

**PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI PEMENUHAN
TARGET JANGKA PANJANG PEMANFAATAN BIODIESEL
NASIONAL**

SKRIPSI

**CHRISTIAN
04 05 07 01 19**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2009**

**PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI PEMENUHAN
TARGET JANGKA PANJANG PEMANFAATAN BIODIESEL
NASIONAL**

SKRIPSI

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

**CHRISTIAN
04 05 07 01 19**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Christian

NPM : 0405070119

Tanda Tangan :

Tanggal : Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Christian
NPM : 0405070119
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Pengembangan Model Simulasi Pemenuhan Target
Jangka Panjang Pemanfaatan Biodiesel Nasional

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Akhmad Hidayatno, MBT. ()
Penguji : Ir. Boy Nurtjahyo, MSIE. ()
Penguji : Ir. M. Dachyar, MSc. ()
Penguji : Farizal, Ph.D ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan YME, atas segala berkat dan karunia yang diberikan setiap saat, termasuk dalam mengerjakan skripsi ini. Selain itu, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, skripsi ini tidak mungkin dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Akhmad Hidayatno, MBT, sebagai dosen pembimbing skripsi atas segala bantuan, arahan dan masukan yang diberikan kepada penulis.
2. Bapak Ir. M. Dachyar, M.Sc, selaku pembimbing akademis selama masa studi penulis atas dukungan dan nasehatnya.
3. Bapak Ir. Teuku Yuri M. Zagloel dan seluruh dosen pengajar Departemen Teknik Industri yang telah mengajarkan berbagai ilmu kepada penulis selama masa kuliah.
4. Profesor Widodo, atas bimbingan dan masukan yang diberikan serta jurnal-jurnal yang berlimpah sebagai bahan referensi penulis.
5. Bapak Ir. Eddy Yusuf Kusdira dan Bapak Heryadi Syafii, atas wawasan yang diberikan kepada penulis mengenai industri kelapa sawit.
6. Seluruh keluarga penulis, terutama papa dan mama yang selalu memberikan dukungan, doa dan motivasi yang sangat berarti bagi penulis.
7. Bang Komar, Yuda, Irvan, atas masukan yang diberikan mengenai sistem dinamis dan penggunaan software Powersim.
8. Carissa, Elice, Rama, dan Tri, atas bantuan, masukan, serta dukungan yang diberikan selama pembuatan skripsi ini.
9. TIUI 05, atas dukungan, semangat, serta kebersamaan selama empat tahun ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Depok, Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Christian
NPM : 0405070119
Program studi : Strata 1 (S1)
Departemen : Teknik Industri
Jenis karya : Skripsi

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

“Pengembangan Model Simulasi Pemenuhan Target Jangka Panjang Pemanfaatan Biodiesel Nasional”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak untuk menyimpan, mengalihmedia/fotmatkan, 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 : Juli 2009
Yang Menyatakan

(Christian)

ABSTRAK

Nama : Christian
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Pengembangan Model Simulasi Pemenuhan Target Jangka Panjang Pemanfaatan Biodiesel Nasional

Indonesia mengalami kondisi di mana peningkatan konsumsi energi yang terus meningkat justru berbanding terbalik dengan semakin tipisnya ketersediaan bahan bakar minyak. Sebagai upaya ketahanan energi nasional, pemerintah menyelenggarakan program pemanfaatan bahan bakar nabati nasional yang ditandai dengan penetapan target yang harus dipenuhi sampai dengan 20 tahun ke depan. Bahan bakar nabati yang paling potensial untuk dikembangkan adalah biodiesel berbahan baku kelapa sawit. Kompleksitas terjadi karena adanya keterlibatan akan peranan dari sektor swasta serta adanya keterkaitan antar sektor di dalam pemenuhan target jangka panjang ini. Oleh karena itu, dikembangkan model sistem dinamis untuk mensimulasikan upaya pencapaian target dengan mempertimbangkan keterkaitan antara variabel-variabel yang ada.

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan informasi dan konsep permasalahan melalui data mental yang terdapat dalam jurnal penelitian yang juga membahas bahan bakar nabati dari segi sistem dinamis serta dari kondisi di Indonesia. Dari konsep tersebut dikembangkan *system diagram* sebagai kerangka dalam pembuatan *causal loop diagram* dan pengumpulan dan pengolahan data tertulis dan numerik yang dibutuhkan. *Causal loop diagram* yang dibuat kemudian diterjemahkan ke dalam *stock and flow diagram*. Verifikasi dan validasi kemudian dilakukan untuk menguji model simulasi yang telah dibuat.

Dari model simulasi yang telah dibuat, kemudian dikembangkan perencanaan akan kebijakan yang kemudian disimulasikan pada kondisi-kondisi skenario yang berbeda berdasarkan karakteristik industri biodiesel di Indonesia. Berdasarkan analisa terhadap pengaruh yang ditimbulkan oleh masing-masing kebijakan, diperoleh kebijakan apa yang paling sesuai untuk masing-masing kondisi skenario yang kemudian dibandingkan untuk memperoleh kebijakan apa yang paling baik untuk diterapkan serta skenario apa yang paling mendukung untuk terpenuhinya target jangka panjang biodiesel nasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum target jangka panjang biodiesel nasional tidak dapat dipenuhi tanpa dukungan subsidi pemerintah dan kebijakan terbaik adalah dengan mengurangi subsidi untuk bahan bakar solar.

Kata kunci:

Simulasi, sistem dinamis, program pengembangan bahan bakar nabati

ABSTRACT

Name : Christian
Study Program : Industrial Engineering
Title : Simulation Model Development for the Accomplishment of
National Biodiesel Utilization Target

Indonesia has faced the condition where the increasing energy consumption negatively in line with the depletion of the available fossil fuel resources and production. To promote energy security, Indonesian government declared national biofuel program, indicated by the long term target to be fulfilled up to 20 years later. The most potential biofuel to develop is CPO-based biodiesel. The problem found from the program is the complexity from the involvement of private sector and the interrelationship between the sectors of biodiesel. Hence, a system dynamics model is developed to simulate the long term target fulfillment with the consideration of the interrelationship between factors in the biodiesel industry.

The first step of the research is collecting the information and concept of the problem through the mental data from international science journal highlighting biofuel topics from system dynamics perspective and from general condition of biodiesel industry in Indonesia. Later on, a system diagram is developed by integrating the concept from the mental data for the framework of causal loop diagram construction and as the basis for the collection and processing of written and numerical data. The causal loop diagram then is translated to stock and flow diagram to serve as the simulation model to be used for the research. Afterwards, the simulation model is verified and validated.

Based on the constructed simulation model, a set of policies are schemed to be applied. Afterwards, the policies are simulated in the simulation model for different scenarios based on the characteristics of biodiesel industry in Indonesia. Analysis is done from the impact of each policy to look for the most appropriate policy to apply for each scenario. The subsequent step is the comparing for the output of each scenario to find the policy that can be applied generally for every scenario and to find the most ideal scenario to sustain the long term objective. The result shows that generally the long term biodiesel utilization target couldn't be accomplished without the support from the government in form of subsidy, and the best policy to apply is to decrease the subsidy for diesel oil.

Key words:

Simulation, system dynamics, biodiesel development program

DAFTAR ISI

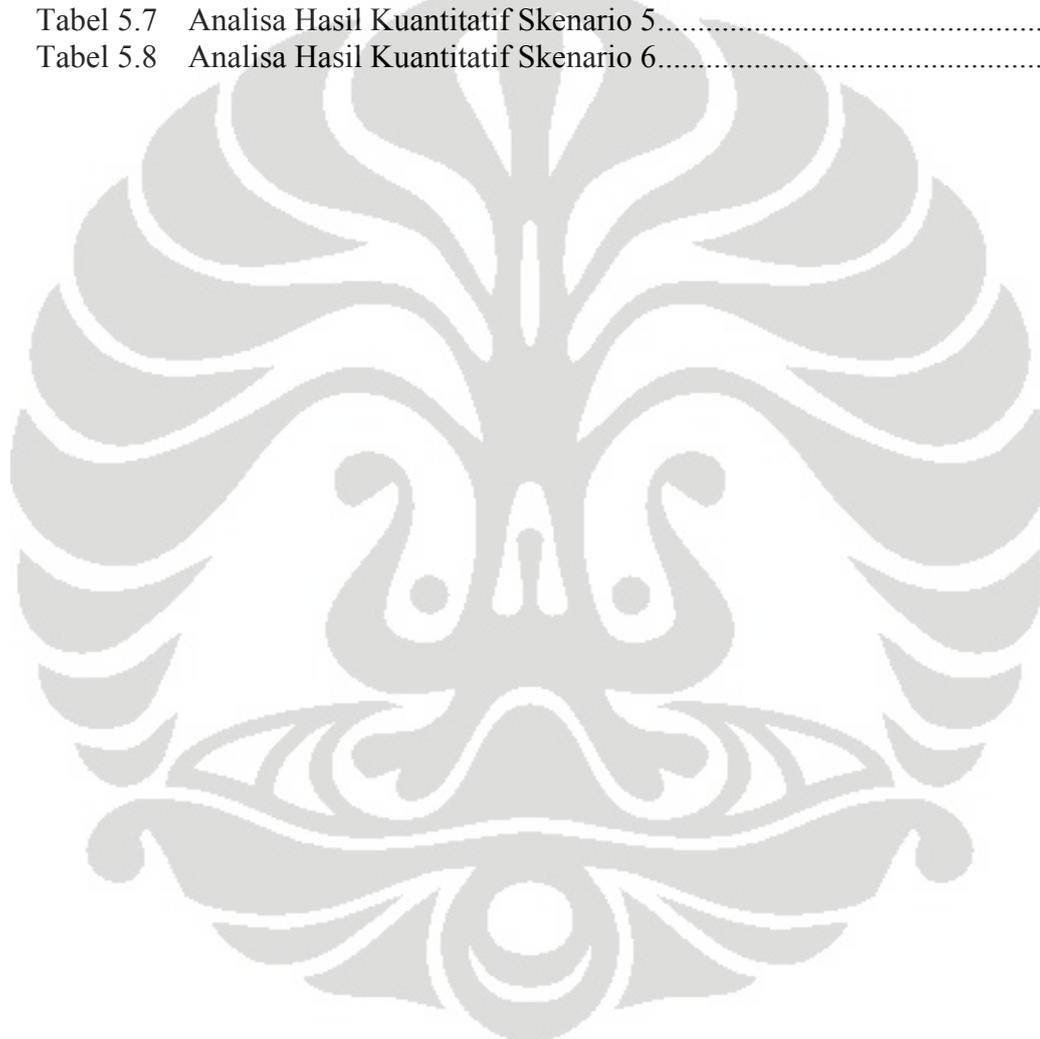
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Diagram Keterkaitan Permasalahan	8
1.3 Perumusan Permasalahan	8
1.4 Tujuan Penelitian.....	9
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	9
1.6 Metodologi Penelitian	10
1.7 Sisematika Penulisan	14
2. TINJAUAN PUSTAKA	16
2.1 Simulasi	16
2.1.1 Definisi Simulasi	16
2.1.2 Tujuan Simulasi.....	17
2.1.3 Penggunaan Simulasi.....	18
2.1.4 Jenis-Jenis Simulasi.....	19
2.2 Sistem Dinamis.....	22
2.2.1 Sistem	22
2.2.2 Berpikir Sistem	23
2.2.3 Sistem Dinamis.....	24
2.2.4 Proses Permodelan Sistem Dinamis	26
2.2.5 Sumber Informasi dalam Pembuatan Model Simulasi	28
2.2.6 Umpan Balik (<i>Feedback</i>).....	29
2.2.7 Diagram Loop Sebab-akibat (<i>Causal Loop Diagram</i>)	30
2.2.8 Diagram Alir (<i>Stock and Flow Diagram</i>).....	32
2.2.9 Struktur dan Perilaku Sistem Dinamis.....	35
2.2.10 Validasi Model.....	36
2.2.11 Analisis Sensitivitas Model	41
2.3 Perhitungan Profitabilitas	41
2.3.1 Perhitungan Kuantitatif.....	41
2.3.2 Perhitungan Kualitatif.....	43
2.4 Regresi Linear	43
2.4.1 Model Teoritis	44
2.4.2 Asumsi Dasar.....	44
3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	45
3.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data Mental.....	45
3.1.1 Pengumpulan Data Mental dari Jurnal Penelitian.....	45
3.1.2 Pengolahan Data Mental.....	52
3.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data Tertulis.....	55
3.2.1 Data Tertulis Industri Biodiesel di Indonesia	55

3.2.2	Data Tertulis Industri dan Perkebunan Minyak Kelapa Sawit di Indonesia	63
3.3	Pengumpulan dan Pengolahan Data Numerik	68
3.3.1	Proyeksi Kebutuhan Biodiesel Nasional.....	68
3.3.2	Proyeksi Harga Minyak Dunia	73
3.3.3	Proyeksi Harga Solar Nasional.....	74
3.3.4	Proyeksi Harga CPO CIF Rotterdam.....	77
3.3.5	Proyeksi Harga Komoditas-Komoditas Kelapa Sawit.....	79
3.3.6	Data Finansial Makro	83
4.	PERANCANGAN MODEL SIMULASI	86
4.1	<i>Causal Loop Diagram</i>	86
4.1.1	<i>Causal Loop Diagram</i> Sistem Biodiesel	87
4.1.2	<i>Causal Loop Diagram</i> Sistem Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit	92
4.2	<i>Stock and Flow Diagram</i>	97
4.3	Verifikasi dan Validasi Model Simulasi.....	98
4.3.1	Verifikasi Model.....	98
4.3.2	Validasi Model.....	104
5.	ANALISIS HASIL MODEL SIMULASI	123
5.1	Perancangan Skenario Model Simulasi	123
5.2	Analisis Perilaku Hasil Skenario Model Simulasi.....	126
5.2.1	Skenario 1: Unit Bisnis Tunggal, Margin Penjualan 20%.....	127
5.2.2	Skenario 2: Unit Bisnis Tunggal, Margin Penjualan 50%.....	133
5.2.3	Skenario 3: Unit Bisnis Integrasi dengan Karakteristik 1 dan Alokasi Suplai Minyak Kelapa Sawit 50%	136
5.2.4	Skenario 4: Unit Bisnis Integrasi dengan Karakteristik 1 dan Alokasi Suplai Minyak Kelapa Sawit 100%	141
5.2.5	Skenario 5: Unit Bisnis Integrasi dengan Karakteristik 2 dan Alokasi Suplai Minyak Kelapa Sawit 50%	144
5.2.6	Skenario 6: Unit Bisnis Integrasi dengan Karakteristik 2 dan Alokasi Suplai Minyak Kelapa Sawit 100%	146
5.3	Analisis Kuantitatif Hasil Skenario Model Simulasi.....	147
5.3.1	Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 1	147
5.3.2	Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 2	148
5.3.3	Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 3	148
5.3.4	Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 4.....	149
5.3.5	Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 5	150
5.3.6	Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 6	150
5.4	Analisis Perbandingan Hasil Model Simulasi Antar Skenario.....	151
6.	KESIMPULAN DAN SARAN	154
6.1	Kesimpulan.....	154
6.2	Saran	154
	DAFTAR REFERENSI	156

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Distribusi Lahan untuk <i>Biofuel</i> Berdasarkan Propinsi	4
Tabel 1.2	<i>Roadmap</i> Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Nasional 2006-2025	5
Tabel 2.1	Cara-Cara Validasi Model	37
Tabel 2.2	Cara-Cara Validasi Model (Lanjutan)	38
Tabel 3.1	Perusahaan-Perusahaan Biodiesel beserta Kapasitas Produksinya pada Tahun 2008-2010	56
Tabel 3.2	Perkiraan Luas Lahan Kelapa Sawit untuk Biodiesel (dalam juta hektar)	64
Tabel 3.3	Produktivitas Tiap Kelas dan Umur Lahan	65
Tabel 3.4	Perbandingan Proyeksi Permintaan Biodiesel Nasional Hasil <i>Trend Analysis</i> dengan Proyeksi <i>Roadmap</i> Timnas BBN	72
Tabel 3.5	Koefisien Persamaan Regresi antara Harga Minyak Dunia dengan Harga Solar MOPS	74
Tabel 3.6	ANOVA dari Harga Minyak Dunia dengan Harga Solar MOPS	75
Tabel 3.7	Rangkuman Perhitungan Regresi antara Harga Minyak Dunia dengan Harga Solar MOPS	75
Tabel 3.8	Koefisien Persamaan Regresi antara Harga Minyak Dunia dengan Harga ICP	76
Tabel 3.9	ANOVA dari Harga Minyak Dunia dengan Harga ICP	76
Tabel 3.10	Rangkuman Perhitungan Regresi antara Harga Minyak Dunia dengan Harga ICP	76
Tabel 3.11	Koefisien Persamaan Regresi antara Harga Minyak Kelapa Sawit Domestik dengan Harga CPO CIF Rotterdam	79
Tabel 3.12	ANOVA dari Harga Minyak Kelapa Sawit Domestik dengan Harga CPO CIF Rotterdam	79
Tabel 3.13	Rangkuman Perhitungan Regresi antara Harga Minyak Kelapa Sawit Domestik dengan Harga CPO CIF Rotterdam	80
Tabel 3.14	Koefisien Persamaan Regresi antara Harga Tandan Buah Segar dengan Harga CPO CIF Rotterdam	80
Tabel 3.15	ANOVA dari Harga Tandan Buah Segar dengan Harga CPO CIF Rotterdam	81
Tabel 3.16	Rangkuman Perhitungan Regresi antara Harga Tandan Buah Segar dengan Harga CPO CIF Rotterdam	81
Tabel 3.17	Koefisien Persamaan Regresi antara Harga Harga Minyak Inti Kelapa Sawit dengan Harga CPO CIF Rotterdam	82
Tabel 3.18	ANOVA dari Harga Harga Minyak Inti Kelapa Sawit dengan Harga CPO CIF Rotterdam	82
Tabel 3.19	Rangkuman Perhitungan Regresi antara Harga Harga Minyak Inti Kelapa Sawit dengan Harga CPO CIF Rotterdam	82
Tabel 4.1	Perbandingan Harga Solar MOPS Aktual dengan Harga Solar MOPS Simulasi	99
Tabel 4.2	Perbandingan Harga ICP Aktual dengan Harga ICP Simulasi	100
Tabel 4.3	Perbandingan Harga Minyak Kelapa Sawit Aktual dengan Harga Minyak Kelapa Sawit Simulasi	101

Tabel 4.4	Perbandingan Harga Tandan Buah Segar Aktual dengan Harga Tandan Buah Segar Simulasi	102
Tabel 4.5	Perbandingan Harga Minyak Inti Kelapa Sawit Aktual dengan Harga Minyak Inti Kelapa Sawit Simulasi	103
Tabel 5.1	Rincian Skenario Model Simulasi.....	126
Tabel 5.2	Kebijakan yang Diujikan pada Model Simulasi serta Hasil yang Diukur	126
Tabel 5.3	Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 1.....	147
Tabel 5.4	Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 2.....	148
Tabel 5.5	Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 3.....	149
Tabel 5.6	Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 4.....	149
Tabel 5.7	Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 5.....	150
Tabel 5.8	Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 6.....	151



DAFTAR GAMBAR

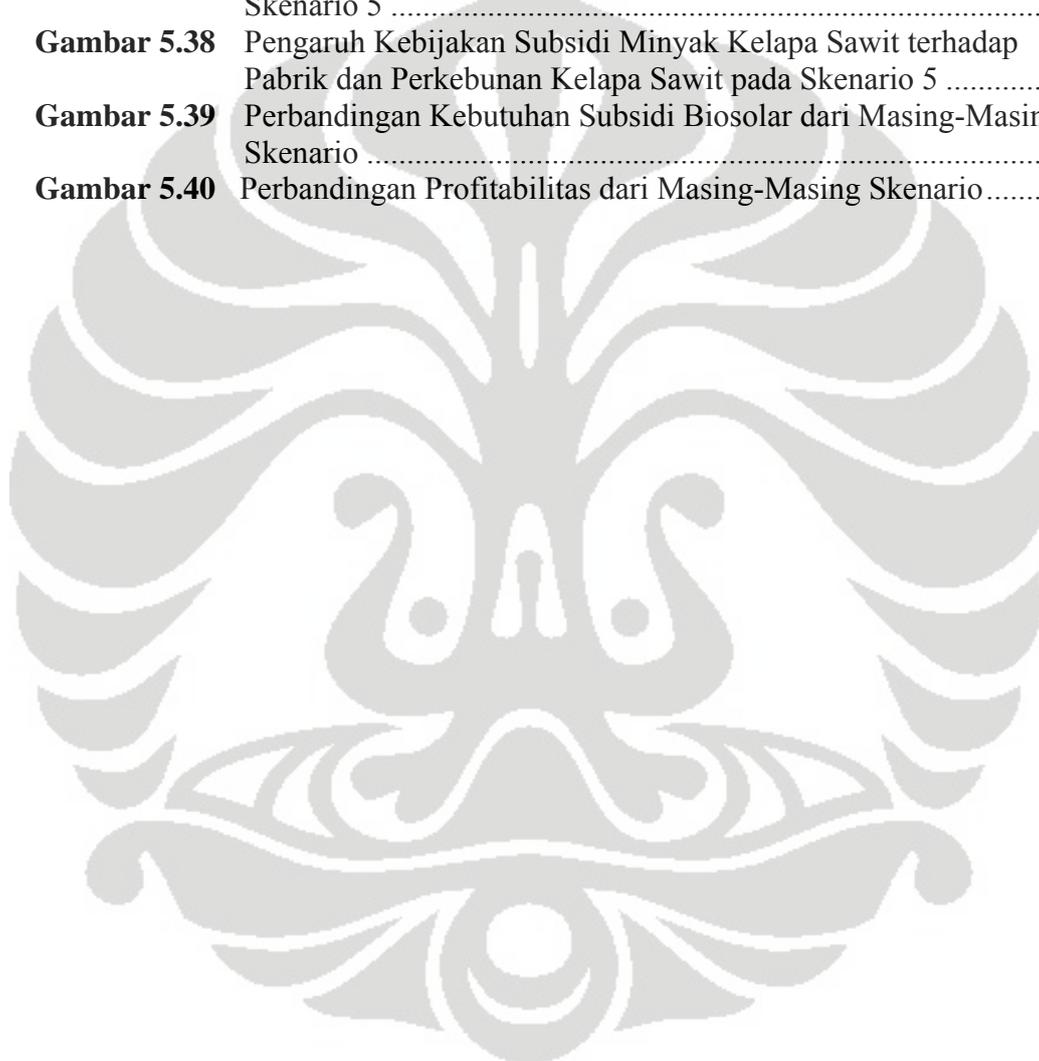
Gambar 1.1	Diagram Keterkaitan Masalah.....	8
Gambar 1.2	Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	13
Gambar 2.1	Simulasi Memberikan Cara <i>Virtual</i> dalam Melakukan Eksperimen terhadap Sistem	19
Gambar 2.2	Contoh dari Simulasi deterministik dan Simulasi Stokastik	20
Gambar 2.3	Perubahan Keadaan Diskrit Disebabkan oleh Adanya <i>Discrete Event</i>	21
Gambar 2.4	Perbandingan antara <i>Discrete-Change Variable</i> dan <i>Continuous-Change Variable</i>	22
Gambar 2.5	Proses Sistem Dinamik	26
Gambar 2.6	Cara Penulisan Diagram <i>Loop</i> Sebab-Akibat	31
Gambar 2.7	Polaritas Hubungan	32
Gambar 2.8	Cara Penulisan Diagram Alir	33
Gambar 2.9	Analogi Hidrolik	34
Gambar 2.10	Representasi Struktur Diagram Alir.....	35
Gambar 3.1	Proyeksi Pertumbuhan Kapasitas Produksi Biodiesel di Amerika Serikat	46
Gambar 3.2	<i>Causal Loop Diagram</i> Industri Biodiesel di Amerika Serikat.....	47
Gambar 3.3	<i>Causal loop diagram</i> Industri <i>Biofuel</i> Amerika Serikat berdasarkan Sudut Pandang <i>Sustainability</i>	50
Gambar 3.4	<i>Causal loop diagram</i> Model Sistem Dinamis BtL.....	52
Gambar 3.5	<i>System Diagram</i> Model Simulasi Sistem Dinamis Pemenuhan Target Jangka Panjang Biodiesel Nasional	53
Gambar 3.6	Sasaran Bauran Energi Primer Nasional 2025	62
Gambar 3.7	<i>Milestone</i> Biodiesel.....	62
Gambar 3.8	Peta Persebaran Luas Lahan dan Produksi Kelapa Sawit	63
Gambar 3.9	<i>Pie Chart</i> Perbandingan Konsumsi Solar Berdasarkan Sektor di Indonesia	68
Gambar 3.10	Pemetaan <i>Scatter Diagram</i> terhadap Data Historis Konsumsi Solar Nasional	69
Gambar 3.11	Proyeksi Kebutuhan Solar Nasional Jangka Waktu <i>Roadmap</i> Pemenuhan Target Jangka Panjang Biodiesel Nasional	70
Gambar 3.12	<i>Residual Plots</i> dari Hasil Proyeksi Kebutuhan Solar Nasional....	70
Gambar 3.13	Grafik Perbandingan Proyeksi Permintaan Biodiesel Nasional Hasil <i>Trend Analysis</i> dengan Proyeksi <i>Roadmap</i> Timnas BBN ..	71
Gambar 3.14	Proyeksi Harga Minyak Dunia sampai dengan Tahun 2030.....	73
Gambar 3.15	Hubungan antara Harga ICP dengan Harga Alpha	77
Gambar 3.16	Proyeksi Harga CPO CIF Rotterdam s/d Tahun 2031	78
Gambar 3.17	Laju Inflasi Tahunan Periode Januari 2003-Mei 2009.....	84
Gambar 3.18	Grafik Pergerakan Bulanan Nilai Mata Uang Rupiah terhadap Dollar	85
Gambar 4.1	<i>Causal Loop Diagram</i> Utama Sistem Unit Biodiesel.....	88
Gambar 4.2	<i>Causal Loop Diagram</i> Subsistem Produksi Biodiesel.....	90
Gambar 4.3	<i>Causal Loop Diagram</i> Subsistem Profitabilitas Biodiesel	91
Gambar 4.4	<i>Causal Loop Diagram</i> Subsistem Harga Biodiesel	92

Gambar 4.5	<i>Causal Loop Diagram</i> Sistem Unit Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit	93
Gambar 4.6	<i>Causal Loop Diagram</i> Subsystem Produksi Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit	95
Gambar 4.7	<i>Causal Loop Diagram</i> Subsystem Profitabilitas Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit	96
Gambar 4.8	<i>Causal Loop Diagram</i> Subsystem Harga Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit	97
Gambar 4.9	<i>Stock and Flow Diagram</i> Keseluruhan Model Simulasi.....	97
Gambar 4.10	Perbandingan Harga Solar MOPS Aktual dengan Harga Solar MOPS Simulasi.....	98
Gambar 4.11	Perbandingan Harga ICP Aktual dengan Harga ICP Simulasi ..	100
Gambar 4.12	Perbandingan Harga Minyak Kelapa Sawit Aktual dengan Harga Minyak Kelapa Sawit Simulasi.....	101
Gambar 4.13	Perbandingan Harga Tandan Buah Segar Aktual dengan Harga Tandan Buah Segar Simulasi	102
Gambar 4.14	Perbandingan Harga Minyak Inti Kelapa Sawit Aktual dengan Harga Minyak Inti Kelapa Sawit Simulasi.....	103
Gambar 4.15	Grafik Lahan Potensial yang Tersedia pada Kondisi Ekstrim ...	106
Gambar 4.16	Grafik Konsumsi Ketersediaan Lahan Potensial pada Kondisi Ekstrim	106
Gambar 4.17	Grafik Ekspansi Lahan Inti dan Plasma pada Kondisi Ekstrim ..	107
Gambar 4.18	Grafik Total Lahan Inti dan Plasma pada Kondisi Ekstrim	107
Gambar 4.19	Grafik Produksi Tandan Buah Segar Inti dan Plasma, Produksi Minyak Kelapa Sawit, serta Produksi Biodiesel pada <i>Time Step</i> 1 Tahun	108
Gambar 4.20	Grafik Produksi Tandan Buah Segar Inti dan Plasma, Produksi Minyak Kelapa Sawit, serta Produksi Biodiesel pada <i>Time Step</i> 0.5 Tahun	109
Gambar 4.21	Grafik Perbandingan Harga Biodiesel dan Harga Minyak Kelapa Sawit Ekspor pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel	110
Gambar 4.22	Grafik Perbandingan Harga Biodiesel dan Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel.....	110
Gambar 4.23	Grafik Perbandingan Harga Minyak Kelapa Sawit Ekspor dan Harga Pokok Penjualan Minyak Kelapa Sawit pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel	111
Gambar 4.24	Grafik Perbandingan Persepsi Profitabilitas Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kenaikan Harga Jual Biodiesel	111
Gambar 4.25	Grafik Produksi Minyak Kelapa Sawit, Suplai Minyak Kelapa Sawit untuk Biodiesel, Suplai Minyak Kelapa Sawit untuk Ekspor, serta Produksi Biodiesel pada Kenaikan Harga Jual Biodiesel.....	112
Gambar 4.26	Grafik Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel dan Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kenaikan Harga Jual Biodiesel	112
Gambar 4.27	Grafik Perbandingan Harga Biodiesel dan Harga Minyak Kelapa Sawit Ekspor pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel....	113
Gambar 4.28	Grafik Perbandingan Harga Biodiesel dan Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel	113

Gambar 4.29	Grafik Perbandingan Harga Minyak Kelapa Sawit Ekspor dan Harga Pokok Penjualan Minyak Kelapa Sawit pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel	114
Gambar 4.30	Grafik Perbandingan Persepsi Profitabilitas Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel pada Penurunan Harga Jual Biodiesel	114
Gambar 4.31	Grafik Produksi Minyak Kelapa Sawit, Suplai Minyak Kelapa Sawit untuk Biodiesel, Suplai Minyak Kelapa Sawit untuk Ekspor, serta Produksi Biodiesel pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel	115
Gambar 4.32	Grafik Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel dan Kapasitas Produksi Biodiesel pada Penurunan Harga Jual Biodiesel	115
Gambar 4.33	Grafik Volume Produksi sesuai dengan Kapasitas Produksi Maksimum	116
Gambar 4.34	Grafik Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Volume Produksi sesuai dengan Kapasitas Produksi Maksimum	117
Gambar 4.35	Grafik Pergerakan Biaya-Biaya Penyusun Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Volume Produksi sesuai dengan Kapasitas Produksi Maksimum	117
Gambar 4.36	Grafik Analisa Sensitivitas Laju Inflasi terhadap Harga Jual Biodiesel.....	118
Gambar 4.37	Grafik Analisa Sensitivitas Laju Inflasi terhadap Arus Kas Biodiesel.....	119
Gambar 4.38	Grafik Analisa Sensitivitas Laju Inflasi terhadap Arus Kas Industri dan Perkebunan Kelapa Sawit	119
Gambar 4.39	Grafik Analisa Sensitivitas terhadap Harga Jual Biodiesel.....	120
Gambar 4.40	Grafik Analisa Sensitivitas terhadap Arus Kas Biodiesel.....	120
Gambar 4.41	Grafik Analisa Sensitivitas terhadap Arus Kas Industri dan Perkebunan Kelapa Sawit	121
Gambar 4.42	Grafik Analisa Sensitivitas terhadap Harga Jual Biodiesel.....	121
Gambar 4.43	Grafik Analisa Sensitivitas terhadap Arus Kas Biodiesel.....	122
Gambar 4.44	Grafik Analisa Sensitivitas terhadap Arus Kas Industri dan Perkebunan Kelapa Sawit	122
Gambar 5.1	Skema Dasar Skenario Model Simulasi.....	125
Gambar 5.2	Pengaruh Kebijakan <i>Blending</i> terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 1	127
Gambar 5.3	Pengaruh Kebijakan <i>Blending</i> terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 1	127
Gambar 5.4	Pengaruh Kebijakan <i>Blending</i> terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 1	128
Gambar 5.5	Pengaruh Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 1	128
Gambar 5.6	Pengaruh Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 1	129
Gambar 5.7	Pengaruh Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 1	129
Gambar 5.8	Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 1	130

Gambar 5.9	Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 1	130
Gambar 5.10	Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 1	131
Gambar 5.11	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 1	132
Gambar 5.12	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 1	132
Gambar 5.13	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 1	132
Gambar 5.14	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Arus Kas Perusahaan Biodiesel pada Skenario 1	133
Gambar 5.15	Pengaruh Kebijakan <i>Blending</i> terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 2	134
Gambar 5.16	Pengaruh Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 2	134
Gambar 5.17	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 2	135
Gambar 5.18	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 2	135
Gambar 5.19	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 2	136
Gambar 5.20	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Arus Kas Perusahaan Biodiesel pada Skenario 2	136
Gambar 5.21	Pengaruh Kebijakan <i>Blending</i> terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 3	137
Gambar 5.22	Pengaruh Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 3	138
Gambar 5.23	Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 3	139
Gambar 5.24	Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 3	139
Gambar 5.25	Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 3	140
Gambar 5.26	Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Arus Kas Perusahaan Biodiesel pada Skenario 3	140
Gambar 5.27	Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Arus Kas Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit pada Skenario 3	140
Gambar 5.28	Pengaruh Kebijakan <i>Blending</i> terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 4	141
Gambar 5.29	Pengaruh Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 4	142
Gambar 5.30	Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 4	142
Gambar 5.31	Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 4	143
Gambar 5.32	Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Arus Kas Perusahaan Biodiesel pada Skenario 4	143

Gambar 5.33	Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Arus Kas Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit pada Skenario 4.....	143
Gambar 5.34	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 5	145
Gambar 5.35	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 5.....	145
Gambar 5.36	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 5	145
Gambar 5.37	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Arus Kas Perusahaan Biodiesel Dasar Skenario Model Simulasi pada Skenario 5	146
Gambar 5.38	Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit pada Skenario 5	146
Gambar 5.39	Perbandingan Kebutuhan Subsidi Biosolar dari Masing-Masing Skenario	151
Gambar 5.40	Perbandingan Profitabilitas dari Masing-Masing Skenario.....	152



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

1.1.1 Bahan Bakar Nabati sebagai Strategi Diversifikasi Energi

Bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang dimanfaatkan sebagai bahan baku kilang di dalam negeri dan untuk diekspor sebagai sumber devisa. Hasil dari kilang bahan bakar fosil tersebut terdiri atas premium, minyak tanah, minyak solar (*automotive diesel oil*), minyak diesel, dan minyak bakar yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pada sektor pembangkit listrik, transportasi, industri, dan rumahtangga. Pada tahun 1999, konsumsi energi dari sektor rumah tangga merupakan konsumen energi terbesar dengan persentase 41% sedangkan sektor industri sebesar 37% dan sektor transportasi sebesar 22%. Pertumbuhan industri diproyeksikan akan memutarbalikkan tren ini. Pada tahun 2025, diproyeksikan kebutuhan energi dari sektor industri akan menempati posisi teratas dengan persentase 44% dari *market share*, diikuti dengan sektor transportasi sebesar 31% dan sektor rumah tangga sebesar 26% (Sugiyono, 1999).

Menurut *Business Watch Indonesia*, dilihat dari kebutuhannya yang sangat besar akan minyak bumi, batu bara, dan gas alam, Indonesia merupakan negara yang sangat bergantung kepada bahan bakar fosil. Konsumsi minyak nasional mencapai 1,3 juta barel dan diprediksikan terus meningkat 1,5% setiap tahunnya, sebuah trend yang sulit untuk dihadapi karena sulitnya mencari substitusi dari bahan bakar minyak. Konsumsi batu bara diprediksikan akan mengalami peningkatan dikarenakan penggunaan briket batu bara untuk pembangkit listrik dan keperluan rumah tangga. Konsumsi batu bara nasional mencapai 31,1 Mmst (*million short tones*) pada tahun 2002 dan diprediksikan meningkat sebanyak 12,7% setiap tahunnya. Konsumsi gas nasional tercatat mencapai 120 Tcf (*trillion cubic feet*) pada tahun 2002 dan diprediksikan terus meningkat dengan tingkat pertumbuhan tahunan 2,8% dikarenakan penggunaan untuk produksi pupuk dan pembangkit listrik. Permintaan nasional untuk listrik mengalami peningkatan dari

92.400 GWh pada tahun 2002 ke angka 104,05 TWh in 2004 dan 105.000 GWh pada tahun 2005. Pada saat ini, menurut *Asia Pacific Energy Research Center*, 54% suplai energi berasal dari batu bara dan 40% dari bahan bakar gas.

Meningkatnya konsumsi energi justru berbanding terbalik dengan sumber daya energi fosil yang sangat terbatas. Produksi BBM di Indonesia, pada saat ini 1,1 juta barel, cenderung mengalami penurunan 1,2% setiap tahunnya, dikarenakan sejumlah sebab, di antaranya kekurangan di ladang minyak, bermacam-macam konflik kepentingan dalam eksplorasi untuk ladang minyak baru, regulasi yang tidak konsisten, dan iklim investasi yang kurang baik. Klimaksnya, Indonesia mulai mengimpor BBM pada tahun 2002 (Departemen Pertambangan dan Energi, 2005), dan berubah status dari exportir minyak menjadi importir minyak. Dengan kurangnya cadangan energi, serta dengan produksi tahunan 500×10^6 BOE, Indonesia hanya diprediksikan mampu memenuhi kebutuhan energi dari sumber daya yang dimilikinya sampai 18 tahun mendatang (Hendarto, 2007). Kontras yang terjadi antara konsumsi dan cadangan energi yang tersedia akhirnya membuat Indonesia masuk ke dalam krisis energi.

Kondisi ini tidak hanya akan menambah beratnya beban pemerintah dalam penyediaan BBM, tetapi juga beban subsidi yang harus diberikan untuk BBM, mengingat untuk memenuhi kebutuhan BBM dalam negeri, Pemerintah Indonesia masih harus mengimpor BBM dari luar negeri yang jumlahnya dari tahun ke tahun semakin meningkat. Karena harga BBM terkait dengan harga minyak bumi, semakin meningkatnya harga minyak dunia akan meningkatkan biaya pengadaan BBM import. Oleh karena itu, diperlukan penganekaragaman (diversifikasi) sumber energi yang selain berguna untuk menambah pilihan sumber energi, juga berguna untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak di Indonesia (Suarna, 2006).

Untuk merespon hal ini, Presiden Susilo Bambang Yudhoyono beserta pemerintahannya mengarahkan pada energi yang terbarukan, terutama bahan bakar nabati (*biofuel*). Pada tahun 2006, pemerintah Indonesia menetapkan kebijakan nasional pertamanya untuk *biofuel* sebagai bagian dari usaha untuk menjamin ketersediaan suplai bahan bakar. Tujuan dari pengembangan *biofuel* ini di samping mengurangi impor minyak dan dan subsidi untuk bahan bakar minyak,

adalah untuk menciptakan lapangan kerja (terutama di daerah pedesaan), membangun kekuatan di sektor agrikultura dan mengembangkan kesempatan-kesempatan ekspor baru. Rencana awal pemerintah memperkirakan bahwa *biofuel* akan mencukupi 10 persen dari konsumsi bahan bakar untuk transportasi, menciptakan ribuan lapangan kerja dan menciptakan swasembada energi bagi pedesaan. Pemerintah mengharapkan pertumbuhan di sektor agrikultura dan perekonomian pedesaan yang dihasilkan dari produksi *biofuel* dapat memperbaiki mata pencaharian masyarakat miskin pedesaan. Berbeda dengan negara-negara lainnya, perbaikan atau pengurangan gas rumah kaca (*greenhouse gases*) justru bukan merupakan tujuan utama dari pengembangan *biofuel* ini.

1.1.2 Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Berbahan Baku Kelapa Sawit untuk Pemenuhan Target Jangka Panjang Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Nasional

Bahan bakar nabati merupakan bahan bakar yang dapat diperbaharui yang diperoleh dari bahan baku biologis, dapat tersedia baik dalam bentuk likuid seperti *bioethanol* (setara dengan bensin) atau *biodiesel* (setara dengan diesel), maupun dalam bentuk gas seperti *biogas* atau hidrogen. Di Indonesia, bahan baku yang tersedia untuk *biodiesel* adalah minyak kelapa sawit dan minyak jarak, sementara untuk *bioethanol* tersedia tebu dan singkong. Menurut Ghazoul dan Lian Pin Koh (2007), dari melimpahnya sumber daya alam yang tersedia dan status Indonesia sebagai produsen terbesar di dunia, dan juga eksporter terbesar kedua di dunia (setelah Malaysia) untuk minyak kelapa sawit, *biodiesel* sebagai bahan bakar nabati berbahan baku minyak kelapa sawit memiliki prospek yang lebih menjanjikan dibandingkan bahan bakar nabati lainnya untuk saat ini.

Sejak tahun 2000 biodiesel dari kelapa sawit sudah dipergunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor seperti kendaraan dinas dan traktor di Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan dan terbukti tidak mempunyai masalah baik pada mesin maupun pada kinerjanya (Goenadi, 2004). Secara teknis, penggunaan biodiesel berbahan baku kelapa sawit sebagai bahan bakar untuk sektor transportasi tidak mengalami kendala mengingat biodiesel mempunyai karakteristik yang sama dengan minyak solar, sehingga biodiesel juga dapat

dimanfaatkan sebagai bahan bakar penunjang untuk sektor pembangkit listrik asalkan dapat bersaing dengan minyak solar dari segi ekonomis. Dari segi dampak lingkungan, biodiesel juga diketahui relatif bersih dari emisi bahan pencemar (Goenadi, 2004). Pemanfaatan biodiesel diharapkan bukan saja dapat mengurangi besarnya kebutuhan diesel yang dapat berdampak terhadap berkurangnya beban pemerintah atas subsidi, tetapi juga dapat mendukung program pemanfaatan energi yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan (Suarna, 2006).

Untuk menarik minat investor, pemerintah menjanjikan berbagai macam insentif termasuk kebijakan fiskal dan penyediaan 6,5 juta hektar lahan untuk produksi. Dari total angka tersebut, 3 juta hektar ditujukan untuk penanaman kelapa sawit, 1,5 juta hektar untuk masing-masing minyak jarak dan singkong, dan 500.000 hektar untuk penanaman tebu. Sementara itu, data dari Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati menunjukkan bahwa 12 juta hektar lahan tersedia untuk digunakan dalam pengembangan *biofuel* ini, dengan distribusi seperti terlihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Distribusi Lahan untuk *Biofuel* Berdasarkan Propinsi

Propinsi	Hektar
Sulawesi Tenggara	212.123 ha
Sulawesi Utara	34.812 ha
Nusa Tenggara Timur	101.830 ha
Maluku	2,304.932 ha
Papua	9,262.130 ha
Kalimantan Barat	514.350 ha
Sulawesi Tengah	251.856 ha
Kalimantan Selatan	65.638 ha
Total	12.747.671 ha

(Sumber: Program Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati, 2006)

Diberikannya insentif oleh pemerintah serta prospek pasar yang menjanjikan menarik minat dari para investor untuk menanamkan investasinya di bisnis *biofuel*. Perusahaan-perusahaan swasta yang memasuki bisnis ini semakin banyak, sebagian di antaranya tertarik oleh prospek pasar domestik, namun

sebagian besar karena peluang yang sangat besar di pasar *biofuel* internasional. Optimisme mengenai prospek pasar *biofuel* di Indonesia meningkat dengan dikeluarkannya mandat baru pemerintah mengenai penggunaan *biofuel*.

Melalui Keputusan Presiden No.10/ 2006, tertanggal 24 Juli 2006, sebagai tindak lanjut atas Inpres No. 1 Tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati, pemerintah membentuk Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati (Timnas BBN) untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan dan Pengangguran, dimana salah satu tugasnya adalah menyusun *Blueprint* dan *Roadmap* Pengembangan BBN. *Blueprint* dan *Roadmap* disusun untuk dijadikan acuan bagi pemangku kepentingan dalam rangka mewujudkan tujuan pengembangan BBN yaitu dalam jangka pendek mengurangi kemiskinan dan pengangguran, serta dalam jangka panjang penyediaan dan pemanfaatan *biofuel* dalam energi *mix* nasional. *Blueprint* ini disusun sebagai acuan strategis dalam penyediaan dan pemanfaatan BBN, yang di dalamnya terdapat *Roadmap* yang menggambarkan peta langkah dari keadaan sekarang menuju keadaan yang diinginkan dalam kurun waktu 2006-2025.

Tabel 1.2 Roadmap Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Nasional 2006-2025

Tahun	2005 - 2010	2011 - 2015	2016 - 2025
Biodiesel	Pemanfaatan Biodiesel Sebesar Konsumsi Solar 10% 2.41 juta kL	Pemanfaatan Biodiesel Sebesar 15% Konsumsi Solar 4.52 juta kL	Pemanfaatan Biodiesel Sebesar 20% Konsumsi Solar 10.22 juta kL
Bioetanol	Pemanfaatan Bioetanol 5% Konsumsi Premium 1.49 juta kL	Pemanfaatan Bioetanol 10% Konsumsi Premium 2.78 juta kL	Pemanfaatan Bioetanol 15% Konsumsi Premium 6.28 juta kL
Biooil - Biokerosin	Pemanfaatan Biokerosin 1 juta kL	Pemanfaatan Biokerosin 1.8 juta kL	Pemanfaatan Biokerosin 4.07 juta kL
- PPO untuk Pembangkit Listrik	Pemanfaatan PPO 0.4 juta kL	Pemanfaatan PPO 0.74 juta kL	Pemanfaatan PPO 1.69 juta kL
Biofuel	Pemanfaatan Biofuel Sebesar 2% energi mix 5.29 juta kL	Pemanfaatan Biofuel Sebesar 3% energi mix 9.84 juta kL	Pemanfaatan Biofuel Sebesar 5% energi mix 22.26 juta kL

(Sumber: *Blueprint* Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati, 2006)

Mandat ini tentunya akan memastikan *biofuel* mendapatkan jatah yang tetap di dalam konsumsi bahan bakar nasional. Sebagai tambahan, untuk

menjamin keberlangsungan dari mandat ini, pemerintah menunjuk BUMN, khususnya PLN dan Pertamina, untuk menjadi pembeli tetap dari *biofuel* yang dihasilkan pada sektor hilir.

Walaupun tidak dinyatakan secara formal, kelapa sawit merupakan komoditas yang diprioritaskan di dalam program pengembangan *biofuel* ini, dengan beberapa pertimbangan, termasuk di dalamnya aspek produktifitas dan aspek ekonomis. Sebagai contoh, menurut *Business Watch Indonesia*, pemerintah menyertakan industri kelapa sawit ke dalam daftar sektor industri yang diprioritaskan, bersama dengan industri tekstil dan kehutanan, yang memiliki hak untuk memperoleh insentif bebas dari pajak pertambahan nilai 10%, seperti yang tertulis dalam Peraturan Pemerintah No. 148.

1.1.3 Pendekatan Sistem Dinamis dalam Rangka Pemenuhan Target Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Nasional

Upaya untuk pencapaian target pemanfaatan bahan bakar nabati nasional ini tidak dapat lepas dari pertimbangan terhadap karakteristik dari industri bahan bakar nabati itu sendiri. Dalam hal ini terdapat dua unit bisnis berbeda yang berperan penting dalam industri biodiesel berbahan baku kelapa sawit secara keseluruhan, yakni produsen pengolahan minyak kelapa sawit dan produsen biodiesel itu sendiri. Masing-masing memiliki peranannya sendiri dalam proses yang dimulai dari pembukaan lahan kelapa sawit sampai dengan diperolehnya biodiesel yang kemudian dimanfaatkan untuk keperluan industri, transportasi, maupun pembangkitan listrik.

Baik pemerintah maupun sektor swasta memiliki peranan yang penting di dalam program pengembangan biodiesel ini. Dalam hal ini, peranan pemerintah di dalam pengembangan bahan bakar nabati nasional dipaparkan dalam Instruksi Presiden No. 1/2006 yang mencakup masing-masing peranan dari tiap-tiap menteri dan jabatan pemerintahan dalam upaya untuk mensukseskan program pemanfaatan bahan bakar nabati ini. Berdasarkan pemaparan peranan-peranan pemerintah di dalam pengembangan biodiesel ini, dapat dilihat bahwa banyak sektor yang terlibat di dalamnya, sedikitnya meliputi sektor kehutanan, perkebunan, perindustrian, energi, dan perdagangan. Sementara itu, di sisi lain,

sektor industri swasta memegang peranan yang tidak kalah pentingnya mengingat porsi kepemilikan perkebunan kelapa sawit dan pabrik kelapa sawit dipegang oleh industri swasta.

Pemenuhan target pemanfaatan bahan bakar nabati nasional ini tentunya membutuhkan dukungan infrastruktur dan fasilitas yang memadai, seperti ketersediaan lahan potensial, serta kapasitas produksi minyak kelapa sawit dan biodiesel. Di sisi lain, dukungan yang sama juga dibutuhkan untuk mencukupi permintaan akan minyak kelapa sawit untuk memenuhi kebutuhan pangan nasional serta permintaan ekspor. Dilihat dari sudut pandang ini, upaya yang dilakukan harus mampu menunjukkan sebagai solusi jangka panjang yang memungkinkan untuk dilaksanakan dalam upaya diversifikasi energi nasional.

