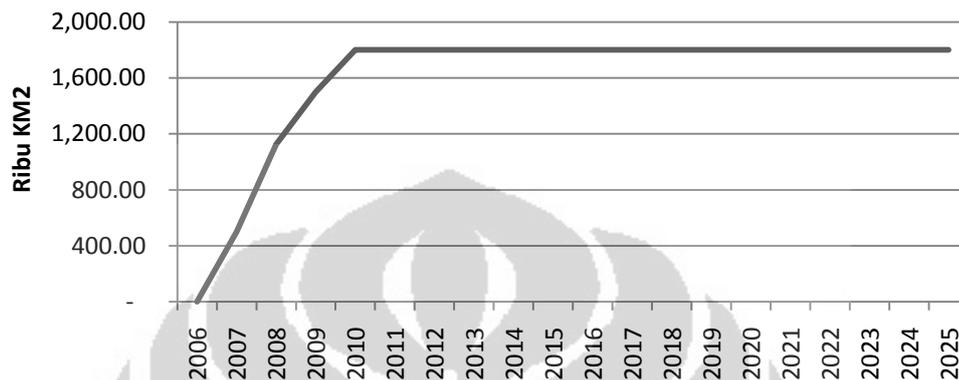
**Gambar 5.6 Validasi Riil dari setiap variable pengamatan (Bagian 2) (a) PDB Riil (USD), (b) Pengangguran (ribu orang), (c) Permintaan BBM Transportasi (juta liter), (d) Permintaan Tenaga Kerja (juta orang), (e) Emisi Gas Rumah Kaca (juta ton), (f) Jejak Karbon Per Kapita (ton)**

### 5.5.1. Kondisi Ekstrim

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

Pengujian pada kondisi ekstrim di model ini akan coba dilakukan pada variabel penggunaan lahan pertanian, dimana penggunaan lahan pertanian ini memiliki batas terhadap ketersediaan lahan potensial yang dapat dipergunakan untuk lahan pertanian, jika model perilaku pada model menyimpang maka model tetap akan

melakukan ekspansi lahan pertanian kendatipun ketersediaan lahan potensial untuk lahan pertanian sudah tidak dimiliki lagi. Prosedur untuk melakukan uji ekstrimitas ini adalah dengan meningkatkan investasi pada pertanian dengan ekstrim tinggi, lalu dilihat perilaku dari model apakah ketersediaan lahan potensial untuk pertanian bisa menjadi faktor kendala bagi model terutama untuk variabel peningkatan penggunaan lahan pertanian.



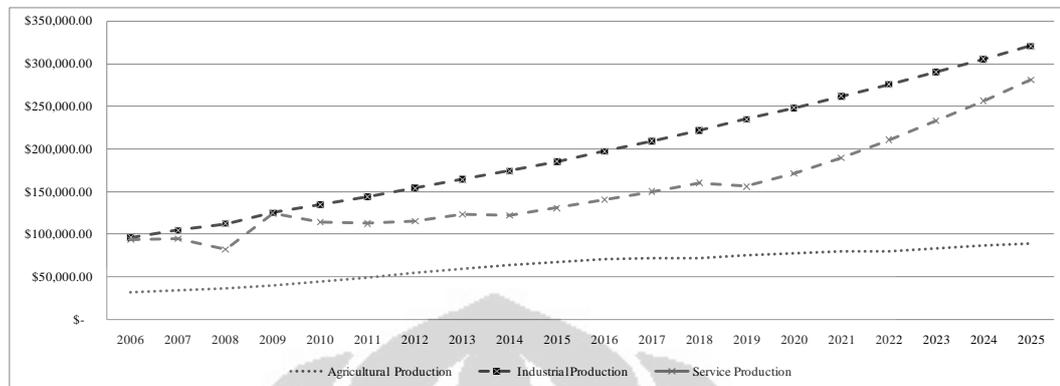
**Gambar 5.7 Uji Ekstrimitas Pada Kebutuhan Lahan**

Hasil uji ekstrimitas yang dilakukan pada Gambar 5.7, dengan memasukkan nilai ekstrim tinggi pada investasi pertanian sehingga terjadi ekspansi besar besaran pada pembukaan kebutuhan lahan baru pertanian, namun pembukaan lahan pertanian tidak lagi terjadi seiring telah habisnya ketersediaan lahan lokal maka pembukaan lahan baru untuk pertanian dihentikan, terlihat pada gambar diatas lahan pertanian tidak bertambah lagi semenjak tahun 2008 karena sudah habisnya ketersediaan lahan yang ada. Grafik ini sesuai dengan hasil yang diharapkan dimana pembukaan lahan baru akan seketika berhenti ketika ketersediaan lahan telah habis digunakan.

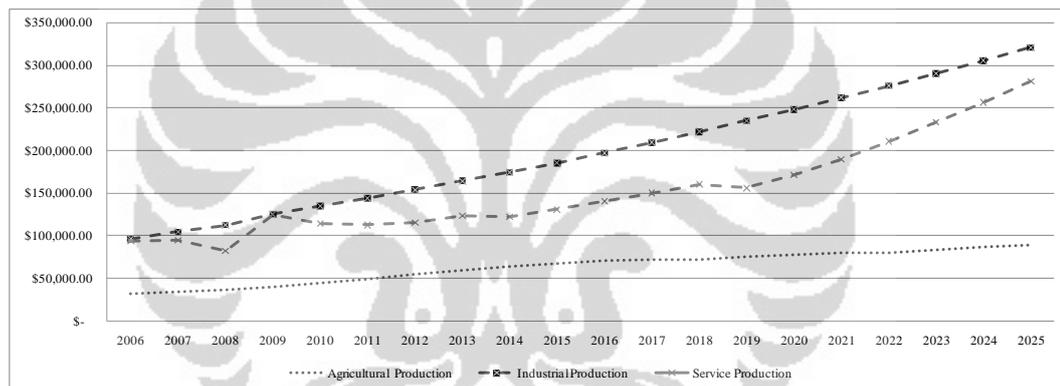
#### 5.5.2. Error dalam Integrasi

Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah hasil keluaran simulasi sensitif terhadap *time step* yang dipergunakan. Metode yang umum dalam pengujian ini adalah dengan membandingkan hasil simulasi *time step* normal dengan hasil simulasi *time step* setengah dari seharusnya. Sesuai dengan teori sistem dinamis yang dikemukakan Stermann, sebuah simulasi sistem dinamis memiliki nilai yang baik apabila langkah perhitungan yang dilakukan adalah sejumlah  $1/8$  dari rentang waktu terkecil yang ingin dipelajari, berawal dari teori tersebut maka model ini

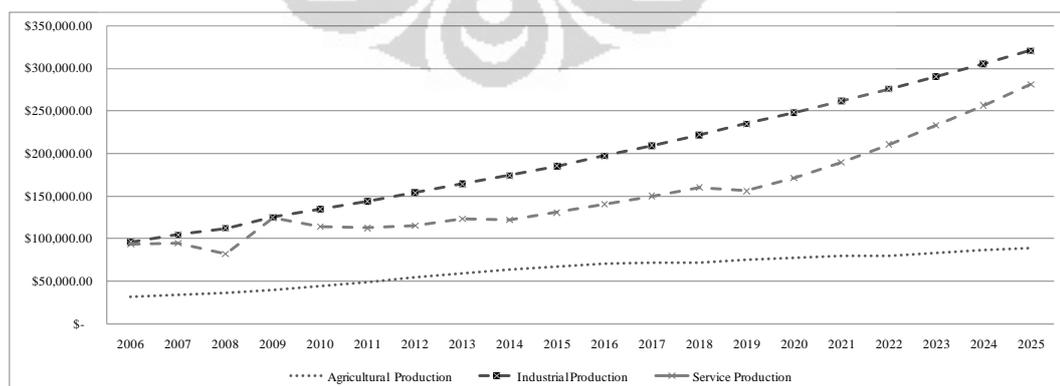
secara alami menggunakan langkah perhitungan sebesar 45 hari. Namun untuk melihat kemungkinan kesalahan integrasi yang tinggi maka model diuji dengan menggunakan nilai setengah dari langkah perhitungan alami dan dua kali dari nilai perhitungan alami.



**Gambar 5.8** Gambar Basis Hasil pada *Time Step* 45 hari



**Gambar 5.9** Gambar Keluaran Menggunakan *Time Step* 22 Hari (setengah kali *Time Step* alami)



**Gambar 5.10** Gambar Keluaran Menggunakan *Time Step* 90 Hari (dua kali *Time Step* alami)

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

### 5.5.3. Reproduksi Perilaku

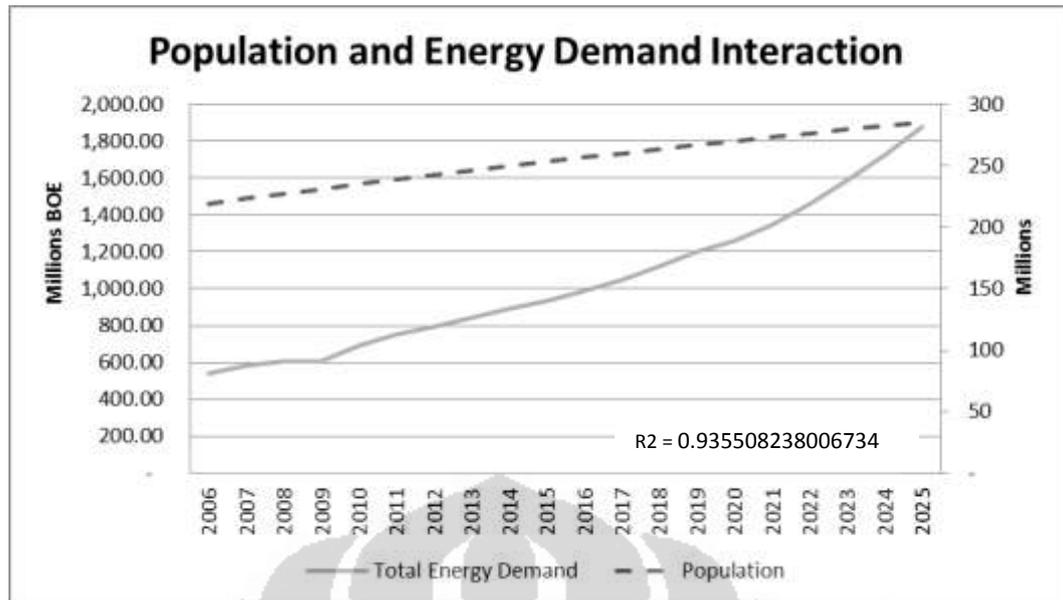
Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah model simulasi yang dibuat menghasilkan perilaku yang penting atau perilaku sederhana dari sistem sesuai dengan yang terjadi pada kondisi nyata. Di dalam pengujian ini, perilaku-perilaku yang ingin diteliti antara lain adalah sebagai berikut:

- Hasil pada Gambar 5.11 menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara ketersediaan tenaga kerja dengan nilai Pendapatan Domestik Bruto (PDB) Nasional, dimana pada mental model dinyatakan adanya relasi yang kuat antara ketersediaan tenaga kerja sebagai masukan dalam fungsi produksi nasional dengan PDB sebagai nilai hasil produksi nasional (Maruli A. Hasoloan, 2006).



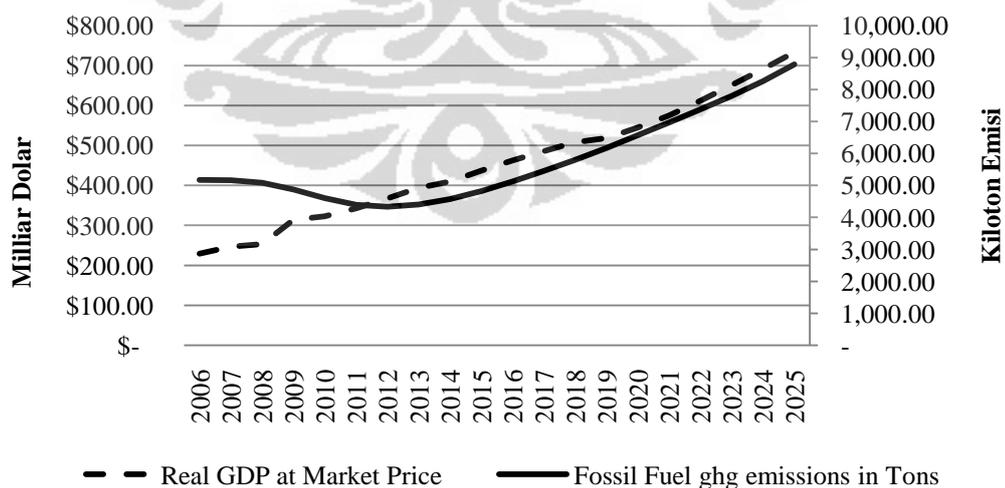
**Gambar 5.11 Hubungan antara GDP dan Tenaga Kerja**

- Pola perilaku yang dihasilkan model dapat dilihat pada Gambar 5.12 menunjukkan adanya hubungan yang signifikan dari nilai jumlah populasi dengan total permintaan energi dari hasil perilaku yang dikeluarkan oleh model makro sesuai dengan mental model dan hasil dari penelitian penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arian et.al (Arian, et al., 1997).



Gambar 5.12 Hubungan Jumlah Populasi dan Total Permintaan Energi

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

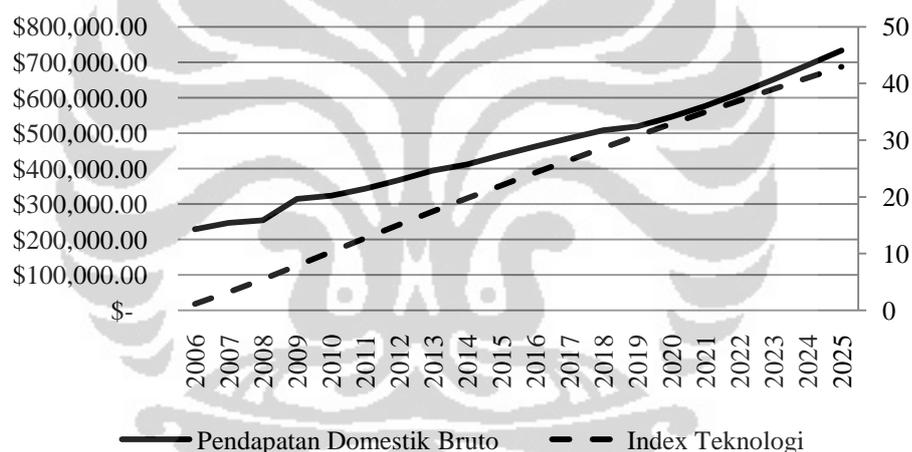


Gambar 5.13 Perbandingan Emisi dan Produksi

Gambar 5.13 menunjukkan terjadi peningkatan emisi seiring dengan adanya peningkatan produksi, dimana jika dilihat hamper terjadi hubungan yang

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

- Pengaruh peningkatan nilai teknologi terhadap peningkatan produksi ekonomi. Dimana secara teoritis peningkatan indeks teknologi akan meningkatkan produktivitas dari para pekerja dan akan secara langsung meningkatkan produksi dari sektor ekonomi.



**Gambar 5.14 Perbandingan Antara PDB dengan Indeks Teknologi**

Gambar 5.14 menunjukkan dengan sangat jelas terjadi sebuah hubungan linear dari indeks teknologi dengan PDB dimana peningkatan teknologi menjadi salah satu pendorong utama dari produksi, hal ini juga menjadi pembenaran terhadap struktur model yang sesuai dengan CLD yang dibangun.

Sedangkan perilaku secara nilai variabel dapat dilihat pada Tabel 5.8 merupakan kompilasi dari nilai validasi riil pada variable penting dalam model.

**Tabel 5.8 Tabel Kompilasi Validasi Riil secara Umum**

<b>Validasi Riil Umum</b>		
<b>Variabel</b>	<b>Sumber Data Pembanding</b>	<b>Persen Perbedaan</b>
Agricultural Production	World Bank WDI 2010	3,70%
Industrial Production	World Bank WDI 2010	5,02%
Service Production	World Bank WDI 2010	2,89%
Real GDP at Market Price	IMF Projection	2,32%
Real GDP per Capita	IMF Projection	5,87%
Government Revenue	World Bank WDI 2010	4,08%
Government Expenditure	World Bank WDI 2010	3,46%
Population	World Population Prospects, UN Ecosoc 2008 Revision	4,07%
Labor Demand	World Bank WDI 2010	2,97%
Labor Supply	World Population Prospects, UN Ecosoc 2008 Revision	2,76%
Unemployment	World Bank WDI 2010	3,88%
Greenhouse Gas emissions per USD of GDP	World Bank WDI 2010	10,33%
Carbon Footprints per Capita	World Bank WDI 2010	4,11%
Forest Land	UN FAO Projection 2010	0,96%
Total Energy Demand	Handbook ESDM 2010	3,85%
Transportation Fuel Demand	Handbook ESDM 2010	8,47%

## a) Sub-Model Ekonomi

Dalam sub-model ekonomi terdapat 2 variabel utama yang menjadi sumber pergerakan ekonomi akibat adanya industri biodiesel yaitu PDB Riil (Tabel 5.9) dan produksi sektor pertanian (Tabel 5.10).

