

**MODEL PEMANFAATAN BIODIESEL TERHADAP
KETERSEDIAAN BAHAN BAKAR MINYAK PADA
SEKTOR TRANSPORTASI DI DKI JAKARTA**

TESIS

Oleh

**SIRAJUDDIN
64 05 07 02 11**



**TESIS INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI MAGISTER TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA
GANJIL 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul :

MODEL PEMANFAATAN BIODIESEL TERHADAP KETERSEDIAAN BAHAN BAKAR MINYAK PADA SEKTOR TRANSPORTASI DI DKI JAKARTA

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tesis yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 7 Januari 2007

Sirajuddin
NPM 6405070211

PENGESAHAN

Tesis dengan judul :

MODEL PEMANFAATAN BIODIESEL TERHADAP KETERSEDIAAN BAHAN BAKAR MINYAK PADA SEKTOR TRANSPORTASI DI DKI JAKARTA

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Tesis ini telah diujikan pada sidang ujian pada tanggal 3 Januari 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai tesis pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 7 Januari 2008

Pembimbing II

Pembimbing I

Ir. Boy Nurtjahyo, M., MSIE
NIP. 131 475 474

Prof. Dr. Ir. Tresna P. Soemardi, SE, MS
NIP. 131 475 423

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, sebab hanya atas rahmat dan bimbingan-Nya tesis ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Tesis ini disusun dalam rangka melengkapi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik Universitas Indonesia.

Penulis mengharapkan dengan adanya tesis ini, permasalahan ketersediaan bahan bakar minyak khususnya pada sektor transportasi di DKI Jakarta dapat terselesaikan. Model Pemanfaatan Biodiesel yang merupakan output dari tesis ini diharapkan menjadi salah satu literatur dalam pengambilan kebijakan khususnya dalam menyikapi permasalahan bahan bakar minyak pada sektor transportasi di DKI Jakarta.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- Bapak Prof. Dr. Ir. Tresna P. Soemardi, SE, MS dan Ir. Boy Nurtjahyo, M., MSIE sebagai Pembimbing I dan pembimbing II
- Bapak dan Ibu Dosen di lingkungan Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Ibunda tercinta, Saudara, dan keluarga kami serta teman-teman dekat kami yang selama ini membantu penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini tentunya memiliki keterbatasan, namun demikian penulis berharap tesis ini dapat bermanfaat untuk menambah wacana, dan literatur dalam proses pengambilan kebijakan energi pada sektor transportasi di DKI Jakarta.

Depok, 7 Januari 2007

Penulis

Sirajuddin

Sirajuddin
NPM 6405070211
Departemen Teknik Industri

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Tresna P. Soemardi, SE, MS
Ir. Boy Nurtjahyo, M., MSIE

MODEL PEMANFAATAN BIODIESEL TERHADAP KETERSEDIAAN BAHAN BAKAR MINYAK PADA SEKTOR TRANSPORTASI DI DKI JAKARTA

ABSTRAK

Pemanfaatan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif untuk substitusi bahan bakar diesel/solar pada sektor transportasi di DKI Jakarta merupakan salah satu alternatif solusi dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar khususnya pada sektor transportasi yang berbahan bakar diesel. Dengan pemanfaatan biodiesel ini, diharapkan adanya kesinambungan persediaan BBM terhadap pemenuhan kebutuhan BBM di DKI Jakarta. Oleh karena itu, dalam menunjang kelancaran distribusi BBM dan Biodiesel sebagai substitusi Solar, dibutuhkan sebuah sistem perencanaan yang secara integralistik dengan mengacu kepada program ketersediaan energi dan udara bersih secara berkelanjutan di DKI Jakarta.

Model perencanaan yang dibuat menggunakan alat bantu perangkat lunak Powersim 2005, yang merupakan *tools* pembuatan model pemanfaatan biodiesel di DKI Jakarta. Dengan model ini, kebutuhan BBM dan pemanfaatan biodiesel terhadap ketersediaan BBM dan CPO nasional di DKI Jakarta sampai tahun 2015 dapat diketahui. Peran transportasi dan energi sebagai motor penggerak aktivitas perekonomian di DKI Jakarta sangat signifikan. Pemakaian energi oleh transportasi selain memberikan dampak terhadap persediaan BBM juga berdampak terhadap lingkungan di DKI Jakarta yang semakin memperhatikan.

Simulasi model menunjukkan pada tahun 2015 transportasi di DKI Jakarta mencapai 15.318.592 unit dengan jumlah transportasi yang berbahan bakar diesel sebesar 801.120 unit. Bahan Bakar Diesel yang dibutuhkan sebesar 25.763.860 barrel, sedangkan rasio kebutuhan BBM dengan kebutuhan BBM nasional -255%. Dengan pencampuran biodiesel sebesar 15%, pada tahun 2015 Biodiesel yang dibutuhkan sebesar 8.140.068 Barrel, CPO yang dibutuhkan mencapai 575.875 Ton sedangkan Rasio Kebutuhan CPO dengan Produksi CPO 3,21% dan Rasio dengan kebutuhan BBM nasional berkurang menjadi -221 %. Dengan adanya pemanfaatan biodiesel ini, diharapkan mampu menjadi alternatif solusi yang efektif dalam pemenuhan bahan bakar khususnya transportasi berbahan bakar diesel di DKI Jakarta.

Kata Kunci : Model Biodiesel, Ketersediaan BBM, Transportasi di DKI Jakarta

Sirajuddin
NPM 6405070211
Industry Department Engineering

Counsellor
Prof. Dr. Ir. Tresna P. Soemardi, SE, MS
Ir. Boy Nurtjahyo, M., MSIE

**MODEL OF BIODIESEL UTILIZATION
FOR OIL FUEL STOCK TO TRANSPORTATION SECTOR
IN DKI JAKARTA**

ABSTRACT

The biodiesel utilization as alternative fuel to substitute for diesel in the transportation sector at DKI Jakarta is one of alternative solution to fulfill needs of fuel, especially for transportation which using diesel. With this utilization, we expected that there is continuity of BBM stock to fulfill needs of BBM in DKI Jakarta. Therefore, to support the fluency of BBM and biodiesel distribution as a diesel substitution, we need an intergalactic planning system that referred to sustainable energy and fresh air program in DKI Jakarta.

Planning model was making with Powersim Software 2005, which are tools for making biodiesel utilization model in DKI Jakarta. With this model, we able to know the needs of BBM and The biodiesel utilization on the BBM and CPO national stock in DKI Jakarta until 2015. The role of transportation and energy as a generator for economic activity in DKI Jakarta is so significant. Energy consumption for transportation sector had been impacted on the BBM stock and also to the environment in DKI Jakarta.

Simulation model showing that in 2015, transportation in DKI Jakarta will reach 15.318.592 unit with the amount of transportation using diesel is 801.120 units. The needs of diesel fuel are 25.763.860 barrel, while ratio need of BBM and national BBM is -255%. With mixing biodiesel 15%, in 2015, the needs of biodiesel is 575.875 ton while ratio of CPO need and CPO production is 3,21 % and ratio CPO with national BBM needs decrease to -221 %. So, the use of biodiesel is expected to be able to become an effective alternative solution in the fulfill of fuel, especially for transportation which using diesel in DKI Jakarta.

Keywords : Biodiesel Model, BBM Stock, Transportation in DKI Jakarta

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 DIAGRAM KETERKAITAN MASALAH	4
1.3 PERUMUSAN MASALAH	4
1.4 TUJUAN PENELITIAN	5
1.5 MANFAAT PENELITIAN	5
1.6 BATASAN MASALAH	6
1.7 METODOLOGI PENELITIAN	6
1.8 SISTEMATIKA PENULISAN	9
BAB II TEORI DASAR	
2.1 BIODIESEL	10
2.1.1 Sejarah Pengembangan Biodiesel	10

2.1.2 Teknologi Proses Biodiesel	13
2.1.2.1 <i>Proses Produksi Biodiesel</i>	13
2.1.2.1.1 <i>Pencampuran Biodiesel dengan Solar</i>	17
2.1.2.1.2 <i>Pencampuran Splash Pada Tanki Terminal</i>	19
2.1.2.1.3 <i>Pencampuran Sekuensial Pada Rak Pipa Pengisian</i>	19
2.1.2.1.4 <i>Pencampuran Injeksi Pada Rak Pipa</i>	20
2.1.2.1.5 <i>Pencampuran Sekuensial Pada Loading Arm</i>	20
2.1.2.1.6 <i>Pencampuran Pada Lokasi Industri</i>	21
2.1.2.1.7 <i>Pencampuran di Stasiun Pengisian BBUmum SPBU</i>	21
2.1.3 Bahan Baku Biodiesel	21
2.1.4 Pemanfaatan Biodiesel Pada Sektor Transportasi	26
2.1.5 Prospek Biodiesel	30
2.2 SISTEM DINAMIK	30
2.2.1 Defenisi Sistem	30
2.2.2 Berpikir Sistem	32
2.2.3 Sistem Dinamik	34
2.2.4 Pemodelan dengan Pendekatan Sistem Dinamik	36
2.2.5 Simulasi Model	38
2.2.6 Perangkat Lunak untuk Simulasi	40
2.2.7 Struktur dan Prilaku Sistem Dinamik	41
2.2.7.1 <i>Pertumbuhan Eksponensial</i>	42
2.2.7.2 <i>Goal Seeking</i>	43
2.2.7.3 <i>Osilasi (Oscillation)</i>	44
2.2.8 Alat – Alat (Tools) untuk Sistem Dinamik	45
2.2.8.1 <i>Causal Loop Diagram (CLD)</i>	45
2.2.8.2 <i>Stock dan Flow Diagram (SFD)</i>	49

2.2.9 Archetype	52
2.3.METODE PENDEKATAN PERENCANAAN PDRB	54
2.3.1 Konsep dan Definisi	54
2.3.1 Metode Perhitungan PDRB	55
2.3.2 Penggunaan Tahun Dasar PDRB	57

BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 BAHAN BAKAR MINYAK	60
3.1.1 Produksi Bahan Bakar Minyak	61
3.1.2 Konsumsi Bahan Bakar Minyak	63
3.2 BIODIESEL SUBSTITUSI BBM	67
3.2.1 Perkembangan Luas Areal Kelapa Sawit	68
3.2.2 Perkembangan Produksi	69
3.2.3 Perkembangan Konsumsi Minyak Kelapa Sawit	70
3.2.4 Perkembangan Harga Minyak Kelapa Sawit	70
3.2.5 Perklembangan Ekspor Impor	71
3.2.6 Potensi Kebutuhan dan Penyediaan Biodiesel	71
3.3 KAJIAN WILAYAH DKI JAKARTA	72
3.3.1 Pertumbuhan PDRB DKI Jakarta	73
3.3.2 Transportasi di DKI Jakarta	76
3.3.3 Konsumsi BBM DKI Jakarta	78
3.3.4 Kualitas Lingkungan Hidup DKI Jakarta	78
3.4 METODE PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	80
3.5 MODEL	80
3.5.1 Struktur Model Secara Keseluruhan	81

3.5.2 Causal Loop Diagram (CLD)	82
3.5.2.1 Causal Loop Pertambahan Penduduk	83
3.5.2.2 Causal Loop Transportasi dan Konsumsi BBM	84
3.5.2.3 Causal Loop Penyediaan BBM Nasional	84
3.5.2.4 Causal Loop Penyediaan CPO	85
3.5.2.5 Causal Loop Penyediaan Biodiesel	86
3.5.3 Formulasi	86
3.5.4 Stock dan Flow Diagram (SFD)	88
3.5.4.1 Stock dan Flow Diagram Pertambahan Penduduk	88
3.5.4.2 Stock dan Flow Diagram Transportasi	88
3.5.4.3 Stock dan Flow Diagram Konsumsi BBM	89
3.5.4.4 Stock dan Flow Diagram Penyediaan CPO	89
3.5.4.5 Stock dan Flow Diagram Optimasi Produksi BBM	90
3.5.4.6 Stock dan Flow Diagram Penyediaan Biodiesel	90
3.5.4.7 Stock dan Flow Diagram Emisi Gas Buang	91
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1 SIMULASI MODEL DENGAN SKENARI PDRB	93
4.2 SIMULASI MODEL PERTAMBAHAN PENDUDUK	95
4.3 SIMULASI SKENARIO PERTAMBAHAN TRANSPORTASI	95
4.3.1 Simulasi Skenario Dasar Pertambahan Transportasi	97
4.3.2 Simulasi Skenario Pesimis Pertambahan Transportasi	97
4.3.3 Simulasi Skenario Optimis Pertambahan Transportasi	98
4.4 SIMULASI SKENARIO KONSUMSI BBM	99
4.4.1 Simulasi Skenario Dasar Konsumsi BBM	100

4.4.2 Simulasi Skenario Pesimis Konsumsi BBM	101
4.4.3 Simulasi Skenario Optimis Konsumsi BBM	102
4.5 SIMULASI SKENARIO KEBUTUHAN BIODIESEL	102
4.5.1 Simulasi Skenario Dasar Kebutuhan Biodiesel	102
4.5.2 Simulasi Skenario Pesimis Kebutuhan Biodiesel	103
4.5.3 Simulasi Skenario Optimis Kebutuhan Biodiesel	104
4.6 SIMULASI MODEL OPTIMASI PRODUKSI BBM	105
4.7 SIMULASI MODEL CRUDE PALM OIL	107
4.8 SIMULASI MODEL EMISI GAS BUANG	109
4.8.1 Simulasi Skenario Dasar Emisi Gas Buang	109
4.8.2 Simulasi Skenario Pesimis Emisi Gas Buang	111
4.8.3 Simulasi Skenario Optimis Emisi Gas Buang	112
4.8.4 Perhitungan Biaya Emisi	113
4.9 ANALISIS PERSEDIAAN DAN PEMANFAATAN BIODIESEL	115
4.9.1 Analisis Persediaan Biodiesel	115
4.9.2 Analisis Keekonomian Biodiesel	116
4.9.3 Analisis Emisi Gas Buang	118
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 KESIMPULAN	126
5.2 SARAN	128
DAFTAR PUSTAKA	129
LAMPIRAN	133

DAFTAR GAMBAR

	Halaman	
Gambar 1.1	Diagram keterkaitan masalah	4
Gambar 1.2	Diagram metodologi penelitian	8
Gambar 2.1	Reaksi transesterifikasi	14
Gambar 2.2	Proses produksi biodiesel	15
Gambar 2.3	Reaksi kimia transesterifikasi	16
Gambar 2.4	Pencampuran sekuensial	20
Gambar 2.5	Pencampuran pada terminal bahan bakar	20
Gambar 2.6	Pencampuran pada lokasi industri	21
Gambar 2.7	Pencampuran biodiesel di SPBU	21
Gambar 2.8	Proses transesterifikasi ekstraktif	25
Gambar 2.9	Sistem	31
Gambar 2.10	Contoh sistem statik	31
Gambar 2.11	Contoh sistem dinamik	32
Gambar 2.12	Tahap-tahap simulasi model	40
Gambar 2.13	Bentuk perilaku yang umum	42
Gambar 2.14	Pertumbuhan eksponensial	43
Gambar 2.15	Pencapaian tujuan	44
Gambar 2.16	Osilasi : Struktur dan perilaku	45
Gambar 2.17	Cara penulisan causal loop diagram	46
Gambar 2.18	Polaritas hubungan	47
Gambar 2.19	Cara penulisan diagram alir	50
Gambar 2.20	Empat representasi struktur diagram alir	52
Gambar 2.21	Contoh-contoh Archetype	53

Gambar 3.1	Model pemanfaatan biodiesel secara keseluruhan	81
Gambar 3.2	Causal loop penambahan penduduk	83
Gambar 3.3	Causal loop transportasi dan konsumsi BBM	84
Gambar 3.4	Causal loop penyediaan BBM nasional	85
Gambar 3.5	Causal loop penyediaan CPO nasional	85
Gambar 3.6	Causal loop penyediaan biodiesel	86
Gambar 3.7	Stock dan flow diagram penambahan penduduk	88
Gambar 3.8	Stock dan flow diagram transportasi	89
Gambar 3.9	Stock dan flow diagram konsumsi BBM	89
Gambar 3.10	Stock dan flow diagram penyediaan CPO	90
Gambar 3.11	Stock dan flow diagram optimasi produksi BBM	91
Gambar 3.12	Stock dan flow diagram penyediaan biodiesel	91
Gambar 3.13	Stock dan flow diagram emisi gas buang	92
Gambar 3.14	Stock dan flow diagram biaya emisi gas buang	92

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Luas lahan bahan baku dan potensi biodiesel	23
Tabel 2.2	Tanaman penghasil biodiesel	24
Tabel 2.3	Angka Cetane Number berbagai jenis tanaman	24
Tabel 2.4	Penurunan harga pokok produksi biodiesel	25
Tabel 2.5	Emisi mesin diesel	29
Tabel 2.6	Hasil pengujian biodiesel pada traktor	29
Tabel 3.1	Perkembangan produksi, ekspor, dan impor minyak	61
Tabel 3.2	Produksi BBM Tahun 2001 s/d 2006	63
Tabel 3.3	Konsumsi BBM pada sektor pemakai	65
Tabel 3.4	Konsumsi berdasarkan jenis BBM	65
Tabel 3.5	Konsumsi BBM di DKI Jakarta	66
Tabel 3.6	Perkembangan luas lahan perkebunan kelapa sawit	69
Tabel 3.7	Produksi CPO di Indonesia	70
Tabel 3.8	Luas wilayah dan kepadatan penduduk DKI Jakarta	73
Tabel 3.9	PDRB DKI Jakarta	75
Tabel 3.10	Jumlah kendaraan bermotor yang terdaftar	77
Tabel 3.11	Jumlah bus kota yang beroperasi	77
Tabel 4.1	Simulasi model pertambahan penduduk	95
Tabel 4.2	Simulasi skenario dasar pertambahan transportasi	97
Tabel 4.3	Simulasi skenario pesimis pertambahan transportasi	98
Tabel 4.4	Simulasi skenario optimis pertambahan transportasi	98
Tabel 4.5	Jumlah Kendaraan Berbahan Bakar Diesel	99
Tabel 4.6	Simulasi skenario dasar konsumsi BBM	100

Tabel 4.7	Simulasi skenario pesimis konsumsi BBM	101
Tabel 4.8	Simulasi skenario optimis konsumsi BBM	101
Tabel 4.9	Simulasi skenario dasar kebutuhan biodiesel	103
Tabel 4.10	Simulasi skenario pesimis kebutuhan biodiesel	103
Tabel 4.11	Simulasi skenario optimis kebutuhan biodiesel	104
Tabel 4.12	Simulasi skenario optimasi produksi BBM	105
Tabel 4.13	Rasio kebutuhan BB diesel dengan produksi BBM	106
Tabel 4.14	Simulasi model produksi CPO	107
Tabel 4.15	Simulasi skenario pesimis kebutuhan CPO	108
Tabel 4.16	Simulasi skenario dasar kebutuhan CPO	108
Tabel 4.17	Simulasi skenario optimis kebutuhan CPO	108
Tabel 4.18	Nilai Faktor Emisi untuk beberapa jenis kendaraan	109
Tabel 4.19	Emisi CO pada skenario dasar pada kendaraan	110
Tabel 4.20	Emisi NOx pada skenario dasar pada kendaraan	110
Tabel 4.21	Emisi HC pada skenario dasar pada kendaraan .	110
Tabel 4.22	Emisi CO pada skenario pesimis pada kendaraan	111
Tabel 4.23	Emisi NOx pada skenario pesimis pada kendaraan	111
Tabel 4.24	Emisi HC pada skenario pesimis pada kendaraan	112
Tabel 4.25	Emisi CO pada skenario optimis pada kendaraan	112
Tabel 4.26	Emisi NOx pada skenario optimis pada kendaraan	113
Tabel 4.27	Emisi HC pada skenario optimis pada kendaraan	113
Tabel 4.28	Biaya emisi yang digunakan dalam penelitian	114
Tabel 4.29	Biaya emisi dengan skenario dasar	114
Tabel 4.30	Biaya emisi dengan skenario pesimis	114
Tabel 4.31	Biaya emisi dengan skenario optimis	115
Tabel 4.32	Kondisi kualitas udara di DKI Jakarta	120

Tabel 4.33	Hasil pengukuran uji Jalan 1 Toyota kijang	121
Tabel 4.34	Ketentuan standar emisi	121
Tabel 4.35	Keseimbangan minyak dan lemak dunia Thn 2002-2007	122
Tabel 4.36	Market share minyak sawit dunia Thn 2006	123
Tabel 4.37	Permintaan ekspor CPO	124
Tabel 4.38	Permintaan CPO dalam negeri	125



DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1	Proyeksi Pertumbuhan PDRB DKI Jakarta 94
Grafik 4.2	Pertumbuhan Penduduk di DKI Jakarta 95
Grafik 4.3	Skenario Dasar Pertumbuhan Kendaraan di DKI Jakarta 97
Grafik 4.4	Skenario Pesimis Pertumbuhan Kendaraan 98
Grafik 4.5	Skenario Optimis Pertumbuhan Kendaraan 99
Grafik 4.6	Skenario Dasar Konsumsi Bahan Bakar Diesel pada Transportasi 100
Grafik 4.7	Skenario Pesimis Konsumsi Bahan Bakar Diesel pada Transportasi 101
Grafik 4.8	Skenario Optimis Konsumsi Bahan Bakar Diesel pada Transportasi 102
Grafik 4.9	Skenario Dasar Kebutuhan Biodiesel pada Transportasi 103
Grafik 4.10	Skenario Pesimis Kebutuhan Biodiesel Kendaraan 104
Grafik 4.11	Skenario Optimis Kebutuhan Biodiesel pada Transportasi 104
Grafik 4.12	Rasio Kebutuhan Bahan Bakar Diesel dengan Produksi Nasional 106
Grafik 4.13	Tingkat Pencemaran Udara di DKI Jakarta 120
Grafik 4.14	Permintaan CPO Luar Negeri 124
Grafik 4.15	Permintaan CPO Dalam Negeri 125

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG PERMASALAHAN

Minyak Bumi merupakan sumber energi fosil yang dimanfaatkan sebagai bahan baku kilang di dalam negeri dan untuk diekspor sebagai sumber devisa. Hasil kilang adalah BBM yang antara lain terdiri atas premium, minyak tanah, minyak solar (ADO), minyak diesel, dan minyak bakar yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pada sektor pembangkit listrik, transportasi, industri, dan rumah tangga.

Bila dilihat dari sisi pemakai BBM, sektor transportasi merupakan pemakai BBM terbesar dengan proporsi setiap tahun selalu mengalami kenaikan. Kemudian di susul oleh sektor rumah tangga, sektor industri dan pembangkit listrik. Berdasarkan Penelitian yang pernah dilakukan *Japan International Corporation Agency* (JICA) dan *The Institute for Transportation and Development Policy* (ITDP) menunjukkan bahwa jika tidak ada pembenahan sistem transportasi umum, maka lalu lintas Jakarta akan mati pada tahun 2014. Perkiraan kemacetan lalu lintas Jakarta pada tahun 2014 itu didasarkan pada pertumbuhan kendaraan di Jakarta yang rata-rata per tahun mencapai 11%. Dengan peningkatan kuantitas Transportasi tersebut akan membuat antrian yang cukup panjang pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Ditambah lagi ketika terjadi penurunan kuota BBM pada SPBU di Jakarta, maka antrian yang panjang di SPBU tak dapat dihindari. Permasalahan yang lain yang akan muncul adalah terjadinya konflik horisontal akibat melonjaknya harga BBM. Dimana permintaan yang semakin meningkat namun ketersediaan Bahan Bakar yang terbatas, Inilah permasalahan yang akan timbul akibat terbatasnya persediaan BBM.

Persediaan BBM yang terbatas akan semakin memberatkan beban subsidi atas BBM yang diberikan pemerintah. Mengingat untuk memenuhi kebutuhan BBM dalam negeri dimana permintaan yang dari tahun ke tahun terus meningkat sedangkan persediaan semakin menipis, Pemerintah Indonesia harus mengimpor BBM dari luar negeri. Hal inilah yang membuat harga BBM akan melonjak drastis yang mengakibatkan masyarakat tidak lagi mampu mengkonsumsi BBM

karena harganya yang tidak terjangkau. Hal ini disebabkan karena sumber-sumber energi yang tak terbaharukan ini sangat terbatas, dan tidak adanya penemuan sumber minyak yang dapat dieksplorasi.

Oleh karena itu, berbagai usaha yang dilakukan dan dibutuhkannya perencanaan yang *complementary* dan *continuously* terhadap *supply-demand* BBM di Indonesia khususnya di DKI Jakarta. Selain hal tersebut di atas dengan adanya perencanaan yang baik akan memberikan berbagai alternatif solusi terhadap permasalahan tersebut. Dan salah satu alternatif solusi dalam tesis ini yang ditawarkan adalah penganeka ragam (diversifikasi) sumber energi selain berguna untuk menambah pilihan sumber energi, juga berguna untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak di Indonesia.

Bila dilihat dari sektor pengguna konsumsi BBM pada sektor transportasi yang merupakan *concern* pembahasan pada tesis ini. Untuk Bahan Bakar Minyak pada sektor transportasi, pemakaian jenis BBM yang terbesar adalah Minyak Diesel. sehingga program diversifikasi energi pada sektor transportasi diharapkan dapat dioptimalkan untuk mengurangi beban energy dan ketersediaan Minyak Diesel melalui pemanfaatan biodiesel. Pemanfaatan biodiesel tersebut akan lebih diutamakan untuk sektor transportasi, walaupun pemakaian biodiesel untuk sektor pembangkit listrik dan industri juga tidak diabaikan. Sejak tahun 2000 biodiesel dari kelapa sawit sudah dipergunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor seperti kendaraan dinas dan traktor di Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan dan terbukti tidak mempunyai masalah baik pada mesin maupun pada kinerjanya. Secara teknis pilihan biodiesel dari kelapa sawit sebagai bahan bakar untuk sektor transportasi tidak mengalami kendala mengingat biodiesel mempunyai karakteristik yang sama dengan diesel, sehingga pemanfaatan biodiesel juga dapat sebagai bahan bakar penunjang diesel di sektor pembangkit listrik asalkan secara ekonomi bisa bersaing dengan diesel.

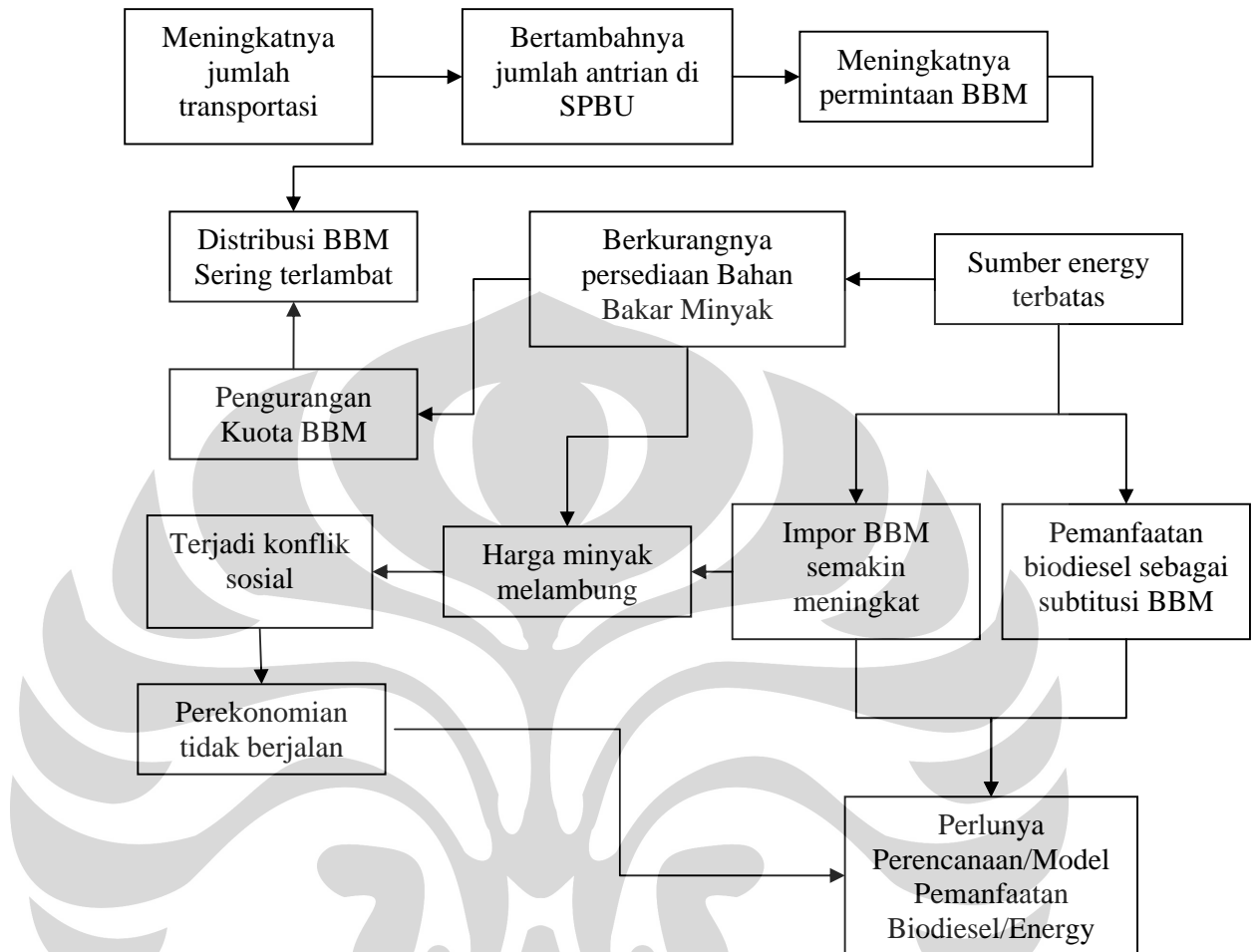
Dari segi dampak lingkungan, biodiesel juga diketahui relatif bersih dari emisi bahan pencemar. Pemanfaatan biodiesel diharapkan bukan saja dapat mengurangi besarnya kebutuhan diesel yang dapat berdampak terhadap berkurangnya beban pemerintah atas subsidi, tetapi juga dapat mendukung program pemanfaatan energi yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan. Peluang pemanfaatan biodiesel sebagai sumber energi di masa datang akan dianalisis berdasarkan proyeksi kebutuhan energi dan memproyeksikan kebutuhan

biodiesel termasuk biaya pokok dari biodiesel di Indonesia di masa datang. Berdasarkan hasil tersebut dapat dianalisis kebutuhan luas perkebunan kelapa sawit serta produksi minyak sawit atau *crude palm oil* (CPO) sebagai bahan baku biodiesel di masa datang.

Crude Palm Oil (CPO) yang diolah menjadi biodiesel dirasakan belum cukup memadai untuk memenuhi permintaan energi. Olehnya itu dalam memenuhi permintaan energi tersebut, pemerintah mencoba mengoptimalkan pohon jarak pagar (*Jatropha curcas*) sebagai program nasional yang dapat diolah menjadi biodiesel. Tanaman jarak pagar ini akan diproduksi oleh petani di pedesaan tidak hanya untuk memenuhi persediaan energi tapi diharapkan juga mampu menampung pengangguran dan mengurangi kemiskinan dan menjadi energi yang bebas polutan.

Dalam memenuhi permintaan Biodiesel pada sektor transportasi di DKI Jakarta dibutuhkan sebuah perencanaan yang terintegrasi dan mengoptimalkan seluruh *stake holder* yang ada. Cita-cita pemerintah yang termaktub dalam blue print energy 2005-2025 akan sirna ketika tidak diikuti dengan kerja keras dengan melibatkan masyarakat sebagai pemakai dan producer energy terbarukan tersebut. Usaha kecil dan menengah dan koperasi harus mengambil peran sebagai *stake holder* pemerintah dan menjadi pemicu pemanfaatan lahan, kampanye, dan sebagai wakil pemerintah sekaligus sebagai pioner dalam mewujudkan cita-cita bersama menghadapi bencana krisis energi.

1.2 DIAGRAM KETERKAITAN MASALAH



Gambar 1.1

Diagram keterkaitan masalah Pemanfaatan Biodiesel terhadap Ketersediaan Bahan Bakar Minyak pada Sektor Transportasi di Indonesia

1.3 PERUMUSAN MASALAH

Dari latar belakang permasalahan yang tentang ketersediaan Bahan Bakar Minyak di Indonesia, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Seringnya terjadi keterlambatan pendistribusian Bahan Bakar Minyak ke Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang menyebabkan kelangkaan BBM
2. Belum optimalnya strategi diversifikasi energy dalam memenuhi kebutuhan energy khususnya pemakaian Biodiesel sebagai substitusi BBM dalam memenuhi permintaan energi biosolar pada sektor Transportasi di DKI Jakarta.

3. Belum adanya perencanaan yang terintegrasi tentang Pemanfaatan Biodiesel di Indonesia sebagai substitusi BBM dalam memenuhi kebutuhan Energy pada Sektor Transportasi di DKI Jakarta.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh hasil proyeksi permintaan dan penyediaan energi pada sektor Transportasi di Indonesia yang berupa:

1. Membuat Perencanaan Optimasi Supply-Demand Bahan Bakar Minyak pada sektor Transportasi di DKI Jakarta.
2. Mengetahui Pengaruh Pemanfaatan Biodiesel untuk memenuhi permintaan BBM pada sektor Transportasi di DKI Jakarta.
3. Membuat Perencanaan dan Model pemanfaatan biodiesel yang terintegrasi sebagai bahan bakar alternatif mesin diesel pada sektor Transportasi di DKI Jakarta.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat memberikan manfaat, bukan hanya bagi penulis akan tetapi dapat menjadi pertimbangan dan menjadi acuan bagi perusahaan yang bergerak dalam Pemanfaatan sumber energi. Adapun manfaat yang dimaksud, berupa :

1. Adanya Perencanaan Optimasi Supply-Demand Bahan Bakar Minyak agar tidak terjadi lagi kekurangan Pasokan di SPBU dalam memenuhi permintaan BBM pada sektor Transportasi di DKI Jakarta.
2. Mengetahui Pengaruh Pemanfaatan Biodiesel untuk memenuhi permintaan BBM khususnya Bahan Bakar Diesel pada sektor Transportasi di DKI Jakarta.
3. Adanya Perencanaan dan Model pemanfaatan biodiesel yang terintegrasi dalam mengoptimalkan ketersediaan Biodiesel sebagai substitusi BBM pada sektor Transportasi di DKI Jakarta.

1.6 BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa pemanfaatan Biodiesel terhadap ketersediaan permintaan energy pada sektor transportasi di Indonesia,

khususnya di DKI Jakarta. Adapun yang menjadi lingkup kajian atau batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Perencanaan Optimasi Supply-Demand Bahan Bakar Minyak pada sektor Transportasi di DKI Jakarta.
2. Pengaruh Pemanfaatan Biodiesel untuk memenuhi permintaan BBM pada sektor Transportasi di DKI Jakarta.
3. Perencanaan dan Model pemanfaatan biodiesel yang terintegrasi sebagai bahan bakar alternatif mesin diesel pada sektor Transportasi di DKI Jakarta.

Dalam melakukan analisis permintaan dan penyediaan energi digunakan alat Bantu berupa perangkat lunak komputer yaitu *Microsoft excel*, sedangkan pada pembuatan model pemanfaatan biodiesel digunakan Powersim 2005.

1.7 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian Pemanfaatan Biodiesel terhadap Ketersediaan Bahan Bakar Minyak pada Sektor Transportasi di Indonesia dengan menggunakan perangkat lunak Powersim secara sistematis dalam pelaksanaannya dilakukan melalui beberapa kegiatan antara lain:

1. Studi Pendahuluan

Penelitian ini dimulai dari munculnya wacana tentang pentingnya kajian terhadap ketersediaan Bahan Bakar Minyak dan munculnya berbagai alternatif solusi terhadap persoalan yang berkaitan akan Bahan Bakar Minyak.

2. Latar Belakang

Permasalahan mengenai Bahan Bakar Minyak menjadi wacana yang sangat urgen untuk menjadi topik diskusi dan penelitian karena hal ini menyangkut tentang ketersediaan energi untuk ketahanan energy indonesia.

3. Perumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan yang ada kemudian dirumuskan apa yang menjadi inti permasalahan tentang Bahan Bakar Minyak.

4. Tujuan Penelitian

Dengan adanya inti permasalahan tersebut dapat dilakukan studi literatur baik melalui jurnal internasional maupun buku teks, maka dirumuskan tujuan dilakukannya penelitian

5. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan sebagai acuan dalam penelitian ini antara lain; persediaan energy, permintaan energy, data SPBU di DKI Jakarta, jenis transportasi, distribusi Biosolar, perkebunan kelapa sawit, pabrik minyak sawit, dan pabrik biodiesel; serta *energy balance* pembuatan biodiesel;

6. Perencanaan optimasi supply demand energy di DKI Jakarta

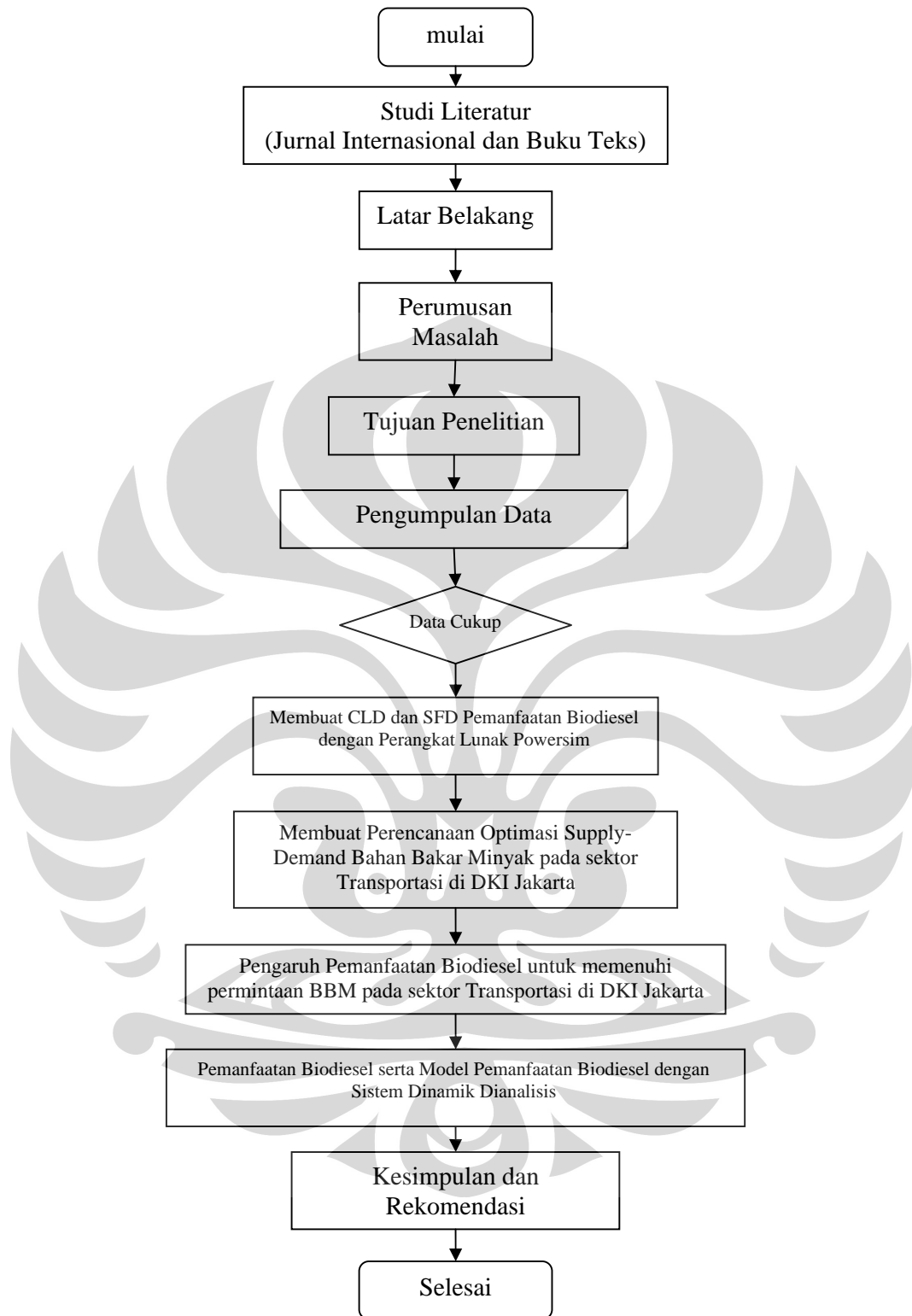
7. Pemanfaatan Biodiesel untuk memenuhi permintaan BBM pada sektor Transportasi di DKI Jakarta

8. Pembuatan Model Sistem Dinamik Pemanfaatan Biodiesel terintegrasi di Indonesia khususnya DKI Jakarta

9. Analisis Model Pemanfaatan Biodiesel Terhadap Ketersediaan Bahan Bakar Minyak Pada Sektor Transportasi Di DKI Jakarta

10. Kesimpulan dan Rekomendasi

Langkah terakhir yang merupakan kesimpulan dari hasil-hasil analisa tentang pemanfaatan biodiesel terhadap ketersediaan Bahan Bakar Minyak pada sektor Transportasi di Indonesia.



Gambar 1.2 Diagram Metodologi Penelitian " Model Pemanfaatan Biodiesel Terhadap Ketersediaan Bahan Bakar Minyak pada Sektor Transportasi di DKI Jakarta"

1.8 SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk memudahkan pemahaman dalam penulisan tesis ini, maka dibuatlah sebuah kerangka berpikir yang dituangkan dalam bentuk sistematika penulisan yang terdiri dari lima Bab.

Bab I adalah Pendahuluan. Bab ini menerangkan tentang latar belakang permasalahan yang diambil, pokok permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan permasalahan, metodologi penelitian yang digunakan serta sistematika penulisan laporan.

Bab II adalah Tinjauan Pustaka. Bagian ini berisikan penjelasan tentang Teori Biodiesel, termasuk perkembangan Biodiesel, teknologi Biodiesel, dan Sistem Dinamik (SD) sebagai tool dalam pembuatan model dan simulasi biodiesel.

Bab III adalah Pengumpulan dan Pengolahan Data. Bab ini mendeskripsikan mengenai seluruh data yang berhubungan dan menunjang untuk digunakan dalam proses penelitian, seperti; kebutuhan biodiesel di DKI Jakarta, kemampuan industri penghasil biodiesel, kondisi transportasi di DKI Jakarta dan data-data penunjang lain. Hasil pengumpulan data yang diperoleh akan diolah dan dianalisis berdasarkan konsep SD dengan bantuan *software* Powersim.

Bab IV berisikan tentang analisa dari hasil pengolahan data dan menganalisis secara komprehensif terhadap hasil penelitian secara keseluruhan.

Bab V merupakan Bab terakhir sebagai penutup yang juga merupakan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan usulan-usulan dalam penelitian ini.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 BIODIESEL

Biodiesel adalah bahan bakar mesin diesel yang berupa ester metil/etil asam-asam lemak terbuat dari minyak lemak nabati dengan proses metanolisis/etanolisis atau dari asam lemak (bebas) dengan proses esterifikasi dengan metanol/etanol (Tatang H. Soerawidjaja). Wikipedia mendefinisikan biodiesel sebagai bahan bakar berbasis minyak yang berasal dari sumber terbarukan bisa bersumber dari minyak tetumbuhan atau lemak hewani.

2.1.1 Sejarah Perkembangan Biodiesel

Pemanfaatan Bio-diesel yang dibuat dari bahan baku sumber hayati atau biomasa untuk bahan bakar kendaraan bermotor sebenarnya secara teknis sudah pernah dilakukan sejak lama, namun sejak ditemukannya minyak bumi atau petroleum yang lebih murah, pengembangan pemanfaatan kedua sumber energi terbarukan tersebut terhambat. Pembuatan Bio-diesel melalui *transesterification* dari minyak sayur telah dilakukan sejak awal tahun 1853 oleh E. Duffy dan J. Patrick, beberapa tahun sebelum mesin diesel pertama berfungsi. Sampai kira-kira 40 tahun kemudian, yaitu 10 Agustus 1893, Rudolf Diesel meluncurkan model mesin pertamanya di Augsburg, Jerman, sehingga pada 10 Agustus tersebut dideklarasikan sebagai **Hari Bio-diesel Internasional**.

Diesel kemudian mendemonstrasikan mesinnya pada *World Fair* di Paris, Perancis 1898. Mesin tersebut sendiri adalah sebagai contoh visi Diesel, karena digerakan dengan bahan bakar minyak kacang atau biofuel, jadi tidak bisa dikatakan sebagai Bio-diesel, karena tidak melalui proses *transesterification* (Columbia University, 2004). Dalam tahun 1920-an, pabrik mesin diesel mengubah mesinnya untuk memanfaatkan bahan bakar fosil (*petrodiesel*) yang viscositasnya lebih rendah daripada minyak sayur. Industri-industri perminyakan mampu menciptakan pasar bagi minyak (petroleum), sebab produksi bahan bakar minyak tersebut lebih murah daripada bahan bakar alternatif biomassa. Sebagai akibatnya dalam beberapa tahun, infrastruktur produksi bahan bakar biomassa tersebut secara perlahan-lahan hilang. Akhir-akhir ini, kepedulian terhadap

lingkungan dan semakin kecilnya perbedaan biaya membuat bahan bakar biomassa seperti Biodiesel terdorong menjadi bahan bakar alternatif.