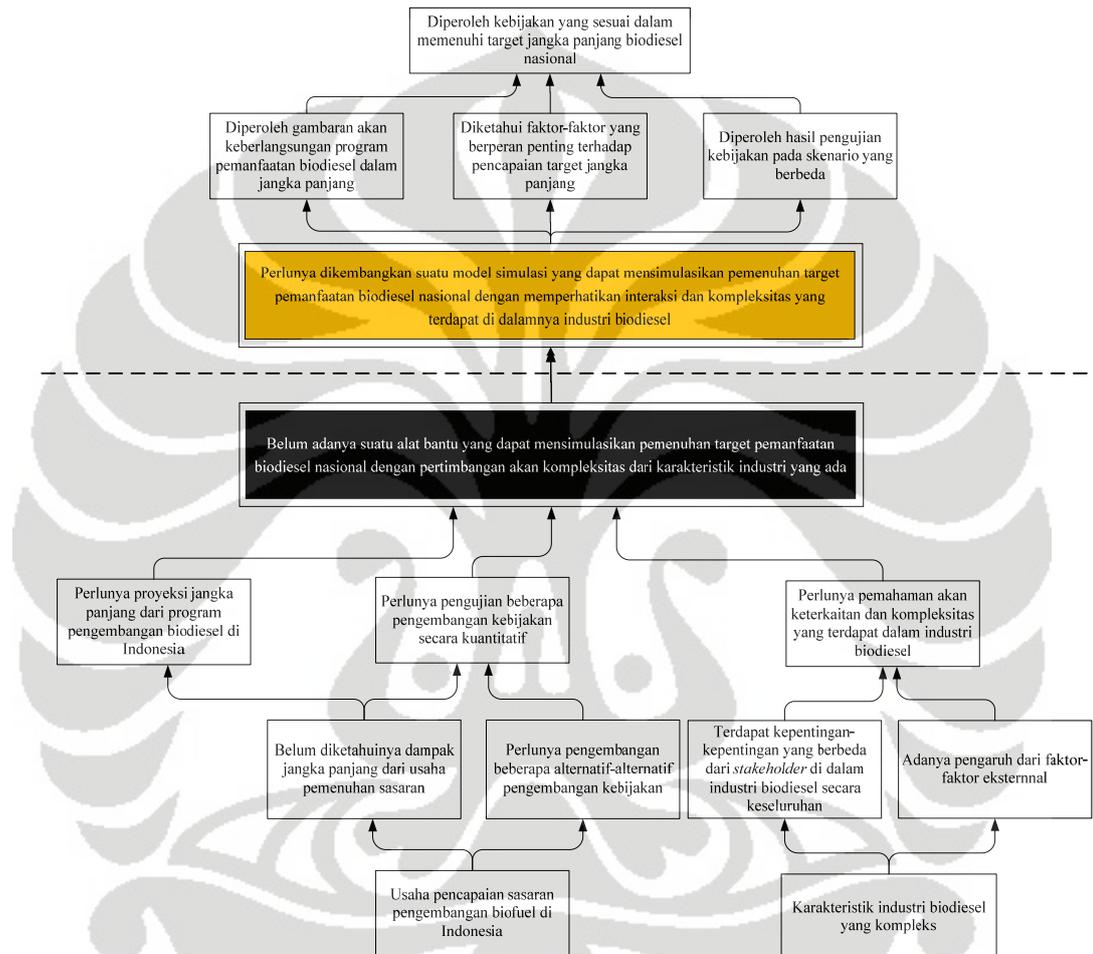
Sementara itu, adanya peranan sektor swasta dalam target pemanfaatan ini menyebabkan kebijakan yang direncanakan tidak dapat mengesampingkan aspek kepentingan bisnis dari masing-masing sektor swasta di dalam industri biodiesel ini.

Dengan demikian, dalam pengembangan kebijakan untuk memenuhi target jangka panjang yang ada, dibutuhkan adanya pertimbangan yang mencakup elemen-elemen yang berpengaruh baik langsung maupun tidak langsung terhadap pemenuhan target yang ingin dicapai. Perencanaan yang komprehensif dan terintegrasi merupakan hal yang kompleks. Pikiran manusia, atau '*mental model*' tidak dapat mencukupi untuk memperhitungkan semua elemen-elemen yang terlibat dan secara konsisten terus memperhatikan interaksi-interaksi yang ada di antara elemen-elemen tersebut (Bassi, 2008). Perencanaan seperti ini membutuhkan suatu alat bantu yang dapat menolong pembuat keputusan untuk mempertimbangkan luasnya cakupan yang terdiri dari faktor-faktor yang saling berkaitan dan membantu para pengambil keputusan dalam membagi dan mendiskusikan pengetahuan yang dimilikinya terhadap sistem yang ada dengan *stakeholder* lainnya.

Oleh karena itu, perlu dibuat sebuah model simulasi dengan pendekatan sistem dinamis (*system dynamics*) yang mampu memetakan program pemanfaatan biodiesel jangka panjang untuk mempelajari bagaimana keterkaitan dan interaksi elemen-elemen yang berpengaruh baik langsung maupun tidak langsung terhadap

pemenuhan target yang ingin dicapai. Analisa terhadap pemetaan jangka panjang dari perilaku yang dihasilkan dari model simulasi inilah yang kemudian menjadi dasar pertimbangan dalam pengembangan kebijakan untuk mewujudkan target pemanfaatan bahan bakar nabati dalam jangka panjang ini.

1.2 Diagram Keterkaitan Permasalahan



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Perumusan Permasalahan

Berdasarkan pemaparan pada latar belakang dan diagram keterkaitan masalah, dapat disimpulkan bahwa untuk mewujudkan program pengembangan bahan bakar nabati nasional, dengan mempertimbangkan aspek jangka panjang, diperlukan suatu model simulasi yang dapat mensimulasikan pemenuhan target program pengembangan bahan bakar nabati ini sebagai dasar pertimbangan dalam

pengembangan kebijakan untuk mewujudkan sasaran yang ada. Oleh karena itu, di dalam penelitian ini, permasalahan yang diangkat adalah perlunya dikembangkan sebuah model yang dapat mensimulasikan pemenuhan target jangka panjang pemanfaatan biodiesel nasional untuk memperoleh kebijakan yang dapat diterapkan dalam pencapaian sasaran yang ada.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh sebuah model simulasi berbasis sistem dinamis untuk mensimulasikan pemenuhan target jangka panjang pemanfaatan biodiesel nasional. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari model tersebut, akan dikembangkan kebijakan terbaik dalam pemenuhan target pemanfaatan biodiesel nasional sesuai dengan kondisi skenario yang berlaku.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

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

- Biodiesel yang akan dibahas dalam penelitian ini secara khusus adalah biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit mengingat jenis inilah yang memiliki perkembangan yang paling pesat untuk saat ini di Indonesia.
- Sesuai dengan tujuan penelitian, ruang lingkup dari model simulasi biodiesel yang dibuat adalah dalam konteks pemenuhan target pemanfaatan jangka panjang bahan bakar nabati nasional sesuai dengan *roadmap* timnas pengembangan bahan bakar nabati nasional 2006-2025.
- Batasan ruang lingkup yang didefinisikan di dalam model simulasi adalah dimulai dari pembukaan lahan untuk penanaman kelapa sawit sampai dengan distribusi biodiesel di Plumpang untuk memenuhi permintaan biodiesel nasional.
- Jangka waktu model simulasi disesuaikan dengan periode *roadmap* pemanfaatan bahan bakar nabati, yakni sampai dengan tahun 2025.

- Pengolahan data dilakukan dengan pengembangan program komputer khusus dengan menggunakan perangkat lunak *Powersim Studio 2005* dan *Microsoft Excel*.

1.6 Metodologi Penelitian

Berikut ini akan dijelaskan mengenai metodologi atau langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian, sebagaimana tergambar pada diagram alir metodologi penelitian pada gambar 1.2. Metodologi penelitian ini terdiri atas tahapan yang antara lain adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Topik Penelitian.

Topik penelitian didapatkan melalui diskusi dengan dosen pembimbing. Adapun topik penelitian ini adalah pengembangan model sistem dinamis dari industri biodiesel di Indonesia dalam kaitannya dengan pemenuhan target biodiesel nasional. Pada bagian ini, ditentukan pula hasil akhir dan batasan masalah yang akan diteliti sehingga penelitian lebih terarah, terfokus dan berjalan sesuai dengan rencana

2. Pembahasan Landasan Teori

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

3. Pengumpulan dan pengolahan data yang dibutuhkan.

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

- a. Melakukan identifikasi terhadap permasalahan dan kondisi yang ada dengan mempelajari informasi dan perilaku yang berlaku umum pada keadaan nyata industri biodiesel di Indonesia.

- b. Berdasarkan konsep permasalahan yang telah dipelajari, kemudian ditentukan variabel-variabel dan parameter-parameter yang berperan penting dalam rangka pemenuhan target jangka panjang biodiesel nasional.
 - c. Melakukan pengumpulan data-data yang relevan dan detail, yakni laporan-laporan kondisi negara, data historis, kebijakan-kebijakan yang pernah berlaku, studi literatur yang bersangkutan atau yang sudah ada, serta data-data lain berdasarkan variabel dan parameter yang telah didefinisikan.
4. Perancangan Model Simulasi.

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

- a. Membuat diagram sebab-akibat (*causal loop diagram*) untuk menggambarkan hubungan yang terjadi di antara variabel-variabel yang ada.
- b. Mempelajari perilaku-perilaku yang terjadi seiring dengan berjalannya waktu berdasarkan dinamika yang digambarkan dalam *causal loop diagram*.
- c. Mendefinisikan jenis-jenis variabel (seperti *stock*, *flows*, *converters*, dan lain-lain) dan menyusun *stock and flow diagram* untuk sektor-sektor model yang berbeda.
- d. Membangun model simulasi komputer yang didasarkan atas *causal loop diagram* atau *stock and flow diagram* yang sebelumnya dibuat. Pada tahap ini dilakukan identifikasi nilai awal dari *stock/level*, nilai-nilai parameter dari hubungan-hubungan yang ada, serta hubungan struktural di antara variabel-variabel yang ada dengan menggunakan *constant*, hubungan grafis, atau fungsi-fungsi matematis yang

sekiranya tepat. Pembuatan model ini dilakukan dengan menggunakan bantuan software Powersim Studio 2005.

- e. Mensimulasikan model sesuai dengan periode waktu yang telah ditetapkan sebelumnya.
- f. Menyajikan hasil dalam bentuk grafik atau tabel dari hasil model simulasi dengan menggunakan bantuan *software* komputer. Perilaku yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan data historis atau referensi yang mendukung.
- g. Melakukan verifikasi terhadap persamaan-persamaan, parameter dan batasan, serta melakukan validasi terhadap perilaku model dalam periode waktu yang dijalankan. Inspeksi kemudian dilakukan untuk melihat tabel dan grafik yang dihasilkan dari model simulasi pada tahap ini.
- h. Melakukan pengujian sensitivitas untuk mengukur sensitivitas parameter dan nilai awal (*initial value*) model. Pada tahap ini pula kemudian dilakukan identifikasi terhadap area sistem yang memerlukan perbaikan (*improvement*).

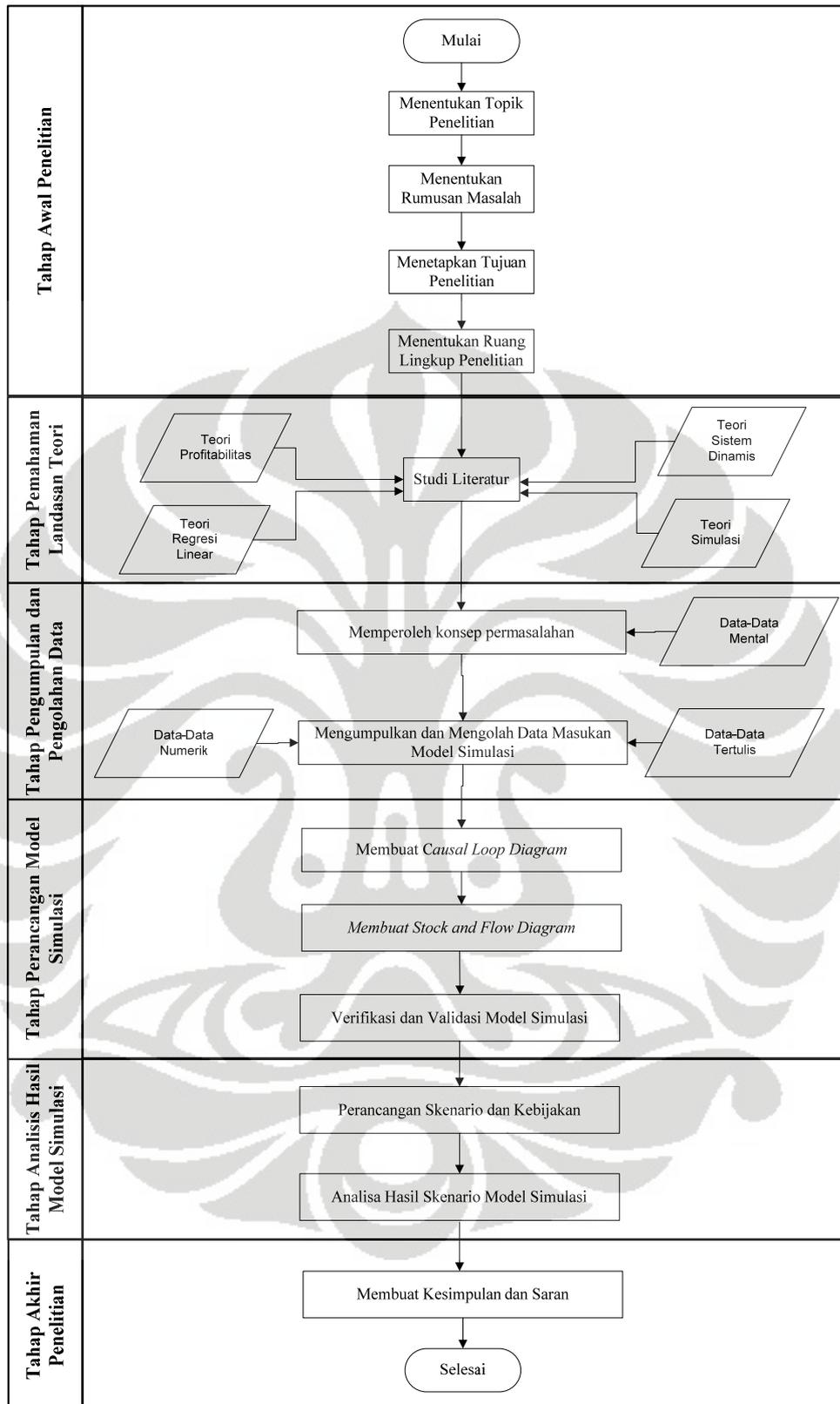
5. Analisa Hasil Model

Setelah model simulasi dijalankan, maka pada tahap ini dilakukan perancangan skenario dan kebijakan yang akan diterapkan. Setelah itu, hasil model simulasi yang ada kemudian diamati dan dianalisis untuk mendapatkan kebijakan yang sesuai dengan kondisi-kondisi skenario yang ada.

6. Hasil dan Kesimpulan.

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

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



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

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

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

Bab kedua merupakan tinjauan atas teori-teori dan literatur yang terkait dengan objek dan metode penelitian yang dijadikan landasan berpikir di dalam melakukan penelitian. Di dalam penelitian ini, teori-teori yang digunakan adalah teori simulasi, teori sistem dinamis, teori profitabilitas serta teori regresi linear.

Bab ketiga membahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data. Pada bagian awal dibahas mengenai data tertulis dan data mental yang dikumpulkan yang digunakan untuk mempelajari kondisi dan permasalahan yang ada. Pembahasan kemudian dilanjutkan pada pengolahan data numerik dari variabel-variabel variabel yang relevan dengan kondisi yang ada pada industri biodiesel di Indonesia berdasarkan konsep yang telah dipahami untuk kemudian digunakan sebagai input model simulasi yang akan dibuat.

Bab keempat merupakan perancangan model simulasi, yang membahas mengenai proses pembuatan simulasi dinamis. Pembahasan dimulai dari pembuatan *causal loop diagram* yang menggambarkan hubungan dari variabel-variabel yang ada serta *stock and flow diagram* sebagai dasar dari pembuatan model simulasi sistem dinamis yang dibuat. Pada bagian akhir bab ini, dibahas mengenai proses verifikasi dan validasi terhadap model simulasi yang dibuat, serta analisa sensitivitas sebagai dasar dalam pengembangan skenario dan kebijakan pada bab berikutnya.

Bab kelima adalah analisis hasil model simulasi. Bab ini berisikan pembahasan terhadap hasil keluaran model simulasi yang dibuat. Pada bagian awal bab ini dibahas mengenai perancangan skenario model simulasi, yang meliputi kombinasi dari berbagai variabel keputusan dan kebijakan. Skenario-skenario dan kebijakan yang dihasilkan kemudian diuji dengan dijalankan pada model simulasi dan dianalisis sebagai dasar dari kesimpulan yang akan dibuat.

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



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Simulasi

2.1.1 Definisi Simulasi

Berdasarkan *Oxford American Dictionary* (1980), simulasi didefinisikan sebagai cara “untuk mereproduksi kondisi dari suatu situasi, dengan menggunakan sebuah model atau peraga, untuk keperluan penelitian, percobaan, atau latihan”. Dalam hal ini, definisi ini lebih ditekankan pada mereproduksi sifat operasional dari suatu sistem dinamis.

Adapun model yang akan digunakan pada penelitian kali ini menggunakan model komputer (*computer model*). Simulasi dalam konteks ini dapat didefinisikan sebagai imitasi dari sistem dinamis dengan menggunakan model komputer untuk mengevaluasi dan melakukan perbaikan (*improvement*) terhadap kinerja sistem. Menurut Schriber (1987), simulasi adalah suatu aktivitas memodelkan suatu proses atau sistem sedemikian sehingga model yang dibuat memiliki respon yang menyerupai sistem aktual terhadap kejadian-kejadian yang terjadi seiring berjalannya waktu.

Dalam prakteknya, simulasi umumnya dibuat dengan menggunakan software simulasi komersial yang memiliki sistem konstruksi model yang dirancang secara spesifik untuk menangkap perilaku dinamis dari suatu sistem. Statistik kinerja sistem dinamis selama jalannya simulasi dikumpulkan dan secara otomatis diringkas dalam bentuk rangkuman statistik untuk memudahkan analisis. Pada umumnya software simulasi modern mampu memberikan gambaran secara realistis mengenai perilaku sistem dengan memungkinkan adanya animasi grafis.

Selama jalannya simulasi, *user* dapat secara interaktif mengatur kecepatan simulasi dan bahkan melakukan perubahan pada nilai parameter model untuk melakukan analisis “bagaimana-jika” (*“what-if” analysis*). Teknologi simulasi juga memungkinkan kemampuan untuk melakukan optimalisasi. Bagaimanapun,

optimalisasi ini tidak terjadi karena simulasi itu sendiri, melainkan karena adanya skenario-skenario yang memenuhi kendala-kendala kemungkinan yang ada sehingga model dapat dijalankan secara otomatis dan dianalisa dengan menggunakan algoritma pencapaian tujuan secara khusus.

2.1.2 Tujuan Simulasi

Simulasi menyediakan suatu cara untuk memvalidasi apakah suatu keputusan yang telah dibuat merupakan keputusan yang terbaik. Simulasi menghindarkan akan metode tradisional yang mahal, memakan waktu, dan menghabiskan banyak sumber daya. Dengan penekanan pada kondisi yang ada sekarang ini, metode pengambilan keputusan tradisional dengan cara *trial-and-error* sudah dianggap tidak sesuai lagi.

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

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

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

- Kemampuan menangkap saling ketergantungan di dalam sistem.
- Kemampuan menggambarkan variasi di dalam sistem.

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

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

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

2.1.3 Penggunaan Simulasi

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

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



Gambar 2.1 Simulasi Memberikan Cara *Virtual* dalam Melakukan Eksperimen terhadap Sistem

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

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

2.1.4 Jenis-Jenis Simulasi

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

2.1.4.1 Simulasi Statis atau Simulasi Dinamis

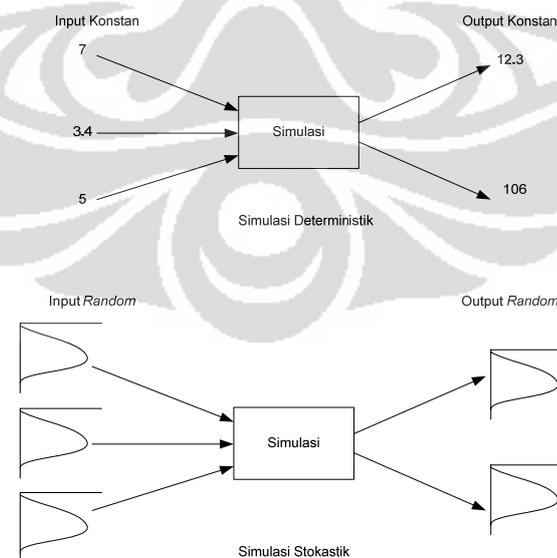
Simulasi statis adalah simulasi yang tidak didasarkan atas waktu. Simulasi ini seringkali melibatkan *random sampling* untuk menghasilkan hasil statistik sehingga simulasi ini kerap kali disebut dengan simulasi *Monte Carlo*.

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

2.1.4.2 Simulasi Stokastik atau Simulasi Deterministik

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

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



Gambar 2.2 Contoh dari Simulasi deterministik dan Simulasi Stokastik

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

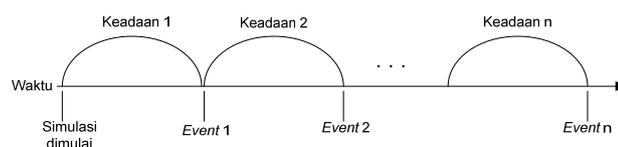
Seperti yang dilihat pada gambar 2.2, simulasi deterministik memiliki *input* konstan dan menghasilkan *output* yang bersifat konstan pula. Sementara itu, simulasi stokastik memiliki *input random* dan menghasilkan *output* yang juga *random*. *Input* yang ada meliputi waktu aktivitas, interval kedatangan,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

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

2.1.4.3 Simulasi Diskrit atau Simulasi Kontinu

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

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

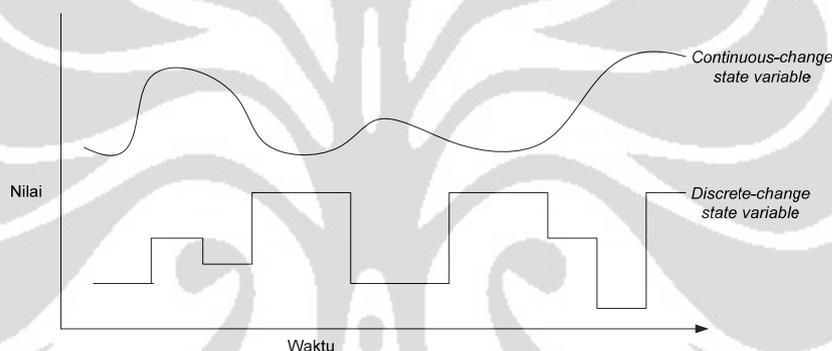


Gambar 2.3 Perubahan Keadaan Diskrit Disebabkan oleh Adanya *Discrete Event*

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

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

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



Gambar 2.4 Perbandingan antara *Discrete-Change Variable* dan *Continuous-Change Variable*

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

2.2 Sistem Dinamis

2.2.1 Sistem

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

Suatu sistem setidaknya terbentuk atas elemen-elemen sebagai berikut:

- Komponen-komponen atau bagian-bagian penyusun suatu sistem
- Interaksi antar komponen-komponen

- Tujuan bersama atas interaksi-interaksi antar komponen-komponen
- Lingkungan atau batasan sistem (*system boundary*)

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

- Sistem terbuka

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

- Sistem tertutup

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

2.2.2 Berpikir Sistem

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

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

Berdasarkan berpikir sistem, kita tidak dapat memahami suatu individu sebagai komponen dari sistem untuk dapat memahami sistem secara keseluruhan, sebab sistem memiliki karakteristik unik yang tidak dimiliki oleh komponen-

komponen dari sistem tersebut. Karakteristik ini terbentuk karena adanya interaksi-interaksi antar komponen-komponen dalam sistem tersebut.

Dalam memahami sistem ada dua cara yang umum dilakukan:

- Mempelajari/menganalisis bagaimana komponen-komponen dari sistem bekerja sehingga kita mendapatkan hasil berupa pengetahuan mengenai kerja sistem tersebut
- Melakukan proses sintesis di mana kita melihat sistem secara keseluruhan sehingga mendapatkan hasil berupa pemahaman akan sistem tersebut. Cara ini merupakan prinsip dasar dari berpikir sistem

2.2.3 Sistem Dinamis

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

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

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

Hal tersebut sejalan dengan berbagai hal yang dihadapi oleh sang penggagas konsep selama hidupnya sebelumnya menciptakan konsep ini. Forrester (1989) mengemukakan dalam sebuah perbincangan jamuan makan pada pertemuan internasional *System Dynamics Society* bahwa bidang keilmuan ini

seolah telah terbentuk semenjak kecil. Berkat masa kecilnya yang ia habiskan di peternakan, konsep-konsep ekonomi seperti penawaran dan permintaan, perubahan harga dan biaya, dan tekanan perekonomian dunia pertanian menjadi pengalaman yang merasuk dalam jiwanya. Singkatnya, berbagai pengalaman yang diperolehnya dengan melakukan banyak proyek di berbagai bidang, dari teknologi rendah hingga teknologi tinggi mendorongnya untuk menggabungkan kedua konsep tersebut, yaitu kekompleksan dan dinamika sistem dengan komputer.

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

1. Ruang lingkup yang tertutup

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

2. *Loop* umpan balik sebagai komponen dasar sistem

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

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

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

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

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

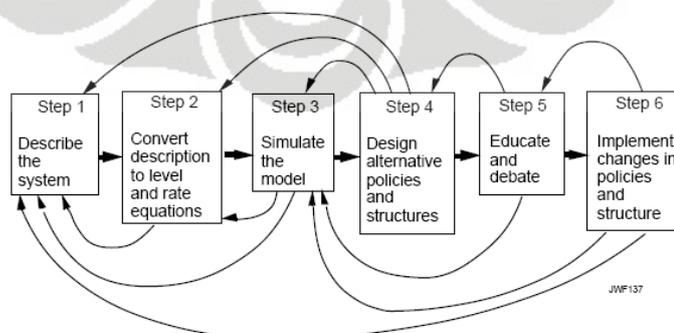
Setiap gejala, baik fisik maupun non-fisik, bagaimanapun kerumitannya, dapat disederhanakan menjadi struktur dasar yaitu mekanisme dari masukan, proses, keluaran, dan umpan balik. Mekanisme kerja berkelanjutan yang menunjukkan adanya perubahan menurut waktu bersifat dinamis. Perubahan tersebut menghasilkan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

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

2.2.4 Proses Permodelan Sistem Dinamis

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

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



Gambar 2.5 Proses Sistem Dinamik

(Sumber: Forrester, 1994, hal.4)

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

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

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

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

parameter secara otomatis yang lebih mendalam. Pencarian parameter secara otomatis akan sangat berguna.

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

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

2.2.5 Sumber Informasi dalam Pembuatan Model Simulasi

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

2.2.5.1 Data Tertulis

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

2.2.5.2 Data Numerik

Data numerik memiliki informasi yang sangat spesifik dan presisi, oleh karenanya berperan penting dalam proses pendekatan ilmiah dalam penyelesaian masalah. Data numerik mendukung proses kuantifikasi pembuatan model dan memberikan kejelasan fungsi sistem secara matematis. Data numerik membantu proses analisis ketika kita menghadapi permasalahan nonlinieritas yang kompleks. Walaupun memiliki informasi yang sangat spesifik, data numerik memiliki kandungan informasi yang rendah dan tidak dapat menggambarkan aspek-aspek sosial dan aspek tak terlihat lainnya dengan efektif.

2.2.5.3 Data Mental

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

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

2.2.6 Umpan Balik (*Feedback*)

Sistem dinamis memandang bahwa suatu sistem memiliki *loop* tertutup, konsep dasar sistem dinamis adalah mengenai umpan balik, sehingga setiap variabel yang ada pada sistem dapat memiliki dua peran yaitu sebagai penyebab

dan sebagai akibat. Dalam sistem tertutup, perubahan pada suatu variabel dapat mempengaruhi perubahan pada keseluruhan lingkungan dalam sistem, termasuk variabel itu sendiri.

Umpan balik merupakan suatu proses di mana suatu variabel penyebab melewati suatu rantai hubungan kausal sehingga menyebabkan perubahan pada variabel penyebab itu sendiri. Umpan balik dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- Umpan balik positif

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

- Umpan balik negatif

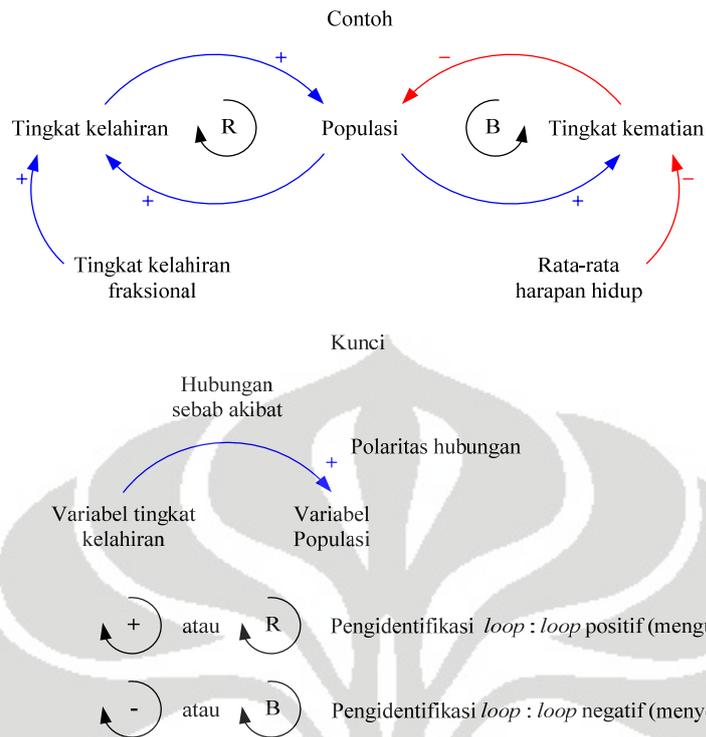
Suatu umpan balik disebut negatif apabila peningkatan pada suatu variabel akan mengakibatkan penurunan pada variabel yang sama. Umpan balik negatif bersifat menyetabilisasi sistem atau menyeimbangkan sistem. Umpan balik negatif dapat ditemui pada sistem yang memiliki perilaku dengan pola osilasi.

2.2.7 Diagram *Loop* Sebab-akibat (*Causal Loop Diagram*)

Diagram *loop* sebab akibat adalah alat yang penting untuk merepresentasikan struktur umpan balik dari sistem. Diagram *loop* sebab akibat baik jika digunakan untuk (Sterman, 2000, hal. 137) :

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

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



Gambar 2.6 Cara Penulisan Diagram *Loop* Sebab-Akibat

(Sumber : Sterman, 2000, hal. 138)

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

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

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

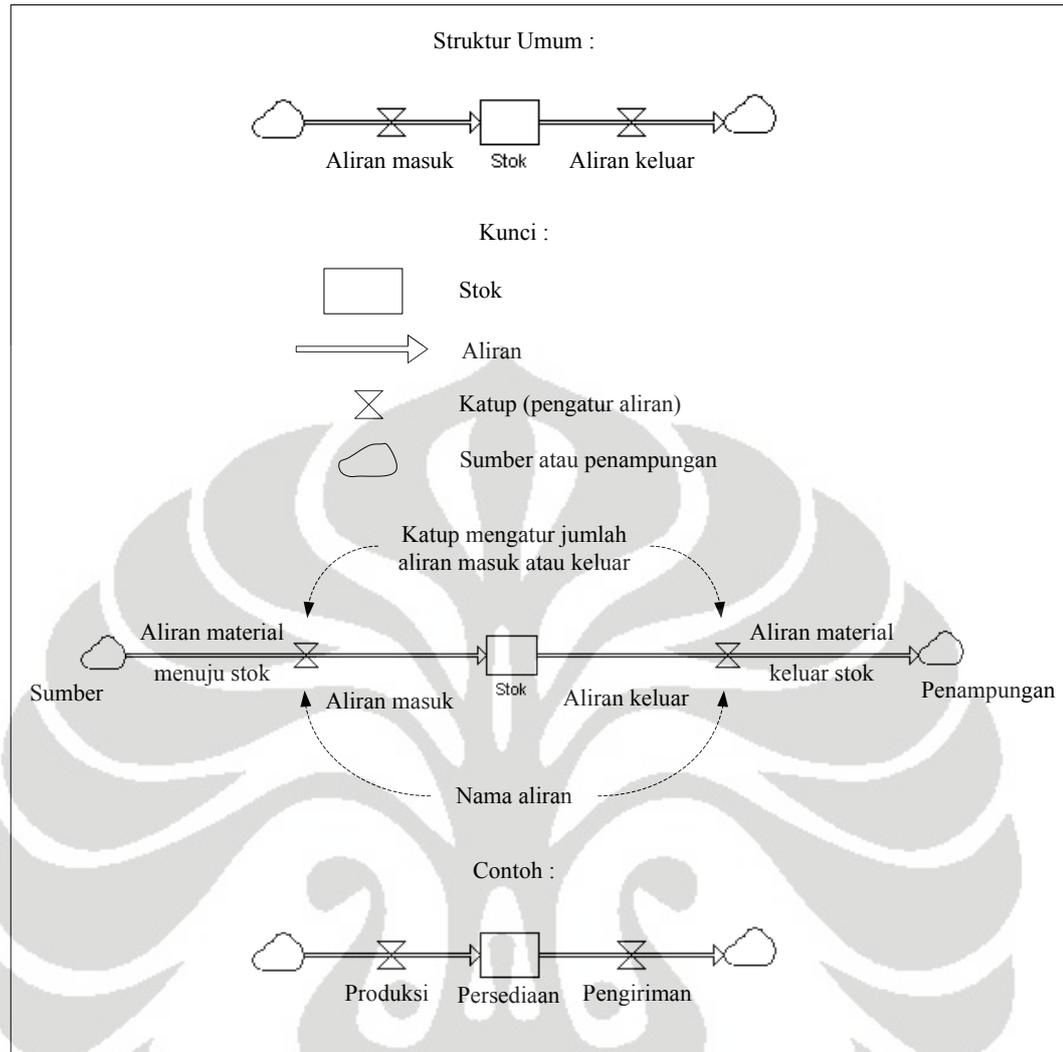
Gambar 2.7 Polaritas Hubungan

(Sumber : Sterman, 2000, hal. 139)

2.2.8 Diagram Alir (*Stock and Flow Diagram*)

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

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



Gambar 2.8 Cara Penulisan Diagram Alir

(Sumber : Sterman, 2000, hal. 193)

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

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

Katup yang mengendalikan aliran. Awan mewakili sumber dan penampungan aliran. Sumber menggambarkan darimana stok berasal dan dimana aliran yang mula-mula berada diluar batasan model muncul. Sementara, penampungan menggambarkan kemana stok menuju dimana aliran yang

meninggalkan batasan model keluar. Sumber dan penampungan diasumsikan memiliki kapasitas yang tidak terhingga dan tidak pernah dapat membatasi aliran.

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



Gambar 2.9 Analogi Hidrolik

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

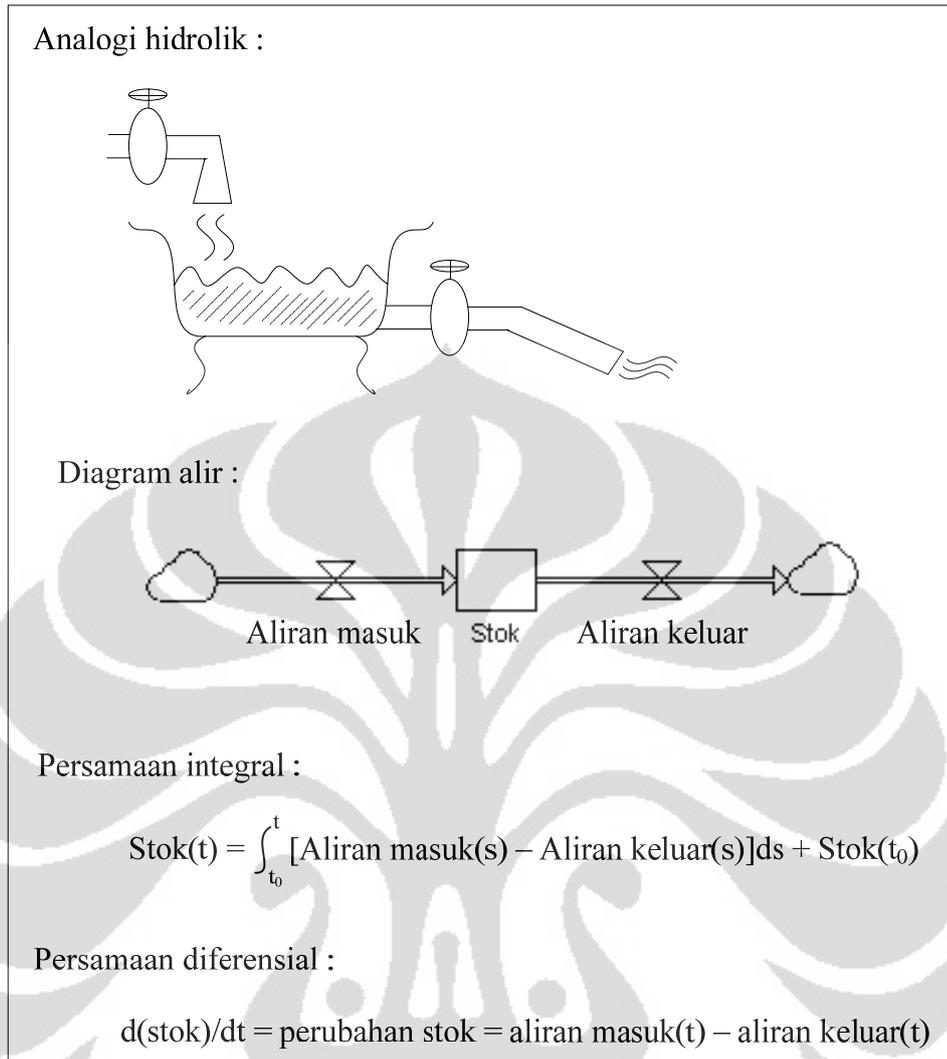
Melalui cara yang sama, kuantitas material dalam stok apapun merupakan akumulasi dari aliran material yang masuk dikurangi aliran material yang keluar. Analogi ini memiliki pengertian matematis yang tepat dan tidak ambigu. Stok mengakumulasi atau mengintegrasikan alirannya; aliran menuju stok adalah tingkat perubahan dari stok. Oleh karena itu, struktur yang digambarkan dalam gambar 2.10 di atas sesuai dengan persamaan integral berikut ini :

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

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

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

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



Gambar 2.10 Representasi Struktur Diagram Alir

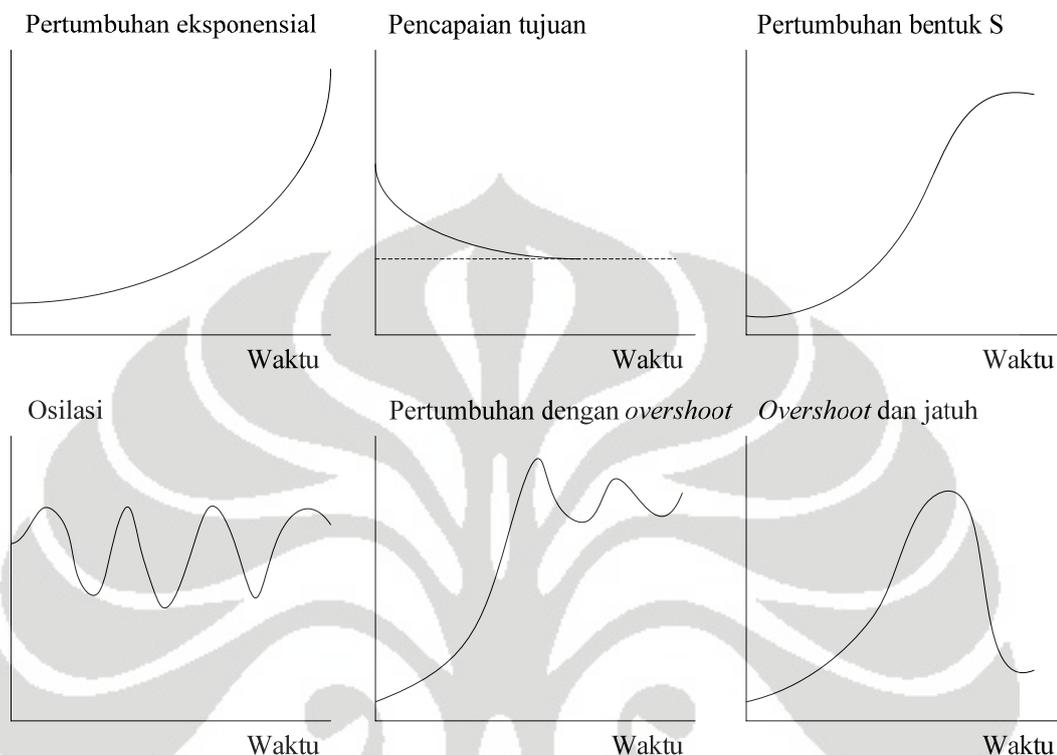
(Sumber : John D. Sterman, 2000, hal. 194)

2.2.9 Struktur dan Perilaku Sistem Dinamis

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

Perubahan mengambil banyak bentuk, dan variasi dari kedinamisan di sepenulsi penulis sangat mengejutkan. Dapat dibayangkan bahwa ada banyak sekali variasi yang sesuai dari struktur umpan balik yang berbeda-beda untuk menghitung susunan kedinamisan yang bermacam-macam. Pada kenyataannya kedinamisan merupakan contoh kecil dari pola perilaku yang berbeda, seperti

pertumbuhan ekponensial (*exponential growth*) atau osilasi (*oscillation*). Gambar berikut menunjukkan model perilaku secara umum.



Gambar 2.11 Perilaku Model secara Umum

(Sumber : Sterman, 2000, hal. 108)

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

2.2.10 Validasi Model

Banyak pemodel yang membicarakan masalah "validasi" atau mengklaim bahwa mereka memiliki model yang telah di "verifikasi". Pada kenyataannya,

validasi serta verifikasi tidaklah mungkin. Verifikasi berasal dari bahasa latin ”*verus*” yang berarti kebenaran sedangkan valid didefinisikan sebagai ”memiliki satu kesimpulan yang benar yang diturunkan dari premis-premisnya ... dan secara tersirat didukung oleh kebenaran objektif” (Sterman, 2000).

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

Tabel 2.1 Cara-Cara Validasi Model

No	Jenis Pengujian	Tujuan Pengujian	Alat dan Prosedur
1	Kecukupan batasan	Menentukan batasan masalah yang dianggap <i>endogenous</i>	Gunakan grafik batasan, diagram sub-sistem, diagram sebab-akibat, peta <i>stock and flow</i> , dan pemeriksaan persamaan model secara langsung
		Apakah perilaku model berubah secara signifikan ketika batasan masalah diubah?	Gunakan <i>interview</i> , <i>workshop</i> untuk mendapatkan opini para ahli, bahan-bahan utama, literatur, partisipasi langsung pada proses sistem
		Apakah rekomendasi kebijakan akan berubah ketika batasan model diperluas?	Modifikasi model untuk mendapatkan struktur tambahan yang mungkin, membuat konstanta dan variabel eksogenus dan endogenus, lalu ulangi analisa kebijakan dan sensitivitas

Tabel 2.2 Cara-Cara Validasi Model (Sambungan)

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

Tabel 2.2 Cara-Cara Validasi Model (Sambungan)

No	Jenis Pengujian	Tujuan Pengujian	Alat dan Prosedur
5	Kondisi ekstrim	Apakah model tersebut masih sesuai jika inputnya ditaruh sebagai kondisi ekstrim?	Periksa tiap persamaan, tes respon pada nilai ekstrim di tiap input, tiap bagian atau dalma kombinasi
		Apakah model memungkinkan merespon kebijakan, gangguan, dan parameter ekstrim?	Subjek model pada gangguan besar dan kondisi ekstrim. Gunakan tes sesuai dengan aturan dasar (misal: tidal ada inventori, tidak ada <i>shipment</i> , dll)
6	<i>Error</i> dalam integrasi	Apakah hasil simulasi sensitif terhadap pemlihatn timestep atau metode integrasi numerik?	Gunakan setengah timestep dan tes perubahan perilakunya. Gunakan metode integrasi berbeda dari tes perubahan perilakunya
7	Reproduksi perilaku	apakah model menghasilkan perilaku penting dari sistem?	gunakan pengukuran statistik untuk melihat kesesuaian antara model dan data
		Apakah variabel endogenus menghasilkan gejala kesulitan pembelajaran?	Bandingkan keluaran model dengan data secara kualitatif termasuk perilaku sederhana, ukuran variabel, asimetris, amplitudo dan fase relatif, kejadian yang tidak biasa
		Apakah model menghasilkan beberapa perilaku sederhana seperti pada dunia nyata?	
		Apakah frekuensi dan fase hubungan antar variabel sesuai dengan data?	Perilaku respon model terhadap input tes, <i>shock event</i> dan <i>noise</i>

Tabel 2.2 Cara-Cara Validasi Model (Sambungan)

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

(Sumber : Sterman, 2000, hal. 859)

2.2.11 Analisis Sensitivitas Model

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

2.3 Perhitungan Profitabilitas

2.3.1 Perhitungan Kuantitatif

Terdapat beberapa metode dalam mengukur profitabilitas yakni, *return on investment, return on average investment, payout period, payout period with interest, net present value, dan internal rate of return.*

2.3.1.1 Return on Investment (ROI)

Pengenalan dari *return on investment* adalah dari Du Pont. ROI ini merupakan perhitungan paling sederhana dan seringkali digunakan untuk jawaban yang cepat. Persamaannya adalah

$$RO(O)I = \frac{\text{annual net profit (earnings) after taxes}}{\text{total capital investment}} \times 100$$

Meskipun metode ini mudah untuk digunakan dan berhubungan dengan metode akuntansi yang dapat diterima, perhitungan ini memiliki beberapa kelemahan yang serius, diantaranya adalah

- konsep *time value of money* terabaikan,
- asumsi dasar dalam metode ini adalah menganggap semua proyek sama secara alami satu sama lain,
- proyek akan berjalan selama estimasi waktu yang seringkali tidak benar,

- bobot yang sama diberikan kepada semua pendapatan setiap tahun yang sebenarnya tidak selalu benar,
- tidak mempertimbangkan waktu dalam aliran kas,
- tidak mempertimbangkan pengembalian modal.

2.3.1.2 Return on Average Investment (ROAI)

Metode ini digunakan untuk menghitung profitabilitas dari investasi dengan menggunakan data akuntansi dan berdasarkan metode rata-rata di mana, FCI adalah *fixed capital investment*.

$$\text{ROAI} = \frac{\text{annual net profit (earnings) after taxes}}{\text{land} + \text{working capital} + \text{FCI}/2} \times 100$$

2.3.1.3 Payout Period (POP)

Tujuan dari metode ini adalah untuk menghitung jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menutupi investasi harta tetap yang terdepresiasi dari aliran kas suatu proyek. *Payout period* sering digunakan dalam konjungsi perhitungan profitabilitas lainnya. POP didapatkan dengan,

$$\text{Payout period (POP)} = \frac{\text{depreciable fixed capital investment}}{\text{after-tax cash flow}}$$

2.3.1.4 Payout Period with Interest (POPI)

Payout period dengan bunga akan memperhitungkan *time value of money*. Dampak dari perhitungan bunga adalah untuk meningkatkan waktu pengembalian, oleh karena itu merefleksikan keuntungan proyek yang paling menghasilkan profit tersebut pada tahun-tahun awal. Persamaannya adalah sebagai berikut.,

$$\begin{aligned} \text{Payout period with interest} &= (\text{POP})_i \\ &= \frac{(\text{after-tax cash flows})_i}{(\text{fixed capital investment})_i} \end{aligned}$$

2.3.1.5 Net Present Value (NPV)

Sampai dengan bagian ini, masih belum ada metode perhitungan profitabilitas yang memuaskan, tetapi NPV merupakan salah satu metode yang

banyak digunakan perusahaan karena tidak ada kerugian seperti metode sebelumnya dan mempertimbangkan adanya efek *time value of money*. NPV merupakan penjumlahan aljabar dari nilai yang terdiskon dari *cash flow* selama waktu sebuah proyek. Formula perhitungannya adalah,

$$\text{Net present worth (NPW)} = \text{present worth of all cash inflow} \\ - \text{present worth of all investment items}$$

2.3.1.6 Internal Rate of Return (IRR)

IRR merupakan *interest rate* yang akan membuat *present value* dari ekspektasi kas yang dihasilkan dari investasi yang sama nilai dengan *present value* dari kas yang dibutuhkan dari investasi. Dengan kata lain, IRR adalah *discount rate* yang dihasilkan ketika NPV sama dengan nol. IRR juga dikenal dengan *discounted cash flow rate of return*. Pada prinsipnya, teknik ini persis sama dengan metode NPV. *Discount rate* ditentukan oleh manajemen berdasarkan factor dalam penentuan MARR, dan kemudian NPV dikalkulasikan. Bagaimanapun juga, metode IRR akan menghasilkan NPV ke nilai nol. Hasil perhitungan IRR ini kemudian dibandingkan dengan criteria manajemen dalam melakukan pemilihan proyek pada sebuah tingkat risiko tertentu.

