

**KAJIAN PERENCANAAN PERMINTAAN DAN  
PENYEDIAAN ENERGI DI WILAYAH DAERAH  
ISTIMEWA YOGYAKARTA MENGGUNAKAN  
PERANGKAT LUNAK LEAP**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Untuk mencapai derajat sarjana S-1  
Program Studi Fisika Teknik  
Jurusan Teknik Fisika



diajukan oleh :

**Ragil Lanang WTP**  
99/129433/TK/24213

kepada  
**JURUSAN TEKNIK FISIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS GADJAH MADA  
YOGYAKARTA  
2005**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**KAJIAN PERENCANAAN PERMINTAAN DAN PENYEDIAAN  
ENERGI DI WILAYAH DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA  
MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LEAP**

Oleh :

**Ragil Lanang Widiatmo Tri Purnomo  
99/129433/TK/24213**

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal 25 April 2005  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Penguji I,

Agus Sugiyono, M.Eng.  
NIP. 680 002 567

Tanggal : .....

Penguji II,

Dr.-Ing. Sihana  
NIP. 131 887 483

Tanggal : .....

Penguji III,

Ir. Kutut Suryopratomo, MT., M.Sc.  
NIP. 132 049 950

Tanggal : .....

Penguji IV,

Ir. Andang Widi Harto, M.T.  
NIP. 132 090 354

Tanggal : .....

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS GADJAH MADA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK FISIKA**

---

**HALAMAN TUGAS**

Nama : Ragil Lanang Widiatmo Tri Purnomo  
No. Mahasiswa : 99/129433/TK/24213  
Judul : **Kajian Perencanaan Permintaan dan Penyediaan Energi di Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta Menggunakan Perangkat Lunak LEAP**  
Pembimbing I : Agus Sugiyono, M.Eng.  
Pembimbing II : Dr.-Ing. Sihana  
Permasalahan : Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu propinsi di Indonesia yang tidak memiliki cadangan atau potensi sumber daya energi primer tak terbarukan sehingga untuk memenuhi kebutuhan energinya sangat tergantung pada pasokan dari daerah lain. Sedangkan potensi energi terbarukan yang ada seperti energi air, surya, angin, biomasa, dan gelombang laut, belum dapat dimanfaatkan secara maksimal. Untuk itu perlu dilakukan kajian perencanaan energi yang dapat memberikan gambaran kebutuhan dan kemungkinan penyediaan energi dimasa depan sehingga berguna bagi pembangunan daerah Yogyakarta.

Pembimbing I

Pembimbing II

Agus Sugiyono, M.Eng.  
NIP. 680 002 567

Dr.-Ing. Sihana  
NIP. 131 887 483

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknik UGM

Dr.-Ing. Kusnanto  
NIP. 131 695 242

***"Cinta selalu menembus ruang,  
waktu dan kegelapan.  
Bila diibaratkan bunga,  
Cinta adalah satu-satunya bunga yang mekar  
tanpa bantuan musim.  
Dimusim apapun, Cinta akan selalu mekar  
dan berbunga.  
Dan keharumannya pun semerbak  
mengisi setiap relung hati."***

***Teruntuk :  
Ayunda Kurniasih Widiati  
dan  
Ayunda Retno Endah Susilowati  
Serta Ayahanda dan Ibunda  
Atas Cintanya yang semerbak mewangi  
Selama ini***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Semesta Alam atas terselesaikannya penulisan tugas akhir dengan tema "Kajian Perencanaan Permintaan Penyediaan Energi di Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan Perangkat Lunak LEAP".

Telah banyak tenaga, pikiran dan waktu yang penulis curahkan untuk mewujudkan tugas akhir ini dan banyak pula bantuan-bantuan dari pihak-pihak yang dengan ikhlas membantu terselesaikannya tugas akhir ini. Penghargaan yang tinggi serta ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis tujukan kepada :

1. Bapak Dr.-Ing. Kusnanto, selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik.
2. Bapak Agus Sugiyono, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I dalam pelaksanaan tugas akhir.
3. Bapak Dr.-Ing Sihana selaku Dosen Pembimbing II dalam pelaksanaan tugas akhir.
4. Bapak dan Ibu pengajar serta staf Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik UGM.
5. Kedua orang tua, kedua kakakku, dan keponakanku Ninda, Lian, Tika yang senantiasa memberi motivasi dan bimbingan baik moril maupun materiil.
6. Dyah Kartika Setya Dewi, Andri Wicksono, Arizal, Iwan Samsudin, dan Charli Buchari atas persahabatan dan motivasinya selama ini.
7. Teman-teman Teknik Fisika, Soni, Aji, Dian, Murod, Agung, Purmadani, Ndang, Ivan, Sugi, Tiar dan teman-teman lain Angkatan 99 atas persahabatan dan kebersamaannya selama ini.
8. Teman-teman KKN Dengkeng, Ingrid, Leni, Dani, Pak Ion, Irma dan Wiro atas persahabantan dan candanya.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN TUGAS</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>INTISARI</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Batasan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Perencanaan Energi Nasional dengan Metode MARKAL.....	4
2.3. Perencanaan Energi Menggunakan LEAP.....	10
<b>BAB III. DASAR TEORI</b> .....	23
3.1. Teknik Peramalan.....	23
3.2. Kajian Perencanaan Energi.....	29
3.2.1. Perencanaan Sederhana.....	30
3.2.2. Perencanaan Terpadu.....	31
3.2.3. Berbagai Teknik Perencanaan Energi.....	40
3.3. Perencanaan Energi menggunakan LEAP.....	42
3.3.1. Modul Variabel Penggerak.....	44
3.3.2. Modul Permintaan.....	44
3.3.3. Modul Transformasi.....	47
3.3.4. Modul Sumber Daya Energi.....	51
3.3.5. Ekspresi-ekspresi dalam LEAP.....	51
<b>BAB IV. TATA LAKSANA PENELITIAN</b> .....	54
4.1. Bahan Penelitian.....	54
4.2. Alat Penelitian.....	54
4.3. Tata Laksana.....	55

4.3.1. Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	55
4.3.2. Metode dan Model Analisis.....	55
4.3.2.1. Modul Variabel Penggerak.....	56
4.3.2.2. Modul Permintaan.....	56
4.3.2.3. Modul Transformasi.....	58
4.3.2.4. Modul Sumber Daya Energi.....	59
4.4. Analisa Hasil.....	59
<b>BAB V. ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>60</b>
5.1. Asumsi Model.....	60
5.1.1. Pertumbuhan PDRB.....	60
5.1.2. Pertumbuhan Penduduk.....	63
5.1.3. Struktur dan Pertumbuhan Sektor Industri.....	64
5.1.4. Pertumbuhan Kegiatan Sektor Transportasi.....	66
5.1.5. Struktur dan Pertumbuhan Sektor Komersial.....	67
5.1.6. Pemakaian Energi Sektor Rumah Tangga.....	68
5.1.7. Pemakaian Energi Sektor Industri dan Komersial.....	69
5.1.8. Pemakaian Energi Sektor Transportasi.....	69
5.2. Proyeksi Permintaan Energi.....	69
5.2.1. Permintaan Energi per Sektor Pemakai Energi.....	72
5.2.2. Permintaan Energi per Jenis Energi.....	79
5.3. Potensi Energi Terbarukan.....	81
5.3.1 Energi Air.....	81
5.3.2. Energi Surya.....	83
5.3.3. Energi Angin.....	86
5.3.4. Energi Biomasa.....	87
5.3.5. Energi Gelombang Laut.....	90
5.4. Penyediaan Energi.....	91
5.4.1. Penyediaan Bahan Bakar Minyak dan Gas.....	92
5.4.1.1. Skenario Dasar.....	93
5.4.1.2. Skenario Diversifikasi.....	94
5.4.2. Penyediaan Listrik.....	96
5.5. Dampak Lingkungan.....	99
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>104</b>
6.1. Kesimpulan.....	104
6.2. Saran.....	105

## **Daftar Pustaka**

## **Lampiran**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1.	Susunan Model dalam Studi MARKAL 5
Gambar 2.2.	Proyeksi Permintaan Energi Final pada Skenario Dasar, Konservasi dan Diversifikasi di Indonesia periode 2000-2010 11
Gambar 2.3.	Proyeksi Permintaan Energi Final Sektor Rumah Tangga di Indonesia periode 2000-2010 13
Gambar 2.4.	Proyeksi Permintaan Energi Final Sektor Komersial di Indonesia periode 2000-2010 14
Gambar 2.5.	Proyeksi Permintaan Energi Final Sektor Transportasi di Indonesia periode 2000-2010 14
Gambar 2.6.	Proyeksi Permintaan Energi Final Sektor Industri di Indonesia periode 2000-2010 15
Gambar 2.7.	Proyeksi Permintaan Energi Sektor Lainnya di Indonesia periode 2000-2010 15
Gambar 2.8.	Proyeksi Permintaan Energi Final per Jenis Energi di Indonesia periode 2000-2010 17
Gambar 2.9.	Neraca Permintaan-Penyediaan BBM di Indonesia 20
Gambar 2.10.	Neraca Permintaan-Penyediaan Listrik di Indonesia 21
Gambar 2.11.	Neraca Permintaan-Penyediaan LPG di Indonesia 21
Gambar 2.12.	Perbandingan Penggunaan Briket dengan Minyak Tanah 22
Gambar 3.1.	Himpunan-himpunan Data pada Analisis Regresi 26
Gambar 3.2.	Grafik Hubungan antara Konsumsi BBM dan Waktu 27
Gambar 3.3.	Proses Perencanaan Energi yang dikaitkan dengan Formulasi Kebijakan Energi Nasional 30
Gambar 3.4.	Diagram Perencanaan Energi Terpadu 31
Gambar 3.5.	Proses Konversi Energi Primer menjadi Energi Final 35
Gambar 3.6.	Aliran Energi dalam Rantai Industri 37
Gambar 3.7.	Tampilan Layar LEAP 43
Gambar 3.8.	Pilihan Ekspresi dalam LEAP 51
Gambar 3.9.	Tampilan <i>Ekspression Builder</i> dalam LEAP 53
Gambar 4.1.	Susunan Model dalam LEAP 55
Gambar 4.2.	Proses Perhitungan dalam Modul Transformasi 58
Gambar 5.1.	Data Pertumbuhan PDRB DIY periode 1994 – 2003 60
Gambar 5.2.	Data dan Proyeksi PDRB DIY periode 1993 – 2018 62
Gambar 5.3.	Komposisi Struktur Penyusun PDRB DIY periode 1993-2003 62

Gambar 5.4.	Data dan Proyeksi Jumlah Penduduk DIY periode 1993-2018	63
Gambar 5.5.	Komposisi Sub Sektor Industri di DIY periode 1998-1999	64
Gambar 5.6.	Perbandingan Proyeksi PDRB menurut Kelompok Usaha Sektor Industri DIY periode 2003 -2018	65
Gambar 5.7.	Perbandingan Proyeksi Jumlah Kendaraan Bermotor DIY antara Skenario Dasar PDRB dengan Skenario Optimis PDRB periode 2003-2018	67
Gambar 5.8.	Proyeksi PDRB Sektor Komersial DIY periode 2003 – 2018	68
Gambar 5.9.	Data Konsumsi Energi per Sektor Pemakai di DIY Tahun 2003	70
Gambar 5.10.	Data Konsumsi Energi per Jenis Energi di DIY Tahun 2003	70
Gambar 5.11.	Proyeksi Permintaan Energi per Sektor Pemakai DIY periode 2003-2018	71
Gambar 5.12.	Proyeksi Permintaan Energi Sektor Rumah Tangga di DIY	72
Gambar 5.13.	Proyeksi Permintaan Energi Sektor Komersial di DIY periode 2003 - 2018	74
Gambar 5.14.	Proyeksi Permintaan Energi Sektor Industri per Kelompok Lapangan Usaha di DIY periode 2004 – 2018	76
Gambar 5.15.	Proyeksi Permintaan Energi Sektor Industri per Jenis Energi di DIY periode 2003-2018	77
Gambar 5.16.	Proyeksi Permintaan Energi Sektor Transportasi per Jenis Alat Transportasi di DIY periode 2003 – 2018	78
Gambar 5.17.	Proyeksi Permintaan Energi per Jenis Energi di DIY.	79
Gambar 5.18.	Skema Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	81
Gambar 5.19.	Neraca Permintaan-Penyediaan BBM menggunakan Skenario Dasar Penyediaan Energi dan Skenario Dasar Pertumbuhan PDRB	93
Gambar 5.20.	Neraca Permintaan-Penyediaan BBM menggunakan Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi dan Skenario Dasar Pertumbuhan PDRB	96
Gambar 5.21.	Proyeksi Konsumsi dan Produksi Listrik DIY periode 2003-2018 Skenario Dasar dan Optimis PDRB	97
Gambar 5.22.	Kapasitas Gardu Induk saat ini, Beban Puncak Listrik Skenario Dasar PDRB dan Skenario Optimis PDRB, dan Penambahan Kapasitas Gardu Induk	99

Gambar 5.23.	Perbandingan Proyeksi Emisi CO <sub>2</sub> antara Skenario Dasar PDRB dengan Skenario Optimis PDRB di Wilayah Propinsi DIY periode 2003-2018	100
Gambar 5.24.	Perbandingan Emisi Gas CO <sub>2</sub> antara Skenario Dasar Penyediaan Energi dengan Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi	101

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1.	Proyeksi Pertumbuhan PDB Indonesia periode 1991-2021 menggunakan Model MACRO 6
Tabel 2.2.	Proyeksi Jumlah Penduduk Indonesia menggunakan Model DEMO 6
Tabel 2.3.	Proyeksi Kebutuhan Energi Indonesia per Sektor Pemakai Energi menggunakan Model MARKAL 7
Tabel 2.4.	Optimasi Penyediaan Energi Primer Domestik menggunakan Model MARKAL 9
Tabel 2.5.	Tabel Proyeksi Penyediaan Energi Final menggunakan Model MARKAL 9
Tabel 2.6a.	Proyeksi Permintaan Energi per Sektor Pemakai Skenario Dasar 12
Tabel 2.6b.	Proyeksi Permintaan Energi per Sektor Pemakai Skenario Konservasi 12
Tabel 2.6c.	Proyeksi Permintaan Energi per Sektor Pemakai Skenario Diversifikasi 12
Tabel 2.7a.	Proyeksi Permintaan Energi Final per Jenis Skenario Dasar 16
Tabel 2.7b.	Proyeksi Permintaan Energi Final per Jenis Skenario Konservasi 16
Tabel 2.7c.	Proyeksi Permintaan Energi Final per Jenis Skenario Diversifikasi 16
Tabel 3.1.	Pembagian Metode Peramalan dan Contoh Penggunaannya 24
Tabel 3.2.	Data Konsumsi BBM dalam 10 Periode 27
Tabel 5.1.	Potensi Sumber Daya Air 82
Tabel 5.2.	Ciri-Ciri Khas dari Tenaga Matahari 83
Tabel 5.3.	Potensi Energi Angin 87
Tabel 5.4.	Potensi Sampah Perkotaan DIY 88
Tabel 5.5.	Potensi Limbah Terbak Sapi di DIY 90
Tabel 5.6.	Intensitas Energi Gelombang di Pantai Baron, DIY 91
Tabel 5.7.	Parameter Skenario Penyediaan Energi Wilayah DIY periode 2004-2018. 92
Tabel 5.8.	Jumlah Gardu Induk, Wilayah Operasi, Kapasitas dan Beban Puncak 97
Tabel 5.9.	Kandungan CO <sub>2</sub> per Energi yang Dikonsumsi 100

## DAFTAR LAMPIRAN

- Tabel D.1. Data Pendapatan Daerah Regional Bruto (PDRB) di Propinsi DIY menurut Harga Konstan 1993
- Tabel D.2. Data Kependudukan di Propinsi DIY periode 1993-2003
- Tabel D.3. Statistik Penjualan BBM di Propinsi DIY periode 1995 – 2003
- Tabel D.4. Faktor Konversi
- Tabel D.5. Data Ketenagalistrikan di Propinsi DIY periode 1996-2003
- Tabel E.1. Proyeksi *Skenario Dasar Pendapatan Regional Daerah Bruto (PDRB)* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel E.2. Proyeksi *Skenario Optimis Pendapatan Regional Daerah Bruto (PDRB)* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel E.3. Proyeksi Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel F.1. Parameter Aktivitas Energi Skenario Dasar PDRB
- Tabel F.2. Parameter Aktivitas Energi Skenario Optimis PDRB
- Tabel F.3. Parameter Intensitas Energi
- Tabel G.1. Permintaan Energi per Sektor Pemakai untuk *Skenario Dasar PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel G.2. Permintaan Energi per Jenis Energi untuk *Skenario Dasar PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-201
- Tabel G.3. Permintaan Energi per Sektor Pemakai untuk *Skenario Optimis PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel G.4. Permintaan Energi per Jenis Energi untuk *Skenario Optimis PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel H.1. *Skenario Dasar Penyediaan Energi* per Sektor Pemakai untuk *Skenario Dasar PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel H.2. *Skenario Dasar Penyediaan Energi* per Jenis Energi untuk *Skenario Dasar PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel H.3. *Skenario Dasar Penyediaan Energi* per Sektor Pemakai untuk *Skenario Optimis PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel H.4. *Skenario Dasar Penyediaan Energi* per Jenis Energi untuk *Skenario Optimis PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel H.5. *Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi* per Sektor Pemakai untuk *Skenario Dasar PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel H.6. *Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi* per Jenis Energi untuk *Skenario Dasar PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel H.7. *Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi* per Sektor Pemakai untuk *Skenario Optimis PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018

- Tabel H.8. *Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi* per Jenis Energi untuk *Skenario Optimis PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel I.1. Emisi CO<sub>2</sub> per Sektor Pemakai Energi untuk *Skenario Dasar PDRB* dan *Skenario Dasar Penyediaan Energi* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel I.2. Emisi CO<sub>2</sub> per Sektor Pemakai Energi untuk *Skenario Dasar PDRB* dan *Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel I.3. Emisi CO<sub>2</sub> per Sektor Pemakai Energi untuk *Skenario Optimis PDRB* dan *Skenario Dasar Penyediaan Energi* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Tabel I.4. Emisi CO<sub>2</sub> per Sektor Pemakai Energi untuk *Skenario Optimis PDRB* dan *Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi* di Propinsi DIY periode 2004-2018
- Gambar A.1. Proses Pembuatan *Refused Derived Fuel (RDF)* dari Sampah Kota
- Gambar A.2. Proses Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi

**UNIVERSITAS GADJAH MADA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK FISIKA**

---

Nama : Ragil Lanang Widiatmo Tri Purnomo  
No. Mahasiswa : 99/129433/TK/24213  
Judul : Kajian Perencanaan Permintaan dan Penyediaan Energi di Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta Menggunakan Perangkat Lunak LEAP

---

**INTISARI**

Permintaan energi dihitung berdasarkan besarnya aktivitas pemakaian energi dan besarnya pemakaian energi per aktivitas (intensitas pemakaian energi). Tingkat perekonomian dan jumlah penduduk sangat berpengaruh terhadap aktivitas pemakaian energi. Semakin tinggi tingkat pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk akan menyebabkan aktivitas pemakaian energi semakin tinggi. Penyediaan energi selain ditentukan dari besarnya prakiraan permintaan energi, juga ditentukan oleh jumlah cadangan energi, teknologi pemanfaatan energi, kebijakan pemerintah dan tingkat investasi di bidang energi.