Pada tahun 1990-an, Prancis meluncurkan produksi bahan bakar Biodiesel yang diperoleh melalui proses *transesterification* dari *rapeseed oil*. Bahan bakar tersebut dicampur dengan proporsi 5 persen Biodiesel dari minyak solar (*petrodiesel*) serta 30 persen Biodiesel dari minyak solar pada sektor transportasi. Renault, Peugeot dan pabrik-pabrik lain sudah mensertifikasi mesin truk untuk menggunakan proporsi Biodiesel tersebut. Sementara itu, percobaan campuran Biodiesel sampai 50 persen masih sedang dilakukan (Columbia University, 2004).

Biodiesel sudah menjadi alternatif bahan bakar pengganti solar di beberapa negara, seperti Malaysia, Filipina, Eropa, dan Amerika. Ia bisa dijadikan bahan bakar alternatif pendamping solar. Apalagi, ketersediaan bahan bakunya memadai. *Crude palm oil* (CPO) merupakan komoditas unggulan ekspor bagi Malaysia dan Indonesia sekaligus sebagai pemasok CPO terbesar di dunia. Menurut Oil World, pada 2000, Malaysia memasok 51% sementara Indonesia 29.8% CPO dari kebutuhan dunia (World Oil, 2002).

Bicara mengenai CPO tidak akan terfokus pada komoditas CPO itu sendiri, melainkan ada banyaknya produk derivatif yang sudah saatnya mendapatkan perhatian baik oleh pemerintah maupun pelaku. Tujuan dilakukannya pengembangan derivatif produk tidak lain untuk memberikan suatu nilai tambah (*value added*), khususnya terhadap komoditas tersebut, dan juga memberikan peluang bagi industri terkait untuk mengembangkan ruang lingkup usahanya.

Biodiesel mulai mendapatkan perhatian dunia, terutama sebagai alternatif bahan bakar pengganti solar yang memiliki kadar polusi yang rendah, sehingga ramah terhadap lingkungan, dapat diperbaharui, dan mampu mendorong memberikan suatu nilai tambah pada sektor agrobisnis. Biodiesel sudah menjadi alternatif bahan bakar pengganti solar di beberapa negara seperti Malaysia, Filipina, Eropa dan Amerika.

1. Malaysia. Pemerintah Malaysia mendukung penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Dukungan tersebut dimulai dari mempersiapkan pembangunan industri biodiesel pertama di Asia dengan

menggunakan bahan baku olein yang berkapasitas 500.000 ton (World Energy 2001).

2. **Filipina.** The Philippine Coconut Authority mencanangkan program baru yaitu pengembangan coco biodiesel sebagai alternatif bahan bakar pengganti solar yang renewable. Hal ini dilakukan dengan meningkatkan produksi minyak kelapa sebanyak 3-bil liter pertahunnya (Platts, Agustus 2001).
3. **Eropa.** Hingga saat ini di Eropa telah diproduksi biodiesel sebanyak 1.1 juta ton/tahun dan jumlah tersebut bertambah setiap tahunnya. Di Eropa negara penghasil biodiesel antara lain Jerman, Perancis, Itali, Austria dan Swedia. Meningkatnya produksi biodiesel dikarenakan adanya peningkatan permintaan setiap tahunnya.
4. **Amerika Serikat.** Beberapa tahun terakhir beberapa Lembaga Penelitian di Amerika seperti Ohio State University, Purdue University, University of Missouri dan Iowa State University telah melakukan penelitian mengenai biodiesel sebagai bahan baku alternatif pengganti solar dengan menggunakan bahan baku minyak kacang kedelai (*soybean oils*). Salah satu dukungan yang diberikan Pemerintah Amerika yaitu mensosialisasikan sebagai bahan bakar pengganti solar yang dapat digunakan untuk kendaraan bermotor dan juga disektor industri (www.enn.com & www.agricultural.purdue.edu).
5. **Indonesia.** Beberapa pusat penelitian telah melakukan penelitian lebih lanjut mengenai biodiesel, antara lain Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) dan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Biodiesel bagi Indonesia dapat dijadikan suatu alternatif sumber energi baru yang renewable dan membantu pemerintah sebagai salah satu upaya menurunkan beban impor, khususnya bahan bakar. Selain itu, ia memberikan nilai tambah kepada produk turunan CPO yang memiliki nilai jual yang tinggi dan mengembangkan sektor agrobisnis.

Dari segi dampak lingkungan, biodiesel juga diketahui relatif bersih dari emisi bahan pencemar. 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.

2.1.2 Teknologi Proses Biodiesel

Dalam rangka mengurangi ketergantungan terhadap BBM, perlu dilakukan penganeka ragaman (diversifikasi) energi. Diversifikasi energi tersebut dapat juga dilakukan sebagai salah satu cara mengurangi beban Pemerintah Indonesia dalam penyediaan BBM dalam negeri. Penganekaragaman sumber energi melalui pemanfaatan sumber energi terbarukan biomassa seperti Biodiesel merupakan salah satu pilihan untuk membantu mengurangi besarnya kebutuhan BBM terutama Diesel dan Premium pada sektor Transportasi. Kebutuhan BBM pada sektor Transportasi terutama Transportasi darat mendapat perhatian serius, karena kebutuhan BBM pada sektor tersebut merupakan yang paling dominan dibandingkan kebutuhan BBM pada sektor-sektor lainnya. Oleh karena itu dalam sub bab teknologi proses ini, akan dibahas teknologi proses tentang Biodiesel.

Sejak tahun 2000 Bio-diesel sudah dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor seperti mobil dinas dan traktor di lingkungan Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan. Pemanfaatan biodiesel untuk kendaraan tersebut dilaporkan tidak mempunyai masalah yang berarti, baik pada mesin maupun pada kinerjanya (Goenadi, D.H. 2004 dan Wirawan, S.S. 2004). Secara teknis pemanfaatan biodiesel untuk kendaraan bermesin diesel tidak mengalami kendala, karena biodiesel mempunyai karakteristik yang sama dengan diesel., sehingga pemanfaatan biodiesel juga dapat sebagai bahan bakar penunjang diesel di sektor Transportasi asalkan secara ekonomi bisa bersaing dengan diesel.

2.1.2.1 Proses Produksi Biodiesel

Bio-diesel dapat dibuat dari bahan baku minyak kelapa sawit, jarak pagar, dan kedelai (Prakoso et al., 2004). Berdasarkan jumlah ketersediaan dan potensi pengembangan produksi bahan baku, bio-diesel dengan bahan baku minyak kelapa sawit perlu dipertimbangkan dan mendapat perhatian. Bio-diesel dapat dipergunakan sebagai bahan bakar pengganti ataupun campuran diesel atau minyak solar. Bio-diesel tersebut selain mempunyai keunggulan dalam penyediaannya yang dapat diperbaharui dan berkelanjutan, juga merupakan bahan bakar yang relatif bersih dari emisi bahan pencemar, sehingga pemanfaatan biodiesel bukan saja dapat membantu program pemerintah dalam menghemat devisa negara dari minyak, tetapi dapat pula membantu program pemerintah dalam pengembangan energi yang berwawasan lingkungan yang berkelanjutan.

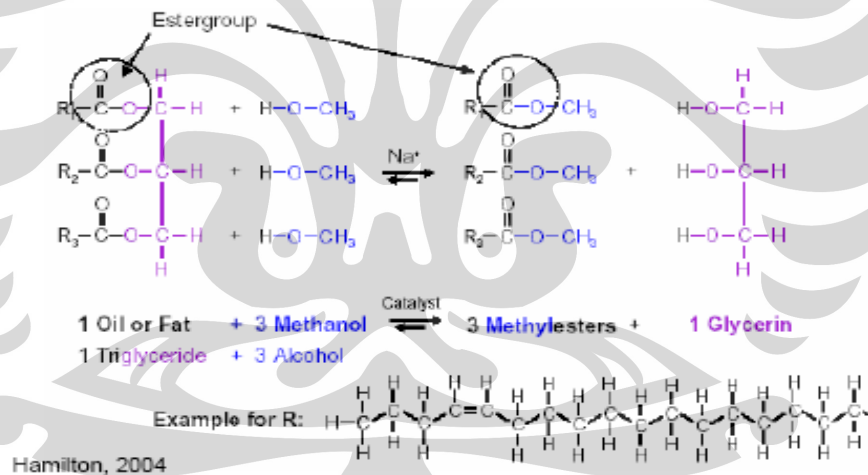
Pada umumnya ada tiga cara proses produksi yang dipergunakan

untuk membuat biodiesel dari minyak/lemak nabati (*biolipid*), yaitu:

1. Transesterifikasi dengan Katalis Basa;
2. Transesterifikasi dengan Katalis Asam Langsung, dan
3. Konversi minyak/lemak nabati menjadi asam lemak dilanjutkan menjadi bio-diesel

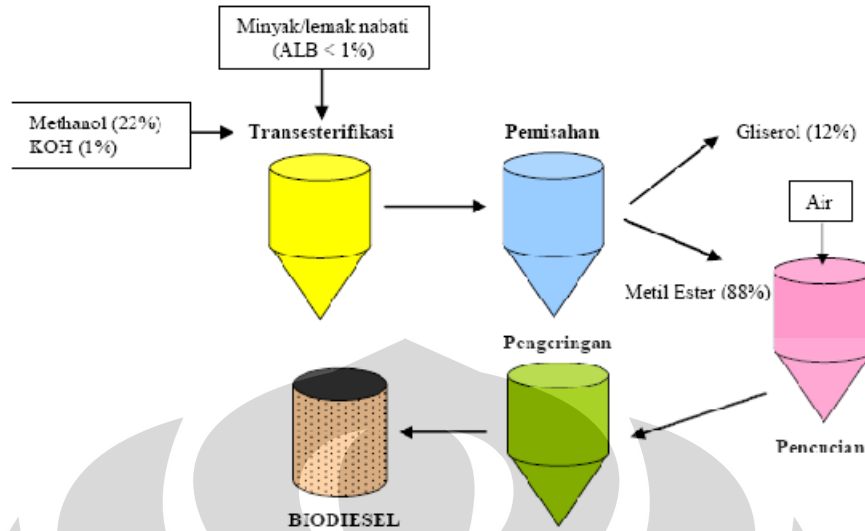
Dari ke tiga proses produksi bio-diesel tersebut, proses transesterifikasi dengan katalis basa yang telah dimanfaatkan untuk memproduksi biodiesel secara komersial. Pemilihan proses tersebut, disebabkan proses transesterifikasi dengan katalis basa tersebut ekonomis, serta memerlukan suhu dan tekanan rendah. Selain itu, hasil konversi yang bisa dicapai dari proses ini adalah mendekati 98%.

Trans-esterifikasi



Gambar 2.1 Reaksi Transesterifikasi

Proses transesterifikasi merupakan reaksi dari trigliserin (lemak/minyak) dengan bio-alkohol (methanol atau ethanol) untuk membentuk *methyl ester* dan *gliserol* menggunakan katalis basa NaOH atau KOH seperti ditunjukkan pada Gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Proses Produksi Biodiesel

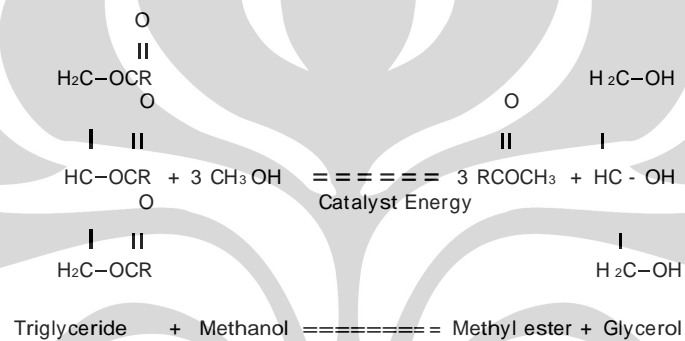
Minyak nabati yang dimanfaatkan, sebaiknya mengandung kadar asam lemak bebas (ALB) rendah (<1%), namun apabila minyak nabati tersebut tidak mengandung ALB rendah, perlu diberi perlakuan pendahuluan agar tidak berakibat pada rendahnya efisiensi kinerja. Namun perdagangan dunia mengizinkan kadar ALB hingga 5%, sehingga untuk minyak nabati yang kadar ALB nya >1%, perlu dilakukan deasidifikasi. Deasidifikasi bisa dilakukan dengan reaksi metanolisis atau dengan gliserol kasar. Kandungan ALB dan air tidak boleh terlalu tinggi, karena akan mengakibatkan pembentukan sabun (*saponifikasi*) dan menimbulkan masalah pada pemisahan gliserol. Selain itu, instalasi bio-diesel juga mensyaratkan pada ukuran partikel asam lemak bebas, yaitu harus <5 mikrometer.

Bila kondisi ini tidak terpenuhi, diperlukan proses persiapan, yaitu melakukan filtrasi terhadap minyak nabati hingga diperoleh kadar ALB sebesar 5 mikrometer, melakukan pencucian dengan air, melakukan decantasi, pemanasan minyak, dan melakukan decantasi kedua. Apabila setelah dilakukan decantasi masih ada kadar air dalam minyak, harus dilakukan decantasi kedua dan dilanjutkan dengan pengeringan.

Secara ringkas tahapan proses produksi biodiesel adalah sebagai berikut :

- a) Pertama-tama katalis dilarutkan dalam methanol atau alkohol berlebih dengan menggunakan *mixer* atau *agitator* standar. Pemberian methanol atau alkohol

berlebih dimaksudkan untuk memastikan konversi dapat berjalan sempurna, kemudian baru campuran methanol atau alkohol dan katalis dimasukkan ke dalam bejana reaksi tertutup dan ditambahkan *biolipid*. Penggunaan bejana tertutup secara total dimaksudkan untuk menghindari menguapnya methanol atau alkohol. Untuk mempercepat terjadi reaksi antara *triglyceride* dan methanol atau alkohol agar dihasilkan *methyl ester* (bio-diesel) dan *glycerol*, temperaturnya dijaga pada suhu diatas titik didih alkohol (sekitar 70 °C), meskipun beberapa sistem merekomendasikan pada suhu kamar. Lamanya reaksi adalah 1 – 8 jam, dan reaksi kimia yang terjadi ditunjukkan pada Reaksi 1.



Gambar 2.3 Reaksi Kimia Transesterifikasi

R adalah alkil dari ester, dimana selama proses esterifikasi, trigliserin bereaksi dengan methanol atau alkohol dengan katalisator alkalin kuat (NaOH, KOH, atau sodium silikat). Spesifikasi *methyl ester* (bio-diesel) yang dihasilkan tergantung dari banyaknya katalisator yang digunakan dalam proses esterifikasi, secara empiris, konsentrasi NaOH sebesar 6,25gr/l adalah yang memadai. Reaksi yang terjadi antara triglyceride dan alkohol adalah reaksi umpan balik (reversible), pemberian methanol atau alkohol yang berlebih dimaksudkan untuk mendorong reaksi kekanan agar mendapatkan konversi yang sempurna.

- b) Gliserol yang dihasilkan dari reaksi tersebut, mempunyai densitas lebih tinggi daripada methyl ester (biodiesel), sehingga dengan adanya gravitasi gliserol akan tertarik ke bawah, namun untuk mempercepat pemisahan kedua senyawa tersebut, masih diperlukan alat sentrifugal. Gliserol yang masih mengandung katalis dan sabun bisa dinetralkan dengan asam. Setelah gliserol dan biodiesel terpisah, kelebihan alkohol diambil dengan proses

evaporasi atau proses distilasi. Biodiesel yang telah terpisah dengan gliserol, kemudian dimurnikan lagi dengan air hangat untuk membuang sisa-sisa katalis atau sabun, lalu dikeringkan dan dikirim ke tangki penyimpanan.

2.1.2.1.1 Pencampuran Bio-Diesel dan Minyak Solar

Biodiesel merupakan bahan bakar yang berwarna kekuningan yang viskositasnya tidak jauh berbeda dengan minyak solar. Campuran biodiesel dengan minyak solar menggunakan sistem penamaan tersendiri, sebagai contoh, campuran yang mengandung 2%, 3%, atau 5% biodiesel diberi label B2, B3 atau B5. Sedangkan B20 atau B100 adalah campuran biodiesel dan minyak solar yang mengandung 20% atau 100% biodiesel. Biodiesel dapat dicampur dengan solar pada berbagai konsentrasi tanpa merusak atau memodifikasi mesin. Meskipun demikian B20 adalah konsentrasi tertinggi yang sering diterapkan. Selain itu tenaga dan unjuk kerja mesin juga tidak berubah. Sedangkan karakteristik dari biodiesel (B100) adalah sebagai berikut.

- a. Kandungan sulfur kurang dari 15 ppm
- b. Bebas aromatik
- c. Angka cetane yang tinggi (lebih dari 50)
- d. Lubrikasi yang tinggi (lebih dari 6000 gram BOCLE)
- e. Bisa terdegradasi secara alami
- f. Tidak karsinogen
- g. Flash point yang tinggi (lebih dari 127 °C)
- h. Nilai kalor 8% lebih rendah dari solar.
- i. Pelarut yang baik (melarutkan sedimen)
- j. Berpengaruh pada selang dan gasket karet mobil yang dibuat sebelum tahun 1993.
- k. Diperlukan pemanasan pada tangki penyimpanan biodiesel pada musim dingin.

Standar internasional untuk biodiesel adalah ISO 14214. Standar internasional lain yang juga dipakai adalah ASTM D 6751. Di Jerman standar biodiesel yang digunakan adalah DIN. Standar-standar tersebut memastikan bahwa hal-hal seperti reaksi sempurna, bebas gliserol, katalis, alkohol dan asam lemak bebas dalam memproduksi biodiesel terpenuhi. Spesifikasi Biodiesel

perlu diperhatikan dan mengacu pada standar ASTM D 6751. Biodiesel yang memenuhi standar akan bersifat sangat tidak beracun dengan tingkat toksisitas (LD50) lebih besar 50 ml/kg. Jika diartikan secara lebih sederhana, biodiesel sepuluh kali tidak lebih berbahaya dari garam meja. Dari segi lingkungan, biodiesel mempunyai beberapa kelebihan dibanding minyak solar antara lain:

- a. Pengurangan emisi CO sebesar 50%, emisi CO₂ sebesar 78,45%;
- b. Biodiesel mengandung lebih sedikit hidrokarbon aromatik: pengurangan benzofluoranthene 56%, benzopyrenes 71%;
- c. Tidak menghasilkan emisi sulfur (SO₂);
- d. Pengurangan emisi partikulat sebesar 65%;
- e. Menghasilkan lebih besar emisi NO_X disebabkan angka cetane yang tinggi; dan
- f. Pengapian yang lebih cepat karena angka cetane yang tinggi.

Hal yang perlu dipertimbangkan sebelum melakukan pencampuran biodiesel dengan solar adalah:

- a. menentukan sistem penyimpanan dan sistem injeksi yang disesuaikan dengan terminal besar, terminal yang lebih kecil, stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU);
- b. mengevaluasi sistem penanganan pencampuran untuk menjamin kelancaran operasi; dan koordinasi dengan pemasok biodiesel mengenai caradan jadwal pengiriman.

Ada enam jenis teknologi pencampuran yang secara tekno-ekonomi bisa diterapkan. Dari enam teknologi tersebut, empat diantaranya bisa diimplementasikan pada terminal pengisian bahan bakar besar atau kecil. Satu diterapkan pada lokasi industri dan satunya lagi diterapkan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU).

2.1.2.1.2 Pencampuran Splash Pada Tanki Terminal

Teknologi ini tidak begitu rumit yaitu hanya mencampur bio-diesel dengan solar di dalam tanki. Pencampuran pada tanki terminal bisa sekuensial atau *splash batch*. Sp gravity Bio-diesel lebih berat daripada minyak solar, yaitu nilainya 0,88 untuk bio-diesel dan 0,85 untuk minyak solar. Oleh sebab itu

untuk *splash batch*, diusahakan biodiesel di campur di atas minyak solar dan penggunaan teknologi ini mempunyai keuntungan dan kerugian. Keuntungan dari penggunaan teknologi ini adalah:

- a. Pengoperasiannya mudah dan biayanya tidak mahal;
- b. Biodiesel bisa dicampur sebelum, pada saat atau setelah bahan bakar dikirim;
- c. Untuk pencampuran yang optimal, biodiesel dapat diinjeksikan secara proporsional pada pipa sebelum masuk tangki penyimpanan;
- d. Dengan biaya investasi yang minimal diperoleh hasil yang mempunyai akuntabilitas akurat.

Sedangkan kerugian dari penggunaan teknologi ini adalah:

- a. Semua minyak solar di dalam tangki penyimpanan yang sudah dicampur dengan biodiesel tidak lagi bisa diekspor sebagai minyak solar
- b. Tangki campuran bio-diesel dan solar harus selalu disirkulasi untuk mempertahankan suspensi bio-diesel.

2.1.2.1.3 Pencampuran Sekuensial Pada Rak Pipa Pengisian

Sistem ini beroperasi dengan mencampur bio-diesel pada jalur pengisian bahan bakar ke sistem transportasi bahan bakar seperti truk. Debit dikendalikan dengan katup yang dikendalikan motor serta meter indikator. Pencampuran sekuensial pada rak pipa pengisian ini, ditunjukkan pada

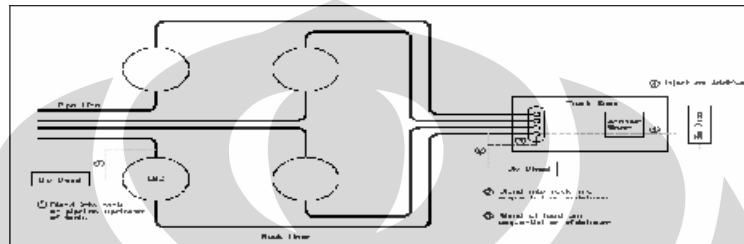


Gambar 2.4 Pencampuran Sekuensial

2.1.2.1.4 Pencampuran Injeksi Pada Rak Pipa

Bio-diesel dicampur sebagai bahan bakar aditif proporsional dengan bahan bakar solar yang akan diisikan ke sistem transportasi dengan pencampuran injeksi pada rak pipa. Sebagian besar operator terminal

pengisian mengenal dengan baik sistem aditif ini. Gambar 10 menunjukkan sistem pencampuran bio-diesel dan minyak solar pada terminal bahan bakar. Sistem pencampuran bio-diesel dan minyak solar pada terminal bahan bakar tersebut, sudah mencakup pencampuran pada tanki terminal bisa sekuensial atau *splash batch*, pencampuran sekuensial pada rak pipa pengisian, pencampuran sekuensial pada loading arm pengisian, dan pencampuran injeksi pada rak pipa.



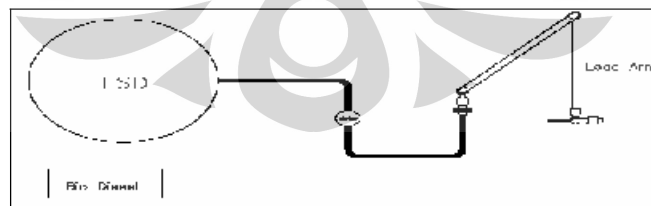
Gambar 2.5 Sistem Pencampuran Biodiesel Pada Terminal Bahan Bakar

2.1.2.1.5 Pencampuran Sekuensial Pada Loading Arm Pengisian

Keuntungan pencampuran sekuensial pada loading arm pengisian adalah tidak terlalu banyak merubah sistem pengisian di terminal seperti depot. Bahan bakar solar dicampur dengan bio-diesel tepat pada saat mau dimasukkan kedalam sistem transportasi bahan bakar seperti truk. Kerugian dari sistem ini adalah biaya operasi dan perawatan serta instalasi meningkat.

2.1.2.1.6 Pencampuran Pada Lokasi Industri

Sistem ini mencampur biodiesel dengan minyak solar tanpa sistem otomasi dan pembatasan lainnya.

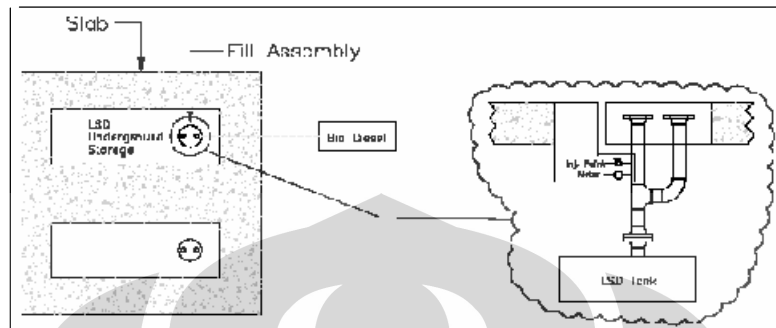


Gambar 2.6 Sistem Pencampuran Pada Lokasi Industri (Jobber)

2.1.2.1.7 Pencampuran di Stasiun Pengisian bahan Bakar Umum (SPBU)

Teknologi pencampuran yang terakhir adalah pencampuran bio-diesel langsung di SPBU. Sistem ini menambah bio-diesel secara otomatis dan

proporsional ketika bahan bakar solar dimasukkan ke tangki penyimpanan yang ada di SPBU. Sudah banyak lokasi ritel (SPBU) yang menerapkan teknologi ini. Biodiesel diinjeksikan ke bahan bakar solar tanpa sistem otomatisasi.



Gambar 2.7 Sistem pencampuran Biodiesel di SPBU (Lokasi Ritel)

2.1.3 Bahan Baku Biodiesel

Bio-diesel dipergunakan sebagai bahan bakar pada kendaraan bermesin diesel atau minyak solar. Bahan baku Bio-diesel seperti jarak pagar, kedelai, dan kelapa sawit adalah merupakan tanaman-tanaman yang terdapat di Indonesia, namun tidak semua tanaman-tanaman tersebut sudah dibudidayakan secara luas. Tanaman tanaman kedelai dan kelapa sawit merupakan tanaman sudah dibudidayakan secara luas hampir di seluruh Indonesia, sehingga untuk memenuhi kebutuhan bahan baku Bio-diesel yang mendesak, kedua jenis tanaman tersebut perlu mendapat perhatian yang utama. Sementara itu, jarak pagar (*Jatropha curcas*) meskipun sudah dikenal, namun budidaya tanaman tersebut masih terbatas, sehingga pemanfaatan jarak pagar sebagai bahan baku Bio-diesel masih memerlukan sosialisasi.

Selain itu, pemanfaatan jarak pagar sebagai bahan baku Bio-diesel masih terdapat kendala dengan keasaman, sehingga pemanfaatan Biodiesel berbahan baku jarak pagar masih perlu penelitian lebih lanjut (Sudradjat, 2006). Luas lahan bahan baku dan potensi produksi Bio-diesel dari kelapa sawit dan kedelai menurut wilayah di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan luas lahan maupun potensi produksi Bio-diesel, kelapa sawit mempunyai potensi lebih besar daripada kedelai untuk dipergunakan sebagai bahan baku Bio-diesel.

Luas lahan kelapa sawit di Indonesia mencapai lebih dari tiga kali lipat luas lahan kedelai, sedangkan potensi produksi Bio-diesel dari kelapa sawit juga lebih besar daripada potensi produksi Bio-diesel dari kedelai, yaitu lebih dari

empat kali. Pemilihan kelapa sawit sebagai bahan baku Bio-diesel diperkirakan akan lebih efisien dari segi pengangkutan bahan baku, karena perusahaan kelapa sawit yang terpusat pada lahan yang luas, sedangkan lahan perkebunan kedelai biasanya tersebar dalam jumlah banyak tetapi lebih sempit per petani pemiliknya.

Terpusatnya lahan perkebunan kelapa sawit tersebut dapat berdampak terhadap efisiensi biaya, terutama dalam pengumpulan dan pengangkutan bahan baku ke lokasi pabrik Bio-diesel. Namun keekonomian dari *Prospek* penggunaan kedua bahan baku Bio-diesel tersebut masih perlu penelitian lebih lanjut.

Setiap hektar perkebunan kelapa sawit dapat menghasilkan rata-rata 6,1 kl Bio-diesel. Dalam rangka menjamin keamanan pasokan energi dalam negeri, telah dikeluarkan Peraturan Presiden RI tentang Kebijakan Energi Nasional No. 5 Tahun 2006. Dalam Perpres tersebut antara lain disebutkan bahwa penyediaan biofuel pada tahun 2025 minimal 5% dari kebutuhan energi nasional. Untuk menyiapkan penyediaan biofuel ini, telah dikeluarkan Instruksi Presiden No. 1 Tahun 2006, dimana Menteri Pertanian ditugasi untuk: (1) mendorong penyediaan tanaman bahan bakar nabati (biofuel), (2) melakukan penyuluhan pengembangan tanaman bahan baku bahan bakar nabati (biofuel), (3) memfasilitasi penyediaan benih dan bibit tanaman bahan baku bahan bakar nabati (biofuel), dan (4) mengintegrasikan kegiatan pengembangan dan kegiatan pasca panen tanaman bahan baku bahan bakar nabati.

Tabel 2.1 Luas Lahan Bahan Baku dan Potensi Produksi Bio-diesel menurut wilayah di Indonesia 2004

Wilayah	Kedelai		Kelapa Sawit	
	Luas (Ha)	Biodiesel (Kl)	Luas (Ha)	Biodiesel (Kl)
Sumatera	67201	302404	3028000	18470800
Jawa	588234	2647052	19000	115900
Bali & Nusa Tenggara	123594	556171	0	0
Kalimantan	10988	49445	509000	3104900
Sulawesi	41761	187924	100000	610000
Maluku dan Papua	247832	1115245	38000	231800
Total	1079609	4858242	3694000	22533400

Sumber: Statistik Perkebunan Kelapa Sawit 2004. Ditjen Bina Produksi Perkebunan. Buku Statistik Indonesia 2004. BPS.

Catatan: Setiap hektar pertanaman kedelai dapat menghasilkan rata-rata 4,5 kl Bio diesel.

Dari beberapa komoditi pertanian yang telah siap untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif adalah tanaman kelapa sawit dan jarak pagar (untuk substitusi biodiesel) dan tanaman tebu, ubi kayu, dan sorgum (penghasil bioethanol untuk substitusi premium). Untuk minyak kelapa sawit, penyediaan sebagai substitusi solar relatif tersedia, namun perlu pengalokasian yang lebih optimal terutama untuk memenuhi kebutuhan minyak makan dalam negeri, penyediaan ekspor dan penyediaan untuk substitusi solar. Untuk jarak pagar pengembangannya tahun 2006 masih terbatas dengan bahan tanaman yang digunakan berasal dari bahan tanaman yang belum teruji. Saat ini telah dilepas klon unggul jarak pagar meskipun dalam jumlah terbatas. Untuk tanaman penghasil bioethanol (tebu, ubi kayu dan sorgum), penyiapan bahan bakunya relatif telah siap, namun perlu adanya jaminan pemasaran dan kepastian harga penjualan yang lebih menarik, sehingga akan mendorong minat masyarakat untuk mengembangkan tanaman tersebut.

Tabel 2.2 Tanaman Penghasil Biofuel

Minyak	Massa jenis, kg/liter	Visk. kinem. 38 0C, cSt	ΔH_c , MJ/kg	Angka setana	Titik awan/kabut, oC.	Titik tuang, oC.
Jarak kaliki	0,9537	297	37,27	?	Tak ada	-31,7
Jagung	0,9095	34,9	39,50	37,6	-1,1	-40,0
Kapas	0,9148	33,5	39,47	41,8	+1,7	-15,0
Crambe	0,9044	53,6	40,48	44,6	10,0	-12,2
Linseed	0,9236	27,2	39,31	34,6	+1,7	-15,0
Kacang (suuk)	0,9026	39,6	39,78	41,8	12,8	-6,7
Kanola	0,9115	37,0	39,71	37,6	-3,9	-31,7
Kasumba	0,9144	31,3	39,52	41,3	18,3	-6,7
Kasumba OT*)	0,9021	41,2	39,52	49,1	-12,2	-20,6
Wijen	0,9133	35,5	39,35	40,2	-3,9	-9,4
Kedelai	0,9138	32,6	39,62	37,9	-3,9	-12,2
Bunga matahari	0,9161	33,9	39,58	37,1	7,2	-15,0
Diesel No. 2	0,8400	2,7	45,34	47,0	-15,0	-33,0

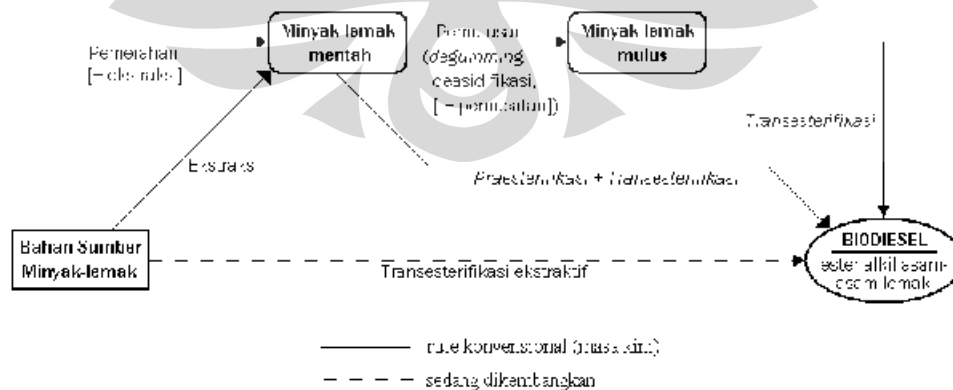
Sumber : Goering, C.E., A.W. Schwab, M.J. Daugherty, E.H. Pryde, dan A.J. Heakin, "Fuel Properties of Eleven Vegetable Oils", *Trans. ASAE* 25, 1472 – 1477 (1982). *) OT = (berkadar) Oleat Tin ggi

Tabel 2.3 Angka Cetane Number untuk Berbagai Tanaman

Ester Metil	Massa jenis 15 oC, kg/liter	Visk. kinem. 40 0C, cSt	ΔH_c , MJ/liter	Angka setana	CFPP, oC.	Angka iodium, g-I2/(100 g)
Kelapa	0,869	2,7	30,80	63	8,0	10
Sawit	0,874	4,40	32,40	63	16,0	52
Minyak goreng	0,880	4,20	32,80	49	-5 – +8	60 – 120
Jarak pagar	0,879	4,20	32,80	51		95 – 106
Kanola	0,882	4,20	32,80	49	-12	114
Bunga matahari	0,885	4,00	32,80	47	-4	129
Kedelai	0,885	4,05	33,50	46	-4	131
Linseed	0,891	3,70	33,0	53 (?)		183
Diesel No. 2	0,8400	2,7	37,08	47,0	-15,0	-33,0

Sumber : Mittelbach, M., "15 Years of Biodiesel Experience in Europe", hal. 132 – 136 dalam G.M. Gübitz, M. Mittelbach dan M. Trabi (ed), "Biofuels and Industrial Products from *Jatropha curcas*", Dbv-Verlag für die Technische Universität Graz, Graz, Austria, 1997; M. Mittelbach dan C. Remschmidt, "Biodiesel : The Comprehensive Handbook", Martin Mittelbach Publisher, Graz, Austria, 2004.

Biodiesel FAME adalah bahan bakar yang bermutu tinggi (\Rightarrow secara teknis, layak dipasarkan/diniagakan/ dimanfaatkan sebagai bahan bakar mesin diesel). yang diperlukan hanya :Mengembangkan lebih lanjut teknologi pembuatan dan menerapkan strategi pengindustrian untuk mereduksi harga pokok produksi (HPP) !. Contoh : Teknologi sedang dikembangkan agar biodiesel dapat diproduksi langsung dari bahan sumber minyak (tanpa harus memproduksi minyak nabati lebih dahulu) \rightarrow Teknologi Transesterifikasi Ekstraktif.



Gambar 2.8 Proses Transesterifikasi Ekstraktif

Tewujudnya teknologi ekstraktif komersial akan secara signifikan menurunkan harga pokok produksi biodiesel FAME !.

Tabel 2.4 Penurunan Harga Pokok Produksi Biodiesel FAME

Nama	Nama Latin	Sumber	Kadar, %-b kr	P / NP
Sawit	<i>Elais guineensis</i>	Sabut + Dg buah	45-70 + 46-54	P
Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	Daging buah	60 – 70	P
Jarak pagar	<i>Jatropha curcas</i>	Inti biji	40 – 60	NP
Kacang suuk	<i>Arachis hypogea</i>	Biji	35 – 55	P
Kapok/randu	<i>Ceiba pentandra</i>	Biji	24 – 40	NP
Kecipir	<i>Psophocarpus tetrag.</i>	Biji	15 – 20	P
Kelor	<i>Moringa oleifera</i>	Biji	30 – 49	P
Karet	<i>Hevea brasiliensis</i>	Biji	40 – 50	NP
Kemiri	<i>Aleurites moluccana</i>	Inti biji (kernel)	57 – 69	NP
Malapari	<i>Pongamia pinnata</i>	Biji	27 – 39	NP
Kusambi	<i>Sleichera trijuga</i>	Daging biji	55 – 70	NP
Nyamplung	<i>Callophyllum inophyllum</i>	Inti biji	40 – 73	NP
Saga utan	<i>Adenantha pavonina</i>	Inti biji	14 – 28	P

kr = kering; P = minyak/lemak Pangan (*edible fat/oil*), NP = minyak/lemak Non-Pangan (*nonedible fat/oil*)

Mestinya adalah minyak-lemak non-pangan : jarak pagar, kapok/randu, malapari, nimba, nyamplung, dll. Jika bahan mentah tulang-punggung = minyak-lemak pangan (sawit, kelapa, dll), pada kondisi normal tak akan bisa bersaing, karena harga minyak-lemak mentah lebih ditentukan oleh permintaan dari sektor pangan (harga tinggi, karena pangan = kebutuhan paling vital). Tetapi industri biodiesel dapat menjadi pendukung keuletan daya saing industri minyak pangan nasional menampung surplus minyak-lemak pangan di kala pasokan melonjak tinggi di atas permintaan.

2.1.4 Pemanfaatan Biodiesel Pada Sektor Transportasi

Produksi dan penggunaan BBM alternatif harus segera direalisasikan untuk menutupi kekurangan terhadap kebutuhan BBM fosil yang semakin meningkat. Biodiesel dapat dibuat dari bermacam sumber, seperti minyak nabati,

lemak hewani dan sisa dari minyak atau lemak (misalnya sisa minyak penggorengan). Biodiesel memiliki beberapa kelebihan dibanding bahan bakar diesel petroleum. Kelebihan tersebut antara lain :

- a. Merupakan bahan bakar yang tidak beracun dan dapat dibiodegradasi
- b. Mempunyai bilangan setana yang tinggi.
- c. Mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon dan NO_x.
- d. Terdapat dalam fase cair.

Direktur Eksekutif LRPI Dr. Didiek Hadjar Goenadi. Didiek mengatakan, ada 10 keuntungan penggunaan biodiesel, yakni tidak perlu memodifikasi mesin kendaraan, emisinya lebih rendah, tidak menambah efek rumah kaca, energi yang dihasilkan sama, ada efek pelumasan, cetane number lebih tinggi, penyimpanan lebih mudah, renewable (bisa mengurangi impor solar), biodegradable (sama dengan glukosa pencampuran biodiesel dengan petroleum diesel dapat meningkatkan biodegradable petroleum diesel sampai 500 persen) dan tak beracun.

Bahan bakar diesel dikehendaki relatif mudah terbakar sendiri (tanpa harus dipicu dengan letikan api busi) jika disemprotkan ke dalam udara panas bertekanan. Tolok ukur dari sifat ini adalah bilangan setana, yang didefinisikan sebagai % volume n-setana di dalam bahan bakar yang berupa campuran n-setana (n-C₁₆H₃₄) dan α- metil naftalena (α-CH₃-C₁₀H₇) serta berkualitas pembakaran di dalam mesin diesel standar. n-setana (suatu hidrokarbon berantai lurus) sangat mudah terbakar sendiri dan diberi nilai bilangan setana 100, sedangkan α-metil naftalena (suatu hidrokarbon aromatik bercincin ganda) sangat sukar terbakar dan diberi nilai bilangan setan nol.

Pada prinsinsipnya, biodiesel minyak kelapa sawit dibuat dengan teknologi transesterifikasi, yaitu proses mengeluarkan gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol (misalnya metanol) menjadi alkohol ester (fatty acid methyl ester/FAME), atau biodiesel. Transesterifikasi dilakukan dengan mencampur minyak atau limbah pengolahan minyak goreng atau limbah CPO yang masih cukup mengandung minyak bahan baku biodiesel dengan metanol dengan menggunakan katalisator KOH. Proses transesterifikasi berlangsung selama 0,5-1 jam pada suhu sekitar 400° C. Campuran kemudian didiamkan sehingga terbentuk dua lapisan; lapisan bawah adalah gliserin dan lapisan atas adalah metil ester (biodiesel). Agar reaksi berlangsung sempurna biodiesel hasil dari tahap pertama

kemudian direaksikan dengan metanol (tahap kedua). Hal ini dimaksudkan untuk menurunkan kandungan gliserin total (bebas dan terikat) dalam biodiesel agar tidak terjadi deposit apabila diaplikasikan pada motor.

Pada tahun 2003, Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (BBP Mektan) di Serpong telah melakukan pengujian aplikasi bahan bakar biodiesel pada mesin diesel (5,5 HP) traktor pertanian. Pengujian dilakukan di laboratorium dan lapangan bekerja sama dengan Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan dan Laboratorium Balai Termodinamika Motor dan Propulsi (BTMP), Puspiptek, Serpong. Pengujian di Laboratorium Pengujian di laboratorium bertujuan mengamati dan mengukur unjuk kerja mesin diesel, yang meliputi putaran poros mesin, torsi, daya, suhu bahan bakar, suhu gear boxdiesel, suhu udara luar, dan kebutuhan bahan bakar. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan mesin diesel yang menggunakan bahan bakar campuran solar dan biodiesel dengan diesel yang menggunakan bahan bakar solar murni. Perbandingan bahan bakar solar dan biodiesel adalah 90% : 10%, 80% : 20%, 70% : 30%, dan seterusnya. Dari pengujian di laboratorium akan diperoleh komposisi campuran bahan bakar solar dan biodiesel yang optimum.

Dari hasil pengujian, campuran solar dan biodiesel 70% : 30% (campuran biodiesel 30%) mempunyai daya maksimum 5,36 HP dengan efisiensi daya 97,64%. Nilai ini mendekati daya maksimum solar, yaitu 5,41 HP dengan efisiensi daya 98,36%. Dengan demikian, campuran biodiesel 30% adalah yang paling optimum dibandingkan dengan solar. Daya maksimum campuran yang lain, meskipun tidak berbeda jauh dengan daya maksimum solar murni, masih di bawah daya maksimum campuran optimum tersebut. Campuran solar 80% : biodiesel 20% (campuran biodiesel 20%) mempunyai daya maksimum 5,36 HP dengan efisiensi daya 97,45%. Torsi maksimum bahan bakar campuran biodiesel 30% dan 20% adalah 1.768 kgm, sementara campuran biodiesel 10% mempunyai torsi maksimum 1.772 kgm, atau ketiganya masih di bawah torsi maksimum solar yaitu 1.783 kgm.

Kebutuhan bahan bakar spesifik campuran biodiesel 30% adalah 293,53 g/kW-jam, campuran biodiesel 20% sebesar 294,56 g/kWjam, dan kebutuhan bahan bakar solar 311,81 g/kW-jam. Telah dilakukan pula pengujian beban berkesinambungan selama 8 jam dengan pembebanan 80% dari torsi pada daya maksimum masing-masing mesin diesel antara bahan bakar solar dan campuran

biodiesel 30%. Pengujian dengan bahan bakar solar diatur pada torsi poros engine 1,41 kgm (80% dari 1,76 km) dan untuk campuran biodiesel 30% torsi poros engine diatur 1,40 kgm (80% dari 1,75 km). Secara kualitatif, kotoran pada nozzle dan silinder serta rumah silinder pada perlakuan campuran biodiesel 30% lebih banyak daripada bahan bakar solar.

Dengan bahan bakar campuran biodiesel 30% pembersihan komponen-komponen mesin membutuhkan waktu yang lebih lama karena terdapat lapisan minyak yang lengket, sementara dengan bahan bakar solar kotoran lebih mudah dibersihkan. Dari hasil pengujian ini dapat dikatakan bahwa secara teknis, campuran biodiesel 30% layak dipakai untuk mesin diesel, karena mempunyai unjuk kerja hampir sama dengan solar, baik daya maksimum, torsi maupun kebutuhan bahan bakar. Pada pengujian emisi gas buang, diukur kadar kepekatan asap, karbon monoksida (CO), hidrokarbon, CO₂, dan O₂. Pengujian emisi gas buang dilakukan pada bahan bakar solar dan campuran biodiesel 30% dan 20%. Masing-masing bahan bakar diukur pada kecepatan diesel 1.250, 1.500, dan 1.800 rpm. Hasil uji emisi gas buang menunjukkan bahwa bahan bakar campuran biodiesel memberikan efek lingkungan yang lebih baik dibanding solar (Tabel 1). Pengujian Lapangan Pengujian lapangan dilakukan pada traktor Yanmar YM 70 SX yang menggunakan diesel Yanmar TF 5,5 L-di. Pengujian di lahan sawah dan lahan kering menunjukkan bahwa bahan bakar campuran biodiesel 30% tidak berbeda nyata dengan bahan bakar solar. Dengan demikian, campuran biodiesel 30% layak digunakan di lapangan karena mempunyai unjuk kerja hampir sama dengan solar, baik dari segi kapasitas, slip, dan kebutuhan bahan bakar (Tabel 2). Namun demikian, pengaruhnya terhadap ketahanan komponen mesin diesel perlu dikaji lebih lanjut.