2.3.2 Perhitungan Kualitatif

Dalam pengambilan keputusan, terdapat beberapa cara dalam menentukan keputusan investasi yang berdasarkan kuantitatif dan juga kualitatif. Kedua hal ini perlu dipertimbangkan dengan baik. Hasil studi dari kriteria investasi *intangible* telah dikembangkan oleh Perry, Scott, dan Bird, berdasarkan respon dari perusahaan yang terdaftar dalam *Fortune 500 list*. Kriteria tersebut diantaranya adalah moral pegawai, keamanan pegawai, batasan lingkungan, batasan aturan, citra perusahaan dan tujuan manajemen perusahaan..

2.4 Regresi Linear

Dalam statistik, regresi linear digunakan untuk dua hal berikut:

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

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

2.4.1 Model Teoritis

Sebuah model dari regresi linear multiple adalah seperti berikut:

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

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

2.4.2 Asumsi Dasar

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

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

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

BAB 3

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini, akan dibahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data. Seperti yang telah dijelaskan pada bab 2, data-data yang dikumpulkan dapat berupa data tertulis, data numerik maupun data mental. Alur pengumpulan dan pengolahan data dimulai dari pengolahan terhadap data mental untuk mengidentifikasi permasalahan dan kondisi yang ada. Dari konsep permasalahan yang dipahami pada data mental, kemudian ditentukan variabel dan parameter kunci yang akan digali informasinya lebih lanjut dengan mengumpulkan dan mengolah data tertulis dan data numerik. Integrasi dari pengolahan data-data inilah yang kemudian digunakan sebagai landasan dalam perancangan model simulasi yang akan dibahas pada bab berikutnya.

3.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data Mental

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

3.1.1 Pengumpulan Data Mental dari Jurnal Penelitian

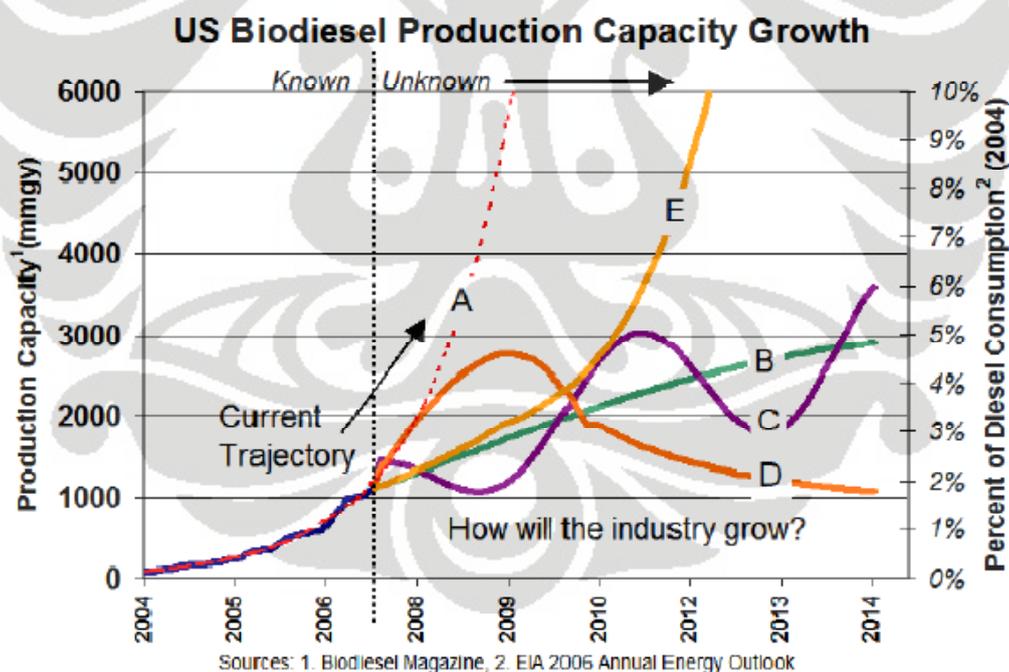
Bagian ini membahas mengenai pengumpulan data mental yang diperoleh dari jurnal penelitian yang meneliti tentang permasalahan yang terdapat di dalam program pengembangan bahan bakar nabati dari sudut pandang berpikir sistem dan sistem dinamis. Pembahasan terhadap jurnal-jurnal penelitian tersebut dijelaskan sebagai berikut.

- Jurnal *Understanding U.S. Biodiesel Industry Growth using System Dynamics Modeling* (Bantz & Deaton, 2008)

Seperti negara Indonesia, negara Amerika Serikat menghadapi masalah ketergantungan akan bahan bakar fosil dan *biofuel* dianggap sebagai salah satu solusi dari masalah tersebut. Dalam hal ini, pemerintah mencanangkan program pengembangan biodiesel untuk mencukupi sebagian dari kebutuhan energi solar.

Permasalahan yang ada tergolong kompleks, karena solusi yang ada harus mampu menjawab baik sisi penawaran maupun permintaan dari persamaan yang ada. Solusi yang ada harus bersifat multi-faset, *feasible* dari segi ekonomis, dan berkelanjutan (*sustainable*).

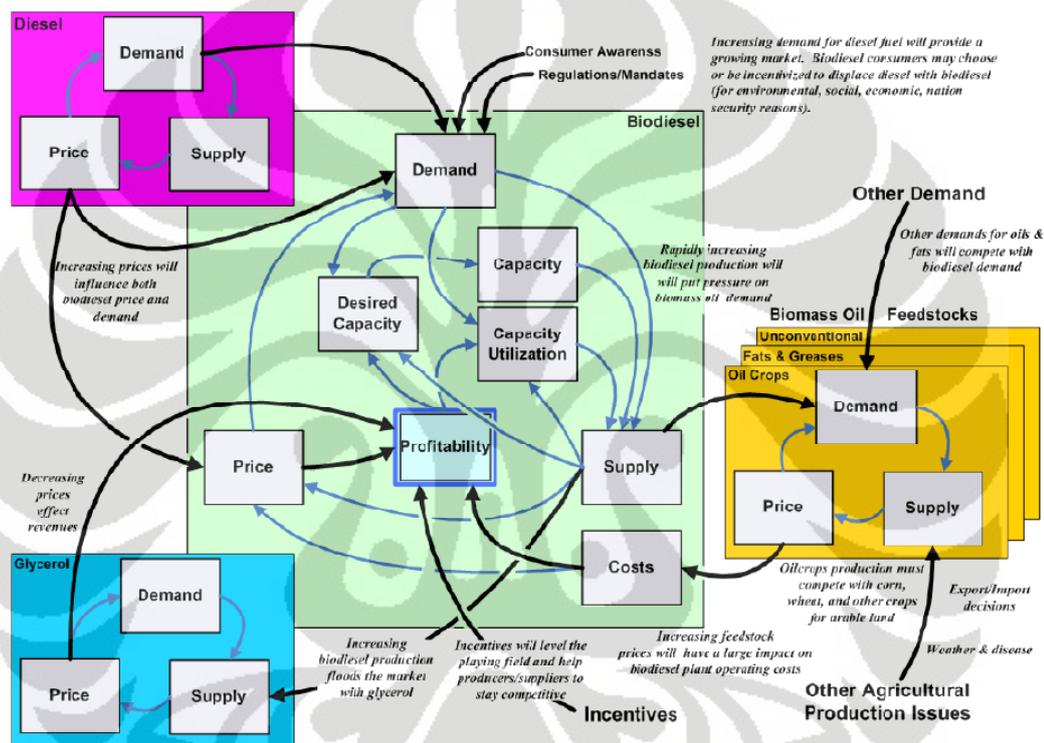
Metode sistem dinamis di dalam penelitian ini digunakan untuk mempelajari kompleksitas yang terdapat di dalam pasar biodiesel dan untuk melihat dinamika-dinamika yang ada yang mengarah kepada pertumbuhan yang pesat atau kemunduran di dalam pasar biodiesel.



Gambar 3.1 Proyeksi Pertumbuhan Kapasitas Produksi Biodiesel di Amerika Serikat

(Sumber: Bantz & Deaton, 2008)

Pada gambar 3.1 dapat dilihat proyeksi pertumbuhan kapasitas produksi biodiesel ditunjukkan dengan *trend line* garis A. Masalah yang dihadapi adalah tidak diketahuinya apakah proyeksi pertumbuhan ini dapat terus berlanjut mengingat keterbatasan *feedstock* yang ada. Melalui metode sistem dinamis, akan dilihat apakah pertumbuhan kapasitas produksi biodiesel akan berbentuk garis yang mulus seperti garis B, menunjukkan fenomena *boom and bust* seperti pada garis C, atau pertumbuhan yang naik dengan amat pesat seperti garis B.



Gambar 3.2 Causal Loop Diagram Industri Biodiesel di Amerika Serikat

(Sumber: Bantz & Deaton, 2008)

Dari *causal loop diagram* pada gambar 3.2 di atas, dapat dilihat faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap pertumbuhan industri biodiesel, yang di antaranya adalah sebagai berikut:

- Pemicu pertumbuhan

Pendorong pengembangan bahan bakar alternatif untuk memenuhi porsi permintaan yang ada dipengaruhi oleh beberapa pertimbangan seperti pertimbangan ketahanan energi, kesadaran konsumen akan isu lingkungan dan ekonomi, serta regulasi/mandat yang mempromosikan penggunaan biodiesel.

Usaha yang dilakukan pemerintah, seperti mandat atau regulasi, menciptakan suatu *market share* tersendiri untuk biodiesel, yang dalam hal ini menarik minat investor yang melihat adanya kesempatan untuk memenuhi pasar dengan jumlah permintaan yang ada melebihi jumlah penawaran. Ini juga diperkuat dengan bermacam-macam insentif yang ditawarkan pemerintah untuk mendorong pertumbuhan industri biodiesel ini.

- Bahan baku (*feedstock*)

Bahan baku untuk suatu *biofuel* dapat berupa minyak sayuran, lemak hewani, atau dari minyak jelantah. *Feedstock* merupakan hal yang penting di dalam industri ini dikarenakan beberapa hal yang akan dijelaskan sebagai berikut.

Pilihan bahan baku yang digunakan akan mempengaruhi keputusan investasi yang dilakukan oleh pemain bisnis ini pada saat berencana melakukan pembangunan *plant*. Semakin rendah kualitas bahan baku yang digunakan, semakin banyak perlengkapan pemrosesan yang dibutuhkan.

Secara rata-rata, 70-80% dari biaya operasional terletak pada biaya bahan baku. Oleh karena itu, keputusan untuk memproses bahan baku dengan harga dan mutu yang rendah mungkin dapat mempertahankan profitabilitas dari produksi biodiesel, namun terdapat dampak negatif yang dapat ditimbulkan. Sebagai contoh, dengan menggunakan bahan baku berkualitas rendah, jumlah gliserol yang dapat dijual akan semakin rendah. Hal ini tentunya akan mengurangi jumlah pendapatan yang dapat diterima. Selain itu, karena bahan baku berkualitas rendah membutuhkan lebih banyak pemrosesan, potensi munculnya permasalahan pada kualitas produk menjadi semakin besar.

Adapun permasalahan terbesar menyangkut bahan baku adalah mengenai ketersediaan dan harga dari bahan baku di masa mendatang. Ketersediaan bahan baku dapat ditingkatkan melalui perbaikan pemanenan, peningkatan jumlah lahan, atau penggunaan bahan baku lain seperti minyak *canola* dan minyak jarak.

- Gliserol

Gliserol merupakan produk sampingan dari biodiesel dan dapat dijual dalam bentuk mentah atau dijual setelah mengalami proses penyulingan. Oleh karena itu, adanya gliserol sebagai hasil sampingan produksi biodiesel akan menambah arus kas di samping dari penjualan dari biodiesel itu sendiri.

- Insentif pemerintah

Di dalam model simulasi pertumbuhan industri biodiesel di Amerika Serikat ini disertakan unsur insentif pemerintah, serta mandat dan regulasi sebagai variabel eksogen yang dapat dimanipulasi untuk mensimulasikan pengaruhnya terhadap profitabilitas produsen biodiesel.

- Harga minyak solar dan biodiesel

Seperti komoditas lainnya, konsumen umumnya akan memilih yang menawarkan harga terendah. Biodiesel di dalam model ini adalah sebuah pengecualian karena konsumen akan rela membayar tinggi untuk memperoleh manfaat dari biodiesel (yakni manfaat bagi para petani, bagi lingkungan, atau bagi ketahanan nasional).

Sementara itu, hubungan harga terhadap permintaan yang terdapat di dalam model ini tidak berbanding lurus. Dalam hal ini, keputusan yang ada bagi konsumen bukanlah untuk memilih antara minyak solar atau biodiesel, karena biodiesel itu sendiri akan dicampur dengan minyak solar (dengan konsentrasi antara 2, 5, 10, dan 20 persen). Oleh karena itu, harga *blending* pada stasiun pengisian akan sangat bergantung kepada harga solar, yang dipegaruhi oleh harga minyak mentah dan isu suplai jangka pendek.

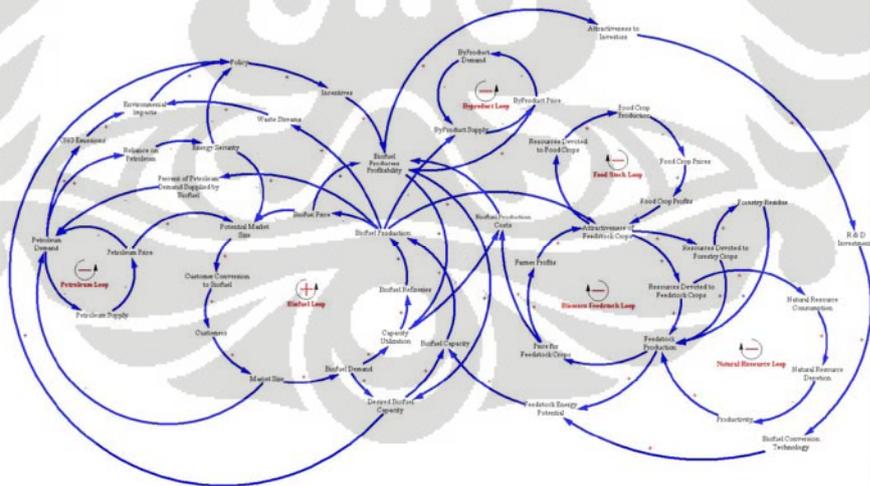
Sementara kenaikan harga solar akan mengurangi permintaan secara keseluruhan terhadap minyak solar, kenaikan harga ini juga akan meningkatkan permintaan untuk biodiesel dan memungkinkan penyuplai biodiesel untuk menawarkan dengan harga tinggi. Harga biodiesel yang ada harus cukup tinggi bagi produsen untuk dapat menutupi biaya produksi dan bagi distributor untuk menutupi biaya *blending* sehingga dapat diperoleh profit yang diinginkan.

Pada intinya, melalui penjelasan dan *causal loop diagram* dari jurnal penelitian ini didapatkan pemahaman mengenai struktur sistem pengembangan industri biodiesel sebagai berikut:

- Hubungan timbal balik antara permintaan, suplai, dan harga satu dengan yang lainnya, serta pengaruhnya terhadap perilaku sistem secara keseluruhan.
- Pengaruh hasil sampingan (*byproduct*) biodiesel terhadap perilaku keseluruhan sistem.

- Pengaruh bahan baku (*feedstock*) biodiesel terhadap perilaku keseluruhan sistem.
- Adanya pengaruh yang kuat dari dukungan yang diberikan pemerintah baik dalam bentuk regulasi, mandat, atau subsidi terhadap keberlangsungan pertumbuhan industri biodiesel.
- Jurnal *Sustainable Harvest for Food and Fuel* (Grosshans, et. al., n.d.).

Jurnal ini mengangkat permasalahan yang serupa dengan permasalahan yang ada pada jurnal sebelumnya, yakni program pengembangan *biofuel* sebagai langkah untuk mewujudkan pertumbuhan ekonomi dan ketahanan energi, serta untuk melindungi lingkungan hidup. Pemerintah Amerika Serikat menargetkan penggunaan *biofuel* bebas karbon untuk menggantikan 30 persen dari konsumsi minyak Amerika Serikat. *Biofuel* ini, termasuk di dalamnya bioethanol dan biodiesel, diproduksi dari bahan baku biologis atau biomassa. Adapun sudut pandang yang digunakan dalam penelitian ini adalah sudut pandang berkelanjutan (*sustainability*). *Causal loop diagram* dari jurnal penelitian ini ditunjukkan sebagai pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 *Causal loop diagram* Industri *Biofuel* Amerika Serikat berdasarkan Sudut Pandang *Sustainability*

(Sumber: Grosshans, et. al., n.d.)

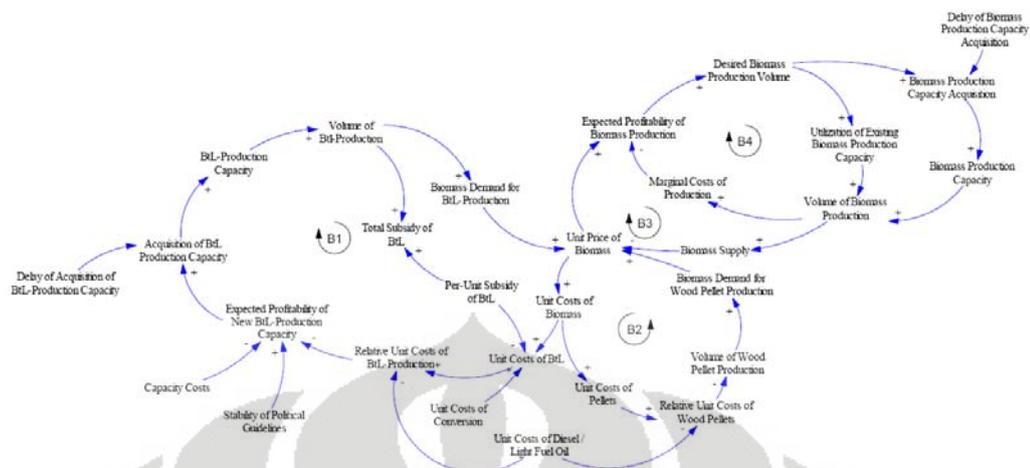
Dapat dikatakan bahwa *causal loop diagram* pada jurnal penelitian ini merupakan perluasan dari *causal loop diagram* yang dibahas pada jurnal

penelitian sebelumnya. Dalam hal ini, digambarkan lebih mendetail bagaimana hubungan antara penawaran, permintaan, dan harga satu dengan lainnya serta pengaruh dari hubungan ini terhadap perilaku sistem secara keseluruhan. Pengetahuan tambahan yang dapat diperoleh dari *causal loop diagram* ini adalah mengenai peranan supplier *feedstock*, yakni petani, di dalam sistem secara keseluruhan. Dalam hal ini, sumber daya yang dialokasikan petani untuk *biofuel* sangat bergantung pada seberapa atraktif profit yang dapat diperoleh dari penjualan hasil panennya untuk *biofuel*. Profit ini sendiri bergantung pada berapa harga yang dapat ditawarkan untuk bahan baku *biofuel* ini.

Selain itu, melalui *causal loop diagram* ini juga didapatkan identifikasi akan adanya pembatas terhadap pertumbuhan perkembangan industri *biofuel*, yakni ketersediaan sumber daya alam, yang dalam hal ini diidentikkan dengan ketersediaan lahan. Sementara itu, dari *causal loop diagram* ini juga dapat diperoleh bagaimana hubungan antara sistem yang ada terhadap parameter keberlanjutan seperti lingkungan dan sosial, yang mana berada di luar lingkup penelitian ini.

- Jurnal *The Economics of Biomass-to-Liquid Fuels* (John, K., 2007).

Berbeda dengan kedua jurnal sebelumnya, pada jurnal penelitian ini permasalahan yang diangkat adalah target penggunaan bahan bakar alternatif di Uni Eropa. Jenis *biofuel* yang dibahas adalah jenis *Biomass-to-Liquid* (BtL), yakni bahan bakar cair yang diperoleh dari transformasi biomassa seperti butir kayu, tebu, bit, dan lain-lain. Model simulasi sistem dinamis digunakan untuk mengevaluasi peranan BtL pada masa depan dengan mempertimbangkan keterkaitan di antara faktor-faktor pengaruh. *Causal loop diagram* yang digambarkan di dalam penelitian ini adalah seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Causal loop diagram Model Sistem Dinamis BtL

(Sumber: John, K., 2007)

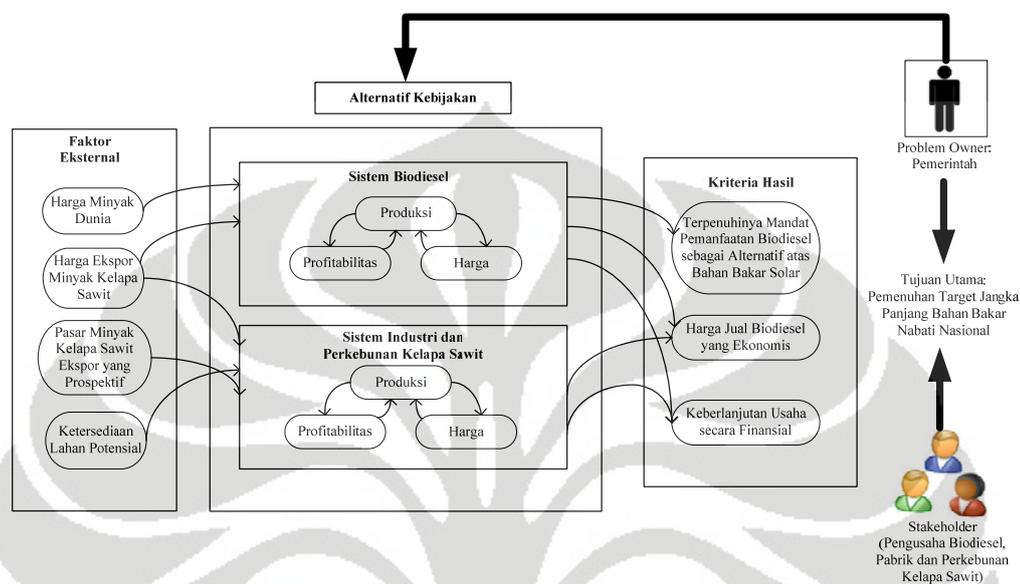
Model ini ditujukan antara lain untuk menstimulasi pertukaran pandangan mengenai keunggulan dan keterbatasan dari penggunaan BtL, untuk menyajikan kerangka kerja yang menekankan pada konsistensi, untuk memberikan pandangan baru mengenai *feedback* yang sebelumnya tidak disadari serta untuk mempelajari jalannya sistem yang ada.

Pada *causal loop diagram* ini, penekanan diberikan kepada permasalahan seberapa tergantungnya pemanfaatan BtL terhadap subsidi pemerintah. Subsidi pemerintah di dalam biaya unit produksi BtL. Di sisi lain, biaya unit produksi ini akan mempengaruhi minat produsen untuk terus memproduksi dan melakukan akuisisi kapasitas produksi BtL. Sementara itu, di dalam model ini juga diperkenalkan konsep substitusi, yakni jika biaya untuk memproduksi bahan bakar fosil lebih rendah daripada biaya produksi BtL, BtL tidak akan diproduksi karena tidak ada *customer* yang akan membeli dengan harga yang dapat menutupi biaya produksi BtL. Oleh karena itu, di dalam model ini salah satu pertanyaan yang akan dijawab adalah mengenai berapa subsidi yang harus diberikan agar program pemanfaatan BtL ini dapat berjalan.

3.1.2 Pengolahan Data Mental

Setelah diperoleh pemahaman terhadap konsep permasalahan yang berlaku secara umum dalam program pengembangan bahan bakar nabati, dengan

disesuaikan dengan kondisi yang berlaku di Indonesia, maka dibuat *system diagram* untuk menyatukan konsep-konsep yang ada serta sebagai kerangka dalam perancangan model simulasi yang akan dibuat. *System diagram* yang dibuat adalah seperti berikut.



Gambar 3.5 *System Diagram* Model Simulasi Sistem Dinamis Pemenuhan Target Jangka Panjang Biodiesel Nasional

Pada intinya, di dalam sistem yang digambarkan pada *system diagram* seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.5, dibuat konsep mengenai permasalahan yang terdapat di dalam target jangka panjang pemanfaatan biodiesel nasional dengan mempertimbangkan aspek industri biodiesel yang terdapat di Indonesia. Dalam hal ini, sesuai dengan batasan penelitian, industri biodiesel yang digambarkan di dalam *system diagram* ini adalah industri biodiesel berbahan baku kelapa sawit.

System diagram ini dibentuk dengan perspektif pemilik permasalahan (*problem owner*) adalah pemerintah. Dalam hal ini, tujuan yang ingin dicapai pemerintah dalam upayanya untuk mewujudkan ketahanan energi nasional melalui program bahan bakar nabati ini adalah pemenuhan target yang dibuat sendiri oleh pemerintah untuk memenuhi kebutuhan akan bahan bakar nabati tersebut, yang dalam hal ini adalah biodiesel. Tentunya dalam rangka mewujudkan tujuan tersebut diperlukan adanya pertimbangan terhadap

stakeholder yang terlibat, dalam konteks ini adalah industri biodiesel serta pabrik dan perkebunan kelapa sawit.

Dalam ruang lingkup sistem permodelan yang dibuat, pabrik biodiesel dan perkebunan kelapa sawit merupakan dua sistem yang saling berinteraksi satu sama lain. Adapun pemisahan kedua sistem tersebut dilakukan dengan pertimbangan bahwa keduanya memiliki kompleksitasnya masing-masing yang akan sulit untuk dipelajari dan dipahami lebih lanjut jika digabungkan.

Adapun kriteria hasil yang ingin dicapai dalam target jangka panjang biodiesel ini adalah terpenuhinya suplai biodiesel untuk dapat memenuhi dan menggantikan kebutuhan solar yang ada. Di sisi lain, tentunya biodiesel sebagai bahan bakar alternatif harus memiliki nilai jual yang kompetitif agar tidak membebankan pemerintah dalam memberikan dukungan dalam bentuk subsidi.

Melihat kembali gambaran secara keseluruhan sistem yang ada, tentunya peranan *stakeholder* tidak dapat dilepaskan begitu saja, dalam konteks harga ini, tentunya produsen biodiesel menginginkan harga jual yang mampu menutupi biaya produksinya.

Permasalahan menjadi kompleks ketika dilakukan pertimbangan terhadap aspek suplai dan produksi biodiesel yang tentunya tidak lepas dari pabrik dan perkebunan kelapa sawit. Dalam hal ini, aspek-aspek eksternal seperti harga dan permintaan minyak kelapa sawit ekspor menjadi faktor-faktor yang ikut terkait dengan program yang direncanakan pemerintah ini. Dari permasalahan dan kompleksitas yang ada inilah kemudian akan dicari kebijakan memungkinkan untuk diterapkan dalam rangka pemenuhan target ini.

System diagram ini berfungsi sebagai kerangka dalam pembentukan *causal loop diagram*, yang akan dijelaskan pada bab berikutnya dari bab ini. Oleh karena itulah, *system diagram* yang telah dibuat ini kemudian akan dijadikan acuan dalam pengumpulan dan pengolahan data tertulis dan data numerik untuk melengkapi pola pemahaman yang dipetakan dalam *system diagram* yang telah dibuat.

3.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data Tertulis

Setelah pada bagian pengumpulan dan pengolahan data mental diperoleh gambaran umum mengenai konsep dan struktur permasalahan yang terdapat dalam sistem yang ada. Namun, seperti yang telah dijelaskan pada bab 2, walaupun dapat menjelaskan keterkaitan antar variabel di dalam sistem, data mental masih bersifat terlalu umum. Oleh karena itu, pada bagian ini secara spesifik dilakukan pengumpulan data berupa informasi-informasi yang mendetail yang dibutuhkan untuk melengkapi konsep permasalahan yang telah diperoleh, yakni mengenai industri biodiesel, industri dan perkebunan minyak kelapa sawit, serta kondisi makroekonomi Indonesia. Pengumpulan dan pengolahan data tertulis yang dilakukan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut.

3.2.1 Data Tertulis Industri Biodiesel di Indonesia

Pada bagian ini dilakukan pengumpulan informasi terhadap karakteristik yang dimiliki oleh industri biodiesel di Indonesia. Secara spesifik, industri biodiesel yang dibahas pada bagian ini difokuskan kepada industri biodiesel berbahan baku kelapa sawit, sesuai dengan ruang lingkup penelitian yang dilakukan. Informasi-informasi yang dikumpulkan antara lain adalah mengenai produsen-produsen biodiesel di Indonesia, bahan baku (*feedstock*) biodiesel, kapasitas produksi biodiesel, proses produksi biodiesel, aspek finansial biodiesel, serta kebijakan terkait dengan industri biodiesel.

3.2.1.1 Produsen-Produsen Biodiesel di Indonesia

Sampai dengan bulan November 2008, terdapat 11 produsen biodiesel skala komersial di Indonesia dan 3 perusahaan yang akan menyusul dengan kapasitas produksi kurang dari 1000 ton per tahun, seperti yang terlihat pada tabel 3.1. Dengan demikian, total kapasitas produksi adalah 1.6 juta ton. Adapun semua pabrik biodiesel yang dicantumkan ini menggunakan minyak kelapa sawit sebagai bahan baku (*feedstock*) pembuatan biodiesel.

Tabel 3.1 Perusahaan-Perusahaan Biodiesel beserta Kapasitas Produksinya pada Tahun 2008-2010

Company	Location	2008		2009		2010
		Capacity	Production ¹	Capacity	Production ¹	Capacity ²
Existing facilities						
Asian Agri Tbk	Lubuk Gaung, Dumai	200	70	200	80	200
BPPT	Serpong, Banten	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Darmex Biofuel	Bekasi, East Java	150	30	150	60	150
EAI	Jakarta	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Energi Alternatif Indonesia PT	Jakarta	0.3	0.3	1	1	1
Eterindo Wahanatama Tbk	Gresik, East Java & Tancerang, Banten	120	120	240	240	240
Ghanesa Energy Group	Medan, North	3	3	10	10	10
New facilities planned for 2010						
Pertamina	Several locations					425
Platinum	Serang, Banten					17
PT Perkebunan Nusantara (PTPN)	Medan					4
SINAR MAS	Dumai, Riau					340
Bakrie, Indofood, Asianagra Sumi Ash	Sumatra, Java					510
Sweden Bioenergy	East Nusa Tenggara					300
Total	(tonnes)	1 590 100	725 100	2 522 800	1 122 800	4 118 800²
	(million litres)	1 805	825²	2 865	1 275²	4 680²

(Sumber: Legowo dan Tjakrawan, 2008)

3.2.1.2 Bahan Baku (*Feedstock*) Biodiesel

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

Sementara itu, tanaman jarak pagar (*jatropha curcas*) juga merupakan tanaman yang dikenal sebagai bahan baku biodiesel, namun saat ini budidaya tanaman tersaebut masih terbatas, sehingga pemanfaatan tanaman ini sebagai bahan baku biodiesel masih memerlukan sosialisasi. Di samping itu, kendala yang menghambat pemanfaatan tanaman jarak pagar sebagai bahan baku biodiesel adalah pada tingkat keasamannya yang masih tergolong tinggi, sehingga untuk pemanfaatan biodiesel masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

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

3.2.1.3 Kapasitas Produksi Biodiesel

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari BPPT, terdapat beberapa jenis kapasitas *plant* biodiesel, yang antara lain adalah sebagai berikut:

- Kapasitas 1 ton/hari

Plant berukuran kecil ini dapat digunakan untuk keperluan fasilitas produksi biodiesel serta untuk tujuan pelatihan dan penelitian. *Plant* ini didesain secara kompak, di mana perlengkapan yang menunjang di antaranya adalah *degumming tank*, *mixing catalyst tank*, reaktor, *evaporator*, dan *drying tank*. *Plant* ini umumnya digunakan untuk skala kecil, dan karenanya memiliki ukuran yang relatif kecil, sehingga dapat dipasang pada areal ruangan yang kecil. Kebutuhan utilitas untuk *plant* ini antara lain adalah listrik (untuk motor dan pompa),

generator uap (untuk boiler berukuran kecil), serta *cooling water system* (untuk pendingin dan kondensator).

- Kapasitas 3 ton/hari

Plant ini dirancang secara kompak, di mana perlengkapan utamanya terdiri dari *degumming tank*, *mixing catalyst tank*, reaktor, *washing tank*, evaporator, *distillation unit*, dan *drying tank*. Seperti halnya *plant* berkapasitas 1 ton/hari, *plant* ini juga berukuran relatif kecil sehingga dapat dipasang pada areal ruangan yang kecil. *Plant* ini dapat dipasangkan dengan PKS yang memenuhi persyaratan utilitas yang memadai. Pada *plant* ini dimungkinkan dilakukan *methanol recovery*, yang mengaplikasikan proses evaporasi dan distilasi, sehingga output yang dihasilkan lebih tinggi. *Plant* ini juga dapat memproduksi biodiesel menggunakan FFA yang sudah mengalami proses *recovery* dari *recovery unit*.

- Kapasitas 6 ton/hari

Plant ini dirancang secara kompak dan merupakan versi perbaikan dari *plant* berkapasitas 3 ton/hari. *Plant* ini dapat dipasangkan dengan PKS atau pabrik pengolahan minyak jarak yang memenuhi persyaratan utilitas yang memadai. Seperti halnya *plant* berkapasitas 3 ton/hari, pada *plant* ini juga dimungkinkan dilakukan *methanol recovery* dan dapat mengolah FFA yang sudah mengalami proses *recovery* untuk memproduksi biodiesel.

- Kapasitas 8-10 ton/hari

Walaupun *plant* ini memiliki kapasitas dan ukuran fisik yang besar, *plant* ini juga didesain secara kompak dan dapat dipasangkan dengan PKS yang memenuhi persyaratan utilitas yang memadai.

3.2.1.4 Proses Produksi Biodiesel

Biodiesel dibuat melalui suatu proses kimia yang disebut transesterifikasi dimana gliserin dipisahkan dari minyak nabati. Proses ini menghasilkan dua produk yaitu metil ester (biodiesel)/*mono-alkyl ester* dan gliserin/gliserol 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. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2006), proses dasar pembuatan biodiesel secara rinci dijelaskan pada bagian berikut ini.

- Transesterifikasi

Proses transesterifikasi meliputi dua tahap. Transesterifikasi I yaitu pencampuran antara kalium hidroksida (KOH) dan metanol (CH_3OH) 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 (biodiesel) 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.

- Pencucian

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).

- Pengerinan

Pengerinan bertujuan untuk menghilangkan air yang tercampur dalam metil ester. Pengerinan dilakukan sekitar 10 menit pada suhu 130°C. Pengerinan dilakukan dengan cara memberikan panas pada produk dengan suhu sekitar 95°C secara sirkulasi. Ujung pipa sirkulasi ditempatkan di tengah permukaan cairan pada alat pengerin.

- Filtrasi

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.

3.2.1.5 Aspek Finansial Biodiesel

Data-data digunakan sebagai dasar dalam perhitungan pertimbangan aspek finansial biodiesel antara lain disajikan sebagai berikut.

- Investasi Biodiesel

Biaya-biaya yang terkait ketika melakukan investasi usaha biodiesel antara lain adalah investasi lahan, pengeluaran pra-proyek, pengolahan air, *loading arm*, *power plant*, pabrik dan modal kerja, seperti yang terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Biaya Investasi Biodiesel

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

(Sumber: Departemen Pertanian, 2009, telah diolah kembali)

- Biaya Produksi

Unsur biaya yang digunakan dalam operasional produksi biodiesel dapat terlihat dalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 Biaya Produksi Biodiesel

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

(Sumber: Departemen Pertanian, 2009 telah diolah kembali)

3.2.1.6 Kebijakan Terkait dengan Industri Biodiesel

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

- Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2006

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

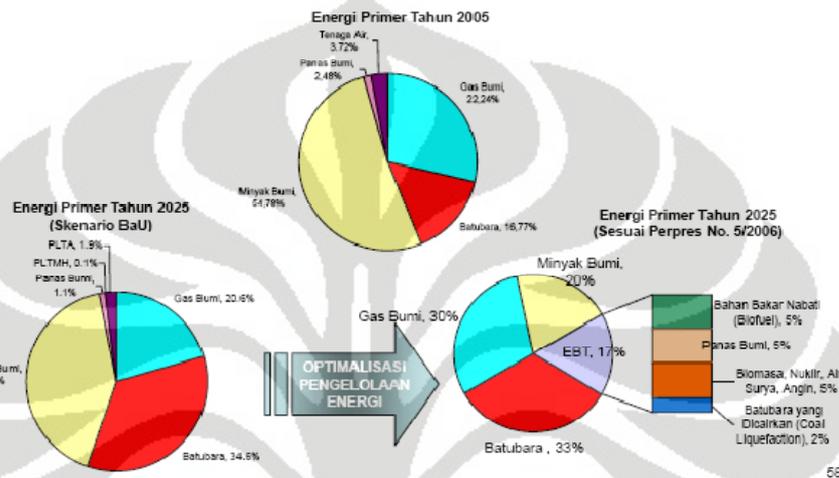
- *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025

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

Bahan bakar nabati menjadi salah satu bauran energi nasional yang harus dikembangkan oleh pemerintah sampai dengan tahun 2025 dengan komposisi

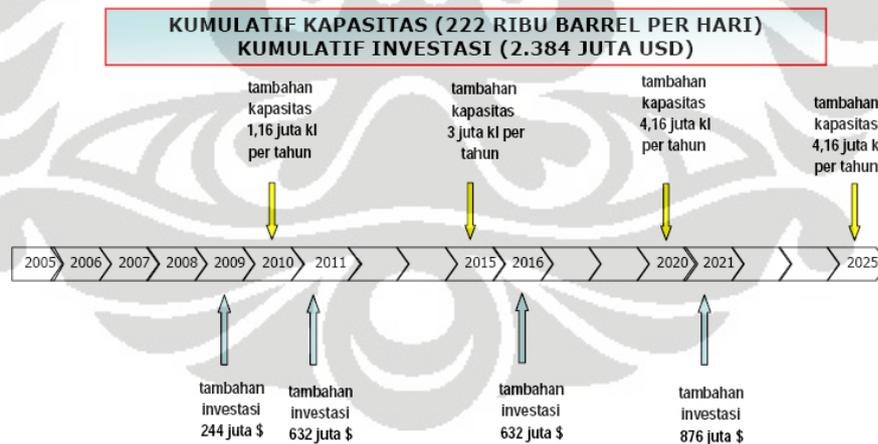
hingga 5% dari kebutuhan energi nasional seperti yang ditunjukkan pada Sasaran Bauran Energi Primer Nasional 2025 pada gambar 3.6. Sementara itu, perencanaan untuk biodiesel ditunjukkan pada *milestone* biodiesel seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7.

SASARAN BAURAN ENERGI PRIMER NASIONAL 2025 Sesuai Perpres No. 5/2006



Gambar 3.6 Sasaran Bauran Energi Primer Nasional 2025

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



Gambar 3.7 Milestone Biodiesel

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

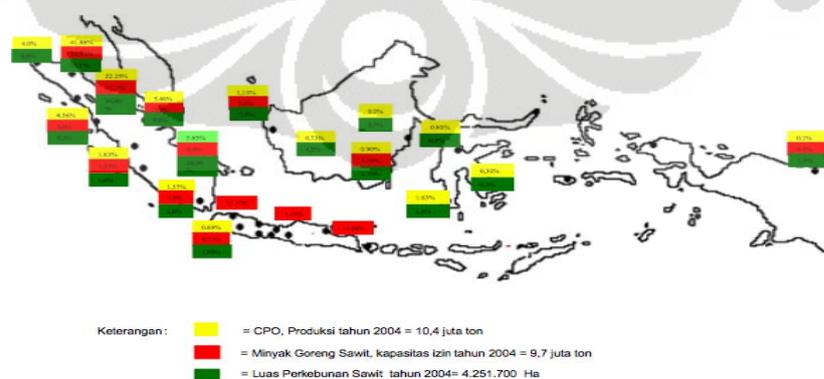
- *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2006-2025

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

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

3.2.2 Data Tertulis Industri dan Perkebunan Minyak Kelapa Sawit di Indonesia

Indonesia sebagai negara pertanian mempunyai peluang menjadi market leader dalam berbagai komoditi pertanian. Pengembangan agribisnis kelapa sawit idealnya diarahkan pada agribisnis skala kecil sampai menengah di pedesaan dengan teknologi tepat guna. Adapun persebaran luas lahan dan produksi tanaman kelapa sawit tersajikan pada gambar 3.8. Dari lahan yang tersedia tersebut, sebagian di antaranya dialokasikan untuk pengembangan biodiesel seperti yang dapat dilihat pada tabel 3.2.



Gambar 3.8 Peta Persebaran Luas Lahan dan Produksi Kelapa Sawit

(Sumber: Pusdatin Departemen Perindustrian)

Tabel 3.2 Perkiraan Luas Lahan Kelapa Sawit untuk Biodiesel (dalam juta hektar)

Feedstock	Biofuel-related plantations as of June 2008	Planned new plantations by 2010	Total
Oil-palm	0.40 (of a total 6.8)	3.06	3.46
<i>Jatropha curcas</i>	0.15	1.54	1.69
Total	0.55	4.6¹	5.15¹

(Sumber: Legowo, 2008)

Penjelasan lebih lanjut mengenai aspek produksi dan finansial dari pabrik dan perkebunan kelapa sawit akan dijelaskan sebagai berikut.

3.2.2.1 Kapasitas Produksi Pabrik Kelapa Sawit

Kapasitas pengolahan pabrik kelapa sawit biasanya dihitung dengan kemampuan pabrik kelapa sawit mengolah tandan buah segar selama 1 jam. Berdasarkan kemampuan mengolah tandan buah segar, terdapat 3 jenis rancangan utama pabrik kelapa sawit, di antaranya adalah sebagai berikut:

- *Mini mill*, pabrik kelapa sawit dengan kapasitas olah (*throughput*) 5 ton tandan buah segar per jam
- *Reguler mill*, pabrik kelapa sawit dengan kapasitas olah 30, 45, 60, dan 90 ton tandan buah segar per jam
- *Interm line mill*, pabrik kelapa sawit dengan kapasitas olah 30 ton tandan buah segar per jam, tetapi *platform*-nya disiapkan untuk kapasitas 45 atau 60 ton tandan buah segar per jam. Dengan demikian, pada saat *extension*, pabrik kelapa sawit hanya dilakukan penambahan *line* proses.

3.2.2.2 Aspek Panen dan Produksi Kelapa Sawit

Pada pohon kelapa sawit yaitu terdapat 4 fase, yakni tanaman belum menghasilkan (TBM), tanaman muda, tanaman remaja dan tanaman tua. Pada fase TBM, tanaman kelapa sawit belum menghasilkan buah, dengan seiring tumbuhnya pohon, produktivitas tiap tahun naik pada fase tanaman muda dan mencapai puncaknya pada tanaman remaja. Sedangkan pada tanaman tua, produktivitas menurun sampai usia produktif kelapa sawit yaitu sekitar 30 tahun. Secara rinci produktivitas lahan untuk setiap umur dan kelas dapat dilihat pada tabel 3.3.

Sementara itu, nilai rendemen produksi digunakan untuk menentukan berapa banyak minyak kelapa sawit dan minyak inti kelapa sawit yang dapat dihasilkan dari tandan buah segar yang dihasilkan. Berdasarkan data yang diperoleh dari *FAO Agricultural Services Bulletin*, Nilai rendemen yang digunakan untuk produksi minyak kelapa sawit dan minyak inti kelapa sawit antara lain berturut-turut adalah 0.21 dan 0.05, yang berarti dari 1 ton tandan buah segar yang dihasilkan, dapat dihasilkan 0.21 ton minyak kelapa sawit dan 0.05 ton minyak inti kelapa sawit.

Tabel 3.3 Produktivitas Tiap Kelas dan Umur Lahan

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

(Sumber: Syukur dan Lubis, 2006, telah diolah kembali)

3.2.2.3 Aspek Finansial Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit

Dalam data ekonomi kelapa sawit, terdapat data yang berubah tiap tahun dengan konstan dan terdapat data yang mempunyai nilai yang berbeda tiap

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

- Investasi Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit

Data investasi adalah data biaya yang digunakan dalam investasi kelapa sawit. Data tersebut adalah biaya modal kerja operasi (*operating capital expenditure*), biaya pembangunan pabrik dan jembatan, biaya kompensasi tanah, biaya sertifikasi RSPO, biaya *indirect general charge nucleus*, dan biaya pengembangan lahan belum menghasilkan (*immature development cost*).

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

Selain mengeluarkan biaya, pada saat melakukan investasi, perusahaan kelapa sawit juga mendapatkan pemasukan berupa *management fee* yang didapat dari pembukaan lahan plasma sebesar 5% total biaya pembukaan lahan plasma.

Tabel 3.3 Investasi Kelapa Sawit

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

(Sumber: Syukur dan Lubis, 2006, telah diolah kembali)

- Biaya Produksi Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit

Biaya produksi untuk minyak kelapa sawit antara lain adalah biaya nukleus *mature*, biaya pengumpulan dan transportasi tandan buah segar, biaya transportasi ke *mill* eksternal, biaya pemrosesan CPO, biaya panen dan biaya operasional perkebunan. Untuk empat biaya produksi yang disebutkan pertama, mempunyai nilai konstan dan hanya dipengaruhi oleh inflasi. Sedangkan sub biaya produksi terakhir mempunyai nilai berbeda-beda tergantung umur tanaman kelapa sawit.

Tabel 3.4 Biaya Produksi secara Umum

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

(Sumber: Syukur dan Lubis, 2006, telah diolah kembali)

Tabel 3.5 Biaya Produksi berdasarkan Umur Lahan

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

(Sumber: Syukur dan Lubis, 2006, telah diolah kembali)

- Biaya Lahan Plasma

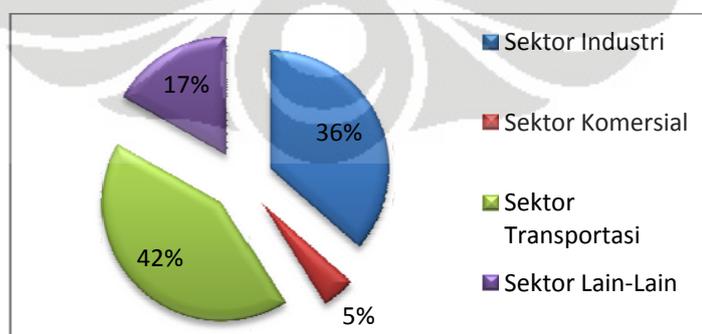
Data yang dikeluarkan oleh perusahaan kelapa sawit (yang juga disebut sebagai perusahaan inti) untuk petani plasma disebut dengan *direct general charge*. Biaya ini terbagi menjadi dua yaitu saat tanaman belum menghasilkan dan saat tanaman menghasilkan yang disebut dengan *direct general charge plasma immature* dan *direct general charge plasma mature*. Biaya saat tanaman belum menghasilkan dan tanaman menghasilkan berturut-turut adalah US\$ 17 per hektar dan US\$ 13 per hektar.

3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data Numerik

Pengumpulan dan pengolahan data numerik dilakukan untuk memperoleh data-data masukan bagi model simulasi sistem dinamis yang akan dibuat, baik itu sebagai nilai awal, konstanta, ataupun persamaan matematis. Pengumpulan dan pengolahan yang dilakukan terhadap data-data numerik dijelaskan sebagai berikut.

3.3.1 Proyeksi Kebutuhan Biodiesel Nasional

Proyeksi kebutuhan biodiesel nasional dilakukan dengan melakukan proyeksi terhadap kebutuhan solar nasional. Jumlah permintaan akan biodiesel kemudian diperoleh dari perkalian antara persentase mandat pemanfaatan biodiesel dengan kebutuhan solar yang diproyeksi. Dari pengolahan terhadap data konsumsi solar yang dikumpulkan, didapatkan perbandingan komposisi konsumsi solar antar sektor rata-rata dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2007 yang disajikan pada *pie chart* berikut.