**Tabel 5.9 Perbandingan Hasil Model pada PDB Riil**

	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>BSM</b>	\$219,327.66	\$233,097.35	\$247,228.81
<b>World Bank</b>	\$229,018.64	\$244,915.19	\$243,255.46

**Tabel 5.10 Perbandingan Hasil Model pada Produksi Sektor Pertanian**

	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>BSM</b>	\$31,500.72	\$33,754.81	\$36,120.09
<b>World Bank</b>	\$31,157.66	\$32,226.13	\$33,762.22

## b) Sub-Model Sosial Teknologi

Untuk sosial dan teknolog, maka populasi akan menjadi salah satu variabel utama mempertimbangkan dampaknya terutama kepada tenaga kerja dan kebutuhan energi (Tabel 5.11).

**Tabel 5.11 Perbandingan Hasil Model pada Populasi**

	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>BSM</b>	219,210,292	223,186,795	227,142,420	231,043,206
<b>UN ECOSOC</b>	221,936,080	224,645,990	227,323,560	229,952,620

## c) Sub-Model Lingkungan

Untuk lingkungan, penggunaan lahan menjadi titik utama yang perlu diperhatikan sebagai sumber konservasi ataupun sumber kerusakan pada kualitas lingkungan (Tabel 5.12).

**Tabel 5.12 Perbandingan Hasil Model pada Penggunaan Lahan**

	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>BSM</b>	866,236.00	851,965.15	835,703.62	820,266.90
<b>UN FAO Projection</b>	866,236.00	847,522.00	840,741.82	834,015.89

## d) Sub-Model Energi

Pada energi, total kebutuhan energi menjadi pertimbangan utama karena akan diterjemahkan sebagai pasar dari industri biodiesel (Tabel 5.13).

**Tabel 5.13 Perbandingan Hasil Model pada Total Kebutuhan Energi**

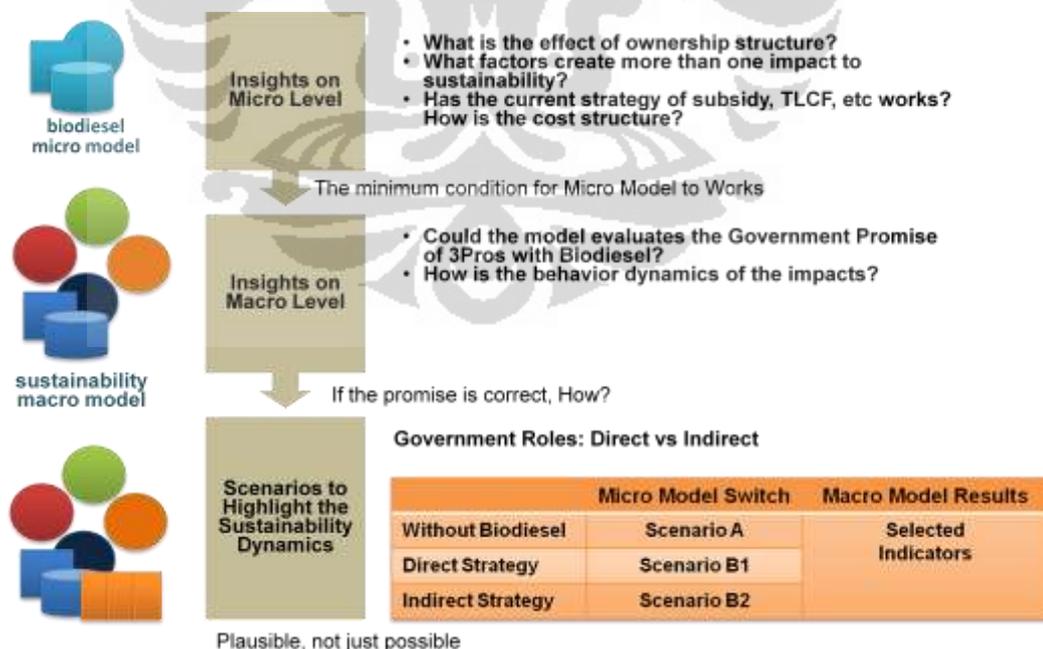
	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>BSM</b>	538,514,397.37	581,698,384.64	607,255,440.37
<b>Handbook ESDM</b>	538,892,000.00	576,827,000.00	643,931,000.00

## BAB 6 SKENARIO DAN ANALISA

Analisa yang akan dilakukan akan terbagi dalam beberapa tahap. Tahapan analisa yang dilakukan terhadap hasil dari model mikro dan makro yang akan bermuara kepada skenario yang akan dilakukan. Skenario dirancang dengan tujuan untuk mendapatkan pemahaman dan menyoroti hubungan keterkaitan antara berbagai pilihan pada tingkatan mikro yang memiliki dampak terhadap tingkatan makro. Untuk itu dilakukan perbandingan antar skenario untuk melihat perbedaan dinamika yang terjadi.

### 6.1. Tahapan Analisa dan Pemilihan Indikator Analisa

Dalam analisa yang dilakukan akan dibagi menjadi tiga tahapan analisa. Tahapan pertama adalah analisa yang dilakukan pada tingkatan mikro, tahapan kedua adalah analisa pada tingkatan makro, dan yang terakhir adalah penggabungan hasil analisa pertama dan kedua menjadi beberapa skenario yang memungkinkan untuk merevitalisasi industri biodiesel di Indonesia (Gambar 6.1).



**Gambar 6.1 Kerangka Analisa**

Pada tahapan pertama, beberapa pertanyaan eksplorasi yang ingin dijawab mengacu kepada tujuan penelitian mencakup bagaimana efek berbagai tipe kepemilikan, pencarian dan identifikasi variabel kunci yang memiliki dampak berkelanjutan secara menyeluruh, dan struktur biaya dari produsen biodiesel untuk membandingkan dengan strategi yang saat ini dilakukan oleh pemerintah. Jawaban atas berbagai pertanyaan ini akan menjadi pilihan dalam menyusun skenario pada tahapan berikutnya.

Pada tahapan kedua, pertanyaan eksplorasi utama adalah untuk melihat apakah “janji” pemerintah akan *3-Pros (Job, Poor and Growth)* memang terbukti dengan adanya industri biodiesel. Asumsi utama yang digunakan adalah jika memang terbukti dan dapat dilihat dampak positif, maka mampu memotivasi pemerintah untuk melakukan investasi ulang kepada industri ini.

Pada tahapan ketiga, berbekal pada dua tahapan sebelumnya, disusun beberapa skenario yang layak dan mungkin. Penyusunan skenario berfokus kepada melihat inter-aktivitas antara variabel dalam tiga aspek berkelanjutan dan energi pada skala makro. Untuk mengakomodir kebutuhan ini, walaupun model BSM memiliki kemampuan mengeluarkan banyak indikator maka dalam analisa dan skenario akan dibatasi indikator yang akan dibahas, seperti yang dituliskan pada Tabel 6.1.

**Tabel 6.1 Rangkuman Indikator Analisa**

Model Makro			
Ekonomi	Sosial	Lingkungan	Energi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nilai Produksi Pertanian</li> <li>• Pendapatan per Kapita Riil (Tahun 2000)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah Populasi</li> <li>• Jumlah Pengangguran</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisi CO<sub>2</sub> Nasional</li> <li>• Emisi CO<sub>2</sub> dari BBM</li> <li>• Luas Hutan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah Permintaan Minyak Bumi Transportasi</li> <li>• Jumlah Industri Biodiesel</li> <li>• Total Produksi Biodiesel</li> </ul>
Model Mikro			
Finansial	Sosial	Lingkungan	Energi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EBITDA Produsen Biodiesel</li> <li>• IRR Produsen Biodiesel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah Tenaga Kerja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisi CO<sub>2</sub> Produksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produksi Biodiesel</li> </ul>

Untuk aspek ekonomi, pada tingkatan makro dipilih nilai produksi sektoral dan indikator PDB karena kedua indikator ini yang dapat menunjukkan aspek pertumbuhan ekonomi yang menjadi dasar pembuktian *pro-growth*. Sedangkan

pada aspek mikro, dipilih EBITDA dan IRR, karena EBITDA dapat menunjukkan indikator tahunan kesehatan arus kas sehingga bisa ditunjukkan perilakunya secara grafis sedangkan IRR menunjukkan angka ketertarikan untuk melakukan investasi.

Pada aspek sosial, angka tenaga kerja yang berhubungan dengan angka pengangguran menjadi pilihan sesuai dengan kebutuhan penelitian untuk melihat apakah janji *pro-job* pemerintah terbukti. Sedangkan pada aspek energi, tentunya produksi biodiesel serta jumlah industri biodiesel yang menjadi fokus utama, sesuai dengan target pencapaian pemerintah.

Pada aspek lingkungan, walaupun pada aspek mikro didapatkan dampak LCA yang lebih lengkap, namun untuk menjaga konektivitas pada tingkatan makro yang hanya memiliki modul untuk menghitung CO<sub>2</sub> serta lahan, maka fokus utama yang akan dilihat adalah emisi CO<sub>2</sub> terutama yang berasal dari pembakaran bahan bakar. CO<sub>2</sub> di atmosfer bumi menyerap pantulan sinar matahari yang berasal dari permukaan bumi pada gelombang infra merah tertentu sehingga menimbulkan apa yang dikenal sebagai efek gas rumah kaca yaitu meningkatnya suhu permukaan bumi (*global warming*). Data CO<sub>2</sub> adalah data yang paling disorot mengingat peningkatan yang terjadi dapat dikorelasikan secara langsung dengan aktivitas manusia, baik dari pembukaan lahan, kebutuhan dan pemborosan energi. Walaupun didalam kategori gas rumah kaca juga terdapat uap air, metan, ozone dan *nitrous oxide*, namun CO<sub>2</sub> dianggap sebagai representasi utama terhadap kategori ini yang berhubungan langsung dengan aktivitas manusia, sehingga banyak stasiun cuaca di dunia yang mencatat pergerakan perubahan kandungan CO<sub>2</sub> di udara. Hal ini mengingat kecemasan akan dampak dari peningkatan suhu global berupa peningkatan permukaan air laut akibat melelehnya salju di kedua kutub bumi akan membawa bahaya besar bagi kota-kota di dunia yang sebagian besar berada pada tepi pantai. Peningkatan air di laut juga ditakutkan akan mempengaruhi siklus iklim dan mengakibatkan timbulnya cuaca ekstrem di berbagai belahan dunia, berupa badai salju, curah hujan tinggi (banjir), ataupun kekeringan yang berkepanjangan.

## 6.2. Dinamika Model Mikro

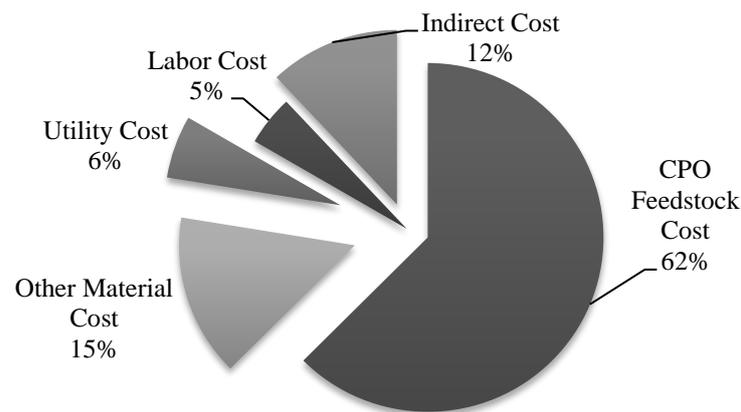
Dinamika model mikro akan membahas tentang struktur biaya dan pendapatan rantai produksi biodiesel, perbedaan dampak berkelanjutan pada perbedaan struktur kepemilikan.

### 6.2.1. Struktur Biaya dan Pendapatan Rantai Produksi Biodiesel

Analisa struktur biaya operasional dilakukan untuk mencari celah kebijakan baik secara biaya maupun pendapatan yang dapat menaikkan kelayakan industri biodiesel. Jika pemerintah bermaksud menarik investasi swasta maka analisa mikro ini penting untuk dilakukan. Biaya operasional dan pendapatan secara alami merupakan variabel yang akan berdampak kepada keseluruhan aspek berkelanjutan pada skala mikro, karena tanpa biaya yang berada di bawah pendapatan, maka produksi tidak akan berjalan, dan berarti tidak ada aspek berkelanjutan.

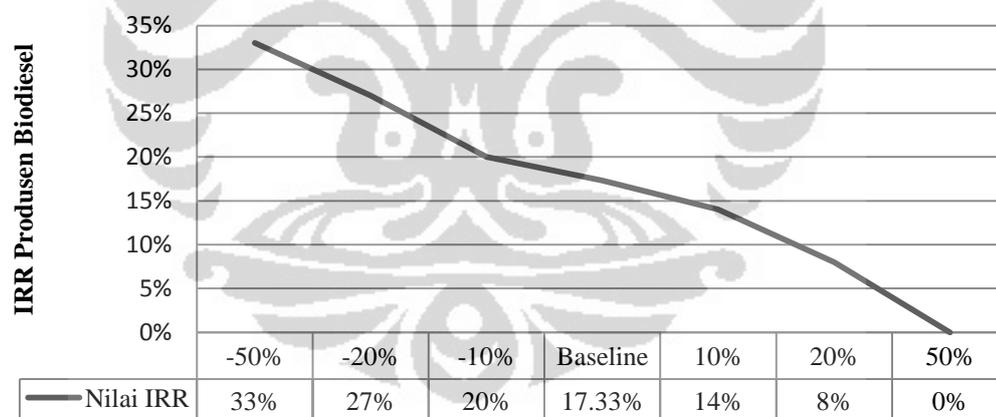
Struktur biaya operasional pada rantai produksi pabrik CPO menempatkan pemeliharaan perkebunan merupakan komponen biaya tertinggi yang mencapai 35% dari total. Kemudian komponen berikutnya adalah pembelian TBS dari petani plasma mencakup 25%, diikuti oleh biaya transportasi dan panen, pengolahan CPO dan biaya overhead.

Pada rantai produksi pabrik biodiesel, komponen biaya tertinggi adalah pembelian CPO di pasar domestik secara normal yang mencakup 62%, seperti tergambar pada Gambar 6.2, jika produsen biodiesel tidak memiliki perkebunan maupun pabrik CPO.



Gambar 6.2 Struktur Biaya Produsen Biodiesel Independen

Dengan mengubah harga CPO dan menganalisa sensitivitas terhadap IRR maka dapat dihasilkan grafik seperti pada Gambar 6.3 (dengan harga patokan diesel sebesar IDR 5,500). Dari grafik dilihat sensitivitas yang tinggi antara IRR dengan perubahan harga CPO akibat peranannya sebagai komponen terbesar. Pada grafik ini harga CPO baseline yang dihitung adalah Rp 4,000,000 per ton.



Gambar 6.3 Efek Perubahan Harga CPO kepada IRR

Dengan struktur biaya operasional ini, harga CPO merupakan variabel yang perlu dicermati dalam skenario nantinya.

Teknologi juga memiliki pengaruh penting kepada biaya operasional, terutama teknologi produksi yang mampu meningkatkan nilai laju ekstraksi (*extraction rate*) CPO dari TBS yang saat ini menggunakan angka 23.5%. Jika kita menggunakan laju ekstraksi yang lebih tinggi, misalnya 25% yang terjadi di

beberapa perusahaan di Malaysia (Kim Loong Resources Berhad, 2006), maka IRR akan meningkat dari 17.33% ke 25.61%.