Tabel 2.5 Emisi Mesin Diesel

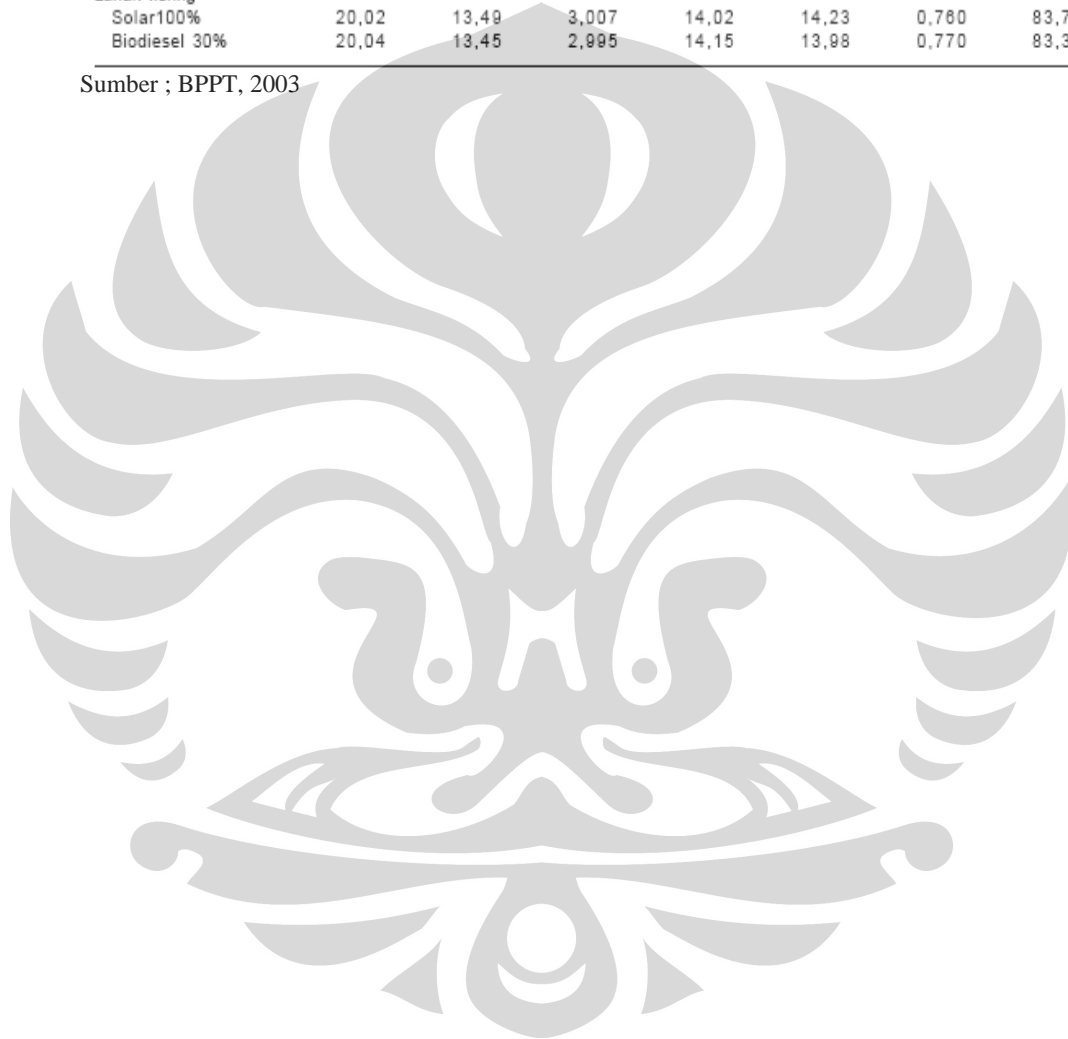
Bahan bakar	Putaran mesin (rpm)	Suhu gas (°C)	Opasitas		CO (%)	Hidrokarbon (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
			FSN	mg/m ³				
Solar 100%	1 250	91,30	0,23	3	0,003	14,33	0	20,73
	1 500	97,60	0,22	3	0,02	21	0	20,85
	1 800	109,50	0,20	2,67	0,01	10,50	0	20,82
Biodiesel 20%	1 250	90,20	0,19	2,33	0	3	0	20,74
	1 500	98,20	0,19	2,33	0	5,50	0	20,92
	1 800	106,10	0,19	2,33	0	4,50	0	20,81
Biodiesel 30%	1 250	85	0,19	2,33	0	15,50	0	20,98
	1 500	97	0,18	2	0	13,50	0	20,42
	1 800	107,30	0,18	2,67	0,01	13,33	0	20,79

Sumber : BPPT, 2003

Tabel 2.6 Hasil Pengujian Bidoiesel pada Traktor

Jenis lahan/ bahan bakar	Lebar kerja (cm)	Kedalaman (cm)	Kecepatan (km/jam)	Kapasitas lapang (jam/ha)	Slip (%)	Kebutuhan bahan bakar (l/jam)	Efisiensi kerja lapang (%)
Lahan sawah							
Solar100%	20,10	13,31	2,994	13,14	13,56	0,661	84,05
Biodiesel 30%	20,06	13,25	2,999	13,32	13,29	0,630	83,95
Lahan kering							
Solar100%	20,02	13,49	3,007	14,02	14,23	0,780	83,77
Biodiesel 30%	20,04	13,45	2,995	14,15	13,98	0,770	83,38

Sumber ; BPPT, 2003



2.1.5 Prospek Biodiesel

Perkebunan kelapa sawit Indonesia berkembang pesat sejak awal 1980-an. Sampai akhir tahun 2000, luas total perkebunan kelapa sawit mencapai 3,2 juta hektar dengan produksi *crude palm oil* (CPO) 6,5 juta ton. Perkembangan tersebut terus berlanjut dan diperkirakan pada 2012 Indonesia akan menjadi produsen CPO terbesar di dunia dengan total produksi 15 juta ton per tahun.

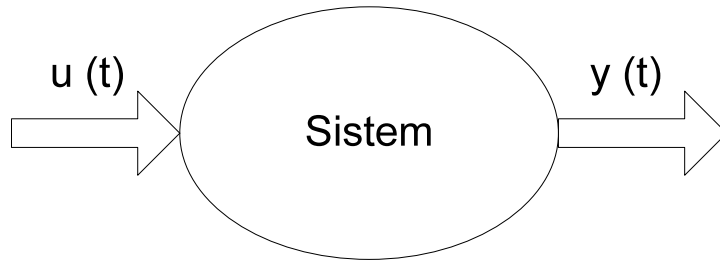
Pemberlakuan ISO 14000 yang mengarah kepada penggunaan energi yang ramah lingkungan menyebabkan banyak pabrik besar berupaya menerapkan aturan tersebut. Salah satunya adalah dengan menggunakan bahan bakar ramah lingkungan seperti biodiesel sebagai campuran bahan bakar solar. Oleh karena itu, prospek penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif sangat besar. Penelitian tentang penggunaan sumber energi alternatif seperti biodiesel telah banyak dilakukan di Indonesia. Pada alat dan mesin pertanian, penggunaan campuran biodiesel 30% pada mesin diesel Yanmar TF 5,5 L-di layak digunakan karena mempunyai unjuk kerja teknis yang hampir sama dengan solar, baik daya maksimum, torsi, maupun kebutuhan bahan bakar spesifik. Bahan bakar biodiesel juga memberikan dampak yang lebih baik terhadap lingkungan.

2.2 SISTEM DINAMIK

2.2.1 Defenisi Sistem

Sistem adalah keseluruhan inter-aksi antar unsur dari sebuah obyek dalam batas lingkungan tertentu yang bekerja mencapai tujuan. Pengertian dari keseluruhan adalah lebih dari sekedar penjumlahan atau susunan (*aggregate*), yaitu terletak pada kekuatan (*power*) yang dihasilkan oleh keseluruhan itu jauh lebih besar dari suatu penjumlahan atau susunan. Dari sisi pandangan seorang *engineering*, suatu sistem didefinisikan sebagai suatu interkoneksi dari banyak komponen atau fungsional unit secara bersama-sama untuk melakukan sesuatu terhadap suatu objek yang pasti, seperti pada *automobile*, perkakas mesin (*machine tools*), robot, *aircraft* dan sebagainya. Setiap sistem dibangun oleh dua variabel yang berhubungan: ¹

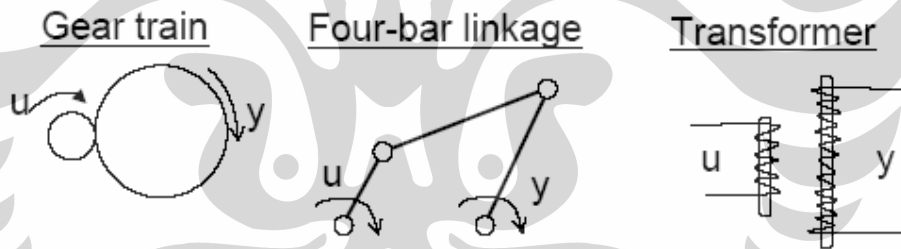
¹ Sadegh, Nader, "*System Dynamics & Control*", Goerge. W. Woodruff School of Mechanical Engineering, Georgia Institute of Technology.



Gambar 2.9 Sistem

Variabel input (u) dimulai dari luar sistem dan tidak mempengaruhi langsung apa yang terjadi didalam sistem. Variabel output (y) adalah variabel internal yang digunakan untuk memonitor dan mengatur sistem tersebut. Variabel output adalah hasil dari interaksi sistem dengan lingkungan dan dipengaruhi oleh variabel masuk kedalam sistem².

Suatu sistem dikatakan statik jika output-nya waktu (t), $y(t)$ adalah fungsi dari input waktu (t), $u(t)$. Dengan kata lain, sebuah perubahan dalam input merupakan perubahan yang spontan terhadap output. Sebagai contoh pada sistem *gear train*, *four-bar linkage* dan *transformer*³.



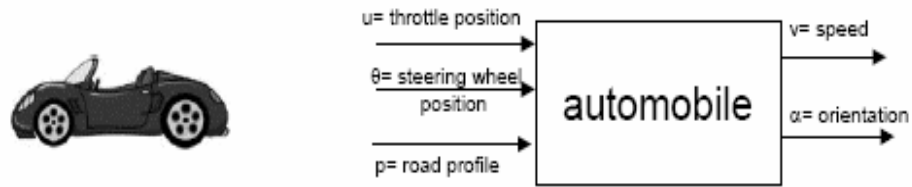
Gambar 2.10 Contoh Sistem Statik

Suatu sistem dikatakan dinamik jika output sekarang mungkin tergantung dan berhubungan dengan nilai input masa lalu, sebagaimana hubungannya jika dimasukkan dengan nilai variabel input sekarang⁴.

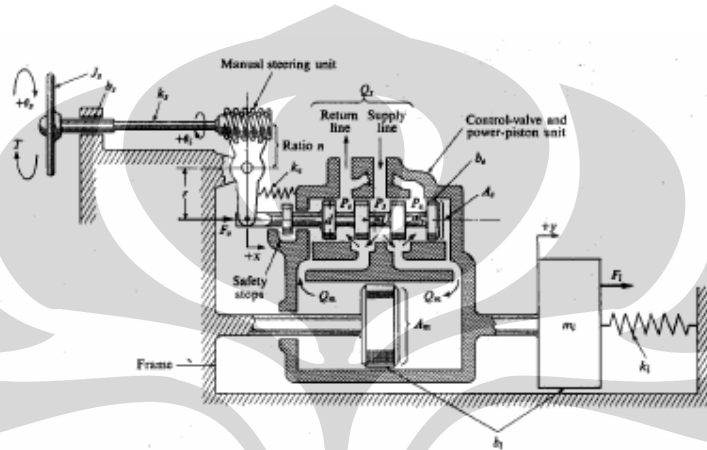
² *Ibid*

³ *Ibid*

⁴ *Ibid*



Gb. A. Sistem Dinamik pada *Automobile*



Gb. B. Sistem Dinamik pada *Power Steering System*

Gambar 2.11 Contoh Sistem Dinamik (A dan B)

2.2.2 Berpikir Sistem

Syarat awal untuk memulai berpikir sistemik adalah adanya kesadaran untuk mengapresiasi dan memikirkan suatu kejadian sebagai sistem (*system approach*). Kejadian apapun baik fisik maupun non fisik, dipikirkan sebagai unjuk kerja atau dapat berkaitan dengan unjuk kerja dari keseluruhan interaksi antar unsur sistem dalam batas lingkungan tertentu.

Dengan adanya pemahaman tentang kejadian sistemik, berikut ini ada lima langkah yang dapat ditempuh untuk menghasilkan bangunan pemikiran (model) yang bersifat sistemik

1. Identifikasi Proses Menghasilkan Kejadian Nyata

Identifikasi proses yaitu mengungkapkan pemikiran tentang proses nyata (actual transformation) yang menimbulkan kejadian nyata (*actual state*). Proses nyata itu merujuk kepada objektivitas dan bukan proses yang dirasakan atau subyektivitas.

2. Identifikasi Kejadian Diinginkan

Langkah kedua adalah memikirkan kejadian yang seharusnya, yang diinginkan, yang dituju, yang ditargetkan ataupun yang direncanakan (*desired state*). Oleh karena keharusan, keinginan, target, dan rencana itu merujuk kepada waktu mendatang, disebut juga pandangan ke depan atau visi. Agar visi tidak dianggap mimpi, maka visi yang baik perlu dirumuskan dengan kriteria layak (*feasible*) dan dapat diterima (*acceptable*). Layak artinya dapat diantisipasi akan menjadi kenyataan, sedangkan dapat diterima artinya dapat diantisipasi tidak akan menimbulkan pertentangan. Dengan kedua kriteria ini berarti memikirkan limit kejadian yang akan direncanakan dimana unjuk kerja sistem akan bersifat mantap (*stable*) dalam perubahan cepat (*dynamic*) masa lampau dan mendatang.

3. Identifikasi Kesenjangan antara Kenyataan dan Keinginan

Langkah ketiga adalah memikirkan tingkat kesenjangan kejadian aktual dengan seharusnya. Kesenjangan tersebut adalah masalah yang harus dipecahkan atau dalam bahasa manajemen merupakan tugas (misi) yang harus diselesaikan. Perumusan masalah ini secara konkrit, artinya bisa dinyatakan dalam ukuran kuantitatif atau kualitatif.

4. Identifikasi Mekanisme Menutup Kesenjangan

Langkah keempat adalah identifikasi mekanisme dinamika variabel-variabel untuk mengisi kesenjangan antara kejadian nyata dengan kejadian yang diinginkan. Dinamika tersebut adalah aliran informasi tentang keputusan-keputusan yang telah bekerja dalam sistem. Keputusan-keputusan tersebut pada dasarnya adalah pemikiran yang dihasilkan melalui proses pembelajaran (*learning*), yang dapat bersifat reaktif ataupun kreatif. Pemikiran reaktif ditunjukkan oleh aksi yang bentuk atau polanya sama dengan tindakan masa lampau dan kurang antisipatif terhadap kemungkinan kejadian masa mendatang. Sedangkan pemikiran kreatif ditunjukkan oleh aksi yang bentuk atau polanya berbeda dengan tindakan masa lampau, yang dapat bersifat penyesuaian tindakan masa lampau (*adjustment*) ataupun berorientasi ke masa mendatang (*visionary*) dengan tindakan yang bersifat baru atau terobosan.

5. Analisis Kebijakan

Langka kelima adalah analisis kebijakan, yaitu menyusun alternatif tindakan atau keputusan (*policy*) yang akan diambil untuk mempengaruhi proses nyata

(actual tranformation) sebuah sistem dalam menciptakan kejadian nyata (actual state). Keputusan tersebut dimaksudkan untuk mencapai kejadian yang diinginkan (desired state). Alternatif tersebut dapat satu atau kombinasi bentuk-bentuk intervensi, baik yang bersifat struktural atau fungsional. Intervensi struktural artinya mempengaruhi mekanisme interaksi pada sistem, sedangkan intervensi fungsional artinya mempengaruhi fungsi unsur dalam sistem. Pengembangan dan penetapan alternatif intervensi tersebut, biasanya dipilih setelah melakukan pengujian (dapat dengan simulasi komputer ataupun simulasi pendapat) berdasarkan dua kriteria, yaitu aman (*unrisky*) dan manjur (*effective*). Aman artinya jalan tersebut tidak mengakibatkan sistem secara keseluruhan labil atau kollaps. Manjur artinya berfungsi untuk mencapai kejadian yang diinginkan.

2.2.3 Sistem Dinamik

Sistem Dinamik (SD) adalah suatu pendekatan dengan bantuan komputer untuk menganalisa dan memecahkan masalah yang kompleks dengan suatu fokus analisa kebijakan dan desain. Pada awalnya disebut "*Industrial Dynamics*" (Forrester 1961), kemudian dikembangkan oleh Tim Jay W. Forrester di Massachusetts Institute of Technology. SD didasarkan oleh kontrol *engineering* dan manajemen: pendekatannya menggunakan suatu dasar perspektif informasi *feedback* dan *delays* untuk memahami perilaku dinamik dari suatu fisik yang kompleks, biologikal, dan sistem sosial (*the dynamic behaviour of complex physical, biological, social systems*). Forrester (1961) mendefinisikan *Industrial Dynamics* sebagai "... studi tentang karakteristik-karakteristik dari informasi *feedback* dalam kegiatan industrial untuk memperlihatkan bagaimana, pembesaran struktur organisasi (dalam kebijakan), dan *time delays* (dalam keputusan dan tindakan) yang saling berhubungan dalam mempengaruhi kesuksesan dari perusahaan. Interaksi itu antara lain dalam aliran informasi, keuangan, pesanan(*order*), material, personil, dan modal peralatan dalam suatu perusahaan, suatu industri atau suatu ekonomi".⁵

⁵ Angerhofer, B.J, Angelides, M.C., 2000, "*System Dynamics Modeling In Supply Chain Management: Research Review*", Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference.

Lane (1997) meringkas dengan singkat pendekatan Forrester's untuk permasalahan pemodelan dan pemahaman manajemen sebagai "... *sistem sosial (social systems) sebaiknya dimodelkan sebagai akumulasi dan flow rates yang dihubungkan oleh information feedback loops termasuk delays dan hubungan non-linear. Computer simulation kemudian adalah sebagai pendekatan dari waktu evolusioner dinamik yang diciptakan oleh tiap struktur-struktur sistem. Tujuannya adalah untuk belajar tentang cara perilaku disekitar sistem tersebut dan mendesain kebijakan untuk memperbaiki performa*". Berkaitan dengan itu sesuai dengan fakta bahwa *social system* berisi banyak hubungan non-linear, dan oleh karena itu solusi analitis untuk memecahkan persamaan model adalah tidak mungkin, Forrester memilih suatu eksperimen atau simulasi sebagai pendekatan untuk digunakan dalam *System Dynamics* (Vennix 1996). Bagaimanapun sudut pandang yang penting diambil dari *System Dynamics* adalah umpan balik (*feedback*) dan *delay* yang menyebabkan perilaku sistem yaitu perilaku dinamik (*dynamic behaviour*) adalah konsekuensi dari struktur sistem (Richardson and Pugh 1981)⁶.

Dinamika atau perilaku sistem didefinisikan oleh strukturnya dan interaksi bagian-bagiannya. Tujuan utama dari sistem dinamik adalah untuk memahami bagaimana perilaku ini dihasilkan melalui penggunaan model kualitatif dan kuantitatif, dan untuk menggunakan pemahaman ini untuk memperkirakan konsekuensi dari perubahan kebijakan terhadap sistem berdasarkan waktu⁷.

System dynamics telah diaplikasikan untuk masalah cakupan yang luas, diantaranya dalam bidang ekonomi, kebijakan manajemen dan publik, kesehatan dan biologikal, energi dan lingkungan, pengembangan dalam pengetahuan alam dan sosial, *dynamics decision making*, bidang *software engineering*, *supply chain management*, dan terkhusus dengan penyusunan tugas akhir ini, *System dynamic* sangat berarti untuk memberikan sumbangsi model pemanfaatan biodiesel sebagai bagian dari model energi terbarukan dan lingkungan.

System Dynamics adalah sangat sesuai untuk simulasi dinamik pada pembuatan model pemanfaatan energi terbarukan seperti biodiesel dan sekaligus

⁶ *Ibid*

⁷ Sergio P. Santos, Valerie Belton dan Susan Howick, 2002, "Adding Value to Performance Measurement by Using System Dynamics and Multicriteria Analysis", International Journal of Operation and Production Management, vol. 22, no. 11, hal. 1251-1252

memberikan simulasi model pemanfaatan pada sektor transportasi yang nantinya menjadi pertimbangan dalam membuat kebijakan energi terbarukan tersebut.

2.2.4 Pemodelan dengan Pendekatan Sistem Dinamik

Dibawah ini adalah beberapa ilustrasi yang penting untuk pengembangan efektif dan implementasi dari model sistem dinamik (*steps of the modelling process*)⁸:

1. Memilih batasan (*Boundry Selection*)

- Memilih tema: Apa masalahnya? Mengapa menjadi masalah?
- Variabel Kunci: Apa yang menjadi variabel-variabel kunci dan konsep harus kita pertimbangkan?
- Rentang waktu (*Time Horizon*): Sejauh mana masa depan sebaiknya kita pertimbangkan? Sejauh mana akar masalah di masa lalu?
- Definisi masalah dinamik (*reference modes*): Apa yang merupakan konsep dan variabel-variabel kunci dari perilaku historis? Apa yang mungkin akan menjadi perilaku di masa depan?

2. Formulasi hipotesis dinamik

- Melakukan hipotesis awal: Teori-teori apa saja yang menjelaskan masalah dari perilaku saat ini?
- Fokus ke dalam (*endogenous focus*): Formulasikan suatu hipotesis dinamik yang dapat menjelaskan kedinamikaan sebagai konsekuensi endogenous dari struktur *feedback*.
- Pemetaan (*mapping*): Mengembangkan peta-peta dasar kausal struktur untuk hipotesis awal, variabel-variabel kunci, referensi-referensi dan data yang tersedia lainnya menggunakan *tools* seperti:
 - Diagram batasan model
 - Diagram subsistem
 - Diagram *loop* sebab akibat

⁸ Sterman, J.D, 2000, “*Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*”, McGraw Hill, hal.86-87

- Diagram alir (*stock and flow maps*)
 - Diagram struktur kebijakan
 - Alat-alat fasilitasi lainnya
3. Formulasi model simulasi
- Spesifikasi struktur, aturan keputusan
 - Estimasi parameter-parameter, hubungan perilaku, dan kondisi awal
 - Melakukan tes untuk konsistensi dengan tujuan dan batasan.
1. Pengujian (*testing*)
- Perbandingan untuk referensi: apakah model itu menghasilkan perilaku masalah yang cukup untuk tujuan kita?
 - Ketangguhan dalam kondisi yang ekstrim: Apakah model tersebut menghasilkan perilaku yang realistis ketika ditekan oleh kondisi yang ekstrim ?
 - Sensitivitas: Bagaimana perilaku model tersebut ketika berada dalam ketidakpastian parameter, kondisi awal, batasan model, dan agregat ?
5. Desain kebijakan dan evaluasi
- Spesifikasi skenario: Kondisi lingkungan apa yang dapat muncul ?
 - Perancangan kebijakan: Aturan keputusan, strategi, dan struktur baru apa yang mungkin untuk dicoba di dunia nyata ? Bagaimana mereka dapat direpresentasikan di dalam model ?
 - Analisis “bagaimana jika ...” : Apa efek dari kebijakan tersebut ?
 - Analisis sensitivitas: Seberapa tangguh rekomendasi kebijakan tersebut dalam berbagai skenario yang berbeda dan ketidakpastian ?
 - Interaksi kebijakan: Apakah kebijakan-kebijakan tersebut berinteraksi ? Apakah terdapat respon sinergi atau kompensasi ?

Tidak ada cara khusus untuk keberhasilan pemodelan, tidak ada prosedur yang dapat diikuti untuk menjamin keberhasilan sebuah model. Sudah menjadi sifatnya pemodelan merupakan kreativitas. Masing-masing pemodel mempunyai gaya dan pendekatan yang berbeda-beda. Meskipun demikian, pembuat model yang berhasil mengikuti proses yang mencakup beberapa aktivitas berikut : ⁹

⁹ *Ibid*

1. Pendefinisian masalah,
2. Formulasi hipotesis dinamik atau teori mengenai penyebab masalah,
3. Formulasi model simulasi untuk menguji hipotesis dinamik,
4. Pengujian model hingga sesuai dengan tujuan semula, dan
5. Desain dan pengevaluasian kebijakan-kebijakan untuk perbaikan.

2.2.5 Simulasi Model

Simulasi adalah peniruan suatu gejala atau proses. Simulasi bertujuan untuk memahami gejala atau proses. Simulasi bertujuan untuk memahami gejala atau proses tersebut, membuat analisis dan peramalan perilaku gejala atau proses tersebut di masa depan. Simulasi dilakukan melalui tahap-tahap seperti berikut :

1. Penyusunan Konsep
2. Pembuatan Model
3. Simulasi
4. Validasi hasil simulasi

Tahap pertama simulasi adalah penyusunan konsep. Gejala atau proses yang akan ditirukan perlu dipahami, antara lain dengan jalan menentukan unsur-unsur yang berperan dalam gejala atau proses tersebut. Unsur-unsur tersebut saling berinteraksi, saling berhubungan, dan saling berketergantungan. Unsur-unsur tersebut bersatu dalam melakukan suatu kegiatan. Dari unsur-unsur dan keterkaitannya, dapat disusun gagasan atau konsep mengenai gejala atau proses yang akan disimulasikan.

Gagasan tersebut selanjutnya dirumuskan sebagai model yang berbentuk uraian, gambar atau rumus. Model adalah suatu bentuk yang dibuat untuk menirukan suatu gejala atau proses. Model dapat dikelompokkan menjadi model kuantitatif, kualitatif, dan model ikonik. Model kuantitatif adalah model yang berbentuk rumus-rumus matematik, statistik, atau komputer. Model kualitatif adalah model yang berbentuk gambar, diagram, atau matriks, yang menyatakan

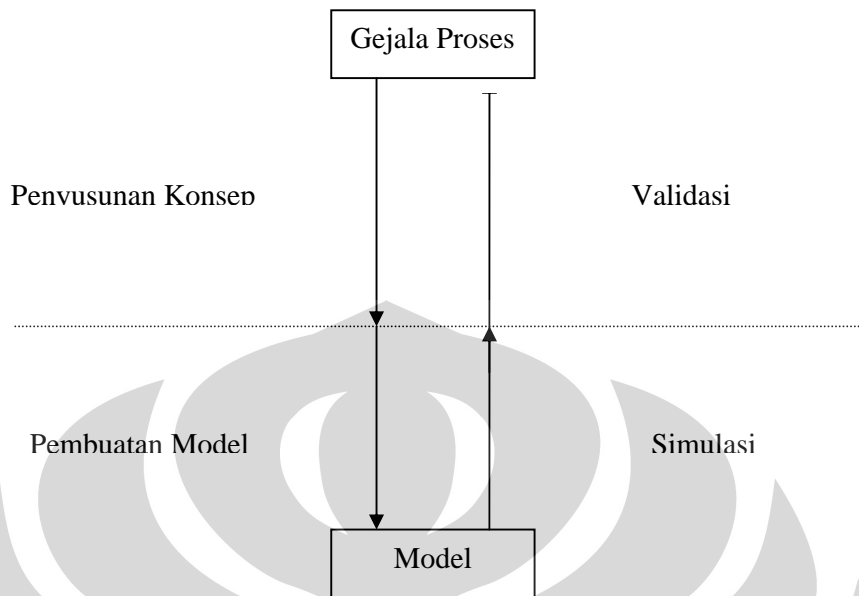
hubungan antar unsur. Dalam model kualitatif tidak digunakan rumus-rumus matematik, statistik, atau komputer. Model ikonik adalah model yang mempunyai bentuk fisik sama dengan barang yang ditirukan, meskipun skalanya dapat diperbesar atau diperkecil. Dengan model ikonik tersebut dapat diadakan percobaan untuk mengetahui perilaku gejala atau proses yang ditirukan.

Selanjutnya, simulasi dapat dilakukan dengan menggunakan model yang dibuat. Dalam model, dimana perhitungan dilakukan untuk mengetahui perilaku gejala atau proses. Dalam model kualitatif, simulasi dilakukan dengan menelusuri dan mengadakan analisis hubungan sebab akibat antar unsur dengan memasukkan data atau informasi yang dikumpulkan untuk mengetahui perilaku gejala atau proses. Dalam model kualitatif, simulasi dilakukan dengan menelusuri dan mengadakan analisis sebab akibat antar unsur dengan memasukkan data atau informasi yang dikumpulkan untuk mengetahui perilaku gejala atau proses. Dalam model ikonik, simulasi dilakukan dengan mengadakan percobaan secara fisik dengan menggunakan model tersebut untuk mengetahui perilaku model dalam kondisi yang berbeda. Perilaku model itu dianggap menirukan gejala atau proses yang diamati.

Akhirnya dilakukan validasi untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi dengan gejala atau proses yang ditirukan. Model dapat dinyatakan baik apabila kesalahan atau simpangan hasil simulasi terhadap gejala atau proses yang ditirukan kecil.

Hasil simulasi tersebut selanjutnya digunakan untuk memahami perilaku gejala atau proses serta mengetahui kecenderungannya di masa mendatang. Struktur internal masalah dapat dipahami secara lebih rinci dengan memahami perilaku dan kecenderungannya. Pemahaman ini berguna untuk memperoleh solusi yang terbaik mengenai masalah yang dihadapi dalam manajemen dan memperkirakan kecendrungan keadaan di masa mendatang.

Tahap-tahap simulasi tersebut diatas, secara sederhana dapat dilihat dalam gambar



Gambar 2.12 Tahap-Tahap Simulasi Model

2.2.6 Perangkat Lunak untuk Simulasi

Untuk melakukan simulasi dari sebuah model diperlukan perangkat lunak (software) yang secara cepat dapat melihat perilaku (behavior) dari model yang telah dibuat. Ada berbagai macam perangkat lunak yang dapat digunakan untuk keperluan ini, tetapi yang akan dikemukakan pada Tugas akhir ini adalah perangkat lunak berupa program yang dinamakan powersim.

Powersim digunakan untuk membangun dan melakukan simulasi suatu model dinamik. Suatu model dinamik adalah kumpulan dari variabel-variabel yang saling mempengaruhi antara satu dengan lainnya dalam suatu kurun waktu. Setiap variabel berkorespondensi dengan suatu besaran yang nyata atau besaran yang dibuat sendiri. Semua variabel tersebut memiliki nilai numerik dan sudah merupakan bagian dari dirinya. Pada waktu mensimulasikan model, variabel-variabel akan saling dihubungkan membenruk suatu sistem yang dapat menirukan kondisi sebenarnya. Pada perangkat lunak powersim, suatu sistem yang menggambarkan hubungan antara variabel-variabel itu dinamakan diagram alir (*flow diagram*). Variabel-variabel tersebut akan digambarkan dengan beberapa simbol, yang utama adalah simbol aliran (*flow symbol*) yang selalu dihubungkan

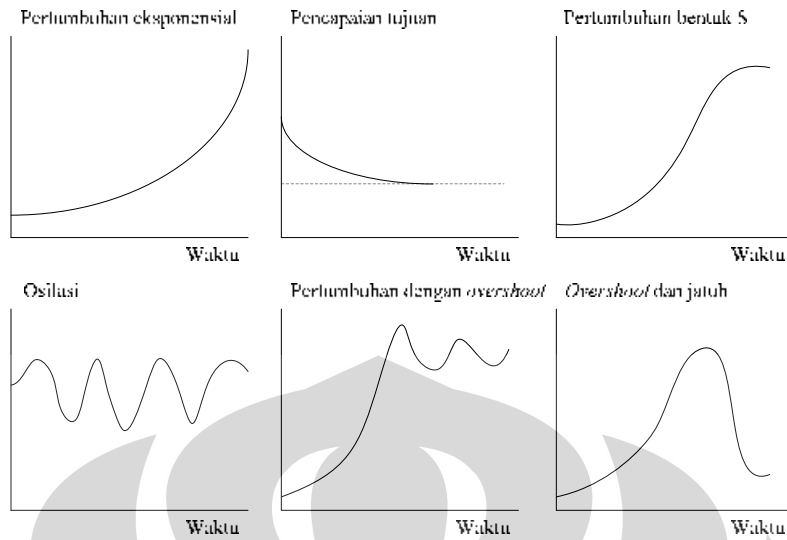
dengan simbol level (*level symbol*) melalui panah tebal untuk proses aliran. Aliran benda yang dapat mengalir disini adalah barang, uang, orang, dan lain-lain, yang dapat diamati, dan diukur penambahan dan pengurangannya dalam level. Dalam pemodelan level mewakili pokok persoalan yang menjadi perhatian.

Selanjutnya panah halus (*information link*) yang menghubungkan antara level dengan aliran adalah proses umpan balik. Diagram alir menggambarkan struktur dari model, sedangkan hasil simulasi berupa gambar atau grafik menggambarkan perilaku (*behavior*) dari sistem. Model yang dibangun dengan menggunakan powersim berbentuk simbol-simbol dan simulasinya mengikuti suatu metode yang dinamakan dinamika sistem (*system dinamik*).

2.2.7 Struktur dan Perilaku Sistem Dinamik

Perilaku dari suatu sistem timbul dari struktur yang membangunnya. Struktur itu terdiri dari loop-loop umpan balik (*feedback*), *stock and flows* dan *non linear* yang diciptakan oleh interaksi struktur fisik dan institusional dari sistem dengan agen-agen proses *decision-making* yang terjadi di dalam sistem tersebut.

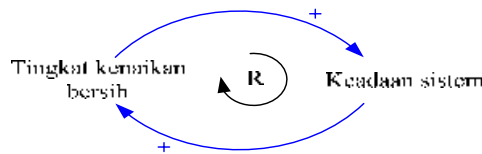
Bentuk yang paling mendasar dari perilaku dinamik adalah *exponensial growth*, *goal seeking* dan *oscillation*. Setiap dari perilaku dasar dinamik tersebut dihasilkan oleh struktur *feedback* yang sederhana: *growth* dibangun untuk *feedback* positif, *goal seeking* dibangun untuk *feedback* negatif dan *oscillation* dibangun untuk *feedback* negatif dengan waktu tunda (*time delays*) dalam *loop*. Bentuk lainnya termasuk *S-shaped growth*, *S-shaped growth* dengan *overshoot* dan *oscillation*, dan *overshoot* dan *collapse*, dibangun untuk hubungan nonlinear dari struktur-struktur dasar *feedback*.



Gambar 2.13. Bentuk perilaku yang umum
(Sumber : John D. Sterman, 2000, hal. 108)

2.2.7.1 Pertumbuhan Eksponensial (*Exponential Growth*)

Pertumbuhan eksponensial muncul dari umpan balik positif. Semakin besar kuantitas, semakin besar pula peningkatan bersihnya, yang kemudian semakin memperbesar kuantitas dan mengarah pada pertumbuhan yang semakin cepat (gambar 2.9). Contoh kasus yang menggambarkan perilaku ini adalah kasus bunga berbunga (*compound interest*) dan pertumbuhan populasi. Pertumbuhan eksponensial murni memiliki suatu sifat yang luar biasa di mana waktu penggandaannya (*doubling time*) adalah konstan.

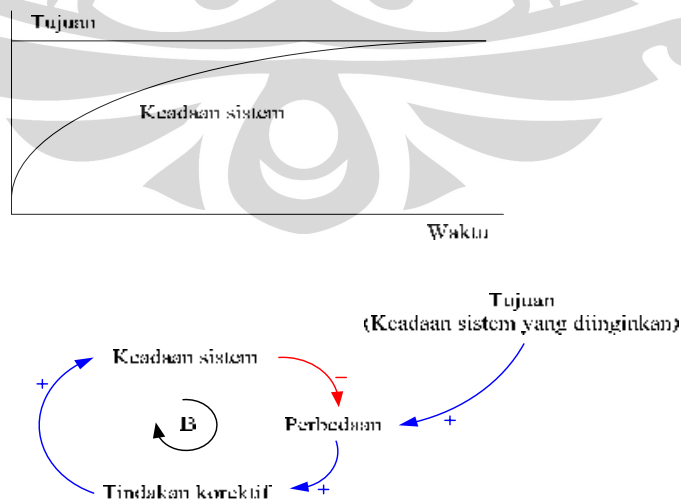


Gambar 2.14. Pertumbuhan eksponensial: struktur dan perilaku
(Sumber : John D. Sterman, 2000, hal. 109)

2.2.7.2 Goal Seeking

Umpan balik positif menghasilkan pertumbuhan, menguatkan penyimpangan, dan menguatkan perubahan. Umpan balik negatif mencari keseimbangan. *Loop* umpan balik negatif bertindak untuk membawa keadaan sistem ke dalam pengendalian sebuah tujuan atau keadaan yang diinginkan. Umpan balik negatif ini menghalangi gangguan-gangguan yang menggerakkan keadaan sistem menjauhi tujuan. *Loop* umpan balik negatif memiliki struktur seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.10. Keadaan sistem dibandingkan dengan tujuan. Jika terdapat perbedaan antara keadaan yang diinginkan dengan keadaan aktual, tindakan korektif akan muncul untuk membawa keadaan sistem kembali sejalan dengan tujuan. Ketika kita lapar, kita akan makan untuk memuaskan kelaparan kita ; ketika kita lelah, kita akan tidur untuk mengembalikan tenaga kita.

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

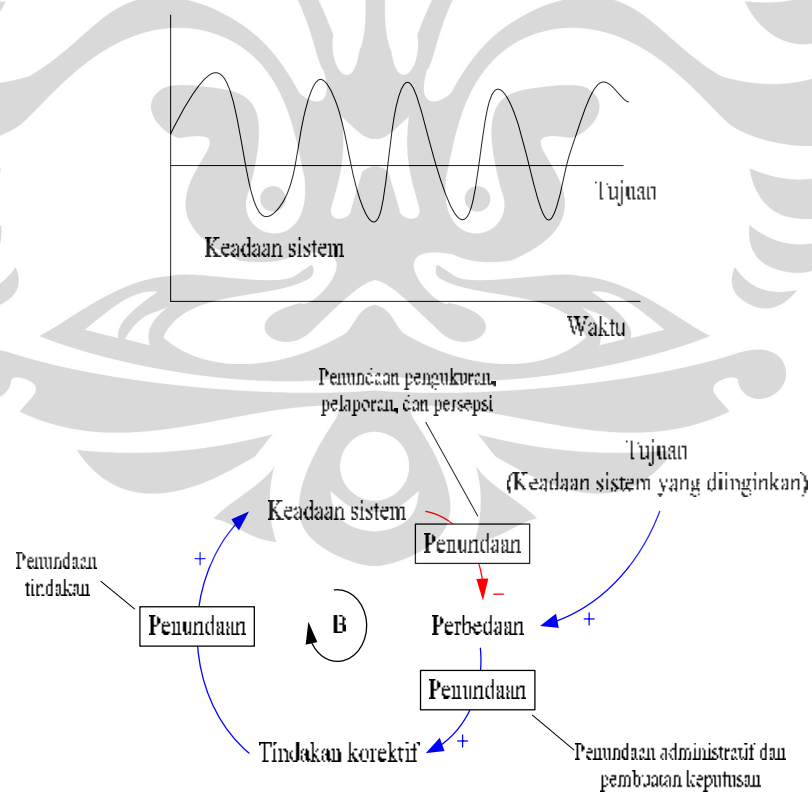


Gambar 2.15 Pencapaian tujuan : struktur dan perilaku

(Sumber : John D. Sterman, 2000, hal. 111)

2.2.7.3 Osilasi (Oscillation)

Osilasi merupakan bentuk perilaku dasar yang ketiga di dalam sistem dinamik. Seperti perilaku pencapaian tujuan, osilasi disebabkan oleh *loop* umpan balik negatif. Keadaan dari sistem dibandingkan dengan tujuannya, dan tindakan korektif diambil untuk menghilangkan perbedaan. Dalam sebuah sistem osilasi, keadaan dari sistem secara konstan naik melebihi (*overshoot*) tujuannya atau keadaan keseimbangan, kemudian berbalik dan turun melebihi (*undershoot*) keadaan keseimbangan. *Overshoot* tersebut muncul dari keberadaan waktu penundaan yang signifikan di dalam umpan balik negatif. Penundaan waktu tersebut menyebabkan tindakan korektif untuk terjadi terus-menerus bahkan setelah keadaan dari sistem mencapai tujuannya, mendorong sistem untuk menyesuaikan terlalu banyak, dan menghasilkan sebuah tindakan korektif yang baru pada arah yang berlawanan (gambar 2.16).



Gambar 2.16 Osilasi : struktur dan perilaku

(Sumber : John D. Sterman, 2000, hal. 114)

2.2.8 Alat-alat (*tools*) Untuk Sistem Dinamik¹⁰

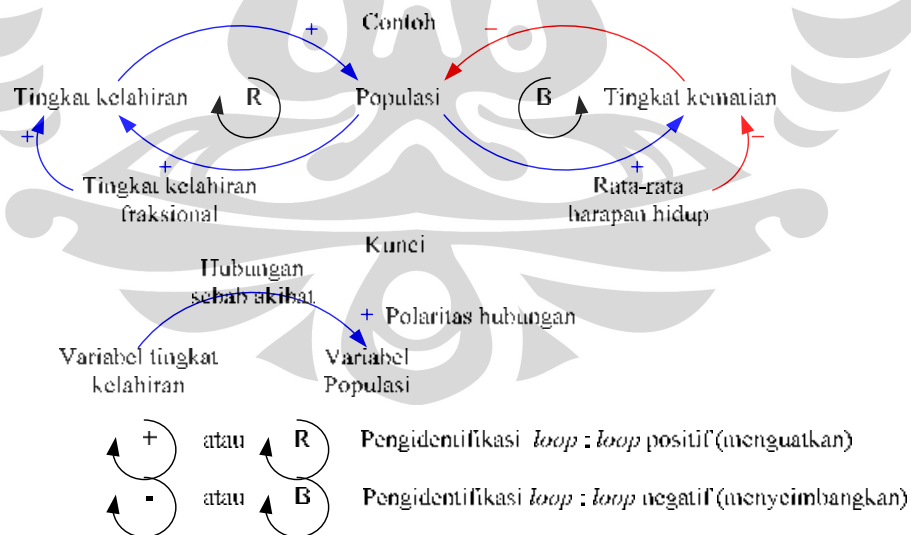
Alat-alat dasar yang biasa digunakan dalam sistem dinamik adalah berupa diagram-diagram loop sebab akibat (*Causal Loop Diagrams/CLDs*) dan *stocks and flows*.

2.2.8.1 *Causal Loop Diagram (CLD)*

CLD adalah alat yang penting untuk merepresentasikan struktur umpan balik dari sistem. CLD baik sekali digunakan untuk :

1. Menangkap secara cepat hipotesis mengenai penyebab dinamika.
2. Mendapatkan dan menangkap mental model dari individu atau tim.
3. Mengkomunikasikan umpan balik yang penting yang diyakini bertanggung jawab terhadap suatu masalah.

CLD 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. Gambar 2.17 menunjukkan contoh dan kunci cara penulisan.











Gambar 2.17 Cara penulisan *causal loop diagram*

(Sumber : John D. Sterman, 2000, hal. 138)

¹⁰ *Ibid*

Varibel-variabel dihubungkan oleh CLD, seperti yang ditunjukkan 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 (-) untuk mengindikasikan bagaimana variabel yang bergantung dengan yang lain berubah ketika variabel yang tidak bergantung berubah. *Loop-loop* di dalam diagram diidentifikasi oleh pengidentifikasi *loop* yang menunjukkan apakah *loop* tersebut umpan balik positif (menguatkan) atau negatif (menyeimbangkan). Dapat kita perhatikan bahwa pengidentifikasi *loop* berputar dalam arah yang sama dengan *loop* yang sesuai dengannya. Dalam contoh di atas, umpan balik positif yang berhubungan dengan kelahiran dan populasi adalah searah jarum jam dan begitu juga dengan pengidentifikasi *loop*-nya. Sedangkan umpan balik negatif yang berhubungan dengan tingkat kematian dan populasi adalah berlawanan arah jarum jam sesuai dengan pengidentifikasi *loop*-nya. Gambar 2.18 menunjukkan rangkuman definisi dari polaritas hubungan.

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

Gambar 2.18 Polaritas hubungan: definisi dan contoh

(Sumber : John D. Sterman, 2000, hal. 139)

Hubungan positif memiliki arti bahwa jika suatu penyebab meningkat, maka akibat juga akan meningkat, dan jika penyebabnya menurun, akibatnya juga akan menurun. Pada contoh dalam gambar 2.16, peningkatan pada tingkat kelahiran fraksional akan menyebabkan peningkatan pada tingkat kelahiran, dan penurunan pada tingkat kelahiran fraksional akan menyebabkan penurunan pada tingkat kelahiran.