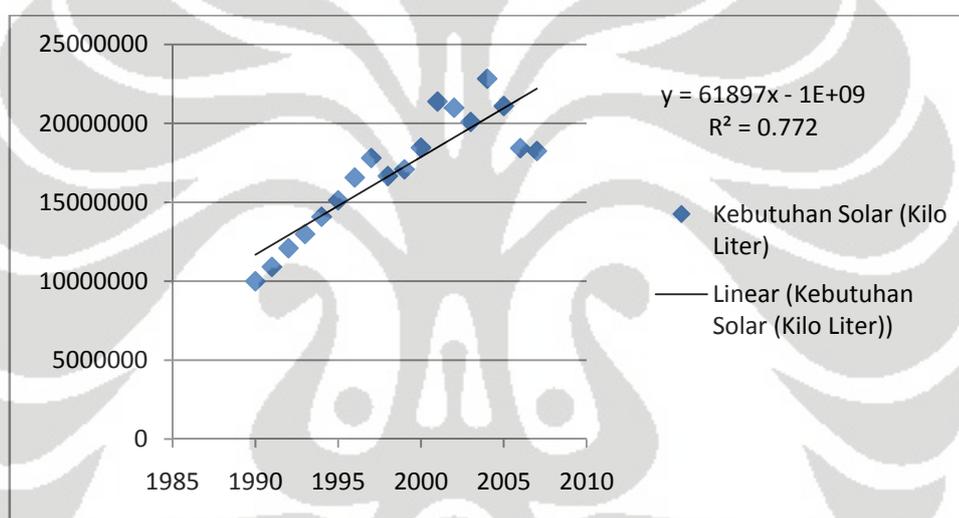


Gambar 3.9 Pie Chart Perbandingan Konsumsi Solar Berdasarkan Sektor di Indonesia

(Sumber: *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*, 2008, telah diolah kembali)

Dari *pie chart* tersebut dapat dilihat bahwa konsumsi solar terbesar adalah pada sektor transportasi sebesar 42% dan pada sektor industri sebesar 36%. Hal ini sesuai dengan prioritas yang direncanakan pemerintah, yakni untuk memenuhi kebutuhan konsumsi kedua sektor ini.

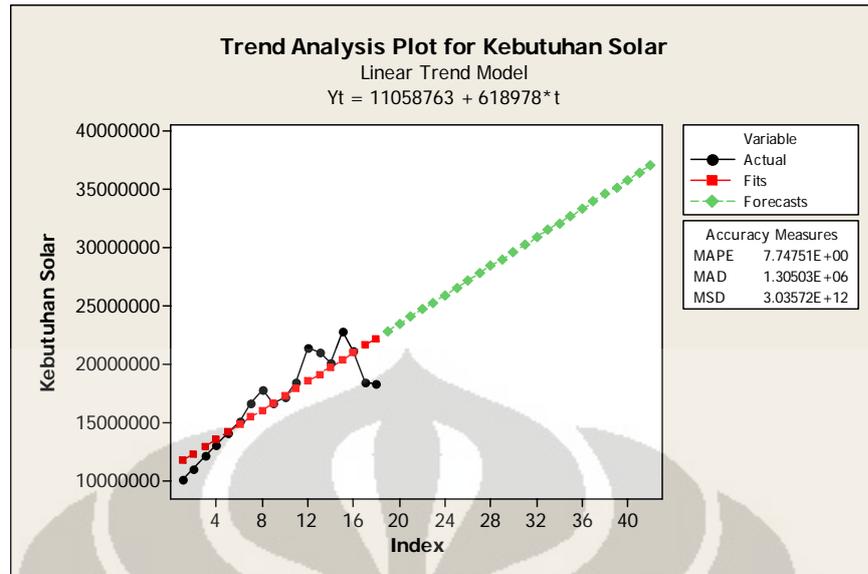
Data-data historis konsumsi solar nasional kemudian diolah dengan menggunakan *trend analysis* untuk melihat trend yang ada pada konsumsi solar ini. Sebelumnya, untuk mengetahui bagaimana bentuk grafik pertumbuhan konsumsi solar, yaitu apakah linear atau eksponensial, dibuat *scatter diagram* dari data historis konsumsi solar dari tahun 1990 sampai dengan tahun 2007, sesuai dengan data yang tersedia, yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



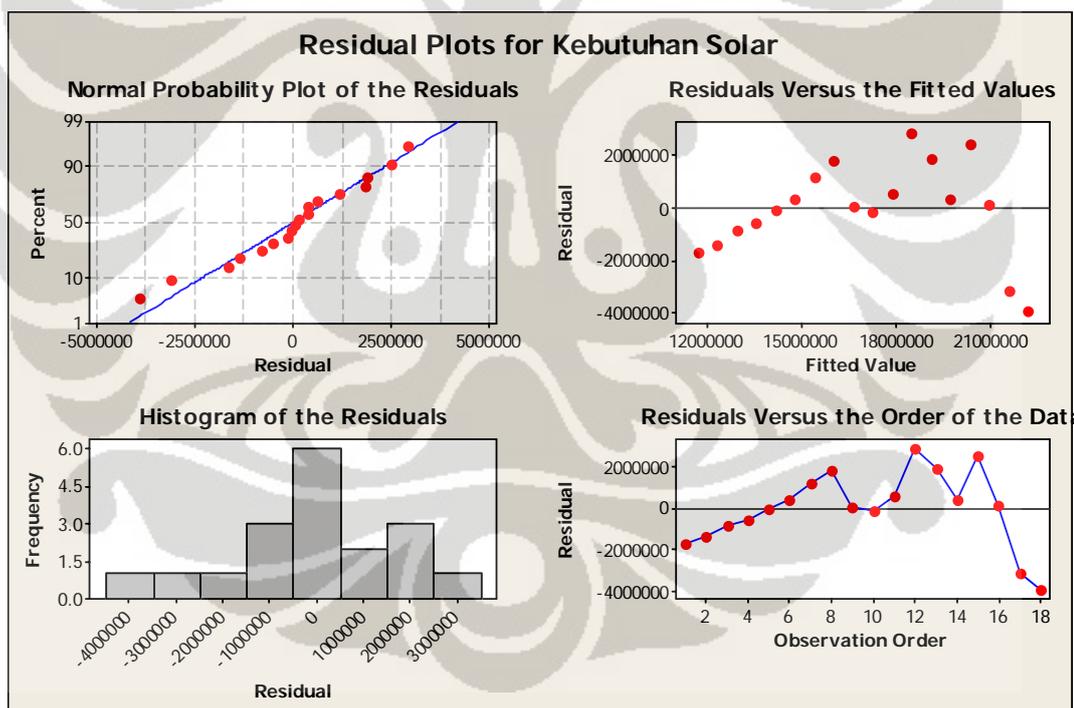
Gambar 3.10 Pemetaan *Scatter Diagram* terhadap Data Historis Konsumsi Solar Nasional

(Sumber: *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*, 2008, telah diolah kembali)

Dari *scatter diagram* tersebut didapatkan bahwa grafik pertumbuhan yang diperoleh adalah grafik linear dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0.772, yang berarti 77.2% dari variabilitas yang ada dapat dijelaskan pada persamaan regresi yang dihasilkan. Oleh karena itu, pada bagian selanjutnya dilakukan *trend analysis* dengan jenis pemilihan trend linear. Hasil yang diperoleh dari *trend analysis* ini disajikan pada grafik-grafik berikut.



Gambar 3.11 Proyeksi Kebutuhan Solar Nasional dalam Jangka Waktu *Roadmap* Pemenuhan Target Jangka Panjang Biodiesel Nasional

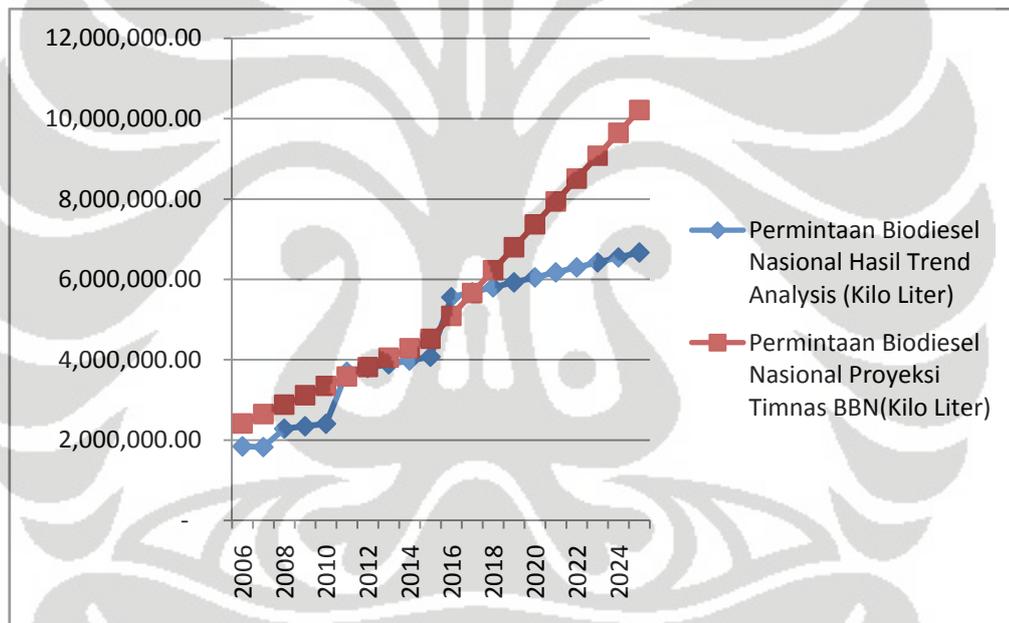


Gambar 3.12 *Residual Plots* dari Hasil Proyeksi Kebutuhan Solar Nasional

Dari *trend analysis* yang dilakukan, didapatkan persamaan kebutuhan solar terhadap waktu adalah $Y_t = 11058763 + 618978t$, seperti yang terlihat pada gambar 3.10. Dapat dilihat pada grafik tersebut bahwa trend yang ada adalah trend meningkatnya kebutuhan solar setiap tahunnya. Dari grafik histogram terhadap

residual, dapat dilihat bahwa tidak ada *skewness* atau *outlier* yang mencolok. Sementara itu, pada grafik *normal probability plot* dapat dilihat bahwa nilai-nilai residual yang ada hampir mendekati garis lurus, oleh karena itu dapat dikatakan bahwa residual yang ada terdistribusi dengan normal. Pada grafik *residual versus fits* dan *residual versus order*, dapat dilihat bahwa grafik residual yang dihasilkan menyerupai grafik data historis.

Untuk mengetahui apakah proyeksi ini dapat digunakan dalam model simulasi pemenuhan target biodiesel nasional, hasil proyeksi yang ada dibandingkan dengan proyeksi yang dibuat oleh tim nasional pengembangan BBN. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut.



Gambar 3.13 Grafik Perbandingan Proyeksi Permintaan Biodiesel Nasional Hasil *Trend Analysis* dengan Proyeksi *Roadmap* Timnas BBN

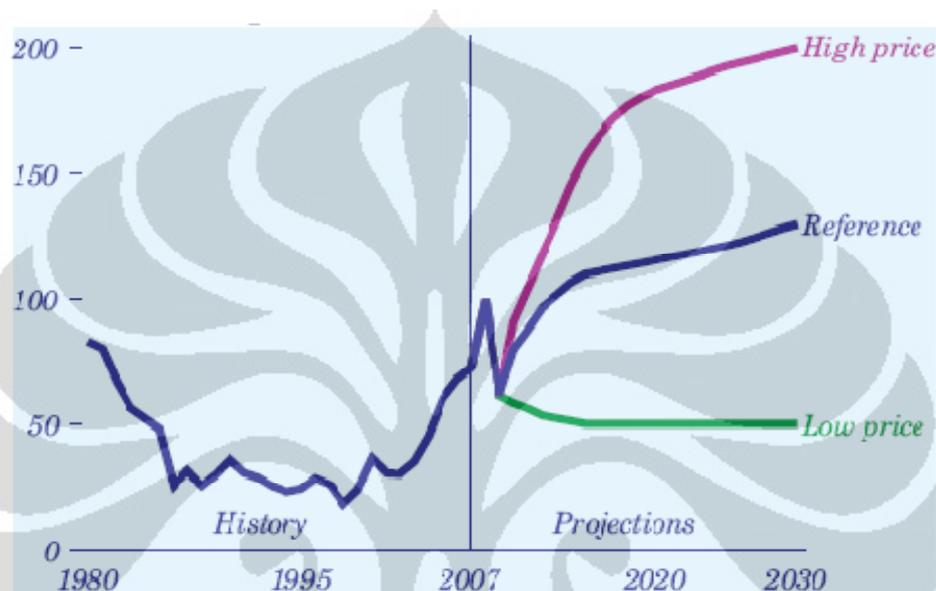
Tabel 3.4 Perbandingan Proyeksi Permintaan Biodiesel Nasional Hasil *Trend Analysis* dengan Proyeksi *Roadmap* Timnas BBN

Tahun	Mandat Pemanfaatan Biodiesel	Hasil <i>Trend analysis</i>		Proyeksi <i>Roadmap</i> Timnas BBN
		Kebutuhan Solar (Kilo Liter)	Permintaan Biodiesel Nasional (Kilo Liter)	Permintaan Biodiesel Nasional (Kilo Liter)
2006	10%	18,433,511	1,843,351.10	2,410,000.00
2007	10%	18,248,206	1,824,820.60	2,644,444.44
2008	10%	22,819,344	2,281,934.40	2,878,888.89
2009	10%	23,438,322	2,343,832.20	3,113,333.33
2010	10%	24,057,300	2,405,730.00	3,347,777.78
2011	15%	24,676,278	3,701,441.70	3,582,222.22
2012	15%	25,295,256	3,794,288.40	3,816,666.67
2013	15%	25,914,234	3,887,135.10	4,051,111.11
2014	15%	26,533,212	3,979,981.80	4,285,555.56
2015	15%	27,152,190	4,072,828.50	4,520,000.00
2016	20%	27,771,168	5,554,233.60	5,090,000.00
2017	20%	28,390,145	5,678,029.00	5,660,000.00
2018	20%	29,009,123	5,801,824.60	6,230,000.00
2019	20%	29,628,101	5,925,620.20	6,800,000.00
2020	20%	30,247,079	6,049,415.80	7,370,000.00
2021	20%	30,866,057	6,173,211.40	7,940,000.00
2022	20%	31,485,035	6,297,007.00	8,510,000.00
2023	20%	32,104,013	6,420,802.60	9,080,000.00
2024	20%	32,722,991	6,544,598.20	9,650,000.00
2025	20%	33,341,969	6,668,393.80	10,220,000.00

Dari grafik dan tabel hasil perbandingan, didapatkan bahwa permintaan biodiesel hasil proyeksi timnas BBN hampir selalu lebih tinggi daripada hasil proyeksi dengan menggunakan *trend analysis*. Adapun karena tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah untuk melihat apakah target yang ditetapkan pemerintah untuk persentase pemanfaatan biodiesel dapat tercapai, maka proyeksi yang digunakan di dalam model simulasi adalah proyeksi sesuai dengan yang terdapat pada *roadmap*.

3.3.2 Proyeksi Harga Minyak Dunia

Proyeksi harga minyak dunia di sini digunakan untuk menentukan proyeksi dari komponen harga-harga lainnya yang terkait dengan harga minyak dunia seperti harga solar dan harga minyak mentah nasional. Adapun proyeksi harga minyak dunia yang digunakan di sini adalah proyeksi harga minyak dunia sampai dengan tahun 2030 yang dikeluarkan oleh *Energy Information Administration*.



Gambar 3.14 Proyeksi Harga Minyak Dunia sampai dengan Tahun 2030

(Sumber: *Annual Energy Outlook 2009*, 2009)

Proyeksi harga minyak dunia dari *Annual Energy Outlook 2009* (AEO2009) yang ditunjukkan pada grafik di atas adalah untuk harga rata-rata dari minyak jenis *low-sulfur, light crude oil*. Pada AEO2009, di samping proyeksi harga pada kondisi normal (kasus dasar), terdapat pula proyeksi harga untuk kasus harga minyak dunia tinggi dan minyak dunia rendah, yang bertujuan untuk memungkinkan analisa terhadap berbagai kemungkinan kondisi pasar minyak dunia.

Proyeksi harga minyak dunia jangka panjang didasarkan atas akses terhadap dan biaya dari minyak non-OPEC, keputusan suplai OPEC, serta potensi suplai dari minyak nonkonvensional.

Kasus harga tinggi mencerminkan kondisi masa depan pasar minyak dunia di mana produksi minyak mentah terbatas oleh keputusan-keputusan politik serta ketersediaan sumber daya alam, di mana negara yang mendominasi produksi

minyak mentah akan menggunakan kuota, regim fiskal, serta berbagai tingkat nasionalisasi untuk meningkatkan pendapatan nasionalnya dari produksi minyak. Di sisi lain, negara-negara pengkonsumsi minyak akan berpindah kepada produksi minyak non-konvensional yang berbiaya tinggi.

Kasus harga rendah menggambarkan pasar minyak di mana negara-negara non-OPEC pemroduksi minyak mengembangkan kebijakan fiskal dan regulasi investasi yang stabil yang diarahkan untuk mendorong sektor swasta dalam rangka pengembangan sumber daya alam.

3.3.3 Proyeksi Harga Solar Nasional

Proyeksi harga solar nasional dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu memproyeksikan harga solar MOPS terlebih dahulu, kemudian memproyeksikan harga ICP untuk memperoleh konstanta alpha. Harga solar MOPS dan alpha kemudian dijumlahkan dan ditambah dengan PPN sebesar 10% dan PBBKB sebesar 5% untuk jenis solar transportasi.

Untuk memperoleh proyeksi harga solar MOPS, dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode regresi linear untuk memperoleh persamaan hubungan antara harga minyak dunia dan harga solar MOPS. Hasil pengolahan regresi linear dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

Tabel 3.5 Koefisien Persamaan Regresi antara Harga Minyak Dunia dengan Harga Solar MOPS

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.145	.042		-3.432	.007
	Harga_Minyak_Dunia	.009	.000	.991	22.439	.000

a. Dependent Variable: Harga_Solar

Tabel 3.6 ANOVA dari Harga Minyak Dunia dengan Harga Solar MOPS**ANOVA^b**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.394	1	.394	503.515	.000 ^a
	Residual	.007	9	.001		
	Total	.401	10			

a. Predictors: (Constant), Harga_Minyak_Dunia

b. Dependent Variable: Harga_Solar

Tabel 3.7 Rangkuman Perhitungan Regresi antara Harga Minyak Dunia dengan Harga Solar MOPS**Model Summary^b**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.991 ^a	.982	.980	.02799

a. Predictors: (Constant), Harga_Minyak_Dunia

b. Dependent Variable: Harga_Solar

Persamaan yang diperoleh untuk hubungan antara harga solar MOPS dan harga minyak dunia adalah $y = 0.009x - 0.145$, di mana harga solar MOPS berperan sebagai variabel dependen dan harga minyak dunia berperan sebagai variabel independen. Pada tabel ANOVA didapatkan bahwa *significance value* yang diperoleh kurang dari 0.05, sehingga variabilitas yang terjadi bukan karena kesempatan. Sementara itu, dari rangkuman yang dihasilkan, didapatkan koefisien korelasi sebesar 0.991 yang menunjukkan hubungan yang kuat antara harga minyak dunia dengan harga solar MOPS. Nilai koefisien determinasi sebesar 0.982 menunjukkan bahwa 98.2% variasi yang terjadi dapat dijelaskan oleh model yang ada. Pada akhirnya, dengan menggunakan persamaan regresi ini, *error* yang mungkin terjadi sangat kecil yakni 0.02799.

Perhitungan regresi juga dilakukan untuk melihat hubungan antara harga minyak dunia dengan harga minyak mentah Indonesia (*Indonesian crude price/ICP*). Hasil yang diperoleh dari regresi linear ditunjukkan pada tabel-tabel perhitungan berikut.

Tabel 3.8 Koefisien Persamaan Regresi antara Harga Minyak Dunia dengan Harga ICP

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-2.577	1.016		-2.536	.044
	Harga_Minyak_Dunia	1.103	.024	.999	46.380	.000

a. Dependent Variable: Harga_ICP

Tabel 3.9 ANOVA dari Harga Minyak Dunia dengan Harga ICP

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2775.910	1	2775.910	2151.072	.000 ^a
	Residual	7.743	6	1.290		
	Total	2783.652	7			

a. Predictors: (Constant), Harga_Minyak_Dunia

b. Dependent Variable: Harga_ICP

Tabel 3.10 Rangkuman Perhitungan Regresi antara Harga Minyak Dunia dengan Harga ICP

Model Summary

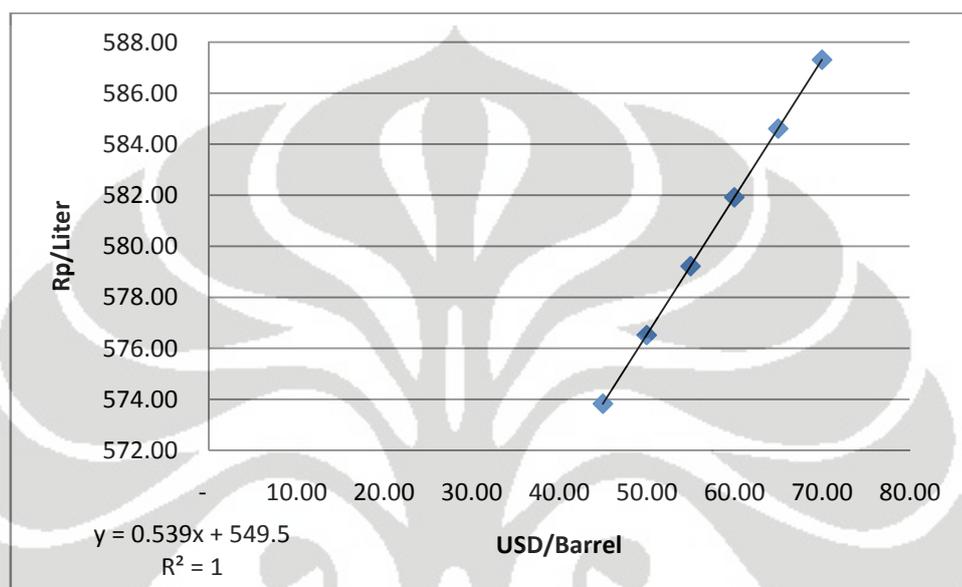
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.999 ^a	.997	.997	1.13599

a. Predictors: (Constant), Harga_Minyak_Dunia

Untuk hubungan antara harga ICP dengan harga minyak dunia, persamaan yang diperoleh adalah $y = 1.103x - 2.577$, dengan harga ICP sebagai variabel dependen dan harga minyak dunia sebagai variabel independen. *Significance value* yang ditunjukkan pada tabel ANOVA kurang dari 0.05, sehingga variabilitas yang terjadi bukan karena kesempatan. Rangkuman yang dihasilkan menampilkan koefisien korelasi sebesar 0.999 yang menunjukkan hubungan yang kuat antara harga minyak dunia dengan harga solar MOPS. Nilai koefisien determinasi yang diperoleh adalah 0.997, yang berarti 99.7% variasi yang terjadi

dapat dijelaskan oleh model yang ada. Adapun *error* yang mungkin didapatkan dengan menggunakan persamaan regresi ini sangat kecil yakni 1.13599.

Untuk dapat memperoleh nilai alpha dilakukan perhitungan terhadap persamaan yang digunakan oleh Pertamina dalam menentukan harga alpha berdasarkan harga ICP aktual.



Gambar 3.15 Hubungan antara Harga ICP dengan Harga Alpha

(Sumber: Situs ESDM, 2008, telah diolah kembali)

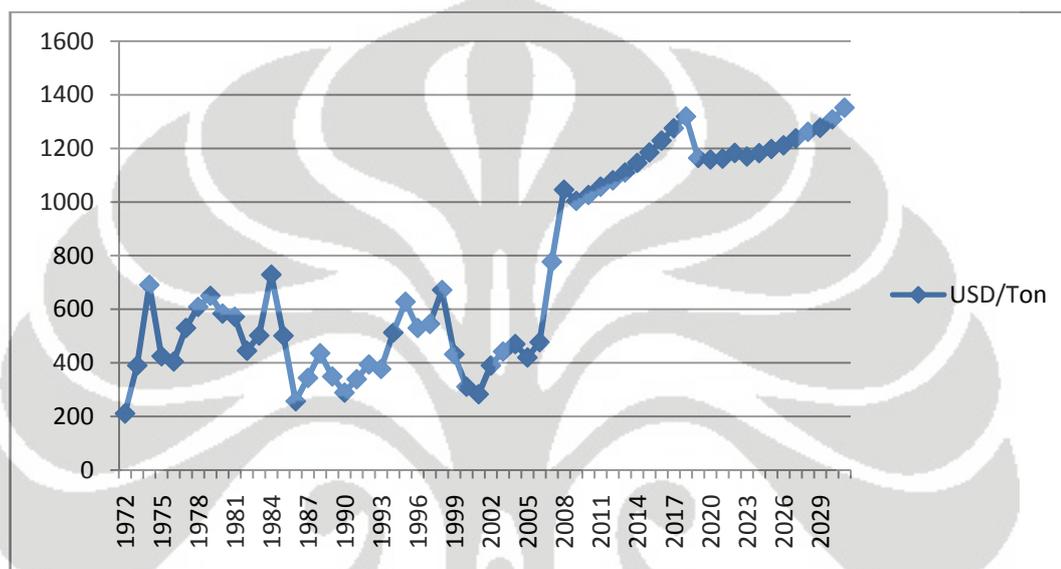
Dari pemetaan nilai alpha dan harga ICP ke grafik *scatter*, didapatkan bahwa persamaan yang digunakan untuk menentukan alpha adalah persamaan linear. Dari koefisien determinasi yang ditunjukkan diperoleh nilai 1.00 yang berarti 100% variabilitas yang terjadi dapat dijelaskan pada persamaan ini.

3.3.4 Proyeksi Harga CPO CIF Rotterdam

Proyeksi jangka panjang terhadap harga CPO CIF Rotterdam digunakan untuk memproyeksikan harga-harga komoditas yang berhubungan dengan kelapa sawit lainnya, seperti harga CPO domestik, harga TBS, serta harga PKO. Proyeksi ini dikeluarkan oleh *Food and Agricultural Policy Research Institute, Iowa State University* dan *University of Missouri-Columbia*.

Proyeksi jangka panjang dari harga CPO CIF Rotterdam ini ditampilkan dari *The FAPRI 2008 U.S. and World Agricultural Outlook* di mana proyeksi

yang dihasilkan adalah pada kondisi di mana produksi, konsumsi, dan perdagangan komoditas pertanian berada pada pola cuaca rata-rata, kebijakan pertanian yang ada saat ini, serta komitmen kebijakan pada *trade agreement* dan *customer union* yang berlaku. Proyeksi ini dilakukan dengan menggunakan forecast makroekonomi yang dikembangkan oleh *Global Insight*. Hasil proyeksi ini ditunjukkan pada grafik berikut.



Gambar 3.16 Proyeksi Harga CPO CIF Rotterdam s/d Tahun 2031

(Sumber: *FAPRI 2008 Agricultural Outlook*, 2008, telah diolah kembali)

Meningkatnya permintaan CPO untuk keperluan pangan dan industri menyebabkan terjadinya lonjakan harga CPO pada \$1,000 per ton. Dari proyeksi yang dilakukan, didapatkan bahwa pada periode-periode berikutnya harga CPO akan terus meningkat bersama dengan minyak nabati lainnya sampai mencapai \$1,319 per ton pada tahun 2018. Walaupun terjadi peningkatan sebesar 26% pada harga CPO pada tahun 2018 dibandingkan dengan tahun 2008, CPO tetap menjadi minyak nabati dengan biaya terendah dan merupakan jenis yang paling banyak transaksinya jika dibandingkan dengan jenis minyak nabati lainnya.

Proyeksi kondisi pasar CPO yang menyertai ramalan harga ini adalah importir utama CPO dominan adalah China, India, dan Uni Eropa, sementara Malaysia dan Indonesia akan tetap menjadi produsen utama CPO, di mana keduanya mewakili 88% produksi CPO dunia. Pada ramalan ini ditunjukkan bahwa walaupun kedua negara ini memiliki rencana yang ambisius dalam

pengembangan industri biodiesel, harga CPO yang terlampaui tinggi menyebabkan terjadinya penghambatan pertumbuhan industri ini pada kedua negara tersebut.

3.3.5 Proyeksi Harga Komoditas-Komoditas Kelapa Sawit

Dari proyeksi jangka panjang harga CPO CIF Rotterdam, proyeksi untuk harga komoditas-komoditas kelapa sawit lainnya dapat diketahui dengan mencari persamaan hubungan antara komoditas-komoditas kelapa sawit tersebut terhadap harga CPO CIF Rotterdam, dengan menggunakan persamaan regresi linear. Adapun harga komoditas-komoditas kelapa sawit yang dicari di sini adalah harga minyak kelapa sawit domestik, harga tandan buah segar, dan harga minyak inti kelapa sawit.

Hasil yang diperoleh dari perhitungan regresi linear antara harga minyak kelapa sawit domestik dengan harga CPO CIF Rotterdam ditunjukkan pada tabel-tabel berikut.

Tabel 3.11 Koefisien Persamaan Regresi antara Harga Minyak Kelapa Sawit Domestik dengan Harga CPO CIF Rotterdam

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	802283.6	305298.8		2.628	.039
	CPO_Rotterdam	8401.621	652.229	.982	12.881	.000

a. Dependent Variable: CPO_Domestik

Tabel 3.12 ANOVA dari Harga Minyak Kelapa Sawit Domestik dengan Harga CPO CIF Rotterdam

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.1E+013	1	1.127E+013	165.930	.000 ^a
	Residual	4.1E+011	6	6.795E+010		
	Total	1.2E+013	7			

a. Predictors: (Constant), CPO_Rotterdam

b. Dependent Variable: CPO_Domestik

Tabel 3.13 Rangkuman Perhitungan Regresi antara Harga Minyak Kelapa Sawit Domestik dengan Harga CPO CIF Rotterdam

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.982 ^a	.965	.959	260662.744

a. Predictors: (Constant), CPO_Rotterdam

Persamaan yang diperoleh untuk hubungan antara harga minyak kelapa sawit domestik dan harga CPO CIF Rotterdam adalah $y = 8401.621x + 802283.6$, di mana harga minyak kelapa sawit domestik berperan sebagai variabel dependen dan harga CPO CIF Rotterdam sebagai variabel independen. Pada tabel ANOVA didapatkan bahwa *significance value* yang diperoleh kurang dari 0.05, sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas yang terjadi bukan karena kesempatan. Sementara itu, dari rangkuman yang dihasilkan, didapatkan koefisien korelasi sebesar 0.982 yang menunjukkan hubungan yang kuat antara harga CPO CIF Rotterdam dengan harga minyak kelapa sawit domestik. Nilai koefisien determinasi sebesar 0.965 menunjukkan bahwa 96.5% variasi yang terjadi dapat dijelaskan oleh model yang ada. Adapun nilai *error* yang dihasilkan tinggi karena keterbatasan jumlah data yang tersedia untuk dilakukan perhitungan regresi.

Tabel 3.14 Koefisien Persamaan Regresi antara Harga Tandan Buah Segar dengan Harga CPO CIF Rotterdam

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-33551.6	35435.416		-.947	.380
	Harga_CPO_Rotterdam	1204.818	75.703	.988	15.915	.000

a. Dependent Variable: Harga_TBS

Tabel 3.15 ANOVA dari Harga Tandan Buah Segar dengan Harga CPO CIF Rotterdam

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.3E+011	1	2.318E+011	253.290	.000 ^a
	Residual	5.5E+009	6	915340552.3		
	Total	2.4E+011	7			

a. Predictors: (Constant), Harga_CPO_Rotterdam

b. Dependent Variable: Harga_TBS

Tabel 3.16 Rangkuman Perhitungan Regresi antara Harga Tandan Buah Segar dengan Harga CPO CIF Rotterdam

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.988 ^a	.977	.973	30254.59556

a. Predictors: (Constant), Harga_CPO_Rotterdam

Persamaan yang diperoleh untuk hubungan antara harga tandan buah segar dan harga CPO CIF Rotterdam adalah $y = -33551.6x + 1204.818$, di mana harga tandan buah segar berperan sebagai variabel dependen dan harga CPO CIF Rotterdam sebagai variabel independen. Pada tabel ANOVA didapatkan bahwa *significance value* yang diperoleh kurang dari 0.05, sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas yang terjadi bukan karena kesempatan. Sementara itu, dari rangkuman yang dihasilkan, didapatkan koefisien korelasi sebesar 0.988 yang menunjukkan hubungan yang kuat antara harga CPO CIF Rotterdam dengan harga tandan buah segar. Nilai koefisien determinasi sebesar 0.977 menunjukkan bahwa 97.7% variasi yang terjadi dapat dijelaskan oleh model yang ada. Nilai *error* yang tinggi disebabkan keterbatasan jumlah data yang tersedia untuk dilakukan perhitungan regresi.

Tabel 3.17 Koefisien Persamaan Regresi antara Harga Harga Minyak Inti Kelapa Sawit dengan Harga CPO CIF Rotterdam

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	103.738	53.324		1.945	.065
	Harga_CPO_Rotterdam	.841	.112	.847	7.479	.000

a. Dependent Variable: Harga_Palm_Kernel

Tabel 3.18 ANOVA dari Harga Harga Minyak Inti Kelapa Sawit dengan Harga CPO CIF Rotterdam

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	315306.2	1	315306.210	55.942	.000 ^a
	Residual	123998.2	22	5636.283		
	Total	439304.4	23			

a. Predictors: (Constant), Harga_CPO_Rotterdam

b. Dependent Variable: Harga_Palm_Kernel

Tabel 3.19 Rangkuman Perhitungan Regresi antara Harga Harga Minyak Inti Kelapa Sawit dengan Harga CPO CIF Rotterdam

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.847 ^a	.718	.705	75.07518

a. Predictors: (Constant), Harga_CPO_Rotterdam

Persamaan yang diperoleh untuk hubungan antara harga minyak inti kelapa sawit dan harga CPO CIF Rotterdam adalah $y = 0.841x + 103.738$, di mana harga minyak inti kelapa sawit berperan sebagai variabel dependen dan harga CPO CIF Rotterdam sebagai variabel independen. Pada tabel ANOVA didapatkan bahwa *significance value* yang diperoleh kurang dari 0.05, sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas yang terjadi bukan karena kesempatan. Sementara itu, dari rangkuman yang dihasilkan, didapatkan koefisien korelasi sebesar 0.847 yang menunjukkan hubungan yang kuat antara harga CPO CIF Rotterdam dengan

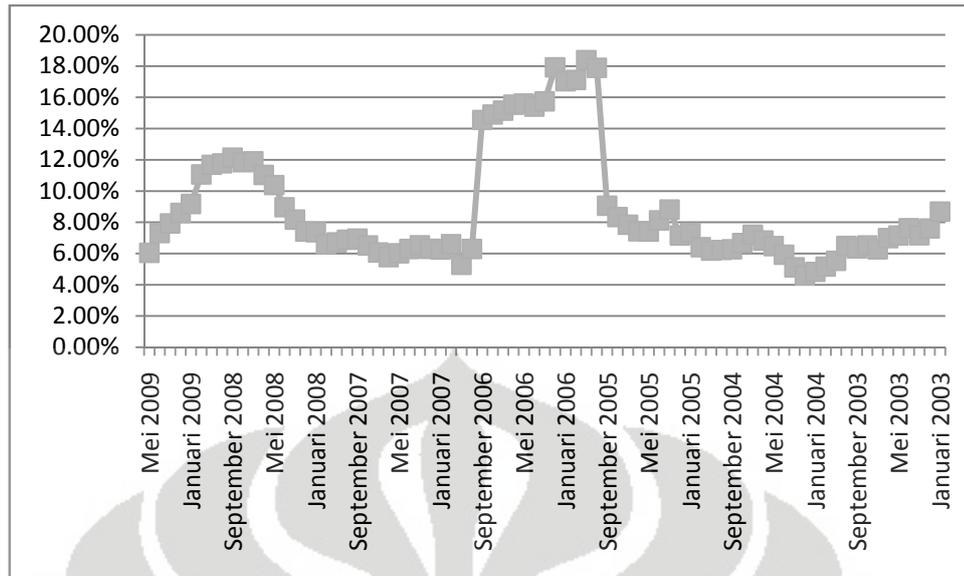
harga PKO. Nilai koefisien determinasi sebesar 0.718 menunjukkan bahwa 71.8% variasi yang terjadi dapat dijelaskan oleh model yang ada. Seperti halnya hasil regresi lainnya, *error* yang diperoleh relatif tinggi karena keterbatasan data yang tersedia.

3.3.6 Data Finansial Makro

Pada kenyataannya, keberlangsungan suatu industri tidak lepas dari kondisi ekonomi yang terjadi secara makro. Oleh karena itulah, dilakukan pengumpulan terhadap data finansial makro dari kondisi ekonomi baik aktual maupun historis sebagai landasan dalam pembuatan model simulasi yang akan dibuat nantinya. Data-data finansial makro yang terkait dengan simulasi pemenuhan target jangka panjang biodiesel nasional ini antara lain adalah laju inflasi, tingkat suku bunga, serta nilai mata uang Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat. Adapun untuk menjaga konsistensi dengan dasar yang digunakan untuk proyeksi jangka panjang dari harga minyak dunia dan CPO CIF Rotterdam yang mengacu pada keadaan *reference case*, yang didasarkan pada asumsi bahwa regulasi, peraturan, dan praktek yang dilakukan pada saat ini terus berlaku sampai berakhirnya periode proyeksi. Data finansial makro yang dikumpulkan antara lain adalah sebagai berikut:

- Laju inflasi

Dari data laju inflasi yang diterbitkan oleh Bank Indonesia, didapatkan grafik seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.17. Dari pengamatan terhadap grafik tersebut dapat dilihat bahwa laju inflasi terus berfluktuasi dan tidak memiliki pola yang mencolok. Oleh karena itu, dengan berpedoman pada asumsi kondisi *reference case* dari proyeksi yang dikeluarkan oleh FAPRI dan EIA, yang mengacu pada kondisi antara tahun 2008 sampai dengan 2009, digunakan nilai laju inflasi rata-rata pada tahun tersebut, di mana diperoleh laju inflasi sebesar 10%.



Gambar 3.17 Laju Inflasi Tahunan Periode Januari 2003-Mei 2009

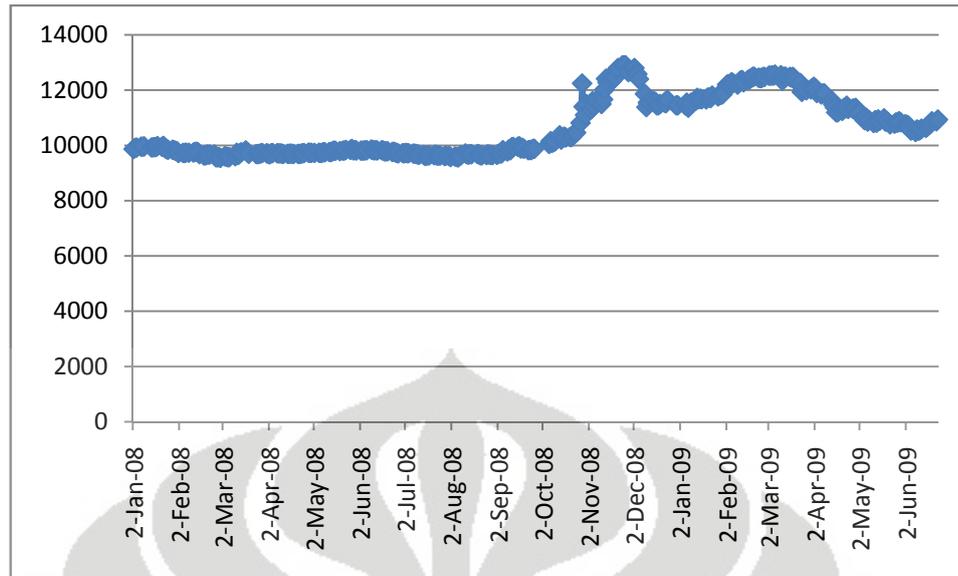
(Sumber: Situs Bank Indonesia, 2009, telah diolah kembali)

- **Tingkat suku bunga**

Berdasarkan data historis suku bunga dari Januari 2008 sampai Juni 2009, didapatkan rata-rata suku bunga tabungan per tahun adalah sebesar 8.96%. Untuk perhitungan suku bunga pinjaman, peneliti menggunakan asumsi berdasarkan data bank mandiri yakni ketika suku bunga tabungan sebesar 9.25%, suku bunga pinjamannya sebesar 14.5%. Dengan demikian, diasumsikan suku bunga pinjaman akan lebih tinggi 57% dari suku bunga tabungan.

- **Kurs mata uang Rupiah terhadap Dollar Amerika**

Nilai mata uang Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat akan mempengaruhi aspek finansial dari sistem yang dibuat, mengingat terdapat komponen-komponen finansial yang berada dalam satuan dollar Amerika Serikat. Oleh karena itu, pada bagian ini dilakukan pengumpulan terhadap data historis kurs Rupiah terhadap Dollar yang disajikan pada gambar 3.18.



Gambar 3.18 Grafik Pergerakan Bulanan Nilai Mata Uang Rupiah terhadap Dollar

(Sumber: Situs Bank Indonesia, 2009, telah diolah kembali)

Pergerakan nilai mata uang Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat pada periode Januari 2008 sampai dengan Juni 2009 dapat dilihat pada gambar 3.18. Dapat dilihat bahwa *range* nilai rupiah berkisar antara Rp. 9.500,- sampai dengan Rp. 12.900,-. Adapun dengan kembali mempertimbangkan konsistensi asumsi dengan proyeksi harga oleh FAPRI dan EIA, maka nilai kurs Rupiah terhadap Dollar yang digunakan adalah rata-rata dari rentang periode ini, yakni Rp. 10.500,-.

BAB 4

PERANCANGAN MODEL SIMULASI

4.1 Causal Loop Diagram

Causal loop diagram ini disusun berdasarkan *system diagram* yang telah dibuat pada bab 3. Dalam hal ini terdapat dua sistem utama yang memiliki *causal loop diagram*nya masing-masing, yakni sistem biodiesel dan sistem pabrik dan perkebunan kelapa sawit. *Causal loop diagram* ini dibuat berdasarkan kondisi sistem pemenuhan target jangka panjang biodiesel dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

- 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 pada bab sebelumnya.
- Karena ruang lingkup penelitian adalah pada pemenuhan target jangka panjang biodiesel nasional, produksi biodiesel yang dilakukan di dalam sistem model yang dibuat adalah untuk memenuhi porsi permintaan untuk unit industri biodiesel yang ada.
- Kondisi dasar simulasi adalah perusahaan biodiesel yang juga memiliki pabrik dan perkebunan kelapa sawit. Dalam hal ini, karena 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 akan memproduksi biodiesel pada tahun 2010, pembukaan lahan harus dilakukan dari sejak tahun 2006 agar produksi dapat berjalan dengan lancar.
- Karena tujuan dari sistem yang dibuat adalah pemenuhan mandat, kondisi dijalankan pada keadaan di mana produsen dapat terus memenuhi permintaan yang ada. Tentunya produsen akan terus melakukan produksi

selama keadaan dianggap masih menguntungkan. Dalam hal ini produsen akan menambah kapasitas produksinya untuk dapat memenuhi pertumbuhan permintaan yang ada dengan pertimbangan akan keuntungan yang dapat diperoleh dari ekspansi kapasitas tersebut. Oleh karena itu, di dalam simulasi ini ekspektasi margin keuntungan yang ditetapkan untuk harga jual dikondisikan agar memungkinkan keadaan ini.

- Harga-harga dan nilai-nilai numerik yang digunakan dalam model simulasi ini adalah seperti yang dibahas dalam bab sebelumnya. Nilai-nilai ini berpedoman pada kondisi dari *forecast* yang digunakan untuk harga minyak dunia dan harga CPO CIF Rotterdam yang didasarkan atas kondisi *reference case*, yakni kondisi yang sesuai dengan keadaan sekarang.
- 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.

Adapun *causal loop diagram* yang dibuat untuk tiap sistem, yakni sistem biodiesel serta sistem pabrik dan perkebunan kelapa sawit, dijelaskan pada bagian berikut.

4.1.1 *Causal Loop Diagram* Sistem Biodiesel

Causal loop diagram sistem biodiesel ini merupakan *causal loop* utama yang berhubungan secara langsung terhadap permasalahan utama, yang ditunjukkan pada gambar 4.1.

Penjelasan untuk *causal loop diagram* utama ini dimulai dari kebutuhan solar nasional. Kebutuhan solar nasional yang semakin meningkat akan secara otomatis meningkatkan permintaan biodiesel nasional, hal ini didorong oleh adanya mandat pemanfaatan biodiesel yang ditetapkan pemerintah. Sesuai dengan asumsi yang telah dijelaskan pada bagian pengumpulan dan pengolahan data, 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

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 akan 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 akan mempengaruhi kebutuhan suplai minyak kelapa sawit yang akan 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.

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, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, suplai minyak kelapa sawit sendiri sangat bergantung pada perbandingan antara profitabilitas antara alokasi suplai minyak kelapa sawit untuk produksi biodiesel dan untuk kebutuhan ekspor.

Dengan volume produksi yang lebih besar, maka harga pokok penjualan akan 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 akan semakin tinggi pula.

Harga pokok penjualan ini akan mempengaruhi harga jual biodiesel, semakin rendah harga pokok penjualan biodiesel, maka harga jual biodiesel dapat semakin rendah. Namun, di sisi lain harga pokok penjualan biodiesel sangat bergantung pada margin yang ingin diperoleh produsen.

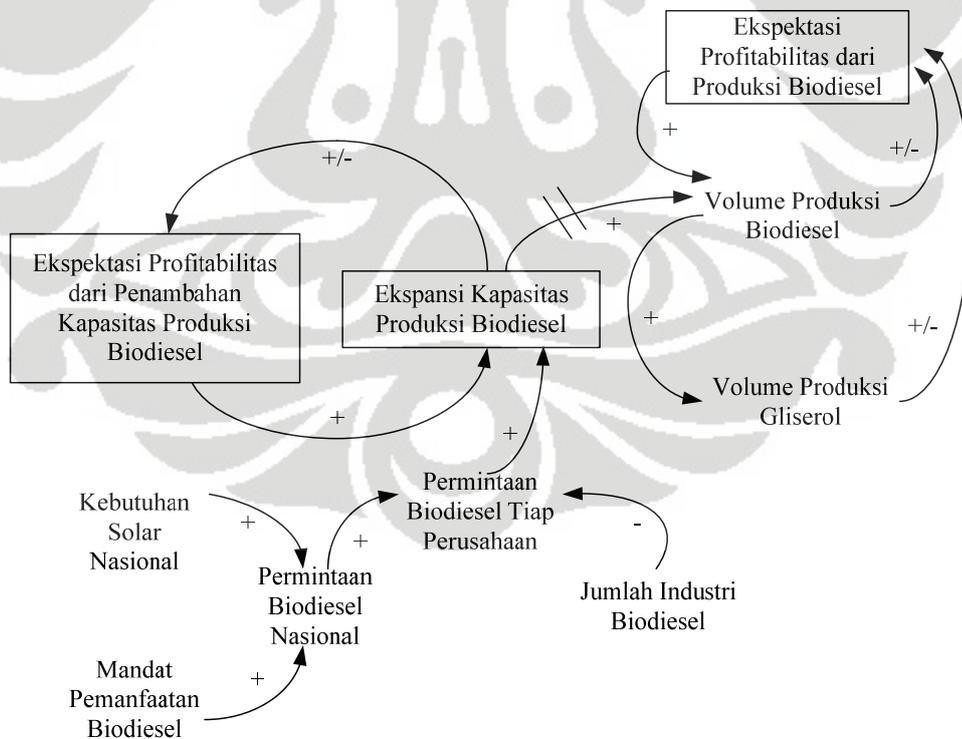
Harga jual ini akan kembali menentukan profitabilitas dari penjualan biodiesel. Dengan sendirinya, ini menutup lingkaran *loop* yang ada. Sementara itu,

di sisi lain harga jual biodiesel akan mempengaruhi subsidi yang harus diberikan untuk biodiesel, yang besarnya juga dipengaruhi dari harga solar itu sendiri.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, *causal loop diagram* utama ini merupakan *causal loop* yang merangkum semua komponen dan perilaku yang terdapat di dalam sistem biodiesel. Seperti yang telah digambarkan pada *system diagram* pada bab 3, sistem biodiesel itu sendiri tersusun atas subsistem-subsistem, yang di antaranya adalah subsistem produksi, subsistem profitabilitas, dan subsistem harga, seperti yang akan dibahas pada bagian berikut.

4.1.1.1 Causal Loop Diagram Subsistem Produksi Biodiesel

Pada bagian ini ditunjukkan bagaimana permintaan biodiesel mempengaruhi keinginan untuk melakukan ekspansi kapasitas produksi. Adapun ekspansi kapasitas produksi ini didasarkan atas pertimbangan keuntungan yang dapat diperoleh dengan melakukan ekspansi kapasitas produksi tersebut. Pertimbangan yang sama juga dilakukan dalam melakukan produksi. Penjelasan ini digambarkan pada *causal loop diagram* subsistem produksi biodiesel pada gambar 4.2.