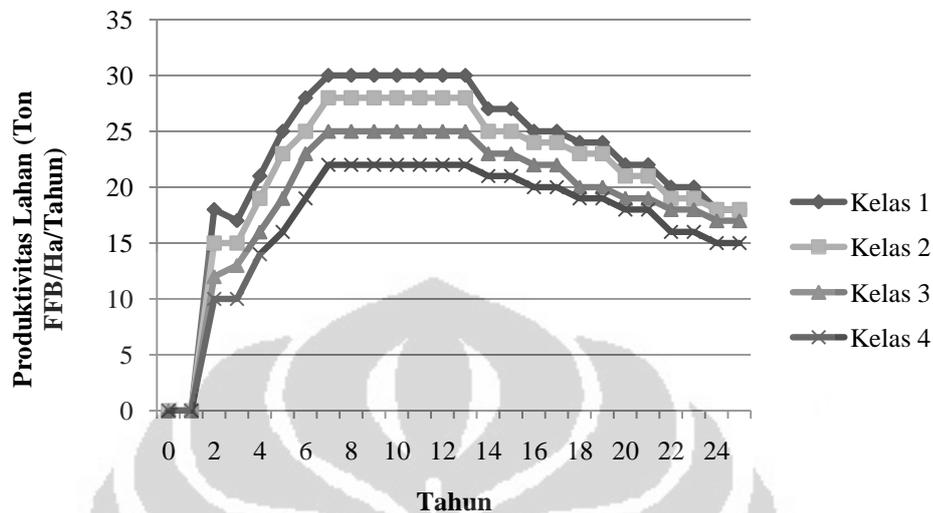
#### 6.2.2. Pengaruh Laju Pembukaan, Metode Pembukaan, dan Kelas Lahan

Laju pembukaan lahan perkebunan secara umum dilakukan secara bertahap dengan mempertimbangkan kemampuan finansial untuk membiayai pembukaan lahan dan kemampuan penanaman. Pembukaan secara bertahap juga akan membantu proses peremajaan yang tidak harus dilakukan sekaligus pada masa yang akan datang seiring dengan berkurangnya produktivitas kebun akibat usia tanaman menua. Pembukaan bertahap dapat berkontribusi secara lingkungan karena akan mampu menahan lonjakan emisi CO<sub>2</sub> karena masih adanya lahan yang belum dibuka dan masih melakukan absorpsi ketika tanaman sawit dalam perkebunan belum mencapai umur dewasa. Perkebunan kelapa sawit dewasa memang mampu memiliki net emisi CO<sub>2</sub> positif, dengan kemampuan absorpsi yang lebih tinggi dari emisinya, seperti yang dihasilkan pada perhitungan LCA pada Tabel 4.8. Tetapi harus diperhitungkan adalah pelepasan emisi ke atmosfer akibat pembukaan lahan, terutama jika metode pembukaan lahan yang digunakan adalah tebang bakar dan bukan tebang saja. Proses tebang bakar memiliki emisi yang sangat jauh lebih tinggi yang tidak bisa dikompensasi dalam jangka waktu analisa pada model (20-25 tahun). Tebang saja juga mengandalkan proses kompos yang akan melepaskan emisi ke udara.

Jika memang perkebunan kelapa sawit didirikan di atas lahan yang telah terdegradasi, bukan lahan hutan maupun lahan gambut, maka tanaman kelapa sawit akan memiliki kinerja yang lebih baik daripada kondisi awal dari lahan tersebut. Perbaikan kualitas lahan ini dapat berkontribusi terhadap penyerapan CO<sub>2</sub>. Ini dapat membantu Indonesia yang saat ini sedang berkomitmen terhadap inisiatif REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and Degradation or enhancement of carbon stocks*). Tentunya lahan ini akan memiliki kelas produktivitas lahan yang lebih rendah yang akan berpengaruh kepada aspek finansial dan sosial, yang akan dibahas selanjutnya.

Kelas lahan adalah variabel berikutnya yang penting dan berdampak kepada keseluruhan aspek berkelanjutan. Terdapat empat kelas lahan yang menunjukkan

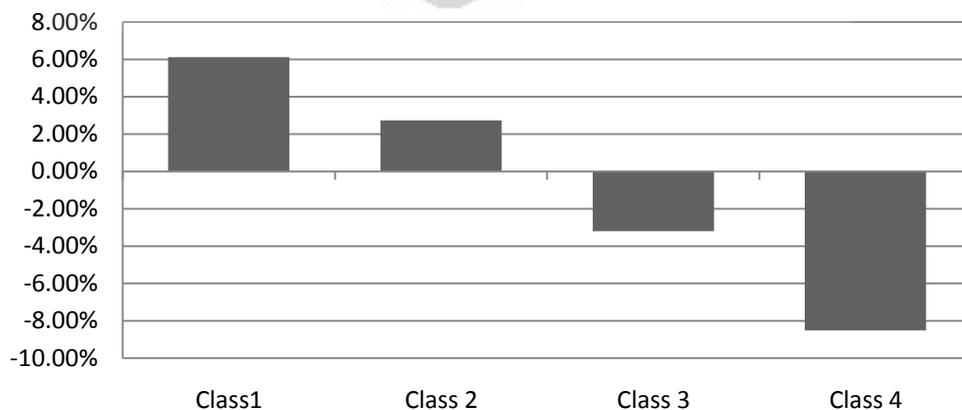
empat kelas produktivitas lahan yang memberikan perbedaan produksi TBS selama masa produktifnya seperti yang digambarkan pada Gambar 6.4. Perbedaan ini berasal dari kualitas dari tanah dan yang terbaik biasanya didapatkan dari lahan hutan.



**Gambar 6.4 Nilai Produktivitas Lahan**

*Sumber: (Syukur S. & AU. Lubis, 1989)*

Perubahan produktivitas ini mengubah pula IRR dari produsen biodiesel terintegrasi sebesar 4% secara rata-rata untuk setiap perubahan kelas lahan Gambar 6.5. Pengurangan ini tidak hanya terjadi akibat pengurangan produktivitas tetapi juga akibat kenaikan biaya pemeliharaan seperti pupuk dan jumlah tenaga kerja.



**Gambar 6.5 Perbedaan IRR pada Setiap Kelas Lahan**

Pada tingkatan mikro ini juga dipertimbangkan kebijakan-kebijakan pemerintah saat ini terhadap aspek pajak, bunga pemodalan dan subsidi harga biodiesel. Alternatif kebijakan pada tingkatan mikro secara sederhana dapat dibagi menjadi dua bagian komponen yaitu pendapatan dan biaya. Saat ini industri ini telah mendapatkan fasilitas *Tax Loss Carrying Forward* (TLCF) bagi industri ini yang diberikan selama untuk 10 tahun. Struktur yang dianalisa adalah struktur terintegrasi, karena struktur ini menawarkan proteksi yang lebih baik terhadap komponen biaya terbesar dari biodiesel, yaitu harga CPO

Produsen biodiesel mendesak adanya subsidi langsung sebesar IDR2,000/liter untuk biodiesel diatas harga solar subsidi pada tahun 2000. ini telah didesak oleh produsen biodiesel untuk diberikan oleh pemerintah dengan estimasi biaya total pada APBN 2010 sebesar 1.125 triliun (Idrisahmad, 2009). Kemudian kemungkinan pemberian fasilitas pajak pendapatan dan bunga pinjaman yang lebih menarik. Berbagai kemungkinan ini ditampilkan pada Tabel 6.2, dengan fokus kepada produsen biodiesel terintegrasi untuk memanfaatkan harga CPO yang rendah.

**Tabel 6.2 Hasil Berbagai Alternatif Kebijakan pada Tingkat Mikro**

Model Variables	Saat Ini	Pajak & Bunga	Subsidi Solar Dicabut
Subsidi Biodiesel	IDR 2,000 / Liter	-	-
PPH	30 %	10 %	30 %
Bunga Pinjaman	15%	5%	15%
Harga Solar	Subsidi	Subsidi	Harga Pasar
<b>EBITDA di 2025 (Juta Rupiah)</b>	<b>0</b>	<b>156,831</b>	<b>202,952</b>

Pada subsidi biodiesel IDR 2,000 pada saat ini merupakan kebijakan yang tidak akan berhasil karena produsen akan lebih baik mengekspor CPO keluar negeri daripada memproduksi biodiesel dengan harga solar bersubsidi yang rendah, ini mengakibatkan EBITDA biodiesel menjadi nol karena berhentinya produksi biodiesel.

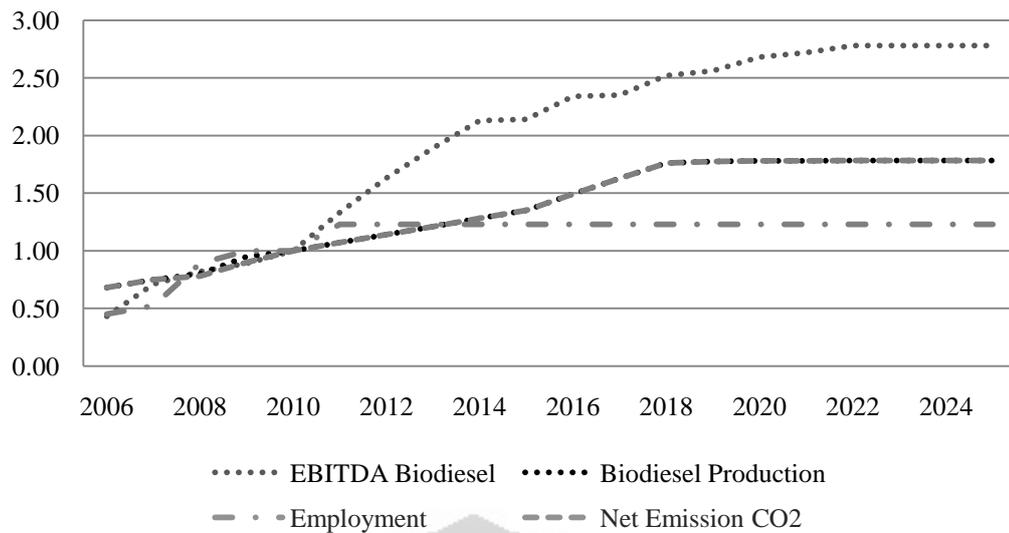
Jika pemerintah ingin memberikan keringanan biaya modal dengan memberikan pajak dan bunga khusus, maka akan menarik produksi biodiesel tetapi produsen tidak akan mau melakukan ekspansi kapasitas karena tidak menguntungkan. Di dalam model mikro, ekspansi memang telah didesain secara otomatis dilakukan

jika proyeksi pendapatan dengan ekspansi akan lebih menguntungkan dibandingkan tidak ekspansi. Dengan kata lain, dapat disimpulkan bahwa keuntungan yang diterima masih belum menarik.

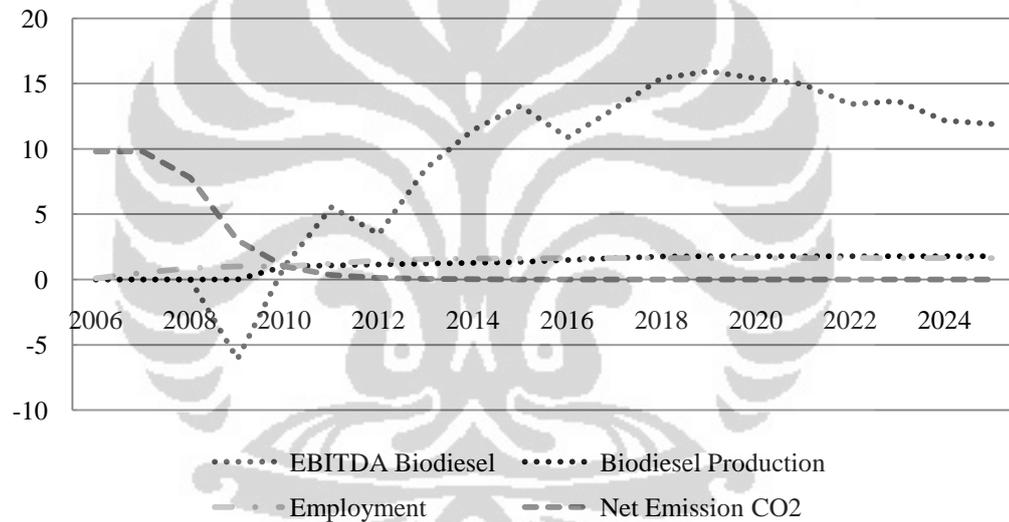
Pada pencabutan subsidi solar maka didapatkan kondisi yang menarik untuk melakukan produksi dan ekspansi produksi pada produsen biodiesel terintegrasi tanpa perlu adanya keringanan biaya modal atau pajak. Ini menunjukkan terdapat margin antara biaya produksi yang rendah akibat struktur terintegrasi dengan harga solar yang tidak disubsidi. Kombinasi struktur terintegrasi dan ketidakadaan subsidi harga solar domestik merupakan masukan bagi skenario yang disusun.

### 6.2.3. Pengaruh Kepemilikan Rantai Suplai pada Tingkat Mikro

Kepemilikan terhadap rantai suplai produksi juga mempengaruhi semua nilai keberlanjutan secara mikro. Perbedaan perilaku antara keduanya dapat dilihat pada Gambar 6.6 untuk produsen independen dan Gambar 6.7 untuk produsen terintegrasi. Mempertimbangkan perbedaan satuan yang sangat besar, maka kedua gambar menggunakan hitungan indeks dengan angka tahun 2010 sebagai patokan dasarnya. Perhitungan indeks adalah perhitungan dengan menetapkan sebuah tahun sebagai dasar indeks, kemudian membagi semua nilai yang ada sebelum dan sesudahnya dengan dasar indeks tersebut. Perhitungan ini lazim digunakan untuk menunjukkan pergerakan perubahan sebuah nilai terutama yang memiliki angka yang berbeda jauh. Sebagai contoh untuk EBITDA biodiesel pada tahun 2011 akan dibagi dengan EBITDA pada tahun 2010, sehingga didapatkan angka 1,23. EBITDA 2009 secara indeks adalah 0,9 .



**Gambar 6.6 Angka Indeks Keberlanjutan untuk Produsen Independen**



**Gambar 6.7 Angka Indeks Keberlanjutan untuk Produsen Terintegrasi**

Dari sisi ekonomi, produsen terintegrasi akan mendapatkan margin yang lebih baik akibat biaya produksi yang rendah karena dapat mendapatkan harga CPO sesuai harga pabrik. Selain itu sisa produksi CPO dapat diekspor secara langsung sehingga menambah pendapatan, sehingga garis EBITDA sangat tinggi dibandingkan produsen independen. Produsen independen tidak akan mendapatkan tambahan pendapatan ini dan harus bergantung kepada margin yang didapatkan dari selisih harga produksi dan harga jual. Garis EBITDA pada kedua struktur juga menunjukkan “lonjakan” akibat ekspansi kapasitas yang akan terjadi

jika secara finansial akan menguntungkan. Garis EBITDA pada produsen terintegrasi juga memiliki penurunan tajam akibat investasi lahan dan pabrik CPO ketika lahan perkebunan belum menghasilkan TBS.

Pada sisi sosial, pada struktur terintegrasi dibutuhkan jumlah tenaga kerja yang lebih besar dibandingkan struktur independen. Ini akibat struktur terintegrasi membutuhkan tenaga kerja yang besar untuk merawat perkebunan sesuai dengan luasnya, sedangkan fasilitas produksi CPO maupun biodiesel, memiliki kebutuhan tenaga kerja yang relatif kecil dan konstan. Garis tenaga kerja pada produsen terintegrasi memiliki garis tidak selalu sejajar dengan jumlah produksi, karena kebutuhan tenaga kerja pada awal pembebasan lahan dan perkebunan langsung cukup tinggi. Kebutuhan tenaga kerja pada pabrik CPO sendiri tidaklah signifikan.

Pada sisi lingkungan, dampak lingkungan ini berbeda antara struktur rantai produksi yang terintegrasi dibandingkan dengan struktur yang independen. Ini akibat beban lingkungan paling tinggi terletak pada perkebunan.. Pada saat terjadi pembebasan lahan maka kapasitas penyerapan CO<sub>2</sub> dari lahan aslinya akan hilang dan digantikan oleh tanaman muda kelapa sawit. Proses pembebasan lahan sendiri mempengaruhi jumlah emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Teknik tebang bakar memiliki emisi CO<sub>2</sub> terbesar, yang ditunjukkan dengan lonjakan garis net emisi pada Gambar 6.7. Tanaman kelapa sawit membutuhkan 5-6 tahun untuk mencapai dewasa dan mampu melakukan penyerapan CO<sub>2</sub> yang maksimal. Selisih ini yang disebut sebagai net emisi CO<sub>2</sub>.

Ketika memasuki proses produksi CPO maupun biodiesel perilaku emisi CO<sub>2</sub> mirip dengan perilaku pabrik manufaktur biasa yaitu meningkat seiring dengan peningkatan kapasitas produksi biodiesel. Artinya jika produksi biodiesel berada di tingkat maksimum maka dampak lingkungan juga terjadi secara maksimum.