Hubungan negatif memiliki arti bahwa jika suatu penyebab meningkat, maka akibatnya akan menurun, dan jika penyebabnya menurun, maka akibatnya akan meningkat. Pada contoh dalam gambar 2.16, peningkatan harapan hidup rata-rata akan menyebabkan tingkat kematian menurun, dan penurunan harapan hidup rata-rata akan meningkatkan tingkat kematian.

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

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

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

Ada dua metode untuk menentukan apakah sebuah *loop* positif atau negatif, yaitu cara cepat dan cara yang benar.

1. Cara cepat : menghitung jumlah dari penghubung negatif

Cara cepat untuk menentukan apakah sebuah *loop* adalah positif atau negatif adalah dengan menghitung jumlah dari penghubung negatif. Jika jumlah dari penghubungnya genap, *loop* tersebut adalah positif. Jika jumlah dari penghubungnya ganjil, *loop* tersebut adalah negatif. Namun cara ini dapat menimbulkan kesalahan. Dalam diagram yang kompleks, akan sangat mudah untuk terjadi kesalahan dalam menghitung jumlah hubungan negatif di dalam sebuah *loop*. Selain itu, kesalahan dalam memberi polaritas dari hubungan-hubungan yang ada ketika kita untuk pertama kalinya menggambar diagram juga akan sangat mudah terjadi. Penghitungan jumlah tanda negatif tidak mungkin dapat menampakkan kesalahan-kesalahan tersebut.

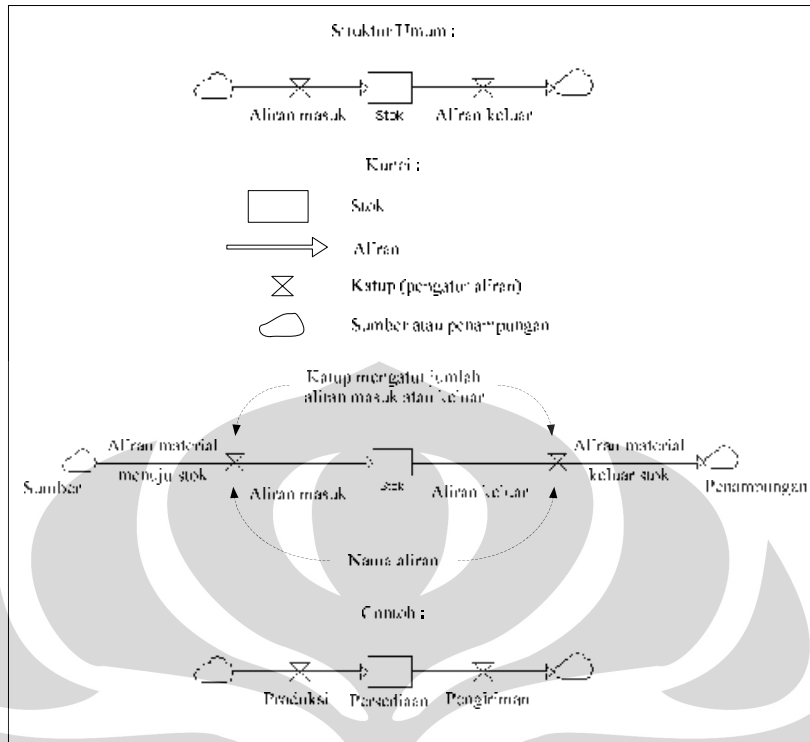
2. Cara yang benar : menyelidiki efek dari sebuah perubahan di sekeliling *loop*
Cara yang benar untuk menentukan polaritas dari sebuah *loop* adalah dengan menyelidiki efek dari sebuah perubahan yang kecil terhadap salah satu variabel ketika variabel tersebut menyebar di sekeliling *loop*. Jika efek dari umpan balik tersebut menguatkan perubahan awal, maka *loop* tersebut adalah positif. Jika efek umpan balik tersebut berlawanan dengan perubahan awal, maka *loop* tersebut adalah negatif. Kita dapat mulai dari variabel yang mana saja dan hasilnya harus sama.

2.2.8.2 *Stock dan Flow*¹¹

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, adalah dua konsep utama dari teori sistem dinamik.

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

¹¹ *Ibid*



Gambar 2.19 Cara penulisan diagram alir

(Sumber : John D. Sterman, 2000, hal. 193)

Dalam pembuatan diagram alir, sistem dinamik menggunakan cara-cara penulisan berikut (gambar 2.19).

1. Stok diwakili oleh persegi empat.
2. Aliran masuk diwakili oleh pipa (tanda panah) yang mengarah pada (menambah) stok. Aliran keluar diwakili oleh pipa yang mengarah keluar (mengurangi) stok.
3. Katup mengendalikan aliran.
4. Awan mewakili sumber-sumber dan penampungan untuk aliran. Sumber menggambarkan darimana stok berasal dimana aliran yang mula-mula berada diluar batasan model muncul ; penampungan menggambarkan kemana stok menuju dimana aliran yang meninggalkan batasan model keluar. Sumber dan penampungan diasumsikan memiliki kapasitas yang tidak terbatas dan tidak pernah dapat membatasi aliran.

Struktur dari diagram alir disusun dari elemen-elemen berikut. Contoh di dalam gambar 2.19 menunjukkan persediaan adalah stok yang mengakumulasikan

aliran masuk dari produksi dan dikurangi oleh aliran keluar dari pengiriman. Awan mengindikasikan bahwa stok dari bahan mentah tidak pernah menyebabkan tingkat produksi kekurangan dan stok produk yang dikirim ke pelanggan tidak pernah terlalu tinggi yang dapat menghambat tingkat pengiriman.

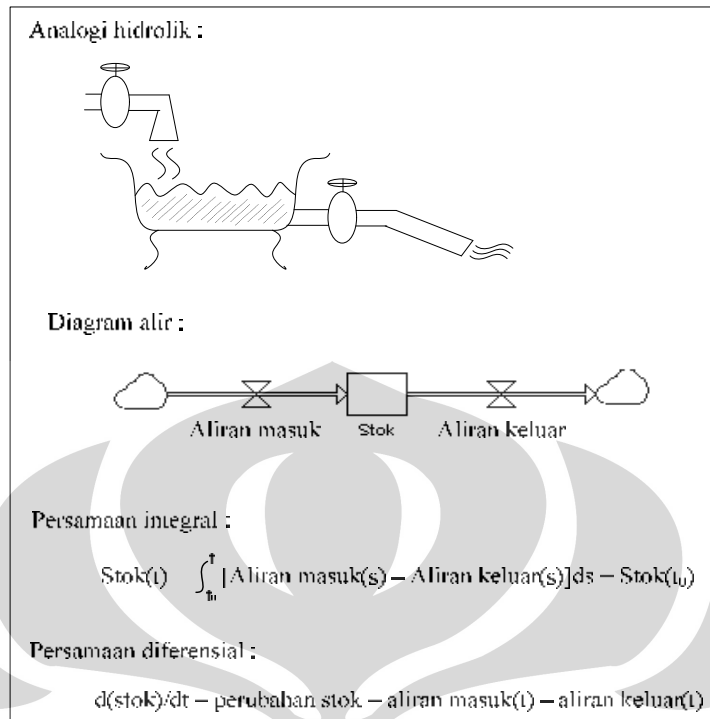
Kaidah diagram alir didasari oleh analogi hidrolis, yang merupakan aliran air menuju dan keluar tempat penampungan air. Memang sangat membantu untuk memikirkan stok sebagai bak air. Kuantitas air di dalam bak pada suatu waktu adalah akumulasi dari air yang mengalir masuk melalui keran dikurangi air yang mengalir keluar melalui saluran pipa (dengan asumsi tidak ada percikan dan penguapan). 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 2.19 di atas sesuai dengan persamaan integral berikut ini :

$$Stok(t) = \int_0^t [Aliranmasuk(s) - Alirankeluar(s)] ds + Stok(t_0) \dots\dots\dots(2.1)$$

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

$$d(stok)/dt = aliran masuk(t) - aliran keluar(t) \dots\dots\dots(2.2)$$

Secara umum, aliran akan menjadi fungsi dari stok serta variabel-variabel dan parameter-parameter kondisi yang lain. Gambar 2.19 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 ; dari suatu peta stok dan aliran kita dapat membuat sistem persamaan integral dan diferensial yang sesuai.

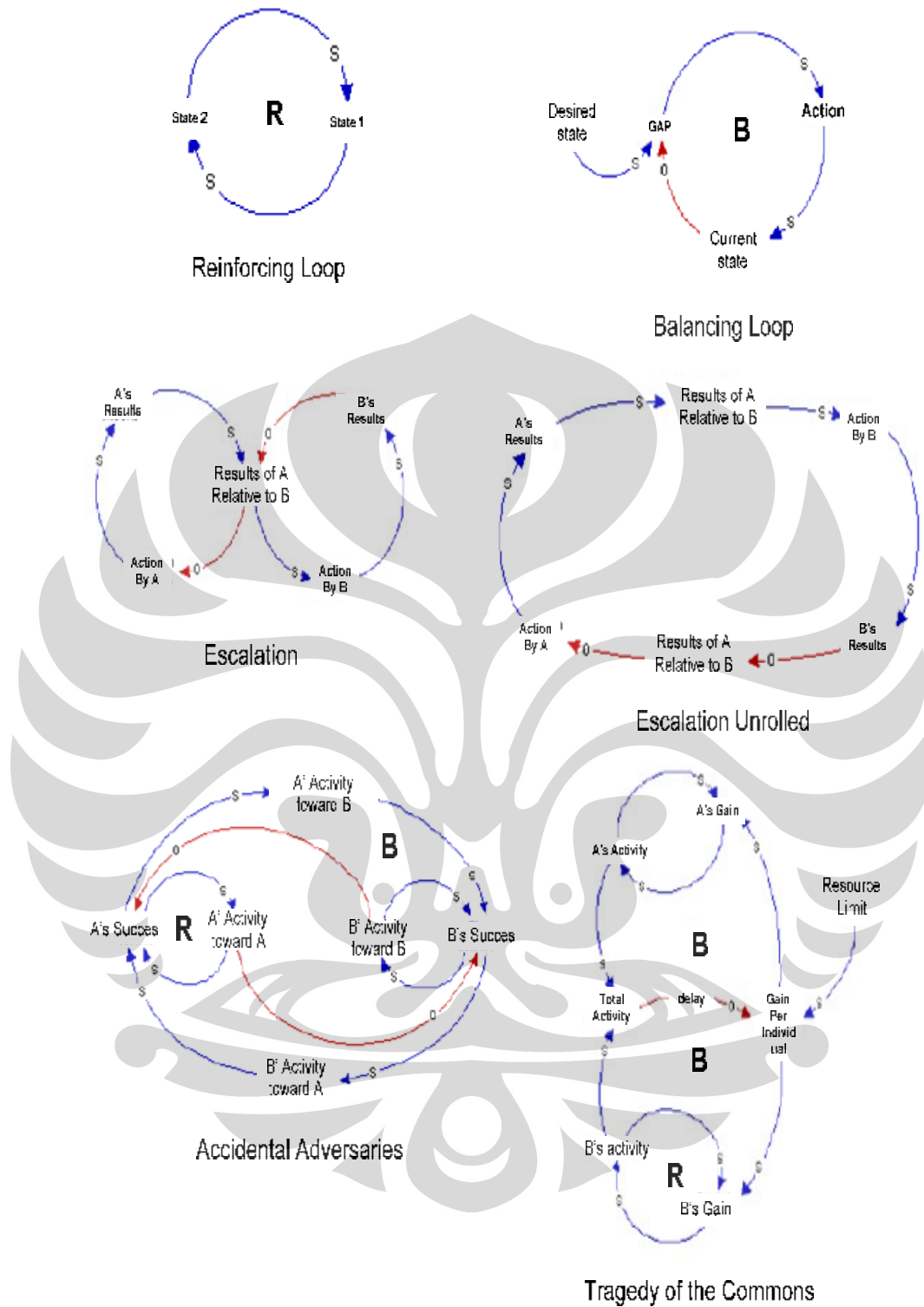


Gambar 2.20 Empat Representasi Struktur Diagram Alir

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

2.2.9 Archetype

Dalam sistem dinamik (SD) terdapat pola-pola yang membangun suatu modelnya yang dikenal dengan *archetype*. *Archetype* berguna untuk membantu para peneliti/pelajar untuk memahami perilaku-perilaku model yang akan mereka buat dan teliti, dengan bantuan *archetype* ini maka mereka tidak perlu lagi membangun model dari awal dan dapat mengembangkannya dari pola-pola perilaku berdasarkan pola-pola perilaku yang sudah ada sebelumnya. Bentuk-bentuk umum yang biasa digunakan dalam model Sistem Dinamik adalah Loop Penguatan (*Reinforcing Loop*), Loop Penyeimbangan (*Balancing Loop*), Peningkatan (*Escalation*), Peningkatan Terbuka (*Escalation Unrolled*), Lawan/Musuh Kebetulan (*Accidental Adversaries*), Kejadian yang Umum (*Tragedy of the Commons*). Gambar 2.20 memperlihatkan bentuk-bentuk umum *archetype* dalam suatu model Sistem Dinamik.



Gambar 2.21 Contoh-contoh Archetype
 (Sumber: Jay Forrester, System Dynamics, 2000)

2.3 METODE PENDEKATAN PERENCANAAN PDRB

Dalam perekonomian setiap negara, masing-masing sektor tergantung pada sektor yang lain, satu dengan yang lain saling memerlukan baik dalam tenaga, bahan mentah maupun hasil akhirnya. Sektor industri memerlukan bahan mentah dari sektor pertanian dan pertambangan, hasil sektor industri dibutuhkan oleh sektor pertanian dan jasa-jasa. Untuk menghasilkan suatu barang atau jasa diperlukan barang lain yang disebut faktor produksi. Total nilai barang dan jasa yang diproduksi di wilayah (regional) tertentu dalam waktu tertentu (satu tahun) dihitung sebagai Produk Domestik Regional Bruto (PDRB).

2.3.1 Konsep dan Definisi

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) merupakan nilai neto dari barang dan jasa (nilai produksi dikurang biaya antara) yang dihasilkan oleh seluruh sektor ekonomi yang melakukan kegiatan produksi dalam batas wilayah suatu provinsi. Pendapatan netto ini merupakan pendapatan atas dasar faktor produksi milik penduduk suatu wilayah/daerah yang diterima dari luar daerah/wilayah dikurangi dengan pendapatan yang dikeluarkan dari daerah/wilayah tersebut karena dimiliki oleh penduduk di luar wilayah tersebut. Sedangkan Produk Domestik Regional Bruto perkapita adalah merupakan Produk Domestik Regional Bruto yang dibagi dengan jumlah penduduk pertengahan tahun di suatu daerah. Pendapatan regional perkapita atau disebut *Income* perkapita adalah produk neto atas dasar biaya faktor produksi dibagi dengan jumlah penduduk pertengahan tahun.

Dalam pengertian sektoral, PDRB merupakan penjumlahan dari nilai tambah yang diciptakan oleh seluruh sektor ekonomi, yang dalam penggolongan besarnya terdiri dari : sektor pertanian, sektor pertambangan dan penggalian, sektor industri pengolahan, sektor listrik, gas, dan air minum, sektor bangunan/konstruksi, sektor perdagangan, hotel dan restoran, sektor angkutan dan komunikasi, sektor keuangan, persewaan dan jasa perusahaan serta sektor jasa-jasa. PDRB juga dapat dihitung dari penggunaan komponen faktor-faktor produksi yang digunakan dalam memproduksi suatu barang/jasa. Oleh sebab itu

komponen PDRB terdiri dari : upah dan gaji, surplus usaha (bunga, sewa dan keuntungan), penyusutan dan pajak tidak langsung.

Dari segi penggunaannya, PDRB dapat pula didefinisikan sebagai pejumlahan dari: pengeluaran untuk konsumsi rumah tangga (Ch), pengeluaran untuk konsumsi pemerintahan (Cg), pembentukan modal tetap (I), perubahan stok (S) dan ekspor neto (ekspor (X) - import (M)). Pengertian PDRB yang terakhir ini sebenarnya merupakan "*keynesian model*", $Y = C + S$, $S = I$, $Y = C + I$, jadi PDRB di atas adalah $Y = Ch + Cg + I + S + (X - M)$ Selanjutnya pengertian mengenai Produksi Domestik Regional Bruto (PDRB) hampir sama dengan PDB, hanya perhitungannya mencakup Nasional.

2.3.2 Metode Perhitungan PDRB

Dalam penghitungan PDRB dapat didefinisikan menjadi empat metode yang saling berbeda namun mempunyai satu pengertian yang sama. Metode-metode tersebut adalah sebagai berikut :

1. **Pendekatan Produksi** (*Production Approach*). Penghitungan PDRB dengan cara ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai tambah di suatu wilayah dengan cara menilai seluruh produksi netto barang dan jasa yang diproduksi oleh seluruh sektor perekonomian selama setahun. Barang dan jasa yang diproduksi dengan harga produsen, yaitu yang belum termasuk biaya transport dan keuntungan pemasaran. Penggunaan harga produsen ini bertujuan untuk mengetahui nilai tambah yang benar-benar diterima oleh produsen. Biaya transport akan dihitung sebagai nilai tambah pada sektor transportasi dan keuntungan pemasaran akan dihitung sebagai nilai tambah pada sektor perdagangan. Nilai barang dan jasa pada harga produsen ini merupakan nilai produksi bruto, sebab masih terdapat biaya untuk memproduksi barang dan jasa yang dibeli dari sektor lain. Untuk menghindari penghitungan dua kali, maka biaya-biaya untuk memproduksi barang dan jasa yang disebut sebagai biaya antara dikeluarkan, sehingga diperoleh nilai produksi neto. Nilai ini biasanya disebut dengan nilai tambah (*value added*). Jika dalam nilai tambah tersebut masih terdapat komponen penyusutan dan pajak tak langsung neto, maka disebut dengan nilai tambah bruto atas dasar harga pasar. Jumlah dari nilai tambah atas dasar

harga pasar dari seluruh sektor perekonomian akan diperoleh Produk Domestik Regional Bruto atas dasar harga pasar.

2. **Pendekatan Pendapatan** (*Income Approach*). Menghitung PDRB dengan metode ini dapat dilakukan dengan menjumlahkan seluruh balas jasa faktor produksi yang dapat berupa: Upah/Gaj/Honorarium, bunga modal, sewa tanah dan keuntungan. Dengan menjumlahkan seluruh balas jasa faktor produksi yang dibayarkan oleh unit-unit ekonomi yang beroperasi di suatu wilayah, hasil yang akan diperoleh adalah nilai tambah netto atas biaya faktor produksi. Dan untuk mendapatkan Produk Domestik Regional Bruto atas dasar harga pasar harus ditambah dengan nilai penyusutan yang terjadi dan pajak tak langsung netto.
3. **Pendekatan Pengeluaran** (*Expenditure Approach*) Penghitungan dengan cara pendekatan ini adalah guna mendapatkan nilai barang dan jasa yang digunakan oleh anggota masyarakat untuk dikonsumsi, guna pembentukan modal dan *net export*. Dimungkinkan bahwa barang dan jasa yang dimanfaatkan adalah dari daerah sendiri atau mungkin dari daerah lain, dalam hal demikian produksi baik barang dan jasa yang berasal dari luar kita pisahkan, dan nilai produksi yang dihitung hanya nilai produksi domestiknya saja. Metode penghitungan ini perlu kita bedakan kedalam komponen-komponen seperti : nilai konsumsi oleh rumahtangga, pemerintah, yayasan sosial, pembentukan modal dan *net export*, selanjutnya kita jumlahkan dan kita peroleh PDRB atas dasar harga Berlaku.
4. **Metode Alokasi** (*Allocation Method*) Seringkali kita menjumpai banyak kendala didalam pelaksanaan penghitungan nilai tambah serta yang lain-lain sebagai akibat keterbatasan yang ada pada kita semua baik yang bersifat sarana, tenaga bahkan yang bersifat finansial. Dalam hal yang demikian kita terpaksa menggunakan metode alokasi yaitu dengan cara mengambil langsung hasil prosentase/hasil survei yang telah dilaksanakan oleh pihak lain. Indikator yang digunakan dapat berupa nilai produksi, banyaknya produksi, banyaknya karyawan, banyaknya penduduk dan sebagainya. Metode alokasi ini lazim disebut metode tidak langsung, sedangkan ketiga metode yang digunakan sebelumnya adalah metode langsung. Angka-angka yang dihasilkan dalam perhitungan metode langsung akan lebih mendekati kenyataan bila dibanding dengan angka-angka yang diperoleh dari metode

tidak langsung, oleh karena itu sejauh mungkin supaya dilakukan metode langsung. Namun bila hal ini tidak mungkin dilakukan, maka baru ditempuh dengan metode tidak langsung. Menurut pendekatan produksi, PDRB adalah jumlah nilai barang dan jasa akhir yang dihasilkan oleh berbagai unit produksi di suatu wilayah dalam jangka waktu tertentu (satu tahun). Unit-unit produksi tersebut dalam penyajiannya, dikelompokkan menjadi 9 (sembilan) sektor atau lapangan usaha, yaitu: Pertanian, Pertambangan dan Penggalian, Industri Pengolahan, Listrik, Gas dan Air Bersih, Bangunan, Perdagangan, Hotel dan Restoran, Pengangkutan dan Komunikasi, Jasa Keuangan, Persewaan dan Jasa Perusahaan, Jasa-jasa.

2.3.3 Penggunaan Tahun Dasar PDRB

Angka-angka yang disajikan dalam publikasi ini selalu mengikuti konsep dan definisi PDRB yang telah ada, dimana konsep tersebut dijadikan patokan dalam menyusun angka-angka PDRB Provinsi DKI Jakarta. Penyajian diwujudkan dalam bentuk agregat dan sektoral. Untuk mencukupi berbagai kebutuhan konsumen data, agregat-agregat PDRB yang disajikan dalam bentuk seri data tahun-tahun sebelumnya baik penilaian atas dasar harga berlaku maupun atas dasar harga konstan yang masing-masing dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Harga Berlaku. Pada penyajian atas dasar harga berlaku, semua angka-angka PDRB dinilai atas dasar harga berlaku pada masing-masing tahun, baik untuk output, biaya antara maupun komponen nilai tambah dan komponen pengeluaran produk domestik regional bruto.
2. Harga Konstan. Pada penyajian atas dasar harga konstan (menggunakan tahun dasar) semua angka-angka PDRB dinilai atas dasar harga tetap yang terjadi pada tahun dasar tertentu, yakni tahun 2000. Dengan demikian maka perkembangan angka-angka PDRB dari tahun ke tahun merupakan perkembangan riil, tidak dipengaruhi oleh kenaikan harga.

Laju pertumbuhan ekonomi merupakan suatu indikator makro yang menggambarkan tingkat pertumbuhan ekonomi. Indikator ini biasanya digunakan untuk menilai sampai seberapa jauh keberhasilan pembangunan ekonomi suatu daerah dalam periode waktu tertentu. Dengan demikian indikator ini dapat dipakai

untuk menentukan arah kebijakan pembangunan yang akan datang. Untuk mengetahui besarnya laju pertumbuhan, dihitung dari data PDRB atas dasar harga konstan.

Sesuai rekomendasi yang dikeluarkan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) dalam buku panduan Sistem Neraca Nasional, dinyatakan bahwa estimasi PDB/PDRB atas dasar harga konstan sebaiknya dimuktahirkan secara berkala atau periodik dengan menggunakan referensi tahun berakhiran 0 dan 5, yang dimaksudkan agar besaran angka PDB/PDRB dapat saling dibandingkan antar negara atau region dan antar waktu guna keperluan analisis kinerja perekonomian dunia. Dalam perjalanan penggunaan tahun dasar, Indonesia sudah melakukan perubahan tahun dasar sebanyak empat kali, yaitu tahun 1960, 1973, 1983 dan 1993.

Oleh karena itu, dipandang cukup relevan untuk melakukan penyesuaian perubahan tahun dasar setelah periode waktu 10 tahun berlangsung. Beberapa pandangan secara teknis yang perlu dikemukakan di balik alasan penetapan tahun 2000 sebagai tahun dasar penghitungan PDB/PDRB menggantikan tahun 1993, antara lain sebagai berikut:

- a. Dalam penghitungan PDB/PDRB antar tahun dasar 1993 ke tahun dasar 2000 terlihat adanya dua indikator yang menonjol mengalami perubahan, yaitu struktur ekonomi dan laju pertumbuhan ekonomi. Karena itu, pemutakhiran tahun dasar penghitungan PDB/PDRB dari tahun 1993 ke tahun 2000 menjadi perlu dilakukan agar hasil estimasi PDB/PDRB sektoral maupun penggunaannya menjadi realistis. Dalam pengertian mampu memberikan gambaran secara jelas terhadap fenomena pergeseran struktur produksi intas sektor.
- b. Penyusunan series indeks Harga Perdagangan Besar (IHPB) maupun Indeks Harga Konsumen (IHK) menggunakan tahun dasar yang baru (tahun 2000), secara praktis akan menyangkut penyempurnaan metodologi dan perluasan cakupan komoditi, sehingga menghasilkan suatu series IHPB dan IHK baru. Hal ini selanjutnya dapat digunakan sebagai deflator dalam penghitungan PDB/PDRB sektoral maupun penggunaan, sehingga kedua jenis indks tersebut dapat mendukung langkah penyempurnaan penghitungan PDB/PDRB selanjutnya.

- c. Salah satu alasan yang menjadi pertimbangan pula adalah menyangkut ketersediaan data dasar (*raw data*) baik harga maupun volume (*quantum*), dimana pada tahun 2000 secara rinci pada masing-masing sektor ekonomi relatif lebih lengkap dan berkelanjutan. Apalagi didukung pula dengan data sekunder yang lebih lengkap, terinci, dan berkesinambungan dari berbagai instansi pemerintah maupun swasta yang tidak kecil kontribusinya dalam upaya membangun statistik bagi keperluan perencanaan sektoralnya masing-masing. Dengan begitu diharapkan estimasi PDB/PDRB melalui tahun dasar 2000 dapat disusun secara lebih akurat dan konsisten.



BAB III

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 BAHAN BAKAR MINYAK

Ketergantungan terhadap Bahan Bakar Minyak sebagai motor penggerak perekonomian Bangsa bukanlah sebuah wacana baru. Ketersediaan energi telah menjadi faktor penentu keberhasilan pembangunan, terutama bagi negara-negara berkembang seperti Indonesia. Seiring dengan meningkatnya pembangunan terutama pembangunan di sektor industri, pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk, kebutuhan akan energi terus meningkat. Sampai saat sekarang ini, Bahan Bakar Minyak masih merupakan sumber energi yang utama dalam memenuhi kebutuhan di dalam negeri. Kebutuhan akan BBM yang semakin melonjak drastis harus dibarengi dengan sistem penyediaan energi dan manajemen energi yang baik agar tidak terjadi kelangkaan BBM yang menyebabkan perekonomian menjadi mandek.

Ketersediaan BBM sangat tergantung terhadap persediaan Minyak Bumi. BBM diproduksi melewati proses primer maupun proses sekunder dari minyak bumi berdasarkan perbedaan suhu proses menghasilkan berbagai jenis BBM. Oleh karena itu, dalam sistem perencanaan ketersediaan Bahan Bakar Minyak haruslah memperhatikan ketersediaan minyak bumi, selain itu, minyak bumi sebagai bahan baku produksi BBM juga merupakan salah satu sumber penghasil devisa negara yang menjadi komoditas ekspor.

Dari data BP Migas, kita lihat bahwa terjadi penurunan produksi BBM dari tahun 2001 sebesar 256.299.974 barrel menjadi 216.192.621 barrel pada tahun 2005, volume ekspor juga semakin menurun yakni dari tahun 2001 sebesar 241.612.389 barrel menjadi 118.302.860 barrel pada Tahun 2005, Sedangkan volume impor Minyak Mentah pada Tahun 2001 sebesar 117.168.229 dan Tahun 2005 sebesar 118.302.860 barrel. (Tabel 3.1)

Tabel 3.1 Perkembangan Produksi, Ekspor dan Impor Minyak Mentah

TAHUN	PRODUKSI			EKSPOR	IMPOR
	(Barrel)	(Barrel)	(Barrel)	(Barrel)	(Barrel)
	Minyak Mentah	Kondensat	Total	Total	Total
2001	251,284,133	5,015,841	256,299,974	241,612,389	117,168,229
2002	233,931,383	511,704	234,443,087	218,114,944	124,147,819
2003	223,452,201	105,520	223,557,721	189,094,823	137,126,653
2004	216,682,066	2,322,641	219,004,707	178,869,409	148,489,589
2005	212,695,283	3,497,338	216,192,621	159,452,827	118,302,860
TOTAL	1,138,045,066	11,453,044	1,149,498,110	987,144,392	645,235,151

Sumber : Bp Migas, Diolah

3.1.1 Produksi Bahan Bakar Minyak

BBM yang diproduksi dari hasil pengolahan minyak mentah menjadi berbagai jenis produk BBM berdasarkan perbedaan suhu pemanasan tersebut dapat dibagi menjadi 5 produk sebagai berikut.

1. **Avgas** (*Aviation Gasoline*). Bahan Bakar Minyak ini merupakan BBM jenis khusus yang dihasilkan dari fraksi minyak bumi. Avgas didisain untuk bahan bakar pesawat udara dengan tipe mesin sistem pembakaran dalam (*internal combustion*), mesin piston dengan sistem pengapian. Performa BBM ini ditentukan dengan nilai *octane number* antara nilai dibawah 100 dan juga diatas nilai 100 . Nilai *octane* jenis Avgas yang beredar di Indonesia memiliki nilai 100/130.
2. **Avtur** (*Aviation Turbine*). Bahan Bakar Minyak ini merupakan BBM jenis khusus yang dihasilkan dari fraksi minyak bumi. Avtur didisain untuk bahan bakar pesawat udara dengan tipe mesin turbin (*external combustion*). performa atau nilai mutu jenis bahan bakar avtur ditentukan oleh karakteristik kemurnian bahan bakar, model pembakaran turbin dan daya tahan struktur pada suhu yang rendah.
3. **Bensin**. Jenis Bahan Bakar Minyak Bensin merupakan nama umum untuk beberapa jenis BBM yang diperuntukkan untuk mesin dengan pembakaran dengan pengapian. Di Indonesia terdapat beberapa jenis bahan bakar jenis bensin yang memiliki nilai mutu pembakaran berbeda. Nilai mutu jenis BBM bensin ini dihitung berdasarkan nilai RON (*Randon Otcane Number*).
4. **Minyak Tanah** (*Kerosene*). Minyak tanah atau kerosene merupakan bagian dari minyak mentah yang memiliki titik didih antara 150 °C dan 300 °C dan tidak berwarna. Digunakan

selama bertahun-tahun sebagai alat bantu penerangan, memasak, water heating, dll. Umumnya merupakan pemakaian domestik (rumahan), usaha kecil.

5. **Minyak Solar (HSD).** *High Speed Diesel* (HSD) merupakan BBM jenis solar yang memiliki angka performa *cetane number* 45, jenis BBM ini umumnya digunakan untuk mesin transportasi mesin diesel yang umum dipakai dengan sistem injeksi pompa mekanik (*injection pump*) dan *electronic injection*, jenis BBM ini diperuntukkan untuk jenis kendaraan bermotor transportasi dan mesin industri
6. **Minyak Diesel (MDF).** Minyak Diesel adalah hasil penyulingan minyak yang berwarna hitam yang berbentuk cair pada temperatur rendah. Biasanya memiliki kandungan sulfur yang rendah dan dapat diterima oleh Medium Speed Diesel Engine di sektor industri. Oleh karena itulah, diesel oil disebut juga *Industrial Diesel Oil* (IDO) atau *Marine Diesel Fuel* (MDF).
7. **Minyak Bakar (MFO).** Minyak Bakar ini bukan merupakan produk hasil destilasi tetapi hasil dari jenis residu yang berwarna hitam. Minyak jenis ini memiliki tingkat kekentalan yang tinggi dibandingkan minyak diesel. Pemakaian BBM jenis ini umumnya untuk pembakaran langsung pada industri besar dan digunakan sebagai bahan bakar untuk *steam power station* dan beberapa penggunaan yang dari segi ekonomi lebih murah dengan penggunaan minyak bakar. Minyak Bakar tidak jauh berbeda dengan *Marine Fuel Oil* (MFO)

Menurut data dari Dirjen Migas. Produksi Bahan Bakar Minyak dari tahun 2001 sampai tahun 2005 dapat kita lihat pada Tabel 3.2, Produksi Avgas Tahun 2001 sebesar 51.818 barrel mengalami peningkatan produksi pada tahun 2003 sebesar 72.351 barrel sedangkan pada Tahun 2005 sebesar 33.809 barrel dan tahun 2006 sebesar 26.022 barrel. Produksi Avtur pada Tahun 2001 sebesar 8.619.872 barrel meningkat menjadi 10.686.052 barrel pada Tahun 2005 dan 10.645.046 barrel pada Tahun 2006. Produksi Premium pada Tahun 2001 sebesar 73.149.813 barrel, sedangkan pada Tahun 2005 sebesar 71.013.010 barrel. Produksi Kerosine pada Tahun 2001 sebesar 57.991.890 barrel sedangkan pada Tahun 2005 53.720.587 barrel. untuk produksi Solar pada Tahun 2001 sebesar 95.928.983 barrel sedangkan pada Tahun 2005 sebesar 94.632.874 barrel. Produksi minyak diesel pada Tahun 2001 sebesar 9.108.936 barrel sedangkan pada tahun 2005 sebesar 8.558.763 barrel. Produksi minyak bakar pada Tahun 2001 sebesar 35.087.147 barrel sedangkan pada Tahun 2005 sebesar 27.752.094 barrel.

Tabel 3.2 Produksi BBM Tahun 2001 s/d 2006

No	Bahan Bakar Minyak	Produksi BBM (Barrel)					
		2001	2002	2003	2004	2005	2006
1	Avgas	51,818	32,813	72,351	32,245	33,809	26,022
2	Avtur						

		8,619,872	9,420,345	10,703,602	11,215,111	10,686,052	10,645,046
3	Premium	73,149,813	71,092,376	69,573,130	71,936,528	71,013,010	68,457,000
4	Kerosine	57,991,890	56,608,807	58,556,090	56,819,969	53,720,587	53,745,697
5	Solar/ADO/HSD	95,928,983	94,535,879	94,508,736	98,644,780	94,632,874	90,415,233
6	Minyak Diesel/IDO/MDF	9,108,936	8,408,053	7,795,117	10,202,329	8,558,763	3,606,884
7	Minyak Bakar/FO/IFOMFO	35,087,147	37,399,704	33,877,453	30,962,116	27,752,094	24,156,698
Total BBM		279,938,459	277,497,977	275,086,479	279,813,078	266,397,189	251,052,580

Sumber : Dirjen Migas, Diolah

3.1.2 Konsumsi Bahan Bakar Minyak

Menurut Data dari BP Migas, konsumsi energi dunia pada 2004 masih di dominasi oleh minyak bumi, yang mencapai 39,6% dari total kebutuhan sumber energi, diikuti oleh batubara sebesar 20,5% dan gas alam 28,2%. Bila diperhatikan perkembangannya dari tahun ke tahun, terlihat bahwa kebutuhan dunia akan minyak bumi, batubara maupun gas alam mengalami peningkatan yang cukup signifikan setiap tahunnya. Pada Tahun 1990 kebutuhan rata-rata minyak dunia adalah 66,5 juta barel per hari. Angka ini meningkat menjadi 76,7 juta barel per hari pada Tahun 2000, atau mengalami peningkatan sebesar 15,33% dalam jangka waktu 10 tahun. Selanjutnya, pada tahun 2005 kebutuhan rata-rata minyak dunia telah mencapai 83,9 juta barel per hari, yang berarti meningkat sebesar 9,38% dalam jangka waktu sebesar 5 tahun.

Data British Petroleum (BP) tahun 2005 menunjukkan bahwa hampir 47,5% pemakaian energi di Indonesia masih di dominasi oleh Bahan Bakar Minyak (BBM) yang mencapai 55,3 juta ton. Dengan meningkatnya harga BBM di pasaran dunia yang mencapai lebih dari 60 dollar AS per barrel, beban kerugian yang harus ditanggung oleh bangsa Indonesia menjadi semakin berat, karena pemerintah harus menanggung beban subsidi yang cukup besar pada tahun 2006.

Konsumsi BBM berdasarkan sektor pemakai didominasi oleh sektor Transportasi yaitu sebesar 29.966.073 KL (48,29 %) pada Tahun 2005, baru kemudian diikuti oleh sektor Industri sebesar 911.795.661 KL (19,01 %),

kemudian Rumah Tangga sebesar 11.294.676 KL (18,20 %), dan sektor listrik sebesar 9.003.023 KL (14,51 %). (Tabel 3.3). Sedangkan Konsumsi BBM menurut jenisnya yakni; Pada Tahun 2005 konsumsi BBM jenis Solar mendominasi sebesar 27.470.430 KL (44,26 %), kemudian diikuti oleh konsumsi Premium sebesar 17.480.327 KL (28,17 %), selanjutnya Minyak Tanah sebesar 11.385.582 (18,35 %) Minyak Bakar sebesar 4.827.884 KL (7,78 %) dan yang terakhir adalah Minyak diesel sebesar 895.210 KL (1,44 %).(Tabel 3.4).



Tabel 3.3 Konsumsi BBM Pada Sektor Pemakai Tahun 2000-2005

SEKTOR	TAHUN									
	2001		2002		2003		2004		2005	
	Vol (Kl)	Percent (%)	Vol (Kl)	Percent (%)	Vol (Kl)	Percent (%)	Vol (Kl)	Percent (%)	Vol (Kl)	Percent (%)
RUMAH TANGGA	12,242,482	21.75	11,622,937	20.32	11,704,403	20.23	11,787,354	19.14	11,294,676	18.20
TRANSPORTASI	26,407,462	46.91	26,766,910	46.80	27,110,259	46.85	29,520,779	47.92	29,966,073	48.29
INDUSTRI	12,610,242	22.40	12,259,498	21.43	11,197,083	19.35	13,494,758	21.91	11,795,661	19.01
LISTRIK	5,037,918	8.95	6,548,939	11.45	7,852,355	13.57	6,796,916	11.03	9,003,023	14.51
TOTAL	56,298,104	100	57,198,284	100	57,864,100	100	61,599,807	100	62,059,433	100

Sumber : Dirjen Migas, Diolah

Tabel 3.4 Konsumsi Berdasarkan Jenis BBM Tahun 2000-2005

JENIS BBM	TAHUN									
	2001		2002		2003		2004		2005	
	Vol (Kl)	Percent (%)	Vol (Kl)	Percent (%)	Vol (Kl)	Percent (%)	Vol (Kl)	Percent (%)	Vol (Kl)	Percent (%)
PREMIUM	13,067,218	23.21	13,629,641	23.83	14,647,489	25.31	16,418,016	26.65	17,480,327	28.17
MINYAK TANAH	12,280,263	21.81	11,675,890	20.41	11,753,109	20.31	11,846,119	19.23	11,385,582	18.35
MINYAK SOLAR	23,356,998	41.49	24,275,582	42.44	24,064,458	41.59	26,487,751	43.00	27,470,430	44.26
MINYAK DIESEL	1,434,264	2.55	1,359,545	2.38	1,183,478	2.05	1,093,414	1.78	895,210	1.44
MINYAK BAKAR	6,159,361	10.94	6,257,626	10.94	6,215,566	10.74	5,754,507	9.34	4,827,884	7.78
TOTAL	56,298,104	100	57,198,284	100	57,864,100	100	61,599,807	100	62,059,433	100

Sumber : Dirjen Migas, Diolah

Tabel 3.5 Konsumsi BBM DKI Jakarta Tahun 2005

No	Jenis BBM/Distribusi	Bulan Tahun 2005 (Kilo Liter)												Jumlah (Kilo Liter)
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Sepetember	Oktober	November	Desember	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Avgas	51	14	77	21	37	46	53	15	24	62	36	51	487
2	Avtur	97,699	82,030	74,397	76,439	77,338	75,887	87,153	82,926	82,365	76,523	73,048	93,160	978,965
3	Premium/Gasoline	485,427	471,408	477,039	486,632	511,497	494,481	529,078	527,371	558,862	452,067	462,415	484,010	5,940,287
4	Minyak Tanah/Kerosine	330,436	304,351	339,731	323,957	322,680	324,135	321,626	333,277	325,914	297,783	252,614	288,948	3,765,452
a	R. Tangga/Household	328,146	302,366	338,341	321,727	320,230	321,235	318,811	330,722	323,509	295,723	250,874	286,483	3,738,167
b	Industri/Manufacturing	2,290	1,985	1,390	2,230	2,450	2,900	2,815	2,555	2,405	2,060	1,740	2,465	27,285
5	Solar/ADO/HSD	485,593	468,441	502,480	477,039	478,217	510,962	520,983	511,245	675,193	408,112	541,975	498,630	6,078,870
a	Transportasi	272,585	262,316	266,951	275,562	272,043	280,213	296,516	296,147	314,852	240,918	203,825	255,095	3,237,023
b	Industri/Manufacturing	163,974	154,823	161,045	156,328	158,350	161,673	161,019	156,994	139,059	128,323	93,062	114,486	1,749,136
c	Listrik	49,034	51,302	74,484	45,149	47,824	69,076	63,448	58,104	221,282	38,871	245,088	129,049	1,092,711
6	Minyak Diesel/IDO/MDF	57,643	52,642	55,344	55,077	55,914	55,962	54,808	48,857	38,285	44,440	32,375	38,771	590,118
a	Transportasi	1,995	1,839	1,490	1,365	1,106	1,486	1,800	2,097	1,805	380	375	667	16,405
b	Industri/Manufacturing	55,648	50,803	53,854	53,712	54,808	53,976	52,758	46,760	36,480	44,060	32,000	38,104	572,963
c	Listrik	-	-	-	-	-	500	250	-	-	-	-	-	750
7	Minyak Bakar/FO/IFOMFO	116,755	162,388	118,381	112,957	104,515	104,825	122,903	166,145	112,519	314,764	84,966	266,579	1,787,697
a	Transportasi	10,303	13,554	13,737	9,439	8,626	10,273	7,624	6,493	6,520	5,753	3,028	4,095	99,445
b	Industri/Manufacturing	90,852	84,578	83,644	82,518	74,889	73,752	94,279	94,011	88,599	262,017	58,938	188,490	1,276,567
c	Listrik	15,600	64,256	21,000	21,000	21,000	20,800	21,000	65,641	17,400	46,993	23,000	73,993	411,683
Jumlah/Total		1,573,604	1,541,274	1,567,449	1,532,122	1,550,198	1,566,298	1,636,604	1,669,836	1,793,162	1,593,751	1,447,429	1,670,149	19,141,876

Sumber : BPS DKI Jakarta, Diolah

3.2 BIODIESEL SUBSTITUSI BBM

Melihat peranan minyak bumi yang besar tersebut, berbagai strategi telah diterapkan dalam pemenuhan kebutuhan energi nasional, seperti beberapa waktu yang lalu telah dilakukan upaya untuk menekan pertumbuhan penggunaan bahan bakar minyak (BBM) dengan menggunakan bahan bakar non-minyak untuk memenuhi energi di dalam negeri. Penyediaan energi non-minyak untuk memenuhi kebutuhan energi di dalam negeri terus dikembangkan, namun sampai saat ini belum banyak berperan. Pemanfaatan energi nonminyak yang sudah berhasil antara lain adalah batubara dan gas bumi sebagai bahan bakar di pembangkit listrik. Selain hal tersebut diatas, upaya diversifikasi juga telah dilakukan dengan memproduksi biosolar dan biopetromax oleh Pertamina yang nantinya diharapkan dapat juga menekan dan sebagai produk substitusi BBM sehingga pemenuhan kebutuhan energi nasional dapat terkendali.

Biodiesel merupakan alternatif bahan bakar yang sangat menjanjikan. Selain untuk, dijadikan sebagai produk untuk substitusi BBM juga sebagai produk yang ramah lingkungan. Sehingga emisi gas buang yang dikhawatirkan menjadi sumber penyakit bagi manusia dapat diminilisir dengan biodiesel ini. Sebagai produk nabata yang berasal dari tumbuh-tumbuhan ini, diharapkan mampu menjadi pengganti BBM suatu saat nanti dimana BBM kian hari semakin menipis persediaannya. Biodiesel yang merupakan hasil dari proses transterifikasi dari minyak sawit (CPO) dengan katalis methanol ini masih terbatas. Jenis Produk yang dipasarkan saat ini masih pada produk biodiesel dengan campuran 95 persen diesel Solar dan mengandung 5 persen CPO yang diblending pada Kilang Pertamina.

Biosolar yang telah kita temukan di berbagai SPBU di DKI Jakarta merupakan Biosolar hasil pencampuran dari Biodiesel dari CPO (Crude Palm Oil) dengan Minyak Solar Pertamina. Bahan Baku dari Biodiesel tersebut yang diproduksi dari CPO (Crude Palm Oil) dihasilkan dari hasil pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit yang kemudian diblending dengan solar sehingga

nanti menjadi Biosolar yang kita kenal dengan produk B-5, B-10, B-20, B-50 dan B-100.