Dalam penelitian ini dilakukan kajian perencanaan permintaan dan penyediaan energi di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan model LEAP (*Long-range Energy Alternative Planning system*) versi 2004. Kajian permintaan dan penyediaan energi dilakukan selama lima belas tahun ke depan dengan tahun 2003 sebagai tahun dasar. Proyeksi permintaan energi dilakukan berdasarkan analisis interpolasi serta regresi linear data historis aktivitas dan intensitas energi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa permintaan energi di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta selama periode 2003-2018 meningkat rata-rata sebesar 6,7% per tahun jika pertumbuhan rata-rata PDRB 4,6% per tahun dan 7,5% per tahun jika pertumbuhan rata-rata PDRB 5,1%. Pertumbuhan permintaan energi Sektor Rumah Tangga diperkirakan meningkat rata-rata sebesar 5,4%-6,0 per tahun, Sektor Industri 6,0%-6,7% per tahun, Sektor Komersial 6,6%-7,4% per tahun, Sektor Transportasi 7,5%-8,4% per tahun. Menurut jenis energi yang dikonsumsi, pertumbuhan permintaan energi jenis premium diperkirakan meningkat rata-rata per tahun sebesar 7,8%-8,8%, minyak tanah dan LPG 3,9%-4,4%, minyak solar 6,0%-6,9%, minyak diesel 4,7%-6,3%, minyak bakar 4,5%-5,0%, listrik 8,5%-9,5%. Penggunaan bioetanol dan biodiesel pada premium dan minyak solar mampu menurunkan konsumsi premium dan solar masing-masing hingga 10% dan 30%. Selain itu penggunaan bioetanol dan biodiesel mampu menurunkan tingkat emisi CO<sub>2</sub> hingga 10% pada tahun 2018.

Kata kunci : permintaan-penyediaan energi, LEAP, intensitas energi, aktivitas energi, regresi linier, interpolasi, emisi CO<sub>2</sub>

**UNIVERSITAS GADJAH MADA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK FISIKA**

---

Nama : Ragil Lanang Widiatmo Tri Purnomo  
No. Mahasiswa : 99/129433/TK/24213  
Judul : Study of Energy Supply-Demand Planning in Yogyakarta  
Special Region Province using Long-range Alternative  
Planning system (LEAP)

---

**Abstract**

Energy demand is counted based on energy activity and energy intensity. The economy and population have a great effect on energy activity. The more increasing the economy and population growth the more increasing the energy activity. Energy supply is determined not only by the demand but also by resources, technology, policy and investment on energy.

The research on energy planning in Yogyakarta Special Region Province is done using LEAP (Long-range Energy Alternative Planning system) version 2004. The study of energy supply-demand is done for the future fifteen years as 2003 as the based year. Energy demand projection is calculated using interpolation and linear regression analysis on historical data of energy activity and energy intensity.

The result shows that the final energy demand in Yogyakarta Special Region Province grows on the average of 6,7% per anum if the PDRB grows on the average of 4,6% per anum and 7,5% per anum if the PDRB grows on the average of 5,1% per anum. The Household energy demand sector is predicted to grow on the average of 5,4%-6,0% per anum, Industry 6,0%-6,7% per anum, Commercial 6,6%-7,4% per anum, and Transportation 7,5%-8,4% per anum. Based on the energy mix, the demand of gasoline is predicted to grow on the average of 7,8%-8,8% per anum, kerosene and LPG 3,9%-4,4% per anum, diesel oil 6,0%-6,9% per anum, industrial diesel oil (IDO) 4,7%-6,3% per anum, FO 4,5%-5,0% per anum, and electricity 8,5%-9,5% per anum. The usage of bioetanol and biodiesel as a mixture in gasoline and diesel oil could decrease the demand of gasoline and diesel oil to 10% and 30%. Beside, the usage of bioetanol and biodiesel could decrease the emission of CO<sub>2</sub> to 10% in 2018.

Key words: energy supply-demand, LEAP, energy intensity, energy activity, linear regression, interpolation, CO<sub>2</sub> emission.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu propinsi di Indonesia yang tidak memiliki cadangan atau potensi sumber daya energi primer tak terbarukan. Sehingga, selama ini permintaan akan energi tak terbarukan seperti minyak bumi (BBM), batubara dan gas dipasok dari daerah lain seperti dari Jawa Barat, Sumatera dan Kalimantan. Energi listrik pun dipasok dari jaringan interkoneksi Jawa-Madura-Bali (JAMALI) karena belum adanya pembangkit listrik yang memenuhi permintaan listrik masyarakat Yogyakarta. Hal ini berarti bahwa segala kegiatan masyarakat di wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sangat tergantung pada stabilitas pasokan energi dari daerah lain. Di sisi lain, dengan disahkannya Undang-undang No.32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah, setiap pemerintah daerah memiliki otonomi yang luas dalam mengatur potensi dan sumber daya manusia maupun alam yang dimilikinya. Ketiadaan cadangan sumber daya energi yang mengakibatkan ketergantungan pasokan energi dari daerah lain perlu mendapatkan perhatian khusus Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta. Agar dapat mencukupi kebutuhan energi diperlukan pengembangan sumber-sumber energi. Karena pengembangan sumber energi memerlukan waktu yang cukup lama serta biaya yang besar, maka harus dilakukan dengan perencanaan yang baik serta ditopang dengan kebijakan dibidang energi yang mendukung gerakan diversifikasi dan konservasi energi sehingga tercipta iklim yang sesuai bagi pembangunan daerah Yogyakarta. Untuk itu perlu dilakukan kajian perencanan energi yang dapat memberikan gambaran kondisi riil saat ini dan masa depan mengenai bagaimana seharusnya potensi sumber daya energi tersebut dikelola dan dimanfaatkan seoptimal mungkin sehingga berguna bagi pembangunan daerah Yogyakarta.

Dalam menyusun perencanaan dan membuat kebijakan di bidang energi yang baik, perlu dilakukan pengkajian terhadap beberapa parameter energi yaitu : sistem energi, ekonomi makro dan lingkungan. Sistem energi merupakan sistem yang

kompleks yang terdiri atas hubungan antara aliran energi dan teknologi energi. Aliran energi menggambarkan jaringan sistem energi dari sumber sampai ke konsumen. Dalam kajian tentang ekonomi makro dibahas mengenai struktur ekonomi pada saat ini dan pertumbuhannya, termasuk didalamnya *input-output* dari sektor energi dan analisis keterkaitan sektor energi terhadap perekonomian. Dampak pemakaian energi terhadap udara, tanah dan air serta limbah yang dihasilkan termasuk dalam kajian mengenai dampak energi terhadap lingkungan.

## **1.2. Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini akan dilakukan perencanaan permintaan dan penyediaan energi di wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun yang menjadi lingkup kajian atau batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- ◆ Prakiraan permintaan energi per sektor pemakai dan per jenis energi (listrik, BBM dan gas) yang digunakan di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan tahun 2003 sebagai dasar proyeksi dan tahun 2018 sebagai batas akhir proyeksi.
- ◆ Prakiraan penyediaan energi per sektor pemakai dan per jenis energi di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta periode 2004-2018.

Dalam melakukan analisis permintaan dan penyediaan energi digunakan alat bantu berupa perangkat lunak komputer yaitu LEAP (*Long-range Energy Alternative Planning system*). Metode perhitungan dalam LEAP didasarkan pada perhitungan analitis (*end-use*) dan ekonometrika.

## **1.3. Tujuan**

Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh hasil prakiraan permintaan dan penyediaan energi di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang berupa:

- ◆ Prakiraan permintaan energi per sektor pemakai dan per jenis energi yang digunakan di wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta periode 2004-2018.
- ◆ Prakiraan penyediaan energi per sektor pemakai dan per jenis energi yang digunakan di wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta periode 2004-2018.

#### **1.4 Manfaat**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai sumber informasi bagi perencanaan dan pengembangan energi di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta untuk jangka panjang. Selain itu diharapkan pula, penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu bahan studi banding bagi penelitian-penelitian berikutnya dalam bidang perencanaan energi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

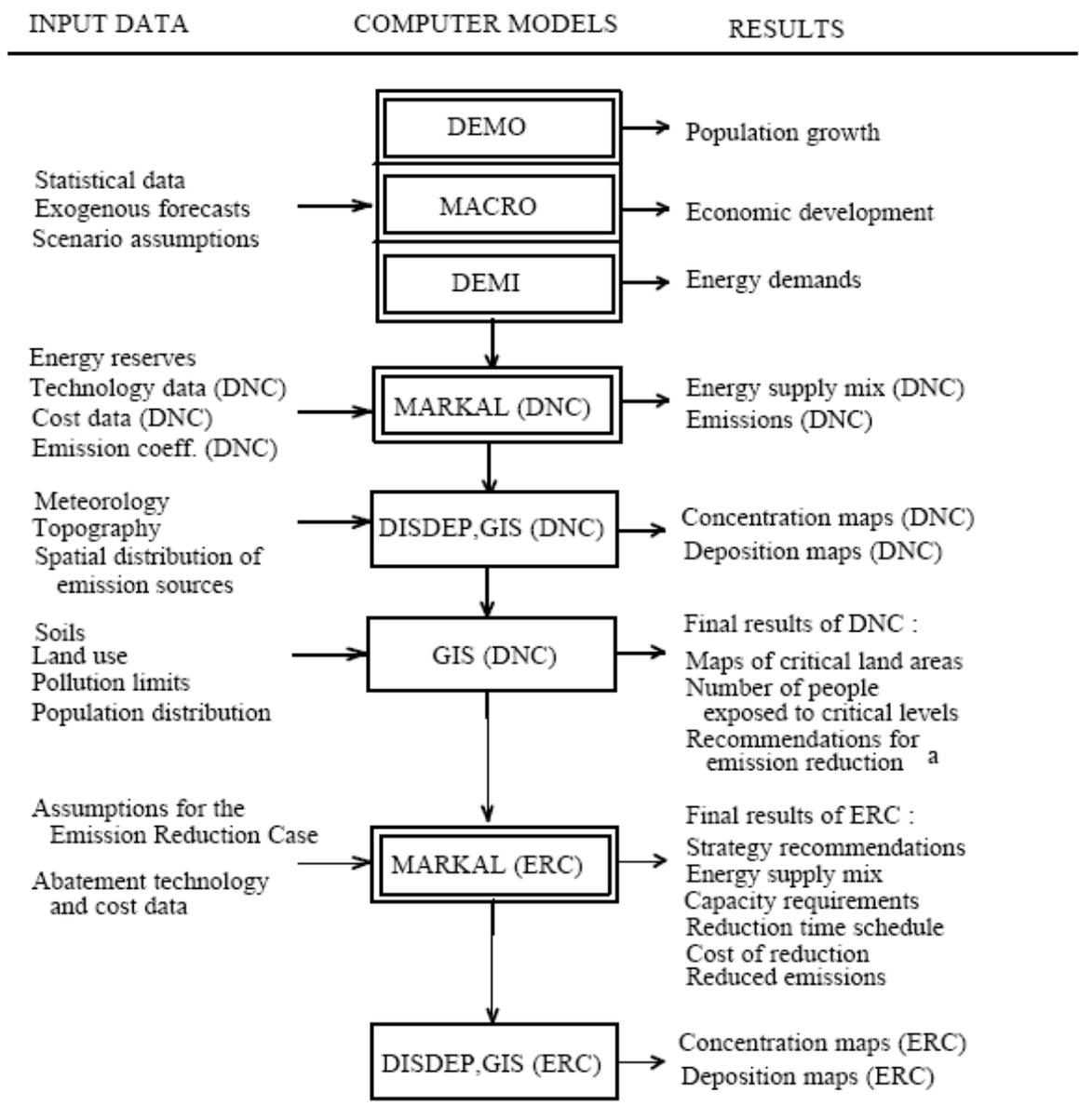
Proyeksi permintaan energi merupakan dasar bagi penyusunan strategi penyediaan energi. Faktor utama yang menentukan tingkat permintaan energi adalah pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk, harga energi dan pola konsumsi energi di masa lampau. Proyeksi permintaan dan strategi penyediaan energi merupakan dasar bagi perencanaan energi. Alat yang digunakan untuk perencanaan energi dapat berupa model energi. Berbagai model energi telah dikembangkan untuk membantu dalam perencanaan energi, model yang berdasarkan ekonometrika atau teknik statistika banyak digunakan untuk membuat proyeksi kebutuhan energi jangka panjang. Sedangkan untuk strategi penyediaan energi, banyak digunakan teknik optimasi dengan fungsi objektif tertentu. Berikut akan dibahas beberapa model energi yang digunakan dalam perencanaan energi.

#### **2.1. Perencanaan Energi Nasional dengan Metode MARKAL [1]**

Sejak tahun 1983 pemerintah Indonesia telah bekerja sama dengan pemerintah Jerman dalam melakukan studi perencanaan energi terpadu yang disebut sebagai studi MARKAL (*Market Allocation*). Dalam studi MARKAL, Indonesia dibagi menjadi empat wilayah, yaitu : Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Pulau-pulau lainnya. Untuk masing-masing wilayah dibuat model sistem energi secara terpisah dan dihubungkan satu sama lain dengan teknologi transportasi.

##### **2.1.1. Model dan Penentuan Parameter**

Secara garis besar, studi MARKAL dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu proyeksi permintaan energi, optimasi penyediaan energi dan perhitungan dampak lingkungan. Susunan model dalam studi MARKAL ditunjukkan pada Gambar 2.1. Permintaan energi sebagai *input* bagi penyusunan strategi penyediaan energi terlebih dahulu ditentukan berdasarkan tingkat pertumbuhan ekonomi dan penduduk untuk beberapa skenario dengan menggunakan model MACRO, DEMO dan DEMI.



Notes :

Model for Indonesia

Models for Jawa only

→ Doing Nothing Case (DNC)

→ Emission Reduction Case (ERC)

<sup>a</sup> Based on additional fields investigations, sample measurements and risk assessments

Gambar 2.1. Susunan Model dalam Studi MARKAL [1]

Model MACRO digunakan untuk membuat proyeksi pertumbuhan ekonomi secara menyeluruh yang menggunakan tabel *input-output* Indonesia tahun 1985 dan mengacu pada skenario perkembangan harga ekspor minyak, gas

dan batubara. Tabel 2.1. memperlihatkan hasil proyeksi pertumbuhan ekonomi menggunakan model MACRO. Dalam Pelita (pembangunan lima tahun) VI laju pertumbuhan PDB diperkirakan akan menurun karena ekspor minyak mulai menurun sebagai akibat turunnya cadangan minyak mentah. Demikian juga dalam Pelita VIII penurunan laju pertumbuhan PDB disebabkan oleh kondisi Indonesia menjadi negara pengimpor minyak yang disertai kenaikan harga minyak mentah internasional. Dalam periode-periode berikutnya angka ini meningkat kembali, yang menunjukkan mulai mantapnya industrialisasi di Indonesia.

Tabel 2.1. Proyeksi Pertumbuhan PDB Indonesia periode 1991-2021 menggunakan Model MACRO [1]

Tahun Pertengahan	Periode	PDB (% / Tahun)	PDB (milyar Rp.85)
1991	Pelita V	6,4	140.033,10
1996	Pelita VI	5,7	184.823,70
2001	Pelita VII	6,3	248.503,60
2006	Pelita VIII	5,1	332.006,80
2011	Pelita IX	6,0	428.336,70
2016	Pelita X	6,1	574.134,30
2021	Pelita XI	6,2	777.568,90
<b>Rata-rata</b>		6,0	

Model DEMO digunakan untuk membuat proyeksi jumlah penduduk untuk setiap wilayah menurut daerah perkotaan dan pedesaan sampai dengan tahun 2023 dengan laju pertumbuhan penduduk yang diperkirakan akan menurun secara moderat dalam waktu-waktu mendatang. Tabel 2.2. memperlihatkan hasil proyeksi jumlah penduduk menggunakan model DEMO.

Tabel 2.2. Proyeksi Jumlah Penduduk Indonesia menggunakan Model DEMO (juta jiwa) [1]

Tahun	Sumatera		Jawa		Kalimantan		Pulau Lain		Indonesia		TOTAL
	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa	
1991	10.017	28.366	41.926	67.662	2.531	6.439	5.050	21.862	59.524	124.329	183.523
1996	12.877	30.535	51.800	65.517	3.186	6.864	6.289	23.274	74.152	126.190	200.342
2001	16.114	32.410	61.587	62.937	3.910	7.234	7.667	24.629	89.278	127.210	216.488
2006	19.693	33.911	70.987	60.060	4.695	7.538	9.181	25.907	104.556	127.416	231.972
2011	23.555	34.964	79.700	57036	5.524	7.764	10.823	27.088	119.602	126.852	246.454
2016	27.620	35.514	87.436	54.016	6.383	7.906	12.583	28.152	134.022	125.588	259.610
2021	31.788	35.520	93.933	51.145	7.248	7.957	14.447	29.081	147.416	123.703	271.119
2023	33.459	35.365	96.134	50.068	7.591	7.951	15.217	29.411	152.401	122.795	275.196

### 2.1.2. Permintaan Energi

Berdasarkan hasil dari model DEMO dan MACRO, proyeksi permintaan energi disusun dengan memakai model DEMI (*Demand Energy Model for Indonesia*) dalam bentuk *useful* atau *final energy*. Model ini menghitung semua energi yang dipakai oleh *end-use technology* tetapi tidak mencakup energi yang dipakai untuk penambangan, konversi energi, *autogeneration* serta rugi-rugi dari pemakaian energi. Model DEMI terdiri atas empat sub model yang berdasarkan sektor pemakaian energi, yaitu :

- RESID, untuk menghitung kebutuhan energi di Sektor Rumah Tangga (*RESIDential*).
- TRAFF, untuk Sektor Transportasi (*TRAFFic*)
- AIC, untuk sektor pertanian (*Agliculture*), industri (*Industry*), dan Komersial (*Commerce*). Untuk sub model AIC, kebutuhan energi dihitung berdasarkan intensitas energi yang diperoleh dari data historis produksi dan pemakaian energi menggunakan model ANALYSIS.
- GOVERN, untuk sektor pemerintahan (*GOVERNment*) dan pelayanan umum.

Tabel 2.3. Proyeksi Kebutuhan Energi Indonesia per Sektor Pemakai Energi menggunakan Model MARKAL (dalam juta SBM) [1]

Sektor	1991	1996	2001	2006	2011	2016	2021
	Pelita V	Pelita VI	Pelita VII	Pelita VIII	Pelita IX	Repelita X	Pelita XI
Industri	134	194	277	379	510	703	971
Transportasi	91	128	177	240	314	416	553
Rumah Tangga	191	214	233	250	268	287	305
Komersial	3	5	7	11	17	26	40
Pemerintahan dan Pelayanan Umum	2	3	4	6	7	10	14
TOTAL	422	544	698	886	1.116	1.442	1.884

Dari tabel di atas tampak bahwa kebutuhan energi pada Pelita V masih didominasi oleh pemakaian sektor rumah tangga dengan pangsa sebesar 46 % dari total kebutuhan energi nasional diikuti oleh sektor industri dan transportasi. Mulai Pelita VII pangsa kebutuhan energi yang terbesar bergeser pada sektor industri. Pada Pelita XI pangsa terbesar adalah sektor industri yaitu sekitar 51 % dan transportasi pada tempat kedua sebesar 30 %, hal ini mengindikasikan mulainya proses industrialisasi.

Proyeksi kebutuhan energi sektor rumah tangga dihitung berdasarkan laju pertumbuhan jumlah rumah-tangga dan tingkat pemakaian energi yang didasarkan pada pertumbuhan PDB. Kebutuhan energi ini dipakai untuk memasak, penerangan dan peralatan-peralatan listrik. Kebutuhan energi untuk sektor rumah tangga yang sebesar 191 juta Setara Beral Minyak (SBM) pada Pelita V diperkirakan akan tumbuh dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 1,6 % per tahun menjadi 305 juta SBM pada Pelita XI.

Sektor industri dianalisis secara sektoral, antara lain menurut industri-industri : logam dasar, semen, pupuk, kimia, kertas, gula, dan non-metalik. Kebutuhan energi sektor industri pada Pelita V adalah sebesar 134 juta SBM dan diperkirakan akan tumbuh rata-rata sebesar 6,6 % per tahun menjadi 971 juta SBM pada Pelita XI.

Pada sektor transportasi, yang saat ini menduduki peringkat ketiga dalam mengkonsumsi energi setelah sektor rumah tangga dan sektor industri, pertumbuhan pemakaian energinya dipengaruhi oleh laju pertumbuhan penduduk dan tingkat perekonomian nasional. Konsumsi energi pada Pelita V adalah sebesar 91 juta SBM dan diperkirakan akan tumbuh sekitar 6 % per tahun sampai Pelita XI (553 juta SBM).