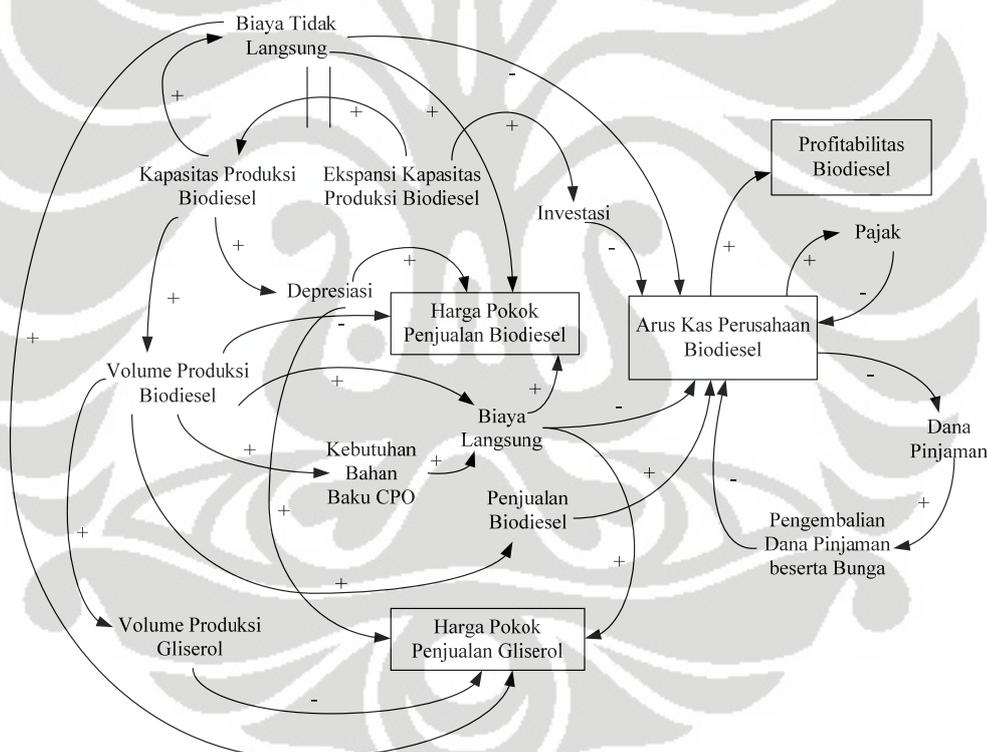


Gambar 4.2 Causal Loop Diagram Subsistem Produksi Biodiesel

4.1.1.2 Causal Loop Diagram Subsistem Profitabilitas Biodiesel

Pada gambar 4.3 ditunjukkan *causal loop diagram* yang digunakan untuk pengukuran kinerja profitabilitas dari unit biodiesel. Dalam diagram tersebut dapat dilihat komponen-komponen biaya apa saja yang terdapat di dalam sistem biodiesel ini. Dapat dilihat bahwa variabel-variabel yang terdapat di dalam subsistem produksi juga turut memegang peranan dalam arus kas dan harga pokok penjualan dari unit biodiesel.

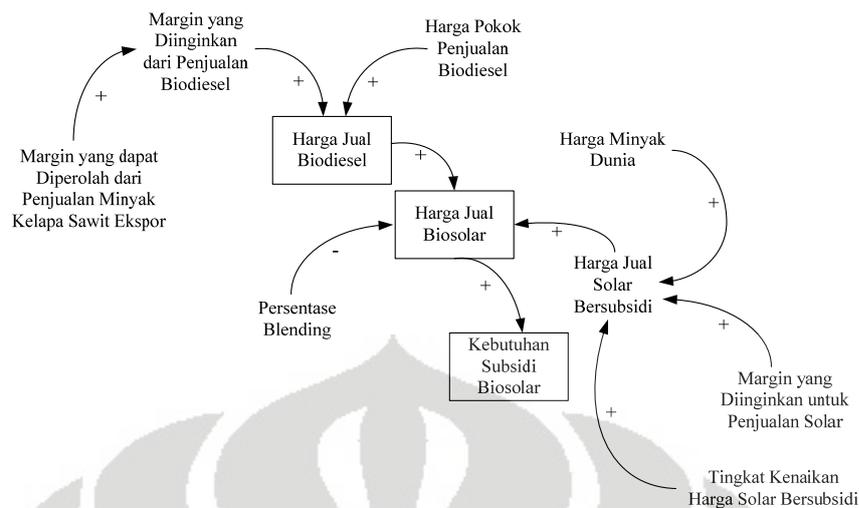
Selain itu, dalam diagram ini juga ditunjukkan bagaimana pengaruh faktor-faktor finansial seperti pajak dan pinjaman bank dapat mempengaruhi kinerja profitabilitas industri biodiesel.



Gambar 4.3 Causal Loop Diagram Subsistem Profitabilitas Biodiesel

4.1.1.3 Causal Loop Diagram Subsistem Harga Biodiesel

Pada *causal loop diagram* subsistem harga biodiesel yang digambarkan pada gambar 4.4 ini, dapat dilihat faktor-faktor apa saja yang berpengaruh dalam penetapan harga jual biodiesel serta bagaimana karakteristik dari hubungan tersebut.



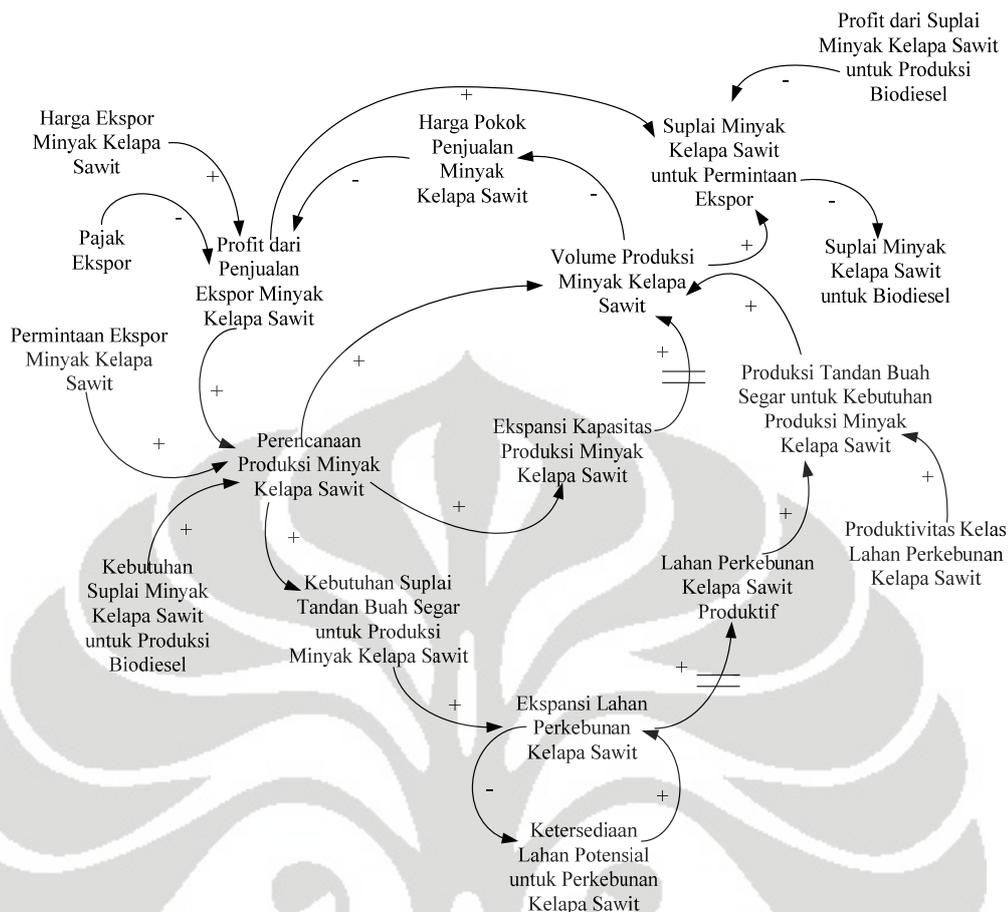
Gambar 4.4 *Causal Loop Diagram* Subsistem Harga Biodiesel

4.1.2 *Causal Loop Diagram* Sistem Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit

Causal loop diagram utama untuk sistem pabrik dan perkebunan kelapa yang berhubungan secara langsung terhadap permasalahan utama ditunjukkan pada gambar 4.5 dengan penjelasan sebagai berikut.

Penjelasan terhadap *causal loop diagram* untuk sistem ini dimulai dari kebutuhan suplai minyak kelapa sawit untuk biodiesel. Ini merupakan sambungan dari *causal loop diagram* sistem biodiesel, yang dalam hal ini adalah jumlah suplai minyak kelapa sawit yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan produksi biodiesel. Jumlah kebutuhan suplai minyak kelapa sawit ini akan mempengaruhi perencanaan produksi minyak kelapa sawit. Di samping itu, perencanaan produksi minyak kelapa sawit juga dipengaruhi oleh besarnya permintaan minyak kelapa sawit ekspor.

Dengan semakin besarnya perencanaan produksi biodiesel, kebutuhan suplai tandan buah segar yang dibutuhkan sebagai bahan baku produksi minyak kelapa sawit juga akan semakin besar. Hal ini memicu dilakukannya ekspansi lahan perkebunan. Bagaimanapun ekspansi lahan perkebunan ini dibatasi oleh tersedianya lahan yang dapat digunakan untuk perkebunan kelapa sawit. Dengan demikian terdapat *loop* yang bersifat *balancing* di sini.



Gambar 4.5 Causal Loop Diagram Sistem Unit Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit

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 akan 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. Dengan semakin besarnya kapasitas minyak kelapa sawit yang ada, maka produksi minyak kelapa sawit yang dimungkinkan juga akan semakin besar.

Produksi minyak kelapa sawit yang dapat dihasilkan sendiri selain bergantung kepada kapasitas produksi minyak kelapa sawit juga bergantung kepada suplai tandan buah segar yang ada. Dengan kata lain, produksi tandan buah segar ini menjadi pembatas untuk produksi minyak kelapa sawit.

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 akan 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.

Dengan adanya profit penjualan minyak kelapa sawit ekspor, produsen minyak kelapa sawit akan didorong untuk kembali melakukan perencanaan produksi minyak kelapa sawit sekaligus menutup *loop* yang ada.

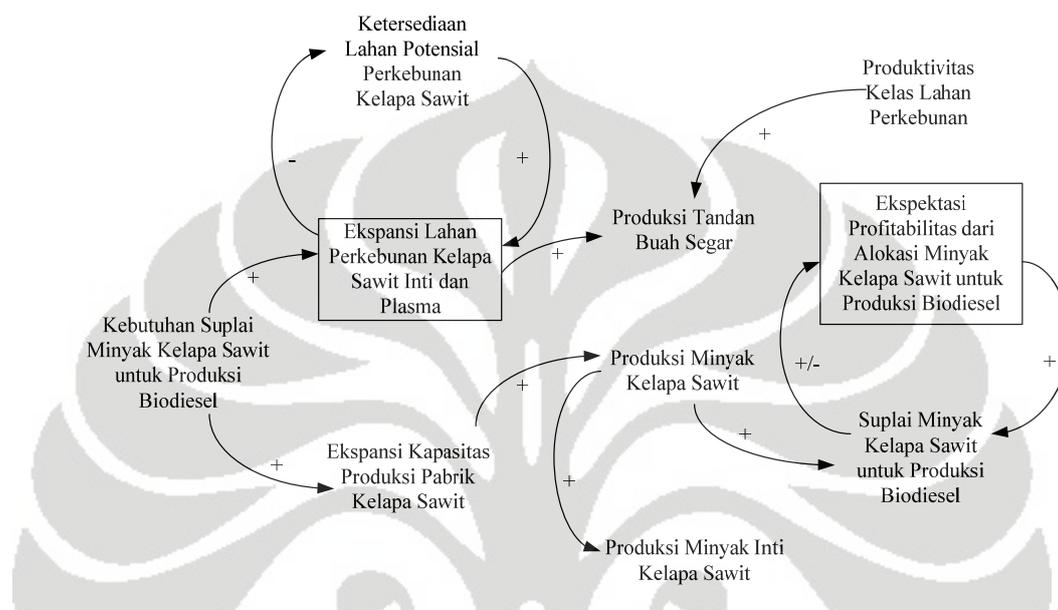
Pada saat yang sama profit penjualan minyak kelapa sawit akan mempengaruhi pertimbangan produsen minyak kelapa sawit dalam menyuplai produksinya untuk biodiesel. Dalam hal ini, apabila profit yang diperoleh dengan menjual alokasi minyak kelapa sawit untuk biodiesel lebih tinggi jika dijual kepada pasar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

Adapun seperti halnya pada sistem biodiesel, *causal loop diagram* utama ini merupakan *causal loop* yang merangkum semua komponen dan perilaku yang terdapat di dalam sistem pabrik dan perkebunan kelapa sawit ini. Seperti yang telah digambarkan pada *system diagram* pada bab 3, sistem ini tersusun atas subsistem produksi, subsistem profitabilitas, dan subsistem harga, yang akan dibahas sebagai berikut.

4.1.2.1 *Causal Loop Diagram* Subsistem Produksi Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit

Causal loop diagram untuk subsistem produksi pabrik dan perkebunan kelapa sawit ditunjukkan pada gambar 4.6. Pada intinya di dalam *causal loop diagram* ini diperlihatkan faktor-faktor apa saja yang terdapat di dalam subsistem

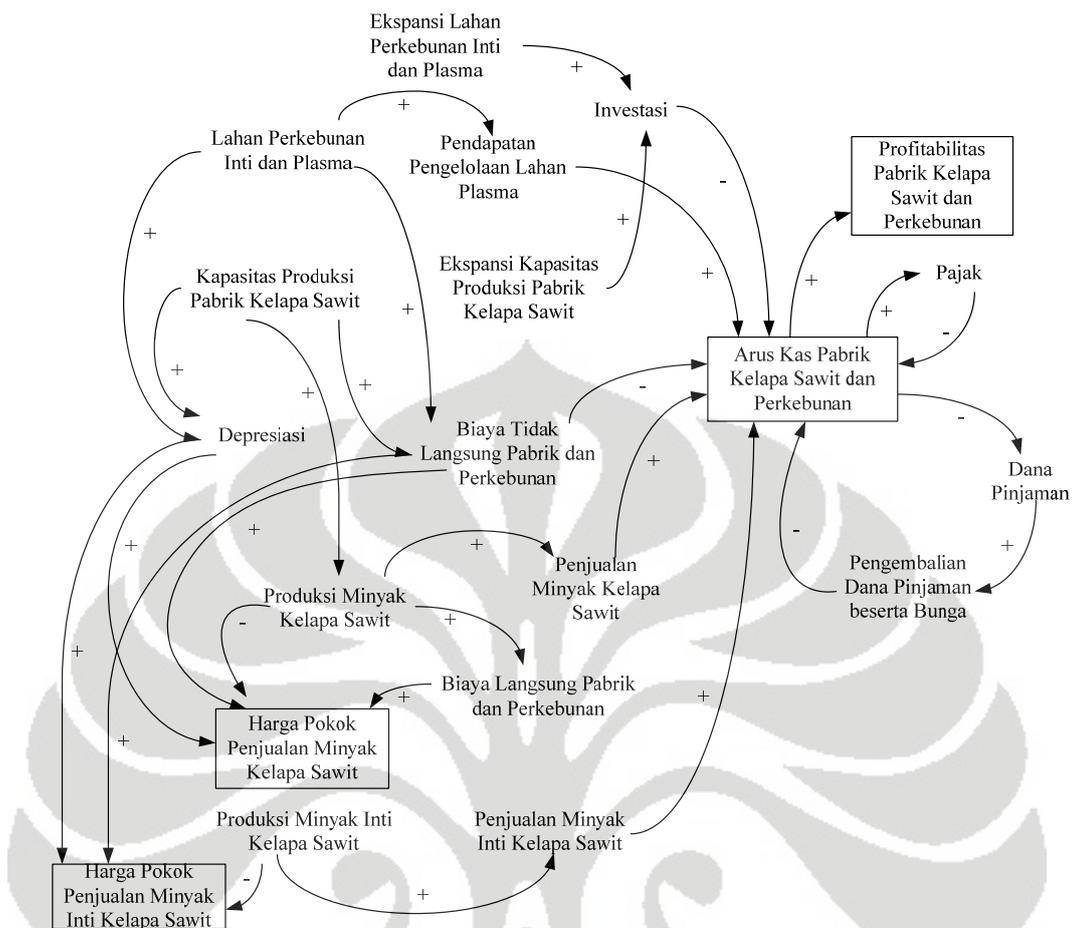
ini serta bagaimana hubungan yang terjadi di antara faktor-faktor tersebut. Sebagai contoh, dapat dilihat bagaimana lahan potensial yang ada membatasi ekspansi lahan, baik lahan inti maupun lahan plasma, serta bagaimana suplai minyak kelapa sawit untuk produksi biodiesel dipengaruhi dari ekspektasi akan keuntungan yang dapat diperoleh dari keputusan tersebut.



Gambar 4.6 *Causal Loop Diagram* Subsistem Produksi Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit

4.1.2.2 *Causal Loop Diagram* Subsistem Profitabilitas Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit

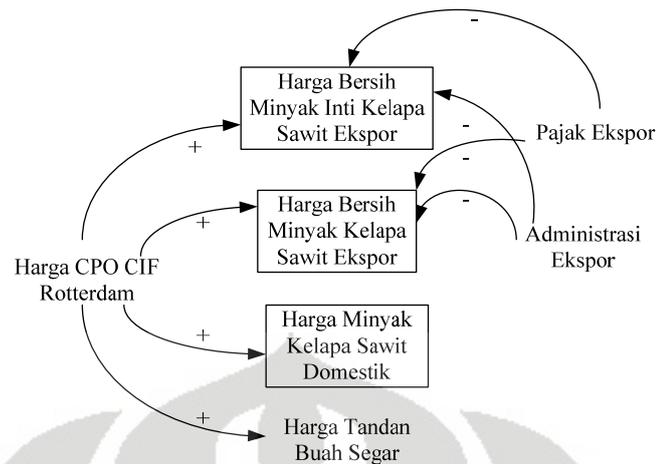
Pada gambar 4.7 ditunjukkan *causal loop diagram* yang digunakan untuk pengukuran kinerja profitabilitas dari unit pabrik dan perkebunan kelapa sawit. Dalam diagram tersebut dapat dilihat komponen-komponen finansial apa saja yang terdapat di dalam sistem ini, seperti penjualan minyak kelapa sawit, penjualan minyak inti kelapa sawit, ekspansi lahan inti dan plasma, dan lain-lain. Pada intinya di dalam diagram ini dapat dilihat biaya-biaya apa saja yang menyusun harga pokok penjualan minyak kelapa sawit dan harga pokok penjualan minyak inti kelapa sawit, serta elemen-elemen apa saja yang mempengaruhi arus kas yang nantinya akan menentukan kinerja profitabilitas dari sistem ini.



Gambar 4.7 *Causal Loop Diagram* Subsistem Profitabilitas Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit

4.1.2.3 *Causal Loop Diagram* Subsistem Harga Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit

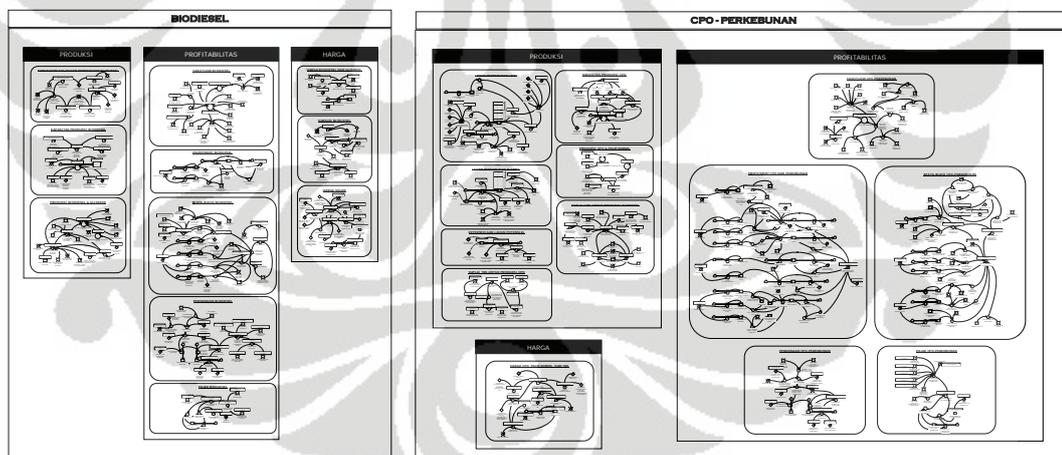
Pada gambar 4.8 dapat dilihat *causal loop diagram* dari faktor-faktor yang mempengaruhi harga-harga komoditas kelapa sawit yang berperan di dalam sistem pabrik dan perkebunan kelapa sawit ini, seperti harga tandan buah segar, harga minyak kelapa sawit ekspor, dan minyak kelapa sawit domestik.



Gambar 4.8 *Causal Loop Diagram* Subsistem Harga Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit

4.2 Stock and Flow Diagram

Causal loop diagram yang dijelaskan pada bagian 4.1 kemudian akan diterjemahkan ke dalam *stock and flow diagram* seperti yang terlihat pada gambar 4.9 sebagai model simulasi yang akan digunakan.



Gambar 4.9 *Stock and Flow Diagram* Keseluruhan Model Simulasi

Sesuai dengan yang digambarkan dalam *system diagram*, terdapat dua sistem, yakni sistem biodiesel dan sistem pabrik dan perkebunan kelapa sawit yang masing-masing terdiri atas tiga subsistem: profitabilitas, produksi, dan harga.

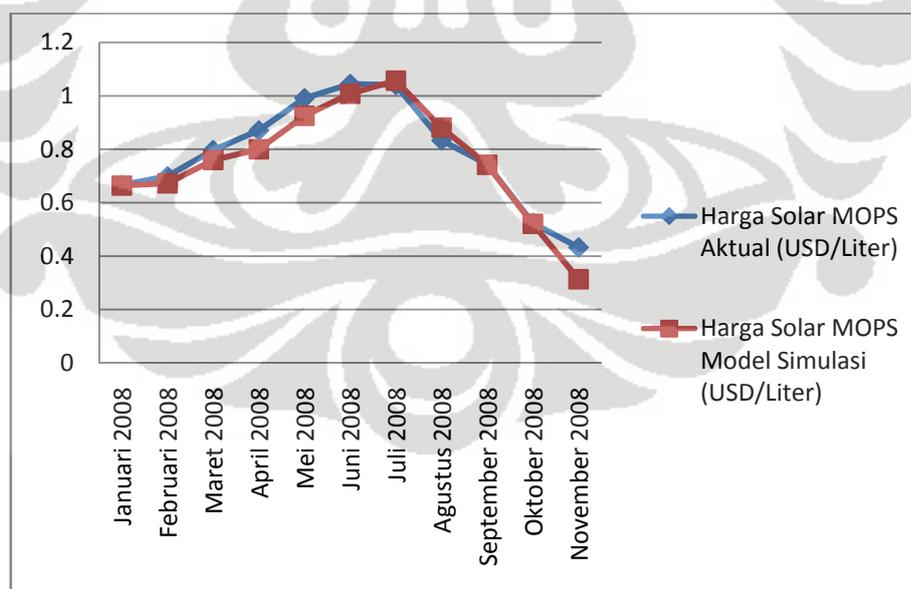
4.3 Verifikasi dan Validasi Model Simulasi

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

4.3.1 Verifikasi Model

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

- Harga solar *Mean of Platt's Singapore* (MOPS)
- Harga *Indonesia Crude Price* (ICP)
- Harga minyak kelapa sawit domestik
- Harga tandan buah segar
- Harga *palm kernel* (minyak inti kelapa sawit)



Gambar 4.10 Perbandingan Harga Solar MOPS Aktual dengan Harga Solar MOPS Simulasi

(Sumber: Situs Energi Riset & Manajemen Indonesia, 2008, telah diolah kembali)

Harga solar MOPS merupakan harga yang pada akhirnya akan menentukan harga eceran solar yang dijual di Indonesia. Oleh karena itu, variabel ini tergolong penting dalam perhitungan subsidi yang dibutuhkan untuk harga jual solar transportasi serta untuk harga jual biosolar nantinya. Tanpa adanya variabel ini, perbandingan antara harga biodiesel dengan harga solar tidak dapat dilakukan. Untuk itu, model simulasi dijalankan pada periode bulan Januari 2008 hingga 2008 sesuai dengan periode data historis harga solar MOPS yang didapatkan.

Tabel 4.1 Perbandingan Harga Solar MOPS Aktual dengan Harga Solar MOPS Simulasi

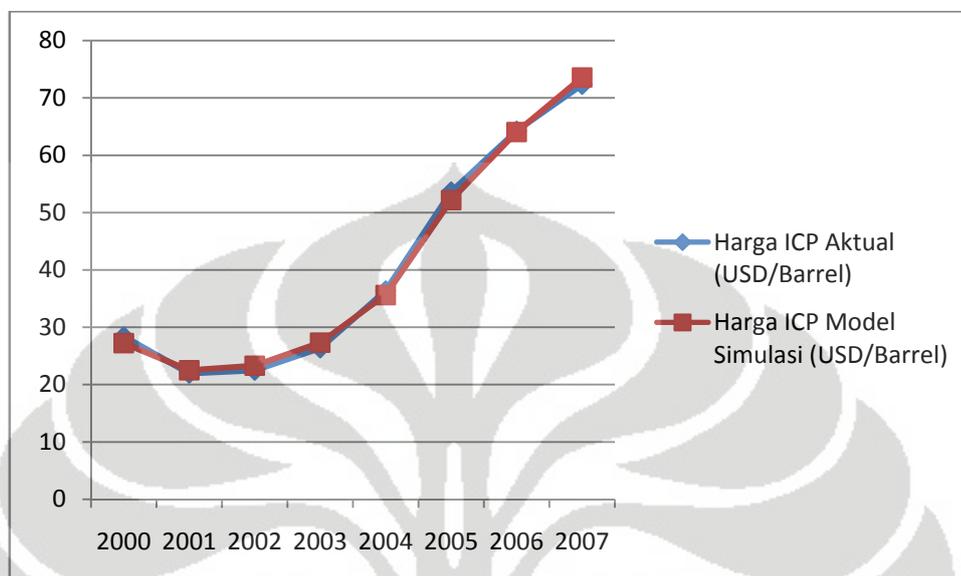
Bulan	Harga Solar MOPS Aktual (USD/Liter)	Harga Solar MOPS Model Simulasi (USD/Liter)	Persentase Perbedaan
Januari 2008	0.665819379	0.663785	0%
Februari 2008	0.698814475	0.672344	-4%
Maret 2008	0.796584572	0.75932	-5%
April 2008	0.870394258	0.79982	-8%
Mei 2008	0.991332249	0.925352	-7%
Juni 2008	1.044430843	1.0075625	-4%
Juli 2008	1.040943771	1.0567025	2%
Agustus 2008	0.833198826	0.880748	6%
September 2008	0.743301058	0.741635	0%
Oktober 2008	0.523747619	0.520568	-1%
November 2008	0.431947812	0.3131225	-28%

(Sumber: Situs Energi Riset & Manajemen Indonesia, 2008, telah diolah kembali)

Berdasarkan pengamatan terhadap grafik hasil simulasi periode Januari 2008-November 2008 pada gambar 4.10, didapatkan pergerakan nilai yang serupa antara harga solar MOPS aktual dan harga solar MOPS simulasi. Sementara itu, tabel 4.1 menunjukkan hasil yang serupa dengan angka persentase perbedaan yang relatif kecil.

Harga ICP merupakan harga yang dijadikan patokan dalam menentukan harga keekonomian solar. Oleh karena itu, seperti halnya harga solar MOPS, realistis tidaknya harga ICP yang dihasilkan model simulasi akan turut menentukan seberapa realistis perbandingan antara harga biodiesel dan harga solar. Dari hasil simulasi yang dijalankan pada dari tahun 2001 sampai dengan

tahun 2007, sesuai dengan periode data historis yang diperoleh, didapatkan perbandingan nilai yang diperoleh dari simulasi dengan nilai aktual seperti yang ditunjukkan pada tabel dan gambar berikut.



Gambar 4.11 Perbandingan Harga ICP Aktual dengan Harga ICP Simulasi

(Sumber: *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*, 2008, telah diolah kembali)

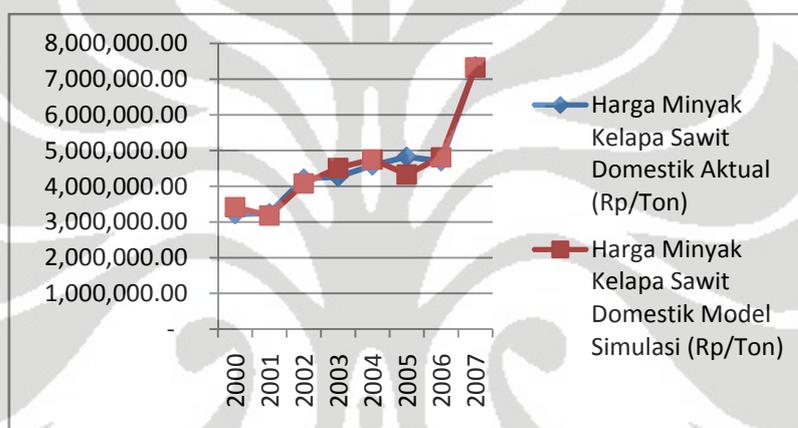
Tabel 4.2 Perbandingan Harga ICP Aktual dengan Harga ICP Simulasi

Tahun	Harga ICP Aktual (USD/Barrel)	Harga ICP Model Simulasi (USD/Barrel)	Persentase Perbedaan
2000	28.39	27.24913108	-4%
2001	21.94	22.50715025	3%
2002	22.46	23.30852571	4%
2003	26.34	27.320918	4%
2004	36.39	35.62880592	-2%
2005	53.66	52.1698535	-3%
2006	64.27	64.05729813	0%
2007	72.31	73.57200592	2%

(Sumber: *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*, 2008, telah diolah kembali)

Seperti halnya pada verifikasi harga solar MOPS, hasil dari grafik pergerakan dan persentase perbedaan dari tabel menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh dari model simulasi memiliki karakteristik yang serupa dengan data historis yang ada.

Harga minyak kelapa sawit domestik memegang peranan penting dalam harga pokok penjualan biodiesel, sehingga harga minyak kelapa sawit yang tidak realistis akan menyebabkan harga pokok penjualan yang terlalu kecil atau terlalu besar. Di sisi lain, harga tandan buah segar dan harga *palm kernel* (minyak inti kelapa sawit) akan berpengaruh besar terhadap arus kas untuk sistem pabrik dan perkebunan kelapa sawit. Verifikasi untuk ketiga faktor ini dilakukan dengan menjalankan model simulasi dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2007, sesuai dengan periode waktu data historis yang didapatkan, dan diperoleh hasil yang ditunjukkan pada beberapa grafik dan tabel berikut.



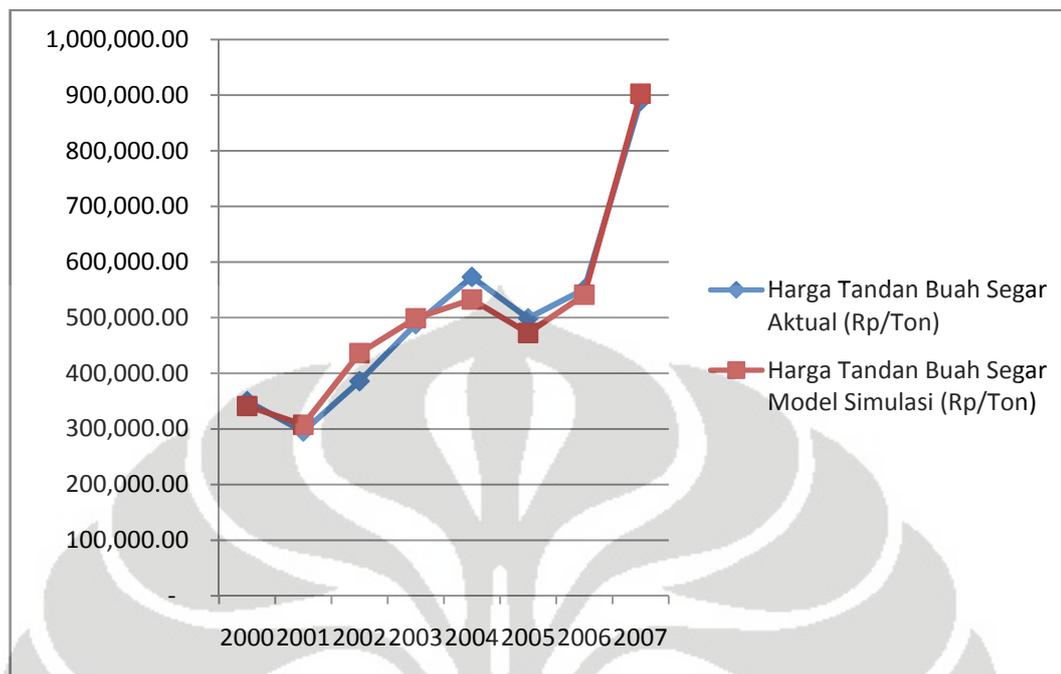
Gambar 4.12 Perbandingan Harga Minyak Kelapa Sawit Aktual dengan Harga Minyak Kelapa Sawit Simulasi

(Sumber: Statistik Perkebunan Indonesia, 2007-2009, 2008, telah diolah kembali)

Tabel 4.3 Perbandingan Harga Minyak Kelapa Sawit Aktual dengan Harga Minyak Kelapa Sawit Simulasi

Tahun	Harga Minyak Kelapa Sawit Domestik Aktual (Rp/Ton)	Harga Minyak Kelapa Sawit Domestik Model Simulasi (Rp/Ton)	Persentase Perbedaan
2000	3,217,150.00	3,415,187.73	6%
2001	3,242,250.00	3,179,942.34	-2%
2002	4,212,690.00	4,078,915.79	-3%
2003	4,267,930.00	4,515,800.08	6%
2004	4,584,302.00	4,751,045.47	4%
2005	4,825,600.00	4,330,964.42	-10%
2006	4,701,113.00	4,809,856.82	2%
2007	7,361,021.00	7,330,343.12	0%

(Sumber: Statistik Perkebunan Indonesia, 2007-2009, 2008, telah diolah kembali)



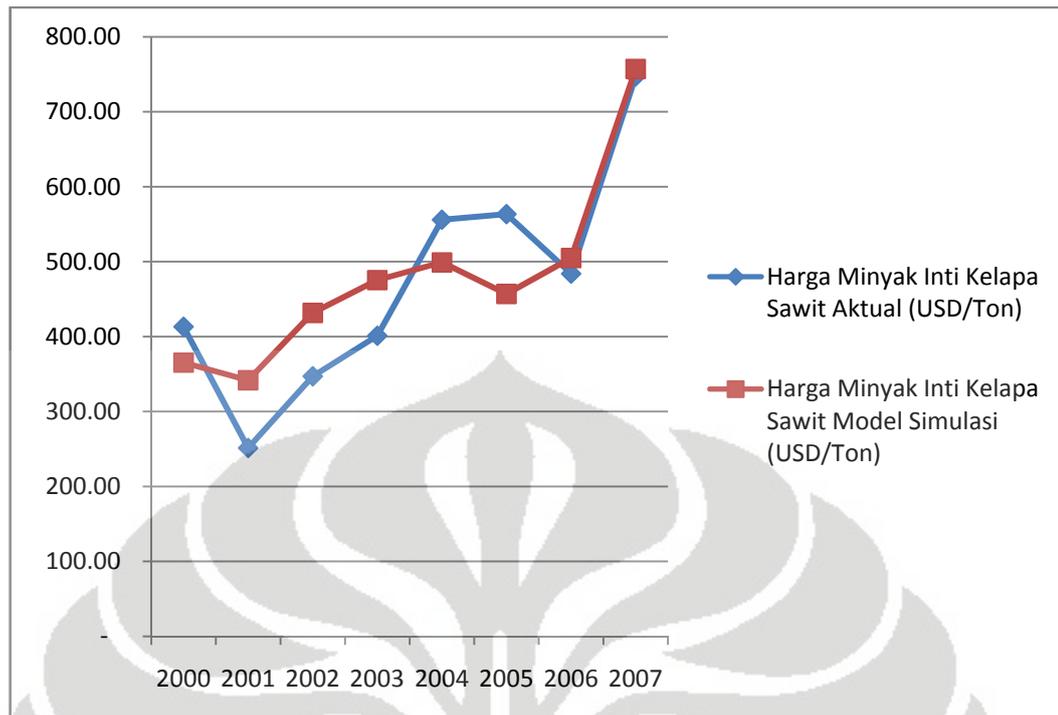
Gambar 4.13 Perbandingan Harga Tandan Buah Segar Aktual dengan Harga Tandan Buah Segar Simulasi

(Sumber: Statistik Perkebunan Indonesia, 2007-2009, 2008, telah diolah kembali)

Tabel 4.4 Perbandingan Harga Tandan Buah Segar Aktual dengan Harga Tandan Buah Segar Simulasi

Tahun	Harga Tandan Buah Segar Aktual (Rp/Ton)	Harga Tandan Buah Segar Model Simulasi (Rp/Ton)	Persentase Perbedaan
2000	349,879.00	341,146.80	-2%
2001	295,333.00	307,411.89	4%
2002	385,875.00	436,327.42	13%
2003	488,417.00	498,977.96	2%
2004	573,127.00	532,712.86	-7%
2005	499,201.00	472,471.96	-5%
2006	551,186.00	541,146.59	-2%
2007	889,771.00	902,591.99	1%

(Sumber: Statistik Perkebunan Indonesia, 2007-2009, 2008, telah diolah kembali)



Gambar 4.14 Perbandingan Harga Minyak Inti Kelapa Sawit Aktual dengan Harga Minyak Inti Kelapa Sawit Simulasi

(Sumber: Statistik Perkebunan Indonesia, 2007-2009, 2008, telah diolah kembali)

Tabel 4.5 Perbandingan Harga Minyak Inti Kelapa Sawit Aktual dengan Harga Minyak Inti Kelapa Sawit Simulasi

Tahun	Harga Minyak Inti Kelapa Sawit Aktual (USD/Ton)	Harga Minyak Inti Kelapa Sawit Model Simulasi (USD/Ton)	Persentase Perbedaan
2000	413.11	365.29	-12%
2001	251.34	341.74	36%
2002	347.00	431.73	24%
2003	401.09	475.46	19%
2004	555.86	499.01	-10%
2005	563.41	456.96	-19%
2006	483.88	504.90	4%
2007	747.24	757.20	1%

(Sumber: Statistik Perkebunan Indonesia, 2007-2009, 2008, telah diolah kembali)

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, dapat dikatakan bahwa perhitungan-perhitungan yang dilakukan model simulasi dan hasil keluarannya dapat mencerminkan kondisi nyata.

4.3.2 Validasi Model

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

4.3.2.1 Kecukupan Batasan

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

Adanya sistem pabrik dan perkebunan kelapa sawit membuat model simulasi ini dapat saja digunakan untuk mensimulasikan skenario *buffering* terhadap stok minyak kelapa sawit. Dalam skenario ini, produsen minyak kelapa sawit dapat menimbun hasil produksinya dan tidak menjualnya untuk sementara apabila harga minyak kelapa sawit di pasaran terlalu rendah untuk dijual. Hal ini merupakan fenomena yang umum terjadi dalam keadaan nyata, namun, dengan menimbang dari ruang lingkup penelitian yang telah didefinisikan sebelumnya, model simulasi ini dibuat dalam rangka target jangka panjang biodiesel nasional. Secara struktur, model ini memang menyertakan adanya sistem pabrik dan perkebunan kelapa sawit, namun itu adalah berdasarkan pertimbangan aspek rantai suplai dari jenis bahan bakar nabati berbahan baku minyak kelapa sawit. Skenario ini dapat disimulasikan untuk penelitian selanjutnya yang membahas lebih mendetail mengenai sistem pabrik dan perkebunan kelapa sawit.

4.3.2.2 Penilaian Struktur

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

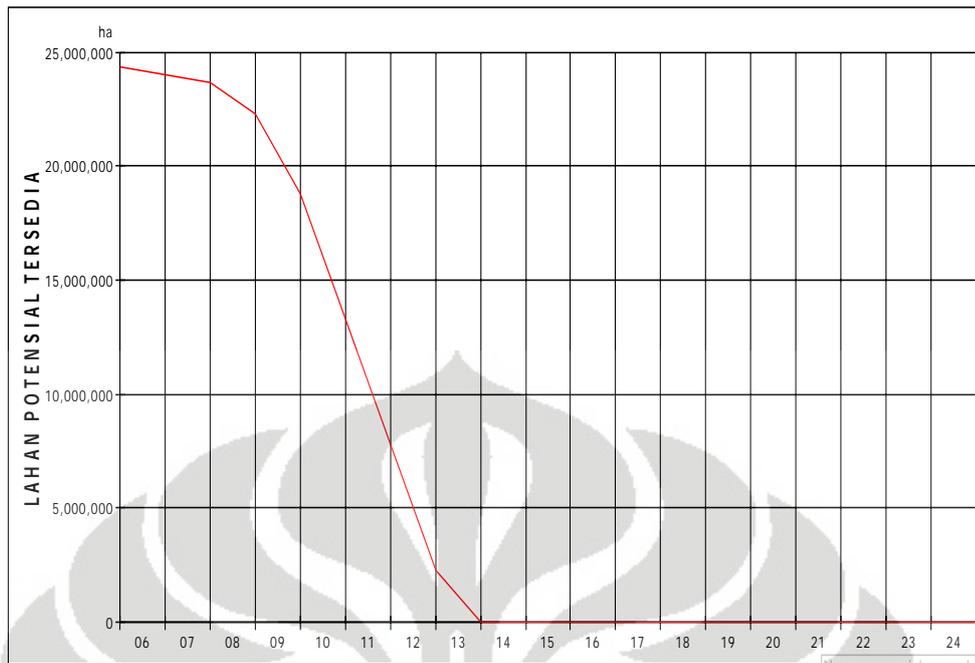
4.3.2.3 Konsistensi Dimensi

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

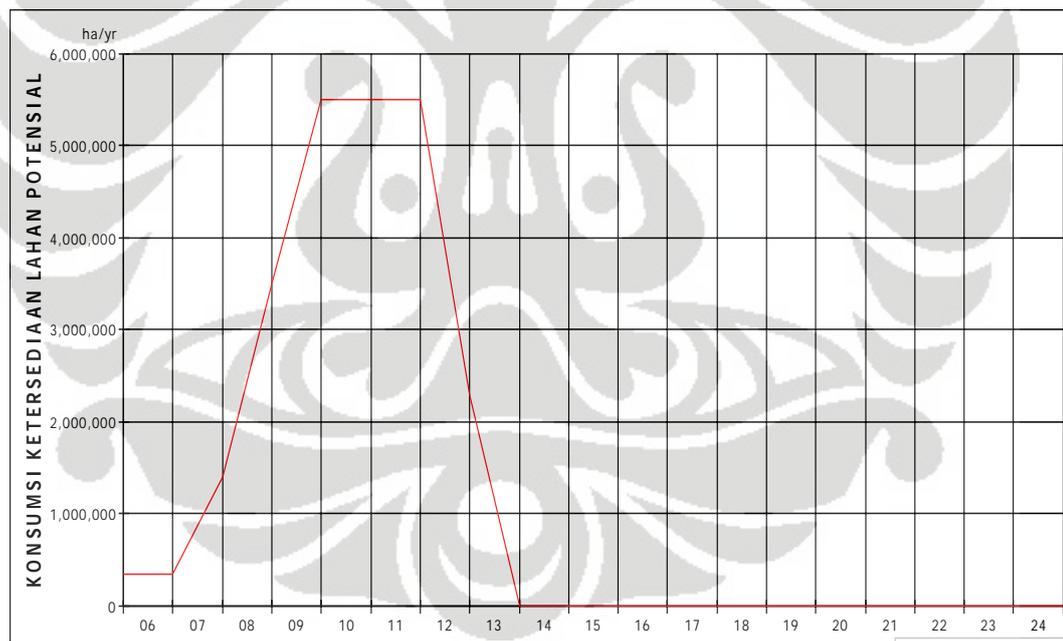
4.3.2.4 Kondisi Ekstrim

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

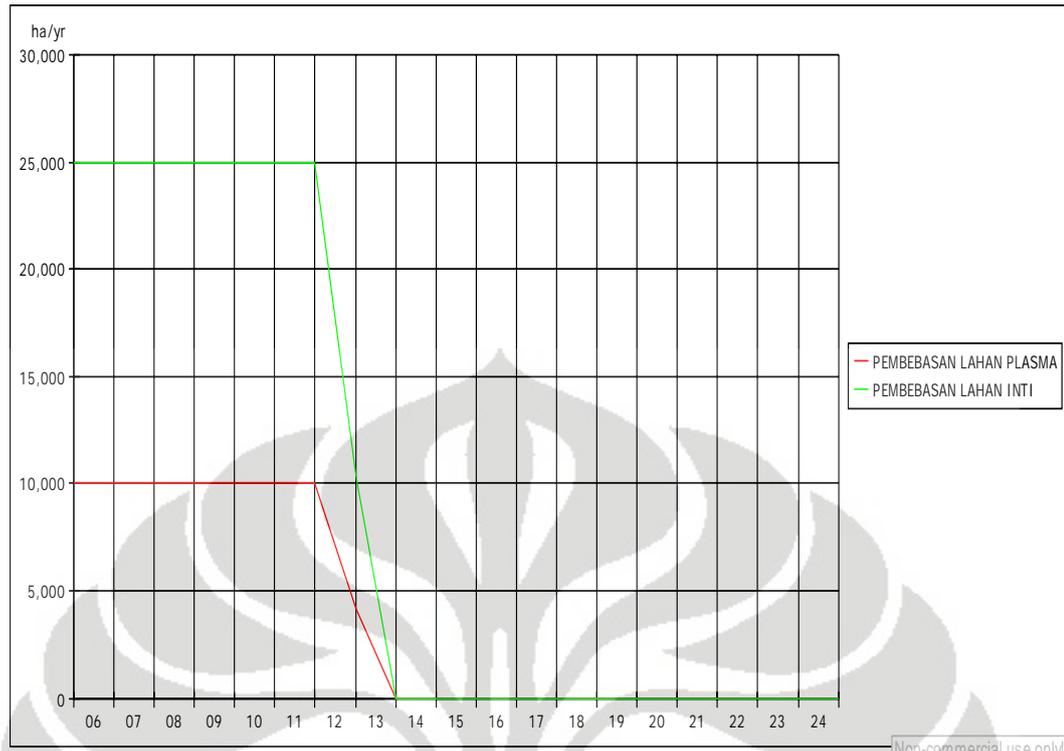
Pertama-tama, penulis ingin mengetahui apakah ketersediaan lahan potensial benar-benar membatasi ekspansi lahan perkebunan kelapa sawit dari tiap-tiap perusahaan, baik inti maupun plasma. Oleh karena itu, kebutuhan lahan serta maksimum pembukaan lahan per tahun untuk lahan inti dan plasma diubah ke dalam 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.