Beberapa Komoditi pertanian yang telah siap untuk dimanfaatkan sebagai Sumber bahan Bakar Nabati khususnya Biodiesel adalah Tanaman Kelapa Sawit, Jarak Pagar dan Minyak Kelapa. Untuk minyak kelapa sawit, penyediaan sebagai substitusi Solar dan yang akan diproses menjadi biodisel relatif tersedia, namun perlu pengalokasian yang lebih optimal terutama untuk kebutuhan minyak makan dalam negeri, penyediaan ekspor dan penyediaan untuk substitusi solar. Sedangkan untuk minyak jarak baru pada tahap perencanaan dan penelitian yang mendalam untuk menjadi penopang lahirnya industri biodiesel berbahan baku Jarak Pagar.

Dalam Pemenuhan ketersediaan Bahan Baku Biodiesel dari Minyak Sawit, beberapa pertimbangan yang harus dijadikan sebagai acuan dalam analisis ketersediaan bahan baku Biodiesel khususnya Bahan Baku CPO seperti; Luas areal Kelapa Sawit, Perkembangan produksi kelapa sawit, perkembangan konsumsi minyak kelapa sawit, perkembangan volume ekspor dan impor kelapa sawit di Indonesia.

3.2.1 Perkembangan Luas Areal Kelapa Sawit

Perkembangan luas areal kelapa sawit di Indonesia sejak tahun 1969 hingga tahun 2005 terus meningkat (Tabel 3.3). Dengan laju pertumbuhan sebesar 12,64 persen pertahun. Pada periode tahun 1969-1978 perkebunan kelapa sawit di Indonesia hanya diusahakan oleh perkebunan Besar Nera (PBN) dan Perkebunan Besar Swasta (PBS), kemudian pada tahun 1979 Perkebunan Rakyat (PR) baru mengusahakan kelapa sawit dengan luas sebesar 3.125 Ha. Sehingga pada tahun 1979 total luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai angka sebesar 160.939 Ha dan meningkat menjadi 5.453.817 Ha pada tahun 2005.

Tabel 3.6 Perkembangan Luas Areal Perkebunan Kelapa Sawit

Tahun	Area (Ha)			Total
	Petani	Perekebunan Negara	Perkebunan Swasta	
2001	1,561,031	609,947	2,542,457	4,713,435
2002	1,808,424	631,566	2,627,068	5,067,058
2003	1,854,394	662,803	2,766,360	5,283,557
2004	2,220,338	605,865	2,458,520	5,284,723
2005	2,356,895	529,854	2,567,068	5,453,817
Total	9,801,082	3,040,035	12,961,473	25,802,590

Sumber : Ditjen Perkebunan

Berdasarkan data rata-rata luas areal perkebunan kelapa sawit tahun 2001-2005, menurut jenis pengusaannya, luas areal perkebunan kelapa sawit nasional didominasi oleh PBS sebesar 50,23 persen. Sisanya 37,98 persen PR dan 11,78 persen PBN.

3.2.2 Perkembangan Produksi

Sejalan dengan perkembangan luas areal, produksi kelapa sawit dalam bentuk sawit/CPO (Crude Palm Oil) di Indonesia juga terus mengalami peningkatan sejak tahun 1969 hingga tahun 2005 dengan laju pertumbuhan sebesar 11,97 persen pertahun. Pada tahun 1969 produksi CPO Indonesia tercatat sebesar 188.801 ton meningkat menjadi 11.861.615 ton pada tahun 2005. Berdasarkan data rata-rata produksi kelapa sawit (CPO) tahun 2001-2005, terdapat 6 provinsi sentra produksi kelapa sawit yang memberikan kontribusi produksi terbesar terhadap total produksi kelapa sawit nasional. Ke enam provinsi tersebut adalah Riau (31,07%), Sumatera Utara (15,47%), Sumatera Selatan (12,96%), Jambi (11,17%), Kalimantan Barat (6,35%).

Bila kita hitung dengan perhitungan konservatif rata-rata produksi kelapa sawit 2 Ton per Hektar. CPO yang diproduksi di Indonesia sebagian besar atau sekitar 72% s.d 73% diperuntukkan sebagai bahan baku pembuatan minyak goreng, sedangkan sisanya untuk membuat sabun. Demikian pula, CPO Parit sebagai produk samping dari pembuatan CPO, jumlahnya diperkirakan hanya 1

% dari produksi CPO. CPO parit tersebut biasanya dijual untuk pembuatan sebaga bahan baku sabun. Oleh karena itu, potensi kelapa sawit untuk dibuat CPO yang kemudian dipergunakan untuk membuat biodiesel untuk bahan bakar kendaraan perlu dipertimbangkan penyediannya. CPO minyak goreng tersebut memerlukan prose lebih lanjut lagi sebelum dipergunakan sebagai biodiesel yang memenuhi spesifikasi tertentu untuk dipergunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor pada sektor transportasi

Tabel 3.7 Produksi CPO di Indonesia 2001 – 2005

Tahun	Produksi (Ton)			Total
	Petani	Perekebunan Negara	Perkebunan Swasta	
2001	2,798,032	1,519,289	4,079,151	8,396,472
2002	3,426,740	1,607,734	4,589,871	9,624,345
2003	3,517,324	1,750,651	5,172,859	10,440,834
2004	3,847,157	1,617,706	5,365,526	10,830,389
2005	4,500,769	1,449,254	5,911,592	11,861,615
Total	18,090,022	7,944,634	25,118,999	51,153,655

Sumber : Ditjen Perkebunan

3.2.3 Perkembangan Konsumsi Minyak Kelapa Sawit (CPO)

Berdasarkan Hasil Survei Sosial Ekonomi (Susenas) yang dilakukan oleh BPS (Biro Pusat Statistik) setiap 3 tahun sekali, konsumsi per kapita minyak kelapa sawit nasional terus mengalami peningkatan sejak tahun 1984 hingga tahun 2005, dengan rata-rata laju pertumbuhan sebesar 11,23 persen per tahun. Konsumsi minyak kelapa sawit di Indonesia pada tahun 1984 tercatat sebesar 2,29 Kg/kapita terus meningkat menjadi sebesar 4,80 kg/kapita pada tahun 2005.

3.2.4 Perkembangan Harga Minyak Kelapa Sawit

Perkembangan harga minyak kelapa sawit Indonesia di tingkat produsen dari tahun 1991 hingga 2005 cukup berfluktuasi. Harga minyak kelapa sawit di tingkat produsen tertinggi terjadi pada tahun 1998 yaitu sebesar Rp. 3.943/Kg. Rata-rata laju pertumbuhan harga kelapa sawit di tingkat produsen selama periode tahun 1991-2005 adalah sebesar 19,21 persen.

3.2.5 Perkembangan Ekspor Impor

Sebagian besar ekspor kelapa sawit Indonesia adalah dalam bentuk minyak kelapa sawit dan minyak inti kelapa sawit. Perkembangan volume ekspor kelapa sawit Indonesia sejak tahun 1969 hingga tahun 2005 sedikit fluktuasi namun cenderung terus meningkat, dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 22,47 persen per tahun. Pada tahun 1969 total volume ekspor kelapa sawit sebesar 179.133 ton. Dengan nilai sebesar US\$23.978 ribu. Kemudian pada tahun 2005 meningkat menjadi 11.419.386 ton dengan nilai sebesar US \$ 4.344.039 ribu.

Disamping mengekspor kelapa sawit juga melakukan impor yang dilakukan sejak tahun 1981. Berbeda perkembangannya dengan volume ekspor, perkembangan volume impor kelapa sawit Indonesia sejak tahun 1981 hingga tahun 2005 sangat fluktuatif namun cenderung menurun. Pada tahun 1981 total volume impor kelapa sawit sebesar 4.890 ton. Dengan nilai sebesar US \$ 1.764.996 ribu turun menjadi 98.351 ton dengan nilai sebesar US \$ 8.467 ribu pada tahun 2005.

3.2.6 Potensi Kebutuhan dan Penyediaan Biofuel

Dengan semakin meningkatnya pertumbuhan ekonomi, kebutuhan BBM sebagai motor penggerak perekonomian juga akan menjadi pusat perhatian agar stabilitas perekonomian tetap terjaga. Pertamina sebagai wakil pemerintah yang ditugaskan bertanggung jawab sebagai penyedia BBM telah merencanakan langkah-langkah yang akan diambil dalam mengimplementasikan peraturan pemerintah yaitu upaya diversifikasi BBM dengan Bahan Bakar Nabati dengan maksimal 10% pencampuran biofuel untuk substitusi BBM. Dengan mengacu pada peraturan tersebut, dalam memenuhi kebutuhan BBM untuk transportasi yaitu premium/gasoline 17.000.000 kiloliter/tahun, Gas oil 11.000.000/tahun, kebutuhan akan biofuel dengan maksimal pencampuran 10% akan membutuhkan Ethanol (Gasohol E-10) 1.700.000 kiloliter dan Fame (Biodiesel E010) 1.100.000 kiloliter.

Dalam memenuhi kebutuhan Biofuel tersebut, Pertamina telah bekerjasama dengan berbagai perusahaan penyedia Biofuel yaitu:

1. FAME

- a. Eterindo (Jakarta & Surabaya) 120.000 Ton/tahun
- b. Platinum (Jakarta) 40.000 Ton/Tahun

- c. Sumi Asih (Jakarta) 100.000 Ton/Tahun
- d. PT. Wilmart (Dumai) 350.000 Ton/Tahun
- e. Nularbor (Jakarta) 2.500.000 Ton/Tahun
- f. NBF (Jakarta) 1000.000 Ton/Tahun

2. ETHANOL

- a. PT. Molindo (Malang) 50.000 Ton/Tahun
- b. PT. RNI 14.000 Ton/Tahun
- c. PT. Medco (Lampung) 60.000 Ton/Tahun
- d. PT. Indo Acidatama (Lampung) 50.000 Ton/Tahun
- e. PT. Sampoerna 50.000 Ton/Tahun

3.3 KAJIAN WILAYAH DKI JAKARTA

DKI Jakarta merupakan provinsi yang sekaligus sebagai Ibukota Negara. Terdiri dari 5 kotamadya/kabupaten yakni Kotamadya Jakarta Timur, Kotamadya Jakarta Barat, Kotamadya Jakarta Utara, Kotamadya Jakarta Selatan dan Kepulauan Seribu. Sebagai Ibu kota Indonesia, Jakarta sangat menarik bagi pendatang dari seluruh Indonesia, terlebih lagi apalagi pada masa era sentralisasi ekonomi yang menyebabkan kesenjangan pembangunan ekonomi antar daerah. Sentralisasi Pembangunan ekonomi di era orde baru yang ditandai dengan tidak meratanya pembangunan dan pertumbuhan di pusat dan daerah menyebabkan arus urbanisasi yang besar. Arus urbanisasi sangat sulit untuk dibendung khususnya DKI Jakarta. DKI Jakarta sebagai barometer Indonesia ini, memberikan harapan besar bagi masyarakat yang datang dari daerah untuk mencari penghidupan dalam peningkatan kesejahteraan hidup. Inilah yang membawa berbagai persoalan bagi sebuah daerah seperti DKI Jakarta.

Pertambahan penduduk akibat arus urbanisasi dari berbagai daerah seperti Suku Betawi, Jawa, Sunda, Minang, Batak, Bugis dan Tionghoa tak terbendung, ditambah lagi dari pertambahan penduduk lokal DKI Jakarta sendiri. Saat ini. Jumlah penduduk di Jakarta sekitar 9.041.605 (2005) pada malam hari. Namun pada siang hari, angka tersebut akan bertambah seiring datangnya para pekerja dari kota satelit seperti Bekasi, Tangerang, Bogor, dan Depok. Kota/kabupaten

yang paling padat penduduknya adalah Jakarta Timur dengan 2.393.788 penduduk, sementara Kepulauan Seribu adalah kabupaten dengan paling sedikit penduduk, yaitu 22.112 jiwa.

Pertambahan penduduk sangat meresahkan pemerintah daerah dimana Luas wilayah DKI Jakarta yang hanya 661,52 km² dengan kepadatan penduduk mencapai 13,4 ribu/ km² sehingga menjadikan kota ini menjadi kota terpadat penduduknya di Indonesia.

Tabel 3.8 Luas Wilayah, Penduduk dan Kepadatan Penduduk DKI Jakarta

Kotamadya/Kabupaten	Luas/Area (km ²)	Jumlah Penduduk (Orang)	Kepadatan Penduduk
1	2	3	4
Jakarta Selatan	145.73	1,995,214	13,691
Jakarta Timur	187.75	2,393,788	12,750
Jakarta Pusat	48.20	861,531	17,874
Jakarta Barat	126.15	2,322,232	18,408
Jakarta Utara	141.88	1,446,728	10,197
Kepulauan Seribu	11.81	22,112	1,872
Jumlah	661.52	9,041,605	13,668

Sumber ; BPS DKI Jakarta, Diolah

3.3.1 Pertumbuhan PDRB DKI Jakarta

Jakarta memiliki unggulan potensi ekonomi berupa letaknya yang strategis dan menjadi potret mininya Indonesia. Di samping itu Jakarta juga memiliki sarana penunjang ekonomi yang memadai sehingga memungkinkan perekonomian Jakarta dapat bergerak optimal. Unggulan potensi ekonomi tersebut telah membuahkan selama lima tahun terakhir (2002-2007) telah memberi kontribusi terhadap PDB sebesar 16-17 persen. Angka ini merupakan paling besar dibandingkan dengan provinsi-provinsi lainnya. Dari sisi pertumbuhan, selama lima tahun terakhir perekonomian Jakarta tumbuh rata-rata 6 persen. Namun meskipun angka ini dibawah angka pertumbuhan sebelum krisis, paling tidak memberikan sinyal untuk menuju kondisi lebih baik di masa mendatang.

Bila di masa krisis pertumbuhan ekonomi Jakarta mengalami kontraksi minus 17,49 persen dan jauh lebih rendah dari pertumbuhan Nasional saat itu sebesar minus 13,13 persen, pada tahun 2002 pertumbuhan PDRB sudah mencapai 4,89 persen. Pertumbuhan ini terus meningkat menjadi 6,01 persen tahun

2005 dan 5,90 persen di tahun 2006. Pertumbuhan tahun 2006 lebih lambat dibanding tahun 2005, karena dampak kenaikan BBM pada triwulan terakhir tahun 2005. PDRB (*atas dasar harga berlaku*) mengalami peningkatan dalam lima tahun terakhir, dari Rp.299,97 triliun pada tahun 2002 menjadi Rp.500,76 triliun pada tahun 2006.

Sebagai tulang punggung perekonomian Jakarta, sektor jasa (tersier) memiliki peranan 70 persen yang dapat dilihat kontribusinya pada PDRB. Pembentuk sektor tersier meliputi sektor perdagangan sekitar 20 persen, sektor jasa keuangan, persewaan dan jasa perusahaan 31 persen, serta sektor pengangkutan dan komunikasi, serta sektor jasa-jasa lainnya. Angka tersebut memberikan gambaran struktur perekonomian Jakarta mengarah kepada struktur jasa (*service city*). Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi, PDRB per kapita penduduk juga meningkat rata-rata 12,86 persen selama lima tahun terakhir, dari Rp.35,2 juta tahun 2002 menjadi Rp.57,3 tahun 2006, sedangkan PDRB per kapita atas dasar harga konstan tumbuh rata-rata 4,76 persen dari Rp.29,5 juta menjadi Rp.35,7 juta.

Perekonomian Jakarta tahun 2002-2006 menunjukkan prestasi yang cukup menggemblirakan. Jakarta memiliki keunggulan potensi ekonomi berupa letaknya yang strategis dan menjadi potret mini Indonesia. Di samping itu Jakarta juga memiliki sarana penunjang ekonomi yang memadai seperti sarana transportasi, lembaga keuangan, infrastruktur energi dan sarana komunikasi. Unggulan potensi ekonomi tersebut telah membuahkan perbaikan perekonomian DKI Jakarta. Dalam kurun 5 tahun terakhir telah memberikan kontribusi terhadap PDB sebesar 16-17 persen. Angka ini merupakan paling besar dibandingkan dengan provinsi-provinsi lain. Oleh karena itu kondisi perekonomian nasional sangat dipengaruhi oleh kondisi perekonomian Jakarta. Pertumbuhan selama 5 tahun terakhir perekonomian Jakarta tumbuh rata-rata 6 persen. Angka ini jauh lebih besar dibandingkan dengan pertumbuhan ekonomi pada sebelum saat krisis moneter. Pada masa krisis moneter, pertumbuhan ekonomi Jakarta sempat mengalami kontraksi sebesar minus 17,49 persen dan jauh lebih rendah dari nasional yang sebesar minus 13,13 persen, maka pada tahun 2002 pertumbuhan ekonomi sudah

menjadi 4,89 persen. Pertumbuhan ini meningkat terus menjadi 6,01 persen tahun 2005 dan sedikit mengalami perlambatan pada tahun 2006 menjadi 5,90 persen. Perlambatan pertumbuhan yang terjadi pada tahun 2006 merupakan dampak dari kebijakan Pemerintah Pusat menaikkan BBM pada akhir tahun 2005. Kemampuan *recovery* perekonomian Jakarta dapat memulihkan pertumbuhan ekonomi dari kontraksi minus 17 persen kembali positif dalam waktu empat tahun. Hal ini memberikan harapan untuk dapat mencapai kondisi perekonomian yang lebih baik.

Tabel 3.9 Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) DKI Jakarta
Harga Konstan 2000

Produk Domestik Regional Bruto Atas Dasar Harga Konstan 2000 Menurut Sektor Pengeluaran (Juta Rupiah)				
<i>Gross Regional Domestic Product at Constant 2000 Market Prices (Million Rupiahs)</i>				
DKI Jakarta, 2003 - 2006				
Jenis Pengeluaran	2003	2004	2005*)	2006**)
<i>Type Expenditure</i>				
-1	2	-3	-4	-4
I. SEKTOR PRIMER / PRIMARY SECTOR	291.285	287.574	290.599	292.485
1.1. Pertanian / <i>Agriculture</i>	291.285	287.574	290.599	292.485
II. SEKTOR SEKUNDER / SECONDARY SECTOR	75.184.741	78.031.600	83.165.559	87.821.703
2.1. Pertambangan/Penggalian / <i>Mining Quarrying</i>	1.059.606	987.492	915.977	933.061
2.2. Industri Pengolahan / <i>Manufacturing Industry</i>	46.063.293	48.707.026	51.177.800	53.646.724
2.3. Listrik, Gas dan Air Bersih / <i>Electricity, Gas and Water Supply</i>	1.749.704	1.848.696	1.977.202	2.075.804
2.4. Bangunan/ <i>Construction</i>	26.312.138	27.475.878	29.094.580	31.166.114
III. SEKTOR TERSIER / TERTIARY SECTOR	188.148.216	199.218.157	211.814.387	224.586.113
3.1. Perdagangan, Hotel & Restoran / <i>Trade, Hotels & Restaurants</i>	55.020.400	58.848.583	63.492.894	67.684.399
3.2. Pengangkutan dan Komunikasi/ <i>Transport and Communication</i>	18.254.714	20.559.713	23.290.709	26.608.519
3.3. Keuangan, Persewaan & Jasa Perusahaan / <i>Financial, Ownership & Business Services</i>	83.803.540	87.294.377	90.870.317	94.280.866
3.4. Jasa-jasa / <i>Services</i>	31.069.562	32.515.484	34.160.467	36.012.329
PDRB DKI Jakarta / Gross Domestic Regional Product of DKI Jakarta	263.624.242	278.524.823	295.270.319	312.700.301

Sumber : BPS, 2007

3.3.2 Transportasi di DKI Jakarta

Transportasi sebagai sarana alat angkut dan jasa merupakan instrumen yang sangat vital dalam menggerakkan roda perekonomian sebuah daerah khususnya DKI Jakarta. Transportasi di DKI Jakarta saat sekarang ini menjadi persoalan yang tak kunjung selesai dan menjadi warisan masalah setiap terjadi pergantian kepala pemerintahan di DKI Jakarta. Transportasi DKI bukanlah menjadi persoalan lokal daerah DKI Jakarta akan tetapi sudah menjadi menjadi persoalan negara dan bangsa Indonesia. Ketersediaan transportasi yang memadai akan mempercepat mobilitas aktivitas masyarakat dalam menggerakkan roda ekonomi dan begitupun sebaliknya. Oleh karena itu di DKI Jakarta, haruslah tersedia sebuah konsep transportasi dan penataan jalan raya dan jalan tol yang melayani seluruh kota, oleh karena perkembangan jumlah mobil dengan jumlah jalan sangatlah timpang (5-10% dengan 4-5%). Panjang jalan di Wilayah DKI Jakarta adalah 7.650,93 km.

Pertumbuhan kendaraan bermotor di Jakarta rata-rata naik 12.76% per tahunnya. Dari data Dinas Perhubungan DKI Jakarta tahun 2007 menyebutkan jumlah kendaraan bermotor di Jakarta sekitar 5.403.743 kendaraan meliputi mobil penumpang (27,75%), bus (4,74%), truk (7,51%) dan motor (59,99%). Kepadatan arus lalu lintas kendaraan bermotor yang pertumbuhannya dari tahun ke tahun sangat signifikan yang tidak diikuti dengan penambahan area jalan akan menyebabkan kemacetan arus lalu lintas yang berujung pada kemacetan total yang akan menyebabkan pergerakan ekonomi masyarakat akan mandek.

Dari data statistik menunjukkan bahwa pada tahun 2005 kondisi kendaraan umum DKI Jakarta sebanyak 22.339 bis kota yang beroperasi, yang terdiri dari bus besar sejumlah 4.418, bus sedang sejumlah 4.937 dan bus kecil sebanyak 12.984 unit. Berbagai macam kendaraan bermotor banyak memadati sepanjang jalan kota Jakarta, jumlah kendaraan ini terus bertambah setiap tahun. Jumlah kendaraan bermotor tahun 2005, tidak termasuk kendaraan TNI/POLRI dan CD, terdaftar 7,23 juta buah, terdiri dari sepeda motor, mobil penumpang, mobil beban dan mobil bis. Data-data tersebut di atas dapat dilihat pada tabel 3.9 dan tabel 3.10

Tabel 3.10 Jumlah Kendaraan Bermotor yang Terdaftar (Tidak Termasuk TNI,POLRI dan CD) Menurut Bulan dan Jenis Kendaraan, 2005

JENIS KENDARAAN	2002	2003	2004	2005	2006
MOBIL PENUMPANG	1,196,060	1,269,553	1,361,239	1,449,207	1,499,610
BUS	254,594	254,869	255,307	255,829	256,207
TRUK	366,393	383,590	399,691	405,213	405,836
SEPEDA MOTOR	1,941,923	2,202,637	2,534,480	2,887,172	3,242,090
JUMLAH	3,758,970	4,110,649	4,550,717	4,997,421	5,403,743

Sumber : Dinas Perhubungan DKI Jakarta, Tahun 2007

Tabel 3.11 Jumlah Bus Kota yang Beroperasi Menurut Perusahaan, 2005

No	Nama Perusahaan	Jumlah Bus (Unit)	Jumlah Trayek
1	2	3	4
I	Bus Besar	4,418	264
1	Perum PPD	1,700	68
2	PT. Mayasari Bakti	1,595	102
3	PT. Ikawali Pusaka J	-	-
4	PT. Pahala Kencana	40	15
5	PT. Bianglala	149	8
6	PT. Steady Safe	499	48
7	Pt. Giri Indah Andalan	-	-
8	PT. Agung Bhakti	25	3
9	Koperasi ARH	25	1
10	PT. Koda Jaya	120	6
11	PT. Jasa Utama	25	2
12	Koperasi Himpurna	85	6
13	PT. Metro Mini	64	4
14	Kopaja	-	-
15	BP. Trans Jakarta	91	1
II	Bus Sedang	4,937	93
16	PT. Metro Mini	3,088	53
17	Kopaja	1,467	27
18	Koantas Bima	185	7
19	Kopami Jaya	163	3
20	PT. Jawa Dian Mitra	34	3
III	Bus Kecil	12,984	135
21	Mikrolet	6,746	53
22	APK/KWK	6,238	82
Jumlah/Total		22,339	492

Sumber ; BPS Statistik DKI Jakarta, Dinas Perhubungan DKI Jakarta, Diolah

3.3.3 Konsumsi BBM DKI Jakarta

Sebagai wilayah kajian, DKI Jakarta menurut Data Statistik menunjukkan bahwa Konsumsi BBM yang terbesar adalah jenis Solar baru premium. Pada Tahun 2005 konsumsi Solar sebesar 6.078.870 Kilo Liter, sedangkan premium sebesar 5.940.287 Kilo Liter. Bila dilihat dari sektor pemakai Solar yang mendominasi adalah Sektor Transportasi dengan konsumsi solar sebesar 3.037.023 Kilo Liter. (Tabel 3.5).

Dalam mendistribusikan BBM maupun Bahan Bakar lainnya Pertamina membutuhkan berbagai stasium pengisian Bahan Bakar (SPBU). Jumlah SPBU di DKI Jakarta 253 Buah. Yang dibagi dalam III rayon yaitu; rayon I Jakarta Pusat 26 SPBU dan Jakarta Barat 43 SPBU, Rayon II Jakarta Utara 33 SPBU dan Jakarta Timur 71 SPBU, sedangkan Rayon III yaitu Jakarta Selatan ada 80 SPBU. Selain SPBU Pertamina SPBU Asing juga berkembang pesat. Ada 12 SPBU Asing di DKI Jakarta yaitu; di Rayon I Jakarta Pusat ada 3 SPBU, Jakarta Barat 3 SPBU, Rayon II Jakarta Utara 1 SPBU, Jakarta Timur 1 SPBU, dan Rayon III Jakarta Selatan ada 4 SPBU. Sedangkan pendistribusin Bahan Bakar Alternatif yaitu Bahan Bakar Gas (BBG) terdapat 16 SPBG yaitu di Rayon I Jakarta Pusat 1 SPBG, Jakarta Barat 4 SPBG, Rayon II Jakarta Utara 3 SPBG, Jakarta Timur 5 SPBG dan pada Rayon III Jakarta Selatan ada 3 SPBG.

3.3.4 Kualitas Lingkungan Hidup Jakarta

Seiring dengan semakin meningkatnya pertumbuhan ekonomi DKI Jakarta yang diikuti dengan meningkatnya aktivitas kegiatan industri dan transportasi yang berkontribusi pada penurunan kualitas udara ambien dan atmosfer. Penurunan kualitas udara ambien ini terjadi karena emisi yang berasal dari industri, transportasi, domestik ataupun kebakaran hutan telah melampaui daya dukung lingkungan sehingga tidak dapat dinetralkan secara alami.

Emisi yang dihasilkan dari aktivitas diatas ada yang bersifat gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nito-oksida (N_2O), yang dapat mengakibatkan pemanasan global dan perubahan iklim. Di samping itu masih digunakan ODS (*ozone depleting substances*) di berbagai sektor dapat mengakibatkan penipisan lapisan ozon. Ketiga permasalahan tersebut dapat dikategorikan sebagai persoalan yang skala regional dan global karena lintas batas

sedangkan dalam skala mikro pencemaran udara dalam ruangan juga merupakan ancaman yang perlu mendapat perhatian.

Kondisi Udara DKI Jakarta saat sekarang ini, meningkat tajam. Analisa Bank Dunia, menempatkan Kota DKI Jakarta sebagai kota ketiga berpolusi udara terburuk setelah Meksiko, Bangkok dan Thailand. Kualitas udara di Jakarta pada tahun 2004 berada dalam kategori baik sampai tidak sehat dengan parameter pencemar utama berupa PM10, O₃, dan CO. Dari hasil pemantauan Kualitas Udara Tahun 2004 Jumlah hari DKI Jakarta ketegori sehat hanya 18 hari, kategori sedang 264 hari sedangkan kategori tidak sehat 12 hari.

Dalam seminar internasional *The Utilization of Catalytic Converter and Unleaded Gasolinne for Vehicle* terungkap bahwa 70 persen gas beracun yang ada di udara, terutama di kota besar, berasal dari kendaraan bermotor. Lebih dari 20 persen kendaraan di Jakarta diperkirakan melepas gas beracun melebihi ambang batas yang dinyatakan aman. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor akan meningkatkan pemakaian bahan bakar gas, dan hal itu akan membawa risiko pada penambahan gas beracun di udara terutama CO, HC, SO₂. Pencemaran udara yang diakibatkan oleh polusi sisa pembakaran kendaraan bermotor di Indonesia dari tahun ke tahun memperlihatkan kecenderungan meningkat, tetapi pencegahan dari pemerintah selama ini dinilai berbagai kalangan masih amat kurang.

Angkutan darat berperan memberikan kontribusi pencemaran dengan komposisi 78,32% (SO₂), 29,18% (NO₂), 62,62 % (HC), dan 85,78 % (CO), serta debu 6,9%. Motor berdasarkan data studi kualitas udara di Jakarta 1997 menunjukkan polusi sangat besar. Selama satu tahun mengeluarkan CO 120.002 ton, HC 38.302 ton, NO₂ 971 ton, SO₂ 101 ton, dan PM 101 ton. Kendaraan penumpang mengeluarkan CO 197.055 ton, HC 26.492 ton, NO₂ 29.382 ton, SO₂ 1.433 ton, dan PM 2.134 ton per tahun. Belum lagi kendaraan lain sehingga tidak salah kalau keluarnya peraturan baru sangat mendesak. Pada pengukuran kualitas ambient DKI Jakarta diestimasi : nitrogen oxides (NO_x) 120 µg/m³; sulfur dioxide (SO₂) 28µg/m³; partikel yang baik kurang dari 10 µm dalam diameter (PM₁₀) 81 µg/m³; dan ozone (O₃) 42 µg/m³ (Syahril et. al., 2002).

3.4 METODE PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Setelah data-data didapatkan dari Badan Pusat Statistik, BP-Migas, Departemen Perhubungan DKI Jakarta dan sumber-sumber lain yang mendukung, maka dilanjutkan dengan pengolahan data. Pengolahan data oleh penulis dilakukan dengan pendekatan sistem dinamik yaitu menggunakan software Powersim 2005. Pengumpulan dan pengolahan data secara sistematis dalam tesis ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data, terdiri dari:
 - a. Data sekunder, dan literatur-literatur pendukung
 - b. Mendapatkan variabel-variabel utama dan subvariabel yang mempengaruhi perilaku sistem dalam Pembuatan model pemanfaatan Biodiesel pada sektor transportasi di DKI Jakarta
 - c. Membuat hubungan yang logis antara variabel utama dan subvariabel yang didapatkan dari referensi berdasarkan kebutuhan-kebutuhan model pemanfaatan biodiesel pada sektor transportasi.
2. Menyesuaikan data-data dengan kebutuhan dalam penelitian dari referensi berdasarkan ketersediaan data-data yang didapatkan.
3. Membangun *Causal Loop Diagrams* (CLDs) untuk mengetahui keterkaitan variabel-variabel utama dan subvariabel.
4. Membuat Simulasi model pemanfaatan biodiesel pada sektor transportasi
5. Membangun *Stock* dan *Flow diagrams* berdasarkan CLDs dengan bantuan Software Powersim.
6. Memverifikasi data-data dan model yang dibuat, dan
7. Membuat simulasi dan validasi

3.5 MODEL

Ada empat Model yang dijadikan sebagai dasar dalam membuat model Biodiesel pada sektor transportasi di DKI Jakarta agar pemanfaatan biodiesel ini menjadi berkelanjutan dan mengikuti program *sustainable development* yaitu keseimbangan antara persediaan bahan bakar minyak dan kebutuhan bahan bakar

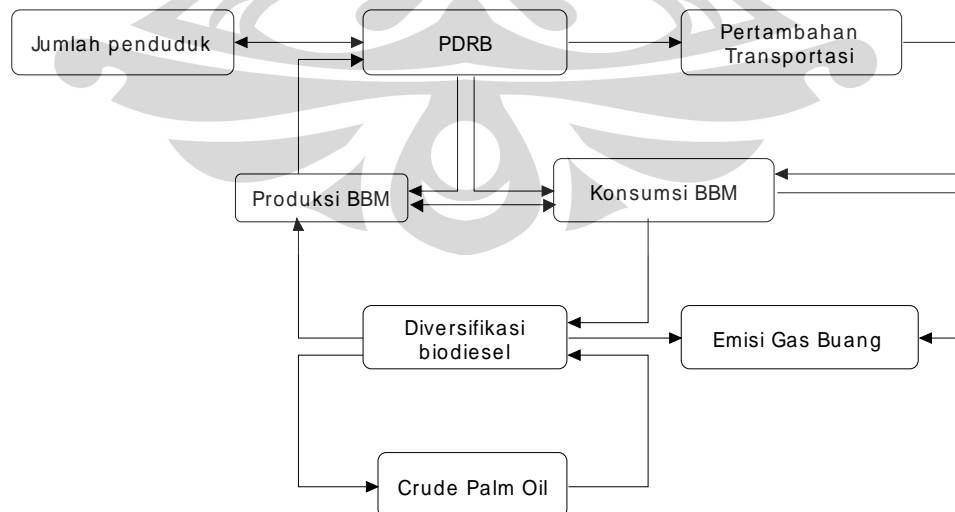
minyak yang didiversifikasi melewati pemanfaatan biodiesel sebagai substitusi BBM yang nantinya juga menjadi parameter pendukung dalam mensukseskan pengurangan emisi gas buang di udara di DKI Jakarta. Keempat model tersebut diantaranya adalah (i) Model penyediaan energi di Indonesia, (ii) model pertumbuhan Transportasi, (iii) model persediaan bahan baku biodiesel, dan (iv) model emisi gas buang. Dalam pembahasan ini penulis memfokuskan pada pembuatan dan simulasi model pertumbuhan transportasi dan penggunaan biodiesel serta efeknya terhadap lingkungan.

3.5.1 Struktur Model Secara Keseluruhan

Model Pemanfaatan Biodiesel secara sistematis terdiri dari tujuh model dasar sebagai penyusun model secara keseluruhan, model-model tersebut antara lain :

1. Model Pertambahan Penduduk
2. Model Pertambahan Transportasi
3. Model Konsumsi BBM pada Transportasi
4. Model Penyediaan CPO
5. Model Optimasi Produksi BBM
6. Model Penyediaan Biodiesel
7. Model Emisi Gas Buang Transportasi

Model secara Keseluruhan dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.1 Model Pemanfaatan Biodiesel Secara Keseluruhan

Komponen-komponen Model Pertambahan Penduduk

1. Urbanisasi
2. Kelahiran
3. Kematian
4. Transmigrasi

Komponen-komponen Pertambahan Transportasi

1. Pertumbuhan Pendapatan Perkapita Penduduk
2. Tingkat elastisitas kendaraan terhadap PDRB Perkapita
3. Transportasi Sekarang

Komponen-komponen Konsumsi BBM Pada Transportasi

1. Intensitas Energi
2. Aktifitas Transportasi
3. Jumlah per Jenis transportasi

Komponen-komponen Penyediaan CPO

1. Produksi CPO
2. Ekspor CPO
3. Impor CPO
4. Kebutuhan dalam Negeri
5. Stok CPO

Komponen Produksi BBM

1. Cadangan Minyak
2. Cadangan Terbukti
3. Ekspor Minyak Mentah
4. Impor Minyak Mentah
5. Produksi Minyak Mentah
6. Produksi Kilang
7. Impor BBM
8. Ekspor Minyak Mentah
9. Kebutuhan BBM dalam Negeri

Komponen Produksi Biodiesel

1. Kapasitas Produksi
2. Bahan Baku
3. Kebutuhan Biodiesel
4. Produksi Biodiesel
5. Angka blending biodiesel

Komponen Emisi Gas Buang Kendaraan

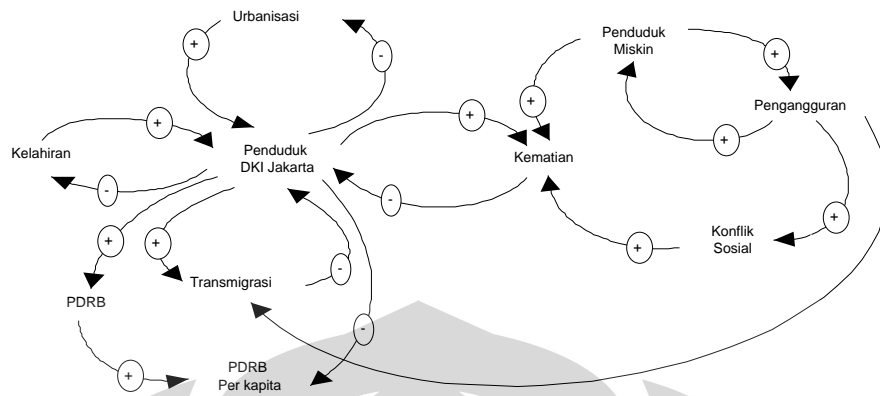
1. Total konsumsi Solar
2. koefisien gas buang

3.5.2 Causal Loop Diagrams (CLDs)

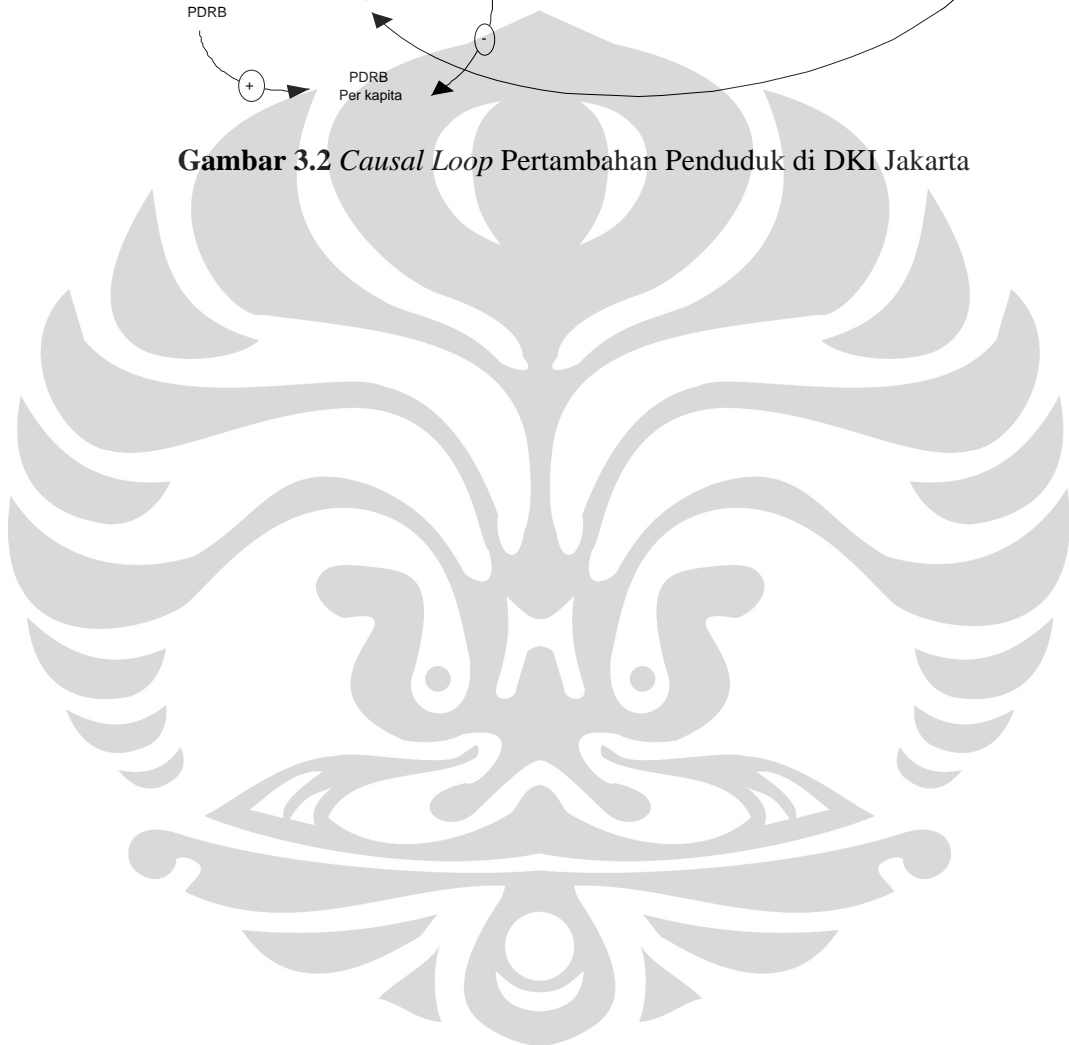
Causal Loop Diagram (CLD) berfungsi untuk mengetahui keterkaitan antar variabel dan sub variabel, merepresentasikan struktur umpan balik dari sistem yang ada. Diagram *loop* sebab akibat ini juga akan membantu untuk menangkap secara cepat hipotesis mengenai penyebab dinamika yang terdapat dalam komponen-komponen penting dalam pemanfaatan biodiesel pada sektor transportasi dan dapat mengkomunikasikan umpan balik yang dianggap sebagai penyebab suatu masalah. Pembuatan diagram *loop* sebab akibat dilakukan untuk setiap komponen sektor-sektor yang dianggap diperlukan sebagai keputusan dalam pemanfaatan biodiesel pada sektor transportasi di DKI Jakarta. Kemudian pembuatan *loop* sebab akibat juga akan dilakukan untuk komponen secara keseluruhan untuk melihat hubungan antara sektor dalam satu komponen dengan sektor dalam komponen lainnya.

3.5.2.1 Causal Loop Pertambahan Penduduk

Pertambahan Penduduk di DKI Jakarta dipengaruhi oleh pertumbuhan alami yaitu kelahiran tiap tahunnya ditambah dengan laju urbanisasi dari provinsi lain dan tingkat kematian dan laju transmigrasi. Angka kelahiran di DKI Jakarta yang tiap tahun meningkat dan laju urbanisasi yang tidak bisa terbendung akan memberikan dampak terhadap ledakan penduduk di DKI Jakarta. Ledakan penduduk ini bilamana tidak dikendalikan dengan baik dan tidak diikuti dengan peningkatan ekonomi (PDRB Per kapita) akan dapat memberikan dampak sosial yang besar seperti peningkatan penduduk miskin kota, pengangguran dan konflik sosial yang berakibat kepada timbulnya chaos.

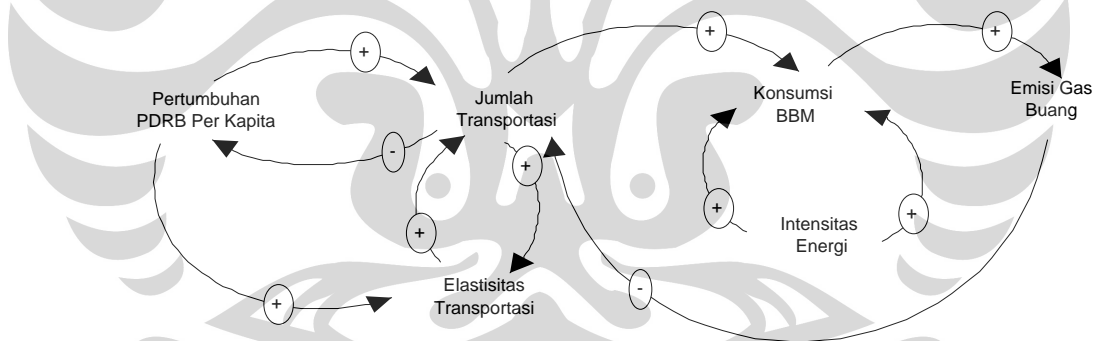


Gambar 3.2 *Causal Loop* Pertambahan Penduduk di DKI Jakarta



3.5.2.2 Causal Loop Transportasi dan Konsumsi BBM

Pertumbuhan transportasi di DKI Jakarta pada thesis ini berdasarkan atas laju pendapatan per kapita penduduk DKI Jakarta. Pendapatan per kapita merupakan salah faktor yang dapat dijadikan sebagai dasar dalam melihat kondisi ekonomi pada suatu daerah dan pertumbuhan ekonomi dan aktivitas ekonomi suatu daerah. Pertambahan transportasi di DKI Jakarta yang berdasarkan pendapatan per kapita (PDRB Perkapita) yang dijadikan acuan dalam pembuatan model adalah pendapatan perkapita dengan harga konstan tahun 2000. Transportasi di DKI Jakarta yang dibagi dalam empat jenis yaitu mobil penumpang, bus, truk dan sepeda motor. Dengan pertambahan transportasi yang tiap tahunnya meningkat akan mempengaruhi ketersediaan BBM yang kian hari kian menipis persediannya. Selain hal tersebut, transportasi juga akan menyisahkan persoalan polutan yang berakibat terhadap pencemaran lingkungan berupa emisi gas buang yang berakibat terhadap tercemar udara di DKI Jakarta.