Konsumsi energi sektor pemerintahan dan pelayanan umum sebagian besar berupa tenaga listrik, yang dipergunakan antara lain untuk penerangan jalan, kantor-kantor pemerintahan, rumah-sakit umum dan yayasan-yayasan sosial. Pada Pelita V konsumsi energinya sebesar 2 juta SBM. Pangsa konsumsi energi untuk sektor pemerintah dan pelayanan umum tidak terlalu besar secara nasional, pertumbuhannya diperkirakan akan sebesar 7 % per tahun.

### **2.1.3. Penyediaan Energi**

Penyediaan energi yang optimal ditentukan dengan menggunakan model MARKAL berdasarkan teknik *linear programming* dengan mempertimbangkan pilihan sumber daya energi dan teknologi energi yang ada sehingga kebutuhan energi terpenuhi. Berdasarkan hasil yang optimum, jumlah emisi dari pemakaian dan konversi energi dapat dihitung dengan memakai data koefisien emisi dari masing-masing teknologi dengan model DISDEP dan GIS untuk kasus tanpa tindakan (*Doing Nothing Case/DNC*). Dalam kasus ini, teknologi yang dipakai

untuk penyediaan energi maupun pemakaian energi dianggap tidak mengalami perubahan dari yang telah ditetapkan hal mana teknologi bersih lingkungan seperti *fluidized bed boiler, desulphurization, de-NOx*, katalis untuk kendaraan belum diperhitungkan. Maka penyediaan energi yang optimal menunjukkan bahwa selama periode proyeksi penyediaan energi didominasi oleh minyak bumi dengan pangsa 39% dan biomasa sebesar 30%. Pangsa penyediaan gas alam mencapai 21%, dan sisanya dipenuhi oleh batubara, tenaga air dan geothermal. Pada masa yang akan datang penyediaan energi primer menurut hasil optimasi diperkirakan meningkat sebesar 5,5% per tahun, yaitu sebesar 2.830 juta SBM per tahun pada Pelita XI.

Tabel 2.4. Optimasi Penyediaan Energi Primer Domestik menggunakan Model MARKAL (juta SBM) [1]

Jenis Energi Primer	Pelita V	Pelita VI	Pelita VII	Pelita VIII	Pelita IX	Repelita X	Pelita XI
Geothermal	12	15	17	17	16	15	13
Nuklir	0	0	0	0	0	0	0
Gas Alam	101	159	203	219	272	312	357
Minyak Bumi	229	287	314	366	448	600	815
Tenaga Air	12	17	50	72	77	78	77
LPG	10	21	34	49	68	97	136
Biomasa	171	193	214	230	247	267	294
Batubara	34	61	142	291	462	729	1.137
Total	569	753	974	1.243	1.590	2.098	2.830

Tabel 2.5. Proyeksi Penyediaan Energi Final menggunakan Model MARKAL (juta SBM) [1]

Jenis Energi	Pelita V	Pelita VI	Pelita VII	Pelita VIII	Pelita IX	Repelita X	Pelita XI
Listrik	32	49	75	110	158	232	340
Batubara	13	22	34	50	75	118	193
Gas	46	66	90	120	154	198	253
Kerosin	47	52	52	63	76	93	104
LPG	13	26	47	64	83	111	155
ADO	49	72	105	145	183	237	307
FO	8	12	15	20	27	37	46
Mogas	39	52	64	82	109	144	186
Biomasa	171	193	214	230	247	267	294
Pelumas	2	3	4	6	8	10	14
TOTAL	422	547	701	890	1.121	1.447	1.892

Proyeksi penyediaan energi final setiap jenis energi dapat dilihat pada Tabel 2.5. Penyediaan energi final pada Pelita V didominasi oleh penggunaan biomasa yang mempunyai pangsa sebesar 40 % (171 juta SBM per tahun), sedangkan yang kedua adalah penggunaan bahan bakar minyak (34 %) dan yang

ketiga adalah bahan bakar gas (11 %). Peranan bahan bakar minyak pada Pelita VII diperkirakan menjadi paling besar atau sebesar 34 % dari penyediaan energi final nasional diikuti oleh biomasa (30 %) kemudian tenaga listrik (11 %). Komposisi pangsa penyediaan energi final tersebut tidak berubah sampai Pelita IX, tetapi pada Pelita XI peringkat kedua, bergeser menjadi listrik pada tempat kedua dan biomasa pada tempat ketiga. Hal ini mengisyaratkan bahwa peranan tenaga listrik cukup dominan pada Pelita XI.

Dari hasil perhitungan ini dapat disusun pedoman pengurangan emisi (*Emission Reduction Case (ERC)*) dengan memasukkan teknologi bersih lingkungan ke model MARKAL untuk mendapatkan susunan jenis energi dan teknologi yang optimum dari segi ekonomi dengan memperhatikan lingkungan hidup (Sugiyono, 1995).

## **2.2. Perencanaan Energi Menggunakan LEAP (*Long-range Energy Alternative Planning system*) [2]**

LEAP adalah perangkat lunak komputer yang dapat digunakan untuk melakukan analisis dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi. LEAP dikembangkan oleh Stockholm Environment Institute, Boston, USA. LEAP telah digunakan di banyak negara terutama negara-negara berkembang karena menyediakan simulasi untuk sumber energi dari biomasa. Indonesia melalui Pusat Informasi Energi (PIE) dan Yayasan Pertambangan dan Energi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tahun 2002 menerbitkan buku Prakiraan Energi Indonesia 2010 yang menggunakan LEAP sebagai alat bantu analisis perencanaan permintaan-penyediaan energi di Indonesia dari tahun 2000 hingga 2010.

### **2.2.1. Metodologi dan Penentuan Parameter**

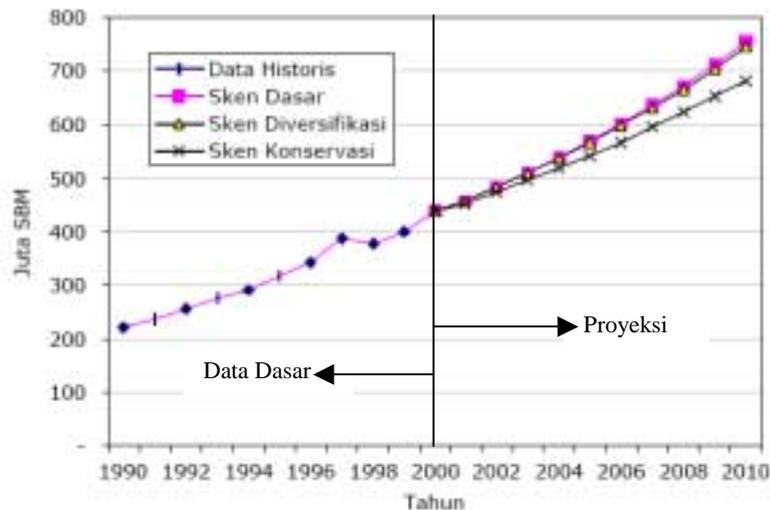
Sektor pemakai energi dibagi menjadi Sektor Rumah Tangga, Komersial, Industri, Transportasi dan lainnya. Jenis energi komersial yang disimulasikan adalah bahan bakar minyak (BBM), LPG, gas bumi, batubara, listrik dan energi lainnya.

Prakiraan energi dihitung berdasarkan besarnya aktivitas pemakaian energi dan besarnya pemakaian energi per aktivitas (intensitas pemakaian energi).

Aktivitas energi dicerminkan oleh pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk. Sedangkan intensitas energi merupakan tingkat konsumsi energi per PDB atau jumlah penduduk dalam waktu tertentu. Dalam penelitian ini intensitas energi dianggap tetap selama periode simulasi. Penambahan dan pengurangan intensitas menunjukkan skenario tertentu yang terjadi pada sisi permintaan. Skenario Dasar menggambarkan kondisi masa depan yang tidak berubah terhadap kondisi tahun dasar simulasi (2000). Skenario Konservasi menggambarkan kondisi masa depan bilamana terjadi penurunan intensitas pemakaian energi sebesar 1% per tahun terhadap intensitas tahun 2000 dengan energi *mix* tetap. Skenario Diversifikasi menggambarkan kondisi masa depan bilamana intensitas total tetap sedangkan energi *mix* berubah, intensitas BBM turun dan intensitas energi lain naik.

### 2.2.2. Permintaan Energi

Hasilnya, Perbandingan permintaan energi pada ketiga skenario ini diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Proyeksi Permintaan Energi Final pada Skenario Dasar, Konservasi dan Diversifikasi di Indonesia periode 2000-2010 [2] Pertumbuhan permintaan energi final pada Skenario Dasar rata-rata adalah 5,6% per tahun, sedangkan pada Skenario Konservasi dan Skenario Diversifikasi masing-masing adalah 4,5% dan 5,4%. Permintaan energi final pada Skenario Konservasi lebih rendah 9,3% dibanding Skenario Dasar, sedangkan permintaan energi final Skenario Diversifikasi lebih rendah 1,4% dibanding Skenario Dasar.

**a. Permintaan Energi per Sektor Pemakai**

Sektor pemakai energi dalam penelitian ini dibagi menjadi lima sektor yaitu : Sektor Industri; Sektor Komersial; Sektor Lainnya; Sektor Rumah Tangga dan Sektor Transportasi. Tabel 2.6. memperlihatkan hasil proyeksi permintaan energi final per sektor pemakai di Indonesia periode 2000-2010.

Tabel 2.6a. Proyeksi Permintaan Energi per Sektor Pemakai Skenario Dasar (juta SBM) [2]

Sektor				Proyeksi				
	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010
Industri	65,29	120,12	196,5	213,6	235,4	259,6	286,2	315,5
Komersial	6,09	14,66	15,3	16,6	18,3	20,2	22,2	24,5
Lainnya	17,59	30,08	26,9	29,3	32,3	35,6	39,2	43,2
Rumah Tangga	237,59	266,47	281,7	292,5	304,6	317,8	332,4	348,5
Transportasi	73,36	98,28	138,8	156,6	180,4	207,9	239,7	276,6
Non Energi	27,03	22,94	61,8	63,7	67,8	71,7	75,8	80,2
T O T A L	426,95	552,55	721	772,2	838,8	912,7	995,6	1.088,6

Tabel 2.6b. Proyeksi Permintaan Energi per Sektor Pemakai Skenario Konservasi (juta SBM) [2]

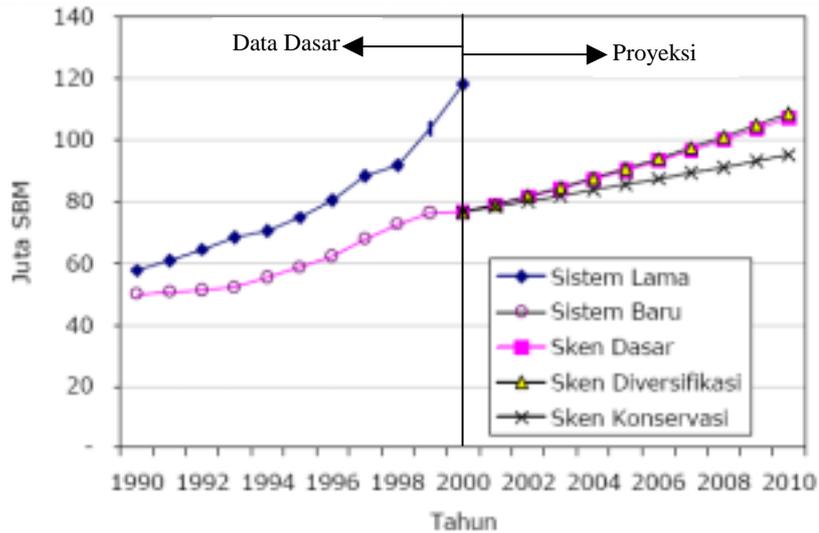
Sektor				Proyeksi				
	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010
Industri	65,29	120,12	196,5	209,3	226,1	244,3	263,8	284,8
Komersial	6,09	14,66	15,3	16,4	17,9	19,6	21,3	23,3
Lainnya	17,59	30,08	26,9	28,7	31	33,5	36,2	39,1
Rumah Tangga	237,59	266,47	281,7	287,4	293,4	300	307,1	314,7
Transportasi	73,36	98,28	138,8	153,4	173,3	195,7	221,2	250,2
Non Energi	27,03	22,94	61,8	63,7	67,8	71,7	75,8	80,2
T O T A L	426,95	552,55	721	758,9	809,5	864,7	925,4	992,30

Tabel 2.6c. Proyeksi Permintaan Energi per Sektor Pemakai Skenario Diversifikasi (juta SBM) [2]

Sektor				Proyeksi				
	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010
Industri	65,29	120,12	196,5	214	235,5	259	285	313,5
Komersial	6,09	14,66	15,3	16	17,1	18,6	20,7	23
Lainnya	17,59	30,08	26,9	29,3	32,3	35,6	39,2	43,2
Rumah Tangga	237,59	266,47	281,7	293,8	306,8	320,7	335,6	351,6
Transportasi	73,36	98,28	138,8	156,5	180,2	207,6	239,4	276,1
Non Energi	27,03	22,94	61,8	63,7	67,8	71,7	75,8	80,2
T O T A L	426,95	552,55	721	773,4	839,6	913,2	995,7	1.087,7

Pada Sektor Rumah Tangga diperkirakan pertumbuhan pemakaian energi final selama periode 2000-2010 rata-rata adalah 3,5% per tahun untuk Skenario

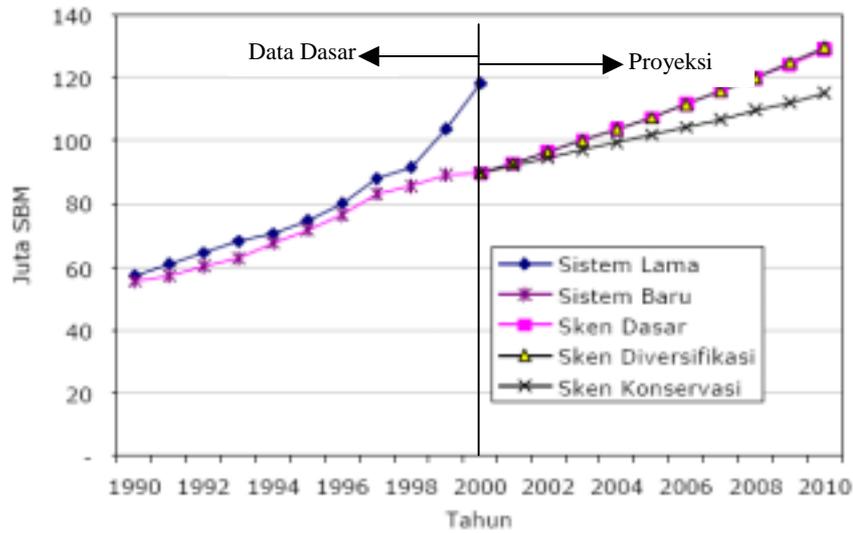
Dasar. Besarnya pemakaian energi Sektor Rumah Tangga pada tahun 2010 diperkirakan 1,4 kali lipat pemakaian pada tahun 2000. Pemakaian energi pada Skenario Diversifikasi hampir sama dengan pada Skenario Dasar, hanya terjadi perubahan komposisi energi. Pada Skenario Konservasi, pemakaian energi diperkirakan tumbuh 2,1% per tahun. Gambar 2.3. memperlihatkan hasil proyeksi permintaan energi Sektor Rumah Tangga selama periode 2000-2010.



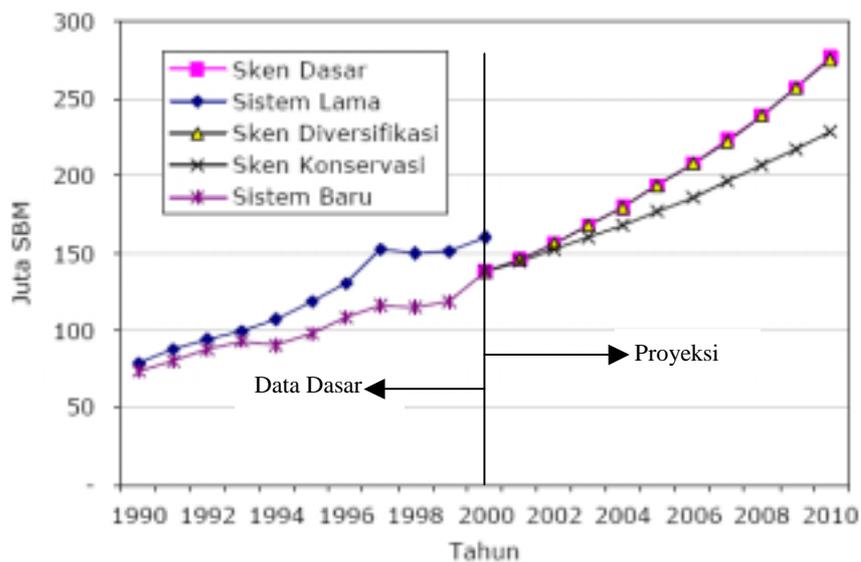
Gambar 2.3. Proyeksi Permintaan Energi Final Sektor Rumah Tangga di Indonesia periode 2000-2010 [2]

Pemakaian energi Sektor Komersial merupakan 18% dari total pemakaian energi Sektor Komersial dan Rumah Tangga. Pertumbuhan pemakaian energi Sektor Komersial sendiri diperkirakan sebesar 5% per tahun selama 2000-2010, sama dengan pertumbuhan PDB (karena pertumbuhan nilai tambah Sektor Komersial dianggap sama dengan pertumbuhan PDB dan intensitas pada Skenario Dasar dianggap tetap). Gambar 2.4. memperlihatkan hasil proyeksi permintaan energi final Sektor Komersial selama 2000-2010.

Pada Sektor Transportasi diperkirakan pertumbuhan pemakaian energi untuk tahun 2000-2010 adalah sebesar rata-rata 7,3%, Lebih besar daripada pertumbuhan PDB yang besarnya 5% per tahun. Hal ini disebabkan pertumbuhan jumlah kendaraan angkutan darat yang lebih besar daripada pertumbuhan PDB. Dalam kurun waktu sepuluh tahun, pemakaian energi transportasi diperkirakan akan meningkat dua kali lipat. Gambar 2.5. memperlihatkan hasil proyeksi permintaan energi final pada Sektor Transportasi pada periode 2000-2010.