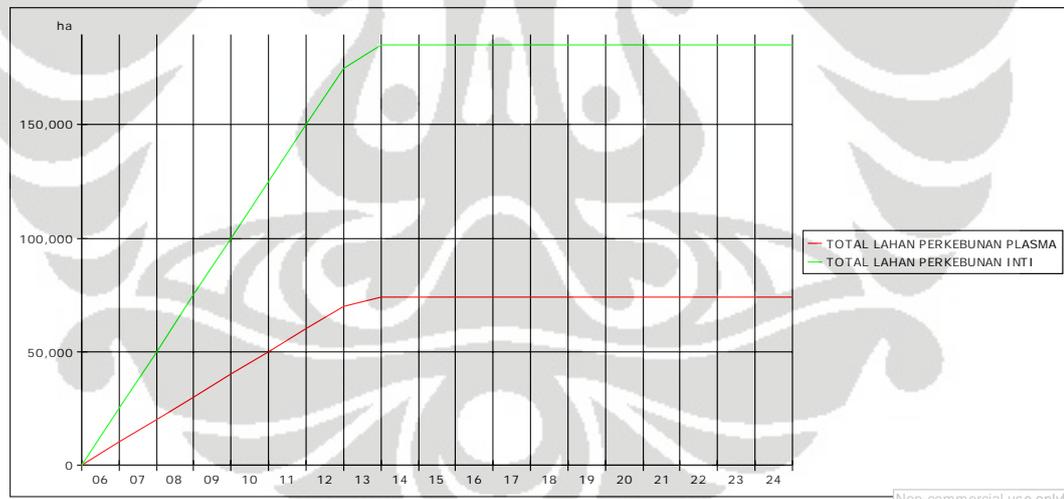
Gambar 4.15 Grafik Lahan Potensial yang Tersedia pada Kondisi Ekstrim



Gambar 4.16 Grafik Konsumsi Ketersediaan Lahan Potensial pada Kondisi Ekstrim



Gambar 4.17 Grafik Ekspansi Lahan Inti dan Plasma pada Kondisi Ekstrim



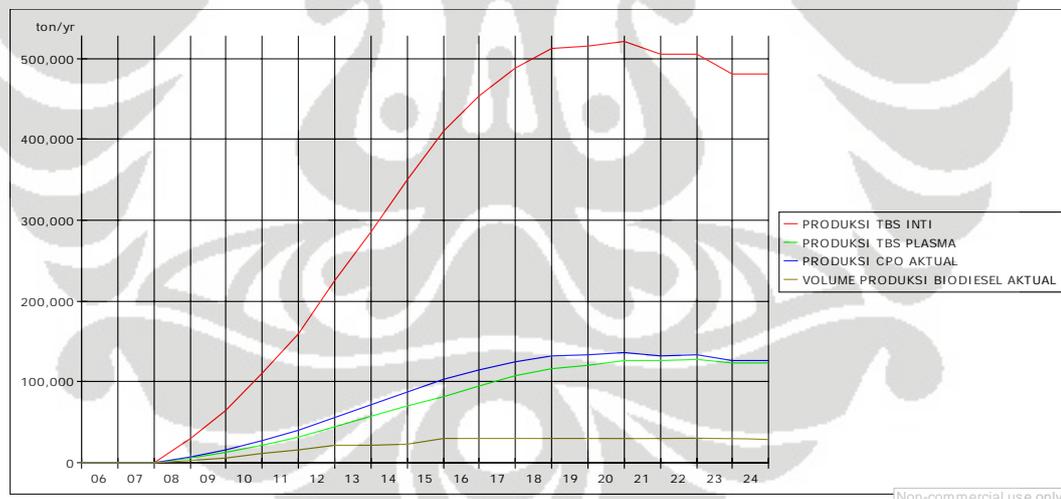
Gambar 4.18 Grafik Total Lahan Inti dan Plasma pada Kondisi Ekstrim

Pada grafik ketersediaan lahan potensial, 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 grafik konsumsi ketersediaan lahan potensial serta grafik ekspansi

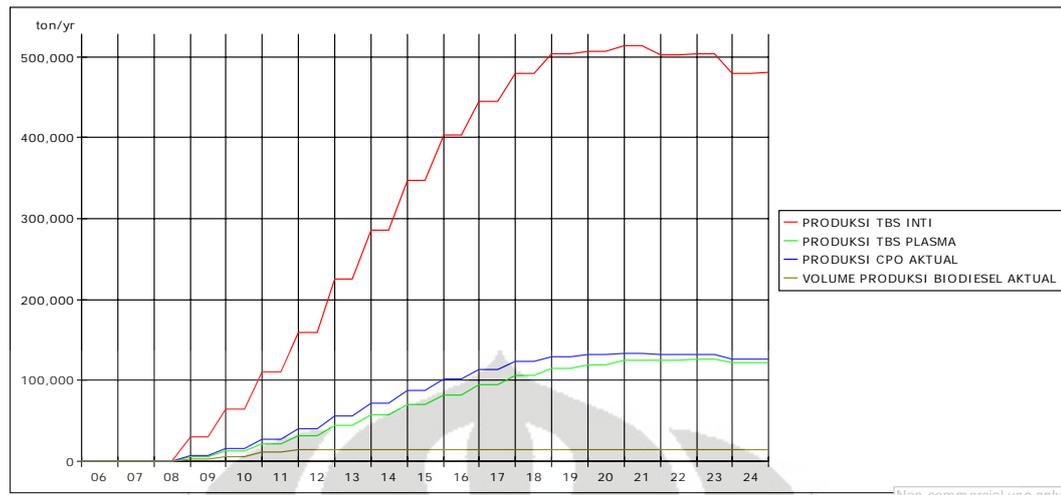
lahan inti dan plasma. Pada kedua grafik ini, ditunjukkan bahwa konsumsi lahan dan ekspansi lahan turut berhenti pada tahun yang sama. Jika ekspansi lahan inti dan lahan plasma (yang sebelumnya diatur agar terus berjalan sampai akhir berjalannya simulasi) berhenti pada tahun 2014, maka seharusnya pada tahun tersebut penambahan luas lahan inti dan plasma akan berhenti. Sesuai dengan yang diharapkan, hasil inilah yang terlihat pada grafik total lahan inti dan plasma.

4.3.2.5 Error dalam Integrasi

Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah hasil keluaran simulasi sensitif terhadap *time step* yang dipergunakan. Metode yang umum dalam pengujian ini adalah dengan membandingkan hasil simulasi *time step* normal dengan hasil simulasi *time step* setengah dari seharusnya. 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 berikut.



Gambar 4.19 Grafik Produksi Tandan Buah Segar Inti dan Plasma, Produksi Minyak Kelapa Sawit, serta Produksi Biodiesel pada *Time Step* 1 Tahun



Gambar 4.20 Grafik Produksi Tandan Buah Segar Inti dan Plasma, Produksi Minyak Kelapa Sawit, serta Produksi Biodiesel pada *Time Step* 0.5 Tahun

Berdasarkan perbandingan antara kedua grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa secara umum tidak ada perbedaan yang signifikan dari hasil simulasi pada *time step* yang berbeda. Adapun perbedaan yang terlihat adalah bahwa pada *time step* 0.5 tahun, kurva yang ditampilkan menunjukkan bentuk yang bergerigi. Hal ini dikarenakan *logic* yang digunakan dalam pembuatan model simulasi yang sebagian besar menggunakan acuan tahun.

4.3.2.6 Reproduksi Perilaku

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

- Pengaruh perubahan harga jual biodiesel dan minyak kelapa sawit terhadap ketertarikan produsen biodiesel untuk terus memproduksi biodiesel
- Pengaruh volume produksi terhadap harga pokok penjualan produk

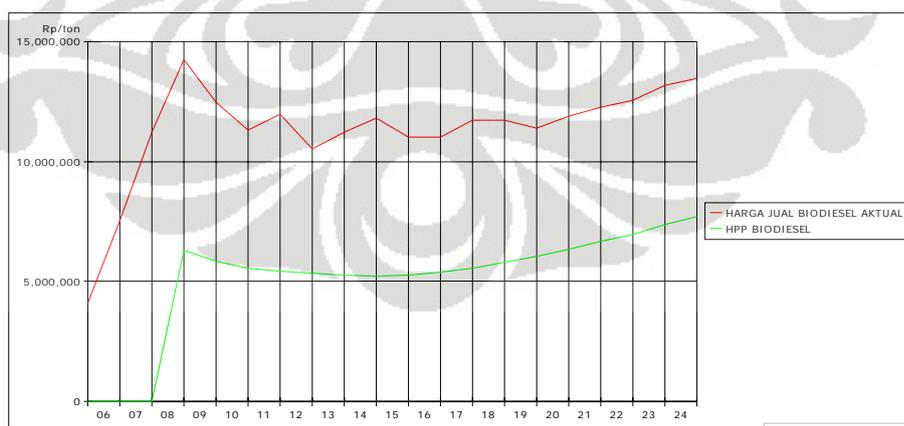
Pertama-tama, penulis ingin melihat bagaimana respon dari kenaikan atau penurunan harga jual biodiesel dan terhadap ketertarikan perusahaan untuk memproduksi biodiesel. Pada kondisi nyata, semakin tinggi harga biodiesel yang dapat ditawarkan, maka perusahaan biodiesel akan berusaha untuk tetap terus 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.

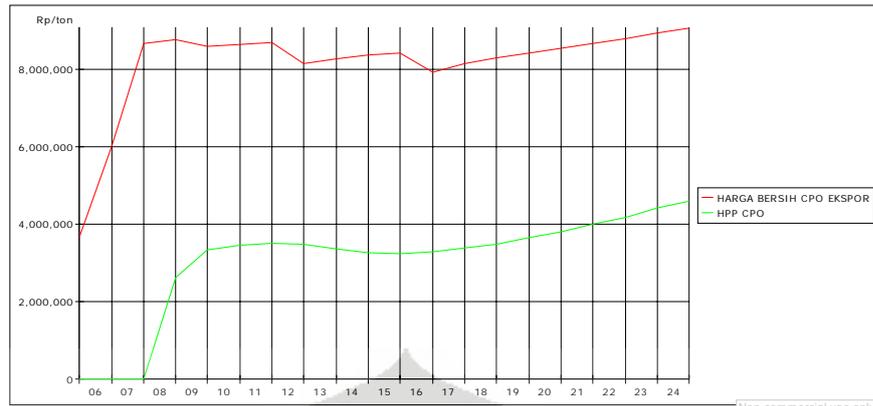
Berikut ini merupakan grafik hasil simulasi model yang dapat menggambarkan perilaku tersebut.



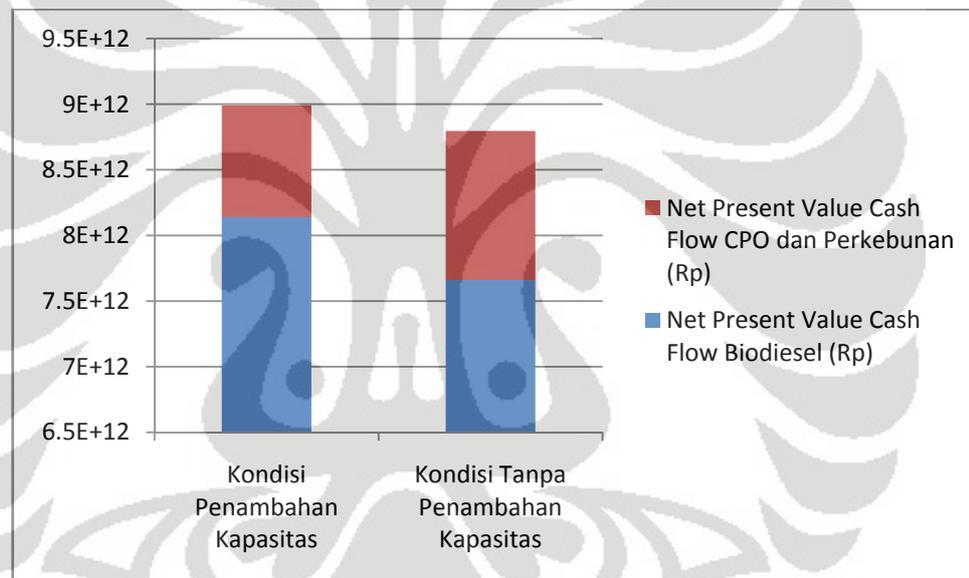
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Harga Biodiesel dan Harga Minyak Kelapa Sawit Ekspor pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel



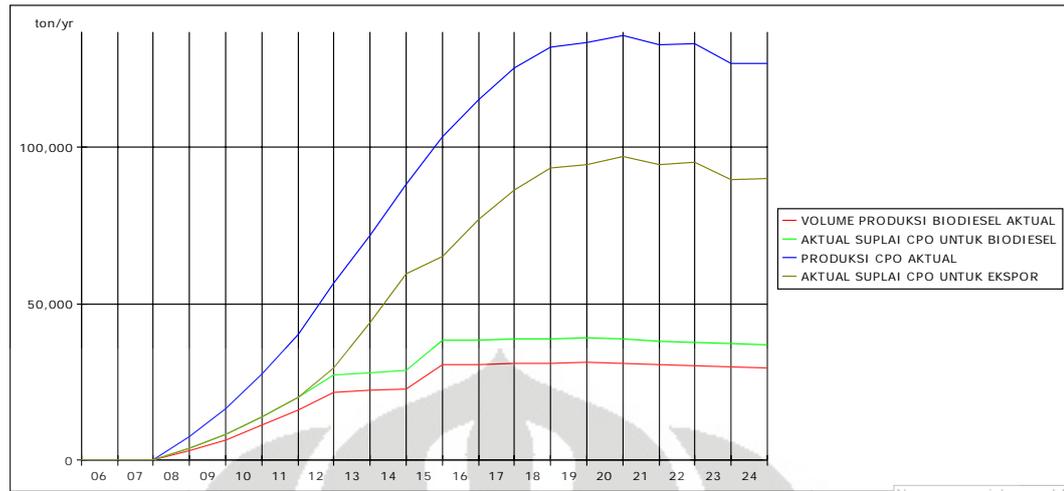
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Harga Biodiesel dan Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel



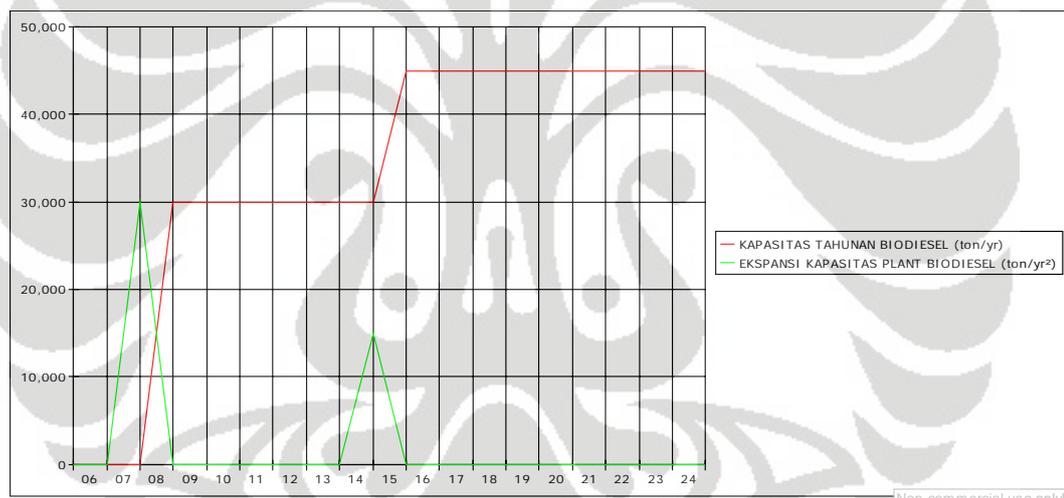
Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Harga Minyak Kelapa Sawit Ekspor dan Harga Pokok Penjualan Minyak Kelapa Sawit pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel



Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Persepsi Profitabilitas Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel



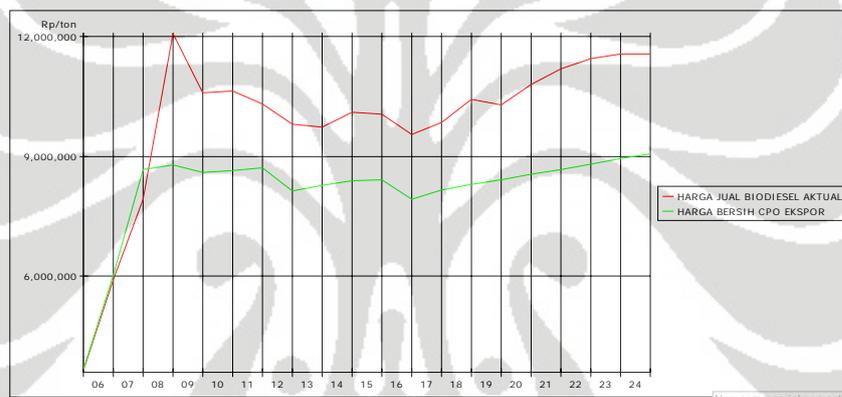
Gambar 4.25 Grafik Produksi Minyak Kelapa Sawit, Suplai Minyak Kelapa Sawit untuk Biodiesel, Suplai Minyak Kelapa Sawit untuk Ekspor, serta Produksi Biodiesel pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel



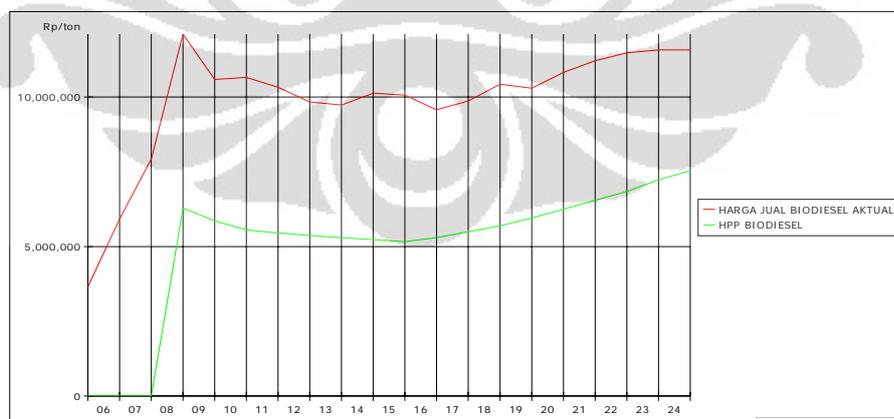
Gambar 4.26 Grafik Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel dan Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kondisi Kenaikan Harga Jual Biodiesel

Dari gambar 4.21, dapat dilihat bahwa harga biodiesel dinaikkan dari kondisi semula sehingga jarak antara harga biodiesel dan harga minyak kelapa sawit ekspor semakin besar, yang menyebabkan margin biodiesel semakin besar, seperti yang terlihat pada gambar 4.22. Nilai margin ini lebih besar daripada margin yang diperoleh dari selisih harga jual minyak kelapa sawit dan harga pokok penjualan minyak kelapa sawit yang ditampilkan pada gambar 4.23. Adanya ekspektasi margin profit yang lebih besar dari penjualan biodiesel membuat perusahaan tetap melanjutkan produksi biodiesel dan mengikuti

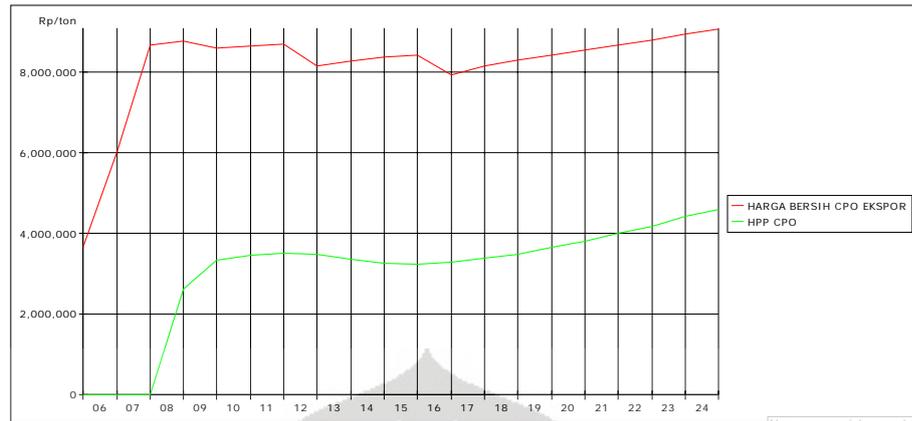
perkembangan permintaan biodiesel yang ada. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.24 di mana berdasarkan pertimbangan terhadap profitabilitas yang dapat diperoleh dengan menambah kapasitas untuk memenuhi permintaan yang ada lebih besar daripada tidak menambah kapasitas. Dari pengamatan terhadap grafik tersebut, 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 seperti yang ditunjukkan gambar 4.25, yang dikarenakan dilakukannya ekspansi kapasitas produksi biodiesel yang ditampilkan pada gambar 4.26. Hasil yang sama juga akan diperoleh dari sistem, apabila dilakukan penurunan harga jual minyak kelapa sawit ekspor.



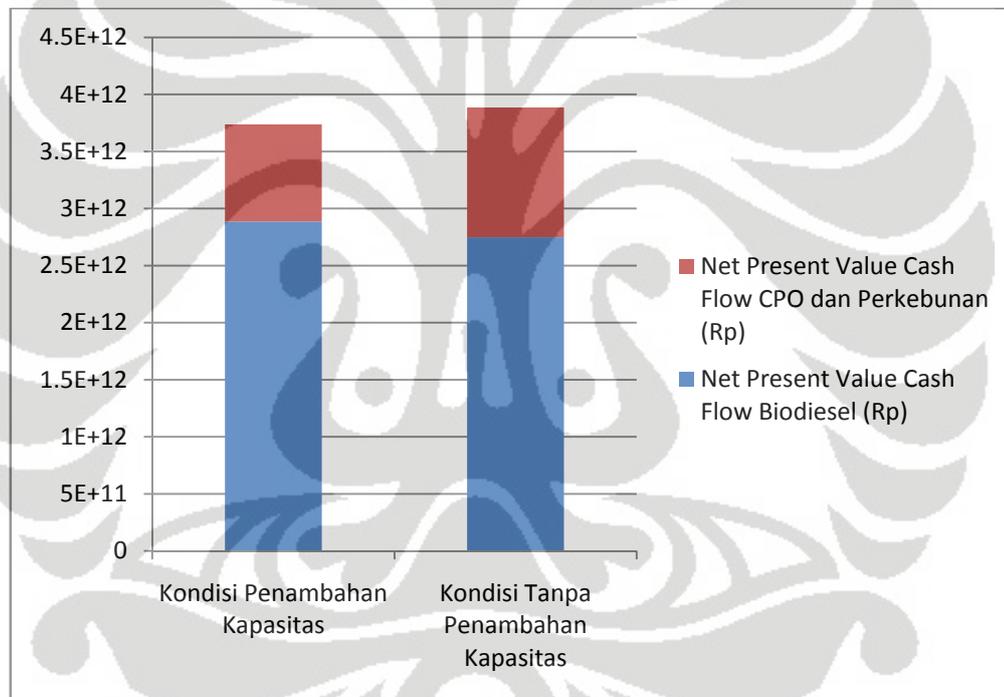
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Harga Biodiesel dan Harga Minyak Kelapa Sawit Ekspor pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel



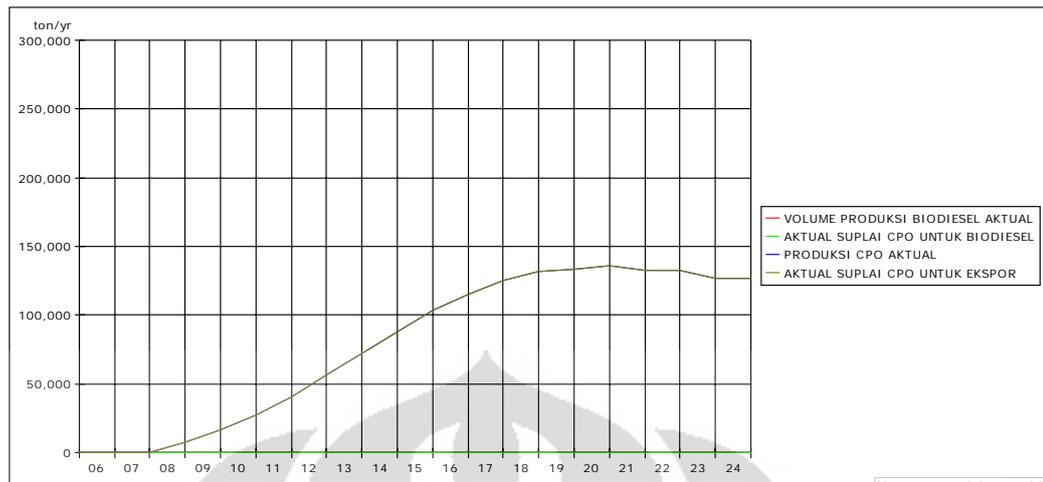
Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Harga Biodiesel dan Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel



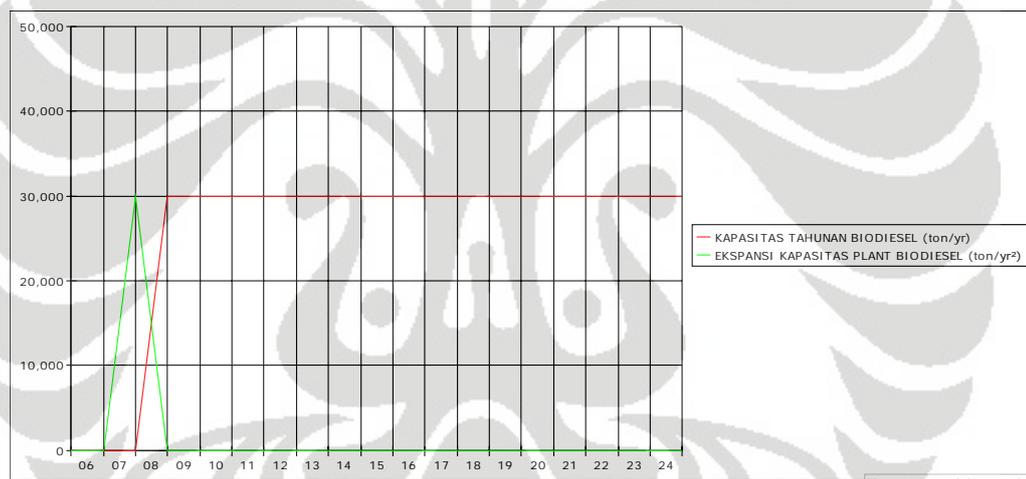
Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Harga Minyak Kelapa Sawit Ekspor dan Harga Pokok Penjualan Minyak Kelapa Sawit pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel



Gambar 4.30 Grafik Perbandingan Persepsi Profitabilitas Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel



Gambar 4.31 Grafik Produksi Minyak Kelapa Sawit, Suplai Minyak Kelapa Sawit untuk Biodiesel, Suplai Minyak Kelapa Sawit untuk Ekspor, serta Produksi Biodiesel pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel

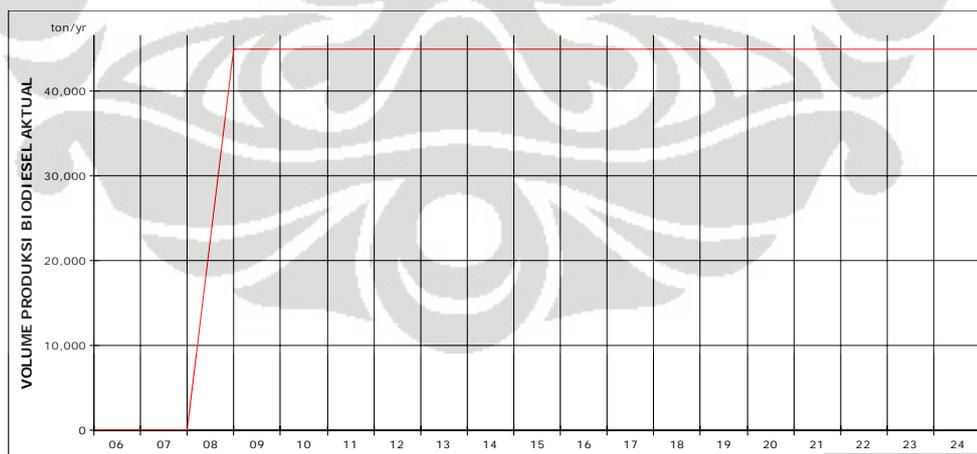


Gambar 4.32 Grafik Ekspansi Kapasitas Produksi Biodiesel dan Kapasitas Produksi Biodiesel pada Kondisi Penurunan Harga Jual Biodiesel

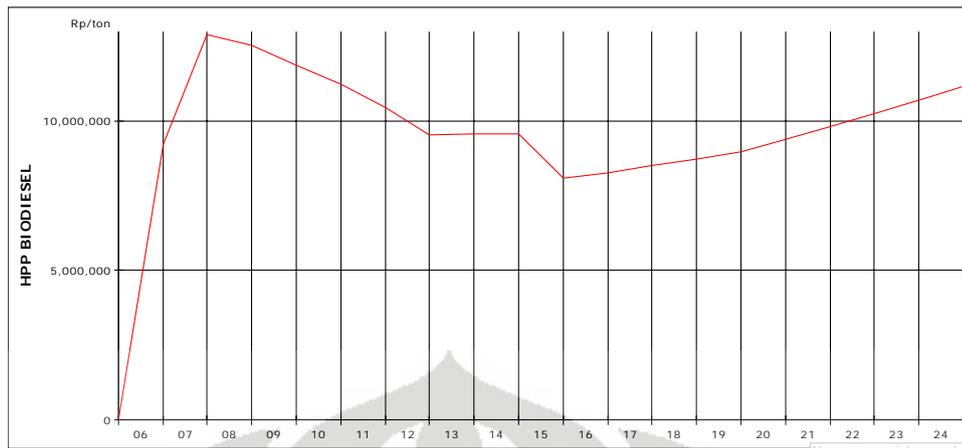
Hasil yang sebaliknya akan diperoleh jika harga biodiesel diturunkan sampai margin yang diharapkan dari penjualan biodiesel tidak sebesar margin dari penjualan minyak kelapa sawit untuk pasar ekspor. Walaupun pada gambar 4.27, terlihat bahwa harga biodiesel berada di atas harga minyak kelapa sawit ekspor, selisih dari harga jual biodiesel dan harga pokok penjualan biodiesel tidak sebesar margin minyak kelapa sawit ekspor, seperti yang ditampilkan pada gambar 4.28 sampai dengan 4.29. Hal ini berdampak terhadap ekspektasi profitabilitas keseluruhan yang rendah jika kapasitas biodiesel dinaikkan untuk mengikuti perkembangan permintaan biodiesel yang ada, yang dapat dilihat pada gambar

4.30. Dalam kondisi ini, perusahaan memutuskan untuk menyuplai produksi minyak kelapa sawit seluruhnya untuk penjualan minyak kelapa sawit ekspor dan tidak melakukan ekspansi kapasitas produksi biodiesel seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.32. Hasil yang sama juga akan diperoleh apabila harga minyak kelapa sawit ekspor dinaikkan melebihi margin dari harga biodiesel.

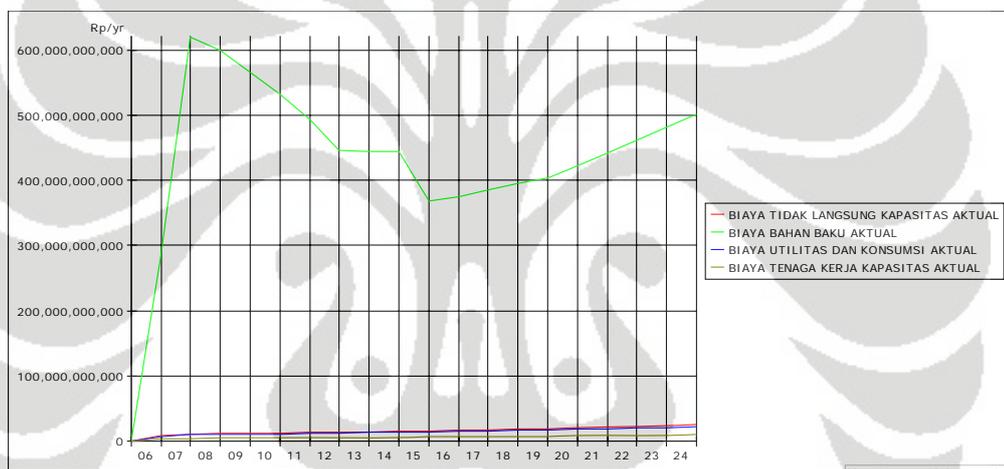
Pada pengujian berikutnya, penulis ingin menguji hubungan yang digambarkan pada *causal loop diagram* pada bab 3, yakni hubungan antara volume produksi biodiesel dan harga bahan baku minyak kelapa sawit dengan harga pokok penjualan biodiesel. Secara teoritis, semakin besar volume produksi, harga pokok penjualan akan semakin kecil karena dengan biaya tetap dibagi dengan jumlah produksi yang lebih banyak dibandingkan dengan volume produksi yang tidak sepenuhnya. Namun, tentunya apabila biaya bahan baku semakin besar, harga pokok penjualan dapat secara proporsional berbanding lurus dengan volume produksi, seperti halnya yang terjadi pada kondisi nyata industri biodiesel saat ini di mana harga bahan baku minyak kelapa sawit merupakan faktor utama yang menyebabkan mahalnya harga biodiesel. Pengujian dilakukan dengan menetapkan volume produksi biodiesel sesuai dengan kapasitas produksi biodiesel maksimum. Hasil yang diperoleh dari pengujian ini disajikan pada grafik-grafik berikut.



Gambar 4.33 Grafik Volume Produksi sesuai dengan Kapasitas Produksi Maksimum



Gambar 4.34 Grafik Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Volume Produksi sesuai dengan Kapasitas Produksi Maksimum



Gambar 4.35 Grafik Pergerakan Biaya-Biaya Penyusun Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Volume Produksi sesuai dengan Kapasitas Produksi Maksimum

Pada gambar 4.33, dapat dilihat bahwa produksi diatur pada maksimum kapasitas produksi biodiesel. Pada kondisi ini, seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.34 ternyata harga pokok penjualan biodiesel berbanding lurus dengan volume produksi biodiesel. Dari pengamatan terhadap biaya-biaya penyusun harga pokok penjualan biodiesel, didapatkan bahwa harga pokok penjualan biodiesel berbanding lurus karena biaya bahan baku yang sangat besar, sementara besar kecilnya biaya bahan baku ini bergantung dari besar kecilnya volume produksi. Biaya ini bahkan jauh melebihi komponen biaya-biaya lainnya. Dari grafik ini pula dapat dilihat bahwa pergolakan harga pokok penjualan yang terjadi pada grafik 4.35 disebabkan oleh pergolakan harga pada biaya bahan baku. Hal ini

sesuai dengan kondisi nyata pada industri biodiesel di mana harga biodiesel berbahan baku kelapa sawit sangat bergantung pada harga minyak kelapa sawit.

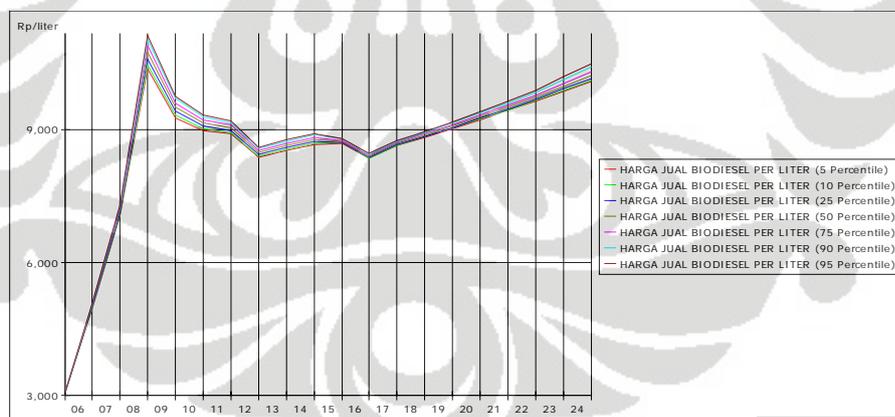
4.3.2.7 Analisa Sensitivitas

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

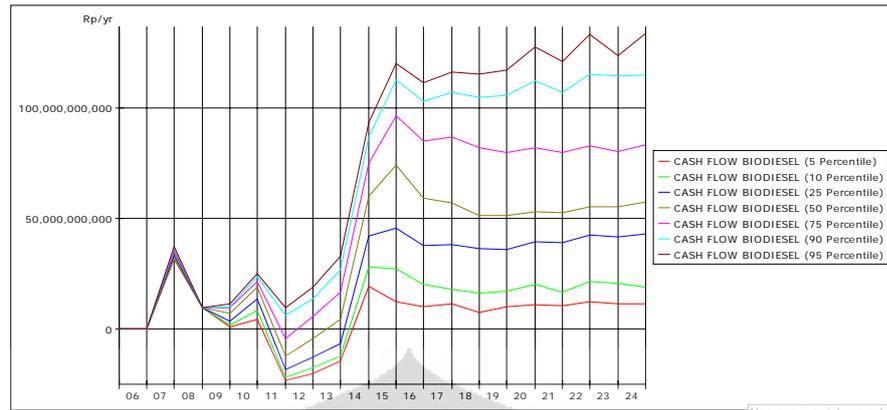
Adapun analisa sensitivitas ini dilakukan dengan menggunakan tool *Risk Assessment* yang terdapat di dalam software *Powersim Studio 2005*. Cara pembacaan terhadap grafik yang dihasilkan adalah berdasarkan nilai persentilnya. Sebagai gambaran, persentil terendah menunjukkan hasil terendah yang dapat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

- Laju inflasi

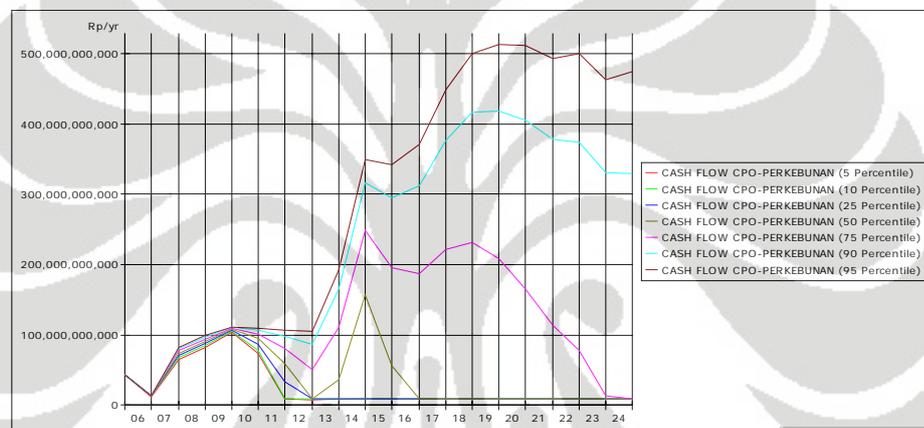
Dari hasil analisa sensitivitas yang dilakukan terhadap laju inflasi untuk melihat pengaruhnya kepada harga jual biodiesel, arus kas biodiesel, arus kas industri dan perkebunan kelapa sawit disajikan pada grafik sebagai berikut.



Gambar 4.36 Grafik Analisa Sensitivitas Laju Inflasi terhadap Harga Jual Biodiesel



Gambar 4.37 Grafik Analisa Sensitivitas Laju Inflasi terhadap Arus Kas Biodiesel

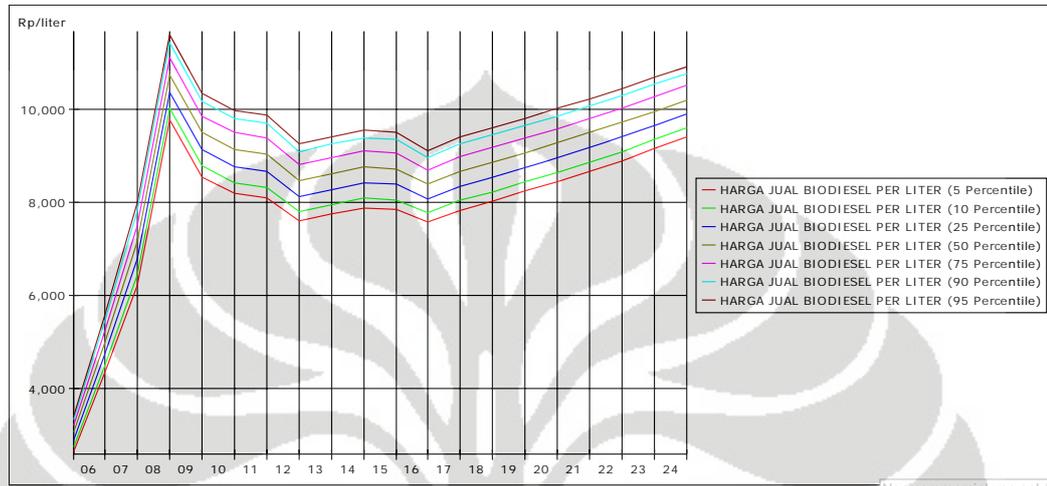


Gambar 4.38 Grafik Analisa Sensitivitas Laju Inflasi terhadap Arus Kas Industri dan Perkebunan Kelapa Sawit

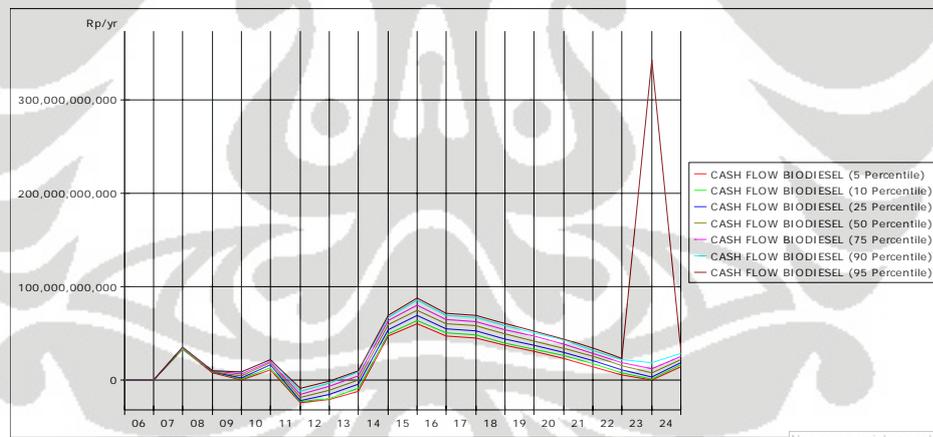
Dari pengamatan terhadap gambar 4.36, didapatkan bahwa laju inflasi tidak berpengaruh secara signifikan kepada harga jual biodiesel. Hal ini dikarenakan komponen harga pokok penjualan yang sebagian besar dipengaruhi oleh harga bahan baku minyak kelapa sawit. Sehingga walaupun inflasi dinaikkan, yang menyebabkan biaya-biaya naik, selama harga minyak kelapa sawit tidak ikut dinaikkan, harga jual biodiesel, yang dipengaruhi oleh harga pokok penjualan, tidak akan naik secara signifikan. Di sisi lain, dari gambar 4.37 dan gambar 4.38, inflasi mempengaruhi arus kas dari industri biodiesel dan industri dan perkebunan kelapa sawit karena peningkatan inflasi menyebabkan membengkaknya biaya-biaya yang ada.

- Kurs Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat

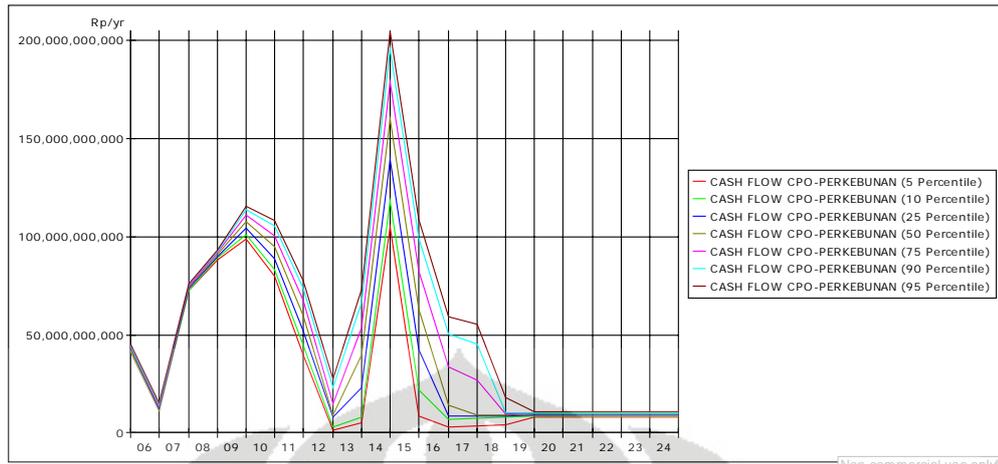
Analisa sensitivitas yang dilakukan terhadap kurs Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat ditunjukkan pada gambar 4.39 sampai dengan 4.41 sebagai berikut.



Gambar 4.39 Grafik Analisa Sensitivitas Kurs terhadap Harga Jual Biodiesel



Gambar 4.40 Grafik Analisa Sensitivitas Kurs terhadap Arus Kas Biodiesel

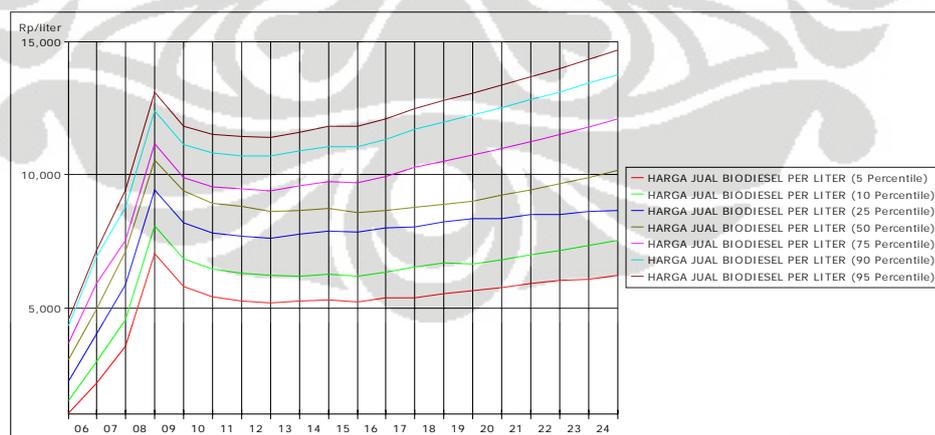


Gambar 4.41 Grafik Analisa Sensitivitas Kurs terhadap Arus Kas Industri dan Perkebunan Kelapa Sawit

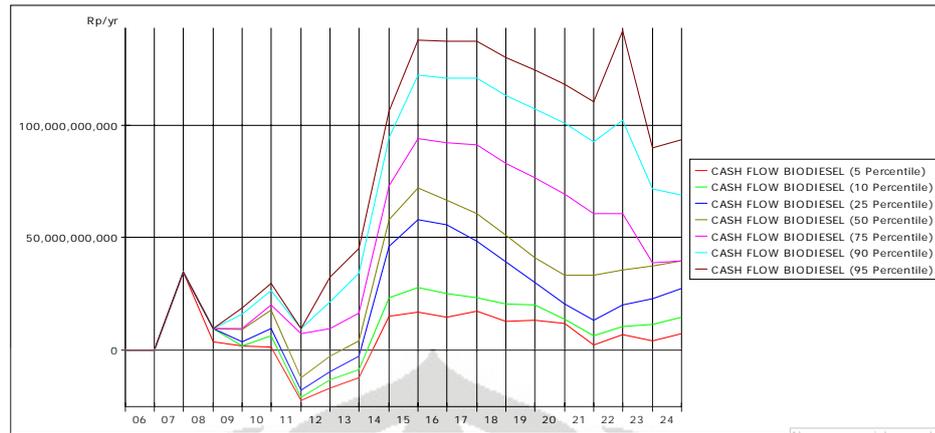
Jika model simulasi berjalan secara realistis, maka seharusnya laju inflasi akan mempengaruhi arus kas serta harga pokok penjualan. Hal ini dapat dilihat dari gambar 4.62 sampai dengan gambar 4.64 bahwa atas pengaruhnya terhadap komponen-komponen biaya, terjadi perubahan pada harga jual dan arus kas.

- Harga CPO CIF Rotterdam

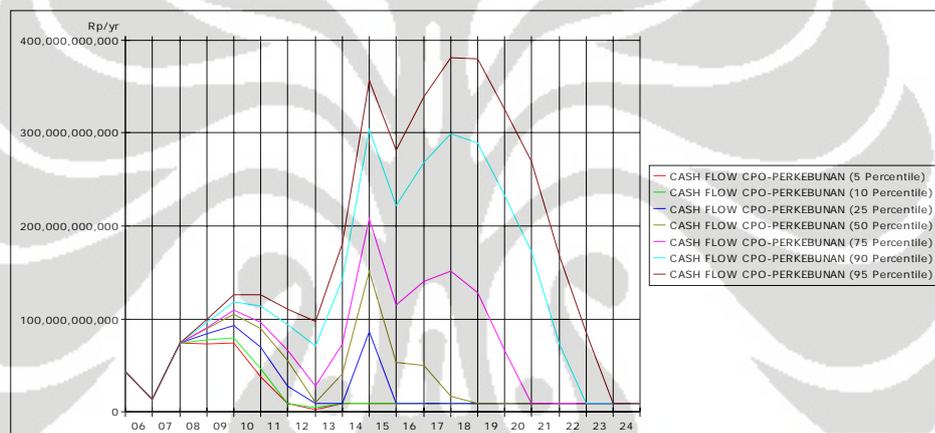
Hasil analisa sensitivitas yang dilakukan terhadap harga CPO CIF Rotterdam ditunjukkan pada gambar 4.42 sampai dengan 4.44 sebagai berikut.



Gambar 4.42 Grafik Analisa Sensitivitas Harga CPO terhadap Harga Jual Biodiesel



Gambar 4.43 Grafik Analisa Sensitivitas Harga CPO terhadap Arus Kas Biodiesel



Gambar 4.44 Grafik Analisa Sensitivitas Harga CPO terhadap Arus Kas Industri dan Perkebunan Kelapa Sawit

Sesuai dengan yang terdapat pada kondisi nyata, variabilitas yang terjadi pada harga biodiesel sangat dipengaruhi oleh harga dari minyak kelapa sawit (CPO). Harga CPO juga berpengaruh terhadap arus kas unit biodiesel, yang dalam hal ini berperan sebagai komponen biaya, serta dalam arus kas unit pabrik dan perkebunan kelapa sawit, sebagai komponen penjualan.