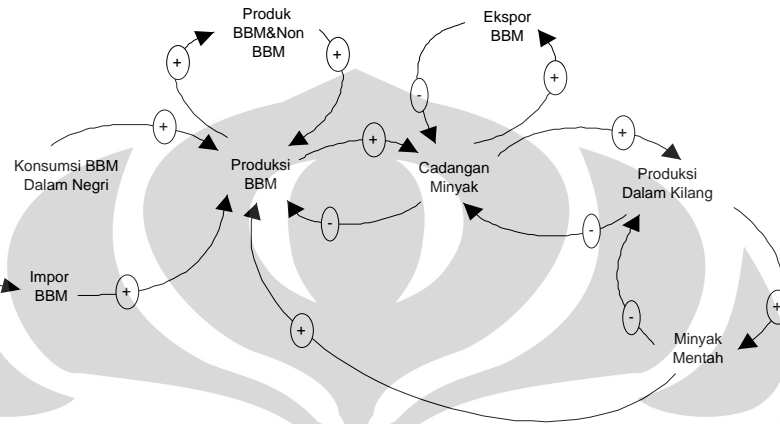


Gambar 3.3 Causal Loop Pertumbuhan Transportasi dan Konsumsi BBM

3.5.2.3 Causal Loop Penyediaan BBM Nasional

Produksi BBM Nasional sangat dipengaruhi oleh tingkat konsumsi BBM tiap tahun. BBM yang terdiri dari Avgas, Avtur, HSD, Premium, kerosene, Minyak diesel dan Minyak bakar akan mempengaruhi laju produksi nasional. peningkatan produksi ini berakibat terhadap pengurangan cadangan minyak nasional yang terbatas. Cadangan minyak nasional yang dieksplorasi menjadi mentah selain untuk memenuhi kebutuhan BBM nasional juga diekspor untuk

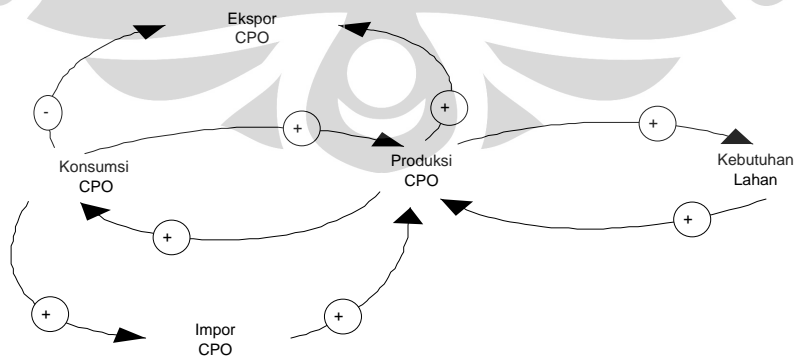
memenuhi kebutuhan internasional. Hal ini, disebabkan karena Indonesia merupakan salah satu negara anggota yang bergabung dalam organisasi OPEC. Selain itu, impor minyak mentah juga dilakukan. Minyak mentah dari proses eksplorasi dan impor kemudian diproses dalam kilang menjadi BBM. BBK dan non BBM.



Gambar 3.4 Causal Loop Persediaan BBM Nasional

3.5.2.4 Causal Loop Penyediaan CPO

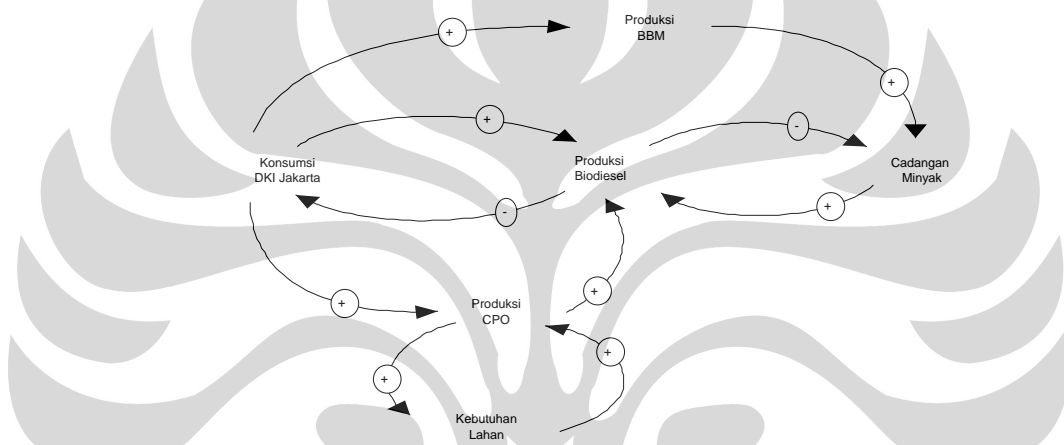
Pertumbuhan Produksi CPO dipengaruhi oleh laju ekspor dan konsumsi dalam negeri untuk memenuhi permintaan CPO pada industri dan Rumah tangga. Sebagian besar produksi CPO Indonesia diekspor. CPO di Indonesia sangat berlimpah hal ini disebabkan karena kondisi alam Indonesia untuk perkebunan kelapa sawit sangat mendukung.



Gambar 3.5 Causal Loop Penyediaan CPO Nasional

3.5.2.5 Causal Loop Penyediaan Biodiesel

Dengan meningkatnya konsumsi BBM pada sektor transportasi, konsumsi BBM juga semakin besar. Oleh karena cadangan minyak yang semakin menipis, strategi diversifikasi dengan biodiesel harus dilakukan khususnya dalam pemenuhan BBM pada sektor transportasi. Produksi biodiesel akan mempengaruhi tingkat produksi BBM dan produksi CPO sebagai bahan dasar produksi biodiesel.



Gambar 3.6 Causal Loop Penyediaan Biodiesel

3.5.3 Formulasi

Model yang dibangun dari Causal Loop Diagrams yang akan diolah pada Stock and Flow Diagram dengan bantuan software Powersim 2005 harus ditentukan mana yang berupa stock/level, constant ataupun auxiliary. Berdasarkan referensi (Oleg V. Pavlov) ditentukan pada auxiliary berisi formulasi-formulasi tertentu. Untuk itu pada bagian ini akan dijelaskan formulasi-formulasi yang berada dalam auxiliary dalam membangun model secara keseluruhan.

1. Pertambahan Penduduk

Pertambahan Penduduk = Urbanisasi + Angka Kelahiran

Pengurangan Penduduk = Transmigrasi + Angka Kematian

2. PDRB Per Kapita

PDRB = Laju PDRB * PDRB DKI Jakarta

$$\text{PDRB PERkapita} = \text{PDRB DKI Jakarta/Jumlah Penduduk}$$

$$\text{Pertumbuhan PDRB (Yt)} = Ytd + (Yta - Ytd) ((T-Td)/(Ta-Td))$$

Dimana : Ytd = Pertumbuhan PDRB pada tahun t (%)

Ytd = Pertumbuhan PDRB pada tahun dasar proyeksi

Yta = Pertumbuhan PDRB pada Tahun akhir proyeksi

T = Tahun Proyeksi

Td = Tahun dasar proyeksi

Ta = Tahun akhir proyeksi

3. Pertambahan Transportasi

$$\text{Laju Pertumbuhan Transportasi (Ut)} = Ut-1 (1+E*Gt)$$

Dimana : Ut = Jumlah kendaraan pada tahun t

$Ut-1$ = Jumlah kendaraan pada tahun $t-1$

E = Elastisitas Pertumbuhan transportasi terhadap
Pertumbuhan PDRB

Gt = Pertumbuhan PDRB tahun t

4. Konsumsi BBM Transportasi

$$\text{Demand BBM} = \text{Intensitas pemakaian energi} * \text{Jumlah transportasi}$$

5. Produksi BBM

$$\text{Produksi Max} = \text{Rasio cadangan} * \text{Cadangan Minyak}$$

$$\text{Produksi Minyak} = \text{Konsumsi BBM} + \text{Impor} - \text{Ekspor}$$

$$\text{Konsumsi BBM} = \text{Premium} + \text{Solar} + \text{Minyak Diesel} + \text{Minyak Bakar} + \text{M.Tanah}$$

6. Produksi CPO

$$\text{Produksi Max} = \text{Rasio cadangan} * \text{Cadangan Minyak}$$

$$\text{Produksi Minyak} = \text{Konsumsi BBM} + \text{Impor} - \text{Ekspor}$$

$$\text{Konsumsi BBM} = \text{Premium} + \text{Solar} + \text{Minyak Diesel} + \text{Minyak Bakar} + \text{M.Tanah}$$

7. Penyediaan Biodiesel

$$\text{Kebutuhan Solar} = \text{Koefisien Solar} * \text{Demand Solar}$$

$$\text{Kebutuhan Biodiesel} = \text{Koefisien Biodiesel} * \text{Demand Biodiesel}$$

$$\text{Produksi Biosolar} = \text{Konsumsi Biodiesel}$$

$$\text{Kebutuhan CPO} = 0.9 * \text{Kebutuhan Biodiesel}$$

Kebutuhan Lahan = Kebutuhan CPO / 1.95

8. Emisi Gas Buang

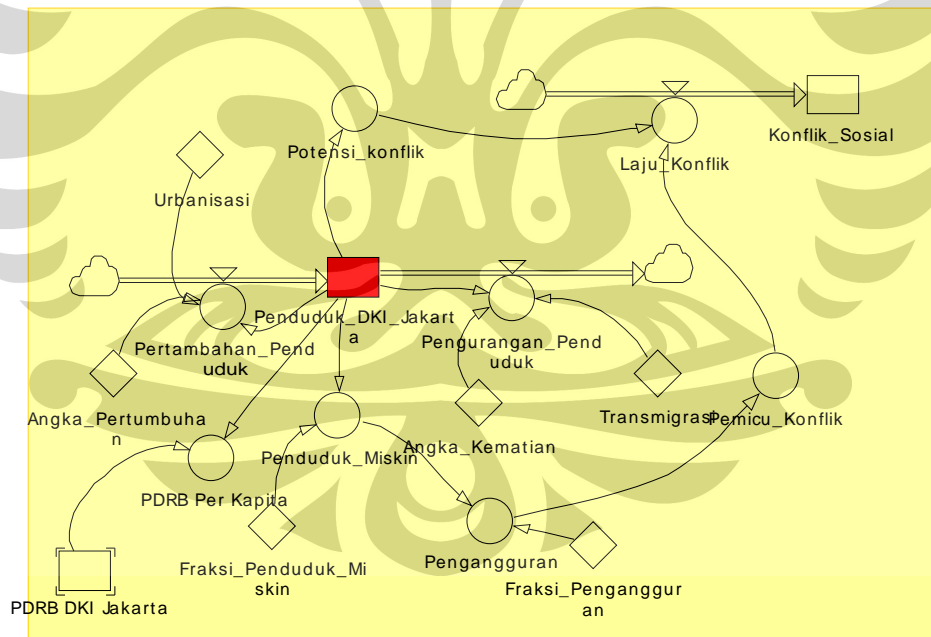
Emisi Gas Buang = Koefisien Gas Buang * Jumlah Konsumsi BBM

Biaya Emisi = Faktor biaya emisi * Total Emisi Gas buang

3.5.4 Stock And Flow Diagram

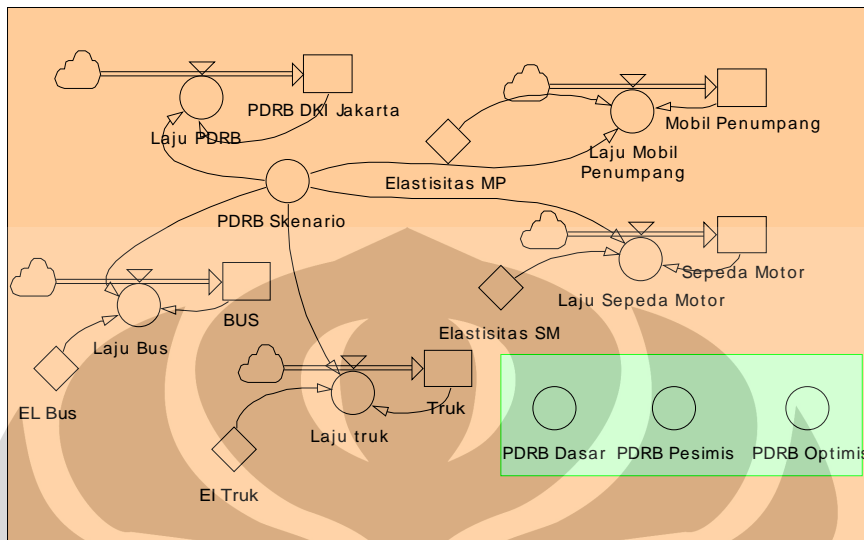
Dari bentuk *Causal loop Diagrams* yang telah dibangun dan rumus-rumus yang sudah dijelaskan sebelumnya, simulasi kemudian akan dibangun ke dalam stock and flow diagram dengan bantuan software Powersim 2005. Dalam pembuatan diagram flow perlu ditentukan stock/levelnya. Setelah penentuan level dari model simulasi yang dibuat ditentukan, yang berdasarkan causal diagram (CLDs) berdasarkan formula yang dibuat. Setelah itu, maka dibangunlah diagram stock and flow seperti gambar berikut ini:

3.5.4.1 Stock And Flow Diagram Pertambahan Penduduk



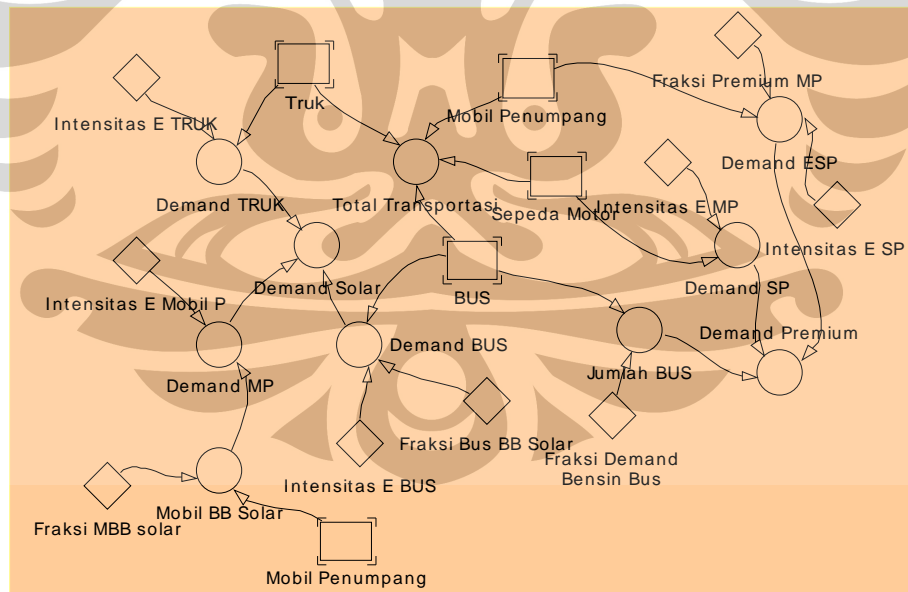
Gambar 3.7 Stock And Flow Diagram Pertambahan Penduduk

3.5.4.2 Stock And Flow Diagram Pertambahan Transportasi



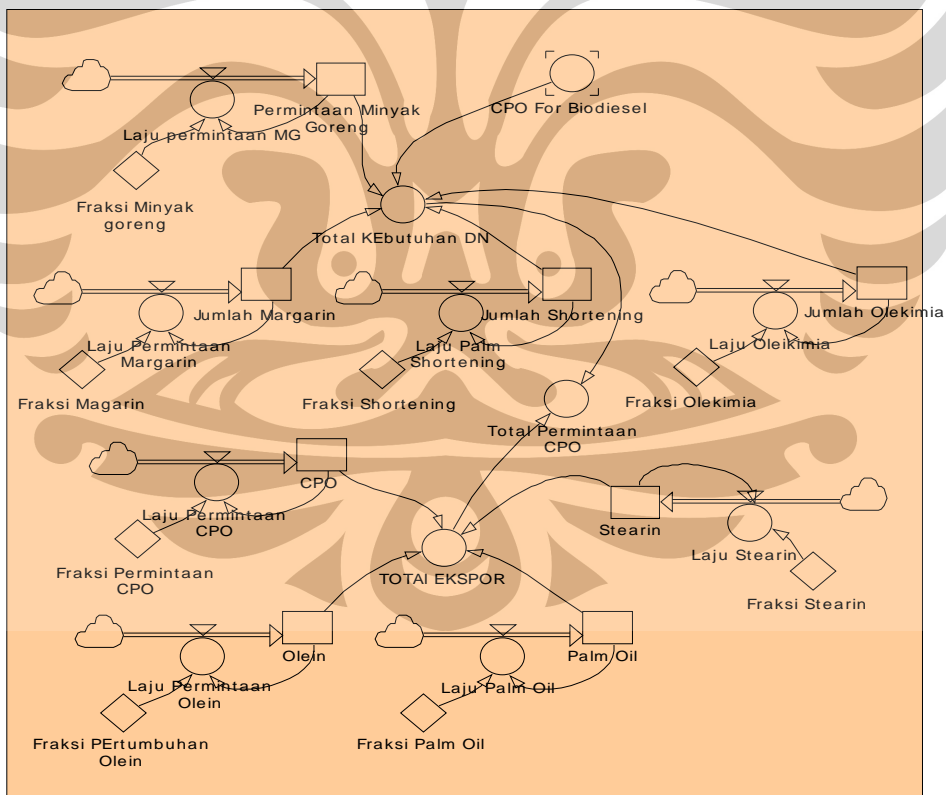
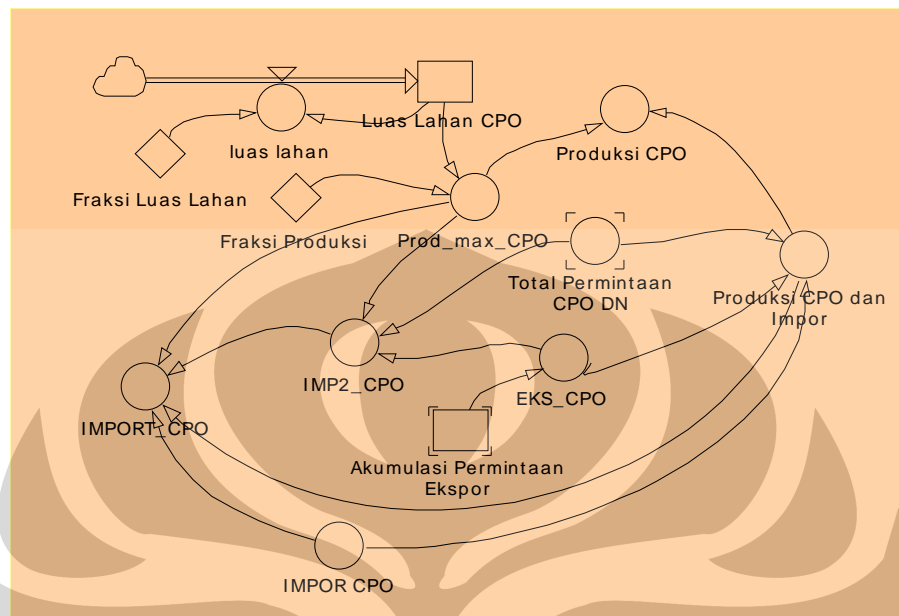
Gambar 3.8 Stock And Flow Diagram Pertambahan Transportasi

3.5.4.3 Stock And Flow Diagram Konsumsi BBM pada Transportasi



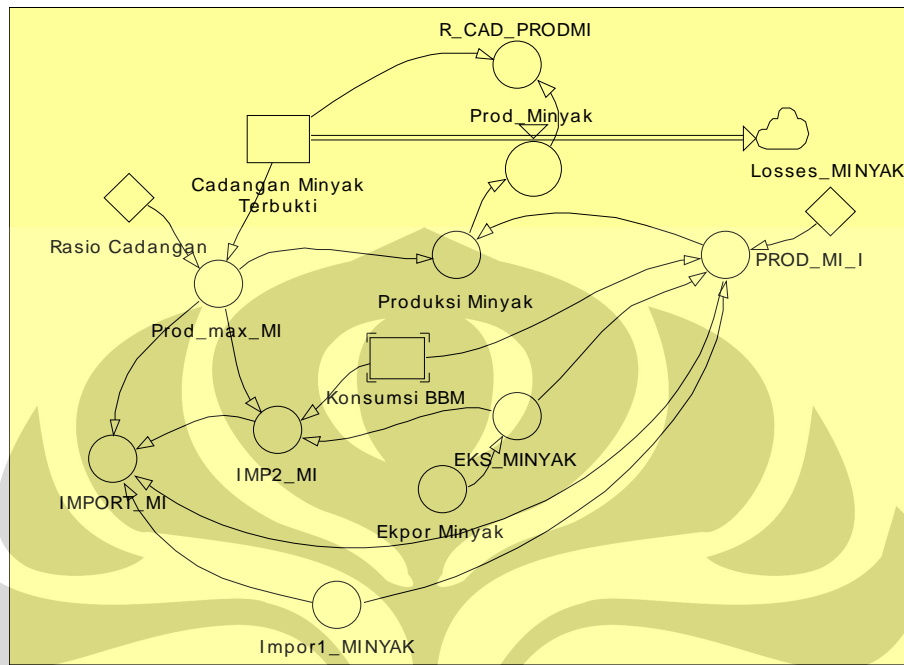
Gambar 3.9 Stock And Flow Diagram Konsumsi BBM Pada Transportasi

3.5.4.4 Stock And Flow Diagram Penyediaan CPO



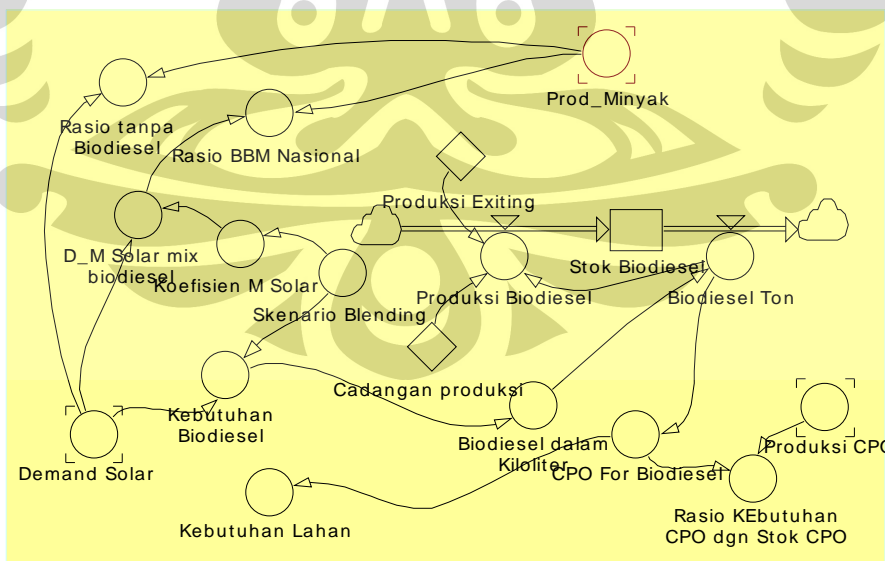
Gambar 3.10 Stock And Flow Diagram Penyediaan CPO

3.5.4.5 Stock And Flow Diagram Optimasi Produksi BBM



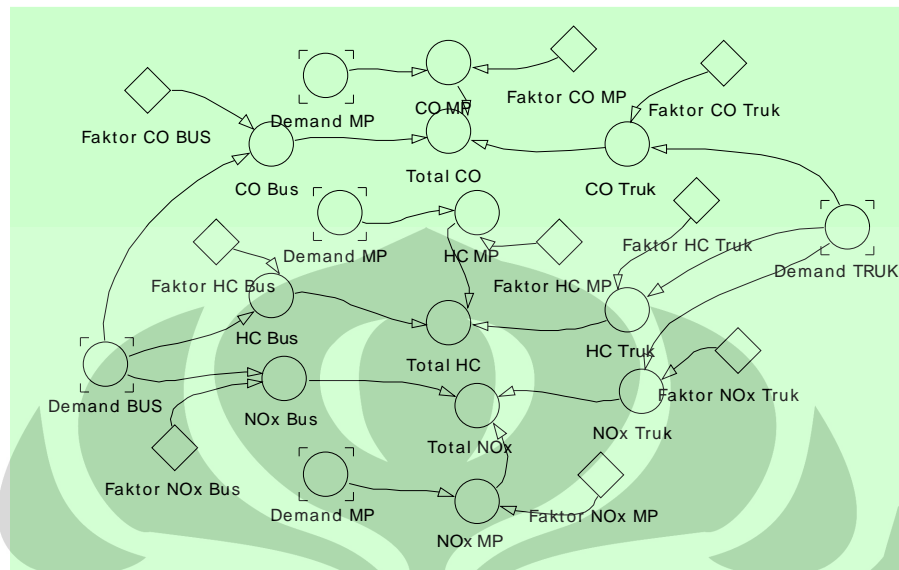
Gambar 3.11 Stock And Flow Diagram Optimasi Penyediaan BBM

3.5.4.6 Stock And Flow Diagram Penyediaan Biodiesel

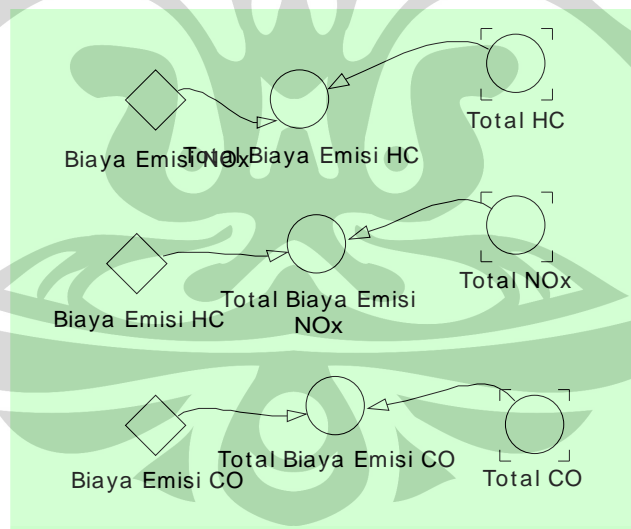


Gambar 3.12 Stock And Flow Diagram Penyediaan Biodiesel

3.5.4.7 Stock And Flow Diagram Emisi Gas Buang Transportasi



Gambar 3.13 Stock And Flow Diagram Emisi Gas Buang



Gambar 3.14 Stock And Flow Diagram Biaya Emisi Gas Buang

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam Bab ini, diagram alir (*flow diagram*) dari tujuh sub model pemanfaatan biodiesel terhadap ketersediaan BBM pada sektor transportasi di DKI Jakarta menjadi acuan perhitungan yang kemudian disimulasikan. Simulasi ini akan menggambarkan perkembangan penduduk, pendapatan domestik regional bruto perkapita (PDRB Perkapita), perkembangan transportasi, konsumsi solar, konsumsi biodiesel, sampai dengan kebutuhan lahan untuk memenuhi ketersediaan bahan baku untuk proses pembuatan biodiesel. Selain itu, optimasi produksi BBM secara nasional untuk melihat persentase kebutuhan Solar di DKI Jakarta terhadap produksi nasional dan pengaruh pemanfaatan biodiesel terhadap ketersediaan CPO nasional serta emisi gas buang kendaraan di DKI Jakarta juga disimulasikan.

Dalam Menganalisa perkembangan yang terjadi, Model analisa perhitungan dilakukan dengan menggunakan software Powersim 2005 yang memakai teknik matematika dari perhitungan integral. Untuk setiap interval waktu, perubahan di dalam keadaan sistem, dan perbedaan di dalam variabel keadaan dapat dihitung. Waktu simulasi yang digunakan adalah 10 tahun, yang dimulai dari bulan pertama tahun 2006 dan berakhir sampai bulan pertama tahun 2015, sedangkan metode yang digunakan adalah metode Euler (*fixed step*).

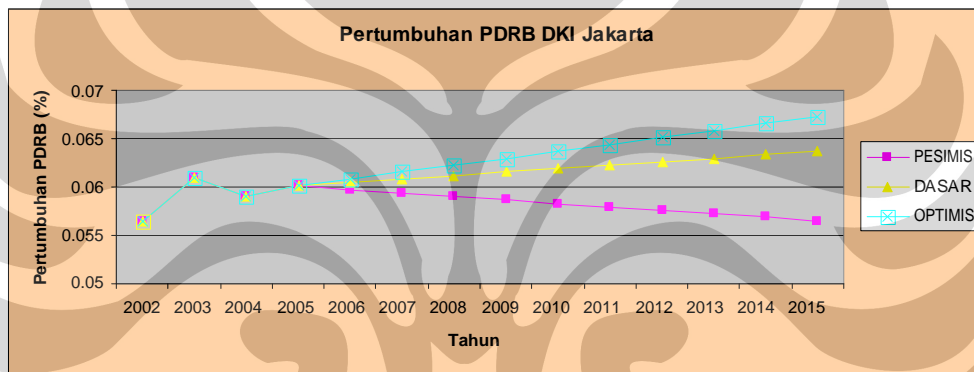
4.1 SIMULASI MODEL DENGAN SKENARIO PERTUMBUHAN PDRB

Simulasi model pada thesis ini menggunakan skenario berdasarkan atas pertumbuhan PDRB atas harga konstan 2000. Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB) adalah total pendapatan seluruh penduduk dalam perekonomian atau total pengeluaran atas barang dan jasa dalam perekonomian suatu propinsi atau wilayah. PDRB atau PDB diyakini sebagai indikator terbaik dalam menilai keragaan ekonomi suatu propinsi atau negara. Sektor-sektor produksi penyusun PDRB adalah Sektor Pertanian; Sektor Pertambangan dan Penggalian; Sektor Industri Pengolahan; Sektor Listrik, Gas dan Air Bersih; Sektor Bangunan; Sektor

Perdagangan, Hotel dan Restoran; Sektor Pengangkutan dan Komunikasi; Sektor Keuangan, Persewaan dan Jasa Perusahaan; dan Sektor Jasa-jasa.

Dari data yang diterbitkan biro pusat statistik DKI Jakarta diperoleh pertumbuhan rata-rata PDRB DKI Jakarta atas harga konstan 2000 periode Tahun 2001-2005 adalah sebesar 5.85% per tahun. Dengan asumsi bahwa kondisi sosial, ekonomi, politik dan keamanan berlangsung secara normal baik di dalam maupun di luar negeri, maka proyeksi pertumbuhan PDRB DKI Jakarta ditetapkan sebesar 6,37% pada akhir tahun 2015 untuk Skenario Dasar, 6,73% untuk skenario optimis, dan 5,65% untuk skenario pesimis.

Grafik 4.1 Proyeksi Pertumbuhan PDRB DKI Jakarta



Adapun pertumbuhan PDRB antara tahun 2003 hingga 2015 pada kedua skenario diperoleh dengan menggunakan metode interpolasi. Dalam bentuk persamaan matematika, interpolasi pertumbuhan PDRB DKI Jakarta selama 15 tahun ke depan adalah sebagai berikut :

$$Y_t = Y_{td} + (Y_{ta} - Y_{td}) \left[\frac{t - t_d}{t_a - t_d} \right] \dots\dots\dots(3-1)$$

dimana :

Y_t = Pertumbuhan PDRB pada tahun t (%)

Y_{td} = Pertumbuhan PDRB pada Tahun Dasar Proyeksi(6.01%)

Y_{ta} = Pertumbuhan PDRB pada Tahun Akhir Proyeksi (6.37% untuk skenario Dasar, 6,73% untuk skenario Optimis dan 5,65% untuk skenario pesimis)

t = Tahun proyeksi

td = Tahun Dasar Proyeksi yaitu tahun 2005

ta = Tahun Akhir Proyeksi yaitu tahun 2015

4.2 SIMULASI MODEL PERTAMBAHAN PENDUDUK

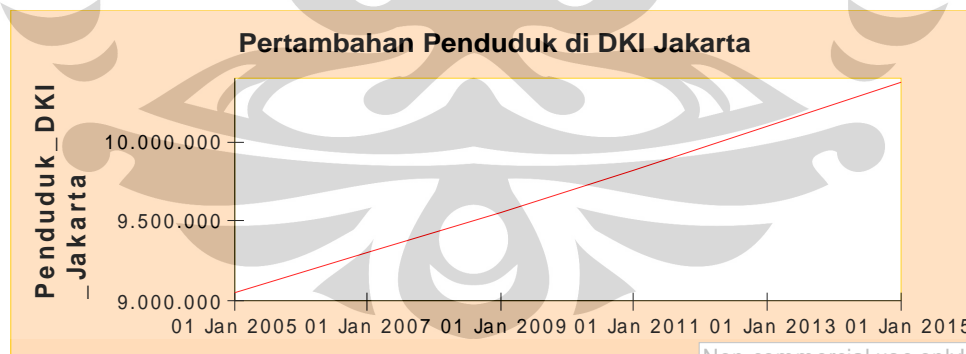
Selain pertumbuhan PDRB yang menjadi acuan dalam simulasi model, Faktor yang tak kalah penting yang pemicu pertumbuhan ekonomi adalah penambahan penduduk DKI Jakarta. Dari Pusat Statistik DKI Jakarta diperoleh bahwa Penduduk DKI Jakarta pada tahun 2005 yaitu 9.041.605 jiwa. sedangkan Berdasarkan atas hasil simulasi model pertumbuhan penduduk, penduduk DKI Jakarta pada tahun 2015 mencapai 10.380.000. (Tabel 4.1)

Tabel 4.1 Pertumbuhan Penduduk di DKI Jakarta

Time	Penduduk_DKI_Jakarta
01 Jan 2005	9.041.605,00
01 Jan 2007	9.294.711,11
01 Jan 2009	9.554.902,55
01 Jan 2011	9.822.377,66
01 Jan 2013	10.097.340,33
01 Jan 2015	10.380.000,16

[Non-commercial use only!]

Grafik 4.2 Pertumbuhan Penduduk di DKI Jakarta



[Non-commercial use only!]

4.3 SIMULASI SKENARIO PERTUMBUHAN TRANSPORTASI

Transportasi yang ada di DKI Jakarta terdiri dari Mobil Penumpang, Mobil Barang, Mobil Bus, dan Sepeda Motor. Data dari dinas perhubungan DKI Jakarta menunjukkan bahwa total kendaraan bermotor di DKI Jakarta pada tahun 2005

sebesar 4.997.421 unit kendaraan yang terdiri dari 255.829 unit Bus, 1.449.207 mobil penumpang, 405.213 Truk dan 2.887.172 unit sepeda motor.

Pertumbuhan aktivitas Sektor Transportasi diasumsikan berkorelasi dengan pertumbuhan PDRB. Untuk memperkirakan pertumbuhan Sektor Transportasi digunakan elastisitas pertumbuhan aktivitas transportasi terhadap pertumbuhan PDRB yang diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$E = \left[\frac{\Delta PDRB / \text{Trata-rata}}{PDRB \text{rata-rata} / \Delta T} \right] \dots\dots\dots(4-2)$$

Dimana :

- E = Elastisitas
- $\Delta PDRB$ = Perubahan Pertumbuhan PDRB
- PDRB = Rata-rata Pertumbuhan PDRB
- ΔT = Perubahan Pertumbuhan Transportasi
- T rata-rata = Rata-rata Pertumbuhan Transportasi

Dengan menggunakan model perhitungan tersebut diatas, maka elastisitas setiap jenis transportasi yang ada di Jakarta dapat dihitung yaitu sebagai berikut :

- Mobil Penumpang (unit) : 1,05
- Sepeda Motor (unit) : 2.38
- Bus (unit) : 0.03
- Truk (unit) : 0.47

Dengan menggunakan tingkat elastisitas pertumbuhan kendaraan diatas, maka jumlah kendaraan di DKI Jakarta dapat dihitung Proyeksi Pertumbuhan kendaraan sampai tahun 2015 dengan menggunakan Model Perhitungan sebagai berikut :

$$U_t = U_{t-1} (1 + (ExGt)) \dots\dots\dots(4-3)$$

Dimana :

- U_t = Jumlah kendaraan pada tahun t,
- U_{t-1} = Jumlah kendaraan pada tahun t-1,

- E = Elastisitas pertumbuhan kendaraan terhadap pertumbuhan ekonomi,
 Gt = Pertumbuhan PDRB tahun t

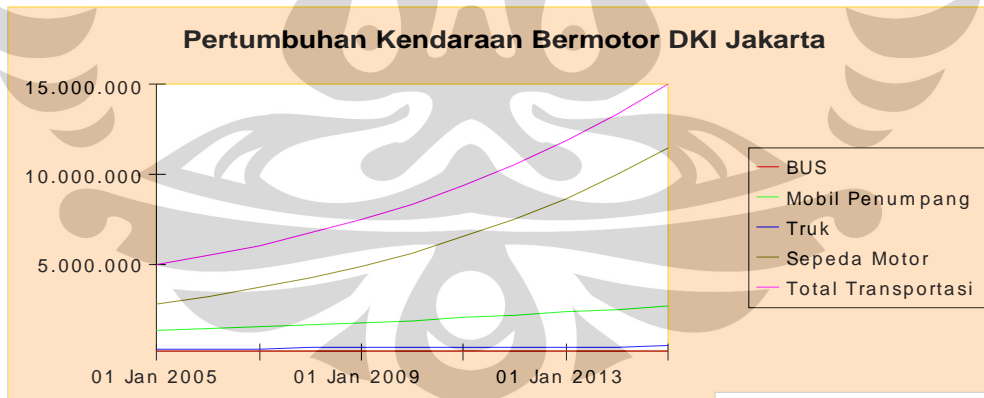
4.3.1 Simulasi Skenario Dasar Pertumbuhan Transportasi

Dari hasil simulasi model pertumbuhan kendaraan dengan skenario dasar PDRB terlihat adanya penambahan transportasi secara signifikan. Simulasi model menunjukkan pada tahun 2015 total transportasi di DKI Jakarta mencapai 14.997.354 unit kendaraan yakni; 260.639 unit bus, 2.726.880 unit mobil penumpang, 540.408 unit Truk, dan 11.469.426 unit sepeda motor.

Tabel 4.2 Skenario Dasar Pertumbuhan Transportasi di DKI Jakarta

Time	BUS	Mobil Penumpang	Sepeda Motor	Truk	Total Transportasi
01 Jan 2005	255.829,00	1.449.207,00	2.887.172,00	405.213,00	4.997.421,00
01 Jan 2007	256.749,58	1.637.300,14	3.769.366,21	428.357,92	6.091.773,86
01 Jan 2009	257.662,37	1.847.175,54	4.906.371,03	452.526,80	7.463.735,74
01 Jan 2011	258.567,25	2.080.988,09	6.367.176,06	477.744,61	9.184.476,01
01 Jan 2013	259.464,11	2.341.057,80	8.238.075,80	504.035,54	11.342.633,25
01 Jan 2015	260.352,86	2.629.876,48	10.626.620,95	531.422,97	14.048.273,26

Grafik 4.3 Skenario Dasar Pertumbuhan Kendaraan di DKI Jakarta



4.3.2 Simulasi Skenario Pesimis Pertumbuhan Transportasi

Pada skenario Pesimis pertumbuhan PDRB terlihat adanya perlambatan penambahan transportasi. Simulasi model menunjukkan pada tahun 2015 transportasi di DKI Jakarta mencapai 14.048.273 unit kendaraan terdiri dari

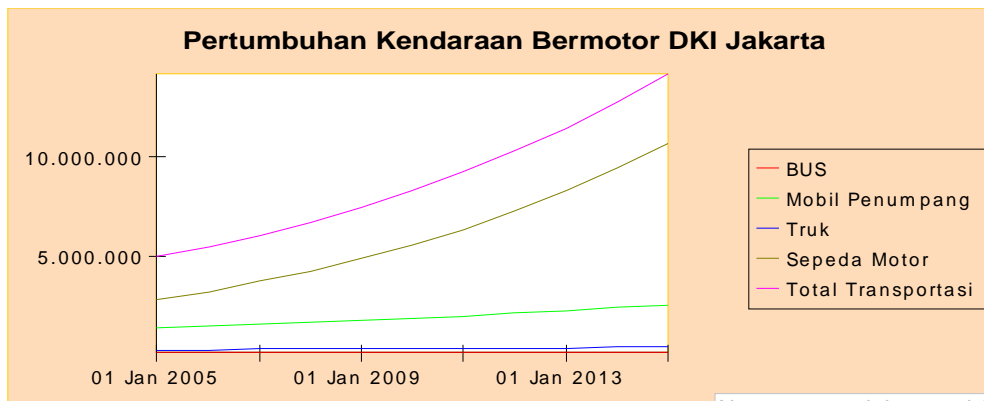
260.352 unit bus, 2.629.876 unit mobil penumpang, 531.422 unit Truk, dan 10.626.620 unit sepeda motor.

Tabel 4.3 Skenario Pesimis Pertumbuhan Transportasi di DKI Jakarta

Time	BUS	Mobil Penumpang	Sepeda Motor	Truk	Total Transportasi
01 Jan 2005	255.829,00	1.449.207,00	2.887.172,00	405.213,00	4.997.421,00
01 Jan 2007	256.749,58	1.637.300,14	3.769.366,21	428.357,92	6.091.773,86
01 Jan 2009	257.662,37	1.847.175,54	4.906.371,03	452.526,80	7.463.735,74
01 Jan 2011	258.567,25	2.080.988,09	6.367.176,06	477.744,61	9.184.476,01
01 Jan 2013	259.464,11	2.341.057,80	8.238.075,80	504.035,54	11.342.633,25
01 Jan 2015	260.352,86	2.629.876,48	10.626.620,95	531.422,97	14.048.273,26

Non-commercial use only!

Grafik 4.4 Skenario Pesimis Pertumbuhan Kendaraan di DKI Jakarta



Non-commercial use only!

4.3.3 Simulasi Skenario Optimis Pertumbuhan Transportasi

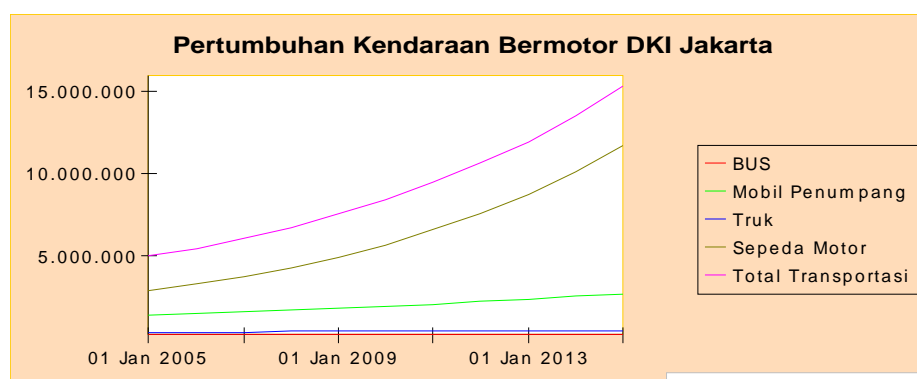
Pada skenario Optimis pertumbuhan PDRB terlihat adanya penambahan transportasi yang sangat signifikan. Simulasi model menunjukkan pada tahun 2015 transportasi di DKI Jakarta mencapai 15.318.592 unit kendaraan terdiri dari 260.732 unit bus, 2.759.043 unit mobil penumpang 543.354 unit Truk, dan 11.755.463 unit sepeda motor.

Tabel 4.4 Skenario Optimis Pertumbuhan Transportasi di DKI Jakarta

Time	BUS	Mobil Penumpang	Sepeda Motor	Truk	Total Transportasi
01 Jan 2005	255.829,00	1.449.207,00	2.887.172,00	405.213,00	4.997.421,00
01 Jan 2007	256.757,89	1.639.047,25	3.777.848,91	428.569,42	6.102.223,46
01 Jan 2009	257.712,37	1.859.030,67	4.972.960,22	453.868,89	7.543.572,15
01 Jan 2011	258.692,71	2.114.530,34	6.585.308,24	481.294,28	9.439.825,58
01 Jan 2013	259.699,18	2.411.969,57	8.772.436,81	511.047,98	11.955.153,53
01 Jan 2015	260.732,04	2.759.043,35	11.755.463,24	543.354,10	15.318.592,73

Non-commercial use only

Grafik 4.5 Skenario Optimis Pertumbuhan Kendaraan di DKI Jakarta



Non-commercial use only

4.4 SIMULASI SKENARIO KONSUMSI BBM

Dalam menghitung penggunaan bahan bakar pada sektor transportasi, diasumsikan bahwa transportasi yang berbahan bakar solar adalah 0.0051% dari Total Mobil Penumpang, 0.95% Total Bus dan Total Mobil Truk. Sedangkan kendaraan yang berbahan bakar bensin/premium adalah 0.9949% dari Total Mobil Penumpang, 0.05% dari Total Bus dan Total Sepeda motor. Konsumsi bahan bakar diesel per satuan unit kendaraan yang berbahan bakar solar dapat dihitung dengan membagi Total konsumsi bahan bakar diesel di DKI Jakarta dengan Total kendaraan bermotor yang berbahan bakar diesel.

Konsumsi bahan bakar solar berdasarkan data statistik DKI Jakarta pemakaian Bahan bakar minyak solar pada sektor transportasi adalah 3.237.023 Kiloliter atau sekitar 20.998.891.9 SBM. Sedangkan jumlah Total kendaraan yang

berbahan bakar diesel sebesar 655.641 unit. Maka intensitas konsumsi bahan bakar solar per unit kendaraan adalah 32 SBM/unit.