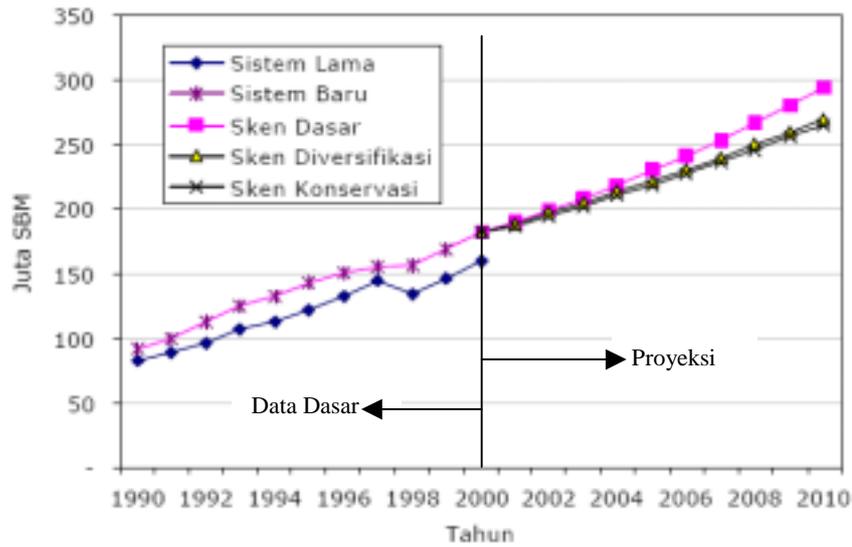


Gambar 2.4. Proyeksi Permintaan Energi Final Sektor Komersial di Indonesia periode 2000-2010 [2]



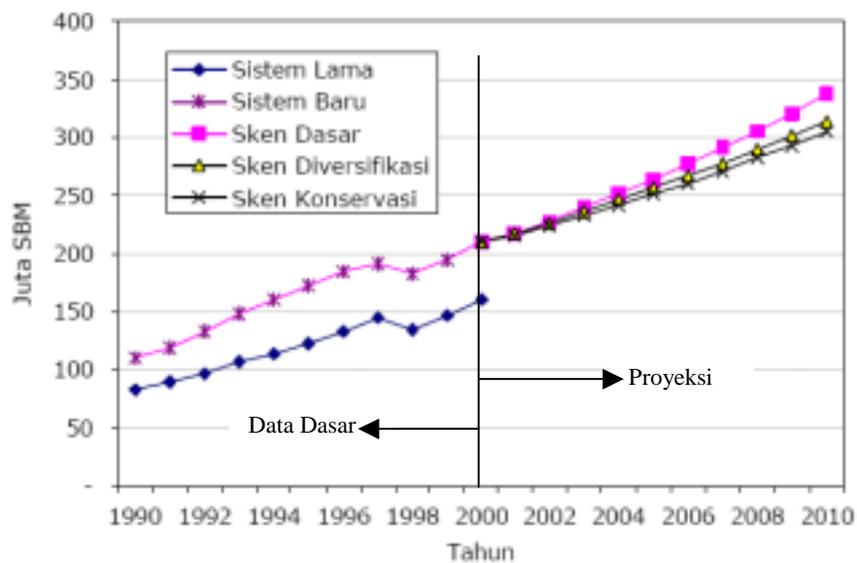
Gambar 2.5. Proyeksi Permintaan Energi Final Sektor Transportasi di Indonesia periode 2000-2010 [2]

Pada Sektor Industri diperkirakan pertumbuhan permintaan energi final selama periode 2000-2010 sebesar 5% per tahun, sama dengan pertumbuhan PDB. Hal ini disebabkan asumsi yang diambil, yaitu pertumbuhan nilai tambah Sektor Industri sama dengan pertumbuhan PDB dan intensitas pemakaian energi dianggap tetap. Permintaan energi tahun 2010 diperkirakan meningkat 1,6 kali pemakaian tahun 2000.



Gambar 2.6. Proyeksi Permintaan Energi Final Sektor Industri di Indonesia periode 2000-2010 [2]

Sektor Lainnya meliputi Pertanian, Pertambangan dan Konstruksi. Ketiga sektor tersebut pertumbuhan aktivitasnya juga diasumsikan sama dengan pertumbuhan PDB, sehingga permintaan energinya juga tumbuh sama dengan pertumbuhan PDB. Gambar 2.7. memperlihatkan hasil proyeksi permintaan energi Sektor Lainnya.



Gambar 2.7. Proyeksi Permintaan Energi Sektor Lainnya di Indonesia periode 2000-2010 [2]

**b. Permintaan Energi Final per Jenis**

Jenis energi final yang digunakan adalah BBM, gas bumi (termasuk gas kota dan BBG), batubara (termasuk briket batubara), listrik dan LPG. Tabel 2.7. memperlihatkan hasil proyeksi permintaan energi final per jenis di Indonesia periode 2000-2010, sedangkan pangsa pemakaian energi final per jenis dan proyeksi permintaan energi diperlihatkan pada Gambar 2.8.

Tabel 2.7a. Proyeksi Permintaan Energi Final per Jenis Skenario Dasar (juta SBM) [2]

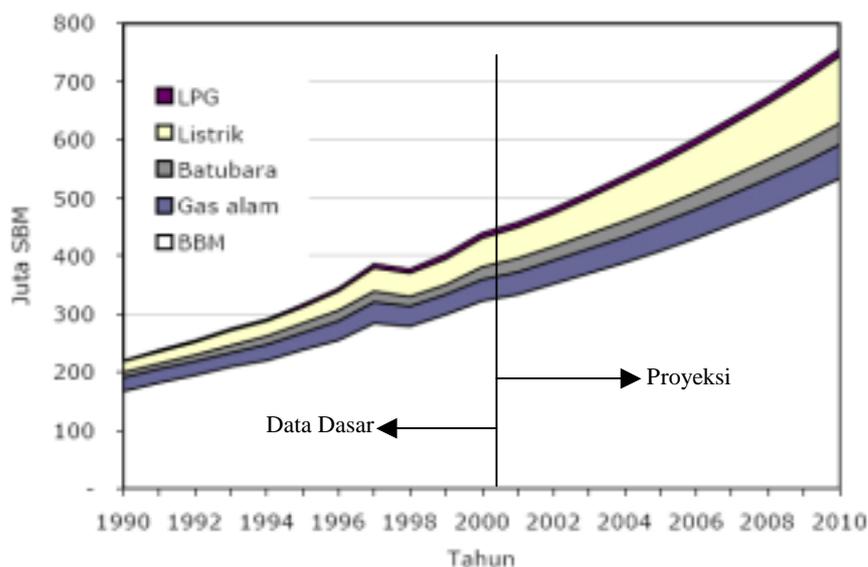
Jenis Energi Final	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010
BBM	172,38	248,25	321,7	350,4	388	430,3	477,9	531,3
Batubara	9,41	16,92	22,4	24,3	26,7	29,5	32,5	35,8
Listrik	22,27	33,42	49	57,7	68,9	82	97,4	115,6
Gas	23,61	31,9	37,1	40,2	44,4	48,9	54	59,5
LPG	3,21	6,66	8,8	9,5	10,2	11	11,9	12,8
Non BBM	-	-	26,5	26,5	28,4	29,8	31,2	32,6
Etanol	-	-	-	-	-	-	-	-
Biomasa	193,19	207,4	220,3	226,2	232,7	242,7	246,2	253,3
TOTAL	424,08	544,56	685,8	734,8	799,3	908,9	951,1	1.040,9

Tabel 2.7b. Proyeksi Permintaan Energi Final per Jenis Skenario Konservasi (juta SBM) [2]

Jenis Energi Final	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010
BBM	172,38	248,25	321,7	343,7	373	405,4	441,1	481
Batubara	9,41	16,92	22,4	23,8	25,7	27,7	30	32,4
Listrik	22,27	33,42	49	57,3	67	78,1	90,4	104,3
Gas	23,61	31,9	37,1	40,4	43,8	47,4	51,2	55,4
LPG	3,21	6,66	8,8	9,3	9,8	10,4	11	11,6
Non BBM	c	-	26,5	26,5	28,4	29,8	31,2	32,6
Etanol	-	-	-	-	-	-	-	-
Biomasa	193,19	207,4	220,3	221,8	223,6	225,4	227,2	229,1
TOTAL	424,08	544,56	685,8	722,8	771,3	824,2	882,1	946,40

Tabel 2.7c. Proyeksi Permintaan Energi Final per Jenis Skenario Diversifikasi (juta SBM) [2]

Jenis Energi Final	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010
BBM	172,38	248,25	321,7	340,4	360	381	403,9	428,4
Batubara	9,41	16,92	22,4	27,5	34,7	42,7	51,7	61,8
Listrik	22,27	33,42	49	59	71,8	86,7	103,9	123,5
Gas	23,61	31,9	37,1	42,7	51,8	62,1	74	87,6
LPG	3,21	6,66	8,8	10,9	13,7	16,8	20,2	24,2
Non BBM	-	-	26,5	26,5	28,4	29,8	31,2	32,6
Etanol	-	-	-	3,4	4,9	8,6	13,3	19,4
Biomasa	193,19	207,4	220,3	230,8	234,9	243,6	252,8	262,7
TOTAL	424,08	544,56	685,8	766,3	833,9	871,3	951	1.040,2



Gambar 2.8. Proyeksi Permintaan Energi Final per Jenis Energi di Indonesia periode 2000-2010 [2]

Permintaan BBM selama 2000-2010 diperkirakan akan tumbuh rata-rata 5,6% per tahun dalam Skenario Dasar, dengan pertumbuhan PDB 5% per tahun. Pada tahun 2010 diperkirakan permintaan BBM mencapai 531 juta SBM, lebih besar daripada kemampuan produksi minyak bumi pada saat ini yang hanya berkisar 500 juta SBM per tahun. Dengan konservasi energi 1 % per tahun, pemakaian BBM pada tahun 2010 menjadi 480 juta SBM. Pada Skenario Diversifikasi, pemakaian BBM dapat diturunkan menjadi 428 juta SBM pada tahun 2010, dengan meningkatkan pemakaian energi non BBM.

Permintaan LPG pada Skenario Dasar, di mana intensitas pemakaian energi dianggap tetap, diperkirakan akan tumbuh 3,8 % per tahun. Dengan Skenario Diversifikasi, permintaan LPG diperkirakan akan tumbuh 10,6 % per tahun, mendekati pertumbuhan pemakaian LPG pada dasawarsa sebelumnya.

Dalam dasawarsa 1990-2000, pemakaian gas bumi tumbuh rata-rata 5% per tahun, suatu angka pertumbuhan yang relatif rendah dibandingkan dengan pertumbuhan energi yang lain. Pada Skenario Dasar, pertumbuhan permintaan gas bumi sama dengan pertumbuhan PDB, yaitu 5% per tahun. Pada Skenario Konservasi, pertumbuhan permintaan gas bumi sebesar 4% per tahun. Sementara itu, permintaan gas bumi tumbuh 9% per tahun pada Skenario Diversifikasi.

Pemakaian batubara selama 1990-2000 tumbuh sebesar rata-rata 9,4% per tahun. Pada Skenario Dasar, diperkirakan permintaan batubara tumbuh rata-rata 5% per tahun. Pada Skenario Konservasi, permintaan batubara sedikit lebih rendah, yaitu rata-rata 4% per tahun. Pemakaian batubara pada Skenario Diversifikasi hampir dua kali lipat dari Skenario Dasar. Skenario Diversifikasi ini dapat terjadi apabila harga batubara dapat sedemikian kompetitif terhadap harga BBM.

Pertumbuhan permintaan listrik diperkirakan terus berlanjut sampai dengan tahun akhir simulasi. Pada Skenario Dasar, pertumbuhan listrik total pada kurun 2000-2010 diperkirakan sebesar rata-rata 9% per tahun, dengan pertumbuhan PDB 5% per tahun. Pertumbuhan pemakaian listrik sepuluh tahun sebelumnya adalah rata-rata 11% per tahun. Pada Skenario Diversifikasi, permintaan listrik sedikit lebih tinggi dibanding Skenario Dasar. Hal ini terjadi apabila harga BBM naik sehingga pemakaian listrik PLN (dalam kajian ini yang dimaksud dengan pemakaian listrik adalah yang listrik berasal dari jaringan PLN, bukan listrik yang dibangkitkan sendiri) lebih kompetitif dibandingkan membangkitkan listrik sendiri dari minyak solar. Pertumbuhan permintaan listrik dengan Skenario Diversifikasi adalah sebesar rata-rata 9,7% per tahun. Pada Skenario Konservasi, yaitu apabila intensitas pemakaian listrik dapat diturunkan 1% per tahun, permintaan listrik akan tumbuh 7,8% per tahun.

Energi lainnya adalah energi non komersial dan energi alternatif. Energi non komersial adalah kayu bakar dan arang kayu. Pemakaian kayu bakar pada tahun 2000 masih cukup besar, yaitu 216 juta SBM. Permintaan kayu bakar diperkirakan masih tumbuh sampai tahun 2010 dengan pertumbuhan rata-rata 1,4% per tahun. Pemakaian kayu bakar terutama adalah oleh Sektor Rumah Tangga, yang meliputi 93% dari total pemakaian kayu bakar. Selebihnya digunakan di Sektor Industri (6%) dan Sektor Komersial (1%). Pada Skenario Diversifikasi, diujikan suatu skenario bilamana etanol dikembangkan untuk mensubstitusi pemakaian premium, baik dalam bentuk etanol murni maupun campuran premium-etanol (gasohol). Premium digunakan pada mobil penumpang, sepeda motor, pertanian, konstruksi, dan pertambangan. Dengan skenario ini, diperkirakan permintaan etanol pada tahun 2010 akan sebesar 19 juta SBM.

Jumlah ini masih relatif sangat kecil dibandingkan dengan permintaan energi final komersial total pada tahun 2010, yang berjumlah 755 juta SBM. Pangsa permintaan etanol masih sebesar 2,5% terhadap energi final komersial total.

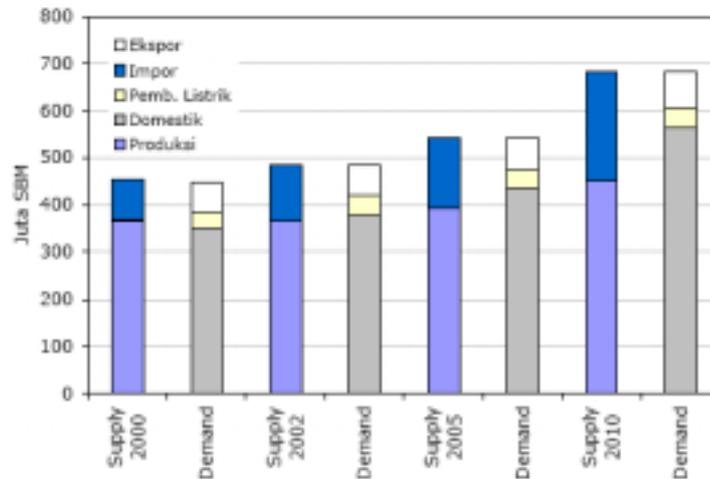
### **2.2.3. Penyediaan Energi**

Jenis-jenis energi final yang digunakan pada saat ini adalah BBM, gas bumi, BBG, LPG, batubara, briket batubara, listrik, kayu, dan arang. Penyediaan energi final pada saat ini hampir semuanya dapat dipasok oleh industri energi di dalam negeri. Impor energi relatif sangat kecil, dan hanya dilakukan secara temporer apabila produksi energi dalam negeri terganggu. Pada pembahasan berikut diuraikan kondisi penyediaan energi masing-masing jenis energi. Yang menyangkut ketersediaan cadangan/potensi energi, kapasitas industri energi, ekspor dan impor energi, serta kesetimbangan permintaan dan penyediaan energi (*energy balance*).

#### **a. Bahan Bakar Minyak (BBM)**

Bahan bakar minyak adalah jenis energi yang paling banyak digunakan di Indonesia. Pada tahun 2000, pemakaian BBM sebagai energi final sebesar 322 juta SBM, sedangkan penggunaan BBM untuk pembangkit listrik sebesar 36 juta SBM. Dari total permintaan BBM sebesar 358 juta SBM, pada tahun 2000 kilang dalam negeri hanya mampu memasok BBM sebanyak 274 juta SBM atau sekitar 756 ribu bph (barell per hari). Sehingga setiap harinya harus mengimpor BBM sebanyak 230 ribu bph. Kapasitas kilang Indonesia pada tahun 2000 sebesar 1,06 juta bph. Permintaan pasokan BBM untuk memenuhi permintaan energi final pada sepuluh tahun mendatang diperkirakan mencapai 531 juta SBM, sedangkan pembangkit listrik sekitar 42 juta SBM. Permintaan rata-rata harian BBM pada tahun 2010 diperkirakan sebesar 1600 ribu bph. Untuk memasok permintaan BBM tersebut diperlukan kilang dengan kapasitas sebesar 2100 ribu bph sehingga pada tahun 2010 diperlukan tambahan kapasitas kilang lebih dari 1 juta bph. Pada neraca supply demand BBM (Gambar 2.9.), terlihat bahwa ketergantungan terhadap impor BBM makin besar. Apabila tidak ada tambahan kapasitas kilang minyak, pada tahun 2010 sepertiga permintaan BBM harus didatangkan dari luar negeri. Walaupun harus mengimpor BBM, akan tetapi sebagian besar produk non-

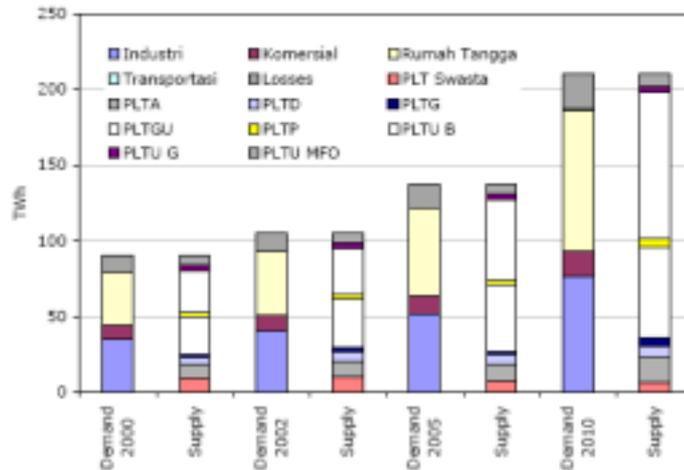
BBM dari kilang dalam negeri diekspor. Produk non-BBM yang diekspor terutama berupa LSWR dan Naptha.



Gambar 2.9. Neraca Permintaan-Penyediaan BBM di Indonesia (2000-2010) [2]

#### b. Listrik

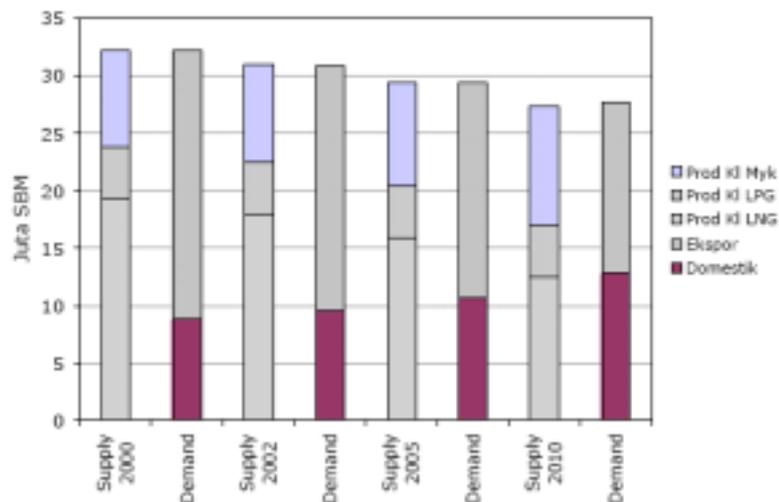
Pada tahun 2000, untuk memenuhi kebutuhan listrik sebesar 79 TWh dipasok dengan pembangkit listrik dengan daya 22 GW dengan rata-rata faktor kapasitas sebesar 52%. Seperti telah dibahas di dalam bab prakiraan kebutuhan energi, pada tahun 2010 kebutuhan listrik diperkirakan meningkat dengan laju 9% per tahun. Total permintaan tenaga listrik pada tahun 2010 diperkirakan mencapai hampir 190 TWh, sedangkan kapasitas daya pembangkit listrik yang ada saat ini secara bertahap kapasitasnya akan berkurang karena keterbatasan umur teknisnya. Maka untuk mempertahankan daya terpasang dengan kapasitas cadangan nasional sebesar 32,5% pada tahun 2010, dibutuhkan tambahan kapasitas sebesar 25 GW. Perhitungan tersebut dihitung dengan asumsi faktor beban sebesar 70%, dan rata-rata faktor kapasitas pembangkit sebesar 60%. Dalam neraca permintaan-penyediaan listrik terdapat selisih yang diakibatkan oleh rugi-rugi yang terjadi di transmisi dan distribusi (Gambar 2.10.) Pada tahun 2000 rugi-rugi transmisi dan distribusi sekitar 12%. Besarnya rugi-rugi ini terdiri dari rugi-rugi teknis dan rugi-rugi non-teknis yang diakibatkan oleh perbedaan pencatatan kWh meter pelanggan dan pemakaian secara ilegal. Pada sepuluh tahun mendatang rugi-rugi transmisi dan distribusi listrik diperkirakan dapat ditekan menjadi 11%.