BAB 5

ANALISIS HASIL MODEL SIMULASI

5.1 Perancangan Skenario Model Simulasi

Pada bagian ini akan dilakukan perancangan skenario model simulasi untuk menentukan kebijakan apa yang sesuai untuk diterapkan dalam rangka pemenuhan target jangka panjang biodiesel nasional. Berdasarkan pengamatan terhadap komponen-komponen yang terdapat di dalam model simulasi yang dibuat, komponen-komponen yang memungkinkan untuk dijadikan kebijakan antara lain adalah sebagai berikut:

- Tingkat persentase *blending* biodiesel dengan minyak solar
Secara spesifik pada kebijakan ini akan diuji coba seandainya persentase *blending* dari biodiesel di dalam komposisi solar dikurangi dengan *range* 18%. Adapun nilai awal yang digunakan untuk persentase *blending* ini adalah sebesar 20%. Dalam hal ini akan diuji coba apakah dengan mengurangi komposisi biodiesel dalam biosolar akan meminimalkan besaran subsidi yang harus diberikan untuk biosolar.
- Besar subsidi untuk harga solar transportasi
Kebijakan ini mensimulasikan seberapa besar persentase kenaikan harga solar bersubsidi yang diinginkan oleh pemerintah setiap tahunnya. Tentunya apabila persentase kenaikan ini semakin rendah, beban subsidi yang harus ditanggung pemerintah untuk minyak solar agar tumbuh sesuai dengan yang diinginkan akan semakin besar. Sementara itu, dalam konteks keterkaitannya dengan biodiesel, dengan berkurangnya subsidi yang diberikan untuk minyak solar, maka subsidi yang diperlukan agar biosolar dapat dijual untuk menyamai harga solar bersubsidi akan semakin berkurang. Oleh karena itulah pada bagian ini akan dilakukan uji coba implementasi kebijakan ini pada kondisi skenario yang berbeda-beda untuk melihat bagaimana keefektifan kebijakan ini dalam rangka pemenuhan target jangka panjang biodiesel nasional.
- Pajak ekspor untuk komoditas minyak kelapa sawit

Kebijakan ini merupakan kebijakan yang kerap kali digunakan untuk membatasi produsen minyak kelapa sawit dalam melakukan ekspor produksinya ke pasar mancanegara. Kebijakan ini umumnya dilakukan untuk melindungi kebutuhan akan minyak kelapa sawit dalam negeri. Dengan berpedoman pada *causal loop diagram* dari sistem yang dibuat, akan dilihat bagaimana pengaruh dari pajak ekspor ini terhadap produsen biodiesel, yang juga memiliki pabrik dan perkebunan kelapa sawit, dalam menentukan margin keuntungan dari penjualan biodiesel. Adapun pada uji coba ini kebijakan yang akan diterapkan adalah dengan menaikkan pajak ekspor yang ada sampai dengan *range* kenaikan sampai dengan 50% dari pajak ekspor semula.

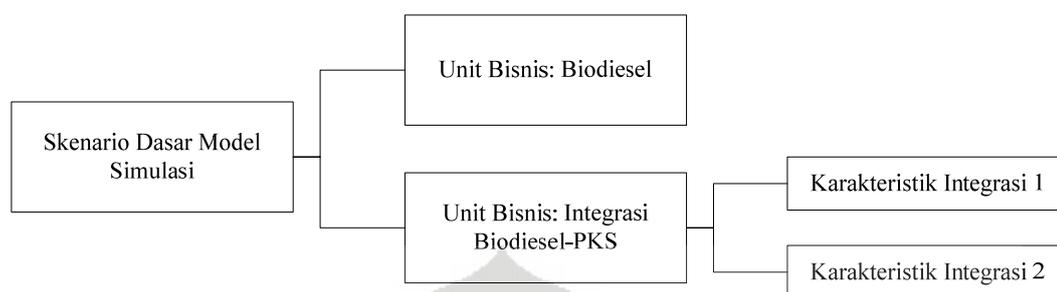
- Subsidi terhadap bahan baku (*feedstock*) biodiesel, yakni minyak kelapa sawit.

Dengan mempertimbangkan hasil yang diperoleh dari analisa sensitivitas pada bagian sebelumnya, di mana harga jual biodiesel sangat dipengaruhi oleh besarnya harga minyak kelapa sawit. Maka pada kebijakan ini akan dilakukan uji coba jika dilakukan subsidi terhadap harga minyak kelapa sawit domestik dengan *range* persentase subsidi 5% sampai dengan 20% dari harga minyak kelapa sawit yang beredar di pasar domestik.

Dampak-dampak dari kebijakan-kebijakan tersebut akan dianalisa dengan kondisi yang diatur dalam skenario yang berbeda-beda. Dalam hal ini, skenario yang akan diuji adalah dalam hal proyeksi kebutuhan solar nasional dan karakteristik integrasi unit bisnis yang terdapat di dalam industri biodiesel. Skema dari skenario dasar yang digunakan dalam model simulasi ini dapat dilihat pada gambar 5.1. Dasar dari pemilihan skenario ini adalah untuk mengetahui bagaimana perbedaan yang terjadi antara hasil yang diperoleh dari suatu karakteristik struktur industri biodiesel dengan yang lainnya. Adapun dari skenario dasar itu kemudian akan dibagi lagi ke dalam subskenario tergantung dari variabel penting yang dapat diubah.

Dalam hal ini, untuk skenario dengan unit bisnis tunggal, yakni biodiesel, tidak ada patokan yang pasti dalam menentukan berapa harga yang dipakai sebagai harga jual dari biodiesel. Oleh karena itu, subskenario untuk skenario

dengan unit bisnis tunggal dibagi lagi ke dalam rentang margin penjualan 0.2, dan 0.5.



Gambar 5.1 Skema Dasar Skenario Model Simulasi

Sementara itu untuk skenario dengan unit bisnis yang terintegrasi antara biodiesel dengan pabrik dan perkebunan kelapa sawit, skenario yang ada dibedakan lagi berdasarkan sifat suplai produksi minyak kelapa sawit yang digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi biodiesel. Dalam hal ini, pada satu subskenario, dalam pertimbangannya untuk ekspansi kapasitas produksi biodiesel, pabrik biodiesel akan menunggu sampai suplai minyak kelapa sawit mampu memenuhi kapasitas yang akan dibangun tersebut baru melakukan ekspansi kapasitas produksi biodiesel. Selain itu, pada subskenario ini, produksi biodiesel tidak hanya dibatasi oleh kapasitas produksi biodiesel saja, tetapi juga oleh suplai minyak kelapa sawit yang mampu diberikan. Untuk selanjutnya subskenario ini akan dinamakan karakteristik integrasi 1.

Sementara itu pada subskenario lain di dalam skenario integrasi antara unit bisnis pabrik biodiesel dengan pabrik dan perkebunan kelapa sawit, karakteristik lainnya yang didefinisikan adalah karakteristik yang menyerupai karakteristik yang ditemukan pada unit bisnis tunggal di mana keputusan untuk ekspansi kapasitas produksi biodiesel tidak tergantung pada berapa banyak suplai minyak kelapa sawit yang mampu diberikan untuk memenuhi kapasitas tersebut. Hal ini dikarenakan kekurangan jumlah suplai yang dibutuhkan akan diperoleh dari pembelian minyak kelapa sawit yang berada di pasar domestik. Dengan demikian, volume produksi yang mampu dihasilkan dibatasi hanya oleh jumlah permintaan biodiesel yang ada serta kapasitas produksi biodiesel. Adapun karakteristik ini disebut dengan karakteristik integrasi 2.

Secara singkat, skenario-skenario serta kebijakan yang akan diujikan dalam model simulasi dapat dilihat pada tabel 5.1 dan 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Rincian Skenario Model Simulasi

No	Karakteristik Industri Biodiesel	Sifat Integrasi	Variabel Skenario
1	Unit bisnis tunggal: produsen biodiesel	-	Margin keuntungan 20%
2			Margin keuntungan 50%
3	Unit bisnis terintegrasi: unit biodiesel serta pabrik dan perkebunan kelapa sawit	Suplai minyak kelapa sawit sepenuhnya dari suplai internal	Alokasi suplai minyak kelapa sawit untuk biodiesel 50%
4			Alokasi suplai minyak kelapa sawit untuk biodiesel 100%
5		Sebagian suplai minyak kelapa sawit dari pasar domestik	Alokasi suplai minyak kelapa sawit untuk biodiesel 50%
6			Alokasi suplai minyak kelapa sawit untuk biodiesel 100%

Tabel 5.2 Kebijakan yang Diujikan pada Model Simulasi serta Hasil yang Diukur

No	Kebijakan	Hasil yang Diukur
1	<i>Blending</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Harga pokok penjualan biodiesel - Harga jual biodiesel - Kebutuhan subsidi biosolar - <i>Net present value</i> keseluruhan
2	Pengurangan subsidi solar	
3	Pajak ekspor minyak kelapa sawit	
4	Subsidi minyak kelapa sawit	

Pembahasan dan analisa terhadap hasil dari kebijakan-kebijakan yang diterapkan pada setiap skenario akan dijelaskan pada bagian berikutnya.

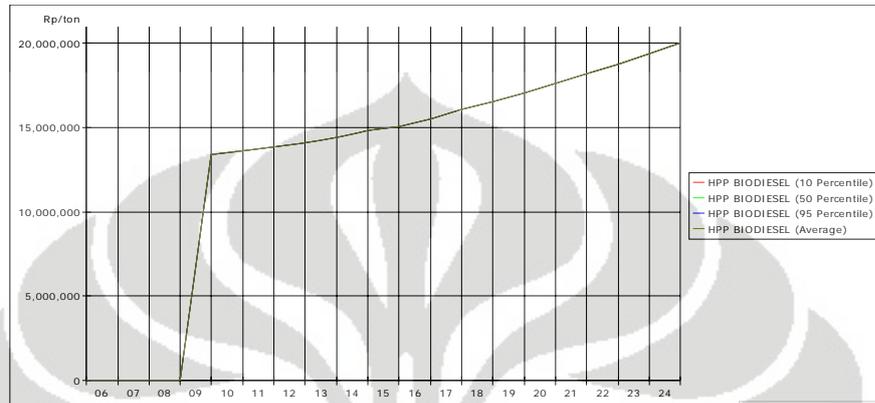
5.2 Analisis Perilaku Hasil Skenario Model Simulasi

Pada bagian ini akan dibahas mengenai hasil yang diperoleh dari implementasi kebijakan-kebijakan pada kondisi-kondisi skenario yang berbeda seperti yang telah dijelaskan pada bagian 5.1. Adapun cara yang digunakan untuk menganalisis perilaku yang ada adalah dengan melakukan uji sensitivitas dengan menggunakan *tool Risk Assessment* pada Powersim Studio 2005, seperti yang telah dilakukan pada bab sebelumnya untuk analisa sensitivitas. Hasil simulasi yang diperoleh dan analisa yang dilakukan terhadap hasil simulasi tersebut dijelaskan sebagai berikut.

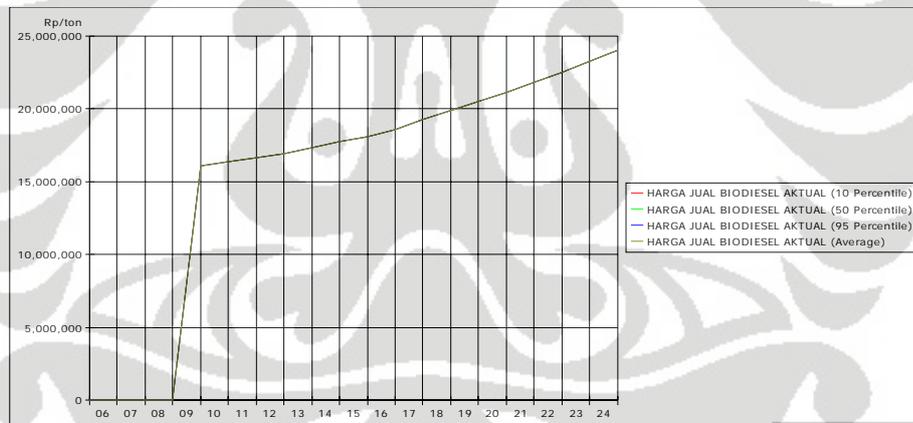
5.2.1 Skenario 1: Unit Bisnis Tunggal, Margin Penjualan 20%

Berikut ini adalah hasil yang diperoleh dari implementasi kebijakan-kebijakan pada skenario karakteristik unit bisnis industri biodiesel tunggal dan margin penjualan 20%:

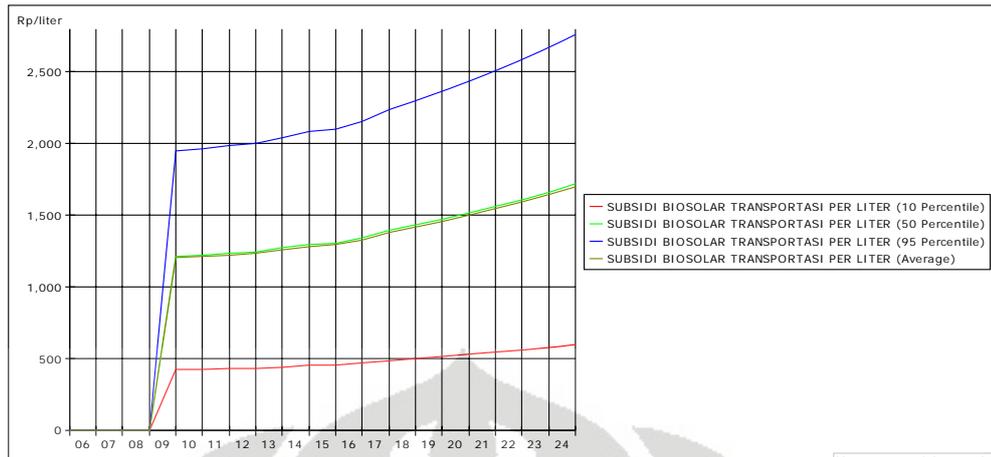
5.2.1.1 Penerapan Kebijakan *Blending* pada Skenario 1



Gambar 5.2 Pengaruh Kebijakan *Blending* terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 1



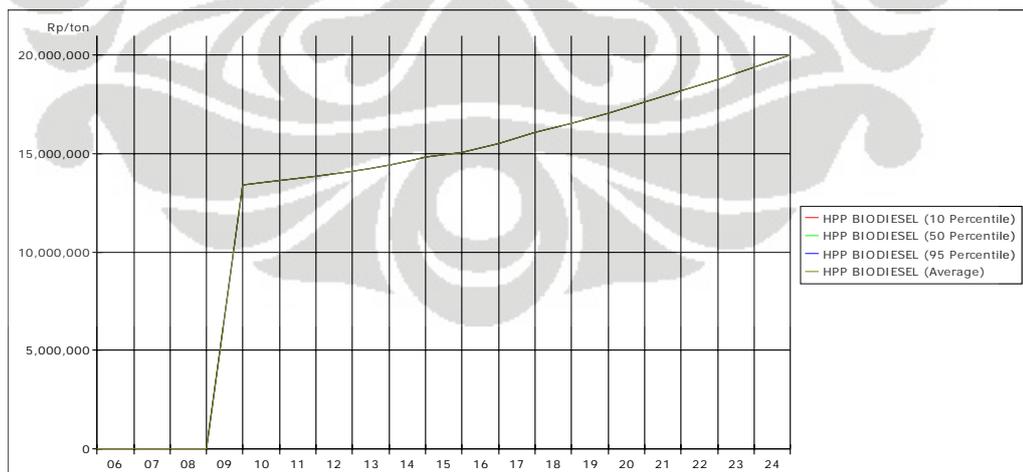
Gambar 5.3 Pengaruh Kebijakan *Blending* terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 1



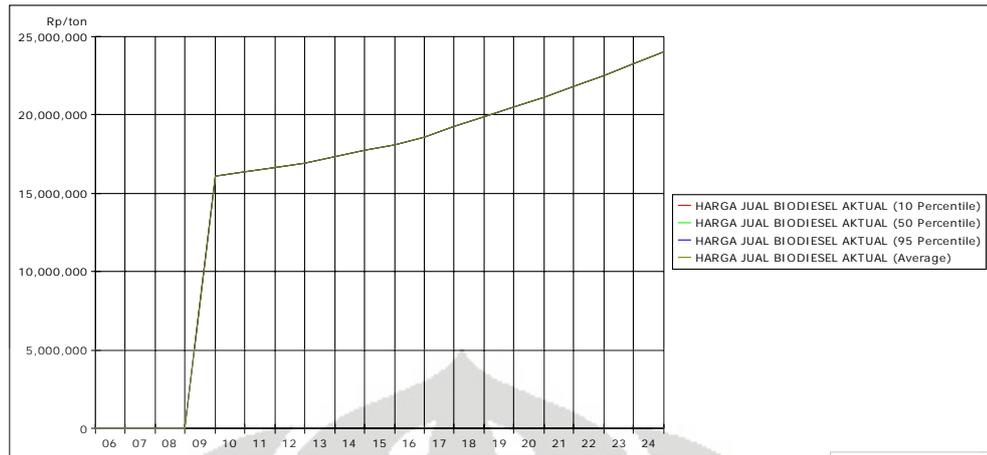
Gambar 5.4 Pengaruh Kebijakan *Blending* terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 1

Dapat dikatakan bahwa kebijakan ini tidak berpengaruh terhadap komponen-komponen biaya di dalam perusahaan biodiesel. Hal inilah yang menyebabkan tidak adanya pengaruh sama sekali kepada harga pokok penjualan biodiesel dan harga jual biodiesel. Hal inilah yang terlihat pada gambar 5.2 dan gambar 5.3. Bagaimanapun, dengan adanya kebijakan *blending* ini, dapat dilihat pada gambar 5.4 bahwa pengaruh yang ditimbulkan sangat besar terhadap besar subsidi yang harus diberikan untuk biosolar.

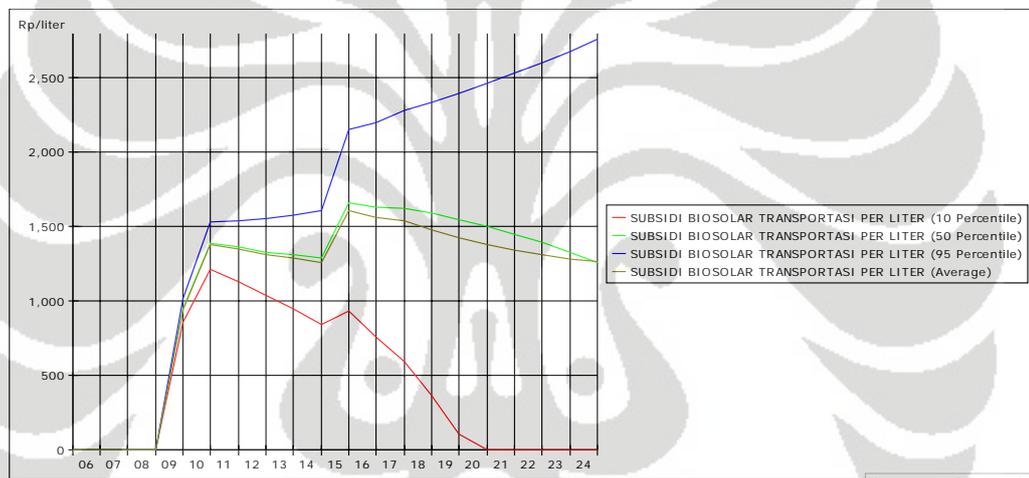
5.2.1.2 Penerapan Kebijakan Pengurangan Subsidi terhadap Minyak Solar pada Skenario 1



Gambar 5.5 Pengaruh Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 1



Gambar 5.6 Pengaruh Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 1

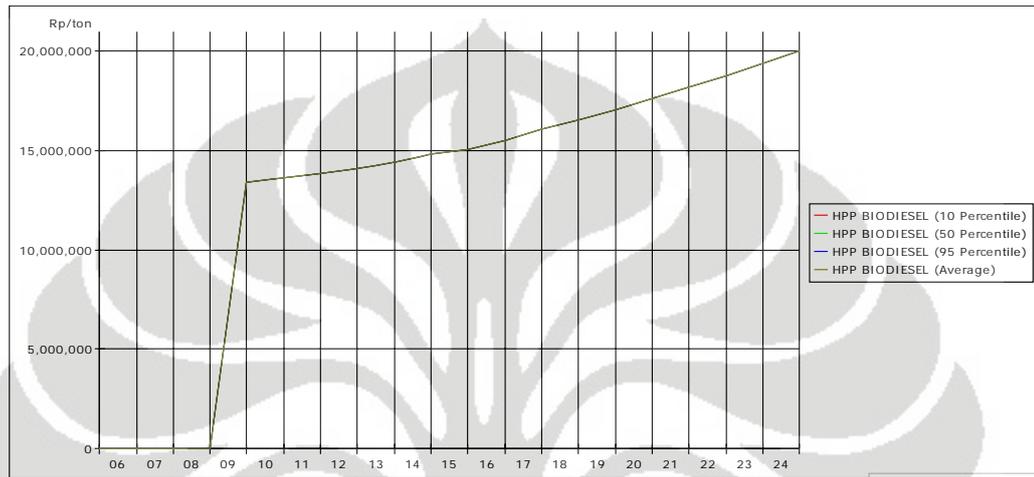


Gambar 5.7 Pengaruh Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 1

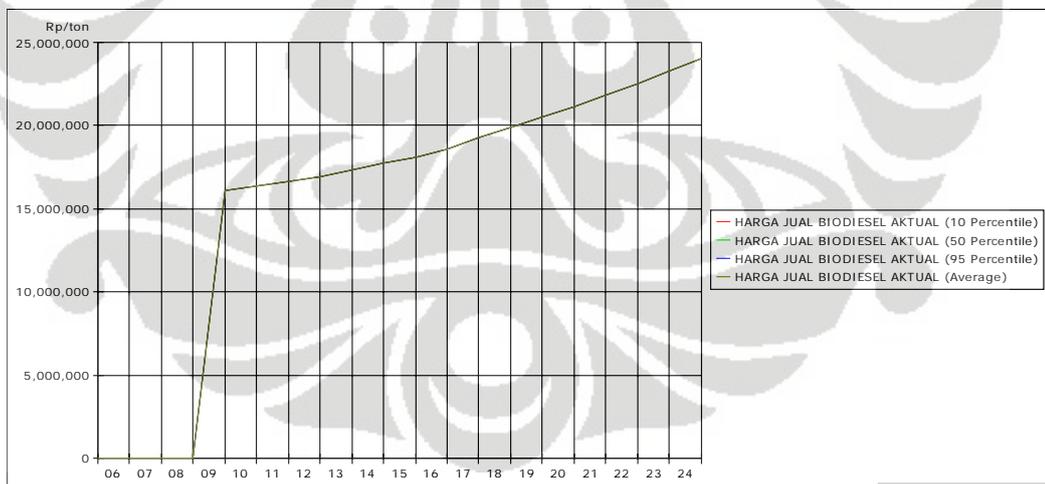
Berdasarkan pengamatan terhadap gambar 5.5 dan gambar 5.6, seperti halnya kebijakan *blending* biodiesel, kebijakan ini tidak memberikan pengaruh secara langsung kepada komponen-komponen biaya dari biodiesel, karenanya tidak ada pengaruh yang diberikan kepada harga pokok penjualan dan harga jual biodiesel. Di sisi lain, pada aspek hilir, dapat dilihat pada gambar 5.7 bahwa kebijakan ini memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap subsidi yang harus diberikan pada biosolar. Hal ini dikarenakan ketika subsidi untuk solar dikurangi, jarak yang antara harga biodiesel dengan harga minyak solar menjadi semakin kecil. Hal inilah yang menyebabkan subsidi yang dibutuhkan agar harga

biosolar dapat menyamai harga minyak solar menjadi semakin kecil pula. Seperti halnya pada kebijakan pengurangan subsidi solar, kebijakan ini juga dapat mengurangi kebutuhan untuk mensubsidi biodiesel tanpa mempengaruhi performa finansial perusahaan biodiesel.

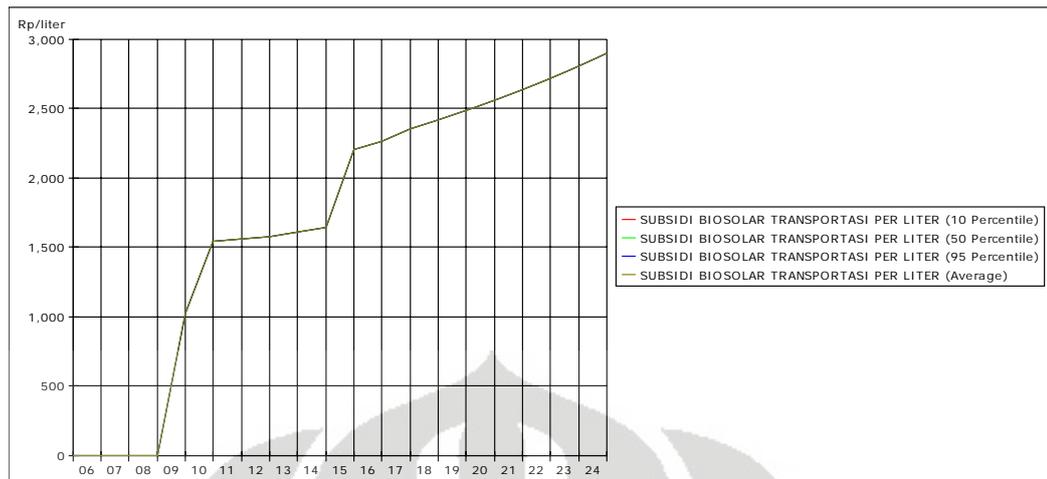
5.2.1.3 Penerapan Kebijakan Pajak Ekspor pada Skenario 1



Gambar 5.8 Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 1



Gambar 5.9 Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 1

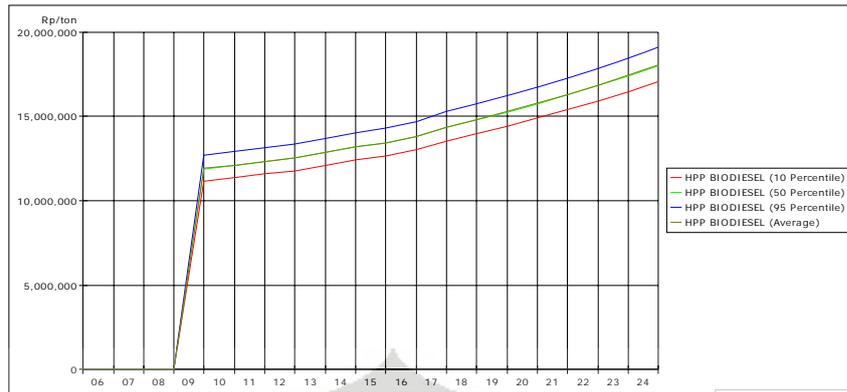


Gambar 5.10 Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 1

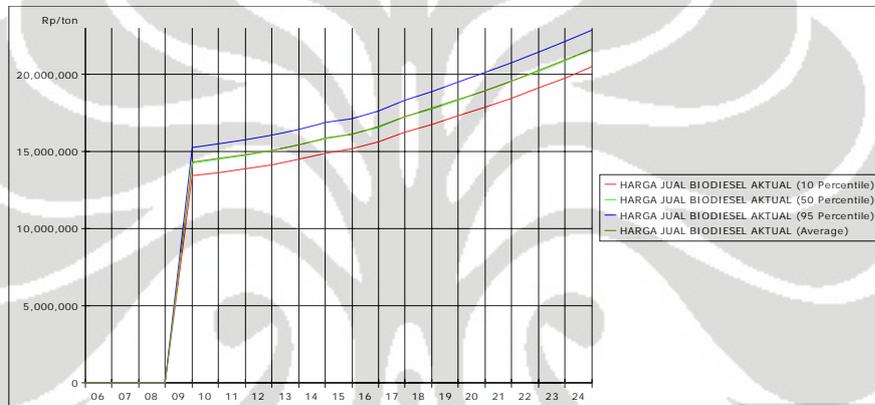
Secara umum dapat dikatakan bahwa kebijakan ini tidak memberikan pengaruh apa-apa kepada sistem. Hal ini dikarenakan pajak ekspor minyak kelapa sawit tidak termasuk ke dalam komponen finansial karakteristik industri biodiesel pada skenario ini, yang hanya terdiri atas unit perusahaan biodiesel. Selain itu, pada skenario ini perusahaan biodiesel yang tidak perlu mempertimbangkan apakah harus terus menyuplai produksinya untuk pemenuhan kebutuhan nasional atau berhenti dan hanya memproduksi minyak kelapa sawit seperti halnya yang terdapat pada karakteristik industri biodiesel yang terintegrasi dengan pabrik dan perkebunan kelapa sawit. Oleh karena itu, untuk selanjutnya tidak dilakukan pembahasan mengenai kebijakan pajak ekspor pada skenario karakteristik industri biodiesel tunggal.

5.2.1.4 Penerapan Kebijakan Pemberian Subsidi terhadap Minyak Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Biodiesel pada Skenario 1

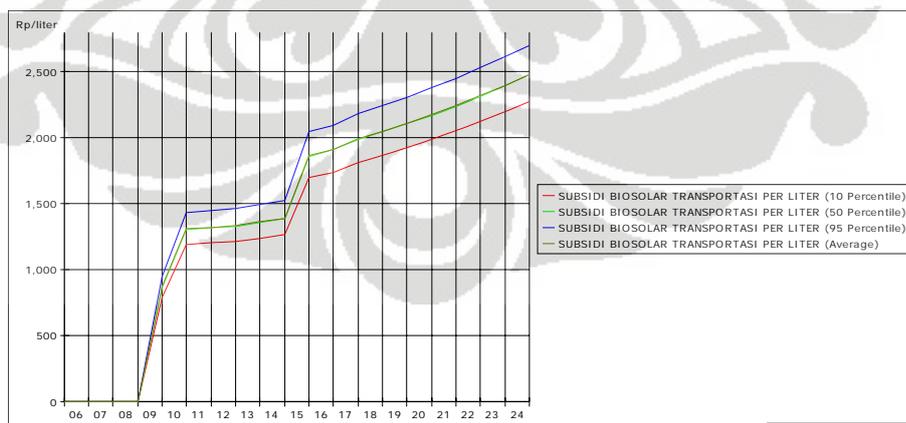
Hasil yang diperoleh dari penerapan kebijakan pemberian subsidi terhadap minyak kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 5.11



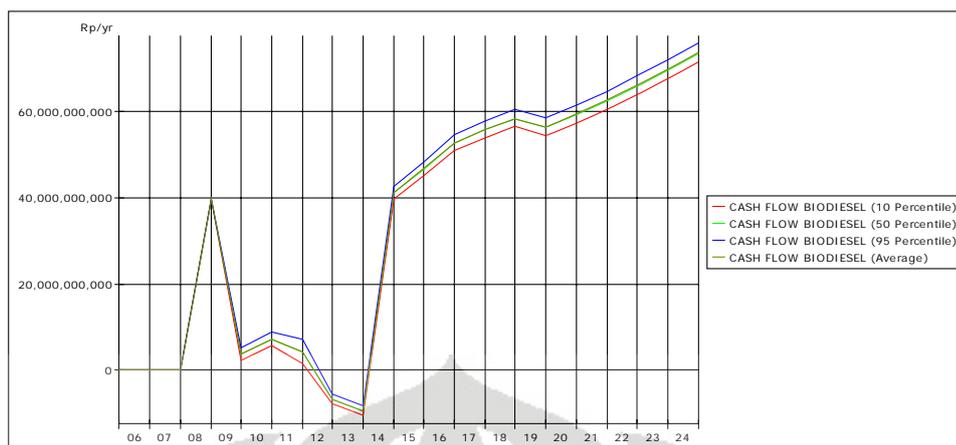
Gambar 5.11 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 1



Gambar 5.12 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 1



Gambar 5.13 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 1



Gambar 5.14 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Arus Kas Perusahaan Biodiesel pada Skenario 1

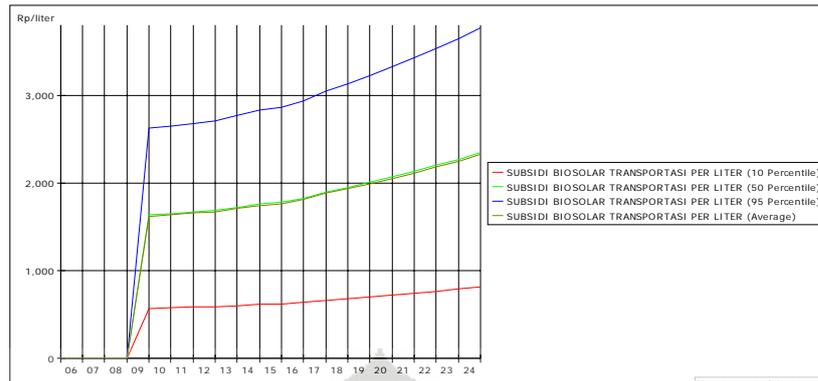
Walaupun tidak memberikan pengaruh secara mencolok, seperti yang terlihat pada gambar 5.11 sampai dengan 5.14, kebijakan ini mampu memberikan kontribusi dalam menurunkan harga biodiesel. Hal ini dikarenakan harga jual yang dipengaruhi oleh harga pokok penjualan biodiesel, sementara harga pokok penjualan biodiesel sangat dipengaruhi oleh harga minyak kelapa sawit.

5.2.2 Skenario 2: Unit Bisnis Tunggal, Margin Penjualan 50%

Secara struktur, kondisi yang ada pada skenario ini serupa dengan yang terdapat pada skenario sebelumnya. Adapun yang ingin diteliti di sini adalah seberapa besar pengaruh dari besar margin keuntungan yang lebih banyak dari produsen terhadap subsidi yang harus diberikan. Analisa terhadap implementasi kebijakan disajikan sebagai berikut.

5.2.2.1 Penerapan Kebijakan *Blending* pada Skenario 2

Dari implementasi kebijakan *blending* pada skenario ini diperoleh hasil seperti yang terlihat pada gambar 5.15. Adapun grafik lainnya seperti pengaruh kebijakan terhadap harga pokok penjualan dan harga jual biodiesel tidak ditampilkan karena tidak ada pengaruh yang dapat diamati.

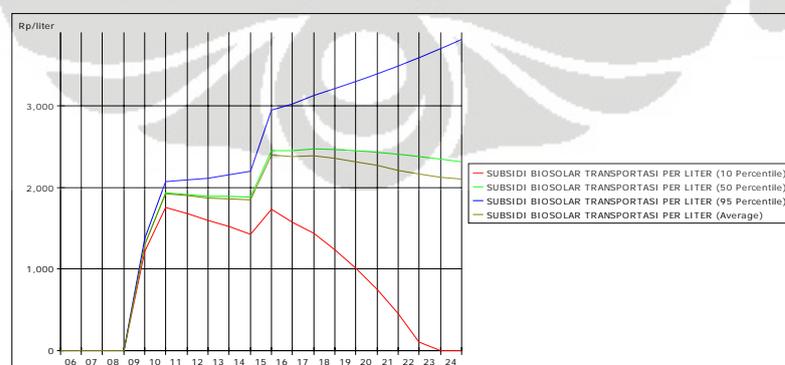


Gambar 5.15 Pengaruh Kebijakan *Blending* terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 2

Hasil yang dapat diperoleh dari implementasi kebijakan ini serupa dengan apa yang diperoleh pada skenario sebelumnya. Hanya saja pada gambar 5.15 dapat dilihat bahwa nilai subsidi yang harus diberikan lebih besar. Hal ini dikarenakan margin keuntungan yang diambil oleh perusahaan biodiesel lebih besar.

5.2.2.2 Penerapan Kebijakan Pengurangan Subsidi terhadap Minyak Solar pada Skenario 2

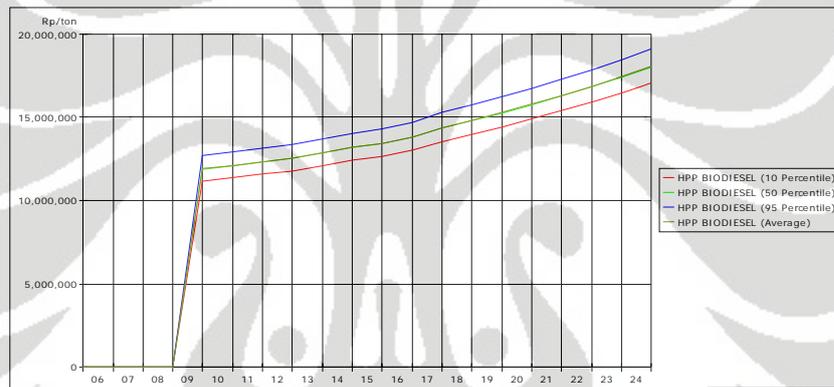
Hasil yang serupa dengan diperoleh yang diperoleh pada skenario sebelumnya dapat dilihat pada gambar 5.16. Adapun dapat dilihat bahwa secara nominal, karena margin penjualan yang ditetapkan produsen lebih besar, subsidi yang diperlukan untuk menyamakan harga jual biodiesel dengan harga solar menjadi semakin besar.



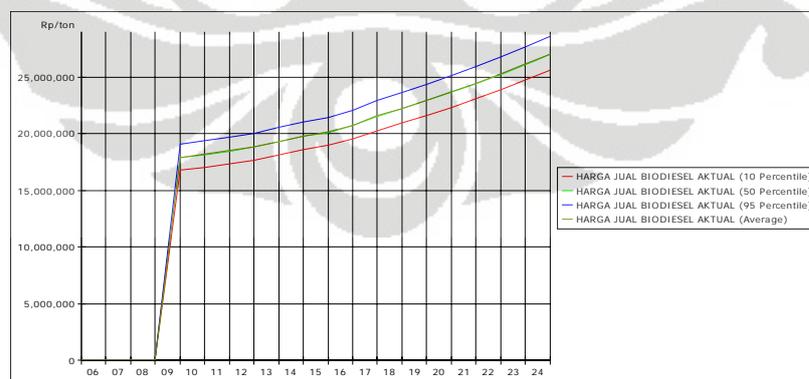
Gambar 5.16 Pengaruh Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 2

5.2.2.3 Penerapan Kebijakan Pemberian Subsidi terhadap Minyak Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Biodiesel pada Skenario 2

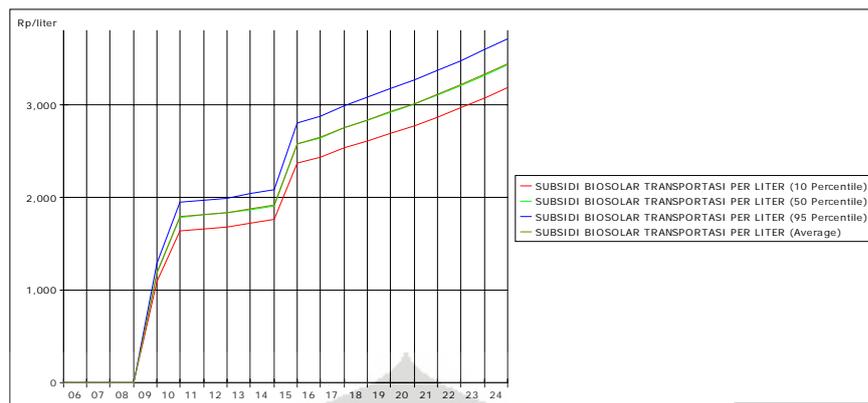
Seperti hasil yang diperoleh pada bagian 5.2.1.4, dampak yang diberikan terhadap harga jual, pokok penjualan biodiesel, serta arus kas perusahaan biodiesel tidak terlalu signifikan. Ini dapat dilihat pada gambar 5.17 sampai dengan gambar 5.20. Dapat dilihat bahwa tidak ada perubahan yang terjadi pada harga pokok penjualan, karena perbedaan hanya terletak pada margin penjualan yang digunakan. Adapun karena margin keuntungan yang diambil produsen lebih besar, harga jual yang ditetapkan menjadi lebih tinggi, sehingga besar subsidi yang harus diberikan menjadi lebih besar. Selain itu, pada skenario ini didapatkan arus kas yang lebih besar daripada besar arus kas pada bagian 5.2.1.4.



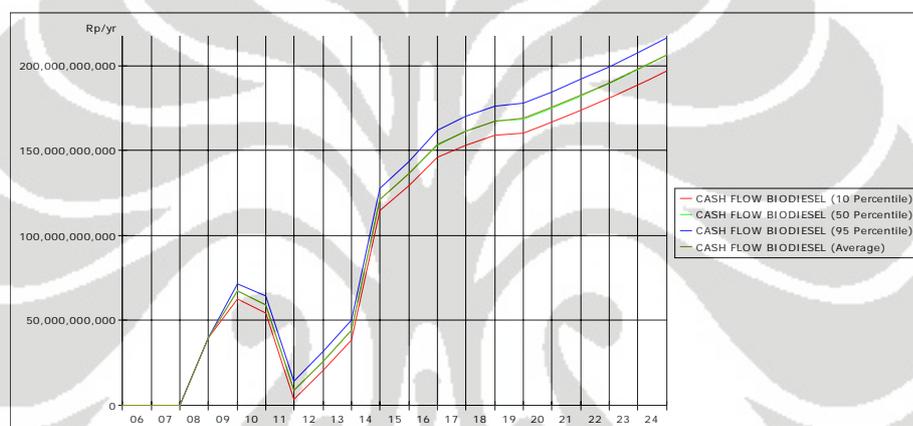
Gambar 5.17 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 2



Gambar 5.18 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 2



Gambar 5.19 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 2



Gambar 5.20 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Arus Kas Perusahaan Biodiesel pada Skenario 2

5.2.3 Skenario 3: Unit Bisnis Integrasi dengan Karakteristik 1 dan Alokasi Suplai Minyak Kelapa Sawit 50%

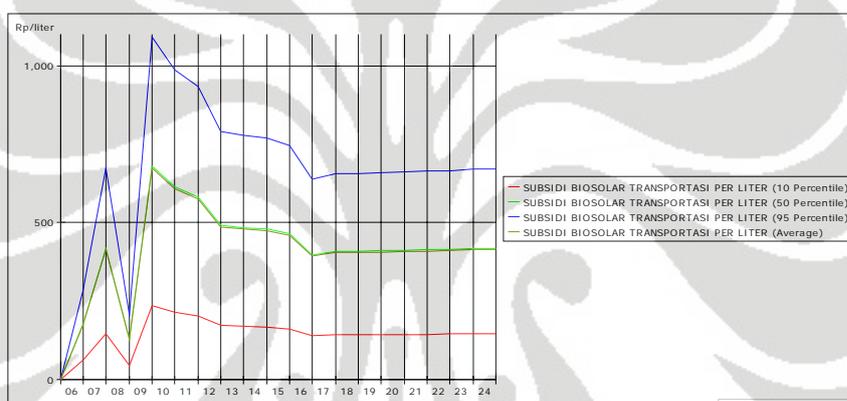
Pada bagian ini akan dibahas analisa yang dilakukan terhadap implementasi kebijakan untuk karakteristik industri biodiesel yang terintegrasi dengan pabrik dan perkebunan kelapa sawit yang mengalokasikan 50% dari hasil produksi minyak kelapa sawitnya untuk digunakan sebagai bahan baku produksi biodiesel. Karena alokasi yang diberikan adalah sebesar 50% maka minyak kelapa sawit selebihnya akan digunakan untuk diekspor.

Adapun kebijakan pemberian subsidi untuk minyak kelapa sawit sebagai bahan baku biodiesel tidak dibahas di bagian ini karena tidak ada pengaruh yang

ditimbulkan kepada kondisi skenario ini di mana suplai minyak kelapa sawit sepenuhnya berasal dari pabrik dan perkebunan sendiri.

5.2.3.1 Penerapan Kebijakan *Blending* pada Skenario 3

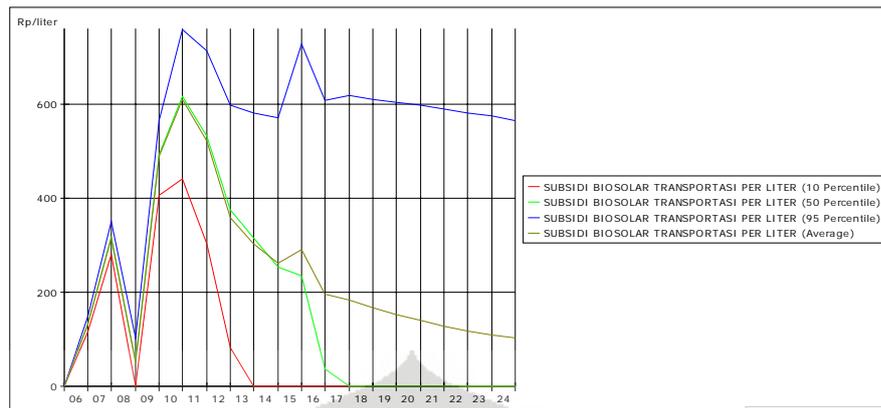
Seperti yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, kebijakan *blending* hanya berpengaruh kepada harga akhir biosolar yang dihasilkan. Oleh karenanya pada bagian ini hanya ditampilkan pengaruh yang diberikan kebijakan *blending* ini kepada subsidi yang harus diberikan, seperti yang digambarkan pada gambar 5.21. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa dengan persentase *blending* yang diturunkan sampai persentase yang terendah, subsidi yang harus diberikan untuk biosolar dapat menurun sampai di bawah Rp. 500,- per liter nya.



Gambar 5.21 Pengaruh Kebijakan *Blending* terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 3

5.2.3.2 Penerapan Kebijakan Pengurangan Subsidi terhadap Minyak Solar pada Skenario 3

Pengaruh yang dapat diberikan dari kebijakan ini hanya terletak pada berapa besar subsidi yang harus diberikan pada biosolar. Oleh karena itulah grafik yang ditampilkan hanyalah grafik nominal subsidi yang harus diberikan, seperti yang ditunjukkan gambar 5.22.



Gambar 5.22 Pengaruh Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 3

Dapat dilihat dari gambar 5.22 bahwa hasil yang diperoleh dari implementasi kebijakan ini kurang lebih sama dengan yang diterapkan pada dua skenario sebelumnya. Tentunya perbedaan akan terletak pada berapa nominal dari subsidi yang harus diberikan tersebut. Perbandingan nominal ini akan dibahas pada bagian 5.3.

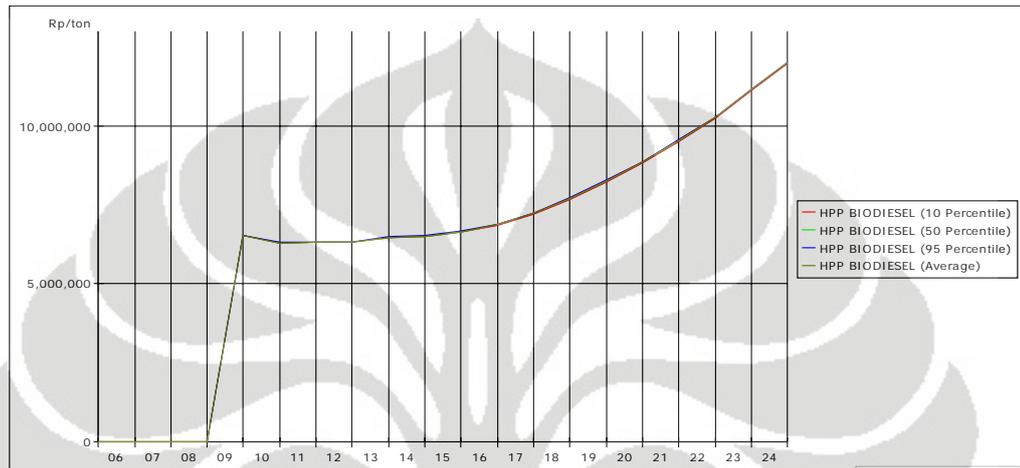
5.2.3.3 Penerapan Kebijakan Pajak Ekspor pada Skenario 3

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kebijakan pajak ekspor digunakan untuk mengurangi minat produsen minyak kelapa sawit untuk mengekspor hasil produksinya. Dalam kondisi skenario ini, sesuai dengan logika dan asumsi yang didefinisikan sebelumnya, ini akan berpengaruh terhadap berapa margin yang ditetapkan oleh produsen biodiesel yang juga memproduksi minyak kelapa sawit. Oleh karena itulah, pada gambar 5.23 dapat dilihat bahwa tidak ada pengaruh yang ditimbulkan terhadap harga pokok penjualan biodiesel.

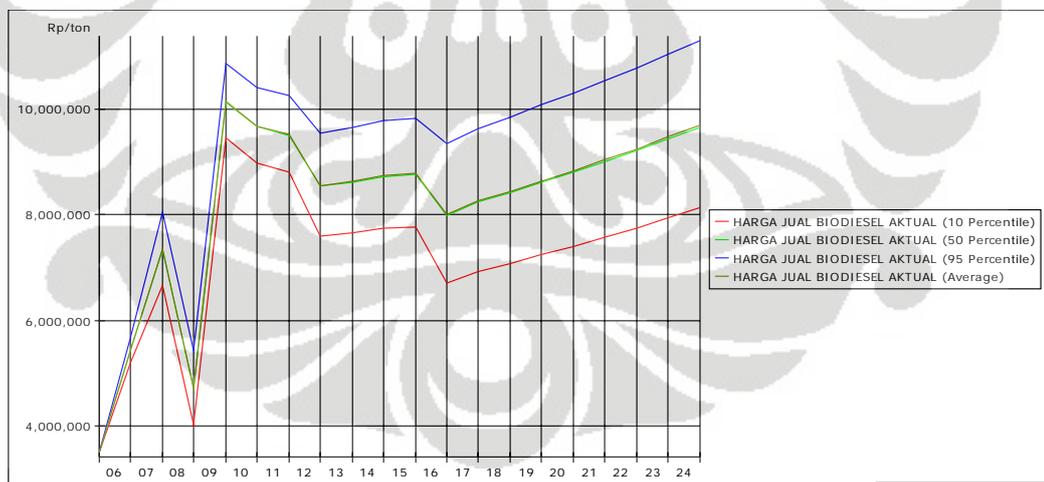
Karena dengan kebijakan ini margin yang ditetapkan produsen dapat diturunkan, harga jual yang ditetapkan juga akan lebih rendah sehingga beban subsidi yang harus diberikan untuk biosolar juga dapat diturunkan, seperti yang terlihat pada gambar 5.24 dan 5.25.