### **6.3. Dinamika Model Makro dan Pengembangan Skenario**

Analisa pada tingkat makro merupakan analisa keseluruhan dari penelitian ini. Untuk itu akan dibahas terlebih dahulu rencana pengembangan skenario menjadi tiga skenario, kemudian dilanjutkan dengan evaluasi dampak biodiesel dalam

kerangka 3-Pros yang telah dijabarkan sebelumnya, kemudian analisa perbandingan hasil tiga skenario yang dikeluarkan oleh model.

### 6.3.1. Pengembangan Skenario

Skenario yang disusun memiliki dasar pemikiran untuk tidak hanya memikirkan skenario yang mungkin terjadi (*possible*) tetapi berorientasi kepada skenario yang masuk akal (*plausible*). Hasil analisa pada tingkatan mikro akan mempengaruhi pengembangan skenario, seperti pemilihan struktur kepemilikan yang terintegrasi sebagai alternatif, pengaruh kelas lahan, pembebasan lahan dan aspek lainnya. Dari setiap skenario dibandingkan berbagai perilaku yang ada pada tiga sektor keberlanjutan ditambah dengan dua sektor lainnya yaitu energi dan industri biodiesel sebagai variabel utama yang dianalisa pada setiap skenario, dan biaya pemerintah.

Untuk itu skenario terbagi menjadi tiga bagian utama seperti yang dijabarkan pada Tabel 6.3. Skenario BAU adalah skenario tanpa industri biodiesel (*without*) sedangkan skenario BUMN dan DMO adalah skenario dengan industri biodiesel (*with*). Analisa *with-or-without* ini adalah analisa awal dinamika sistem pada tingkat makro untuk menguji 3-Pros pemerintah.

**Tabel 6.3 Daftar Skenario Pencapaian Target Produksi Biodiesel**

Skenario	Nama Skenario	Uraian Singkat Skenario
<b>BAU</b>	Business As Usual	Skenario dengan kondisi hingga tahun 2010 yang diprediksi situasinya tetap tidak menarik untuk berinvestasi ke industri biodiesel, tanpa ada kontribusi industri biodiesel
<b>BUMN</b>	Badan Usaha Milik Negara (BUMN) State Owned Enterprise	Kondisi ketika pemerintah mengambil alih peranan swasta dengan langsung mengintervensi melalui berbagai BUMN
<b>DMO</b>	Domestic Market Obligation	Pemerintah melakukan intervensi dengan melakukan regulasi kewajiban suplai domestik CPO untuk perusahaan biodiesel dan minyak goreng dengan menetapkan harga maksimum dengan mengkombinasikan ketentuan Pungutan Ekspor

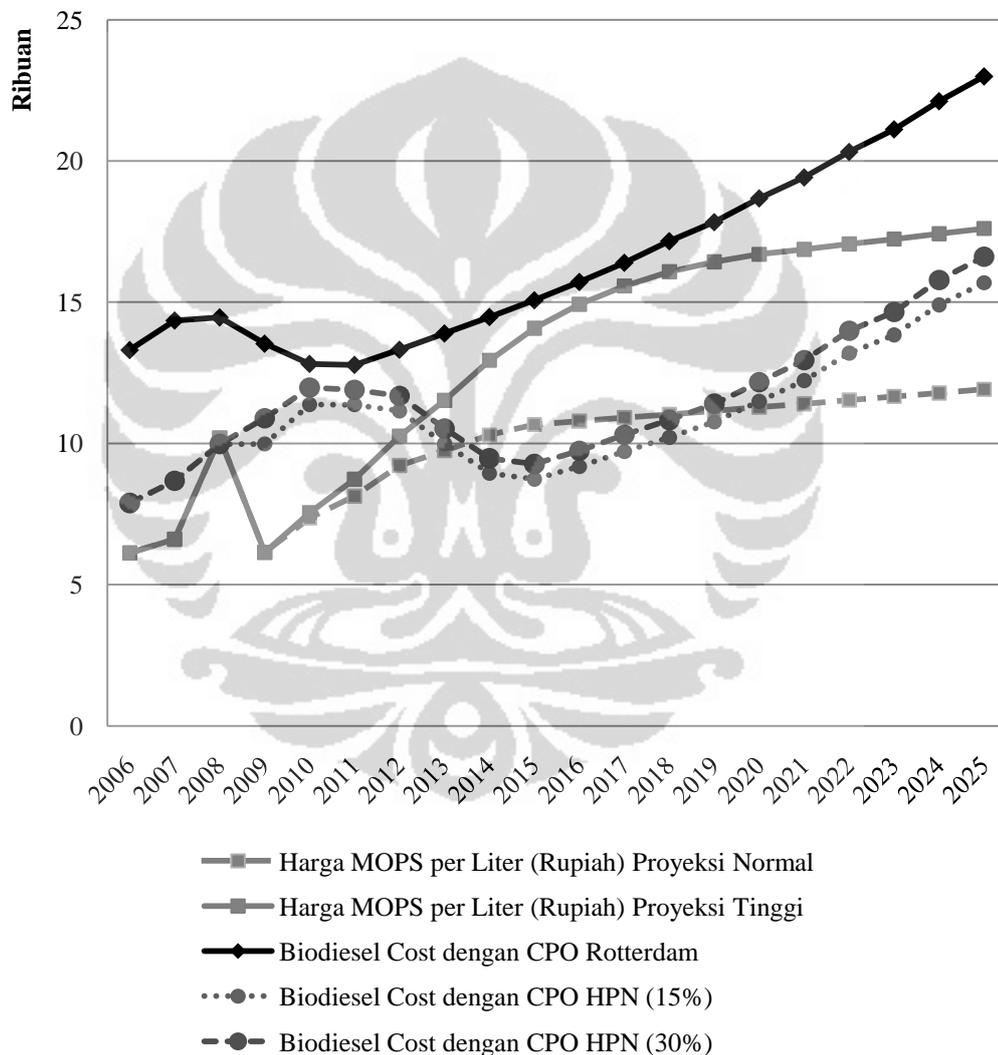
Skenario BUMN dan skenario DMO adalah skenario dengan adanya industri biodiesel. Kedua sub-skenario ini mempertimbangkan dua kemungkinan peranan pemerintah, yaitu sebagai penggerak atau pendorong industri biodiesel.

Pemerintah dapat menjadi penggerak industri biodiesel melalui penciptaan BUMN baru di bidang biodiesel, atau menjadi pendorong melalui perbaikan pasar yang lebih menarik bagi investor swasta untuk menanamkan modal di industri biodiesel.

Skenario BUMN secara umum dirancang untuk memberikan jawaban atas berapa ongkos pemerintah seharusnya jika harus menggunakan kekuatan sendiri untuk memenuhi target yang telah ditetapkan. Untuk memenuhi target yang telah disusun, pemerintah memiliki alternatif sebagai penggerak untuk membangun BUMN yang secara khusus memproduksi biodiesel. BUMN ini mendapatkan alokasi khusus lahan dan memiliki regulasi ketat untuk meminimalisasi dampak lingkungan, sehingga tekanan dari sisi lingkungan berkurang. Regulasi yang ketat untuk mengontrol dampak lingkungan membuat metode pembukaan lahan yang bisa dilakukan dibatasi pada tebang tanpa dibakar (*Slash and Mush*). Metode ini secara drastis akan mengurangi jumlah karbondioksida yang dikeluarkan dibandingkan dengan tebang bakar (*Slash and Burn*). Asumsinya alokasi lahan yang diberikan adalah lahan yang ingin diperbaiki kapasitas lingkungannya. Hal ini berdampak kepada pengurangan kelas lahan menjadi kelas tiga. Struktur yang digunakan adalah struktur terintegrasi, karena memberikan keuntungan harga bahan baku yang dibutuhkan dalam industri ini. Biaya pemerintah yang akan dihitung adalah biaya pendirian industri biodiesel secara terintegrasi, tanpa mempertimbangkan investasi infrastruktur ataupun biaya akibat inefisiensi (pungutan liar, korupsi, dll).

Skenario DMO merupakan skenario yang diilhami dari pernah tercapai kondisi “tidak normal” akibat kenaikan harga minyak dunia dan harga CPO nasional pada saat awal penancangan program biodiesel. Fokus perhatian adalah kepada bagaimana menciptakan suplai CPO yang wajar dan tidak tergantung pada harga CPO dunia. Instrumen pemerintah yang digunakan saat ini adalah mekanisme Pungutan Ekspor (PE) yang sekarang ini digunakan oleh pemerintah untuk menjaga suplai minyak goreng di dalam negeri terjamin dan meningkatkan pendapatan pajak dari ekspor. Harga CPO dunia yang tinggi akan memancing para produsen CPO untuk melakukan ekspor dibandingkan menyuplainya ke dalam negeri.

Skenario DMO menciptakan kewajiban suplai bagi kebutuhan nasional melalui Harga Patokan Nasional (HPN), baik bagi biodiesel maupun kebutuhan minyak nabati lainnya (industri olein atau minyak goreng). HPN ini diasumsikan dari perhitungan ongkos produksi ditambahkan dengan margin tertentu. Setiap produsen CPO mendapatkan jatah kewajiban ini, dan sisa dari kewajiban diperbolehkan untuk diekspor dengan pembebasan PE (Pungutan Ekspor) yang selama ini juga dianggap salah satu penghambat pengembangan industri CPO. Untuk itu perlu dicari besaran HPN yang ingin dihitung didalam model.



**Gambar 6.8 Perbandingan Biaya Produksi Biodiesel dan Alternatif Proyeksi Harga Minyak Dunia di MOPS**

Hasil simulasi pada Gambar 6.8 menunjukkan dengan membebaskan biaya pembelian CPO dengan harga pasar dunia (Harga Rotterdam), maka HPP

biodiesel tidak akan mampu berkompetisi dengan proyeksi harga MOPS baik pada proyeksi normal maupun proyeksi tinggi. Jika CPO yang dibeli oleh produsen biodiesel memiliki harga khusus (HPN) sebesar 15% maka HPP biodiesel akan mulai menarik tetapi masih pada jangka waktu yang terlalu lama. Jika diberikan mencapai 30% margin terhadap biaya produksi CPO masih didapatkan harga produksi biodiesel yang berada di bawah harga proyeksi tinggi dari EIA, sehingga dipilih margin sebesar 30%.

Pada skenario DMO ini, penentuan harga oleh pemerintah dilakukan dengan mempertimbangkan harga pokok produksi dari CPO dengan ditambahkan margin sebesar prosentase tertentu. Sisa produksi untuk nasional, diperbolehkan untuk diekspor dengan dikenai pungutan ekspor yang lebih kecil.

**Tabel 6.4 Perubahan Variabel pada Setiap Skenario**

Variabel	BAU	BUMN	DMO
<b>Proyeksi Harga Solar</b>	Harga Subsidi	Proyeksi Normal EIA	Proyeksi Normal EIA
<b>Proyeksi Harga CPO</b>	FAPRI Agricultural Outlook 2010	FAPRI Agricultural Outlook	Harga Patokan Nasional (HPP CPO + 30% Margin)
<b>Harga Biodiesel</b>	Harga Solar Subsidi + Subsidi 2000 IDR utk Biodiesel	Proyeksi Harga Domestik Regresi Linear EIA $MOPS = 0.009x - 0.145$ $ICP = 1.103x - 2.577$	Proyeksi Harga Domestik Regresi Linear EIA $MOPS = 0.009x - 0.145$ $ICP = 1.103x - 2.577$
<b>Metode Pembukaan Lahan</b>	Tebang Bakar	Tebang saja, tanpa dibakar	Tebang Bakar
<b>Kelas Produksi Lahan</b>	Variatif	Kelas 3, difokuskan kepada lahan yang kurang produktif	Kelas 1, asumsi
<b>Struktur Kepemilikan Industri Biodiesel</b>	Fokus kepada Produsen Biodiesel (independen)	Struktur 3 (terintegrasi)	Struktur 3 (terintegrasi)

Sehingga di dalam skenario DMO dipilih nilai-nilai seperti yang tercantum dalam Tabel 6.4, dengan menggunakan Harga Patokan Nasional (HPN) sebesar HPP CPO + 30% Margin.

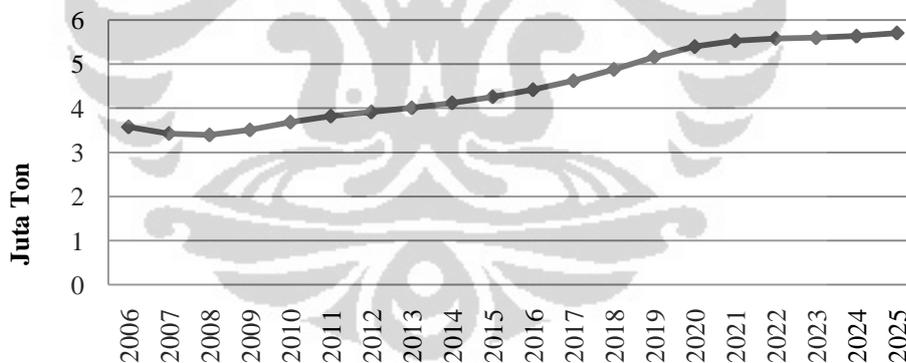
Mempertimbangkan dinamika pada tingkat mikro maka subsidi solar akan dihapuskan untuk menciptakan ketertarikan produksi bagi produsen biodiesel. Efek tidak adanya subsidi solar diabaikan dalam dinamika model makro karena struktur model makro tidak memungkinkan hal ini dilakukan dan belum adanya data historis atau perilaku yang bisa dijadikan patokan atau pedoman dalam

mengevaluasi hasilnya. Dalam struktur model makro permintaan solar tidak terpengaruhi oleh harga, sehingga pencabutan subsidi solar juga tidak mengakibatkan perubahan permintaan solar.

### 6.3.2. Kecukupan Produksi CPO Nasional untuk Skenario DMO

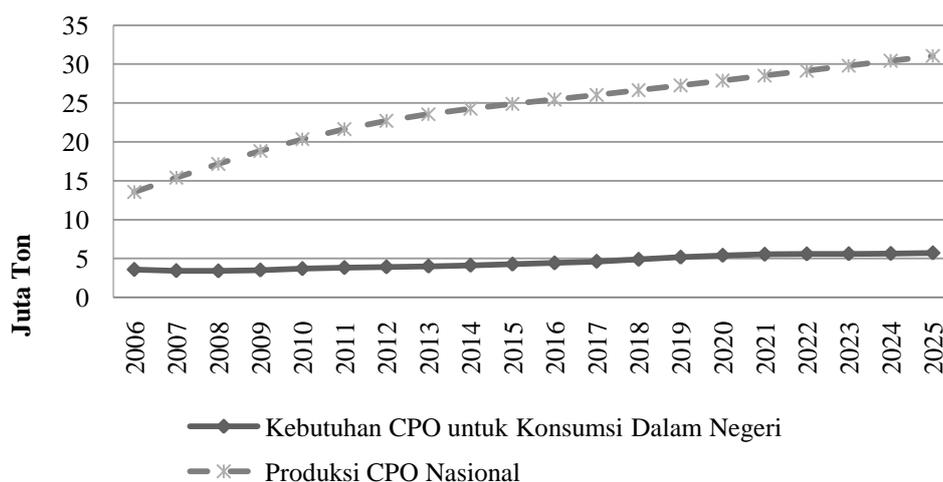
Analisa awal yang harus dilakukan apakah produksi CPO Indonesia mampu untuk mensuplai kebutuhan CPO tambahan akibat penggunaan untuk biodiesel, dari sisi kebutuhan lahan yang tersedia. Kebutuhan lahan ini mempertimbangkan terlebih dahulu alokasi lahan yang telah disediakan dan belum digunakan, sebelum mengambil alokasi lahan baru. Alokasi lahan pertanian memang tidak sepenuhnya dialokasikan untuk kelapa sawit, tetapi dalam penelitian ini diasumsikan diprioritaskan kepada kelapa sawit.

Langkah awal dilakukan perhitungan kebutuhan minyak goreng di Indonesia, yang digambarkan pada Gambar 6.9, dengan menggunakan asumsi konsumsi perkapita awal pada tahun 2006 berada pada angka 16 Kg/ Kapita dan pada 2020 konsumsi meningkat menjadi 20 Kg/kapita.



**Gambar 6.9 Proyeksi Kebutuhan CPO Dalam Negeri**

Diasumsikan peningkatan konsumsi hanya dipengaruhi oleh peningkatan pendapatan dan kenaikan populasi, angka rujukan pada 2010 jumlah CPO untuk minyak goreng sebesar 3,8 Juta Ton. Angka populasi dan angka pertumbuhan GDP yang digunakan adalah dari model T21 Indonesia tanpa adanya industri Biodiesel (Skenario BAU).