Gambar 2.10. Neraca Permintaan-Penyediaan Listrik di Indonesia (2000-2010) [2]

**c. LPG**

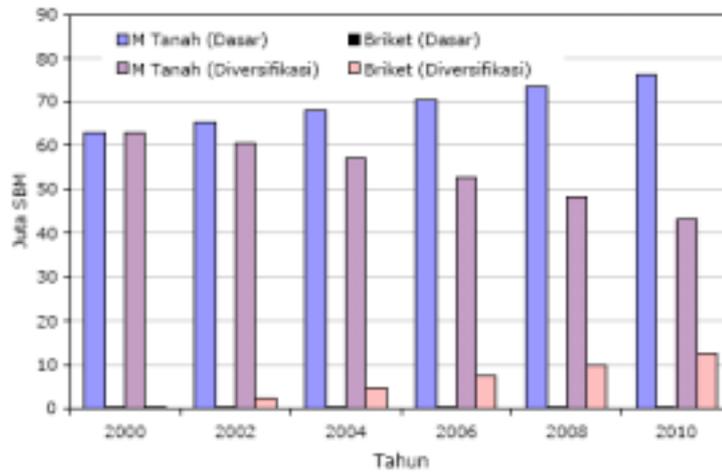
Produksi LPG mencapai puncaknya pada pertengahan tahun 1990-an. Pada tahun 1996, produksi LPG mencapai 3,2 juta ton. Setelah itu produksi cenderung menurun, dan diperkirakan akan terus menurun sampai dengan tahun 2010. Pada periode 1990-2000, ekspor LPG masih cukup besar dibandingkan pemakaian domestik. Dengan semakin bertambahnya permintaan LPG dalam negeri, ditambah dengan semakin menurunnya produksi LPG, porsi LPG yang diekspor semakin kecil. Pada Gambar 2.11. diperlihatkan perkiraan neraca permintaan-penyediaan LPG dalam sepuluh tahun mendatang.



Gambar 2.11. Neraca Permintaan-Penyediaan LPG di Indonesia (2000-2010) [2]

**d. Briket Batubara**

Briket batubara mulai dipromosikan penggunaannya di Indonesia pada tahun 1993. Tujuan dari program briket batubara adalah untuk mensubstitusi penggunaan minyak tanah di rumah tangga dan industri kecil. Selama periode 2000-2010 penggunaan briket diperkirakan akan mencapai 200 ribu SBM (50 ribu ton) pada Skenario Dasar. Pada Skenario Diversifikasi, penggunaan briket batubara diperkirakan akan menjadi 3 juta ton (12 juta SBM) pada tahun 2010. Untuk keperluan tersebut, mulai tahun 2003 diperlukan tambahan kapasitas pabrik briket rata-rata 200 ribu ton per tahun. Perbandingan perkembangan penggunaan briket dan minyak tanah antara Skenario Dasar dan Skenario Diversifikasi dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Perbandingan Penggunaan Briket dengan Minyak Tanah [2]

**e. Arang Kayu**

Penggunaan arang kayu sebagian besar digunakan di rumah tangga, industri kecil dan rumah makan. Perkembangan penggunaan arangkayu relatif terbatas. Di masa mendatang penggunaan arang kayu diperkirakan masih akan tumbuh dengan pertumbuhan 2,4% per-tahun (setengah dari pertumbuhan rata-rata energi final). Pada saat ini, proses transformasi dari kayu menjadi arang kayu umumnya diusahakan oleh industri kecil secara tradisional. Peningkatan kapasitas produksi arang kayu perlu diarahkan pada peningkatan kualitas teknologi karbonisasi dan pengelolaan pengambilan bahan baku kayu secara selektif.

## BAB III

### DASAR TEORI

#### 3.1. Teknik Peramalan [3]

Proyeksi atau peramalan pada dasarnya merupakan suatu dugaan mengenai terjadinya suatu peristiwa diwaktu yang akan datang. Dalam perencanaan, kegiatan proyeksi adalah penting karena menjadi dasar dan awal mulainya perencanaan tersebut. Bila dilihat menurut jangka waktu, maka kegiatan proyeksi dapat dibagi menjadi 3 (tiga) jangka waktu :

- ◆ Jangka pendek (*short term*), dapat harian, mingguan, bulanan, dan satu tahun.
- ◆ Jangka menengah (*medium term*), lebih dari satu sampai lima tahun.
- ◆ Jangka panjang (*long term*), proyeksi yang dilakukan dengan rentang waktu hingga lebih dari lima tahun.

Dalam hal ini perlu disadari bahwa semakin jauh jangka waktu kedepan kondisi yang akan diperkirakan, maka semakin besar ketidakpastiannya. Karena itu cara (metode) apapun yang digunakan dalam membuat proyeksi, kita hanya akan dapat memberikan suatu nilai perkiraan. Akan sangat sulit untuk mengatakan bahwa ramalan jangka panjang misalnya 10 atau 15 tahun mendatang dapat memberikan angka yang tepat.

Dalam usaha untuk mendapatkan angka proyeksi yang akurat perlu terus-menerus dilakukan penelitian dalam perkembangannya dan diadakan tinjauan terhadap data atau angka yang digunakan (*review and updating*). Sehingga misalnya proyeksi untuk rencana satu tahun perlu diadakan *review and updating* setiap tiga bulan. Untuk jangka menengah dan panjang perlu diadakan *review and updating* setiap tahun.

Disamping hal tersebut diatas, pada kegiatan membuat proyeksi selalu digunakan asumsi-asumsi, yaitu memisalkan keadaan yang diwujudkan dengan angka-angka. Dalam kaitan dengan hal tersebut, maka setiap hasil dari suatu proyeksi perlu dilakukan penelitian, pengujian dan pertimbangan antara lain mengenai kewajaran dan ketelitiannya.

Dalam kegiatan proyeksi, data yang menjadi variabel proyeksi harus baik dan benar yaitu objektif, relevan dengan persoalan yang akan dipecahkan dan mutakhir. Data yang salah akan memberikan proyeksi yang salah pula dan akan menyebabkan suatu perencanaan atau keputusan atau kebijakan yang diambil keliru.

Beberapa teknik peramalan telah dikembangkan. Secara umum teknik tersebut dibagi dalam dua kategori utama, yaitu metode metode kuantitatif dan metode kualitatif. Metode kuantitatif dapat dibagi menjadi deret berkala dan metode kausal, sedangkan metode kualitatif dapat dibagi menjadi metode eksploratoris dan normatif. Tabel 3.1. merupakan ringkasan dari skema penggolongan ini dan diberikan pula contoh situasi yang mungkin memerlukan metode peramalan dalam pembagian selanjutnya.

Tabel 3.1. Pembagian Metode Peramalan dan Contoh Penggunaannya [3]

Jenis Situasi Peramalan	Jenis Informasi yang Tersedia				Informasi Sedikit atau tidak Tersedia
	Cukup Tersedia Informasi Kuantitatif		Informasi Kuantitatif sedikit		
	Metode Deret Berkala	Metode Eksplanatoris/Kausal	Metode Eksploratoris	Metode Normatif	
Meramalkan kesinambungan pola atau hubungan	Menduga Kelanjutan pertumbuhan dalam penjualan atau Produk Nasional Bruto	Memahami bagaimana harga dan iklan mempengaruhi penjualan	Menduga kecepatan transportasi sekitar tahun 2020	Menduga bagaimana rupa mobil pada tahun 2020	Menduga pengaruh perjalanan antar planet; perjalan bumi oleh makhluk luar bumi; penemuan bentuk energi baru dan sangat murah yang tidak menghasilkan polusi
Meramalkan perubahan-atau bilamana perubahan terjadi-dalam pola atau hubungan yang ada	Menduga resesi mendatang atau sejauh mana hal itu akan terjadi	Memahami bagaimana pengaruh pengendalian harga atau pelarangan iklan TV terhadap penjualan	Meramalkan bagaimana suatu kenaikan yang besar dari harga minyak akan mempengaruhi konsumsi minyak	Dapat menduga embargo minyak yang mengikuti perang Arab-Israel	

Peramalan kuantitatif dapat diterapkan bila terdapat tiga kondisi berikut :

1. Tersedia informasi tentang masa lalu,
2. Informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik,
3. Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut di masa mendatang.

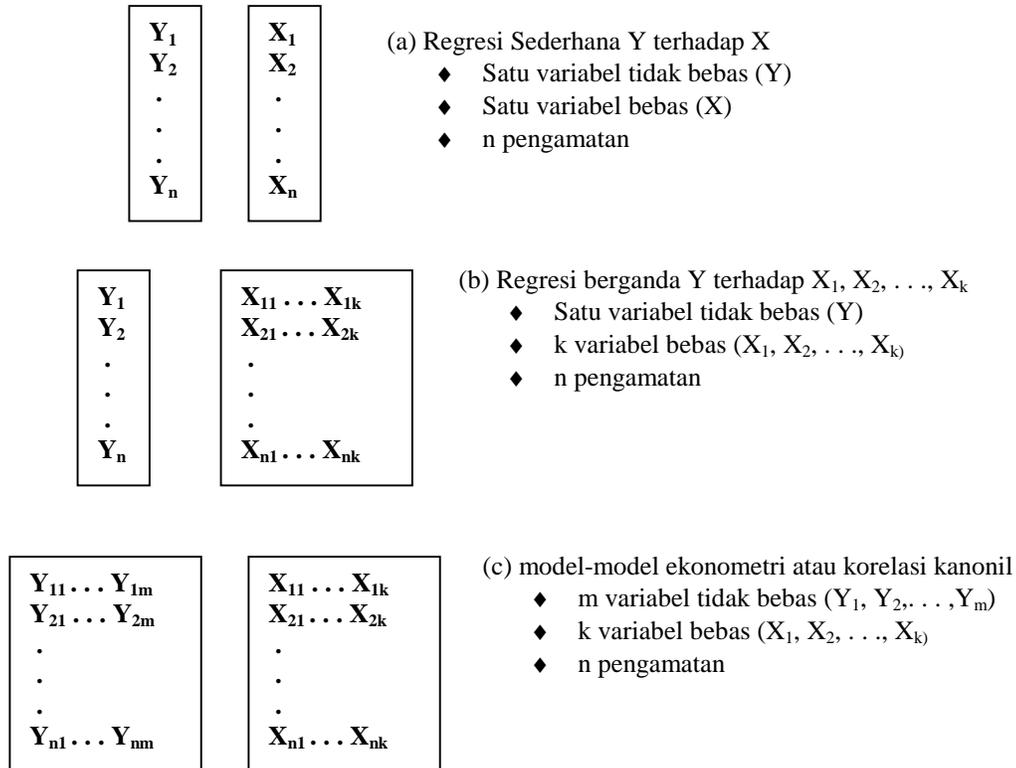
Prosedur peramalan kuantitatif dapat dibagi menjadi dua metode yaitu : metode naif atau intuitif dan metode kuantitatif formal yang didasarkan akan prinsip-prinsip statistika. Jenis yang pertama menggunakan ekstrapolasi horisontal, musiman dan trend yang didasarkan pada pengalaman empiris.

Peramalan kuantitatif juga dapat diklasifikasikan menurut model yang mendasarinya yaitu : model deret berkala dan model regresi (kausal). Pada jenis pertama, pendugaan masa depan dilakukan berdasarkan nilai masa lalu dari suatu variabel dan/atau kesalahan masa lalu. Tujuan metode deret berkala ini adalah untuk menemukan pola dalam deret data historis dan mengekstrapolasikan pola tersebut ke masa depan. Model kausal mengasumsikan bahwa faktor yang diramalkan menunjukkan suatu hubungan sebab-akibat dengan satu atau lebih variabel bebas, misalnya penjualan =  $f$  (pendapatan, harga, iklan, persaingan dan lain-lain). Maksud dari model kausal adalah menemukan bentuk hubungan variabel-variabel bebas dan menggunakannya untuk meramalkan nilai mendatang dari variabel tak bebas.

Dalam penelitian ini teknik peramalan yang digunakan adalah peramalan kuantitatif yaitu model deret berkala dan model regresi. Gambar berikut menunjukkan beberapa kasus regresi. Gambar 3.1.(a) menunjukkan regresi sederhana dari  $Y$  (variabel tak bebas) terhadap  $X$  (variabel bebas), Gambar 3.1.(b) menunjukkan himpunan data untuk kasus regresi berganda dari  $Y$  terhadap  $X_1$  sampai  $X_k$ . Untuk kasus dimana terdapat lebih dari satu variabel tak bebas ( $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$ ) dan lebih dari satu variabel bebas ( $X_1, X_2, \dots, X_k$ ) seperti pada Gambar 3.1.(c) maka persamaannya disebut persamaan simultan dan model ini disebut model ekonometri.

Semua model regresi selalu dituliskan sebagai persamaan yang menghubungkan variabel bebas dan variabel tak bebas. Sebagai contoh,  $Y = 1,5 +$

$2,5X$  adalah persamaan yang menyatakan  $Y$  (variabel tak bebas) sebagai fungsi dari  $X$  (variabel bebas) dan melibatkan 2 koefisien yaitu 1,5 dan 2,5.



Gambar 3.1. Himpunan-himpunan Data pada Analisis Regresi [3]

### Regresi Sederhana

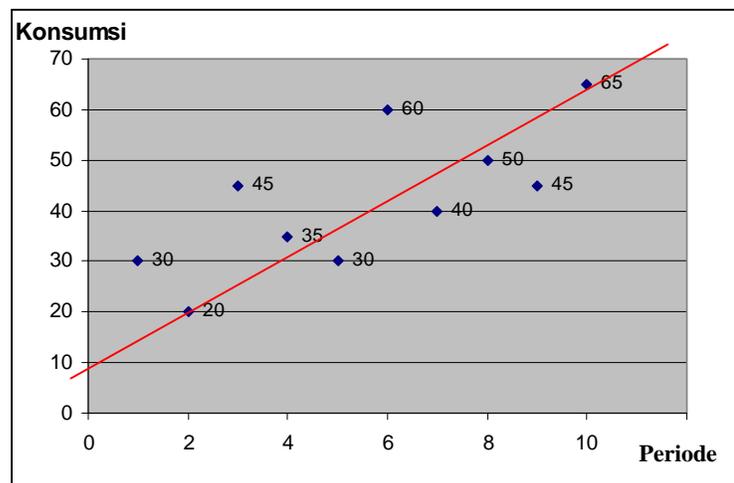
Regresi sederhana adalah metode statistik yang digunakan untuk mencari relasi dari suatu ukuran  $Y$  tunggal (variabel tak bebas) terhadap  $X$  tunggal (variabel bebas). Secara umum akan melibatkan suatu himpunan  $n$  pasangan pengamatan (Tabel 3.2) yang dinyatakan sebagai :

$$\{X_i, Y_i\} \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, n.$$

Setiap pasangan data dapat digambarkan sebagai suatu titik dimana nilai-nilai  $Y$  dinyatakan pada sumbu vertikal (ordinat) sedangkan nilai-nilai  $X$  dinyatakan pada sumbu horisontal (absis), lihat Gambar 3.2.

Tabel 3.2. Data Konsumsi BBM dalam 10 Periode [3]

(Xi) Periode	(Yi) Konsumsi BBM	(Xi,Yi) Pasangan Data
1	30	(1,30)
2	20	(2,20)
3	45	(3,45)
4	35	(4,35)
5	30	(5,30)
6	60	(6,60)
7	40	(7,40)
8	50	(8,50)
9	45	(9,45)
10	65	(10,65)



Gambar 3.2. Grafik Hubungan antara Konsumsi BBM dan Waktu [3]

Dari grafik diatas ditentukan "kesesuaian terbaik" (*best fitting*) dari suatu garis lurus (linear) melalui titik-titik yang telah digambarkan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (*Ordinary Least Square*). Pendekatan ini sudah lama dilakukan (dikembangkan oleh Gauss pada 1880-an) dan merupakan pendekatan yang paling luas digunakan dalam statistika klasik. Istilah kuadrat terkecil didasarkan pada kenyataan bahwa prosedur penaksiran ini berusaha meminimumkan jumlah kuadrat galat pada persamaan (3-2a) untuk mendapatkan nilai koefisien  $a$  dan  $b$  pada persamaan (3-1.b) yang memenuhi "kesesuaian terbaik" dari pola  $(\hat{Y})$  atau persamaan linear terhadap nilai-nilai pengamatan ( $Y$ ).

$$data = pola + galat \quad (3-1)$$

$$Y = \hat{Y} + e \quad (3-1.a)$$

$$Y = a + b(X) + e \quad (3-1.b)$$

dimana  $Y$  = nilai-nilai pengamatan

$\hat{Y}$  = persamaan yang menggambarkan pola relasi antara variabel bebas ( $X$ ) dan variabel tak bebas ( $Y$ ).

$a$  = intersep, nilai variabel tak bebas ( $Y$ ) apabila variabel bebas ( $X$ ) bernilai nol (0).

$b$  = koefisien kemiringan

$X$  = waktu

$e$  = galat (*error*)

Maka kesalahan kuadrat :

$$e_t^2 = \left( Y_t - \hat{Y}_t \right)^2 \quad (3-2.a)$$

$$e_t^2 = (Y_t - a - b(X))^2 \quad (3-2.b)$$

Nilai  $b$  dan  $a$  ditentukan dari data historis yang ada dengan persamaan berikut :

$$b = \frac{n \sum XY - (X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (3-3)$$

$$a = \frac{\sum Y}{n} - b \frac{\sum X}{n} \quad (3-4)$$

Pada data bivariat (data pasangan variabel acak atau pasangan data deret berkala) terdapat ukuran statistika untuk menggambarkan bagaimana dua deret data tersebut berkaitan satu sama lain. Ukuran statistika tersebut adalah koefisien determinasi ( $R^2$ ).

Secara umum  $R^2$  dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$R^2 = b^2 \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2}{\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n Y_i \right)^2} \quad (3-5)$$

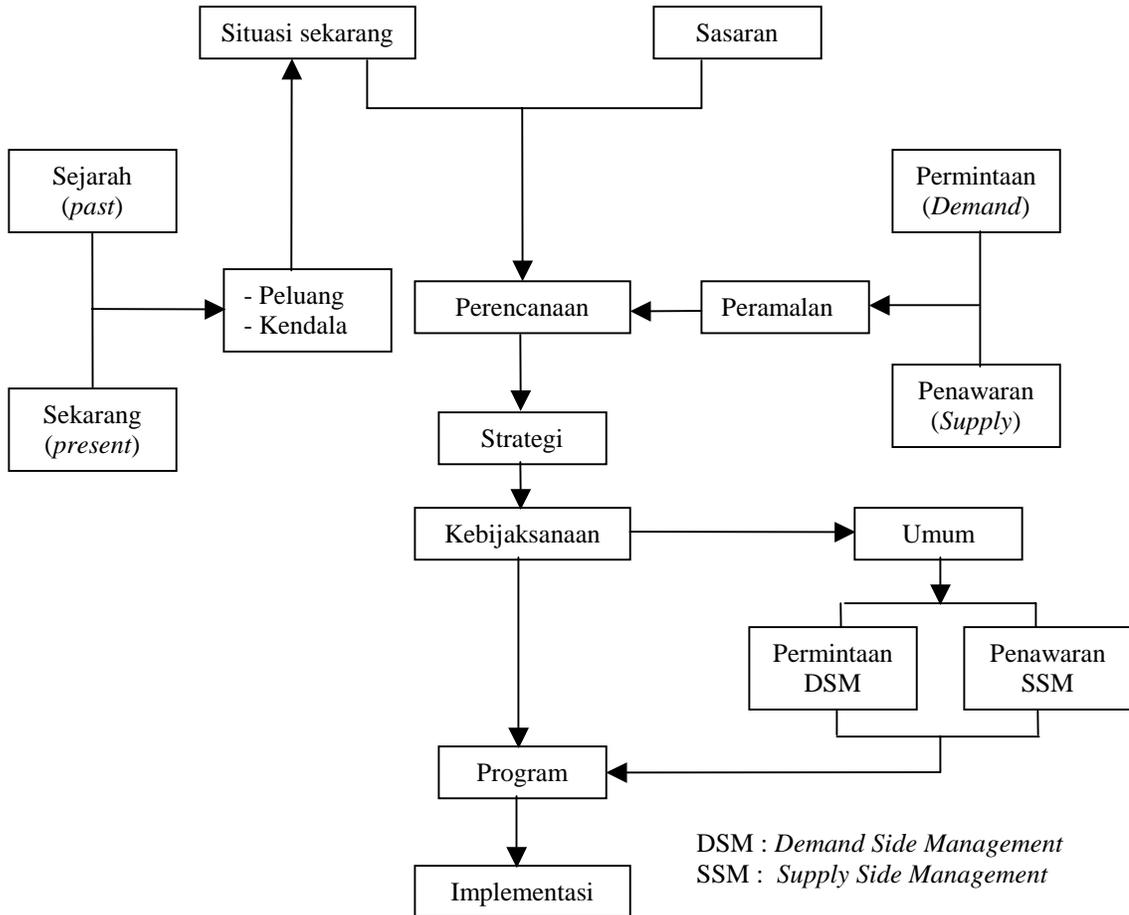
Koefisien determinasi memiliki nilai yang berkisar antara 0 dan 1 ( $0 < R^2 < 1$ ), nilai  $R^2$  yang mendekati 1 berarti pola ( $\hat{Y}$ ) semakin sesuai dengan nilai pengamatan ( $Y$ ), juga sebaliknya nilai  $R^2$  yang mendekati nol berarti pola semakin tidak sesuai dengan nilai pengamatan.