Adapun sebagai *trade-off* dari kebijakan ini, arus kas yang dapat diperoleh untuk perusahaan biodiesel akan menjadi semakin rendah karena margin yang digunakan diperkecil, seperti yang ditunjukkan garis persentil 10 pada gambar

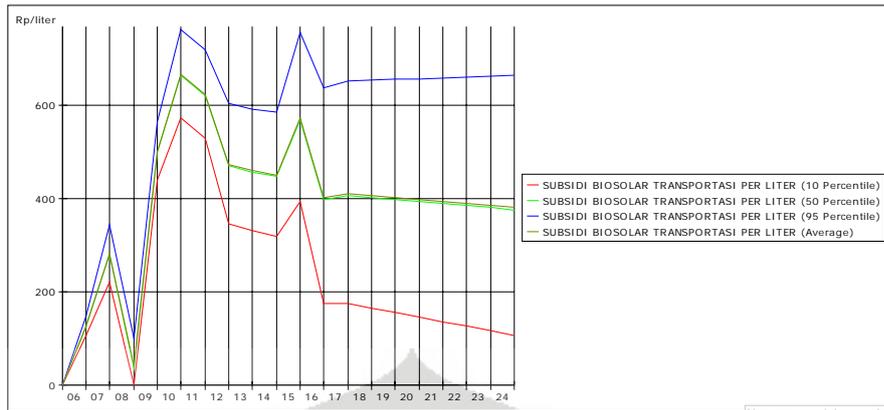
5.26 yang menunjukkan nilai arus kas terendah yang dihasilkan kebijakan ini. Sementara itu, arus pabrik dan perkebunan kelapa sawit, seperti yang terlihat pada gambar 5.27, juga mengalami perubahan apabila kebijakan ini diterapkan. Hal ini dikarenakan pajak ekspor akan mengurangi pendapatan yang dapat diterima dari penjualan minyak kelapa sawit.



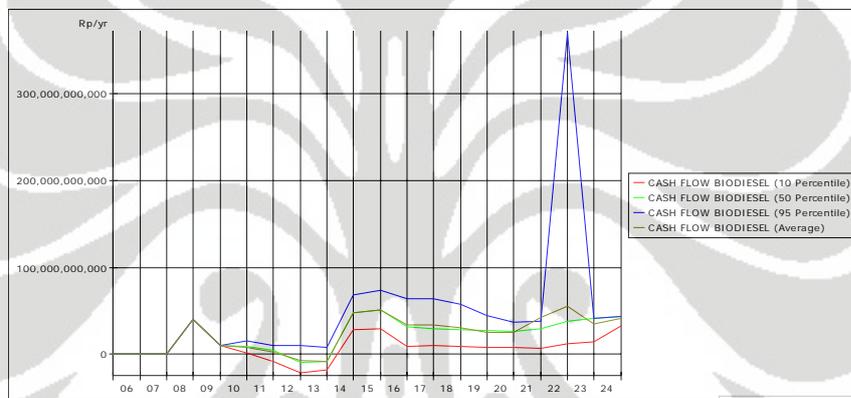
Gambar 5.23 Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 3



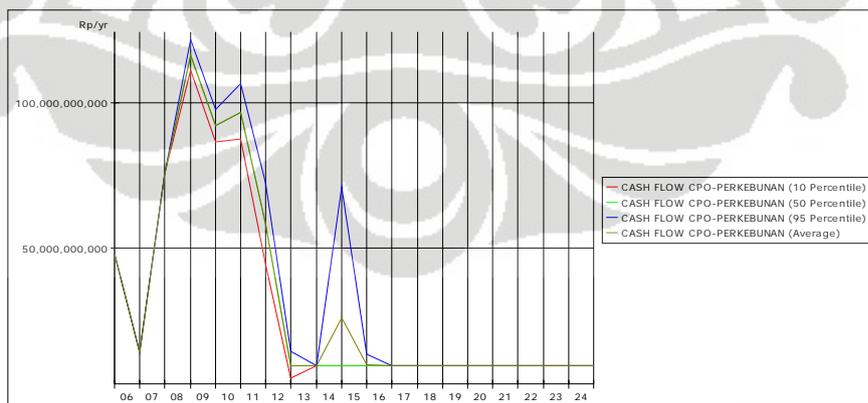
Gambar 5.24 Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 3



Gambar 5.25 Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 3



Gambar 5.26 Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Arus Kas Perusahaan Biodiesel pada Skenario 3

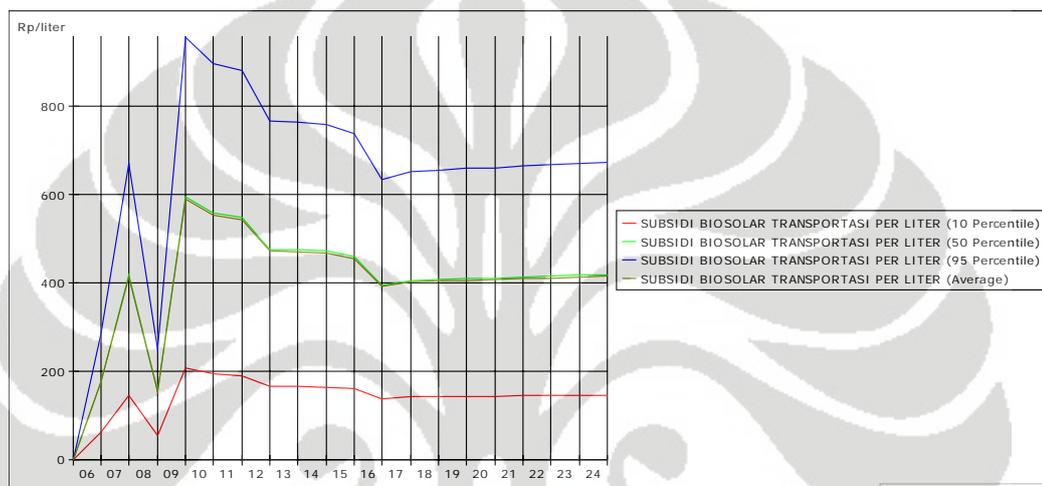


Gambar 5.27 Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Arus Kas Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit pada Skenario 3

5.2.4 Skenario 4: Unit Bisnis Integrasi dengan Karakteristik 1 dan Alokasi Suplai Minyak Kelapa Sawit 100%

5.2.4.1 Penerapan Kebijakan *Blending* pada Skenario 4

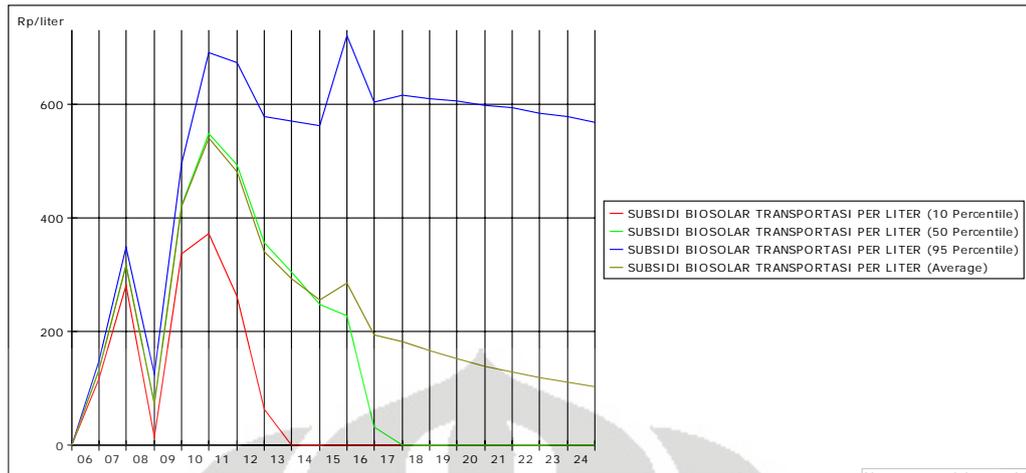
Dari segi perilaku, hasil yang diberikan dari implementasi kebijakan ini serupa dengan pada kondisi skenario 3. Hal ini terlihat pada gambar 5.28. Perbedaan terletak pada besar subsidi yang diberikan, yang akan dibahas pada bagian 5.3.



Gambar 5.28 Pengaruh Kebijakan *Blending* terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 4

5.2.4.2 Penerapan Kebijakan Pengurangan Subsidi terhadap Minyak Solar pada Skenario 4

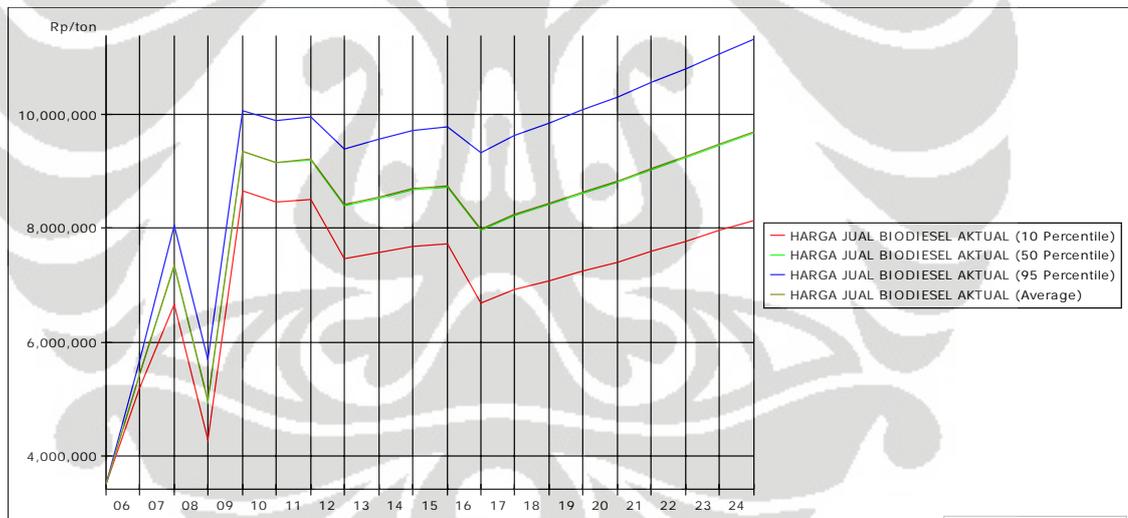
Dari hasil pengamatan secara visual terhadap gambar 5.29, dapat dikatakan bahwa perilaku yang dihasilkan hampir serupa dengan yang ditunjukkan pada bagian sebelumnya. Adapun perbedaan nilai ini akan dibahas lebih lanjut pada bagian berikutnya.



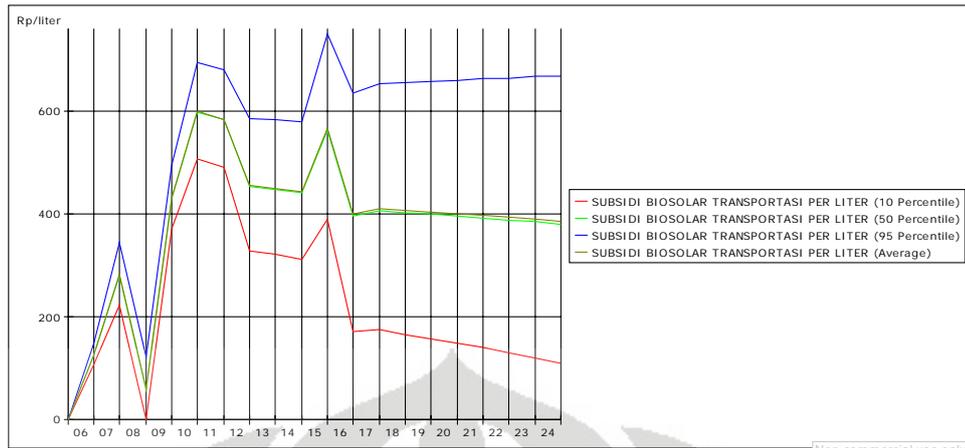
Gambar 5.29 Pengaruh Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 4

5.2.4.3 Penerapan Kebijakan Pajak Ekspor

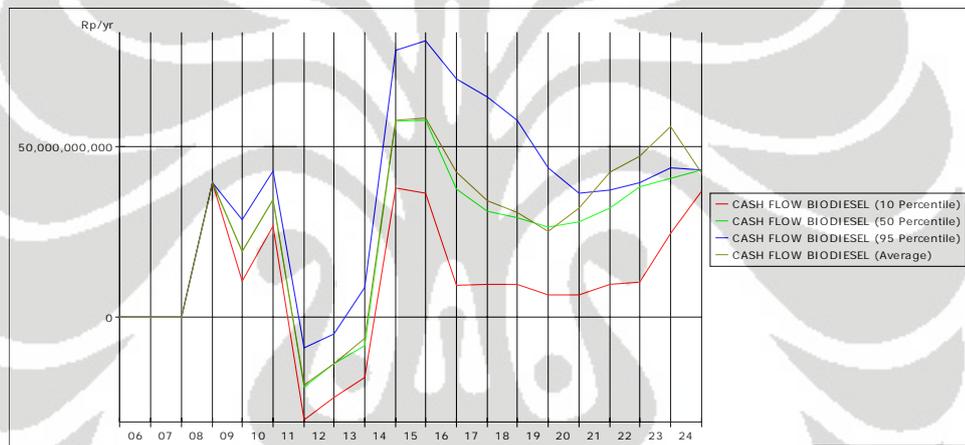
Hasil yang diperoleh dari kebijakan ini dapat dilihat pada gambar 5.30 sampai dengan 5.33.



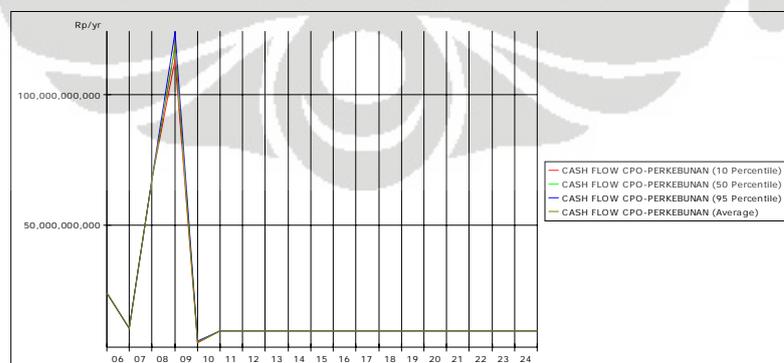
Gambar 5.30 Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 4



Gambar 5.31 Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 4



Gambar 5.32 Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Arus Kas Perusahaan Biodiesel pada Skenario 4



Gambar 5.33 Pengaruh Kebijakan Pajak Ekspor terhadap Arus Kas Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit pada Skenario 4

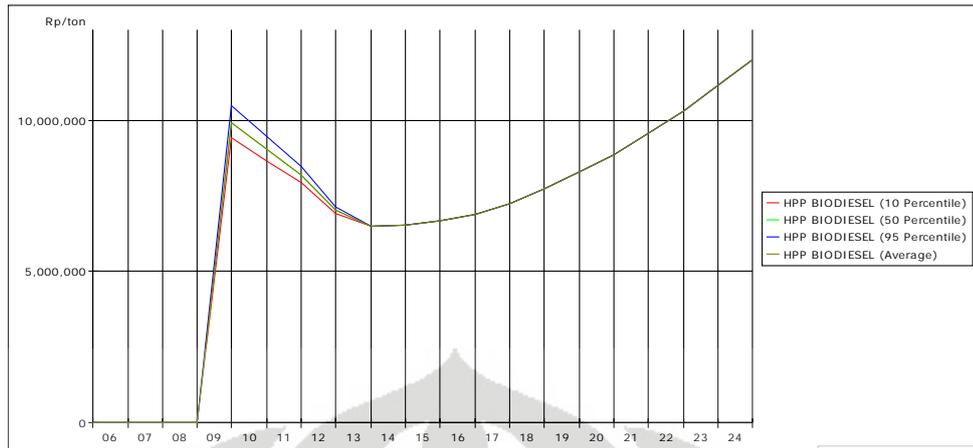
Hasil yang diperoleh dari kebijakan ini dapat dilihat pada gambar 5.30 sampai dengan 5.33. Secara umum tidak ada perbedaan berarti dalam segi perilaku dengan hasil yang diperoleh pada bagian sebelumnya.

5.2.5 Skenario 5: Unit Bisnis Integrasi dengan Karakteristik 2 dan Alokasi Suplai Minyak Kelapa Sawit 50%

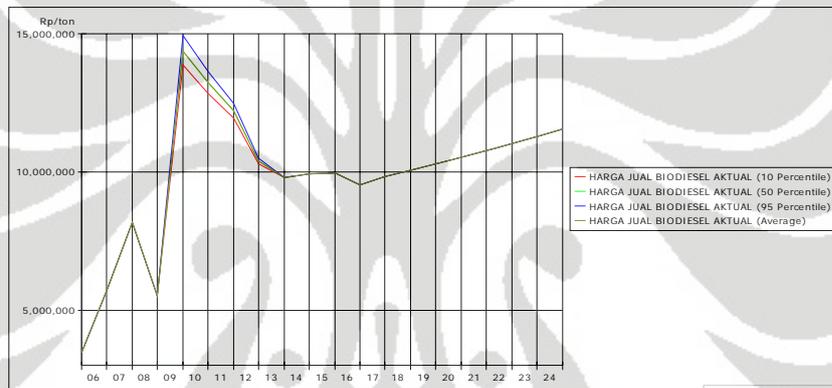
Pada bagian ini dibahas mengenai hasil yang diperoleh dari implementasi setiap kebijakan pada karakteristik industri biodiesel yang terintegrasi dengan pabrik dan perkebunan kelapa sawit, dengan sebagian suplai berasal dari pasar minyak kelapa sawit domestik. Dari hasil yang diperoleh pada skenario-skenario sebelumnya, didapatkan hasil perilaku yang serupa untuk kebijakan *blending* dan pengurangan subsidi solar, maka pada bagian ini tidak dibahas lagi. Selain itu, secara umum, perilaku yang dihasilkan dengan kebijakan pajak ekspor akan menyerupai hasil implementasi kebijakan ini pada dua skenario sebelumnya. Oleh karena itu, pada bagian ini hanya akan dibahas mengenai dampak dari kebijakan pemberian subsidi minyak kelapa sawit untuk produksi biodiesel. Hasil yang ada akan dibandingkan dengan hasil skenario 1 dan 2, apakah terdapat perbedaan yang berarti pada perilaku yang dihasilkan.

5.2.5.1 Penerapan Kebijakan Pemberian Subsidi terhadap Minyak Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Biodiesel pada Skenario 5

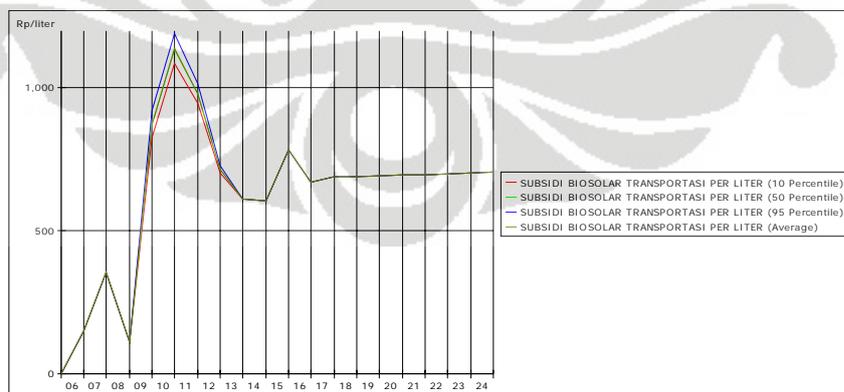
Hasil yang diperoleh dari implementasi kebijakan pemberian subsidi terhadap minyak kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 5.34 sampai dengan gambar 5.38. Dari pengamatan secara visual terhadap grafik-grafik yang ada, ternyata pengaruh yang diberikan dari implementasi kebijakan ini tidak terlalu signifikan. Adapun salah satu penyebab hal ini adalah karena sebagian suplai minyak kelapa sawit untuk produksi biodiesel berasal dari hasil pabrik dan perkebunan minyak kelapa sawit perusahaan itu sendiri. Dari pengamatan terhadap grafik arus kas biodiesel juga dapat dilihat bahwa pengaruh yang ditimbulkan sangat kecil.



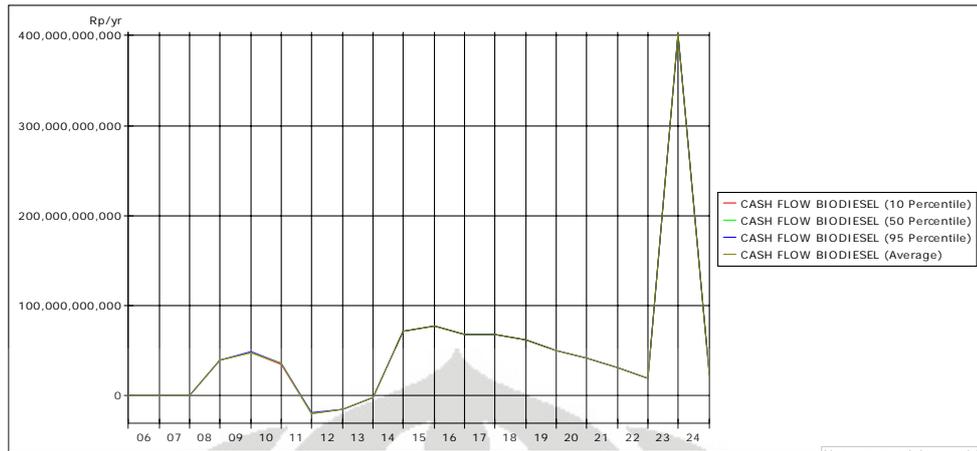
Gambar 5.34 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Harga Pokok Penjualan Biodiesel pada Skenario 5



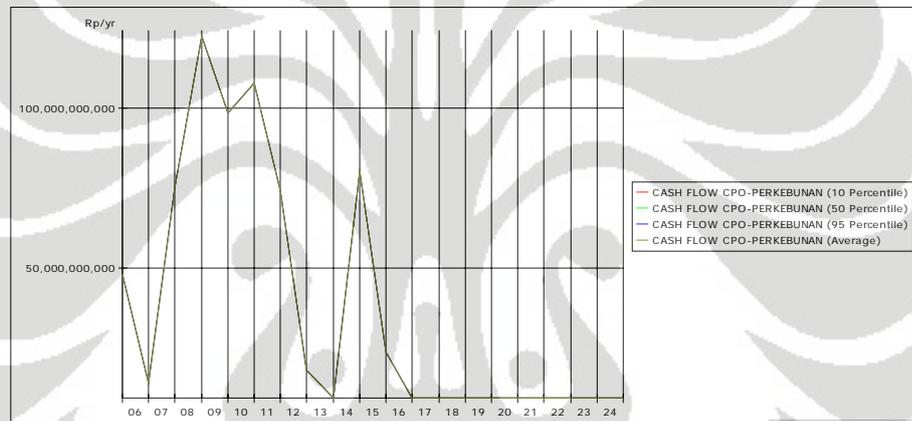
Gambar 5.35 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Harga Jual Biodiesel pada Skenario 5



Gambar 5.36 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Subsidi Biosolar pada Skenario 5



Gambar 5.37 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Arus Kas Perusahaan Biodiesel Dasar Skenario Model Simulasi pada Skenario 5



Gambar 5.38 Pengaruh Kebijakan Subsidi Minyak Kelapa Sawit terhadap Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit pada Skenario 5

5.2.6 Skenario 6: Unit Bisnis Integrasi dengan Karakteristik 2 dan Alokasi Suplai Minyak Kelapa Sawit 100%

Dari pengamatan yang dilakukan terhadap hasil visual skenario-skenario sebelumnya, sudah dipastikan bahwa perilaku yang ditunjukkan pada skenario ini tidak akan berbeda jauh dengan yang dihasilkan pada skenario 5. Oleh karena itulah, perlu dilakukan analisa secara kuantitatif seperti yang akan dijelaskan pada bagian 5.3.

5.3 Analisis Kuantitatif Hasil Skenario Model Simulasi

Jika pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bagaimana perilaku dari sistem pada setiap skenario jika diimplementasikan kebijakan-kebijakan, maka pada bagian ini akan disajikan ringkasan hasil kuantitatif yang diperoleh dari penerapan kebijakan pada setiap skenario sebagai pertimbangan untuk menentukan kebijakan apa yang paling sesuai untuk diterapkan pada kondisi skenario yang berlaku.

Dalam hal ini, *cash flow* untuk unit biodiesel dan unit pabrik dan perkebunan kelapa sawit dikonversikan ke dalam *net present value* (NPV) untuk dapat membandingkan antara satu hasil dengan hasil yang lainnya.

5.3.1 Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 1

Hasil yang diperoleh dari implementasi setiap kebijakan pada skenario 1 disajikan pada tabel 5.3 seperti berikut.

Tabel 5.3 Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 1

Kebijakan	NPV Unit Biodiesel (Rp.)	NPV Unit Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit (Rp.)	Kebutuhan Subsidi Biosolar (Rp./Liter)
Kebijakan Blending Biodiesel	Rp 149,630,604,932.56	Rp -	Rp 1,113.73
Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar	Rp 149,630,604,932.56	Rp -	Rp 1,085.86
Kebijakan Pajak Ekspor Minyak Kelapa Sawit	Rp 149,630,604,932.56	Rp -	Rp 1,716.42
Kebijakan Subsidi Bahan Baku Minyak Kelapa Sawit untuk Biodiesel	Rp 156,563,772,869.87	Rp -	Rp 1,456.91

Sesuai dengan yang telah dibahas pada bagian 5.2.1.1, 5.2.1.2, serta 5.2.1.3, tidak ada pengaruh yang ditimbulkan dari kebijakan *blending*, pengurangan subsidi solar, dan pajak ekspor minyak kelapa sawit terhadap profitabilitas perusahaan. Adapun subsidi minyak kelapa sawit akan meningkatkan nilai NPV perusahaan.

Sementara itu, kebutuhan subsidi yang terendah dihasilkan dari kebijakan *blending* biodiesel dan pengurangan subsidi solar. Kebutuhan subsidi ini bahkan lebih rendah jika dibandingkan dengan yang dihasilkan kebijakan subsidi minyak kelapa sawit yang malah tentunya membutuhkan pengeluaran dana yang lebih banyak lagi untuk subsidi minyak kelapa sawit itu sendiri.

5.3.2 Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 2

Dari hasil yang diperoleh dari implementasi kebijakan-kebijakan pada skenario 2, diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 2

Kebijakan	NPV Unit Biodiesel (Rp.)	NPV Unit Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit (Rp.)	Kebutuhan Subsidi Biosolar (Rp./Liter)
Kebijakan Blending Biodiesel	Rp 519,184,604,845.48	Rp -	Rp 1,513.79
Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar	Rp 519,184,604,845.48	Rp -	Rp 1,669.44
Kebijakan Pajak Ekspor Minyak Kelapa Sawit	Rp 519,184,604,845.48	Rp -	Rp 2,334.40
Kebijakan Subsidi Bahan Baku Minyak Kelapa Sawit untuk Biodiesel	Rp 583,202,223,041.10	Rp -	Rp 2,010.01

Serupa dengan hasil yang didapatkan pada bagian 5.3.1, selain kebijakan subsidi minyak kelapa sawit tidak ada yang memberikan pengaruh terhadap NPV dari unit biodiesel. Dalam hal ini, kebijakan ini akan memberikan nilai yang lebih besar pada NPV unit biodiesel.

Dari hasil yang diperoleh, didapatkan bahwa kebutuhan subsidi terendah dihasilkan dengan penerapan *blending* biodiesel dan pengurangan subsidi solar. Dari hasil ini, kebijakan subsidi minyak kelapa sawit menjadi tidak efektif karena selain tidak memberikan kebutuhan subsidi yang minimum, juga membutuhkan pengeluaran lebih untuk subsidi minyak kelapa sawit.

5.3.3 Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 3

Hasil dari skenario 3 ditunjukkan pada tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 3

Kebijakan	NPV Unit Biodiesel (Rp.)	NPV Unit Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit (Rp.)	Kebutuhan Subsidi Biosolar (Rp./Liter)
Kebijakan Blending Biodiesel	Rp 180,999,566,955.69	Rp 413,721,713,896.71	Rp 406.06
Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar	Rp 180,999,566,955.69	Rp 413,721,713,896.71	Rp 230.59
Kebijakan Pajak Ekspor Minyak Kelapa Sawit	Rp 180,999,566,955.69	Rp 366,702,704,879.24	Rp 388.27
Kebijakan Subsidi Bahan Baku Minyak Kelapa Sawit untuk Biodiesel	Rp 180,999,566,955.69	Rp 413,721,713,896.71	Rp 577.69

Dari tabel 5.5, didapatkan bahwa walaupun secara umum kebijakan pajak ekspor minyak kelapa sawit dapat menurunkan kebutuhan subsidi biosolar, dampak negatif yang dapat ditimbulkan adalah terhadap profitabilitas unit pabrik dan perkebunan kelapa sawit. Hal ini terjadi karena pendapatan yang berkurang akibat adanya pajak ekspor minyak kelapa sawit. Sementara itu kebutuhan subsidi biosolar terendah diperoleh dari kebijakan pengurangan subsidi solar.

Walaupun bukan merupakan kebijakan yang mampu memberikan kebutuhan subsidi biosolar terendah, namun dilihat dari selisih kebutuhan subsidinya dengan kebijakan pajak ekspor yang relatif kecil, yakni sekitar Rp. 18,- per liter, maka kebijakan ini merupakan alternatif kedua yang dapat diimplementasikan pada kondisi skenario ini.

5.3.4 Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 4

Dari simulasi yang dijalankan dengan kondisi skenario 4, diperoleh hasil yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5.6 Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 4

Kebijakan	NPV Unit Biodiesel (Rp.)	NPV Unit Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit (Rp.)	Kebutuhan Subsidi Biosolar (Rp./Liter)
Kebijakan Blending Biodiesel	Rp 188,259,279,854.15	Rp 210,698,739,755.29	Rp 397.62
Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar	Rp 188,259,279,854.15	Rp 210,698,739,755.29	Rp 220.89
Kebijakan Pajak Ekspor Minyak Kelapa Sawit	Rp 188,259,279,854.15	Rp 206,655,093,893.89	Rp 378.49
Kebijakan Subsidi Bahan Baku Minyak Kelapa Sawit untuk Biodiesel	Rp 188,259,279,854.15	Rp 210,698,739,755.29	Rp 568.10

Dari hasil yang diperoleh, didapatkan bahwa kebutuhan subsidi terendah dihasilkan dengan penerapan pengurangan subsidi solar. Seperti yang telah

dibahas sebelumnya, kebijakan pajak ekspor menimbulkan *trade-off* bagi keuntungan yang dapat diperoleh unit pabrik dan perkebunan minyak kelapa sawit. Oleh karena itu, dengan selisih yang relatif kecil, yakni sekitar Rp. 19,-, maka kebijakan ini merupakan alternatif kedua yang dapat diimplementasikan.

5.3.5 Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 5

Hasil yang diperoleh dari dijalankannya simulasi pada kondisi skenario 5 disajikan pada tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 5

Kebijakan	NPV Unit Biodiesel (Rp.)	NPV Unit Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit (Rp.)	Kebutuhan Subsidi Biosolar (Rp./Liter)
Kebijakan Blending Biodiesel	Rp 211,919,667,569.38	Rp 413,721,713,896.71	Rp 463.80
Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar	Rp 211,919,667,569.38	Rp 413,721,713,896.71	Rp 294.71
Kebijakan Pajak Ekspor Minyak Kelapa Sawit	Rp 211,919,667,569.38	Rp 366,702,704,879.24	Rp 452.51
Kebijakan Subsidi Bahan Baku Minyak Kelapa Sawit untuk Biodiesel	Rp 214,291,638,823.06	Rp 413,721,713,896.71	Rp 627.50

Hasil yang ada menunjukkan bahwa kebutuhan solar terendah dihasilkan dengan menerapkan kebijakan pengurangan subsidi solar. Seperti hasil yang diperoleh dari skenario-skenario sebelumnya, kebijakan pengurangan subsidi solar merupakan kebijakan yang paling meminimalkan kebutuhan subsidi biosolar. Dengan menimbang selisih Rp.11,- dari kebijakan pajak ekspor, yang memberikan nilai kebutuhan subsidi biosolar terendah kedua, maka kebijakan *blending* biodiesel merupakan alternatif kedua yang mungkin diterapkan dalam kondisi skenario ini.

5.3.6 Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 6

Hasil yang diperoleh dari kondisi skenario 6 ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 5.8 Analisa Hasil Kuantitatif Skenario 6

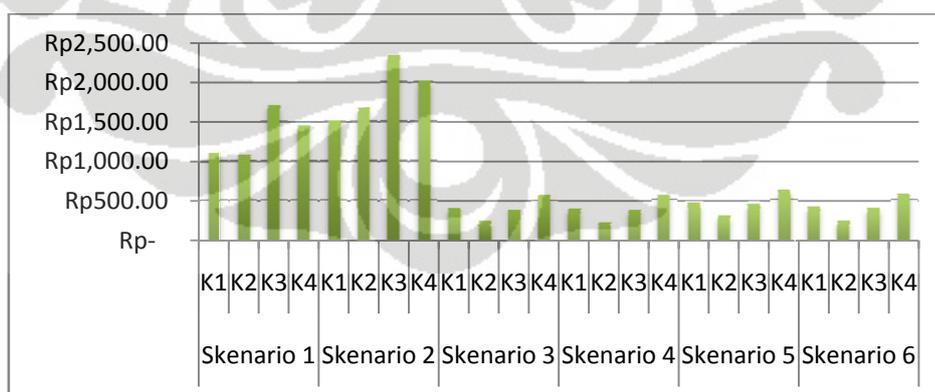
Kebijakan	NPV Unit Biodiesel (Rp.)	NPV Unit Pabrik dan Perkebunan Kelapa Sawit (Rp.)	Kebutuhan Subsidi Biosolar (Rp./Liter)
Kebijakan Blending Biodiesel	Rp 201,833,480,871.18	Rp 210,698,739,755.29	Rp 413.37
Kebijakan Pengurangan Subsidi Solar	Rp 201,833,480,871.18	Rp 210,698,739,755.29	Rp 234.79
Kebijakan Pajak Ekspor Minyak Kelapa Sawit	Rp 201,833,480,871.18	Rp 206,655,093,893.89	Rp 392.41
Kebijakan Subsidi Bahan Baku Minyak Kelapa Sawit untuk Biodiesel	Rp 202,447,403,894.05	Rp 210,698,739,755.29	Rp 579.19

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kebutuhan subsidi terendah dihasilkan dengan kebijakan pengurangan subsidi solar dengan besar subsidi biosolar yang dibutuhkan per literanya adalah sebesar Rp. 234,79. Dengan menimbang selisih kebutuhan subsidi biosolar yang berbeda sekitar Rp. 11,- per literanya dari kebijakan pajak ekspor minyak kelapa sawit, kebijakan yang dapat digunakan sebagai alternatif lainnya dalam kondisi skenario ini.

5.4 Analisis Perbandingan Hasil Model Simulasi Antar Skenario

Pada bagian sebelumnya, telah dilakukan analisis dari hasil yang diperoleh untuk setiap skenario. Untuk bagian ini, hasil yang diperoleh dari setiap skenario akan diperbandingkan satu dengan lainnya untuk memperoleh gambaran secara umum dari hasil model simulasi yang diperoleh.

Perbandingan kebutuhan subsidi biosolar dari setiap skenario yang dijalankan disajikan pada gambar 5.39 seperti berikut.

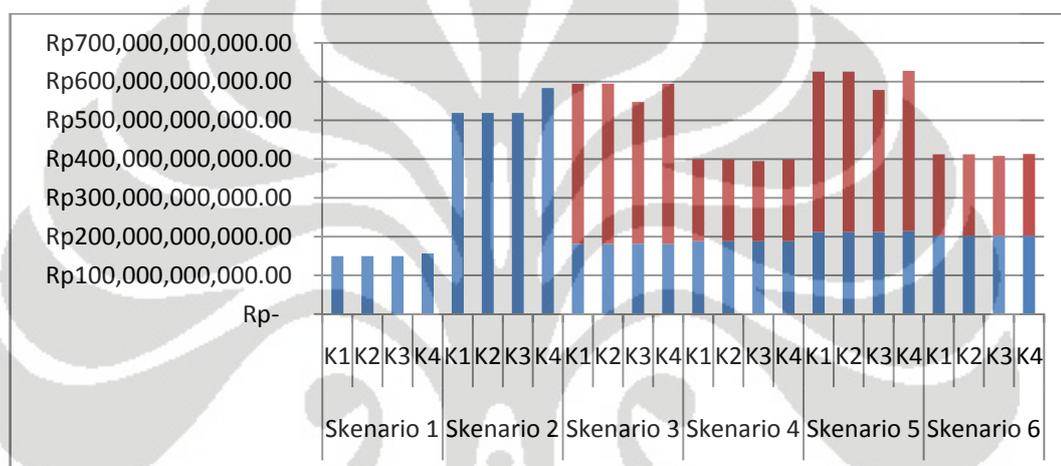


Gambar 5.39 Perbandingan Kebutuhan Subsidi Biosolar dari Masing-Masing Skenario

Dari grafik yang ditampilkan pada gambar 5.39, dapat dilihat bahwa skenario karakteristik industri biodiesel tunggal, yakni skenario 1 dan 2,

membutuhkan subsidi subsidi biosolar yang lebih besar jika dibandingkan dengan empat skenario lainnya.

Hal ini disebabkan biaya bahan baku yang sangat besar yang bersumber dari mahalnya harga minyak kelapa sawit domestik. Ini menyebabkan biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 liter biodiesel menjadi semakin mahal. Di sisi lain, pengusaha biodiesel harus menentukan harga yang mampu menutupi biaya-biaya yang ada. Harga biodiesel yang tinggi inilah yang menyebabkan semakin besarnya subsidi yang harus diberikan agar dapat menyamai harga solar.

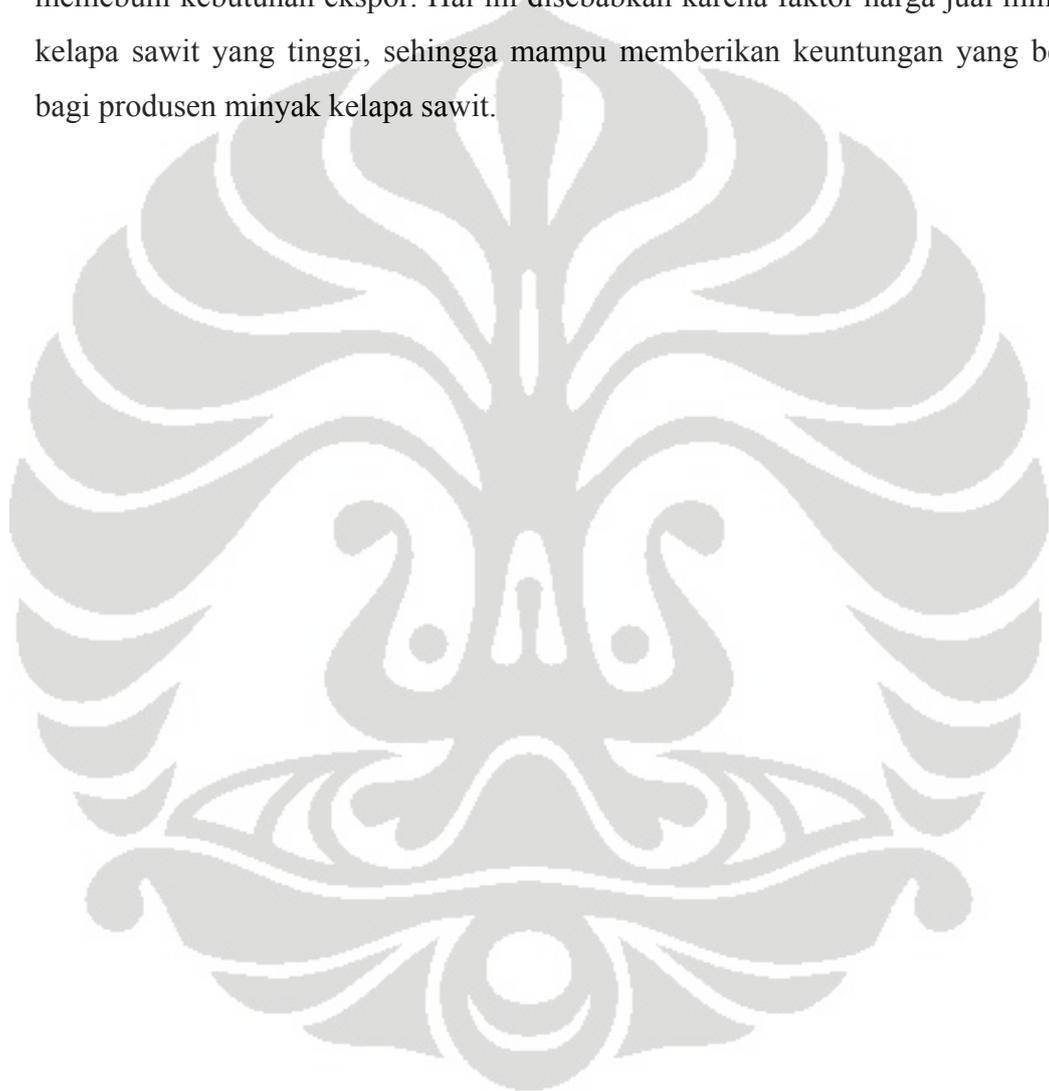


Gambar 5.40 Perbandingan Profitabilitas dari Masing-Masing Skenario

Sementara itu, pada gambar 5.39 dapat dilihat perbandingan profitabilitas yang dihitung berdasarkan NPV dari masing-masing skenario. Dapat dilihat bahwa karakteristik industri biodiesel tunggal memberikan nilai NPV yang lebih rendah jika dibandingkan dengan yang dapat diperoleh dari karakteristik industri biodiesel yang terintegrasi dengan pabrik dan perkebunan kelapa sawit, apalagi untuk karakteristik integrasi terdapat tambahan arus kas dari pabrik dan perkebunan kelapa sawit. Adapun nilai NPV yang tinggi masih dapat diperoleh untuk karakteristik industri biodiesel tunggal ini, seperti yang ditunjukkan pada skenario 2, tapi itu jika margin penjualan adalah sebesar 50% yang seperti dapat dilihat pada gambar 5.40 menimbulkan beban subsidi biosolar yang terbesar dibandingkan skenario lainnya.

Sementara itu, secara umum tidak ada perbedaan yang mencolok antara karakteristik integrasi 1 dengan karakteristik integrasi 2. Adapun perbedaan yang

ada adalah pada tingkat berapa alokasi suplai yang diberikan untuk produksi biodiesel. Dalam hal ini, acuan perbandingan yang dilakukan adalah antara skenario 3 dengan skenario 4, dan skenario 5 dengan skenario 6. Dalam hal ini didapatkan bahwa alokasi seluruh hasil produksi minyak kelapa sawit untuk produksi biodiesel tidak mampu memberikan keuntungan lebih besar dibandingkan dengan alokasi produksi minyak kelapa sawit sebagian untuk memebuhi kebutuhan ekspor. Hal ini disebabkan karena faktor harga jual minyak kelapa sawit yang tinggi, sehingga mampu memberikan keuntungan yang besar bagi produsen minyak kelapa sawit.



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan rangkuman atas hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian berikutnya.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap hasil yang diperoleh dari simulasi yang dijalankan pada skenario-skenario yang ada, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Secara umum, untuk semua skenario yang dikondisikan dalam model simulasi, pencapaian target jangka panjang program pemanfaatan biodiesel nasional tidak dapat lepas dari dukungan pemerintah dalam bentuk subsidi.
- Kebijakan yang paling dapat meminimalkan kebutuhan subsidi yang harus diberikan kepada biosolar adalah pengurangan subsidi yang diberikan untuk minyak solar.
- Kebijakan penetapan persentase *blending* antara biodiesel dengan minyak solar merupakan alternatif lain yang dapat digunakan dalam rangka pemenuhan target jangka panjang biodiesel nasional.
- Karakteristik industri biodiesel berbahan baku kelapa sawit yang ideal untuk pemenuhan target jangka panjang biodiesel nasional adalah integrasi antara unit bisnis biodiesel dengan pabrik dan perkebunan kelapa sawit.
- Sesuai dengan keadaan yang terdapat pada kondisi nyata, faktor yang paling berpengaruh terhadap tingginya harga jual biodiesel adalah harga bahan baku utama biodiesel, yakni minyak kelapa sawit.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis untuk penelitian sejenis yang dapat dilakukan pada kesempatan mendatang antara lain adalah sebagai berikut.

- Terdapat banyak hal yang dapat dieksplorasi dari topik biodiesel berbahan baku kelapa sawit untuk dilakukan objek penelitian sistem dinamis. Misalnya, menyangkut aspek rantai suplai yang mempertimbangkan aspek transportasi dan lokasi dari perkebunan, pabrik kelapa sawit, dan pabrik biodiesel.
- Dari model simulasi yang telah dibuat dalam penelitian ini, dapat dikembangkan sebuah model kebijakan yang lebih luas dengan mempertimbangkan aspek-aspek keberlanjutan (*sustainability*) seperti aspek sosial dan aspek lingkungan.



DAFTAR REFERENSI

- Bantz, Steven G. dan Deaton, Michael L. (2006). *Understanding U.S. biodiesel industry growth using system dynamics modeling*. Systems and Information Engineering Design Symposium.
- Bassi, Andrea M. (2008). *Modelling US energy policy with Threshold 21*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller Aktiengesellschaft & Co.
- Bowden, R, Ghosh, B., dan Harrell, C. (2000). *Simulation using Promodel*. USA: The McGraw Hill Companies, Inc
- Business Watch Indonesia. (2007). *Biofuel industry in Indonesia: some critical issues*. The Business Watch Indonesia , vol.1, no.9.
- Cavana, Robert Y. dan Maani, Kambiz E. (2000). *A methodological framework for systems thinking and modelling (ST&M) interventions*. New Zealand.
- Couper, James R. (2003). *Process engineering economics*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Departemen Perindustrian RI. (2007). *Gambaran sekilas industri minyak kelapa sawit*.
- Dillon, H.S., Dillon, H.S., dan Laan Tara. (2008). *Biofuels - at what cost ?*. Switzerland.
- Dradjat, Bambang dan Erningpraja, Luqman. (2006). *Biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit*. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian (vol28, hal. 1 3). Medan
- EKI. (2006, Oktober 10). *Indofood masuki industri biodiesel*. Juni 10, 2009. Investor Indonesia.
<http://www.indobiofuel.com/menu%20biodiesel%20108.php>
- ESDM. (n.d.). Juni 16, 2009. *Pemerintah usulkan besaran alfa BBM bersubsidi 2010*. <http://www.esdm.go.id/berita/migas/40-migas/2546-pemerintah-usulkan-besaran-alfa-bbm-bersubsidi-2010.html>
- Forrester., Jay W. (n.d). *System dynamics, system thinking and soft OR*. International Journal of System Dynamics. Vol 10, No. 2.

- Ghazoul, Jaboury dan Lian Pin Koh. (2008). Biofuels, biodiversity, and people: understanding the conflicts and finding opportunities. *Biological Conservation*, vol.141.
- Goenadi, D.H. (2004). *Harga minyak melonjak, pakai biodiesel kenapa tidak?* Kompas. Desember 2, 2004.
- Grosshans, Ray, et al. (2007). *Sustainable harvest for food and fuel*.
- Jenna Barnes. (n.d). System dynamics and its use in organization. *Learning Organization Journal*, No. 0342.511
- John, K. (2007). *The economics of biomass-to-liquids fuels*. Presentasi pada 2007 *International Conference of the System Dynamics Society*, Boston.
- Knothe, Gerhard, *The biodiesel handbook*. (2005). Illinois : AOCS Press
- Mursanti, Erina. (2007). Proses produksi dan subsidi biodiesel dalam mensubstitusi solar untuk mengurangi ketergantungan terhadap solar. Persentasi pada Parallel Session IIIB : Energy, Natural Resource & Environment, Depok.
- Pahan, Iyung. (2008). *Panduan lengkap kelapa sawit: manajemen agribisnis dari hulu hingga ke hilir*. Jakarta: Penebar Swadaya
- Priyanto, Unggul dan Sumaryono, Wahono. (2008). *Progress on biofuel and biomass utilization in Indonesia*. Presentasi pada 5th Biomass-Asia Workshop, Guangzhou Institute of Energy Conversion, Guangzhou, China.
- Sterman, John D. (2000) *Business dynamics: system thinking and modeling for complex world*. USA: The McGraw Hill Companies, Inc
- Suarna, Endang. *Analisis pemanfaatan biodiesel terhadap sistem penyediaan energi*.
- Sugiyono, Agus. (n.d.). *Peluang pemanfaatan biodiesel dari kelapa sawit sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak solar di Indonesia*.
- Tambunan, Armansyah H. dan Wirawan, Soni Sulistia. (2006, November). *The current status and prospects of biodiesel development in Indonesia : a review*. Presentasi pada Third Asia Biomass Workshop, Tsukuba, Jepang.
- Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati. (2006). *Blueprint 2006-2025 Pengembangan bahan bakar nabati untuk percepatan pengurangan kemiskinan dan pengangguran*.