**Gambar 6.10 Perbandingan Produksi dan Kebutuhan CPO Nasional**

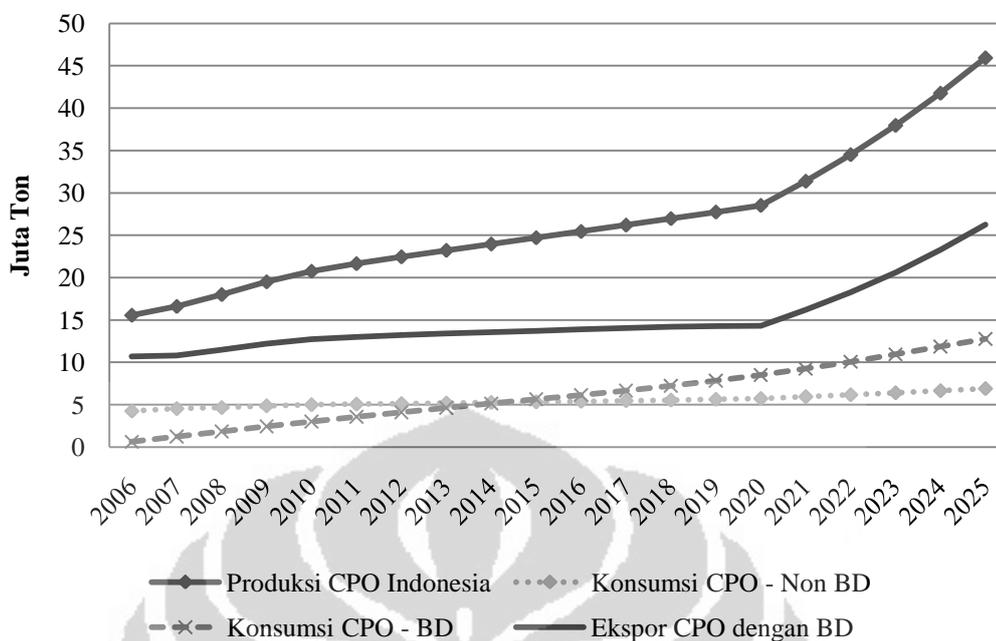
Pada Gambar 6.10 perhitungan kebutuhan minyak goreng jika dibandingkan dengan nilai proyeksi produksi CPO Indonesia (Food and Agricultural Policy Research Institute, 2010) maka masih terdapat selisih yang cukup besar. Selisih ini yang menjadi andalan ekspor dan pendapatan non-migas Indonesia, yang salah satunya berupa pendapatan pungutan ekspor (PE). PE memiliki prosentase nilainya disesuaikan dengan harga ekspor CPO dunia, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.5.

**Tabel 6.5 Pungutan Ekspor CPO di Indonesia Berdasarkan Peraturan Menteri Keuangan No. 9/PMK.011/2008**

Harga CPO (US\$ per ton)	Besar Pungutan Ekspor (%)
< 550	0
550 – 650	2.5
650 – 750	5
750 – 850	7.5
850 – 1.100	10
1.100 – 1.200	15
1.200 – 1.300	20
>1.300	25

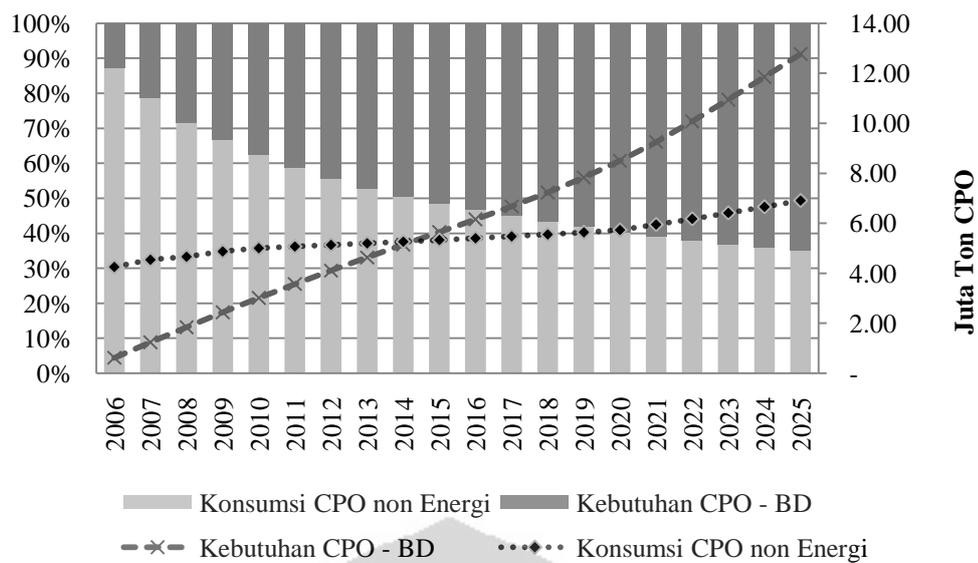
Strategi dasar dalam DMO ini adalah menyempurnakan mekanisme pungutan ekspor yang saat ini berbeda prosentasenya tergantung dari harga CPO dunia, menjadi keringanan PE, selama kebutuhan dalam negeri baik untuk minyak goreng maupun biodiesel telah dipenuhi dengan harga yang ditentukan oleh pemerintah. Ini mempertimbangkan bahwa proyeksi secara volume produksi total

kebutuhan CPO untuk makanan dan energi masih dibawah total produksi CPO Indonesia, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.11.



**Gambar 6.11 Proyeksi Produksi dan Kebutuhan Total Nasional CPO**

Pada masa depan, kebijakan ini tentunya mengubah dominasi kebutuhan nasional CPO pada masa depan yang saat ini adalah untuk makanan menjadi sumber energi. Jika mempertimbangkan kebutuhan CPO untuk biodiesel secara nasional, dengan asumsi keseluruhan produksi biodiesel didapatkan dari CPO tanpa mempertimbangkan minyak jarak atau sumber lain, maka timbul transisi dominasi prosentase antara kebutuhan minyak goreng dan kebutuhan biodiesel nasional pada sekitar tahun 2015, yang ditunjukkan pada Gambar 6.12. Pada tahun 2025 diperkirakan konsumsi CPO untuk biodiesel akan mencapai lebih dari 60% produksi nasional dengan volume sekitar 13 juta ton dibandingkan konsumsi CPO untuk minyak goreng sebesar 7 juta ton.



**Gambar 6.12 Pergerakan Komposisi Kebutuhan dan Konsumsi CPO**

Skenario disusun dengan mempertimbangkan dilakukan pada metode pembukaan lahan serta kelas produksi lahan, dengan mempertimbangkan orientasi pencarian keuntungan maksimal oleh investor swasta. Metode pembukaan lahan paling murah dan cepat adalah dengan tebang bakar, serta kelas lahan paling menguntungkan adalah kelas lahan 1 karena membutuhkan pupuk yang lebih sedikit. Untuk pemberian margin yang wajar, maka dilakukan perhitungan proyeksi sederhana seperti pada Gambar 6.8.

Dalam Gambar 6.8 juga menunjukkan bahwa jika mengacu kepada patokan harga dunia, maka hampir mustahil didapatkan harga biodiesel yang berkompetisi dengan harga minyak bumi diesel, tanpa ada komponen pajak tambahan (misalnya *green tax* atau *fuel tax*).

### 6.3.3. Analisa Food vs Fuel

Pada awal penelitian, penelitian menginginkan model yang disusun mampu pula mendapatkan kompleksitas perdebatan dari *food vs fuel*. Efek substitusi penggunaan CPO bagi bahan baku makanan dan bahan baku energi memang tidak bisa diperdebatkan. Namun secara batas geografi Indonesia dan batas waktu analisa pemodelan hingga tahun 2025 menunjukkan bahwa proyeksi produksi CPO nasional masih melampaui total proyeksi kebutuhan energi dan makanan nasional, sehingga efek substitusi diasumsikan tidak terjadi akibat peranan

regulasi pemerintah. Sehingga paradigma yang ingin dikemukakan dalam penelitian ini adalah menggantikan *food vs fuel* dengan *food and fuel*, yaitu suatu paradigma jangka panjang yang berorientasi untuk memenuhi kedua kebutuhan yang tidak bisa dielakkan, terutama jika mempertimbangkan kebutuhan energi transportasi. Bahan bakar nabati masih merupakan kandidat terbaik bagi bahan bakar cair transportasi.

Paradigma baru ini membutuhkan peranan pemerintah selaku regulator dan fasilitator yang lebih kuat melalui kebijakan-kebijakan yang memberikan keyakinan bagi dunia luar bahwa keduanya mampu dikelola dengan baik. Model yang disusun dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan model kebijakan khusus untuk hal ini. Model juga berfokus kepada kebijakan untuk melakukan ekspansi produksi kelapa sawit secara terkontrol aspek keberlanjutannya, tanpa mengganggu kapasitas produksi CPO pada saat ini. Kebijakan ini tentunya harus bersifat multi sektor dan integratif, sehingga dibutuhkan semacam organisasi gabungan pada tingkat birokrasi yang cukup tinggi dari berbagai departemen atau kementerian yang berhubungan dengan rantai produksi ini pada tingkat nasional.

Perdebatan ini ternyata membutuhkan kebutuhan pemodelan tersendiri yang berbeda dibandingkan dengan model yang disusun yang berfokus kepada multi-aspek. Model khusus ini membutuhkan beberapa mekanisme umpan balik sesuai dengan karakter perdebatannya. Mekanisme itu mencakup:

1. Kompetisi penggunaan lahan dengan jenis pertanian atau perkebunan makanan lainnya. Lahan kelapa sawit yang membutuhkan kondisi dan iklim khusus juga merupakan lahan subur bagi produksi tanaman lainnya.
2. Batasan geografis diperluas dengan lebih mengembangkan model ROW (Rest of the World) yang memasukkan tambahan variabel kebutuhan dan pasokan volume dari makanan pada lahan khusus dan iklim khusus (point no 1) dan energi. ROW ini perlu memasukkan perhatian khusus ke China dan India, mengingat kedua negara ini konsumsi energi dan CPOnya terbesar di dunia.

3. Mendapatkan perilaku dan persamaan substitusi berbasis harga antara produk CPO dan biodiesel dan antara lahan CPO dan produksi tanaman lainnya.
4. Model diharapkan mampu menggambarkan kompetisi sumber daya alam yang terjadi antara perkebunan kelapa sawit dengan perkebunan lain (seperti penggunaan pupuk dan air)
5. Model juga diharapkan mampu mengakomodir segregasi kawasan, atau penggunaan lahan dan SDM per propinsi atau per kawasan, karena potensi kawasan dan penggunaan lahan sebelumnya juga berbeda
6. Model selanjutnya diharapkan mampu menangkap perilaku pergerakan harga CPO internasional apabila Indonesia mengurangi suplai ekspornya. Hal ini dimaksudkan sebagai *balancing effect* berkurangnya potensi pendapatan perusahaan biodiesel secara nasional tetapi dikompensasi oleh pendapatan akibat melonjaknya harga ekspor CPO

Mekanisme ini mengakibatkan ledakan kebutuhan data dan penambahan modul-modul khusus paling tidak pada ROW, pertanian, iklim jangka panjang, harga relatif, dan kebutuhan lahan. Prediksi perilaku sendiri ternyata tidak mudah, karena efek harga makanan tinggi yang terjadi secara historis lebih diakibatkan kepada kegagalan pertanian baik akibat cuaca maupun faktor alam lain dan tidak atau belum terbukti akibat substitusi dari makanan ke energi. Perilaku data historis merupakan salah satu elemen penting dalam pemodelan sistem dinamis.

Berdasarkan kedua hal diatas, yaitu tujuan serta batasan model dan kebutuhan pemodelan khusus yang akan memakan waktu, maka analisa food vs fuel belum dapat dilakukan dalam penelitian ini.

#### 6.4. Analisa Perbandingan Antar Skenario

Analisa perbandingan antar skenario dimulai dengan analisa dampak adanya industri biodiesel dalam kerangka 3-Pro pros pemerintah, kemudian dilanjutkan dengan pembahasan hasil model terhadap tiga skenario yang dibuat. Dengan mengolah berbagai kebijakan yang dituangkan dalam tiga skenario pada Tabel 6.4.

Tabel 6.6 Perbandingan Antara Skenario (Angka pada 2025)

		Skenario BAU	Skenario BUMN	Skenario DMO
<b>Makro</b>				
<b>Ekonomi</b>	<b>Produk Domestik Bruto Riil (Juta USD)</b>	713,443	743,678	763,208
	<b>Pendapatan per Kapita Riil (Juta USD)</b>	2,496	2,604	2,670
	<b>Nilai Produksi Sektor Pertanian (Juta USD)</b>	62,538	89,242	107,711
<b>Sosial</b>	<b>Pengangguran (Ribu Orang)</b>	18,693	16,906	16,094
<b>Lingkungan</b>	<b>Lahan Hutan (km<sup>2</sup>)</b>	779,942	659,432	581,009
	<b>Emisi CO<sub>2</sub> dari BBM (ribuan ton)</b>	1,369	1,039	900
	<b>Emisi CO<sub>2</sub> Nasional (juta ton) Akumulasi</b>	1,210	2,060	8,043
<b>Energi</b>	<b>Produksi Nasional Biodiesel (juta kiloliter)</b>	0.821	8,4	12,68
	<b>Jumlah Perusahaan Biodiesel</b>	-	357	385
<b>Biaya Langsung Pemerintah (Juta IDR)</b>		-	26.602.642	-
<b>Mikro (1 Produsen)</b>				
<b>Finansial</b>	<b>EBITDA Produsen (Juta IDR)</b>	-	25,666	33,159
	<b>IRR Produsen</b>	-	26.31%	30.7%
<b>Sosial</b>	<b>Tenaga Kerja Terserap</b>	-	4,921	4,948
<b>Lingkungan</b>	<b>Emisi CO<sub>2</sub> (juta ton) Akumulasi</b>	0.428	3.84	16.75
<b>Energi</b>	<b>Produksi Biodiesel (Ton)</b>	-	30,962	37,999

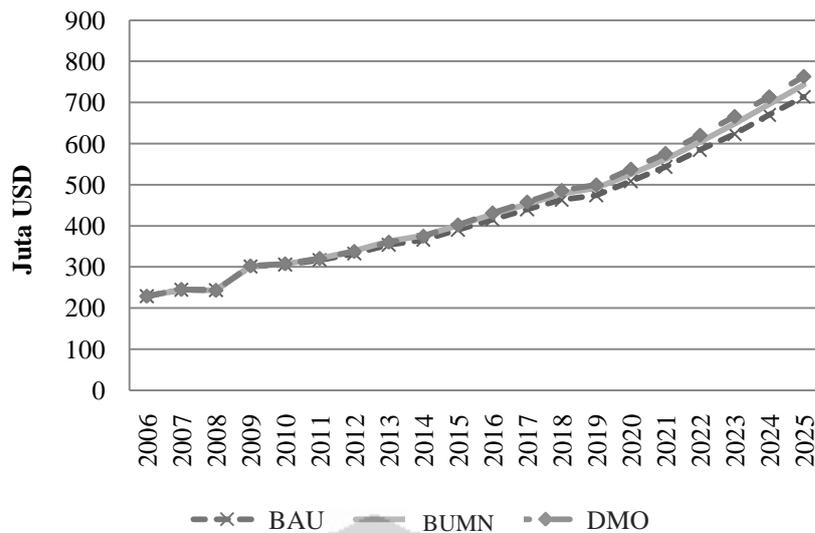
Pemerintah mencanangkan bahwa pengembangan industri bahan bakar nabati secara umumnya, dan biodiesel secara khusus mampu memberikan nilai tambah selain aspek bauran energi maupun ekonomi, yaitu sosial dan lingkungan. Tema utama berupa Tiga Pro (*Job, Growth, Poor*) menjadi aspek yang dikedepankan dalam *blueprint* BBN.

Keluaran dua skenario dengan industri biodiesel (BUMN dan DMO) pada menunjukkan perbedaan data dan perilaku dengan adanya industri biodiesel dibandingkan dengan skenario BAU. Tampaknya argumentasi pemerintah terhadap dampak Tiga Pro (Job, Poor, and Growth) dari industri biodiesel dapat tercapai, hanya dari sisi lingkungan perlu mendapatkan perhatian.