### **3.2. Kajian Perencanaan Energi [4]**

Perencanaan energi yang baik harus mampu mengintegrasikan semua sub-sektor energi, termasuk sektor energi pedesaan dan aspek-aspek yang terkait dengan sektor energi sebagai satu kesatuan. Aspek terkait diantaranya adalah sosio-ekonomi, lingkungan, neraca pembayaran dan sebagainya. Langkah penting yang harus dilakukan dalam perencanaan energi adalah mengidentifikasi kelompok data yang dibutuhkan bagi analisis permintaan energi, mengkaji berbagai sumber daya energi untuk memenuhi permintaan dan mengembangkan berbagai alternatif keseimbangan permintaan-penawaran energi. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan sebagai dasar bagi pengambilan keputusan dalam kebijakan energi.

Studi mengenai perencanaan energi sangat bervariasi. Kajian dapat mulai dilakukan dari sistem perencanaan yang sederhana sampai sistem yang kompleks, sehingga menghasilkan perencanaan energi terpadu. Gambar 3.3. memperlihatkan proses perencanaan energi yang dikaitkan dengan formulasi kebijakan energi nasional. Pertama-tama perlu dilakukan pengkajian mengenai kondisi masa lalu dan kondisi saat ini yang meliputi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap perkembangan energi seperti data konsumsi energi, karakteristik konsumsi energi, data ekonomi, data kependudukan, cadangan atau potensi energi yang tersedia, teknologi pemanfaatan energi dan kemampuan pemerintah maupun swasta melakukan investasi pengembangan energi. Hal ini akan menunjukkan kendala dan potensi yang dihadapi dan dimiliki suatu wilayah. Penetapan sasaran yang akan dicapai dimasa mendatang dalam bidang energi dihadapkan pada potensi dan kendala yang ada ditambah dengan hasil proyeksi kesetimbangan neraca permintaan-penyediaan energi akan menghasilkan formulasi perencanaan energi berupa langkah-langkah strategis dalam mengelola potensi dan kendala dibidang energi. Langkah-langkah strategis tersebut

jika akan diimplementasikan perlu dituangkan dalam sebuah kebijakan yang secara umum terdiri atas pengelolaan di sisi permintaan energi (*demand side management*) dan pengelolaan di sisi penyediaan energi (*supply side management*).



Gambar 3.3. Proses Perencanaan Energi yang dikaitkan dengan Formulasi Kebijakan Energi Nasional [4]

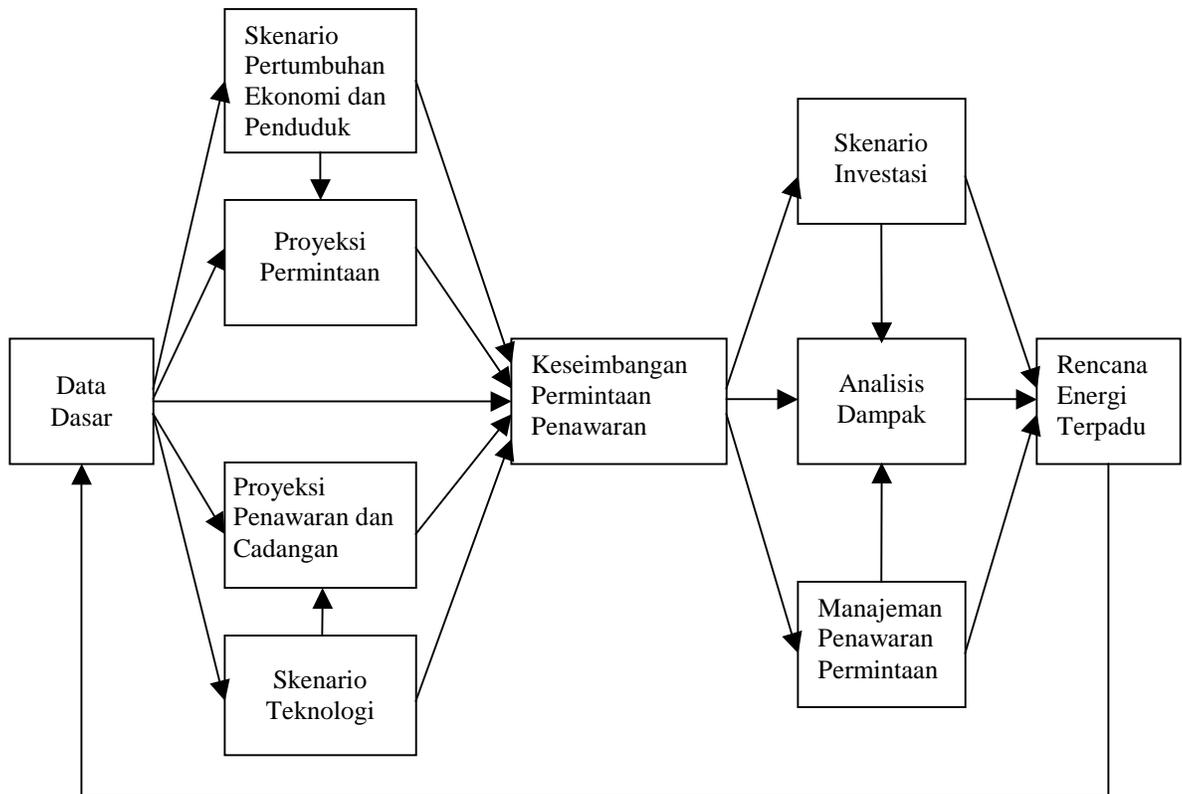
### 3.2.1 Perencanaan Sederhana

Penawaran dan permintaan energi secara sederhana dikembangkan dengan mencari faktor-faktor dominan yang mempengaruhinya. Karena faktor-faktor itu dapat berubah dengan cepat dari waktu ke waktu, maka dalam proyeksinya digunakan berbagai alternatif sehingga dapat dibuat batas toleransi penawaran dan permintaan untuk kurun waktu tertentu. Dalam proses selanjutnya perencanaan energi tidak dapat

lagi dilakukan secara sederhana karena kini melibatkan berbagai kepentingan. Utamanya, kebijakan yang hendak dicapai dan analisis yang dilakukan tidak hanya mencakup sektor energi saja.

### 3.2.2 Perencanaan Terpadu

Konsep perencanaan energi terpadu memberikan analisis berbagai masalah energi secara menyeluruh yang mengacu pada keseimbangan antara permintaan dan penawaran energi. Alternatif neraca permintaan dan penawaran perlu disusun berdasarkan proyeksi permintaan pada satu sisi serta proyeksi alokasi sumber daya energi yang ditawarkan dan teknologi disisi lain. Gambar 3.4. menunjukkan diagram rinci perencanaan energi terpadu.



Gambar 3.4. Diagram Perencanaan Energi Terpadu [4]

Perencanaan energi terpadu diawali dengan penyusunan sistem data dasar yang meliputi data ekonomi, kependudukan, teknologi dan cadangan atau potensi energi yang ada. Selanjutnya dilakukan proyeksi permintaan dan penyediaan energi berdasarkan skenario pertumbuhan ekonomi dan penduduk serta perkembangan teknologi dan ketersediaan cadangan sumber daya energi. Untuk memperoleh perencanaan energi terpadu perlu dilakukan, perhitungan investasi, penetapan kebijakan baik itu disisi permintaan maupun penawaran dan analisis dampak lingkungan terhadap kesetimbangan permintaan dan penawaran energi.

- **Sistem Data Dasar Energi**

Pengembangan sistem data dasar merupakan hal pokok dalam perencanaan energi. Pengembangan ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi, menghasilkan dan menyusun informasi yang dibutuhkan dalam pengambilan keputusan bidang energi. Pembentukan data dasar mencakup (a) identifikasi kebutuhan data (untuk analisis permintaan, pengkajian sumber daya energi dan evaluasi teknologi), (b) pengumpulan data (dari sumber data primer, sekunder dan referensi khusus sumber daya energi tradisional), dan (c) penyusunan data yang terkumpul (dalam bentuk tabel neraca energi atau sistem informasi energi). Ada saling ketergantungan antara pengembangan data dasar dan perencanaan energi. Perencanaan energi tergantung pada ketersediaan dan kualitas data, sebaliknya kekosongan dan kekurangan data dasar dapat diidentifikasi dan dikaji dalam proses perencanaan energi. Semakin canggih proses perencanaan energi, kualitas data dasar maupun perencanaan energi yang disusun pun akan semakin baik.

- **Menyusun Skenario Pertumbuhan ekonomi**

Pola pembangunan ekonomi menentukan kebutuhan akan energi, sementara faktor harga dan ketersediaan energi dapat membentuk struktur dan pertumbuhan ekonomi. Data yang diperlukan di sini adalah komposisi dan pertumbuhan PDB atau PDRB masing-masing sub-sektor ekonomi, termasuk sektor pertanian dan pedesaan. Pembangunan ekonomi memiliki sejumlah ketidakpastian, karena itu harus

dikembangkan beberapa skenario ekonomi misalnya digunakan asumsi skenario pertumbuhan ekonomi tinggi, sedang atau rendah. Struktur ekonomi perlu diurikan dalam bentuk tabel *input – output* atau matriks akuntansi nasional. Sektor ekonomi utama yang perlu diperhatikan adalah industri, komersial, pertanian, transportasi, perumahan dan pedesaan. Setiap sektor terdiri dari berbagai konsumen utama yang menggunakan beragam sumber daya energi. Untuk itu unit pengukuran yang sama harus dikonsolidasikan pada setiap sektor. Tujuan utamanya adalah menghasilkan pola pertumbuhan permintaan energi berdasarkan pemakai akhir dan sektor dalam bentuk agregat.

- **Menyusun Proyeksi Permintaan Energi**

Cara paling sederhana memproyeksikan permintaan energi adalah dengan menghubungkan tingkat konsumsi energi saat ini dengan aktivitas dan tingkat pertumbuhan ekonomi. Namun PDB atau PDRB bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhi permintaan energi. Ada faktor lain yang mempengaruhi permintaan energi ke depan seperti inovasi teknologi selama periode perencanaan, kemungkinan substitusi, harga energi dunia dan sebagainya. Dalam konteks ini perlu dibedakan antara konsumsi energi, yaitu total sumber daya energi yang habis dipakai dengan kegunaan energi, yaitu *net* energi yang sesungguhnya digunakan oleh peralatan pemakai akhir. Perbedaan keduanya menunjukkan hilangnya total sumber daya energi dalam proses konversi.

Faktor-faktor dominan perencanaan energi, diantaranya peranan harga relatif, pengaruh perubahan teknologi, potensi substitusi antar-energi, potensi substitusi antar-faktor dan dampak interaksi energi/ekonomi. Harga relatif mengukur kelangkaan berbagai barang dan jasa. Harga relatif pada akhirnya mencerminkan pilihan konsumen terhadap suatu kerangka kerja teknis dan biaya. Perubahan teknologi biasanya terkait dengan potensi penghematan dan substitusi perangkat pemakai akhir yang disempurnakan baik yang baru atau alternatifnya. Potensi substitusi antar-energi terkait dengan pengembangan alternatif sumber daya energi domestik dan impor yang murah atau potensi keseluruhan dalam jangka panjang

seperti kebijakan diversifikasi. Dalam substitusi antar faktor diupayakan kombinasi faktor produksi yang efisien. Interaksi energi dengan ekonomi makro serta faktor-faktor dominan akan mempengaruhi permintaan energi di masa depan.

- **Mengkaji Sumber Daya Energi**

Tujuan pengkajian sumber daya energi adalah menentukan ketersediaan sumber daya energi suatu negara atau wilayah. Pengkajian demikian dirancang untuk menghasilkan informasi mengenai jumlah sumber daya energi yang tersedia dan biaya yang diperlukan. Informasi yang dibutuhkan dari sumber daya tak terbarukan – minyak bumi, batubara dan gas bumi – adalah ukuran besar cadangan dan biaya ekstraksi. Dalam hal energi terbarukan, dengan pengecualian energi panas bumi, pengkajian terkait dengan pertanyaan seberapa besar sumber daya energi terbarukan dapat diperoleh dan dimanfaatkan dengan pembiayaan seefektif mungkin. Informasi yang dibutuhkan selanjutnya adalah ketersediaan dan harga impor energi. Pengkajian sumber daya energi secara rinci meliputi total cadangan, tingkat penambahan cadangan, tingkat produksi, biaya dan hambatan yang dihadapi produksi energi. Salah satu faktor dominan perencanaan energi adalah bagaimana menghubungkan biaya dengan persediaan sumber daya energi dalam jangka panjang.

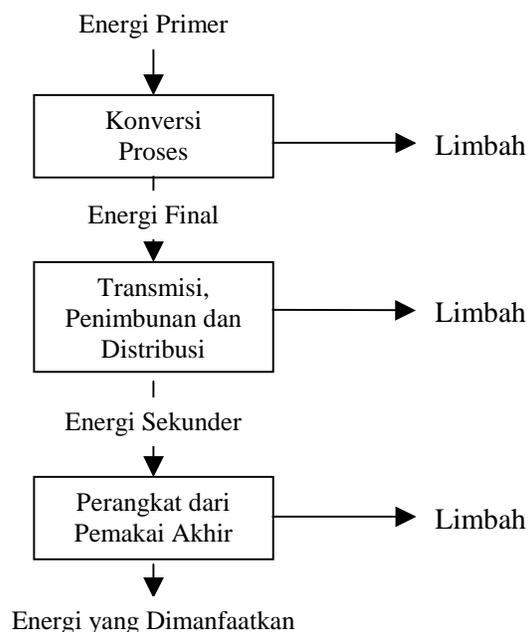
Biaya yang diperlukan untuk perencanaan energi harus mencerminkan *opportunity cost* sumber daya energi. *Opportunity cost*, selain biaya produksi meliputi rente ekonomi yang dihitung untuk kesempatan yang hilang ketika sumber daya energi tersebut mempunyai nilai yang lebih tinggi di masa mendatang.

- **Mengevaluasi Teknologi Sisi Persediaan**

Meliputi pengkajian teknologi yang dapat mentransformasikan bahan baku energi menjadi bentuk energi yang dapat digunakan konsumen. Inventarisasi teknologi yang tersedia mencakup penerapan yang dapat dilakukan untuk sumur minyak bumi, penyulingan, pemipaan, pertambangan batubara, pembangkit listrik dan biogas. Inventarisasi tidak memasukkan perangkat pemakai akhir seperti teknologi ketel uap, tungku pembakaran, kendaraan bermotor dan pemanas ruangan. Setiap jenis energi akan mengikuti siklus bahan bakar yang dapat dipakai pemakai

akhir. Siklus tersebut terdiri dari tahapan transformasi (produksi) yang berbeda, seperti ekstraksi sumber daya, konversi, pengolahan dan transportasi. Data kinerja teknis berkaitan dengan *input* energi, efisiensi termodinamik, *output* energi, ketersediaan teknologi, kapasitas, umur teknis serta status teknologi yang tersedia secara komersial. Informasi ini digunakan untuk menentukan kuantitas dan kualitas sistem persediaan energi yang dibutuhkan sesuai proyeksi permintaan. Teknologi persediaan sumber daya energi secara luas dapat dibagi dalam jenis sumber dayanya. *Pertama*, teknologi untuk sumber daya energi tak terbarukan atau bahan bakar fosil. *Kedua*, teknologi untuk sumber daya energi terbarukan. *Ketiga*, teknologi untuk sistem kelistrikan.

Evaluasi teknologi harus dilakukan dalam setiap tahap transformasi bahan baku energi menjadi suatu bentuk energi yang dapat digunakan oleh pemakai akhir. Evaluasi teknologi perlu mempertimbangkan ketersediaan teknologi, biaya, serta implikasi lingkungan dan sosial. Evaluasi teknologi perlu disesuaikan dengan persediaan energi suatu negara. Misalnya, listrik dapat dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar batubara, energi nuklir, energi matahari, minyak dan gas bumi serta biomasa. Dengan demikian evaluasi teknologi memerlukan pertimbangan cermat untuk jangka panjang berdasarkan justifikasi keekonomian, teknologi, dampak lingkungan dan sosial yang terkait dengan pilihan persediaan energi.



Gambar 3.5. Proses Konversi Energi Primer menjadi Energi Final [4]

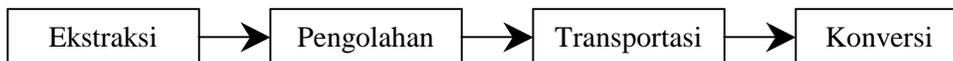
Teknologi persediaan energi dapat dibagi menjadi tiga kategori dasar, yaitu, teknologi sumber daya energi tak terbarukan, teknologi sumber daya energi terbarukan dan teknologi sistem kelistrikan. Teknologi sistem kelistrikan dapat menjadi bagian dari teknologi sumber daya tak terbarukan seperti pada pembangkit listrik tenaga batubara, minyak dan gas bumi. Atau dapat pula menjadi bagian dari teknologi sumber daya energi terbarukan seperti pada pembangkit listrik tenaga air, angin, biomasa dan panas bumi. Karena itu dalam pembahasan, teknologi kelistrikan dipisahkan dari teknologi persediaan energi lainnya. Alasannya adalah karena sistem tenaga listrik mempunyai keunikan teknis dan berperan dominan dalam sektor energi. Di samping itu, sektor kelistrikan perlu melakukan diversifikasi bahan bakar guna membangkitkan tenaga listrik. Evaluasi masing-masing kategori teknologi dikelompokkan berdasarkan kriteria utama di bawah :

1. Kriteria teknis :

- Kebutuhan *input* energi,
- Hasil *output* energi,
- Efisiensi termodinamik,

- Keterbatasan dan kendala,
  - Status teknologi.
2. Kriteria ekonomis :
- Biaya modal,
  - Biaya operasi non-bahan bakar,
  - Efisiensi termodinamik,
  - Biaya *output* energi,
  - Biaya keuangan (bunga, diskonto, valuta asing).
3. Kriteria tambahan :
- Hambatan lingkungan,
  - Ketentuan tenaga kerja,
  - Hambatan sosial-politik dalam implementasi.

Evaluasi berdasarkan kriteria di atas perlu diterapkan untuk energi yang diproses dalam setiap tahap rantai industri seperti tampak dalam gambar berikut :



Gambar 3.6. Aliran Energi dalam Rantai Industri [4]

Proses konversi bahan bakar pada setiap tahapan perlu menggunakan teknologi bahan bakar fasil yang relevan. Teknologi sumber daya terbarukan biasanya bercirikan dispersi yang lebar dan ketidakcukupan data karena memang belum banyak dikonsumsi.

- **Neraca Penawaran-Permintaan**

Interaksi antara penawaran-permintaan menunjukkan keseimbangan aliran energi dari bentuk primer melalui berbagai proses transformasi sampai kepada pemakai akhir. Secara sistematis interaksi itu dinyatakan dalam tabel neraca energi sehingga aplikasinya dapat dengan mudah dipahami. Salah satu format yang dipakai

adalah kolom-kolom yang memuat daftar kelompok komoditi energi primer maupun sekunder.