Tabel 4.5 Jumlah kendaraan yang berbahan bakar diesel

Time	Mobil BB Solar	Truk	Mobil Bus BB Solar	Total Mobil BB Solar
01 Jan 2005	7.390,96	405.213,00	243.037,55	655.641,51
01 Jan 2007	8.356,17	428.498,92	243.917,36	680.772,45
01 Jan 2009	9.460,88	453.421,26	244.810,92	707.693,05
01 Jan 2011	10.772,22	481.049,53	245.749,91	737.571,66
01 Jan 2013	12.231,02	509.698,35	246.671,45	768.600,82
01 Jan 2015	13.907,09	540.408,49	247.607,12	801.922,70

Non-commercial use only

4.4.1 Simulasi Skenario Dasar Konsumsi BBM

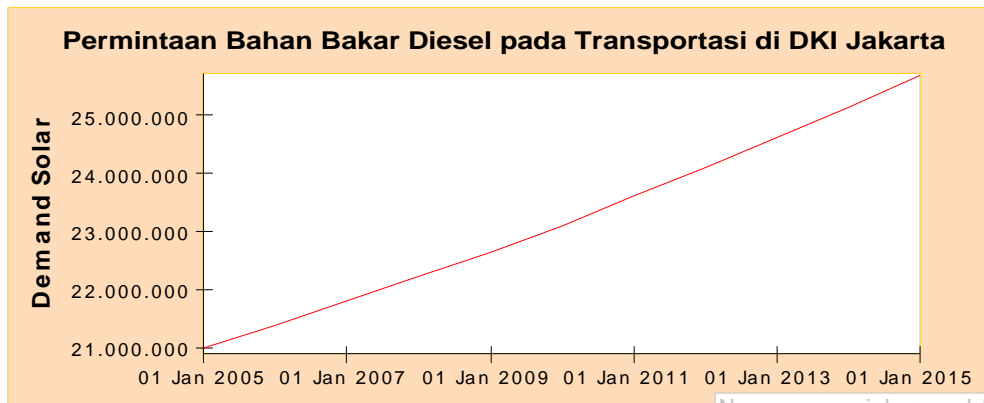
Konsumsi Bahan Bakar Minyak dengan skenario Dasar PDRB diprediksikan bahwa pada Tahun 2015 total konsumsi Bahan Bakar Diesel/Solar pada transportasi sebesar 25.661.526 barrel yang terdiri dari 17.293.071 barrel pada Truk 445.026 barrel pada Mobil Penumpang, dan 7.923.427 pada Bus.

Tabel 4.6 Skenario Dasar Konsumsi Diesel Pada Kendaraan Bermotor

Time	Demand TRUK	Demand MP	Demand BUS	Demand Solar
01 Jan 2005	12.966.816,00	236.510,58	7.777.201,60	20.980.528,18
01 Jan 2007	13.711.965,39	267.397,47	7.805.355,62	21.784.718,48
01 Jan 2009	14.509.480,20	302.748,05	7.833.949,36	22.646.177,60
01 Jan 2011	15.393.584,89	344.711,15	7.863.996,99	23.602.293,03
01 Jan 2013	16.310.347,19	391.392,74	7.893.486,26	24.595.226,19
01 Jan 2015	17.293.071,77	445.026,87	7.923.427,75	25.661.526,39

Non-commercial use only

Grafik 4.6 Skenario Dasar Konsumsi Bahan Bakar Diesel pada Transportasi



Non-commercial use only

4.4.2 Simulasi Skenario Pesimis Konsumsi BBM

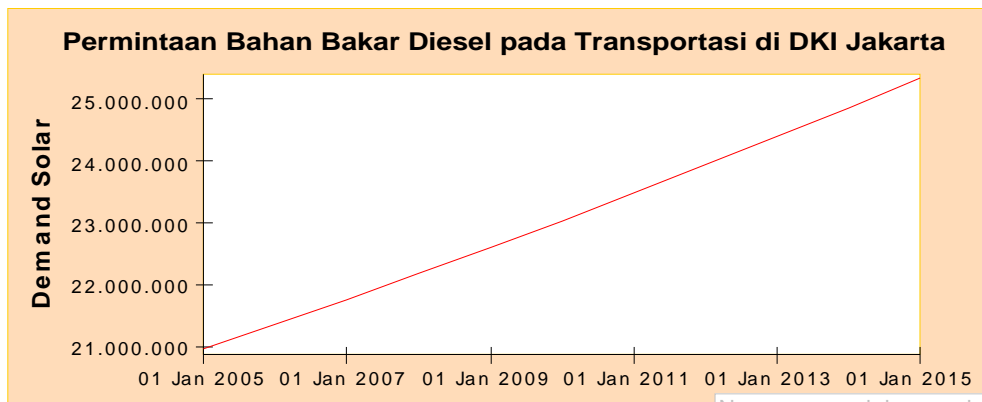
Dari hasil simulasi Konsumsi Bahan Bakar Minyak dengan skenario Pesimis PDRB diprediksikan bahwa pada Tahun 2015 total konsumsi Bahan Bakar Diesel/Solar pada transportasi sebesar 25.349.458 barrel yang terdiri dari 17.005.535 barrel pada Truk, 429.195 barrel pada Mobil Penumpang, dan 7.914.727 barrel pada Bus.

Tabel 4.7 Skenario Pesimis Konsumsi Diesel Pada Kendaraan Bermotor

Time	Demand TRUK	Demand MP	Demand BUS	Demand Solar
01 Jan 2005	12.966.816,00	236.510,58	7.777.201,60	20.980.528,18
01 Jan 2007	13.707.453,48	267.207,38	7.805.187,33	21.779.848,18
01 Jan 2009	14.480.857,72	301.459,05	7.832.935,97	22.615.252,73
01 Jan 2011	15.287.827,42	339.617,26	7.860.444,28	23.487.888,96
01 Jan 2013	16.129.137,41	382.060,63	7.887.709,04	24.398.907,08
01 Jan 2015	17.005.535,13	429.195,84	7.914.727,03	25.349.458,00

Non-commercial use only

Grafik 4.7 Skenario Pesimis Konsumsi Bahan Bakar Diesel pada Transportasi



Non-commercial use only

4.4.3 Simulasi Skenario Optimis Konsumsi BBM

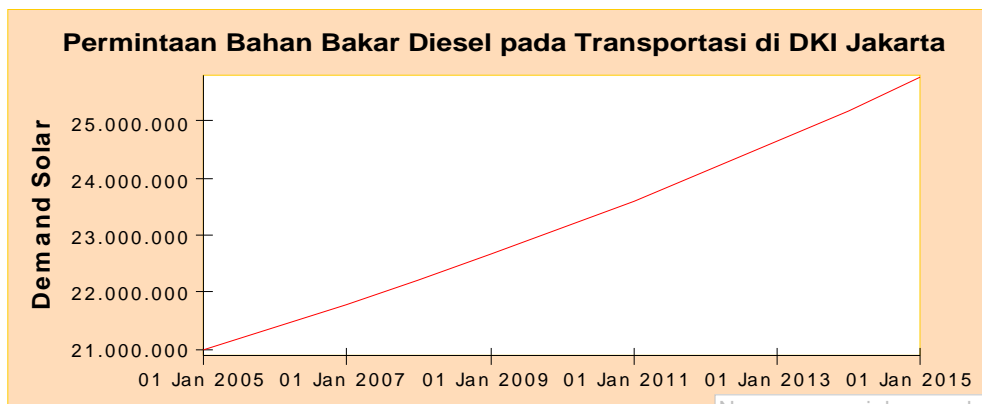
Dari hasil simulasi model konsumsi Bahan Bakar Minyak dengan skenario Optimis PDRB diprediksikan bahwa pada Tahun 2015 total konsumsi Bahan Bakar Diesel/Solar pada transportasi sebesar 25.763.860 barrel yang terdiri dari 17.387.331 barrel pada Truk, 450.275 barrel pada Mobil Penumpang, dan 7.926.253 pada Bus.

Tabel 4.8 Skenario Optimis Konsumsi Diesel Pada Transportasi

Time	Demand TRUK	Demand MP	Demand BUS	Demand Solar
01 Jan 2005	12.966.816,00	236.510,58	7.777.201,60	20.980.528,18
01 Jan 2007	13.714.221,35	267.492,51	7.805.439,76	21.787.153,62
01 Jan 2009	14.523.804,40	303.393,81	7.834.456,08	22.661.654,28
01 Jan 2011	15.401.417,08	345.091,35	7.864.258,43	23.610.766,86
01 Jan 2013	16.353.535,25	393.633,43	7.894.854,94	24.642.023,62
01 Jan 2015	17.387.331,13	450.275,87	7.926.253,93	25.763.860,94

Non-commercial use only!

Grafik 4.8 Skenario Optimis Konsumsi Diesel pada Transportasi



Non-commercial use only!

4.5 SIMULASI SKENARIO KEBUTUHAN BIODIESEL

Kebutuhan Biodiesel DKI Jakarta mengacu pada Blue Print pengembangan bahan bakar nabati untuk percepatan kemiskinan dan pengangguran. Dalam perencanaan tersebut, tahap pertama pada tahun 2005-2007 Pemanfaatan Biodiesel 5%, tahap kedua tahun 2008-2010 10%, dan pada tahap ketiga 15%. Berdasarkan perencanaan komposisi tersebut, maka dapat diproyeksikan kebutuhan biodiesel periode 2005-2015 dari ketiga skenario pertumbuhan PDRB, yaitu:

4.5.1 Skenario Dasar Kebutuhan Biodiesel

Dari hasil simulasi model pemanfaatan biodiesel sebagai substitusi diesel pada sektor transportasi di DKI Jakarta terlihat bahwa dengan penggunaan

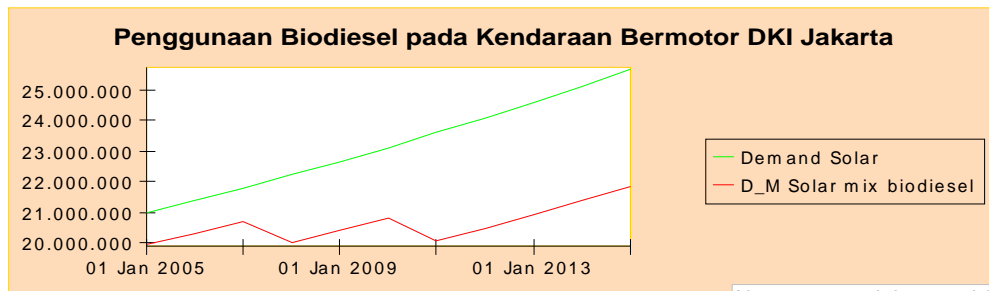
biodiesel, kebutuhan akan bahan bakar solar dapat direduksi. Penggunaan biodiesel pada tahun 2015 mencapai 15% dari kebutuhan solar di DKI Jakarta yaitu sekitar 3.849.228 barrel atau 516.229 ton biodiesel. Pada produksi biodiesel yang merupakan hasil dari proses transesterifikasi atau methanolis membutuhkan sekitar 0,9% CPO, sehingga kebutuhan CPO untuk produksi biodiesel pada tahun 2015 yaitu 573.587 ton. Sedangkan bila dikonversikan dengan luas areal yang dibutuhkan untuk pengadaan CPO yang rata-rata produksinya untuk setiap lahan sebesar 1,9 ton/ha maka luas lahan yang dibutuhkan untuk produksi CPO adalah 294.147 ha. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.9. dan grafik 4.9

Tabel 4.9 Skenario Dasar Kebutuhan Biodiesel Kendaraan Bermotor

Time	Kebutuhan Biodiesel	Kebutuhan Lahan	Biodiesel Ton	CPO For Biodiesel
01 Jan 2005	1.049.026,41	80.163,74	140.687,36	156.319,29
01 Jan 2007	1.089.235,92	83.236,44	146.079,95	162.311,06
01 Jan 2009	2.264.617,76	173.055,92	303.713,13	337.459,03
01 Jan 2011	3.540.343,95	270.543,43	474.803,72	527.559,69
01 Jan 2013	3.689.283,93	281.925,02	494.778,41	549.753,79
01 Jan 2015	3.849.228,96	294.147,58	516.229,01	573.587,79

Non-commercial use only

Grafik 4.9 Skenario Dasar Kebutuhan Biodiesel Kendaraan Bermotor



Non-commercial use only

4.5.2 Skenario Pesimis Kebutuhan Biodiesel

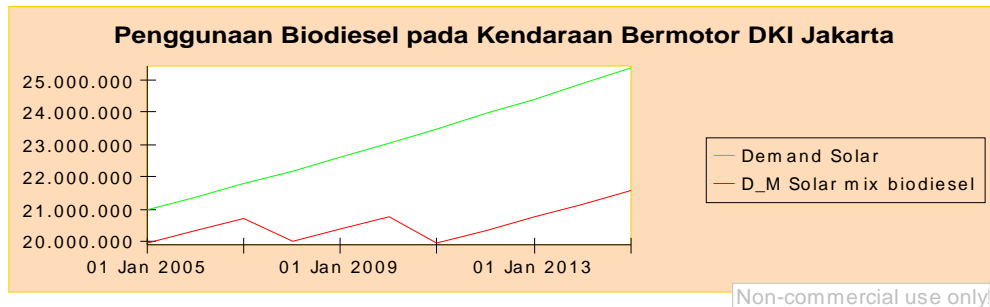
Hasil Simulasi Model Skenario pesimis kebutuhan biodiesel di DKI Jakarta menunjukkan bahwa kebutuhan biodiesel dengan pencampuran 5% pada tahap awal, tahap kedua 10% dan tahap ketiga 15% sampai tahun 2015 sebesar 3.802.418 barrel yang setara dengan 509.951 ton yang membutuhkan CPO sebesar 566.612 dan luas areal 290.570 ha.

Tabel 4.10 Skenario Pesimis Kebutuhan Biodiesel Kendaraan Bermotor

Time	Kebutuhan Biodiesel	Kebutuhan Lahan	Biodiesel Ton	CPO For Biodiesel
01 Jan 2005	1.049.026,41	80.163,74	140.687,36	156.319,29
01 Jan 2007	1.088.992,41	83.217,83	146.047,29	162.274,77
01 Jan 2009	2.261.525,27	172.819,60	303.298,39	336.998,21
01 Jan 2011	3.523.183,34	269.232,07	472.502,28	525.002,53
01 Jan 2013	3.659.836,06	279.674,69	490.829,09	545.365,65
01 Jan 2015	3.802.418,70	290.570,47	509.951,18	566.612,42

Non-commercial use only!

Grafik 4.10 Skenario Pesimis Kebutuhan Biodiesel Kendaraan Bermotor



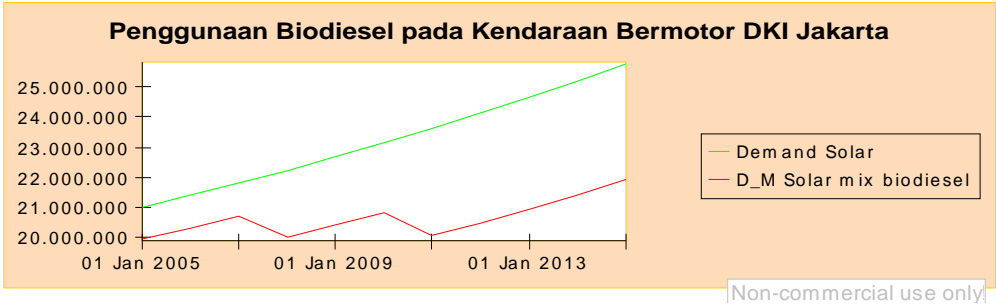
4.5.3 Skenario Optimis Kebutuhan Biodiesel

Dari hasil simulasi model pemanfaatan biodiesel pada kendaraan bermotor di DKI Jakarta menunjukkan bahwa penggunaan biodiesel pada tahun 2015 sekitar 3.864.579 barrel atau 518.287 ton biodiesel. Pada produksi biodiesel yang merupakan hasil dari proses transterifikasi atau methanolisis membutuhkan sekitar 0,9% CPO, sehingga kebutuhan CPO untuk produksi biodiesel pada tahun 2015 yaitu 575.875 ton. Sedangkan bila dikonversikan dengan luas areal yang dibutuhkan untuk pengadaan CPO yang rata-rata produksinya untuk setiap lahan sebesar 1,9 ton/ha maka luas lahan yang dibutuhkan untuk produksi CPO adalah 295.320 ha. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.11 dan grafik 4.11

Tabel 4.11 Skenario Optimis Kebutuhan Biodiesel Kendaraan Bermotor

Time	Kebutuhan Biodiesel	Kebutuhan Lahan	Biodiesel Ton	CPO For Biodiesel
01 Jan 2005	1.049.026,41	80.163,74	140.687,36	156.319,29
01 Jan 2007	1.089.357,68	83.245,74	146.096,28	162.329,20
01 Jan 2009	2.266.165,43	173.174,18	303.920,69	337.689,66
01 Jan 2011	3.541.615,03	270.640,56	474.974,19	527.749,10
01 Jan 2013	3.696.303,54	282.461,44	495.719,83	550.799,81
01 Jan 2015	3.864.579,14	295.320,60	518.287,66	575.875,17

Grafik 4.11 Skenario Optimis Kebutuhan Biodiesel Kendaraan Bermotor



4.6 SIMULASI MODEL OPTIMASI PRODUKSI BBM NASIONAL

Pada simulasi model Optimasi Produksi BBM nasional, terlihat bahwa tidak adanya keseimbangan antara konsumsi dengan produksi. Produksi BBM semakin menurun akibat keterbatasan cadangan minyak. Cadangan minyak yang terbukti pada tahun 2005 hanya 4,18 milyar barrel sedangkan jumlah produksi bilamana dioptimasi selama 15 tahun akan habis pada tahun 2013. Untuk memenuhi permintaan BBM yang semakin meningkat tersebut, pada tahun 2015 kita harus mengimpor BBM sebesar 341.140.035 barrel. Hal tersebut dipengaruhi oleh permintaan BBM domestik yang semakin bertambah dengan rata-rata pertumbuhannya sebesar 2,4% per tahun. Sehingga pada tahun 2015 permintaan BBM mencapai 490.682.404 barrel.

Tabel 4.12 Simulasi Model Optimasi Produksi BBM Nasional

Time	Cadangan Minyak Terbukti	Prod_max_MI	Konsumsi BBM
01 Jan 2005	4.187.470.000,00	279.164.666,67	387.080.166,00
01 Jan 2007	3.400.628.666,01	226.708.577,73	405.882.972,14
01 Jan 2009	2.575.500.732,79	171.700.048,85	425.599.143,40
01 Jan 2011	1.710.226.390,50	114.015.092,70	446.273.047,39
01 Jan 2013	802.855.487,17	53.523.699,14	467.951.206,94
01 Jan 2015	-148.656.859,76	-9.910.457,32	490.682.404,77

Non-commercial use only

Dengan melihat kondisi perkembangan permintaan BBM yang semakin melesit dan semakin menipisnya cadangan minyak nasional. Biodiesel sebagai barang substitusi diharapkan mampu menutupi kekurangan persediaan BBM nasional sehingga kesinambungan persediaan BBM dapat terjaga. Berdasarkan hasil simulasi rasio kebutuhan bahan bakar diesel setelah substitusi biodiesel dapat dilihat pada tabel 4.13. simulasi model terdiri dari 3 skenario yaitu pada skenario dasar, skenario pesimis dan skenario optimis.

Pemanfaatan Biodiesel sebagai bahan bakar substitusi solar adalah salah satu upaya penyediaan Bahan Bakar alternatif untuk memenuhi Permintaan Bahan Bakar Minyak baik secara regional maupun secara nasional. Rasio kebutuhan bahan bakar diesel dengan produksi nasional di DKI Jakarta pada skenario dasar pada tahun pada tahun 2015 mencapai -220 % dari produksi BBM nasional.

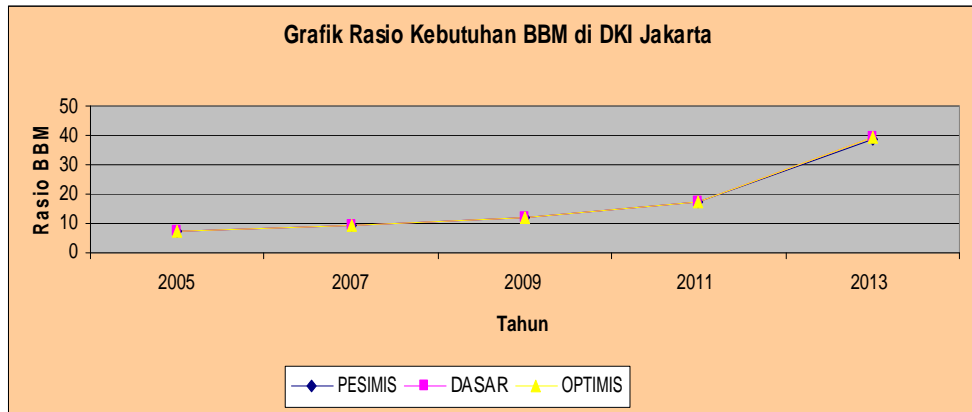
Dengan Pencampuran biodiesel 5% pada tahun 2006-2007, 10% pada tahun 2008-2009, 15% pada tahun 2010-2015, maka konsumsi Bahan Bakar Minyak pada sektor transportasi di DKI Jakarta menjadi berkurang. Dengan berkurangnya konsumsi BBM tersebut, maka selain berpengaruh kepada tingkat kesinambungan ketersediaan bahan bakar minyak juga berpengaruh kepada pengurangan kuantitas impor bahan bakar yang pada tahun 2015 mencapai 341.140.035 barrel.

Bila dilihat dari rasio kebutuhan Bahan Bakar Diesel di DKI Jakarta dengan tingkat produksi nasional berdasarkan dari skenario PDRB. Rasio kebutuhan Bahan Bakar Diesel dengan Produksi nasional BBM pada tahun 2015 - 217%, untuk Skenario Dasar -220%, dan pada Skenario Optimis -220%. Bila dilihat dari rasio kebutuhan tersebut, dan bilamana tidak ada upaya mencari sumber alternatif enegi baru maka aktivitas ekonomi akan menjadi lumpuh total.

Tabel 4.13 Rasio kebutuhan Bahan Bakar Diesel dengan produksi Nasional

TAHUN	PESIMIS	DASAR	OPTIMIS
2005	7,14	7,14	7,14
2007	9,13	9,13	9,13
2009	11,85	11,87	11,88
2011	17,51	17,60	17,60
2013	38,75	39,06	39,13
2015	-217,42	-220,09	-220,97

Grafik 4.12 Rasio kebutuhan Bahan Bakar Diesel dengan produksi Nasional



4.7 SIMULASI MODEL PRODUKSI CRUDE PALM OIL

Biodiesel dari kelapa sawit merupakan salah satu pilihan dalam diversifikasi energi pada sektor transportasi. Potensi pengembangan bahan alternatif ini sangat besar di Indonesia. Selain kondisi iklim yang kondusif, ketersediaan lahan juga sangat mendukung untuk perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Berdasarkan pengelolaan dan kepemilikannya perkebunan kelapa sawit di Indonesia terdiri atas tiga, yaitu perkebunan negara, perkebunan swasta, dan perkebunan rakyat. Perkembangan luas lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia dalam lima tahun terakhir yaitu dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2005 meningkat dengan pertumbuhan sekitar 5.2% per tahun. Luas lahan pada tahun 2005 yaitu 5.453.817 Ha. Berdasarkan simulasi model produksi Crude Palm Oil (CPO), luas lahan kelapa sawit pada tahun 2015 mencapai 9.054.364 Ha.

Dengan ketersediaan lahan yang memadai, Indonesia menjadi negara pengekspor peringkat kedua setelah Malaysia dengan tingkat produksi rata-rata 12 juta ton per tahun. Pada tahun 2005 produksi CPO sekitar 12.817.198 ton, produksi ini diperuntukkan untuk memenuhi permintaan CPO internasional sebesar 11.419.386 Ton (0,89%) dan permintaan domestik 1.496.163 ton (0,1%). Dari hasil simulasi model produksi Crude Palm Oil (CPO), dengan tingkat permintaan ekspor CPO pada tahun 2015 sebesar 42.688.222 ton, dan 6.560.499 ton untuk kebutuhan domestik, maka luas lahan yang dibutuhkan dengan tingkat produksi 1,98 Ton/Ha adalah 24.823.419 Ha. Sedangkan bila dilihat dari

pertumbuhan luas lahan kemampuan produksi nasional hanya 17.927.641 ton pada tahun 2015 (Tabel 4.14)

Tabel 4.14 Simulasi Model Produksi Crude Palm Oil

Time	Luas Lahan CPO	Produksi CPO	EKS_CPO	Total Kebutuhan	Prod_max_CPO
01 Jan 2005	5.453.817,00	13.882.008,29	10.150.000,00	3.830.359,29	10.798.557,66
01 Jan 2007	6.035.761,09	17.579.417,30	13.464.810,00	4.212.958,30	11.950.806,96
01 Jan 2009	6.679.800,94	22.609.926,09	17.904.768,85	4.803.508,24	13.226.005,86
01 Jan 2011	7.392.562,42	29.217.673,87	23.864.710,78	5.451.314,09	14.637.273,59
01 Jan 2013	8.181.378,40	37.762.527,49	31.881.848,28	5.979.030,21	16.199.129,23
01 Jan 2015	9.054.364,20	49.150.370,50	42.688.222,31	6.560.499,19	17.927.641,12

Non-commercial use only

Pada Skenario Pesimis, Pada Tahun 2015 dengan substitusi Biodiesel 15% Biodiesel yang dibutuhkan sebesar 509.951 Ton, CPO yang dibutuhkan mencapai 566.612 Ton dengan luas lahan 290.570 hektar, sedangkan Rasio Kebutuhan CPO dengan Produksi CPO 3,16 %.

Tabel 4.15 Simulasi Skenario Pesimis Kebutuhan CPO

Time	Demand Solar	Kebutuhan Lahan	Kebutuhan CPO dgn S	CPO For Biodiesel	Biodiesel Ton
01 Jan 2005	20.980.528,18	80.163,74	1,45	156.319,29	140.687,36
01 Jan 2007	21.779.848,18	83.217,83	1,36	162.274,77	146.047,29
01 Jan 2009	22.615.252,73	172.819,60	2,55	336.998,21	303.298,39
01 Jan 2011	23.487.888,96	269.232,07	3,59	525.002,53	472.502,28
01 Jan 2013	24.398.907,08	279.674,69	3,37	545.365,65	490.829,09
01 Jan 2015	25.349.458,00	290.570,47	3,16	566.612,42	509.951,18

Non-commercial use only

Pada Skenario Dasar, Pada Tahun 2015 dengan substitusi Biodiesel 15% Biodiesel yang dibutuhkan sebesar 516.229 Ton, CPO yang dibutuhkan mencapai 573.587 Ton dengan luas lahan 294.147 hektar sedangkan Rasio Kebutuhan CPO dengan Produksi CPO 3,20 %.

Tabel 4.16 Simulasi Skenario Dasar Kebutuhan CPO

Time	Demand Solar	Kebutuhan Lahan	Kebutuhan CPO dgn S	CPO For Biodiesel	Biodiesel Ton
01 Jan 2005	20.980.528,18	80.163,74	1,45	156.319,29	140.687,36
01 Jan 2007	21.784.718,48	83.236,44	1,36	162.311,06	146.079,95
01 Jan 2009	22.646.177,60	173.055,92	2,55	337.459,03	303.713,13
01 Jan 2011	23.602.293,03	270.543,43	3,60	527.559,69	474.803,72
01 Jan 2013	24.595.226,19	281.925,02	3,39	549.753,79	494.778,41
01 Jan 2015	25.661.526,39	294.147,58	3,20	573.587,79	516.229,01

Non-commercial use only

Pada Skenario Optimis, Pada Tahun 2015 dengan substitusi Biodiesel 15% Biodiesel yang dibutuhkan sebesar 3.864.579 barrel, CPO yang dibutuhkan mencapai 575.875 Ton dengan luas lahan 295.320 hektar sedangkan Rasio Kebutuhan CPO dengan Produksi CPO 3,21 %.

Tabel 4.17 Simulasi Skenario Optimis Kebutuhan CPO

Time	Demand Solar	Kebutuhan Lahan	Kebutuhan CPO dgn S	CPO For Biodiesel	Biodiesel Ton
01 Jan 2005	20.980.528,18	80.163,74	1,45	156.319,29	140.687,36
01 Jan 2007	21.787.153,62	83.245,74	1,36	162.329,20	146.096,28
01 Jan 2009	22.661.654,28	173.174,18	2,55	337.689,66	303.920,69
01 Jan 2011	23.610.766,86	270.640,56	3,61	527.749,10	474.974,19
01 Jan 2013	24.642.023,62	282.461,44	3,40	550.799,81	495.719,83
01 Jan 2015	25.763.860,94	295.320,60	3,21	575.875,17	518.287,66

Non-commercial use only

4.8 SIMULASI MODEL EMISI GAS BUANG

Dalam menghitung emisi gas buang yang dihasilkan akibat dari kendaraan bermotor di DKI Jakarta digunakan faktor emisi gas buang dalam satuan gram/liter, dimana konsumsi bahan bakarnya diestimasi dengan model LAPI-ITB. Emisi yang disimulasikan yaitu CO, HC, dan Nox. Persamaan yang digunakan adalah :

$$E = FE \times FC \dots\dots\dots(4-4)$$

Dimana :

- E : Emisi kendaraan (gr/jam)
- FE : faktor emisi (gr/lit)
- FC : konsumsi bahan bakar (lt/jam)

Nilai faktor emisi dalam satuan gram/liter untuk kondisi Indonesia diperoleh dari hasil penelitian PPE-ITB yang kemudian dalam simulasi emisi gas buang pada pembahasan ini, dikonversikan ke dalam Ton/barrel. Faktor emisi tersebut disajikan pada tabel 4.18 dibawah ini

Tabel 4.18 Nilai Faktor Emisi (gr/liter) untuk Beberapa Jenis Kendaraan

No	Jenis Kendaraan	Faktor Emisi (gr/lt)		
1	Kendaraan Penumpang	53.05	10.46	4.07
2	Truk	14.81	63.13	9.32
3	Bus	10.28	41.6	6.28

Sumber : Pusat Penelitian Energi, ITB, diolah

4.8.1 Simulasi Skenario Dasar Emisi Gas Buang

Dari hasil simulasi model dengan skenario dasar pertumbuhan PDRB, Emisi gas buang dari transportasi yang memakai Bahan Bakar Solar di DKI Jakarta yang berasal dari kendaraan bermotor di DKI Jakarta menunjukkan bahwa kendaraan berjenis Truk menyumbangkan emisi yang paling besar yaitu; pada tahun 2015 emisi CO dari truk 39.445 Ton, kemudian emisi CO dari Bus sebesar 12.542 Ton, dan selanjutnya emisi CO dari Mobil Penumpang sebesar 3.635 Ton. Total Emisi CO yang berasal dari kendaraan berbahan bakar diesel di DKI Jakarta pada tahun 2015 yaitu 55.624 Ton. (Tabel 4.19)

Tabel 4.19 Emisi CO pada Skenario Dasar pada Kendaraan di DKI Jakarta

Time	CO Bus	CO MP	CO Truk	Total CO
01 Jan 2005	12.311,31	1.932,29	29.577,31	43.820,91
01 Jan 2007	12.355,88	2.184,64	31.276,99	45.817,51
01 Jan 2009	12.401,14	2.473,45	33.096,12	47.970,72
01 Jan 2011	12.448,71	2.816,29	35.112,77	50.377,76
01 Jan 2013	12.495,39	3.197,68	37.203,90	52.896,97
01 Jan 2015	12.542,79	3.635,87	39.445,50	55.624,15

Non-commercial use only!

Pada tabel 4.20 menunjukkan bahwa Total NOx yang berasal dari transportasi di DKI Jakarta pada tahun 2015 mencapai 219.653 Ton yang terdiri dari 50.812 ton dari Bus, 716 Ton dari Mobil Penumpang dan 168.1323 dari Mobil Truk.

Tabel 4.20 Emisi NOx pada Skenario Dasar pada Kendaraan di DKI Jakarta

Time	NOx Bus	NOx MP	NOx Truk	Total NOx
01 Jan 2005	49.875,19	381,02	126.063,39	176.319,60
01 Jan 2007	50.055,75	430,78	133.307,73	183.794,25
01 Jan 2009	50.239,12	487,73	141.061,17	191.788,01
01 Jan 2011	50.431,81	555,33	149.656,43	200.643,57
01 Jan 2013	50.620,93	630,53	158.569,20	209.820,66
01 Jan 2015	50.812,94	716,94	168.123,24	219.653,12

Non-commercial use only!

Sedangkan Jumlah HC akibat konsumsi bahan bakar diesel dari transportasi di DKI Jakarta pada skenario dasar sebesar 32.756 Ton yaitu; 7.661 Ton dari Bus, 279 Ton dari Mobil Penumpang, dan 24.815 ton dari Mobil Truk (Tabel 4.21)

Tabel 4.21 Emisi HC pada Skenario Dasar pada Kendaraan di DKI Jakarta

Time	HC Bus	HC MP	HC Truk	Total HC
01 Jan 2005	7.520,55	148,29	18.607,38	26.276,23
01 Jan 2007	7.547,78	167,66	19.676,67	27.392,11
01 Jan 2009	7.575,43	189,82	20.821,10	28.586,36
01 Jan 2011	7.604,49	216,13	22.089,79	29.910,41
01 Jan 2013	7.633,00	245,40	23.405,35	31.283,75
01 Jan 2015	7.661,95	279,03	24.815,56	32.756,54

Non-commercial use only!

4.8.2 Simulasi Skenario Pesimis Emisi Gas Buang

Hasil simulasi model emisi gas buang dengan skenario pesimis menunjukkan bahwa Total Emisi gas buang dari transportasi yang memakai Bahan Bakar Solar di DKI Jakarta pada tahun 2015 yaitu 54.825 Ton terdiri dari emisi CO truk sebesar 38.789 Ton, Bus sebesar 12.529 Ton, dan emisi CO dari Mobil Penumpang sebesar 3.506 Ton. (Tabel 4.22)

Tabel 4.22 Emisi CO pada Skenario Pesimis pada Kendaraan di DKI Jakarta

Time	CO Bus	CO MP	CO Truk	Total CO
01 Jan 2005	12.311,31	1.932,29	29.577,31	43.820,91
01 Jan 2007	12.355,61	2.183,08	31.266,70	45.805,40
01 Jan 2009	12.399,54	2.462,92	33.030,84	47.893,29
01 Jan 2011	12.443,08	2.774,67	34.871,53	50.089,29
01 Jan 2013	12.486,24	3.121,44	36.790,56	52.398,24
01 Jan 2015	12.529,01	3.506,53	38.789,63	54.825,17

Non-commercial use only!

Pada Skenario pesimis Total Emisi NOx yang berasal dari kendaraan berbahan bakar diesel di DKI Jakarta pada tahun 2015 mencapai 216.776 Ton yang terdiri dari 50.757 ton dari Bus, 691 Ton dari Mobil Penumpang dan 165.327 dari Mobil Truk.(Tabel 4.23).

Tabel 4.23 Emisi NOx Skenario Pesimis pada Kendaraan di DKI Jakarta

Time	NOx Bus	NOx MP	NOx Truk	Total NOx
01 Jan 2005	49.875,19	381,02	126.063,39	176.319,60
01 Jan 2007	50.054,67	430,47	133.263,86	183.749,00
01 Jan 2009	50.232,62	485,65	140.782,90	191.501,17
01 Jan 2011	50.409,03	547,12	148.628,26	199.584,41
01 Jan 2013	50.583,88	615,50	156.807,47	208.006,85
01 Jan 2015	50.757,14	691,43	165.327,81	216.776,39

Non-commercial use only!

Total HC akibat konsumsi bahan bakar diesel dari transportasi di DKI Jakarta pada skenario pesimis sebesar 32.325 Ton yaitu; 7653 Ton dari Bus, 269 Ton dari Mobil Penumpang, dan 24.402 Tondari Mobil Truk (Tabel 4.21)

Tabel 4.24 Emisi HC Skenario Pesimis pada Kendaraan di DKI Jakarta

Time	HC Bus	HC MP	HC Truk	Total HC
01 Jan 2005	7.520,55	148,29	18.607,38	26.276,23
01 Jan 2007	7.547,62	167,54	19.670,20	27.385,35
01 Jan 2009	7.574,45	189,01	20.780,03	28.543,49
01 Jan 2011	7.601,05	212,94	21.938,03	29.752,02
01 Jan 2013	7.627,41	239,55	23.145,31	31.012,28
01 Jan 2015	7.653,54	269,11	24.402,94	32.325,59

Non-commercial use only!

4.8.3 Simulasi Skenario Optimis Emisi Gas Buang

Hasil simulasi model dengan skenario optimis emisi gas buang dari transportasi yang memakai Bahan Bakar Solar di DKI Jakarta menunjukkan bahwa Total Emisi CO pada tahun 2015 yaitu 55.886 Ton. Mobil truk menyumbangkan emisi yang paling besar yaitu 39.660 Ton, dari Bus sebesar 12.547 Ton, dan emisi CO dari Mobil Penumpang sebesar 3.678 Ton, dan. (Tabel 4.25)

Tabel 4.25 Emisi CO Skenario Optimis pada Kendaraan di DKI Jakarta

Time	CO Bus	CO MP	CO Truk	Total CO
01 Jan 2005	12.311,31	1.932,29	29.577,31	43.820,91
01 Jan 2007	12.356,01	2.185,41	31.282,14	45.823,56
01 Jan 2009	12.401,94	2.478,73	33.128,80	48.009,47
01 Jan 2011	12.449,12	2.819,40	35.130,63	50.399,15
01 Jan 2013	12.497,56	3.215,99	37.302,41	53.015,95
01 Jan 2015	12.547,26	3.678,75	39.660,50	55.886,52

Non-commercial use only!

Total NO_x dengan skenario optimis yang berasal dari transportasi di DKI Jakarta pada tahun 2015 mencapai 220.596 ton yang terdiri dari 50.831 ton dari Bus, 729 ton/barrel dari Mobil Penumpang dan 169.039 dari Mobil Truk.(Tabel 4.26)

Tabel 4.26 Emisi NO_x Skenario Optimis pada Kendaraan di DKI Jakarta

Time	NOx Bus	NOx MP	NOx Truk	Total NOx
01 Jan 2005	49.875,19	381,02	126.063,39	176.319,60
01 Jan 2007	50.056,29	430,93	133.329,66	183.816,88
01 Jan 2009	50.242,37	488,77	141.200,43	191.931,56
01 Jan 2011	50.433,49	555,94	149.732,58	200.722,01
01 Jan 2013	50.629,70	634,14	158.989,07	210.252,92
01 Jan 2015	50.831,07	725,39	169.039,63	220.596,09

[Non-commercial use only]

Jumlah HC akibat konsumsi bahan bakar diesel dari transportasi di DKI Jakarta pada skenario optimis sebesar 32.897 Ton yaitu; 7.664 Ton dari Bus, 382 Ton dari Mobil Penumpang, dan 24.950 dari Mobil Truk (Tabel 4.27)

Tabel 4.27 Emisi HC Skenario Optimis pada Kendaraan di DKI Jakarta

Time	HC Bus	HC MP	HC Truk	Total HC
01 Jan 2005	7.520,55	148,29	18.607,38	26.276,23
01 Jan 2007	7.547,86	167,72	19.679,91	27.395,49
01 Jan 2009	7.575,92	190,23	20.841,66	28.607,81
01 Jan 2011	7.604,74	216,37	22.101,03	29.922,14
01 Jan 2013	7.634,32	246,81	23.467,32	31.348,46
01 Jan 2015	7.664,69	282,32	24.950,82	32.897,83

[Non-commercial use only]

4.8.4 Perhitungan Biaya Emisi

Dari hasil perhitungan emisi kendaraan dapat dilakukan perhitungan biaya emisi sesuai dengan parameternya. Perhitungan biaya emisi tiap parameter yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan Maddison (1996), dengan mengkonversi satuan dolar ke dalam bentuk rupiah. Perhitungan biaya emisi Emisi gas buang yang ada di DKI Jakarta dapat dihitung dengan menggunakan model perhitungan seperti yang tersaji pada tabel 4.28.

Tabel 4.28 Biaya Emisi (Rp/ton) yang digunakan dalam penelitian

No	Paramater Emisi	Biaya Emisi	
		\$/Ton	Rp/Ton
1	Karbonmonoksida (CO)	20,57	195.415
2	Hidrokarbon (HC)	3,6	34.200
3	Nitrogen Oksida (NOx)	1,1	10.450

1 \$ = Rp. 9.500,-

Dalam simulasi model perhitungan biaya emisi berdasarkan skenario dasar pertumbuhan PDRB menunjukkan bahwa total biaya emisi CO yang dihasilkan kendaraan pada tahun 2015 mencapai 10 milyar, HC 342 juta dan NOx 7 milyar. (Tabel 4.29)

Tabel 4.29 Biaya Emisi dengan Skenario Dasar

Time	Total Biaya Emisi CO	Total Biaya Emisi HC	Total Biaya Emisi NOx
01 Jan 2005	8.563.262.910,15	274.586.572,59	6.030.130.236,59
01 Jan 2007	8.953.428.387,51	286.247.522,68	6.285.763.365,26
01 Jan 2009	9.374.197.800,20	298.727.421,67	6.559.149.970,62
01 Jan 2011	9.844.570.843,93	312.563.818,99	6.862.010.254,16
01 Jan 2013	10.336.861.270,13	326.915.215,45	7.175.866.450,27
01 Jan 2015	10.869.793.733,19	342.305.889,71	7.512.136.847,17

Non-commercial use only

Sedangkan pada skenario pesimis menunjukkan bahwa bahwa total biaya emisi CO yang dihasilkan kendaraan pada tahun 2015 mencapai 10 milyar, HC 337 juta dan NOx 7 milyar. (Tabel 4.30)

Tabel 4.30 Biaya Emisi dengan Skenario Pesimis

Time	Total Biaya Emisi CO	Total Biaya Emisi HC	Total Biaya Emisi NOx
01 Jan 2005	8.563.262.910,15	274.586.572,59	6.030.130.236,59
01 Jan 2007	8.951.061.699,92	286.176.917,02	6.284.215.803,76
01 Jan 2009	9.359.068.147,75	298.279.519,92	6.549.339.932,70
01 Jan 2011	9.788.198.730,25	310.908.629,83	6.825.786.849,01
01 Jan 2013	10.239.402.305,63	324.078.313,86	7.113.834.325,79
01 Jan 2015	10.713.660.311,87	337.802.412,84	7.413.752.589,25

Non-commercial use only

Pada skenario pesimis menunjukkan bahwa bahwa total biaya emisi CO yang dihasilkan kendaraan pada tahun 2015 mencapai 10 milyar, HC 343 juta dan NOx 7 milyar. (Tabel 4.31)

Tabel 4.31 Biaya Emisi dengan Skenario Optimis

Time	Total Biaya Emisi CO	Total Biaya Emisi HC	Total Biaya Emisi NOx
01 Jan 2005	8.563.262.910,15	274.586.572,59	6.030.130.236,59
01 Jan 2007	8.954.611.731,31	286.282.825,51	6.286.537.146,01
01 Jan 2009	9.381.770.423,10	298.951.575,37	6.564.059.372,90
01 Jan 2011	9.848.749.857,46	312.686.401,54	6.864.692.684,68
01 Jan 2013	10.360.112.733,21	327.591.364,87	7.190.649.790,60
01 Jan 2015	10.921.063.559,59	343.782.330,81	7.544.386.420,24

Non-commercial use only

4.9 ANALISIS KETERSEDIAAN DAN KEEKONOMIAN PEMANFAATAN BIODIESEL

4.9.1 Analisis Ketersediaan Pemanfaatan Biodiesel

Pemanfaatan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif untuk substitusi bahan bakar diesel/solar pada sektor transportasi di DKI Jakarta merupakan salah satu alternatif solusi dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar khususnya pada sektor transportasi yang berbahan bakar diesel. Berbagai kebijakan dari pemerintah tentang pemanfaatan biodiesel sampai pembuatan Blue Print pemanfaatan Biofuel secara nasional telah dilakukan. Hal ini menjadikan biodiesel semakin diminati oleh masyarakat di DKI Jakarta. Dengan mengacu pada perencanaan Blue Print energi yang merencanakan substitusi Biodiesel pada Tahun 2005-2007 sebesar 5%, Tahun 2008-2010 10%, dan Tahun 2010-2015 menjadi 15%, maka hampir dipastikan bahwa DKI Jakarta telah memberikan kontribusi terhadap pemerintah terhadap permasalahan ketersediaan bahan bakar minyak.

Dengan pemanfaatan biodiesel ini, diharapkan adanya kesinambungan (*continuesly*) persediaan BBM terhadap pemenuhan kebutuhan BBM. Pemanfaatan biodiesel telah memberikan sumbangsih yang cukup signifikan terhadap pemenuhan kebutuhan Bahan Bakar Minyak baik di DKI Jakarta maupun secara nasional. Berdasarkan hasil simulasi Pertambahan Transportasi pada skenario Optimis pertumbuhan PDRB (6,73%), Simulasi model

menunjukkan pada tahun 2015 transportasi di DKI Jakarta mencapai 15.318.592 unit kendaraan dan yang berbahan bakar diesel/solar terdiri dari 247.695 unit bus, 14.071 unit mobil penumpang, dan 543.354 unit Truk.