Dari sisi ekonomi, dampak kontribusi industri biodiesel menunjukkan pengaruh signifikan pada sektor produksi pertanian yang kemudian juga berpengaruh kepada pertumbuhan PDB riil. Pendapatan perkapita pada dua skenario dengan industri biodiesel meningkat.

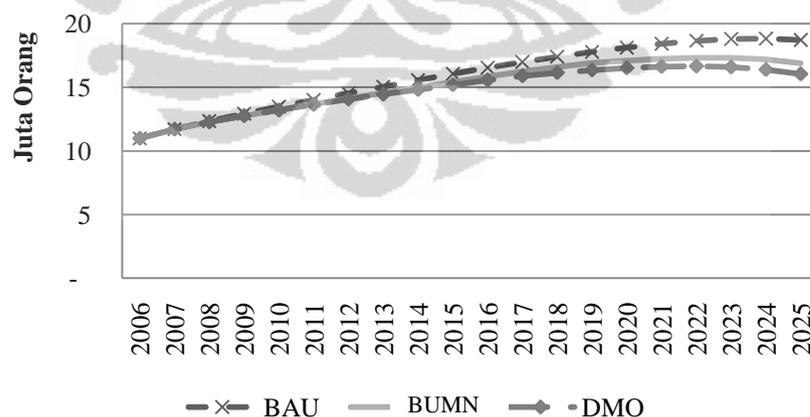
Didalam model, laju populasi memang mengalami penurunan sesuai dengan proyeksi laju pertumbuhan sebagai variabel eksogen yang dikeluarkan BPS yang memprediksi terjadi penurunan laju pertumbuhan penduduk mendekati 2025 (Badan Pusat Statistik, 2009). Pada versi dasar T21, modul populasi di struktur secara endogenous tergantung kepada keberhasilan program keluarga berencana melalui peningkatan tingkat kesadaran melalui pendidikan, tetapi hal ini tidak berhasil disusun dalam model makro setelah mempertimbangkan ketersediaan data dan ketidakadaan korelasi secara nyata. Korelasi yang dimaksud adalah adanya muatan tentang keluarga berencana secara terstruktur dalam kurikulum pendidikan.

Pengaruh pada sektor produksi pertanian juga mendorong produksi sektor jasa maupun industri Gambar 6.13. Secara perilaku tidak terdapat perbedaan perilaku yang signifikan kecuali pada tahun-tahun dimana terjadi lonjakan produksi biodiesel untuk memenuhi jenjang target pemerintah yang berarti terjadi pula lonjakan produsen biodiesel.



**Gambar 6.13 Perilaku Sektor Produksi (Jasa, Industri, Pertanian)**

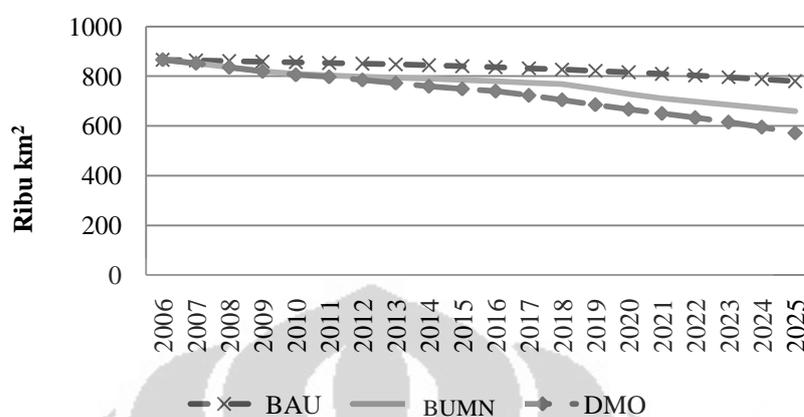
Secara sosial, produsen biodiesel terintegrasi menyerap sekitar 5,000 pekerja per produsen, secara total industri, penyerapan tenaga kerja berada pada kisaran 1,5 juta pekerja dengan mempertimbangkan tidak semua industri biodiesel telah mencapai kedewasaan pada tahun 2025. Selisih sisa penurunan jumlah pengangguran diakibatkan kebutuhan layanan dari sektor produksi lainnya dan ini menunjukkan terjadi efek multiplier sosial yang juga diharapkan oleh pemerintah telah terwujud (Gambar 6.14).



**Gambar 6.14 Perilaku Variabel Pengangguran di Tiga Skenario**

Pada sisi lingkungan, walaupun emisi CO<sub>2</sub> menurun dari pembakaran bahan bakar dengan peningkatan pencampuran biodiesel tetapi karena konsumsi BBM juga meningkat seiring dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi, serta aktivitas

pembebasan lahan, pengurangan kapasitas serapan dari lahan hutan yang dikonversi pada tingkat mikro, maka total emisi CO<sub>2</sub> secara nasional meningkat secara drastis. Gambar 6.15 menunjukkan penurunan luas hutan secara nasional akibat pembukaan lahan perkebunan.



**Gambar 6.15 Penurunan Luas Hutan**

Bauran energi juga menunjukkan kontribusi produksi biodiesel yang meningkat yang tadinya hanya 0,04% menjadi 0,42% dengan produksi yang mencapai 8,4 – 12,68 milyar liter pada tahun 2005, yang membantu target pemerintah untuk mendapatkan prosentase energi sebesar 5% dari biofuel dari total 17% target energi terbarukan sebagai sumber energi.

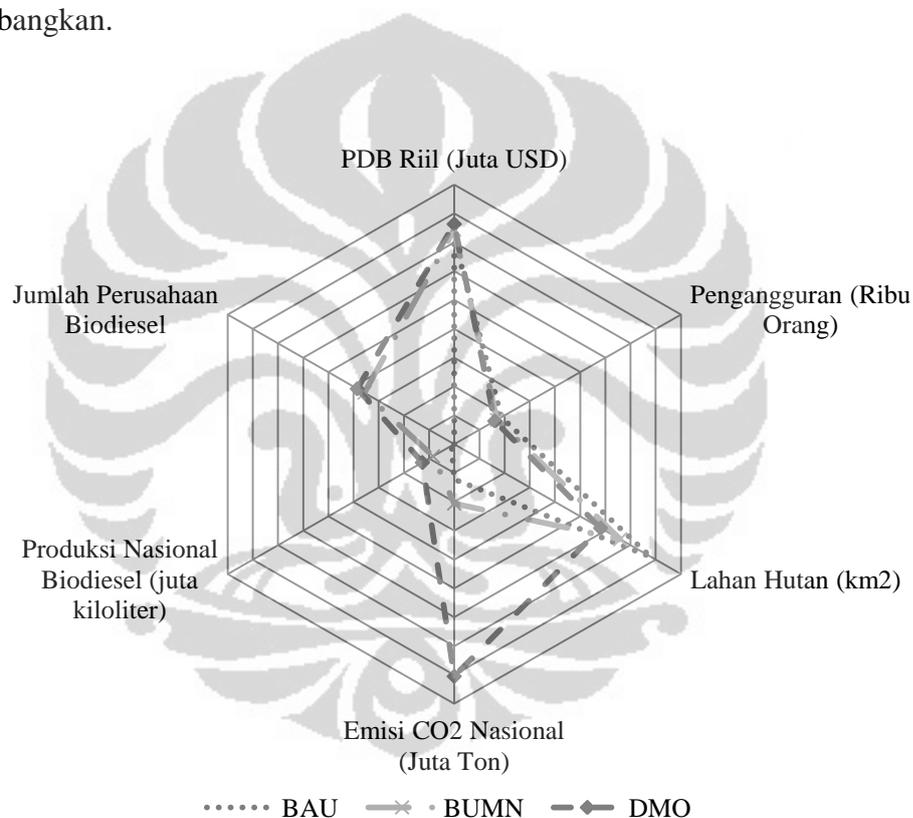
Secara umum keyakinan pemerintah terhadap dampak industri biodiesel dalam kerangka *pro-job*, *pro-poor* dan *pro-growth* terjawab walaupun dengan memiliki dampak terhadap lingkungan.

#### 6.4.1. Analisa Perbandingan Tiga Skenario

Hasil dari skenario BAU pada Tabel 6.6 menunjukkan ketidaktertarikan industri biodiesel untuk melakukan produksi biodiesel. Pada kondisi normal seperti yang telah dibahas sebelumnya, maka harga biodiesel tidak mampu berkompetisi harga minyak bumi, sehingga para pelaku industri biodiesel tidak melanjutkan produksinya. Investor pun menunda investasinya untuk menunggu situasi dan kebijakan pemerintah yang lebih mendukung. Ini mengakibatkan tidak adanya efek tambahan pada pertumbuhan ekonomi, sosial maupun energi, termasuk pada skala makro. Pada skala mikro, secara akumulatif di 2025, lingkungan hidup

masih memiliki nilai akibat proses pembukaan lahan atau produksi pada tahun awal yang diasumsikan telah dilakukan ketika industri masih tertarik untuk melakukan produksi.

Dua skenario lain telah memberikan kondisi mikro yang kondusif sehingga memungkinkan industri biodiesel yang berkembang. Kondisi ini menghasilkan produksi kontinu biodiesel sesuai kebutuhan sehingga menciptakan tiga dampak keberlanjutan yang diteruskan ke tingkat makro nasional. Dengan membentuk radar chart pada Gambar 6.19 maka jika dapat dilihat berbagai trade-off yang terjadi dalam pengembangan industri biodiesel dengan tiga skenario yang dikembangkan.



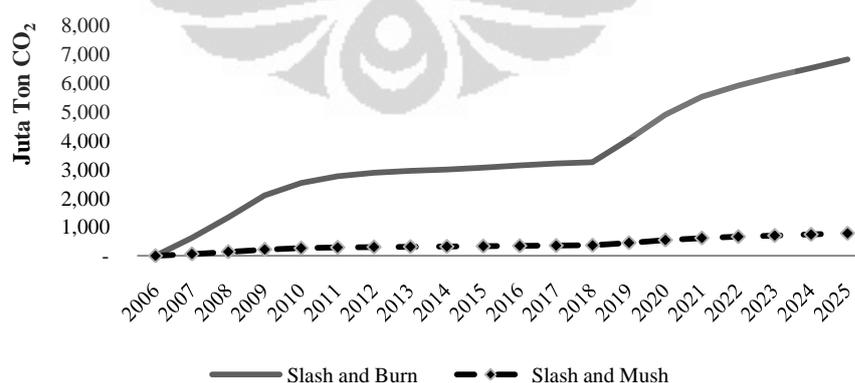
**Gambar 6.16 Radar Perbandingan Tiga Skenario**

Pada aspek ekonomi, dampak skenario DMO ini memberikan dampak yang mirip dengan skenario BUMN pada pertumbuhan PDB riil maupun produksi sektoral pada tingkat makro. Pada tingkat mikro, ukuran finansial DMO juga lebih baik dengan EBITDA yang lebih tinggi, demikian pula pada produksi biodiesel yang lebih banyak akibat keinginan untuk mengkapitalisasi pasar yang telah menarik. Ini berujung kepada jumlah perusahaan biodiesel lebih baik.

Pada aspek sosial yang diindikasikan dengan pengangguran tidak memiliki perbedaan yang signifikan, dengan skenario DMO memiliki penyerapan tenaga kerja yang lebih tinggi dan memberikan efek pengurangan pengangguran secara lebih baik sebagai dampak dari jumlah industri yang kuantitasnya lebih banyak. Dengan menariknya investasi biodiesel, laju alih fungsi hutan menjadi perkebunan akan lebih tinggi terjadi pada skenario DMO dibandingkan dengan BUMN.

Pada aspek lingkungan, terdapat perbedaan perilaku antara kedua skenario pada salah satu indikator lingkungan terkait perbedaan metode pembukaan lahan baru yaitu emisi CO<sub>2</sub>. Akibat teknik pembakaran dalam pembukaan lahan pada skenario DMO, maka emisi CO<sub>2</sub> nasional akan meningkat hampir 10 kali lipat dibandingkan metode lainnya yang digunakan oleh skenario BUMN. Perilaku emisi ini juga berjenjang seiring dengan target jenjang blending dari biodiesel yang akan meningkatkan permintaan atas biodiesel (Gambar 6.17).

Luas lahan yang dikonversi juga lebih tinggi pada skenario DMO, walaupun sebenarnya secara mikro luas lahan pada kelas produktivitas tinggi pada DMO lebih sedikit dibandingkan kelas produktivitas rendah pada BUMN. BUMN akan membutuhkan lahan lebih luas untuk mengkompensasi produktivitas yang dibutuhkan. Namun karena jumlah industri yang lebih besar pada DMO tetap membuat total luas lahan pada DMO lebih tinggi dari BUMN.

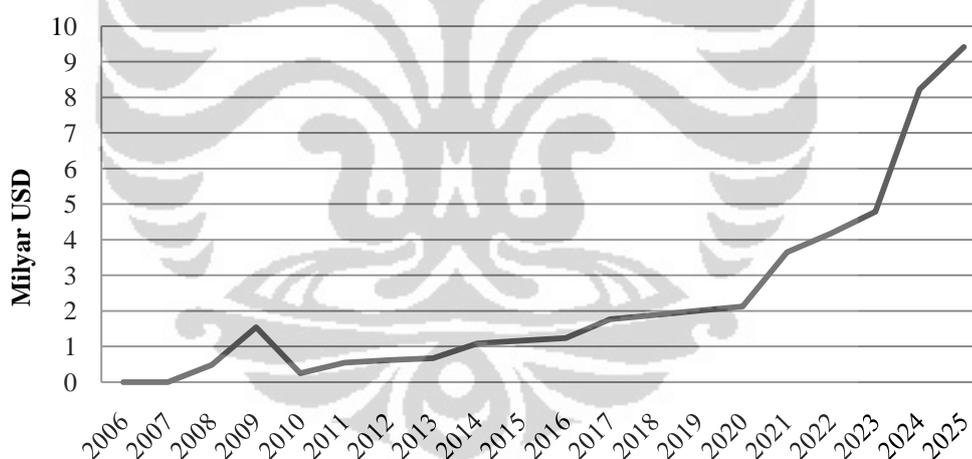


**Gambar 6.17 Perbandingan Emisi Nasional CO<sub>2</sub> antara Metode Pembukaan Lahan**

Pada aspek biaya pemerintah untuk membangun industri ini, maka skenario DMO juga memberikan hasil yang lebih baik (Gambar 6.16), walaupun tidak bisa

dipungkiri bahwa terjadi opportunity loss akibat kehilangan pendapatan negara bukan pajak (PNBP) berupa pungutan ekspor yang sangat signifikan. Jika pungutan ekspor tetap diberlakukan karena sumbangsuhnya yang besar, maka perlu dilakukan evaluasi besaran yang terbaik sehingga pada satu sisi produksi biodiesel tercapai sedangkan tetap mendapatkan pendapatan negara dalam jumlah yang tentunya lebih kecil dan wajar.

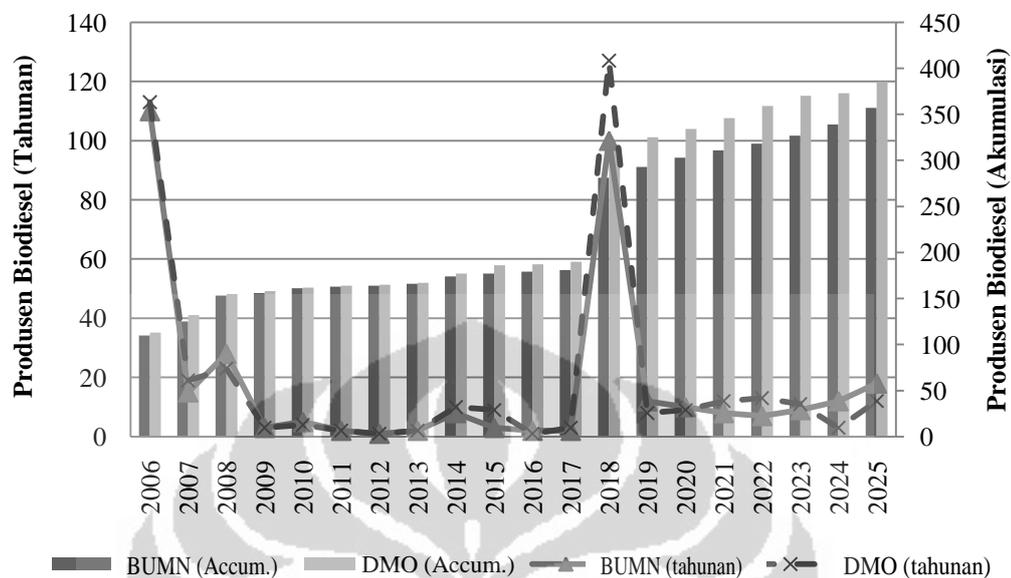
Akumulasi potensi pendapatan pada kurun waktu 2006 - 2025 adalah sebesar 417 triliun Rupiah (dengan menggunakan asumsi nilai tukar USD tetap pada 2012 dan seterusnya di 1 USD = IDR 9,100). Gambar 6.18 menunjukkan besarnya potensi pungutan ekspor yang mungkin didapatkan pemerintah dari pergerakan harga CPO CIF Rotterdam dan volume ekspor CPO Indonesia tanpa mempertimbangkan kebutuhan biodiesel. Pada skenario BUMN, secara biaya pemerintah, investasi yang harus dilakukan mencapai 26 triliun hingga tahun 2025 untuk menciptakan 357 pabrik biodiesel terintegrasi (Tabel 6.6).