Selain tabel neraca energi, keseimbangan penawaran-permintaan dapat pula ditunjukkan dalam suatu jaringan sistem energi. Jaringan ini mengindikasikan proyeksi permintaan energi, teknologi konversi energi, bermacam bahan bakar, dan sumber daya yang diperlukan untuk memenuhi permintaan energi. Jaringan sistem energi memberi informasi mengenai tahapan transformasi sumber daya primer sampai permintaan final. Tahapan transformasi meliputi kegiatan ekstraksi, pengolahan dan/atau konversi, transportasi energi primer, berbagai proses konversi dan efisiensi, transportasi atau transmisi dan penyimpanan energi sekunder, serta berbagai instrumen pemakai akhir. Dengan demikian energi terbuang dari teknologi yang digunakan dapat dinyatakan dalam setiap tahapan konversi. Sistem ini memungkinkan menganalisis berbagai kemungkinan persediaan sumber daya energi dalam memenuhi permintaan energi tertentu. Diantaranya adalah mengganti bahan bakar, pengenalan teknologi baru dan kemungkinan konservasi energi.

Hal yang kemudian patut dicatat adalah saling ketergantungan penawaran dan permintaan energi. Analisis penawaran energi tidak dapat dilepas dari permintaan energi. Begitu pula sebaliknya. Pilihan terhadap sistem penawaran energi sangat dipengaruhi oleh pola dan pertumbuhan permintaan energi. Perencanaan penawaran energi pada sub-sektor minyak bumi, misalnya, berupaya menyesuaikan hasil proses kilang minyak dengan prioritas pola permintaan domestik. Sistem penawaran yang dipilih seperti listrik masuk desa pada saat bersamaan juga menciptakan dan menentukan permintaan energi jenis tertentu. Dalam hal ini tenaga listrik mungkin akan menggantikan bahan bakar minyak.

Sekali neraca penawaran dan permintaan energi selama kurun waktu tertentu dijadikan basis, proyeksi untuk masa depan dapat dengan mudah diselesaikan melalui model evaluasi. Beberapa model evaluasi sektor energi selama ini telah dikembangkan. Pilihan model yang tepat tergantung pada tersedianya data, kemampuan perhitungan, pendekatan yang dipilih, dan sebagainya. Model perhitungan penawaran-permintaan energi pada intinya berdasarkan pada dua

pendekatan yakni, pendekatan prospektif yang membuat peramalan berdasarkan analisis kecenderungan analisis masa lalu atau pendekatan normatif yang bekerja berdasarkan skenario alternatif yang sudah ditentukan terlebih dahulu.

Hasil perhitungan penawaran-permintaan berwujud berbagai alternatif neraca penawaran-permintaan. Dari alternatif yang ada dapat dipilih satu yang secara rasional menggambarkan perkembangan keseimbangan energi di masa depan dalam kurun waktu tertentu. Sedangkan alternatif yang lain dapat menggambarkan tingkat sensitifitas hasil proyeksi keseimbangan penawaran-permintaan energi.

- **Melakukan Analisis Dampak**

Setiap alternatif keseimbangan penawaran-permintaan energi memiliki dampak yang berbeda terhadap struktur dan pertumbuhan ekonomi termasuk aspek lingkungan. Dua analisis dampak harus dilakukan untuk mendapatkan neraca penawaran-permintaan yang paling sesuai yaitu analisis dampak ekonomi dan lingkungan. Analisis dampak ekonomi tersebut merupakan suatu pengkajian terhadap ukuran efisiensi ekonomi dengan menggunakan indikator-indikator makro ekonomi. Hasilnya akan berupa satu atau lebih keseimbangan penawaran-permintaan yang dianggap lebih efisien, murah dan ekonomis. Analisis dampak lingkungan mengkaji bahan bakar dan teknologi yang digunakan apakah sesuai dengan kebijakan, standar, dan peraturan lingkungan yang ada. Pada tahap berikutnya, bila keseimbangan penawaran-permintaan telah ditentukan dan konfigurasi penawaran telah didefinisikan, analisis dampak lingkungan diperluas menjadi analisis mengenai dampak lingkungan.

- **Mengembangkan Skenario Investasi**

Perencanaan investasi modal dikembangkan berdasarkan sistem persediaan yang dipilih dan proyek yang harus dikembangkan. Perencanaan investasi modal memiliki empat komponen utama. Pertama, investasi untuk eksplorasi bahan bakar fosil dan penelitian serta pengembangan teknologi nonkonvensional. Kedua, investasi untuk perluasan kapasitas. Ketiga, investasi untuk meningkatkan efisiensi fasilitas

pada sisi penawaran. Keempat, investasi untuk meningkatkan efisiensi disisi permintaan pada peralatan yang digunakan oleh pemakai akhir.

Proses perencanaan investasi bisa dimulai dengan alokasi menyeluruh bagi setiap kategori di atas kemudian dilanjutkan dengan serangkaian penilaian terhadap masing-masing proyek. Rencana biaya operasi dan perawatan berkaitan dengan sistem yang ada dan perluasan yang telah ditentukan untuk masa depan harus tercermin dalam perencanaan keuangan. Rencana biaya impor energi harus masuk dalam perencanaan energi terpadu. Proyek harus mampu memberikan keuntungan bersih dan dapat mengembalikan modal investasi dalam jangka waktu tertentu.

- **Menyusun Strategi Manajemen Penawaran dan Permintaan**

Strategi manajemen penawaran dan permintaan ditujukan untuk mendefinisikan jangka waktu perencanaan, tujuan dan sasaran penawaran dan permintaan energi. Hasil analisis penawaran dan permintaan yang dipakai pada kebijakan energi memerlukan keterpaduan antara proyeksi dan skenario berbagai macam sumber atau referensi. Analisis penawaran dan permintaan energi seharusnya sudah memasukkan skenario tertinggi, referensi dan terendah untuk variabel-variabel dasar ekonomi.

### **3.2.3 Berbagai Teknik Perencanaan Energi**

Berbagai teknik atau model perencanaan energi dapat dibangun dari yang paling sederhana sampai yang sangat rumit. Secara umum model tersebut dapat dibedakan dalam lima pendekatan utama, yaitu pendekatan proses, pendekatan *trend*, pendekatan elastisitas, pendekatan ekonometri dan pendekatan *input/output*. Berbagai alternatif proyeksi dapat dibuat dengan menggunakan satu atau beberapa teknik analisis yang tersedia.

#### **a. Pendekatan Proses**

Pendekatan proses menguraikan aliran energi dari sumber energi primer sampai permintaan final. Prosesnya mencakup ekstraksi sumber daya energi, penyulingan, konversi, transportasi, penimbunan, transmisi dan distribusi.

Keunggulan pendekatan ini adalah mudah mengakomodasi bahan bakar tradisional, dapat dilakukan dengan perhitungan sederhana dan metode paling cocok dalam menguraikan alternatif teknologi yang ada saat ini. Kendala utamanya, pendekatan ini hanya dapat dipakai untuk sektor energi saja sehingga tidak dapat menggambarkan interaksi energi-ekonomi dan variabel-variabel kebijakan ekonomi.

**b. Pendekatan Trend**

Pendekatan *trend* memiliki keunggulan utama berupa kesederhanaan data dan prasyarat. Pendekatan ini menunjukkan ekstrapolasi kecenderungan masa lalu berdasarkan pemilihan kurva. Analisis ini dapat juga dilakukan dengan memproyeksikan nilai historis rata-rata kegiatan energi-ekonomi dan rasio energi per kapita. Meskipun secara luas digunakan dalam peramalan, terutama oleh negara-negara berkembang, keterbatasannya ternyata cukup banyak. Kecenderungan atau perilaku di masa silam mungkin tidak terlalu relevan dengan kejadian di masa depan. Secara umum pendekatan ini tidak dapat menggambarkan perubahan-perubahan yang bersifat struktural, determinan permintaan. Karena tidak terbuka bagi umpan-balik interaksi energi-ekonomi maka pendekatan ini kurang cocok untuk analisis kebijakan.

**c. Pendekatan Elastisitas**

Pendekatan elastisitas dapat dilakukan dengan menghitung besarnya elastisitas permintaan terhadap pendapatan dan elastisitas permintaan terhadap harga. Ini menunjukkan perubahan tingkat permintaan energi terhadap perubahan pendapatan dan harga. Kelemahan pendekatan ini adalah besarnya unsur ketidakpastian atas estimasi elastisitas permintaan. Alasan ketidakpastian tersebut karena kondisi beberapa data, keterbatasan variabel harga, pendapatan dan kenyataan data antarwaktu (*time series*) yang digunakan tidak mencerminkan perubahan sisi dan struktur permintaan energi dalam jangka waktu yang lebih panjang.

**d. Pendekatan Ekonometri**

Pendekatan ekonometri menggunakan standar perhitungan kuantitatif untuk analisis dan proyeksi ekonomi. Kelebihan pendekatan ekonometri adalah dalam

analisis kebijakan dan proyeksi jangka pendek sampai jangka panjang. Asumsi-asumsi statistik dan perilaku dapat disajikan lewat model persamaan interaksi energi-ekonomi secara simultan. Pendekatan ini juga dapat menyajikan pengaruh harga relatif dan absolut terhadap substitusi antar bahan bakar. Di sisi lain, kelemahan pendekatan ekonometri terjadi karena harus mengakomodasi kegiatan perubahan teknologi dan datangnya komoditas baru.

**e. Pendekatan *Input-Output***

Pendekatan *input-output* hampir sama dengan pendekatan ekonometri. Ada dua keunggulan pendekatan ini. Pertama, merupakan pendekatan paling komprehensif dan konsisten terhadap semua sektor ekonomi, termasuk aliran berbagai jenis energi dan mudah digabungkan ke dalam model ekonometri, simulasi atau optimasi. Kedua, teknik yang sangat cocok untuk analisis kebijaksanaan pada berbagai tahapan. Keunggulan pertama melekat pada analisis *input-output*. Namun pendekatan ini memiliki keterbatasan aplikasi. Pendekatan ini bersifat statik yang berlaku untuk satu waktu tertentu. Keterbatasan selanjutnya adalah kebutuhan akan data dasar sektor ekonomi yang luas dan komprehensif.

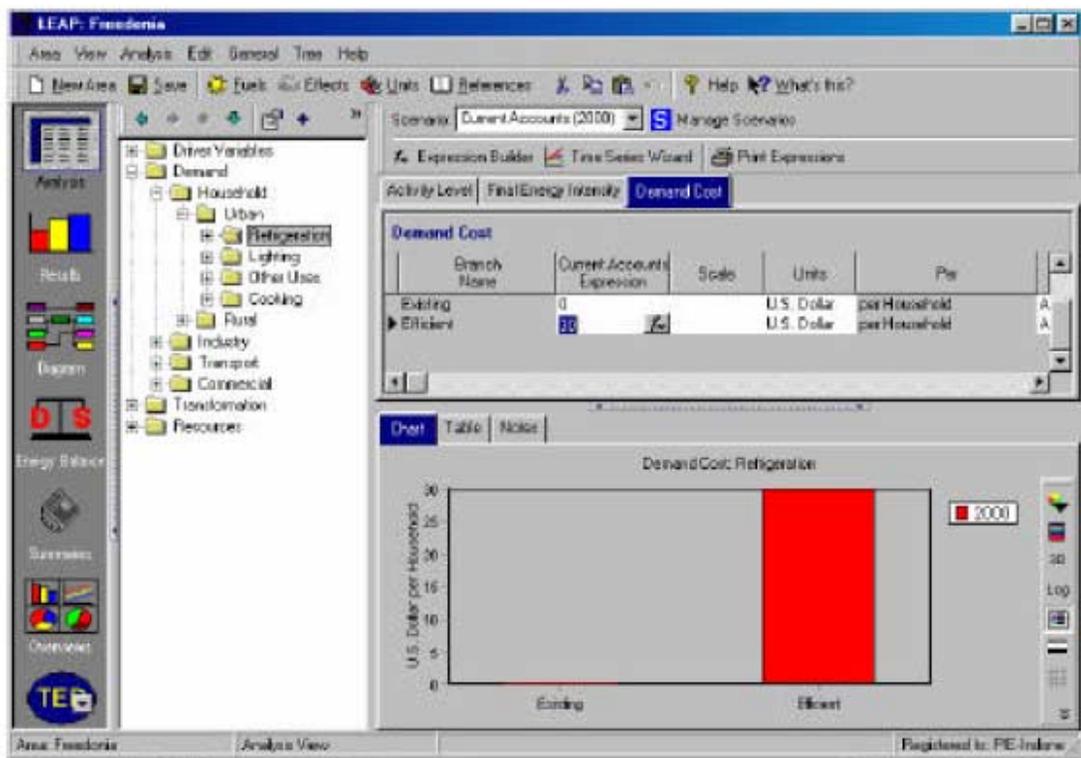
Dalam penelitian ini digunakan pendekatan trend dan elastisitas untuk memperkirakan besarnya permintaan dan penyediaan energi Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta selama 15 tahun ke depan dengan menggunakan alat bantu berupa perangkat lunak komputer LEAP.

**3.3. Perencanaan Energi menggunakan LEAP [7]**

LEAP adalah perangkat lunak berbasis *Windows*. Pertama kali menjalankan LEAP layar yang muncul seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.7. Layar LEAP terdiri atas beberapa bagian, yaitu :

- Baris teratas terdapat tulisan LEAP dan nama *file* yang sedang dibuka.
- Baris kedua adalah menu-menu utama (*main menu*): *Area, Edit, View, General, tree, dan Help*.

- Baris ketiga adalah *main toolbar*: *New*, *Save*, *Fuels*, *Effects*, *Units*, *References*, dan sebagainya.
- *View bar* adalah menu vertikal di sisi kiri layar, yang terdiri atas: *Analysis*, *Detailed Result*, *Energy Balance*, *Summaries*, *Overviews*, *Technology Database*, dan *Notes*.
- Kolom di sebelah *view bar* adalah tempat untuk menuliskan diagram pohon (*Tree*). Pada baris paling atas dari kolom ini terdapat *toolbar* untuk membuat/mengedit *Tree*.
- Kolom berikutnya terdiri atas tiga bagian, yaitu: (a) *toolbar* untuk membuat/mengedit skenario, (b) bagian untuk memasukkan data, dan (c) tampilan *input data*.
- Baris terbawah adalah *status bar*, yang berisi: nama *file* yang sedang dibuka, *view* yang sedang dibuka, dan status registrasi.



Gambar 3.7. Tampilan Layar LEAP [7]

Beberapa terminologi umum yang digunakan dalam LEAP antara lain :

**Area** : sistem yang sedang dikaji (contoh : negara atau wilayah)

**Current Accounts** : data yang menggambarkan Tahun Dasar (tahun awal) dari jangka waktu kajian.

**Scenario** : sekumpulan asumsi mengenai kondisi masa depan

**Tree** : diagram yang merepresentasikan struktur model yang disusun seperti tampilan dalam *Windows Explorer*. *Tree* terdiri atas beberapa *Branch*. Terdapat empat *Branch* utama, yaitu *Driver Variable*, *Demand*, *Transformation*, dan *Resources*. Masing-masing *Branch* utama dapat dibagi lagi menjadi beberapa *Branch* tambahan (anak cabang).

**Branch** : cabang atau bagian dari *Tree*, *Branch* utama ada empat, yaitu Modul Variabel Penggerak (*Driver Variable*), Modul Permintaan (*Demand*), Modul Transformasi (*Transformation*) dan Modul Sumber Daya Energi (*Resources*).

**Expression** : formula matematis untuk menghitung perubahan nilai suatu variabel.

**Saturation** : perilaku suatu variabel yang digambarkan mencapai suatu kejenuhan tertentu. Persentase kejenuhan adalah  $0\% \leq X \leq 100\%$ . Nilai dari total persen dalam suatu *Branch* dengan saturasi tidak perlu berjumlah 100%.

**Share** : perilaku suatu variabel yang digambarkan mencapai suatu kejenuhan 100%. Nilai dari total persen dalam suatu *Branch* dengan *Share* harus berjumlah 100%.

Dalam LEAP terdapat 4 modul utama yaitu Modul Variabel Penggerak (*Driver Variable*), Modul Permintaan (*Demand*), Modul Transformasi (*Transformation*) dan Modul Sumber Daya Energi (*Resources*). Proses proyeksi penyediaan energi dilakukan pada Modul Transformasi dan Modul Sumber Daya Energi. Sebelum memasukkan data ke dalam Modul Transformasi untuk diproses, terlebih dahulu dimasukkan data cadangan sumber energi primer dan sekunder ke Modul Sumber Daya Energi yang akan diakses ke Modul Transformasi. Demikian juga data permintaan dengan beberapa skenario yang telah dimasukkan ke dalam Modul Permintaan, diakses ke Modul Transformasi.

### 3.3.1 Modul Variabel Penggerak (*Driver Variable*)

Modul ini digunakan untuk menampung parameter-parameter umum yang dapat digunakan pada Modul Permintaan maupun Modul Transformasi. Parameter umum ini misalnya adalah jumlah penduduk, PDRB (Produk Domestik Regional Bruto), jumlah rumah tangga, dan sebagainya. Modul Variabel Penggerak bersifat komplemen terhadap modul lainnya. Pada model yang sederhana dapat saja modul ini tidak digunakan.

### **3.3.2 Modul Permintaan (*Demand*)**

Modul ini digunakan untuk menghitung permintaan energi. Metode analisis yang digunakan dalam model ini didasarkan pada pendekatan *end-use* (pemakai akhir) secara terpisah untuk masing-masing sektor pemakai sehingga diperoleh jumlah permintaan energi per sektor pemakai dalam suatu wilayah pada rentang waktu tertentu. Informasi mengenai variabel ekonomi, demografi dan karakteristik pemakai energi dapat digunakan untuk membuat alternatif skenario kondisi masa depan sehingga dapat diketahui hasil proyeksi dan pola perubahan permintaan energi berdasarkan skenario-skenario tersebut.

Metodologi yang digunakan dalam melakukan analisis permintaan energi dalam penelitian ini adalah :

- **Analisis Aktivitas (*Activity Level Analysis*)**

Pada metode ini jumlah permintaan energi dihitung sebagai hasil perkalian antara aktivitas energi dengan intensitas energi (jumlah energi yang digunakan per unit aktivitas). Metode ini terdiri atas dua model analisis yaitu : Analisis Permintaan Energi Final (*Final Energy Demand Analysis*) dan Analisis Permintaan Energi Terpakai (*Useful Energy Demand Analysis*).

- 1. Analisis Permintaan Energi Final (*Final Energy Demand Analysis*)**

Pada metode ini, permintaan energi dihitung sebagai hasil perkalian antara aktivitas total pemakaian energi dengan intensitas energi pada setiap cabang teknologi (*technology branch*). Dalam bentuk persamaan matematika perhitungan permintaan energi menggunakan *final energy demand analysis* adalah :

$$D_{b,s,t} = TA_{b,s,t} \times EI_{b,s,t} \quad (3-6)$$

dimana  $D$  : Permintaan (*Demand*)  
 $TA$  : Aktivitas Total (*Total Activity*)  
 $EI$  : Intensitas Energi (*Energy Intensity*)  
 $b$  : Cabang (*Branch*)  
 $s$  : Skenario  
 $t$  : Tahun perhitungan, tahun dasar  $\leq t \leq$  tahun akhir perhitungan.

Dalam menghitung Aktivitas Total dan Intensitas Energi digunakan regresi linear (persamaan 3.1 – 3.4) berdasarkan data historis. Setiap cabang teknologi memiliki data bahan bakar (*fuel*) yang secara spesifik digunakan pada teknologi tersebut, sehingga perhitungan permintaan energi pada setiap cabang teknologi akan secara otomatis menghitung juga permintaan energi total bahan bakar yang digunakan.