Jumlah Bahan Bakar dari hasil simulasi model konsumsi Bahan Bakar Minyak dengan skenario Optimis PDRB diprediksikan bahwa pada Tahun 2015 total konsumsi Bahan Bakar Diesel/Solar pada transportasi sebesar 25.766.860 barrel yang terdiri dari 17.387.331 barrel pada Truk, 450.275 barrel pada Mobil Penumpang, dan 7.926.253 pada Bus. Apabila pemanfaatan biodiesel pada tahun 2015 direncanakan mencapai 15%, maka DKI Jakarta akan menghemat bahan bakar sebesar 3.864.579 Barrel Bahan Bakar Diesel atau 518.287 ton dengan tingkat densitas biodiesel 0.87 gr/liter. Sedangkan luas lahan yang dibutuhkan dengan tingkat produksi biodiesel 1,9 ton/ha adalah 295.320 ha. Rasio kebutuhan Bahan Bakar Diesel/Solar dengan produksi BBM nasional pada Skenario Pesimis -217,42%, Skenario Dasar -220 dan Pada Skenario Optimis -221%, sedangkan rasio kebutuhan CPO pada tahun 2015 untuk skenario pesimis 3,16%, 3,20% untuk skenario Dasar, dan 3,21% untuk skenario Optimis.

4.9.2 Analisis Keekonomian Pemanfaatan Biodiesel

Melihat Cadangan Bahan Bakar Minyak yang semakin menipis dan tidak ditemukannya cadangan minyak baru untuk memenuhi kebutuhan Bahan Bakar minyak secara nasional sehingga Produksi Bahan Bakar Minyak nasional tidak lagi mampu memenuhi permintaan kebutuhan domestik. Dalam memenuhi permintaan bahan bakar minyak yang semakin melejit tersebut, kebijakan impor Bahan Bakar Minyak harus dilakukan. Dengan kebijakan impor BBM tersebut, negara pasti dibebankan dengan menanggung biaya impor yang dibebankan kepada APBN.

Patokan Harga BBM nasional berdasarkan Peraturan Presiden No 9 Tahun 2006 yang menetapkan harga jual eceran bensin (premium) RP. 4.500,- dan Diesel (Solar) Rp. 4.300. Harga jual eceran BBM dalam negeri ditetapkan setiap awal bulan oleh Direktur Utama Pertamina berdasarkan formula harga patokan dan pada batasan harga jual terendah dan harga jual tertinggi. Terhadap penetapan

harga jual eceran untuk setiap bahan bakar minyak jenis bensin premium, minyak tanah yang digunakan selain untuk rumah tangga dan usaha kecil, minyak solar, minyak diesel, dan minyak bakar diberikan pengurangan harga yang diusulkan oleh Pertamina dan dikonsultasikan dengan pemerintah.

Selisih akibat pengurangan tersebut sepenuhnya ditanggung oleh pemerintah dalam bentuk pemberian subsidi. Oleh karena itu, dalam rangka upaya pengurangan subsidi Mengenai patokan harga jual energi, penetapan kebijakan harga energi ke arah keekonomiannya, dengan tetap mempertimbangkan kemampuan usaha kecil, dan bantuan bagi masyarakat tidak mampu dalam jangka waktu tertentu, harga keekonomian adalah harga yang dihitung setiap bulannya berdasarkan MOPS (*Mid Oil Platt's Singapore*) rata-rata pada periode satu bulan sebelumnya ditambah 14,1%. BOPS yang dimaksud disini adalah harga transaksi jual beli pada bursa minyak di Singapura.

Harga keekonomian rata-rata menurut Surat Keputusan Direktur Pemasaran dan Niaga PT Pertamina (Persero) tentang Harga Jual Keekonomian Bahan Bakar Minyak Pertamina Periode 2006-2006 adalah untuk bahan bakar diesel rata-rata Rp.6.500 per liter sedangkan harga keppres sebesar Rp. 4.300,-. berarti APBN akan menanggung beban biaya Rp. 2.200 per liter.

Indonesia pada tahun 2005 telah mengimpor bahan Bakar minyak untuk pasokan energi nasional sebesar 160.000.000 barrel dan diprediksikan dengan model optimasi produksi BBM dalam memenuhi permintaan BBM dalam negeri Indonesia harus mengimpor BBM pada tahun 2015 sebesar 341.140.035 barrel. Dan bila dikonversikan ke harga eceran yang berlaku. APBN harus menanggung biaya dalam bentuk subsidi sebesar Rp. 35,2 Milyar pada tahun 2005 dan pada Tahun 2015 Rp. 750 Milyar.

Penetapan harga energi sampai ke tingkat keekonomiannya untuk dilakukan mengurangi beban pemerintah dan harus memberikan dampak optimum terhadap upaya diversifikasi energi. Pemanfaatan Biodiesel 15% pada Tahun 2015 pada sektor transportasi di DKI Jakarta dengan skenario optimis dimana kebutuhan Diesel/Solar sebesar 25.766.860 barrel, dengan tingkat pemakaian biodiesel sebesar Rp. 3.864.579 Ton.

Dalam Menjaga kesinambungan pasokan CPO untuk produksi biodiesel, pemerintah diharapkan mampu membuat sebuah kebijakan dalam mengamankan stok bahan baku biodiesel. Untuk menjaga agar Produsen CPO tetap menjual CPO untuk pemenuhan persediaan bahan baku produksi biodiesel. Kebijakan yang harus dilakukan adalah Memberikan Insentif kepada produsen CPO dan Biodiesel agar dapat memproduksi Biodiesel, Memberlakukan pajak ekspor terhadap CPO agar produsen CPO dapat menjual CPO-nya untuk produksi Biodiesel dalam negeri. Harga Bahan Bakar Minyak tetap direncanakan sampai pada tingkat keekonomiannya. Membuka lahan baru khusus untuk produksi Biodiesel. Mengkaji Tumbuhan Nabati lain yang prospek sebagai Bahan Baku Produk Biodiesel. Harga CPO rata-rata internasional periode 2006-2007 Rp.5.400 dan masih akan naik ketika pemanfaatan biodiesel pada sektor transportasi di luar negeri juga diterapkan. sehingga apabila pemerintah masih mempertahankan harga Bahan Bakar Diesel/solar 4.300. maka selisih harga CPO dan Solar sebesar Rp. 1.100.

Bila ditinjau dari aspek produksi biodiesel, berdasarkan perkiraan Engineering Center BPPT (2004), biaya bahan baku biodiesel berbentuk CPO standar adalah Rp. 3.600/Ton, sedangkan harga bahan baku berbentuk CPO Rp. 350,- sampai dengan Rp. 1000,-/kg. Sedangkan perkiraan biaya produksi CPO menurut PT. Perkebunan Nusantara VII yang memperkirakan biaya produksi minyak sawit atau CPO dari perkebunan tersebut adalah Rp. 2.600,-/kg, sedangkan harga pasar dari CPO Rp. 3.300,-/kg. Biaya produksi tersebut, sudah meliputi biaya investasi dan biaya pemeliharaan perkebunan kelapa sawit, serta biaya pengangkutan tandan buah segar (TBS) dari perkebunan ke pabrik pengolahan CPO. sebagai informasi tambahan, biaya investasi untuk penanaman setiap hektar kelapa sawit diperkirakan mencapai Rp. 15.000.000,-/kg, sedangkan biaya pemeliharaan kelapa sawit setiap tahun mencapai Rp. 3.000.000,-/hektar/tahun.

4.9.3 Analisis Emisi Gas Buang Pada Sektor Transportasi di DKI Jakarta

Seiring dengan semakin meningkatnya pertumbuhan ekonomi DKI Jakarta yang diikuti dengan meningkatnya aktivitas kegiatan industri dan transportasi yang berkontribusi pada penurunan kualitas udara ambien dan atmosfer. Penurunan kualitas udara ambien ini terjadi karena emisi yang berasal dari industri, transportasi, domestik ataupun kebakaran hutan telah melampaui daya dukung lingkungan sehingga tidak dapat dinetralkan secara alami.

Angkutan darat berperan memberikan kontribusi pencemaran dengan komposisi 78,32% (SO₂), 29,18% (NO₂), 62,62 % (HC = *hydrocarbon*), dan 85,78 % (CO), serta debu 6,9%. Motor berdasarkan data studi kualitas udara di Jakarta 1997 menunjukkan polusi sangat besar. Selama satu tahun mengeluarkan CO 120.002 ton, HC 38.302 ton, NO₂ 971 ton, SO₂ 101 ton, dan PM (*Particulate Materials*) 101 ton. Kendaraan penumpang mengeluarkan CO 197.055 ton, HC 26.492 ton, NO₂ 29.382 ton, SO₂ 1.433 ton, dan PM 2.134 ton per tahun.

Menurut data WHO (*World Health Organization*), setiap tahun sekitar 3 juta orang meninggal karena polusi udara atau sekitar 5 % dari 55 juta orang yang meninggal setiap tahun di dunia. Udara yang kotor ini berdampak pada penurunan kualitas kesehatan, dan pada akhirnya menurunkan produktivitas. Enam dari 15 kota yang paling terpolusi di dunia terdapat di Asia, yaitu Katmandu (Nepal), New Dehli (India), Jakarta (Indonesia), Chongqing (China) dan Calcutta (India). Sepertiga dari pencemaran karbondioksida di dunia dikeluarkan oleh kelima kota besar ini.

Bank Dunia (*World Bank*) menempatkan Jakarta sebagai kota berpolusi udara terburuk ketiga setelah Meksiko dan Bangkok. Penilaian ini dilakukan oleh Bank Dunia sejak lima tahun yang lalu. Buruknya kualitas udara ini, sesuai dengan penilaian Bank dunia, mengakibatkan kerugian sebesar 62 juta US dollar. Apabila kondisi ini tidak cepat ditanggulangi, maka di tahun 2008 kerugian akan bertambah menjadi 222 juta US dollar.

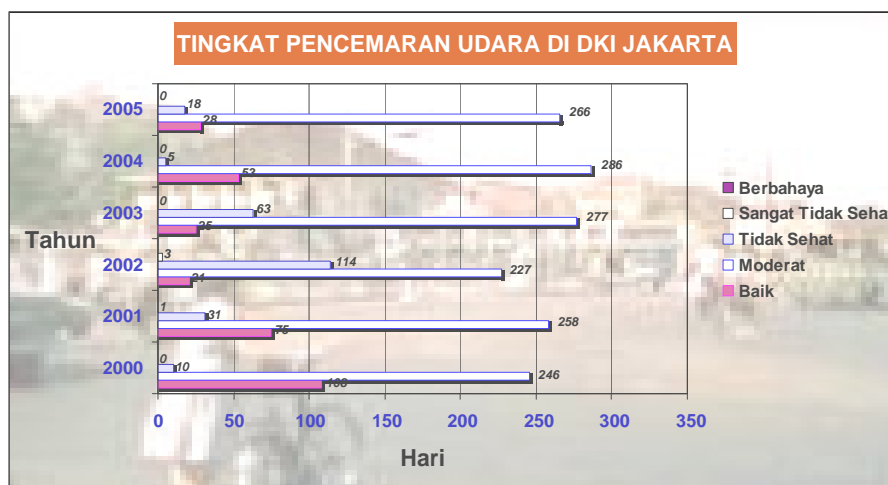
Hasil simulasi model dengan skenario optimis emisi gas buang dari transportasi yang memakai Bahan Bakar Solar di DKI Jakarta menunjukkan bahwa Total Emisi CO pada tahun 2015 yaitu 55.886 Ton. Total NO_x dengan skenario optimis yang berasal dari transportasi di DKI Jakarta pada tahun 2015

mencapai 220.596 ton. Jumlah HC akibat konsumsi bahan bakar diesel dari transportasi di DKI Jakarta pada skenario optimis sebesar 32.897 Ton. Dari hasil perhitungan emisi kendaraan dapat dilakukan perhitungan biaya emisi sesuai dengan paramaternya.

Dari Hasil pengukuran kualitas udara di DKI Jakarta, pada tahun 2005 Kondisi kualitas udara di DKI Jakarta terdiri dari 28 hari udara baik, 266 hari udara sedang, dan 18 hari udara tidak sehat. (Tabel 4.3).

Tabel. 4.32 Tabel Kondisi Kualitas Udara di DKI Jakarta

Tahun	Udara Baik	Sedang	Udara Tidak Sehat	Udara Sangat Tidak Sehat	Berbahaya
2000	108	246	10	0	0
2001	75	258	31	1	0
2002	21	227	114	3	0
2003	25	277	63	0	0
2004	53	286	5	0	0
2005	28	266	18	0	0



Grafik 4.13

Tingkat Pencemaran Udara Di DKI Jakarta.

(Sumber : BPLHD DKI Jakarta, 2006)

Dengan melihat kondisi udara DKI Jakarta yang semakin menurun akibat emisi gas buang oleh transportasi sekitar 70%. Produksi Biodiesel sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan dapat memberikan andil dalam peningkatan kualitas udara dengan penurunan emisi akibat dari transportasi. Dengan pemanfaatan Biodiesel 15% pada tahun 2015 diharapkan adanya penurunan emisi gas buang dari transportasi sampai 15%. Dari hasil pengujian Uji Jalan I oleh BBPT dengan Toyota kijang minibus dengan jarak tempuh 5.000 km dapat menurunkan HC 19%, CO₂ 23%, dan NO_x 25%. (Tabel 4.33).

Tabel 4.33 Hasil Pengukuran Uji Jalan 1 Toyota Kijang

Parameter	Kendaraan Tidak Ber-AC		%	Kendaraan Ber-AC		%	Satuan
	Minyak Diesel	Biodiesel		Minyak Diesel	Biodiesel		
CO	0	0	0	0	0	0	%
HC	4	3.25	-19	25	17	-32	ppm
CO2	2.1	1.62	-23	2.8	2.7	-4	%
O2	17.67	18.18	3	16.22	16.29	0	%
Nox	154	116	-25	253	192	-24	ppm
Smoke Number	0.37	0.16	-57	1.23	0.18	-85	FSN

Sumber: BPPT, 2006

Pencemaran udara di Jakarta telah mencapai taraf amat serius dan mengkhawatirkan dibandingkan dengan standar Badan Kesehatan Dunia (WHO). Pencemaran udara di Jakarta hampir lebih dari 70% berasal dari sektor transportasi dan sisanya dari sektor industri dan sektor lainnya. Seperti diketahui, Singapura sejak tahun 2001 memakai Euro 2, Srilangka menerapkan Euro 2 pada tahun 2004 dan Euro 3 pada tahun 2007 ini, kemudian India sejak 2001 sudah menerapkan Euro 2 dan di tahun 2005 telah menggunakan Euro 3. Sementara Uni Eropa sudah menerapkan standar Euro 2 sejak 1996 lalu, Euro 3 sejak tahun 2000 dan pada 2005 masuk ke Euro 4. sedangkan Indonesia baru pada tahun 2005 menerapkan euro 2, namun implementasinya belum maksimal.

Tabel 4.34 Ketentuan Standard Emisi Euro 1 – 5 Untuk Mobil Penumpang

Mobil Penumpang	PM (mg/km)		NOx (g/km)		HC (g/km)		HC+NOx (g/km)	
	Diesel	Bensin	Diesel	Bensin	Diesel	Bensin	Diesel	Bensin
Euro 1 (1992-93)	140	--	--	--	--	--	0.97	0.97
Euro 2 (1996)	80/100 ¹	--			--	--	0.7/0.9 ¹	0.5
Euro 3 (2000)	50	--	0.50	0.15	--	0.20	0.56	--
Euro 4 (2005)	25	--	0.25	0.08	--	0.10	0.30	--
<i>Euro 5-UBA proposal (2008)</i>	2.5	2.5	0.08	0.08	0.05	0.05	--	--

Keterangan : 1 Indirect Injection (IDI) and Direct Injection (DI) engines respectively.

Sumber : *Factsheet from*

4.10 MODEL LENGKAP DISTRIBUSI CRUDE PALM OIL (CPO)

Pada tahun 2005 luas areal perkebunan kelapa sawit Indonesia mencapai 5.453.817 ha dengan produksi CPO mencapai 11,81 juta ton. Dari 5,4 juta ha tersebut, luas perkebunan rakyat adalah sebesar 2,356 juta ha dengan produksi 4,5 juta ton, luas perkebunan negara sebesar 0.529 juta ha dengan produksi 1,4 juta ton, dan perkebunan swasta 2,567 juta ha, dengan produksi mencapai 5,9 juta ton . (Tabel 3.6 dan Tabel 3.7 pada BAB III).

Kebutuhan minyak nabati pada saat ini terus meningkat. Menurut Oil World Pada tahun 2002/2003, konsumsi minyak hayati mencapai 123.95 juta ton dan pada tahun 2006/2007 diperkirakan mencapai 153.84 juta ton dengan rata-rata pertumbuhan 4.78% pertahun. Selain meningkatnya kebutuhan untuk pangan dan bahan baku industri oleokimia, peningkatan kebutuhan tersebut juga disebabkan penggunaan minyak nabati sebagai bahan baku energi alternatif (biofuel).

Tabel 4.35 Keseimbangan 17 Minyak dan Lemak Dunia Tahun 2002-2007

Uraian	Okt-Sept	Okt-Sept	Okt-Sept	Okt-Sept	Okt-Sept	Pertumbuhan (%)
	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007*	
Stok Awal	13.652	12.586	13.563	15.167	16.362	3.42
Produksi	123.946	130.395	138.798	147.638	153.864	4.71
Impor	43.752	46.220	49.892	54.358	58.237	6.01
Ekspor	43.731	46.229	49.986	53.741	58.202	6.04
Konsumsi	125.034	129.408	137.752	146.060	154.710	4.78
Stok Akhir	12.586	13.511	15.167	16.362	15.320	4.37

Sumber : Oil World 2006

* Angka perkiraan

4.10.1 Posisi Indonesia dalam Perdagangan Minyak Sawit Dunia

Tahun 2006 Indonesia merupakan negara produsen kedua terbesar setelah Malaysia. Menurut Oil World (2006), total produksi minyak sawit (dan produk turunannya) di dunia pada tahun 2006 mencapai 36.9 juta ton. Dari jumlah tersebut, sekitar 86 % dipasok dari dua negara produsen utama yaitu Malaysia dan Indonesia dengan produksi masing-masing sebesar 16.05 juta ton (43.49%) dan 15.9 juta ton (43.91%)

Tabel 4.36 Market Share Minyak Sawit Dunia Tahun 2006

Negara	2006	Persentase
Malaysia	14.300	48.76%
Indonesia	12.140	41.40%
Papua Nugini	313	1.07%
Kolombia	265	0.90%
Lain-Lain	2.308	7.87%
Total	29.326	100.00%

Sumber : Oil World. 2006

Perkembangan harga minyak sawit lokal di Indonesia dipengaruhi oleh fluktuasi harga minyak sawit dunia. Pada tahun 2006, harga CPO lokal masih di kisaran Rp. 3.700.- /kg sampai Rp. 5.000.-/kg sedangkan harga olein berkisar Rp. 4.100.-/kg sampai Rp. 5.500.-/kg. Tahun 2007 harga komoditi tersebut terus naik, hingga mencapai Rp. 7.000.-/kg untuk CPO dan Rp. 7.300.-/kg untuk olein (Gambar 4). Tingginya harga CPO lokal menyebabkan harga minyak goreng menjadi mahal, sehingga menyebabkan daya beli masyarakat menurun karena harga minyak goreng curah dipasar mencapai Rp. 8.000.-/kg. Harga CPO yang tinggi juga menyebabkan harga biodiesel sawit menjadi lebih tinggi daripada harga minyak diesel industri, sehingga harga biodiesel sawit menjadi tidak kompetitif.

4.10.2 Minyak Sawit Indonesia

Nilai ekspor CPO pada tahun 2006 adalah sebesar US\$ 1.993.666.661 dan produk turunannya sebesar US\$ 2.823.975.487. Nilai ekspor PKO pada tahun 2006 adalah sebesar US\$ 506.001.860 dan produk turunannya sebesar US\$

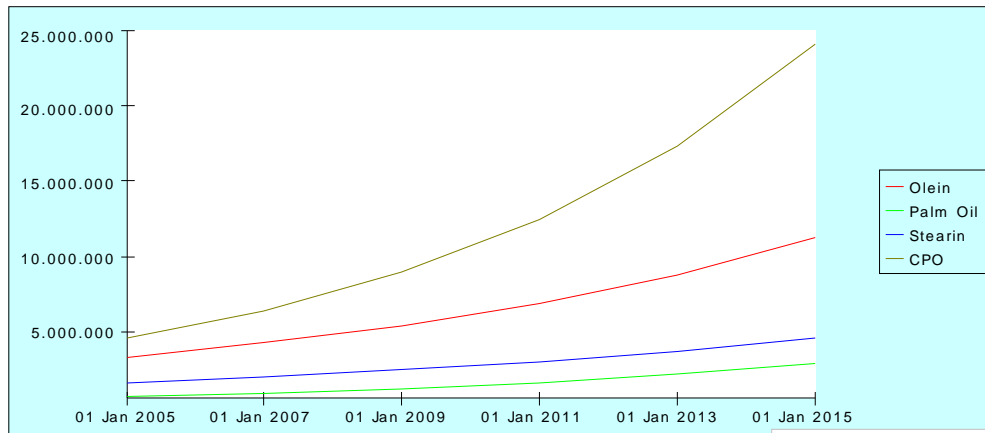
110.473.580, sehingga nilai total ekspor minyak sawit Indonesia adalah sebesar US\$ 5.434.11.606. Nilai ekspor minyak sawit ini merupakan 5,83% dari total ekspor Indonesia.

Dari hasil simulasi diperoleh Ekspor CPO nasional pada tahun 2015 mencapai 42 juta ton, yang terdiri dari 24 juta ton CPO, dan produk turunan CPO yaitu olein 11 juta ton, Palm Oil 2 juta ton dan Stearin 4 juta ton. Dari permintaan ekspor CPO tersebut, mengindikasikan adanya permintaan ekspor yang sangat signifikan mengingat Indonesia adalah pengeksport kedua CPO yang kedua dibawah Malaysia.

Tabel. 4.37 Tabel Permintaan Ekspor CPO

Time	TOTAL EKSPOR	Olein	Palm Oil	Stearin	CPO
01 Jan 2005	10.150.000,00	3.300.000,00	650.000,00	1.600.000,00	4.600.000,00
01 Jan 2007	13.464.810,00	4.213.770,00	874.640,00	1.971.360,00	6.405.040,00
01 Jan 2009	17.904.768,85	5.380.562,91	1.176.915,58	2.428.912,66	8.918.377,70
01 Jan 2011	23.864.710,78	6.870.440,78	1.583.657,61	2.992.663,28	12.417.949,10
01 Jan 2013	31.881.848,28	8.772.865,84	2.130.969,68	3.687.260,43	17.290.752,33
01 Jan 2015	42.688.222,31	11.202.072,39	2.867.432,80	4.543.073,58	24.075.643,55

[Non-commercial use only]



[Non-commercial use only]

Grafik 4.14 Permintaan CPO

Produksi CPO Indonesia sebagian besar menjadi produk ekspor, namun pemenuhan permintaan dalam negeri juga harus diperhatikan. CPO dalam negeri sebagian sebagian besar untuk produksi minyak goreng, margarine dan shortening

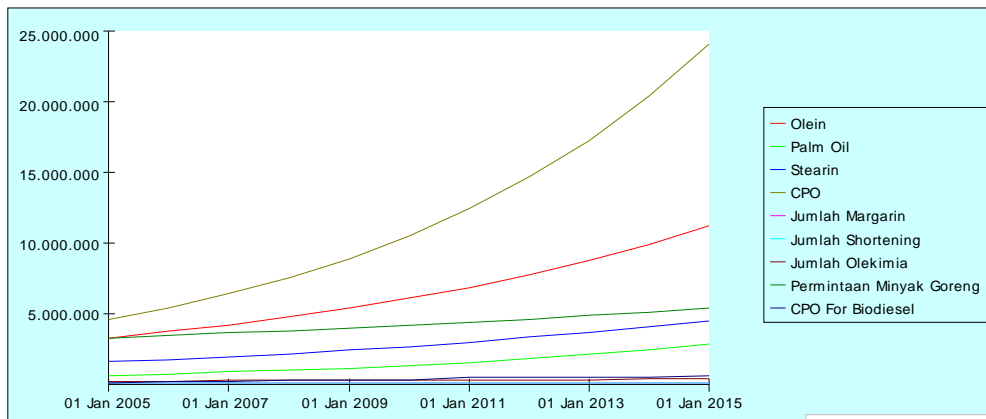
serta oleokimia. Dari total produksi CPO nasional pada tahun 2005 13 juta ton, konsumsi dalam negeri sekitar 3 juta ton sebagian besar diekspor yaitu sekitar 10 juta ton, sisanya dikonsumsi untuk minyak goreng sebesar 3.3 juta ton dan produk turunan lainnya sebesar 0,5 juta ton.

Dari hasil simulasi diperoleh Permintaan CPO dalam negeri pada tahun 2015 mencapai 6,5 juta ton, yang terdiri dari 92 ribu ton Margarin, 131 ribu Ton, Shortening, 385 ribu Ton Olekimia dan 5 juta Ton untuk Minyak Goreng. Selain permintaan tersebut untuk kebutuhan industri tersebut, permintaan CPO untuk produksi Biodiesel sebagai produk turunan CPO mencapai 575.875 juta ton khusus di DKI Jakarta.

Tabel. 4.38 Tabel Permintaan CPO dalam Negeri

Time	Jumlah Margarin	Jumlah Shortening	Jumlah Olekimia	Permintaan Minyak Goreng	Permintaan CPO For Biodiesel	Total Kebutuhan
01 Jan 2005	56.854,00	80.792,00	236.394,00	3.300.000,00	156.319,29	3.830.359,29
01 Jan 2007	62.681,54	89.073,18	260.624,39	3.638.250,00	162.329,20	4.212.958,30
01 Jan 2009	69.106,39	98.203,18	287.338,38	4.011.170,63	337.689,66	4.803.508,24
01 Jan 2011	76.189,80	108.269,01	316.790,57	4.422.315,61	527.749,10	5.451.314,09
01 Jan 2013	83.999,25	119.366,58	349.261,60	4.875.602,96	550.799,81	5.979.030,21
01 Jan 2015	92.609,18	131.601,65	385.060,92	5.375.352,27	575.875,17	6.560.499,19

[Non-commercial use only]



[Non-commercial use only]

Grafik 4.15 Permintaan CPO Dalam Negeri

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Optimasi Produksi Bahan Bakar Minyak

Dari hasil Optimasi Produksi Bahan Bakar Minyak Nasional 15 Tahun dari Cadangan minyak yang terbukti 4,18 Milyar Barrel, Cadangan Minyak akan habis dieksplorasi pada tahun 2013. Untuk memenuhi permintaan BBM sebesar 490.682.404 Barrel pada tahun 2015, Kita harus mengimpor BBM sebesar 341.140.035 barrel.

2. Pemanfaatan Biodiesel Pada Sektor Transportasi

a. Kebutuhan Bahan Bakar Minyak di DKI Jakarta khususnya Bahan Bakar Diesel/Solar pada Tahun 2015 Sebelum Pencampuran Biodiesel pada skenario Pesimis PDRB mencapai 25.349.458 Barrel, pada Skenario Dasar 25.661.526 Barrel, dan pada Skenario Optimis 25.763.860 barrel dengan rasio kebutuhan BBM dengan produksi nasional pada skenario Pesimis -255%, pada skenario Dasar -258%, dan pada skenario optimis -259%.

b. Kebutuhan Bahan Bakar Diesel/Solar Sesudah Pencampuran Biodiesel pada Tahun 2015 pada skenario Pesimis PDRB mencapai 21.567.239 Barrel, Skenario Dasar 21.832.746, dan rasio kebutuhan BBM dengan produksi nasional pada skenario Pesimis -217%, pada skenario Dasar -220%, dan pada skenario optimis -221%..

3. Perencanaan Biodiesel Secara Terintegrasi

a. Crude Palm Oil (CPO) yang dengan proses transesterifikasi dapat menghasilkan produk Biodiesel untuk Substitusi Bahan Bakar Solar di DKI Jakarta. Dengan pencampuran 15%, Kebutuhan Biodiesel pada Tahun 2015 pada tiga skenario Pertumbuhan PDRB yaitu :

1. Pada Skenario Pesimis, Pada Tahun 2015 untuk memproduksi Biodiesel 509.951 Ton, CPO yang dibutuhkan mencapai 566.612

- Ton dengan luas lahan 290.570 hektar, sedangkan Rasio Kebutuhan CPO dengan Produksi CPO 3,16 %.
2. Pada Skenario Dasar, Pada Tahun 2015 untuk memproduksi Biodiesel Biodiesel 516.229 Ton, CPO yang dibutuhkan mencapai 573.587 Ton dengan luas lahan 294.147 hektar sedangkan Rasio Kebutuhan CPO dengan Produksi CPO 3,20 %.
 3. Pada Skenario Optimis, Pada Tahun 2015 untuk memproduksi Biodiesel 518.287 Ton, CPO yang dibutuhkan mencapai 575.875 Ton dengan luas lahan 295.320 hektar sedangkan Rasio Kebutuhan CPO dengan Produksi CPO 3,21 %.
- b. Pemanfaatan Biodiesel selain berdampak pada kesinambungan pemenuhan kebutuhan Bahan Bakar dengan tingkat substitusi sampai 15% pada Tahun 2015. Sebagai sumber energi terbarukan juga mempunyai fungsi strategis mendukung pemanfaatan energi yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.
1. Emisi Gas Buang yang dihasilkan oleh kendaraan berbahan bakar solar di DKI Jakarta pada tahun 2015 sebelum pencampuran Biodiesel yaitu ; pada skenario pesimis emisi CO sebesar 54.825,17 ton, NOx sebesar 216.776,39 ton, dan HC sebesar 32.325,59. Pada skenario dasar emisi CO sebesar 55.624,15 ton, NOx sebesar 219.653,12 ton, dan HC sebesar 32.756,54 ton. untuk Skenario Optimis emisi CO sebesar 55.886,52 ton, Nox 220.596,09 ton, dan HC sebesar 32.897,83 ton.
 2. Emisi Gas Buang yang dihasilkan oleh kendaraan berbahan bakar solar di DKI Jakarta pada tahun 2015 sesudah pencampuran Biodiesel yaitu; pada skenario pesimis emisi CO sebesar 48.246,15 ton, NOx sebesar 162.582,3 ton, dan HC sebesar 26.183,7. pada skenario dasar emisi CO sebesar 48.949,25 ton, NOx sebesar 164.739,84 ton, dan HC sebesar 26.532,79 ton. untuk Skenario Optimis emisi CO sebesar 49.170,14 ton, Nox 165.447,07 ton, dan HC sebesar 26.647,24 ton.

5.2 SARAN

Dalam Menjaga kesinambungan pasokan CPO untuk produksi biodiesel, pemerintah diharapkan mampu membuat sebuah kebijakan dalam mengamankan stok bahan baku biodiesel. Kebijakan yang harus dilakukan antara lain :

1. Memberikan Insentif kepada produsen CPO dan Biodiesel agar dapat memproduksi Biodiesel
2. Memberlakukan pajak ekspor terhadap CPO agar produsen CPO dapat menjual CPO-nya untuk produksi Biodiesel dalam negeri.
3. Harga Bahan Bakar Minyak tetap direncanakan sampai pada tingkat keekonomiannya.
4. Membuka lahan baru khusus untuk produksi Biodiesel.
5. Mengkaji Tumbuhan Nabati lain yang prospek sebagai Bahan Baku Produk Biodiesel

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Sugiyono, Endang Suarna, Optimasi Penyediaan Energi Nasional: Konsep Dan Aplikasi Model Markal Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi (BPPT), 2005
- Amalia Shintawaty, Prospek pengembangan biodiesel dan bioetanol Sebagai bahan bakar alternatif di Indonesia, Maret 2006
- An International Perspective, *Biofuel For Transport*, International Energy Agency, 2004
- Angerhofer, B.J, Angelides, M.C., 2000, “*System Dynamics Modeling In Supply Chain Management: Research Review*”, Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2000
- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta, Laporan Pemantauan Kualitas Udara, 2006
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Perencanaan Energi Nasional Jangka Panjang Dengan Mempertimbangkan Pemanfaatan Bio-Fuel, Bahan Bakar Batubara Cair, PLTU Batubara Skala Kecil, dan PLTN, PT. Parikesit Indotama, Jakarta, 2005
- Badan Pusat Statistik DKI Jakarta, Jakarta Dalam Angka, 2006
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Kebijakan Pengembangan energi terbarukan Dan konservasi energi (energi hijau) Jakarta, 22 Desember 2003
- Departemen Perindustrian , Kebijakan Pembangunan Industri Nasional, 2005.

Departemen Sumber Daya Mineral, Blue Print Energi Nasional, 2005-2025,
Jakarta 2005

Dinas Perhubungan DKI Jakarta, Laporan Kegiatan Mobil Bus Kota & Perkotaan,
Mei 2007

Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi DESDM, Statistik Ketenaga
listrikan dan Energi, 2005

Dr. Chandra B. Prakash, *A Critical Review Of Biodiesel As A Transportation Fuel
In Canada*, prepared by , principle GCSI - Global Change Strategies
International Inc. for the Transportation Systems ranch Air Pollution
Prevention Directorate Environment Canada March 25, 1998

Evaluasi Kebijakan Investasi Kawasan Berikat dan Kinerja Sektor Ekonomi di
Kalimatan Timur, PKP2A III LAN Samarinda, Tahun 2005

Husaini and Yusep Kartiwa Caryana, *Prospect of DME Plant Development In
Indonesia As Substitute Diesel Fuel*, Research and Development Center for Oil
and Gas Teknologi-Lemigas, 2004

Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2006 tentang Penyediaan
dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (BIOFUEL) sebagai Bahan Bakar
Alternatif

Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia, Status Lingkungan Hidup Indonesia,
2005

Marciano Morozowski Filho Gladis Bordin Schuch, *Demand Forecasting And
Strategic Planning In Electricity Distribution Companies: A System Dynamics
Approach*, Federal University Of Santa Catarina Brazil, 1998

Missouri Department of Natural Resources, *Developing Biofuel Production in Missouri*, 2006

ModellData, Powersim (*The Complete Software Tool for Dynamic Simulation*)
Version 2.0, 1994

Muhamad Soejani, Kepedulaaan Masa Depan; Laporan Komisi Mandiri Kependudukan dan Kualitas Hidup, Penerbit Institute Pendidikan dan Pengembangan Lingkungan Jakarta, 2000

Pengembangan Kelapa Sawit Skala Besar; Perspektif Kebijakan dan Kelayakan Pasar, PKP2A III LAN Samarinda, 2005

Peralihan Sistem Energi dri Konvensional menuju Sistem Energi Modern, akornas LTMI-PB HMI dan ICED Foundation, 2006

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Keijakan Energi Nasional

Pusat Data dan Informasi Pertanian, Statistik Pertanian dan Perkebunan, 2006

Ragil lanang WTP, Kajian Perencanaan Permintaan dan Penyediaan Energi di Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan Perangkat lunak LEAP, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 2005

Rama Prihandana, Dari Energi Fosil menuju Energi Hijau, Penerbit Proklamasi Publishing House, 2004

Rina Suryani, Simulasi Penerapan Kebijakan Busway Pada Koridor Blok M-Kota Ditinjau dari Segi Lingkungan, Program Teknik Sipil Universitas Indonesia, Januari 2003

Sterman, J.D, 2000, “*Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*”, McGraw Hill, 2000

Steven G. Bantz and Dr. Michael L. Deaton, *Understanding U.S. Biodiesel Industry Growth using System Dynamics Modeling*, 2006

Sugiarto, *Pengelolaan Eksploitasi Minyak Bumi dalam Pola Pembangunan Berkelanjutan*, Program Studi Ilmu Lingkungan UI, Tahun 2007

Tim Nasional Pengembangan BBN, *Blue Print Pengembangan Bahan Bakar Nabati untuk Percepatan Pengurangan Kemiskinan dan Pengangguran 2006-2025*, Desember, 2006

Ype C. Wijnia, Martijn S. Korn, Saskia Y. de Jager, Paulien M. Herder, *Long term optimization of asset replacement in energy infrastructures*, 2004

LAMPIRAN II

DOKUMENTASI HASIL PENELITIAN



Peta Wilayah DKI Jakarta



Transportasi di DKI Jakarta



Polusi dari Transportasi



Transportasi
Berbahan Bakar Biodiesel



Pabrik Biodiesel PT. Alternatif Indonesia
Kapasitas 1.500 liter/hari



Pabrik Biodiesel PT. Pindap
Kapasitas 500 liter/hari



Pabrik Biodiesel PT. Ganesha Energy
Produksi 6000 Ton/tahun



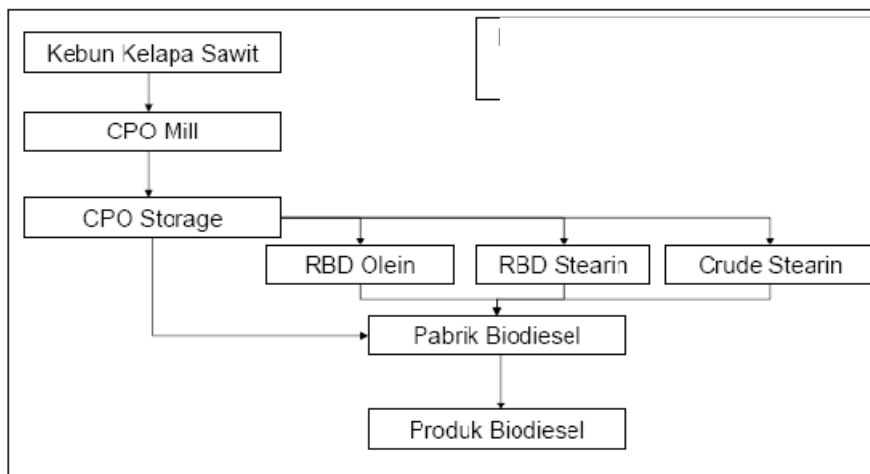
**Pabrik Biodiesel PT. Ganesha Energy
Produksi 6000 Ton/tahun**



**Pabrik Biodiesel PT. Eterindo Wahanatama
Produksi 10.000 Ton/tahun**

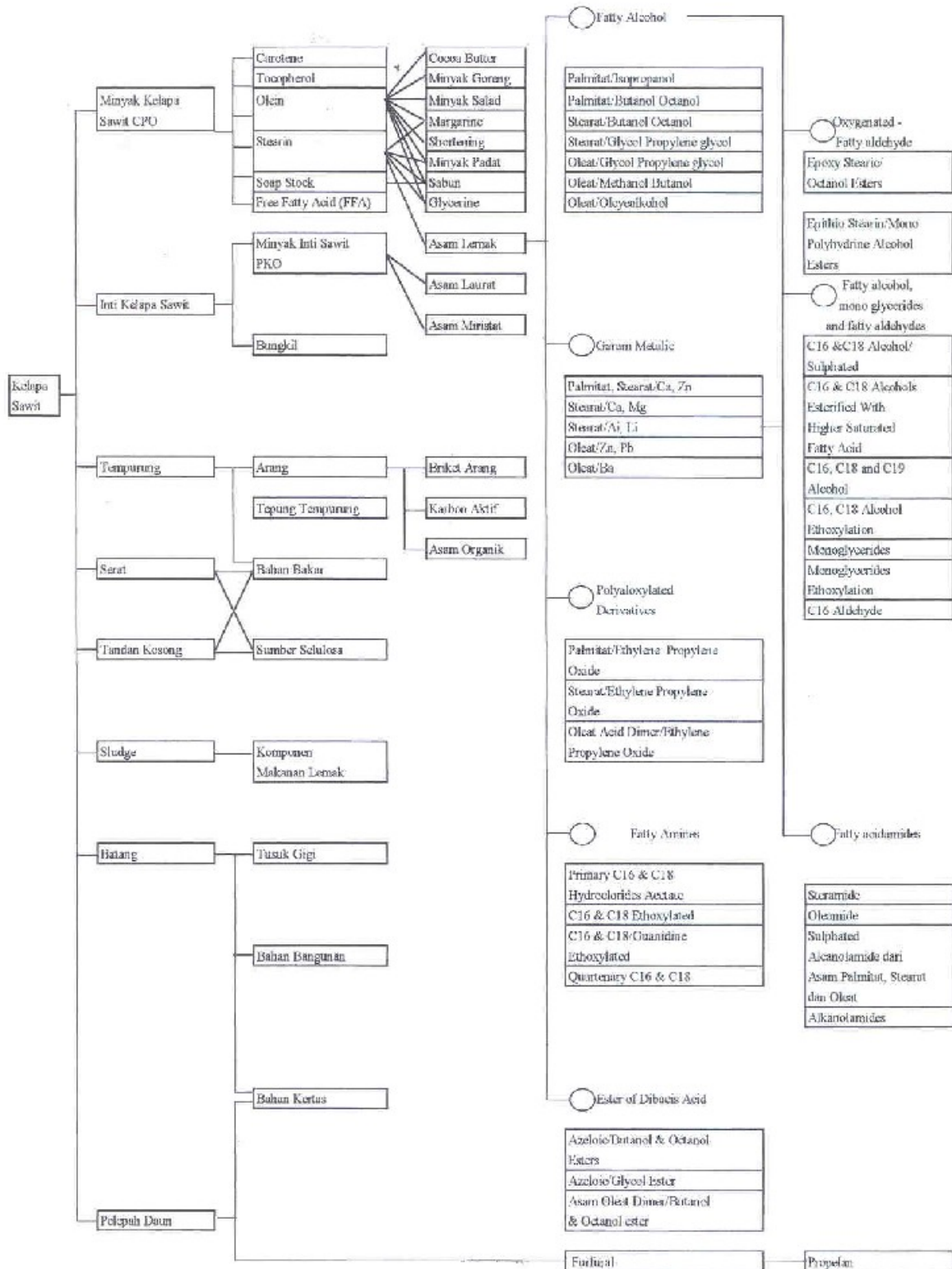


Produk Biodiesel

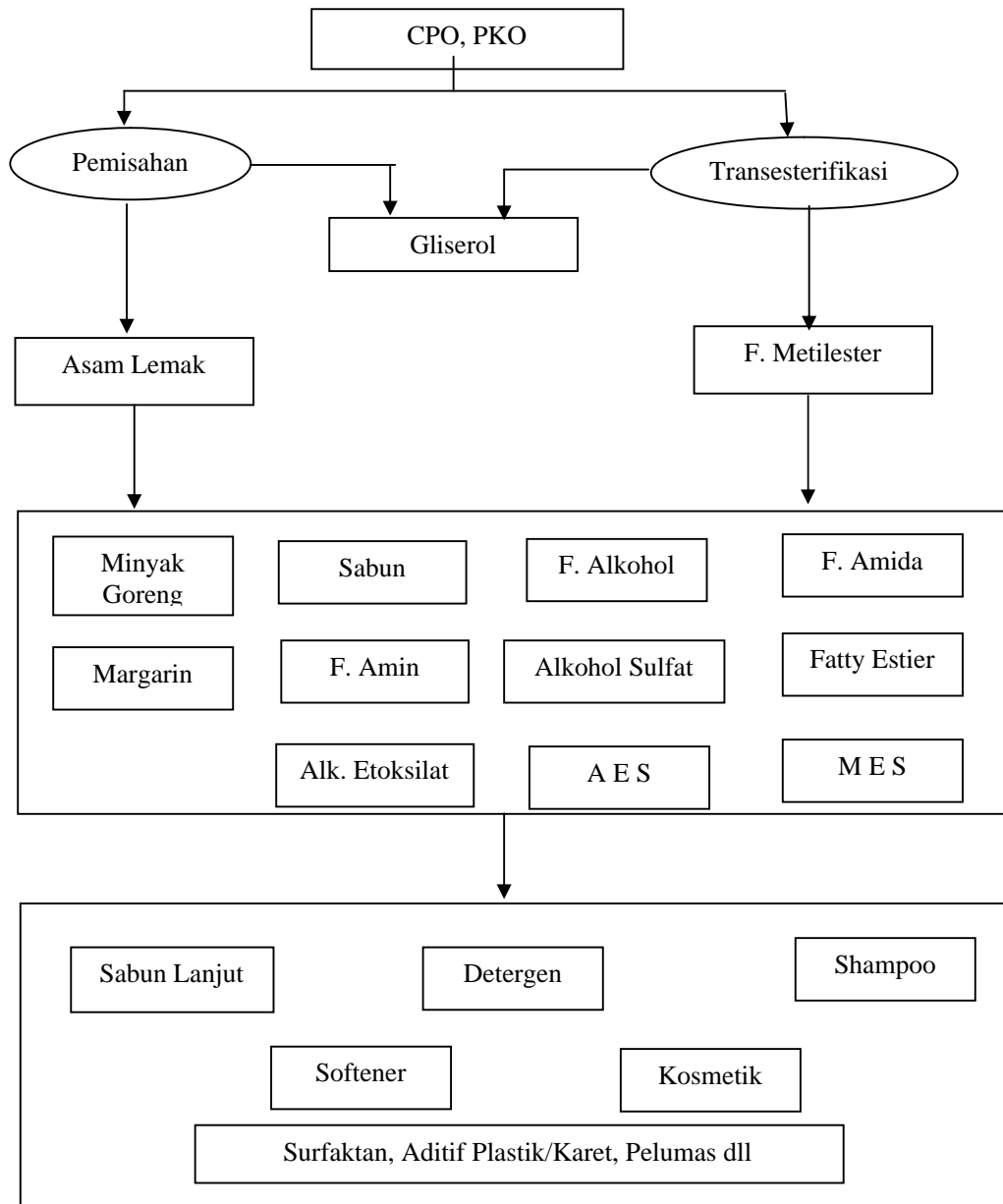


Flowchart Produk Biodiesel

POHON INDUSTRI KELAPA SAWIT



Produk Turunan CPO



Produk Turunan CPO