**Gambar 6.18 Kontribusi Pendapatan PE CPO sesuai Proyeksi Harga Dunia**

Analisa lain yang juga perlu mendapatkan perhatian pemerintah adalah pentingnya mempertimbangkan adanya efek *boom-bust* yang timbul akibat adanya jenjang kewajiban blending yang meningkat pada tahun-tahun tertentu. Gambar 6.19 menunjukkan pertumbuhan yang tinggi ketika mendekati atau berada pada sebuah lonjakan target, yang kemudian menurun ketika target terlampaui. Pola *boom-bust* ini tidak sehat dalam mengembangkan sebuah industri, karena industri

lebih menyukai kestabilan yang bisa memberikan kepastian dalam pengembalian investasi.



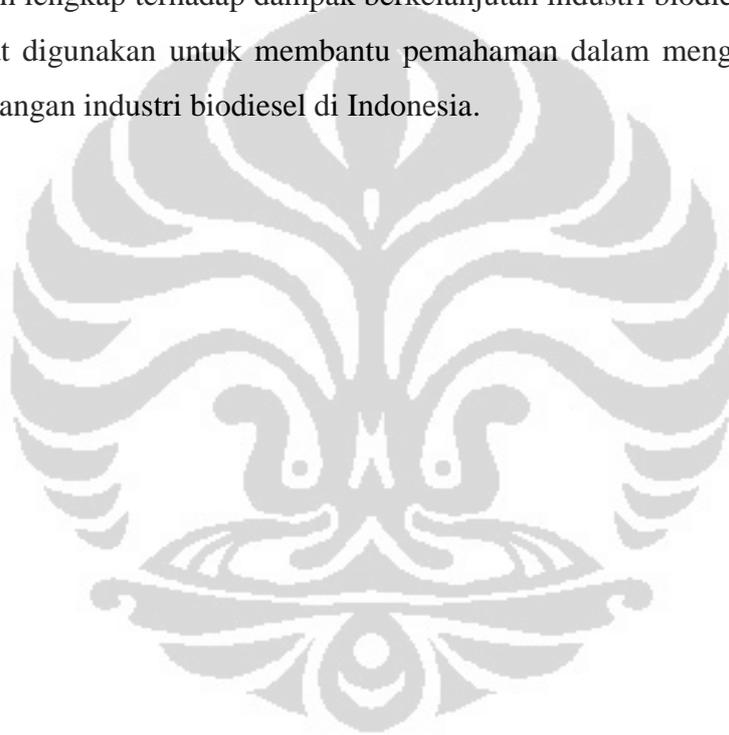
Gambar 6.19 Prediksi Pola Pertumbuhan Industri Biodiesel

Pada strategi pengembangan juga perlu diperhatikan aspek *delay* berikutnya akibat jeda dari pembukaan lahan hingga kapasitas produksi penuh. Pembukaan lahan baru memakan waktu 5-6 tahun untuk mencapai kapasitas produksi maksimum. Suatu karakteristik yang ada pada struktur yang terintegrasi.

Dari hasil kedua skenario yang dijalankan memang skenario BUMN memiliki banyak keunggulan yang saat ini sedang menjadi perhatian pemerintah seperti aspek lingkungan dan aspek sosial dengan kontrol langsung untuk mengarahkan industri ini kebagian timur Indonesia. Akan tetapi skenario ini memang terlihat berseberangan dengan konsep pemerintah saat ini yang ingin bergeser dari motor penggerak menjadi fasilitator pembangunan dengan mengajak peran masyarakat dan swasta (*steering rather than rowing*). Dalam dunia sistem dinamis, solusi termudah biasanya juga menghasilkan efek samping tersulit dan terbesar, yang dalam kasus ini adalah berupa biaya tersembunyi akibat biaya infrastruktur, korupsi, in-efisiensi dan in-efektivitas yang masih menghantui berbagai BUMN di Indonesia

Skenario DMO perlu dipelajari lebih lanjut dengan menetapkan formula pungutan ekspor yang sekarang ini menjadi andalan penerimaan non-migas Indonesia. Pembebasan secara penuh memang tidak memungkinkan akibat kehilangan potensi dari penerimaan ini, tetapi tanpa adanya insentif ini maka biaya produksi biodiesel tidak akan mampu berkompetisi dengan biaya produksi minyak bumi saat ini.

Kedua skenario telah menunjukkan adanya *trade-off* antara berbagai aspek keberlanjutan dan aspek energi dari kebijakan yang bisa diambil oleh pemerintah. Ini menunjukkan model yang dirancang mampu untuk memberikan informasi yang lebih lengkap terhadap dampak berkelanjutan industri biodiesel di Indonesia, dan dapat digunakan untuk membantu pemahaman dalam mengambil kebijakan pengembangan industri biodiesel di Indonesia.



## BAB 7 KESIMPULAN

Berdasarkan pemahaman yang didapatkan pada penyusunan model serta simulasi yang dilakukan pada skenario model, maka dapat diambil beberapa kesimpulan berikut ini,

- Dalam kondisi yang ada saat ini, termasuk dengan diberikannya subsidi per liter untuk harga jual biodiesel, industri biodiesel tidak akan mampu berkembang akibat tidak adanya pengembalian investasi untuk melakukan produksi biodiesel yang ditunjukkan dengan nilai negatif dari *net present value* dan internal rate of return (*IRR*).
- Produsen biodiesel yang terintegrasi secara penuh kepemilikan rantai produksinya akan memiliki keunggulan berupa proteksi harga bahan baku CPO yang rendah sehingga didapatkan ongkos produksi biodiesel yang rendah. Di sisi lain, kepemilikan terintegrasi akan mengundang tekanan secara tiga aspek keberlanjutan, mengingat dampak sosial dan lingkungan paling tinggi terjadi pada pembukaan dan pengelolaan perkebunan kelapa sawit. Walaupun perkebunan kelapa sawit yang telah dewasa memang melakukan penyerapan CO<sub>2</sub> yang lebih baik dari lahan kosong, tetapi secara akumulatif pada simulasi model, penyerapan yang dilakukan tetap tidak mampu menggantikan fungsi hutan akibat cara dan laju pembukaan lahan.
- Pemilihan kelas lahan secara unik memberikan gambaran adanya keterkaitan antara tiga aspek berkelanjutan. Simulasi model menunjukkan kelas lahan yang lebih produktif membutuhkan luas lahan yang lebih sedikit sehingga mengurangi jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk pemeliharaan beserta dampak lingkungannya, dan memberikan pengembalian keuntungan yang lebih tinggi. Sebaliknya, kelas lahan yang kurang produktif meningkatkan kebutuhan lahan untuk mendapatkan tingkat produksi yang sama. Lahan yang semakin luas meningkatkan kebutuhan tenaga kerja dan biaya pemeliharaan yang harus dikeluarkan. Lahan yang semakin luas akan meningkatkan dampak lingkungan.

- Pada model makro terintegrasi, industri biodiesel menunjukkan sumbangan kontribusi peningkatan produksi sektor pertanian secara signifikan dibandingkan tanpa industri biodiesel dengan peningkatan minimal 4%, dengan kontribusi peningkatan produk domestik bruto (PDB) riil minimal sebesar 43% pada akhir tahun 2025. Kontribusi tenaga kerja industri biodiesel pada pengurangan tingkat pengangguran secara langsung maupun tidak langsung mengurangi angka pengangguran minimal sebesar 14% pada tahun 2025. Pada aspek lingkungan, terdapat hasil yang tidak sepenuhnya menjawab keinginan pemerintah selaku pemegang kepentingan utama. Walaupun emisi CO<sub>2</sub> akibat penggunaan BBN menurun mencapai 34%, tetapi akibat perubahan peruntukan lahan, emisi CO<sub>2</sub> total meningkat yang tergantung dari cara pembukaan lahannya. Emisi CO<sub>2</sub> total meningkat drastis pada cara pembebasan lahan tebang bakar sebesar 7 kali lipat, dibandingkan dengan cara lain yaitu sebesar kurang dari 2 kali lipat pada cara tebang saja pada tahun 2025.
- Dalam dua skenario industri biodiesel yaitu BUMN dan DMO, skenario DMO memberikan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan skenario BUMN kecuali untuk lingkungan. Hasil finansial DMO pada model mikro yang lebih menarik dengan EBITDA dan IRR yang lebih tinggi mendorong produksi biodiesel yang lebih tinggi 20% dibandingkan skenario BUMN. Hal ini juga ditunjukkan pada indikator makro dengan lebih banyaknya produsen biodiesel yang berinvestasi pada skenario DMO dengan jumlah 385 produsen dibandingkan dengan 357 produsen pada skenario BUMN. Kondisi lahan yang lebih baik juga menghasilkan produksi biodiesel yang lebih baik dengan 12,68 juta kiloliter dibandingkan dengan 8,4 juta kiloliter. Produksi yang lebih baik berkontribusi kepada nilai indikator ekonomi makro yang lebih baik dan pengurangan angka pengangguran. Akan tetapi peningkatan produksi berakibat dampak lingkungan yang semakin besar seperti emisi CO<sub>2</sub> 4 kali lipat dan pengurangan lebih banyak luas hutan yang lebih tinggi 11% dibandingkan skenario BUMN.

## DAFTAR PUSTAKA

- Annan, K. A. (2000). *We the Peoples: The Role of the United Nations in the 21st Century*. New York: United Nations.
- Arikan, Y., Guven, C., & Kumbaroglu, G. (1997). Energy-Economy-Environmental Interactions in a General Equilibrium Framework: The case of Turkey. In W. D. Bunn & E. R. Larsen (Eds.), *Systems Modeling for Energy Policy*. West Sussex, England: John Wiley & Sons.
- Asian Development Bank (ADB). (2000). *Implementation of the Kyoto Protocol: Opportunities and Pitfalls for Developing Countries*. Manila, Phillipines: Asian Development Bank.
- Ayres, R. U. (1995). Life Cycle Analysis: A Critique *Resources, Conservation and Recycling*, 14, 5
- Badan Pusat Statistik. (2009). *Statistik Demografi Indonesia 2009*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bantz, S. G., & Deaton, M. L. (2006). *Understanding U.S. Biodiesel Industry Growth using System Dynamics Modeling*. Paper presented at the Systems and Information Engineering Design Symposium, Charlottesville, VA.
- Barani, A. M. (2009). *Memaknai Sebuah Anugerah: Sumbangsih Kelapa Sawit Indonesia bagi Dunia (Understanding Our Blessing: Indonesia's Palm Oil Contributions to the World)*. Jakarta: Ideals Agro Abrar.
- Barbiroli, G. (1995). Measuring technological dynamics and structural change, their interrelationships and their effects. *Structural Change and Economic Dynamics*, 6(3), 377-396.
- Barlas, Y. (1996). Formal Aspects of Model Validity of System Dynamics Type of Simulation Model. *European Journal of Operational Research*, 42, 59-87.
- Basha, S. A., Gopal, K. R., & Jebaraj, S. (2009). A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7), 1628-1634.
- Bassi, A. M. (2008). *Modelling US Energy Policy with Threshold 21: Understanding Energy Issues and Informing the US Energy Policy Debate with T21, an Integrated Dynamic Simulation Software*. Saarbrucken, Germany: VDM Verlag Dr. Muller Aktiengesellschaft & Co. KG.
- Bassi, A. M., & Shilling, J. D. (2010). Informing the US Energy Policy Debate with Threshold21. *Technological Forecasting and Social Change*, 77, 396-410.
- Bell, S., & Morse, S. (2008). *Sustainability Indicators: Measuring the Immeasurable?* (Vol. 2). London: Earthscan.
- Bhattacharya, S. C., & Timilsina, G. R. (2009). *Energy Demand Models for Policy Formulation: A Comparative Study of Energy Demand Models*: The World Bank.
- Biofuel National Team. (2006). *Blueprint 2006-2025: Pengembangan Bahan Bakar Nabati untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan dan Pengangguran (Biofuel Development for Acceleration of Poverty and Unemployment Reduction)*.

- Bisnis Indonesia. (19 Juni 2009, 29 Mei 2009). Pemerintah diminta Subsidi Biofuel. *Koran Bisnis Indonesia*, p. B1.
- Bisnis Indonesia. (29 Mei 2009). Importir Lebih suka sawit tanpa RSPO. *Koran Bisnis Indonesia*, p. 1.
- Blackburn, W. R. (2007). *The Sustainability Handbook: Complete Management Guide to Achieving Social, Economic and Environment Responsibility*. London, UK: EarthScan Ltd.
- Bomb, C., McCormick, K., Deurwaarder, E., & Kaberger, T. (2007). Biofuels for transport in Europe: Lessons from Germany and the UK. *Energy Policy*, 35, 2256-2267.
- Bromokusumo, A. K. (2009). *Indonesia Biofuels Annual Report*: US Department of Agriculture Foreign Agriculture Services.
- Brundtland Commission. (1987). *Our Common Future*. London, UK: United Nations.
- Bunn, W. D., & Larsen, E. R. (1997). Systems Modeling for Energy Policy. In W. D. Bunn & E. R. Larsen (Eds.), *Systems Modeling for Energy Policy*. West Sussex, England: John Wiley & Sons.
- Carter, C., Finley, W., Fry, J., Jackson, D., & Willis, L. (2007). Palm Oil Markets and Future Supply. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, 307-314.
- Charles, M. B., Ryan, R., Ryan, N., & Oloruntoba, R. (2007). Public policy and biofuels: The way forward? *Energy Policy*, 35, 5737–5746.
- Chavalparit, O. (2006). *Clean Technology for the Crude Palm Oil Industry in Thailand*. Wageningen University, Wageningen, Gelderland, The Netherlands.
- Christian. (2009). *Pengembangan Model Simulasi Pemenuhan Target Jangka Panjang Pemanfaatan Biodiesel Nasional*. Universitas Indonesia, Depok.
- Coleman, D. (2009). *Ecological Intelligence*. New York: Broadway Books.
- Corley, R. H. V. (2009). How much palm oil do we need? *Environmental Science & Policy*, 12, 134-139.
- Crutzen, P. J., A.R.Mosier, K.A.Smith, & W.Winiwarter. (2008). N2O Release from Agro-biofuel Production Negates Global Warming Eeduction by Replacing Fossil Fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8(2), 389-395.
- Darmawan, R. (2009). *Pengembangan Model Finansial Industri Biodiesel Berbahan Baku Kelapa Sawit sebagai Basis Analisis Ketertarikan Sektor Swasta dalam Penyediaan Bahan Bakar Alternatif*. Universitas Indonesia, Depok.
- Demirbas, A. (2008). Biofuels Sources, Biofuel Policy, Biofuel Economy and Global Biofuel Projections. *Energy Conversion and Management*, 49, 2106–2116.
- Dillon, H. S., Laan, T., & Dillon, H. S. (2008). *Biofuels at What Cost? Government support for Ethanol and Biodiesel in Indonesia*. Geneva, Switzerland: The Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development.
- Elkington, J. (1997a). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Oxford: Capstone Publishing.

- Elkington, J. (1997b). The triple bottom line: Implications for the oil industry. *Oil & Gas Journal*, 50, 139-141.
- Epstein, M. J. (2008). *Making Sustainability Work: Best Practices in Managing and Measuring Corporate Social, Environment and Economic Impacts*. Sheffield, UK: Greenleaf Publishing Limited.
- Escobar, J. C., Lora, E. S., Venturini, O. J., Ya'n~ez, E. E., Castillo, E. F., & Almazan, O. (2008). Biofuels: Environment, technology and food security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, In Press*.
- Directive 2009/28/EC on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources (2009).
- Fiddaman, T. (1997). *Feedback Complexity in Integrated Climate-Economy Models*. MIT Sloan School of Management, Boston.
- Food and Agricultural Policy Research Institute. (2010). *FAPRI 2010 U.S. and World Agricultural Outlook*. Ames, Iowa US: Food and Agricultural Policy Research Institute.
- Forrester, J. W. (1968). *Principles of Systems*. Cambridge, Massachusetts: Wright-Allen Press, Inc.
- Forrester, J. W. (1973). *World Dynamics* (2nd ed.). Cambridge, Massachusetts: Wright-Allen Press Inc.
- G.P.Richardson, & A.L. Pugh III. (1981). *Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Goldemberg, J., & Guardabassi, P. (2009). Are biofuels a feasible option? *Energy Policy*, 37, 10–14.
- Grosshans, R. R., Kevin M., K., & Jacobson, J. J. (April 2007). *Sustainable Harvest for Food and Fuel*. Paper presented at the Idaho Academy of Science 49th Annual Meeting and Symposium.
- Guinée, J. B. (2008). *Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards*: Springer.
- Hidayatno, A., Purwanto, W. W., Zagloel, Y. M., & Sutrisno, A. (In Press). Financial Analysis of an Integrated Biodiesel Industry in Indonesia. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*.
- Hidayatno, A., Sutrisno, A., Zagloel, Y. M., & Purwanto, W. W. (2011). System Dynamics Sustainability Model of Palm-Oil Based Biodiesel Production Chain in Indonesia. *International Journal of Engineering & Technology*, 11(03).
- Hidayatno, A., Zagloel, Y. M., Purwanto, W. W., Carissa, & Anggraini, L. (In Press). Cradle to Gate Simple Life Cycle Assesment of Biodiesel Production in Indonesia *Makara Seri Teknologi - Universitas Indonesia, Article In Press*.
- Hidayatno, A., Zagloel, Y. M., Purwanto, W. W., & Sutrisno, A. (2011). *System Dynamics Model for Understanding Economic and Social Contributions of Biodiesel Industry in Indonesia*. Paper presented at the The 4th International Conference on Modelling and Simulation, Phuket, Thailand.
- Hira, A., & Oliveira, L. G. d. (2009). No substitute For Oil - How Brazil developed Its Ethanol industry. *Energy Policy*, 37, 2450-2456.
- Hitchcock, D., & Willard, M. (2006). *The Business Guide to Sustainability: Practical Strategies and Tools for Organizations*. London: Earthscan.

- Homer, J. B. (1996). Why We Iterate: Scientific Modeling in Theory and Practice. *System Dynamics Review*, 12(1), 1-19.
- Howells, M. I., Alfstad, T., Cross, N., & Jeftha, L. C. (2002). *Rural Energy Modeling*. Cape Town, South Africa: Energy Research Institute, University of Cape Town.
- Idrisahmad, A. (2009, <http://www.thejakartapost.com/news/2009/02/10/house-hits-out-biofuel-subsidy.html>). House hits out at biofuel subsidy. *The Jakarta Post* Retrieved May 27, 2010, 2010
- IEA. (2008). *Energy Policy Review of Indonesia*. Paris: International Energy Agency (IEA).
- INCOSE. (2007). *Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities*. In C. Haskins, K. Forsberg & M. Krueger (Eds.)
- Indonesian Oil Palm Research Institute. (2003). *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit dan Produk Turunannya (Production Technology of Palm Oil and Palm Oil Based Products)*. Medan, Indonesia: Indonesian Oil Palm Research Institute.
- Kebijakan Energi Nasional (National Energy Policy) (2006).
- International Energy Agency. (1997). *Renewable Energy Policy in IEA Countries*. Paris, France: International Energy Agency (IEA).
- IPOB. (2007). *Indonesian Palm Oil in Numbers*. Jakarta: Indonesian Palm Oil Board.
- Janaun, J., & Ellis, N. (2010). Perspectives on biodiesel as a sustainable fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(4), 1312-1320.
- Keith Blackburn, & Niloy Bose. (2003). A model of trickle-down through learning. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 27(3), 445-466.
- Kim Loong Resources Berhad. (2006). Milling Operations of Kim Loong Resources Berhad. Retrieved May 27, 2010, 2010, from <http://www.kimloong.com.my/page/activities/mill.asp>
- Koh, L. P., & Ghazoul, J. (2008). Biofuels, biodiversity, and people: Understanding the conflicts and finding opportunities. *Biological Conservation*, 141, 2450-2460.
- Lam, M. K., Tan, K. T., Lee, K. T., & Mohamed, A. R. (2009). Malaysian palm oil: Surviving the food versus fuel dispute for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7), 1456-1464.
- Lane, D. C. (1997). Diary of an Oil Market Model: How a System Dynamics Modelling Process was Used with Managers to Resolve Conflict and to Generate Insight. In W. D. Bunn & E. R. Larsen (Eds.), *Systems Modeling for Energy Policy*. West Sussex, England: John Wiley & Sons.
- Lesourd, J.-B., Percebois, J., & Valette, F. (Eds.). (1996). *Models for Energy Policy*. London: Routledge.
- Lindgren, M., & Bandhold, H. (2003). *Scenario Planning: The link between future and strategy*. New York, NY: Palgrave Macmillan.
- Mankiw, N. G. (1997). *Principles of Economics* (3rd ed.). Orlando: Houghton Mifflin Harcourt.
- Maruli A. Hasoloan. (2006). *Country Report The Indonesia Labor Market*. Paris: The Organisation for Economic Co-operation and Development.

- Meadows, D., Randers, J., & Meadows, D. (2004). *The Limits to Growth: The 30-Years Update*. Vermont: Chelsea Green Publishing Company.
- Meadows, D. H., Randers, J., Meadows, D. L., & W. Behrens II, W. (1974). *The Limits to Growth*. London, UK: Pan Books Ltd.
- Ministerial Decree No 32. (2008). *Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain (Provisions, Usage and Market Mechanism for Biofuel as Non-Subsidized Fuel)*.
- Morecroft, J. D. W., & March, B. (1997). Exploring Oil Market Dynamics: A System Dynamics Model and Microworld of the Oil Producers. In W. D. Bunn & E. R. Larsen (Eds.), *Systems Modeling for Energy Policy*. West Sussex, England: John Wiley & Sons.
- Morrone, M., J. Stuart, B., McHenry, I., & L. Buckley, G. (February 2009). The challenges of biofuels from the perspective of small-scale producers in Ohio *Energy Policy*, 37(1), 522-530.
- Myrtveit, M. (2005). *The World Model Controversy*. Bergen, Norway: University of Bergen.
- Neto, T. G. S., Carvalho, J. A., Veras, C. A. G., Alvarado, E. C., R. Gielow, E. N. Lincoln, et al. (2009). Biomass consumption and CO<sub>2</sub>, CO and main hydrocarbon gas emissions in an Amazonian forest clearing fire. *Atmospheric Environment*, 43(2), 438-446.
- Nugraha, D. (2007). *Analisis Life Cycle Biodiesel Berbahan Baku Minyak Sawit CPO di Indonesia*. Universitas Indonesia, Depok.
- Pahan, I. (2008). *Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga ke Hilir (The Complete Manual of Palm Oil: Agribusiness Management from End to End)*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pahl, G. (2008). *Biodiesel: Growing a New Energy Economy* (2nd ed.). Vermont: Chelsea Green Publishing Company.
- Papapostolou, C., Kondili, E., & Kaldellis, J. K. (2008). *Modelling, optimization and life cycle analysis of biofuels supply chain*. Paper presented at the World Renewable Energy Congress (WRECX)
- Pardamean, M. (2008). *Panduan Lengkap Pengelolaan Kebun dan Pabrik Kelapa Sawit (Complete Management Manual of Palm Oil Plantation and Factory)*. Jakarta: PT AgroMedia Pustaka.
- Pedercini, D. M. (February 2003). An Assessment of Existing Computer-based Models' Potential Contributions to the Development of a Methodology for Comparing the Development Effectiveness of Large-Scale Public Investment Programs in Different Locations or Socio-economic Sectors. *Working Papers in Systems Dynamics*, 1.
- Pedercini, M. (2004). *Evaluation of Alternative Development Strategies for Papua, Indonesia: A Regional Application of T21*. Paper presented at the Systems Dynamics Conference, Keble College, Oxford, England.
- Pleanjai, S., Gheewala, S. H., & Garivait, S. (2004). *Environmental Evaluation of Biodiesel Production from Palm Oil in a Life Cycle Perspective*. Paper presented at the The Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE)"
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage*. New York: Free Press.

- Pusat Data dan Informasi Departemen Pertanian. (2009). *Statistik Perkebunan Indonesia 2007-2009 (Indonesian Plantation Statistics 2007-2009)*. Jakarta Ministry of Agriculture, Republic of Indonesia.
- Ramdhani, T. (2009). *Pengembangan Model Indikator Keberlanjutan dalam Bisnis Bahan Bakar Nabati Kelapa Sawit di Indonesia*. Universitas Indonesia, Depok.
- Reijnders, L., & Huijbregts, M. A. J. (2008). Palm oil and the emission of carbon-based greenhouse gases. *Journal of Cleaner Production*, 16, 477-482.
- Ringland, G. (1998). *Scenario Planning: Managing for the Future*. New York: John Wiley & Sons.
- Roberts, E. B. (1998). *Managerial Applications of System Dynamics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- RSPO. (2007). *RSPO Certification System*. Kuala Lumpur, Malaysia: Roundtable on Sustainable Palm Oil.
- Savitz, A. W., & Weber, K. (2006). *The triple bottom line : how today's best-run companies are achieving economic, social, and environmental success—and how you can too*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Shilling, J. D. (2004). *Can system dynamics flows reach an economic equilibrium?* Paper presented at the System Dynamics Conference.
- Siriwardhana, M., G.K.C.Opathella, & M.K.Jha. (2009). Bio-diesel: Initiatives, potential and prospects in Thailand: A review. *Energy Policy*, 37, 554-559.
- Srinivasan, S. (2009). The food v. fuel debate: A nuanced view of incentive structures. *Renewable Energy*, 34, 950-954.
- Sterman, J. D. (1991). A Skeptic's Guide to Computer Models. In G. O. Barney, W. B. Kreutzer & M. J. Garrett (Eds.), *Managing a Nation: The Microcomputer Software Catalog* (2 ed., pp. 331). Boulder, CO: Westview Press.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for A Complex World*. Boston: The McGraw Hill Companies, Inc.
- Sterman, J. D. (2002). All Models are wrong: reflections on becoming systems *System Dynamics Review*, 18(4), 501-531.
- Syukur S., & AU. Lubis. (1989). *Perhitungan Bunga Untuk Peramalan Produksi Jangka Pendek pada Kelapa Sawit (Interest Calculation for Palm Plantation Short Term Production Forecast)*. Pematang Siantar, Indonesia: PPP Marihat.
- Tan, K. T., Lee, K. T., Mohamed, A. R., & Bhatia, S. (2009). Palm oil: Addressing issues and towards sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 420-427.
- Tennent, J., & Friend, G. (2005). *Guide to Business Modeling* (1 ed.). London: Profile Books Ltd.
- Thamsiroj, T., & Murphy, J. D. (2009). Is it better to import palm oil from Thailand to produce biodiesel in Ireland than to produce biodiesel from indigenous Irish rape seed? *Applied Energy*, 86, 595-604.
- Tomich, T. P., van Noordwijk, M., Vosti, S. A., & Witcover, J. (1998). Agricultural Development with Rainforest Conservation: Methods for Seeking Best Bet Alternatives to Slash-and-Burn, with Applications to Brazil and Indonesia. *Agricultural Economics*, 19(1,2), 159-174.

- UN Secretariat. (2010). *The Millennium Development Goals Report 2010*. New York: United Nations.
- UNDP. (2010). *Human Development Report 2010*. New York: United Nations.
- UNFCCC. (1988). *Kyoto Protocol*. New York: United Nations.
- Vries, S. C. d. (2008). Letter to the editor: The bio-fuel debate and fossil energy use in palm oil production: a critique of Reijnders and Huijbregts 2007. *Journal of Cleaner Production*, 16, 1926-1927.
- Walker, W. E. (2000). Policy Analysis: A Systematic Approach to Supporting Policy Making in the Public Sector. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 9, 11-27.
- Weimer, D. L., & Vining, A. R. (2005). *Policy Analysis: Concepts and Practice* (4th ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Wicke, B., Dornburg, V., Junginger, M., & Faaij, A. (2008). Different palm oil production systems for energy purposes and their green house gas implications. *Biomass and Bioenergy*, 32, 1322–1337.
- Wirawan, S. S., & Tambunan, A. H. (November 16, 2006). *The Current Status and Prospects of Biodiesel Development in Indonesia : a review*. Paper presented at the Third Asia Biomass Workshop.
- Wolstenhome, E. F. (1990). *System Enquiry: A Systems Dynamic Approach*. Cichester: John Wiley & Sons Inc.
- Yee, K. F., Tan, K. T., Abdullah, A. Z., & Lee, K. T. (November 2009). Life cycle assessment of palm biodiesel: Revealing facts and benefits for sustainability. *Applied Energy*, 86(Supplement 1), S189-S196.
- Yusoff, S. (2006). Renewable energy from palm oil: innovation on effective utilization of waste. *Journal of Cleaner Production*, 14 87-93.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### Data Pribadi

Name : AKHMAD HIDAYATNO  
 Tempat, Tgl Lahir : Pematang, 20 Januari 1973  
 Kantor : Lab Rekayasa Pemodelan dan Simulasi Sistem  
 Departemen Teknik Industri  
 Fakultas Teknik – Universitas Indonesia  
 Ruang L301 - Gedung Laboratorium TIUI  
 Kampus UI Depok 16424  
 Phone (62-21) 78888805, 78884805  
 Fax (62-21) 78885656  
 systems.ie.ui.ac.id  
 akhmad@eng.ui.ac.id

### Pendidikan Formal

2008 - Present : Kandidat Doktor  
 Program Studi Teknik Kimia  
 Universitas Indonesia  
 1998 : Master of Business and Technology (MBT)  
 University of New South Wales – UNSW Sydney, Australia  
 1991 - 1996 : Sarjana Teknik, Program Studi Teknik Industri  
 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,  
 Universitas Indonesia  
 1989 - 1991 : SMAN 3 Teladan - Setiabudi, Jakarta  
 1988 - 1989 : SMAN 5, Surabaya, Jawa Timur  
 1985 - 1988 : SMPN 1 Teladan, Surabaya, Jawa Timur  
 1979 - 1985 : SDN Kertajaya XII No. 218, Surabaya, Jawa Timur

### Jabatan Administratif

Kepala Laboratorium Pemodelan, Rekayasa dan Simulasi Sistem.  
 Departemen Teknik Industri  
 Fakultas Teknik – Universitas Indonesia  
 (Juli 2001 - Sekarang)

### Keanggotaan Profesional

INCOSE (International Council in System Engineering)  
 IIE - Institute of Industrial Engineers  
 ASQ – American Society for Quality  
 SDS – System Dynamics Society

## Daftar Publikasi

### a. Jurnal

1. *Highlighting the Interrelationships of Sustainability Challenges in Developing Palm-Oil Based Biodiesel Industry through a Multi-Level System Dynamics Model*. Submitted to Technological Forecasting and Social Change Journal, 1 Juli 2011. Elsevier (Impact Factor: 2.034)
2. *Financial Analysis of Integrated Biodiesel Industry in Indonesia*. International Journal of Industrial and Systems Engineering (IJISE). Inderscience Publishers. 2011. In Press.
3. *System Dynamics Sustainability Model of Palm-Oil Based Biodiesel Production Chain in Indonesia*. International Journal of Engineering and Technology. 2011. Vol 11. No 3.
4. *Cradle To Gate Simple Life Cycle Assessment of Biodiesel Production in Indonesia*. Jurnal Makara: Seri Teknologi. University of Indonesia. 2011. In press.

### b. Seminar yang Dipresentasikan

1. *System Dynamics Model for Understanding Economic and Social Contributions of Biodiesel Industry in Indonesia*. The Fourth International Conference on Modelling and Simulation. April 25-27, 2011. Phuket Island, Thailand.
2. *Understanding the Environmental and Economic Relationship of Biodiesel Industry in Indonesia Using System Dynamics Model*. International Conference on Sustainable Technology Development 2010: Sustainable Technology based on Environmental and Cultural Awareness. Denpasar, Bali - Indonesia. Oktober 2010.
3. *Understanding the Challenges of Indonesian CPO-Based biodiesel Producers on Meeting Indonesia's 2025 biodiesel Target through development of Business Models using Systems Dynamics Approach*. Proceedings of International Symposium on Sustainable Energy and Environmental Protection (ISSEEP) 2009, Yogyakarta, Indonesia, 23-26 Oktober 2009.