## 2. Analisis Permintaan Energi Terpakai (*Useful Energy Demand Analysis*)

Pada metode ini, intensitas energi ditentukan pada cabang Intensitas Energi Gabungan (*Aggregate Energy Intensity Branch*), bukan pada cabang Teknologi (*Technology Branch*). Pada tahun dasar, ketika digunakan 2 metode sekaligus (yakni *Final Energy Demand* dan *Useful Energy Demand*), maka intensitas energi untuk tiap cabang teknologi adalah :

$$UE_{b,0} = EI_{AG,0} \times FS_{b,0} \times EFF_{b,0} \quad (3-7)$$

dimana  $UE_{b,0}$  = *useful energy intensity* cabang b pada tahun dasar,  
 $EI_{AG,0}$  = *final energy intensity* cabang intensitas energi gabungan pada tahun dasar,  
 $FS_{b,0}$  = *fuel share* cabang b pada tahun dasar,  
 $EFF_{b,0}$  = efisiensi cabang b pada tahun dasar,  
 $b$  = 1..B ( $b$  adalah salah satu cabang dari cabang teknologi B)

intensitas energi terpakai dari cabang intensitas energi gabungan adalah penjumlahan dari intensitas energi terpakai pada setiap cabang teknologi. Dalam persamaan matematika ditulis sebagai :

$$UE_{AGG,0} = \sum_{b=1}^B UE_{b,0} \quad (3-8)$$

Bagian aktivitas (*activity share*) yakni bagian aktivitas suatu teknologi pada suatu cabang teknologi terhadap aktivitas teknologi cabang intensitas energi gabungan adalah :

$$AS_{b,0} = \frac{UE_{b,0}}{UE_{AG,0}} \quad (3-9)$$

dimana  $AS_{b,0}$  = *activity share* cabang b pada tahun dasar.

### 3.3.3 Modul Transformasi (*Transformationn*)

Modul ini digunakan untuk menghitung pasokan energi. Pasokan energi dapat terdiri atas produksi energi primer (misalnya gas bumi, minyak bumi dan batubara) dan energi sekunder (misalnya listrik, bahan bakar minyak, LPG, briket batubara dan arang). Susunan cabang dalam Modul Transformasi sudah ditentukan strukturnya, yang masing-masing kegiatan transformasi energi terdiri atas *processes* dan *output*. Data teknis proses transformasi (pembangkit, transmisi dan distribusi listrik) dan sistem yang diperlukan dalam studi ini adalah :

- **Jenis Teknologi dan Sifat Pembebanan**

Teknologi proses transformasi secara umum harus memperhatikan kesesuaian dengan karakteristik daerah dan kemampuan pendanaannya. Khusus untuk pembangkit listrik, perlu ditambahkan sifat pembebanan dari setiap jenis pembangkit yang ditentukan berdasarkan karakteristik teknis dan ekonomis dengan tujuan untuk meminimalkan biaya pembangkitan. Jenis pembangkit sebagai penyangga beban dasar (*base load*) diarahkan untuk pembangkit yang mempunyai biaya variabel dan biaya bahan bakar yang murah. Pembangkit penyangga beban dasar setiap harinya dioperasikan pada kapasitas maksimum

secara kontinu. Sedangkan jenis pembangkit sebagai penyangga beban puncak (*peak load*) lebih diutamakan pada jenis pembangkit yang lebih fleksibel terhadap perubahan pembebanannya. Pembangkit untuk jenis penyangga beban puncak lebih efisien untuk jenis pembangkit yang mempunyai biaya tetap (investasi dan O&M) rendah, karena jam operasinya hanya pada beban puncak dan biaya variabelnya tidak terlalu berpengaruh. Jadwal pengoperasian pembangkit penyangga beban puncak sangat ditentukan oleh perilaku pemakai tenaga listrik pada waktu beban puncak. Faktor kapasitas pembangkit yang melayani beban puncak akan jauh lebih rendah daripada faktor kapasitas teknisnya.

- **Daya Mampu dan Produksi**

Daya mampu dan produksi setiap jenis pembangkit yang sudah ada (*existing*) untuk tahun dasar studi disajikan sebagai titik awal proyeksi. Proyeksi daya mampu dari kapasitas pembangkit yang telah terpasang dan terjadwal pembangunannya dalam periode tahun studi merupakan koreksi dari kapasitas terpasang dengan memperhatikan faktor derating-nya. Besarnya daya mampu yang sudah terjadwal sampai tahun terakhir proyeksi digunakan untuk menghitung kebutuhan kapasitas tambahan dalam rangka memenuhi kebutuhan tenaga listrik yang diperkirakan. Secara umum perhitungan daya mampu dan produksi dari kapasitas proses transformasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_n = P_o(1 - d)^n \quad (3-10)$$

$$E_n = P_n \times h \times MCF = P_o(1 - d)^n \times h \times MCF \quad (3-11)$$

dimana :

$P_n$  = Kapasitas Proses Transformasi pada tahun ke-n

$P_o$  = Kapasitas Proses Transformasi pada tahun dasar

$d$  = Faktor derating

$E_n$  = Produksi tahun ke-n

$h$  = Jumlah Jam Operasi per tahun (24 x 365 = 8760)

$MCF$  = Faktor Kapasitas Maksimum.

- **Derating**

Derating adalah faktor penurunan daya mampu kapasitas teknologi proses yang disebabkan oleh keausan karena umur pembangkit. Makin tua umur pembangkit, maka kemampuan untuk membangkitkan listrik semakin menurun. Derating untuk setiap teknologi proses atau prosentase penurunan dayanya bervariasi bergantung dari karakteristiknya. Faktor derating akan mempengaruhi daya mampu dari kapasitas proses transformasi.

- **Faktor Kapasitas Maksimum (MCF)**

Faktor Kapasitas Maksimum adalah perbandingan antara kemampuan produksi maksimum suatu pembangkit per-tahun terhadap total kemampuan produksi pada operasi kapasitas penuh per tahun kalender. MCF dipengaruhi oleh jadwal perawatan rutin (*Schedule Maintenance Ratio*) dan rasio kemungkinan gangguannya (*Force Outage Ratio*). Rumusan perhitungan maksimum faktor kapasitas ditunjukkan dengan persamaan berikut ini :

$$MCF = \frac{\text{Jam per Tahun Kalender} - \text{Jam Perawatan} - \text{Jam Gangguan}}{\text{Jumlah Jam per Tahun Kalender}} \quad (3-12)$$

$$MCF = \frac{8760 - \text{Jam Perawatan} - \text{Jam Gangguan}}{24 \times 365} \quad (3-13)$$

dimana :

*MCF* = *Maximum Capacity Factor*.

Jam Perawatan = Waktu yang diperlukan untuk perawatan per tahun sehingga fasilitas tidak dapat digunakan.

Jam Gngguan = Kemungkinan lamanya waktu fasilitas tidak dapat digunakan karena adanya kerusakan dan perbaikan.

- **Efisiensi**

Efisiensi adalah perbandingan antara *output* energi yang dihasilkan oleh suatu pembangkit terhadap *input* energi (bahan bakar) yang digunakan.

$$\eta = \frac{\text{output energi}}{\text{input energi}} \quad (3-14)$$

Jenis pembangkit yang memiliki efisiensi yang lebih rendah, untuk membangkitkan setiap satuan tenaga listrik akan memerlukan bahan bakar yang lebih banyak. Semakin canggih teknologi yang digunakan, efisiensinya juga semakin tinggi, akan tetapi biaya investasinya lebih besar.

- **Faktor Beban (*load factor*)**

Faktor beban adalah perbandingan antara beban rata-rata yang harus dipasok oleh pembangkit listrik dalam suatu sistem terhadap beban puncak. Faktor beban tergantung pada karakteristik konsumen. Faktor beban dapat dihitung dari urutan gabungan kurva beban harian dalam setahun. Untuk merencanakan pasokan energi secara komprehensif faktor-faktor teknis lainnya yang mempengaruhi adalah rugi-rugi (*losses*) pada jaringan transmisi dan distribusi, jenis dan kualitas bahan bakar yang digunakan, cadangan sumber energi yang tersedia dan *reserved margin* (yaitu kapasitas yang dicadangkan untuk mengantisipasi terputusnya suplai daya akibat adanya gangguan atau tidak beroperasinya suatu mesin pembangkit pada saat perawatan berkala atau terjadinya kerusakan tak terduga, sehingga dapat menjamin kontinuitas pelayanan) yang dikehendaki.

Selain faktor teknis, perhitungan pasokan energi juga harus memperhitungkan faktor keekonomiannya. Data keekonomian yang diperlukan untuk dimasukkan dan diproses oleh program LEAP adalah biaya investasi (*Capital Cost*), biaya operasi dan perawatan (*Operation dan Maintenance Cost*), biaya bahan bakar (*Fuel Cost*) dan faktor bunga (*Discount Rate*) dari setiap jenis pembangkit yang dioperasikan. Data teknis dan data keekonomian akan dijadikan dasar dalam perhitungan kebutuhan tambahan kapasitas, bauran kapasitas (*capacity mix*), penentuan faktor kapasitas, energi primer yang digunakan dan cadangan sumber energi primer yang masih

tersedia. Proyeksi kapasitas dan energi yang dihasilkan dibandingkan dengan kebutuhan yang diperkirakan untuk dilakukan analisis guna mendapatkan penyediaan tenaga listrik yang optimal dengan memperhatikan gabungan penambahan daya secara *Exogenous* dan *Endogenous*.

Analisis optimasi penyediaan tenaga listrik dengan perhitungan penambahan kapasitas per jenis pembangkit listrik secara *Endogenous*, penetapan bauran kapasitas dari setiap jenis teknologi pembangkit listrik disimulasikan dalam model LEAP dengan mempertimbangkan *Unit Size* (kapasitas per-unit pembangkit) dan prioritas jenis pembangkitnya. Model LEAP akan memunculkan kapasitas (jumlah unit) per jenis pembangkit, jenis pembangkit dan jadwal penambahan kapasitasnya untuk mengimbangi kebutuhan (*demand*).

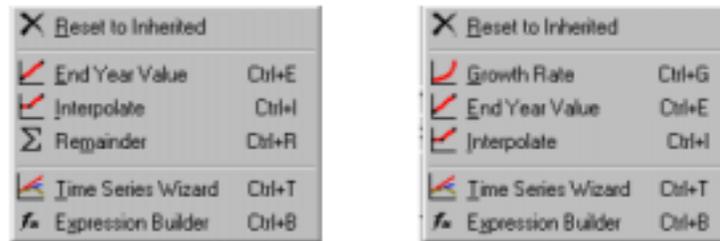
#### **3.3.4 Modul Sumber Daya Energi (*Resources*)**

Modul ini terdiri atas *Primary* dan *Secondary Resources*. Kedua cabang ini sudah *default*. Cabang-cabang dalam *Modul Resources* akan muncul dengan sendirinya sesuai dengan jenis-jenis energi yang dimodelkan dalam *Modul Transformationn*. Beberapa parameter perlu diisikan, seperti jumlah cadangan (misalnya minyak bumi, gas bumi, batubara) dan potensi energi (misalnya tenaga air, biomasa).

#### **3.3.5 Ekspresi-ekspresi dalam LEAP**

Ekspresi adalah formula atau rumus perhitungan untuk melakukan proyeksi suatu variabel. Di dalam LEAP disediakan berbagai ekspresi. Masing-masing variabel dapat mempunyai ekspresi yang berbeda. Beberapa ekspresi yang telah ada dalam LEAP antara lain ekspresi *Growth Rate*, *End Year Value*, dan *Interpolate*. Selain itu disediakan pula pilihan untuk menyusun ekspresi sendiri yaitu menggunakan *Time Series Wizard* dan *Ekspression Builder*. Data yang digunakan dapat diambil dari *spreadsheet* Excel. Gambar 3.8. memperlihatkan pilihan-pilihan ekspresi yang disediakan dalam LEAP.

*Ekspresi Growth* adalah dengan memberikan persen angka pertumbuhan terhadap parameter *current account*. *Ekspresi End Year Value* adalah memberikan nilai tertentu kepada variabel pada akhir periode simulasi dan LEAP akan menginterpolasi terhadap parameter *current account*-nya. *Ekspresi Interpolation* adalah menentukan titik-titik perubahan parameter dari suatu variabel. Titik-titik perubahan terdiri atas dua atau lebih, antara titik-titik tersebut LEAP akan membuat interpolasi.



Gambar 3.8. Pilihan Ekspresi dalam LEAP [7]

Beberapa fungsi pemodelan dalam LEAP adalah sebagai berikut :

- ◆ **BYExpForecast**, memperkirakan nilai suatu variabel dimasa depan dengan regresi eksponensial berdasarkan data historis.

$$Y = m + X^c, \quad \text{dimana } Y = \text{variabel yang diramalkan}$$

$m$  = kemiringan

$X$  = waktu/periode peramalan

$c$  = koefisien yang nilainya ditentukan dari data historis

- ◆ **Interp**, memperkirakan nilai suatu variabel dengan interpolasi linear dari suatu pasangan data. Nilai suatu variabel diantara 2 periode waktu adalah :

$$Value_{iy} = Value_{fy} + [Value_{ey} - Value_{fy}] \left[ \frac{Year_{iy} - Year_{fy}}{Year_{ey} - Year_{fy}} \right] \quad (3-15)$$

dimana :  $iy$  = (*intermediate period*) waktu antara

$fy$  = (*first period*) waktu awal

$ey$  = (*end year*) waktu akhir

- ◆ **ExpIntrp**, memperkirakan nilai suatu variabel menggunakan interpolasi eksponensial antara deret atau pasangan data.

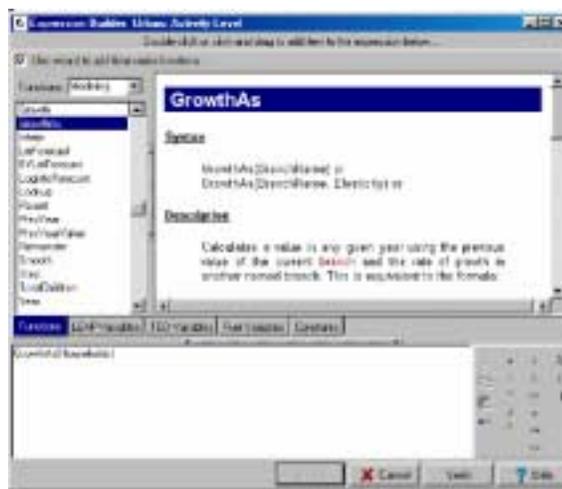
$$Value = a + b \cdot Year^\alpha, \text{ sehingga } Value_{iy} = Exp(k + \alpha \cdot \ln(year_{iy})) \quad (3-16)$$

dimana :

$$\alpha = \ln \left[ \frac{Value_{ey} - Value_{fy}}{Year_{ey} - Year_{fy}} \right] \quad k = \frac{\ln(Value_{ey})}{\alpha \cdot \ln(year_{ey})} \quad (3-17)$$

*Time Series Wizard* terdiri atas enam bentuk kurva, yaitu : interpolasi, grafik tangga (*step function*), grafik *smooth* (penghalusan dari ekspresi interpolasi), grafik fungsi linear, grafik fungsi eksponensial dan grafik fungsi logistik (kurva S). *Time Series Wizard* terdiri atas tiga langkah/*step*. Langkah kedua adalah memilih apakah mengisikan data atau menggunakan/meng-*import* data dari spreadsheet Excel. Langkah ketiga adalah mengisikan data. Apabila menggunakan data dari Excel, maka harus diisikan nama *file* dan alamat *cell* yang akan di-*import*.

*Expression Builder* digunakan untuk membuat ekspresi sendiri. Dengan *Expression Builder* ini, dibuat suatu hubungan (korelasi) antar variabel model. Di dalam *Expression Builder* juga disediakan beberapa ekspresi (*built in function*), yang terdiri atas ekspresi modeling, ekspresi matematika, dan ekspresi logika. Dalam tampilan *Expression Builder* tercantum juga *syntax* (cara penulisan) dan penjelasan dari masing-masing *built in function*. Hubungan dengan variabel lain (khususnya *Driver Variable*), dapat diketik langsung atau pun melalui tombol *LEAP Variables*.



Gambar 3.9. Tampilan *Ekspression Builder* dalam LEAP [7]

## **BAB IV**

### **TATA LAKSANA PENELITIAN**

#### **4.1. Bahan Penelitian**

Dalam penelitian ini bahan yang diperlukan adalah data ekonomi, kependudukan dan data pemakaian energi. Berikut adalah daftar data yang diperlukan sebagai *input* analisis kebutuhan energi di DIY :

- “ Data Ekonomi :
  - Pendapatan Regional Bruto Daerah (PDRB)
  - PDRB per kapita
  - Pertumbuhan PDRB
  
- “ Data Kependudukan :
  - Jumlah Penduduk
  - Jumlah Rumah Tangga
  - Pertumbuhan Jumlah Penduduk
  
- “ Data Pemakaian Energi :
  - Jenis dan Jumlah Energi yang digunakan,
  - Potensi (lokasi, jenis, jumlah dan kandungan) dan pasokan sumber daya energi.
  - Karakter Konsumen Energi
  
- “ Data lainnya :
  - Jenis dan Jumlah alat transportasi

#### **4.2. Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- *Personnel Computer* (PC) Pentium III 750 MHz
- Perangkat lunak LEAP (*Long-range Energy Alternative Planning system*).

### 4.3. Tata Laksana

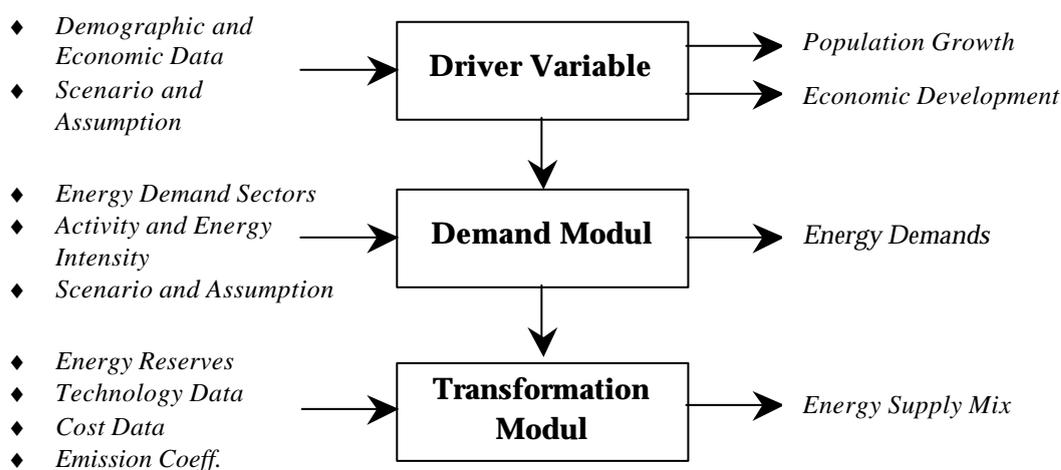
Secara garis besar penyusunan proyeksi permintaan dan penyediaan energi terdiri dari tiga tahap, yaitu :

#### 4.3.1 Pengumpulan dan pengolahan data

Salah satu tahapan yang sangat penting dalam penelitian ini adalah pengumpulan, dan pengelompokan data. Data diperoleh dari Biro Pusat Statistik (BPS), Dinas Pertambangan dan Energi DIY, PT.PLN, PT.Pertamina dan lain-lain. Data tersebut kemudian disiapkan sehingga diperoleh parameter asumsi yang akan digunakan dalam perhitungan analisis permintaan dan penyediaan energi menurut jangka waktu yang telah ditentukan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder.

#### 4.3.2 Penentuan Metode dan Model Analisis

Pertama ditetapkan tahun dasar yaitu tahun 2003, proyeksi atau prakiraan dilakukan selama hingga 15 (lima belas) tahun kedepan dengan periode proyeksi 1 (satu) tahun. Tahun 2003 ditetapkan sebagai tahun dasar karena data terkini yang dapat diperoleh adalah data tahun 2003 dan pada tahun tersebut tidak terjadi peristiwa luar biasa yang mempengaruhi perekonomian Daerah Istimewa Yogyakarta. Setelah semua data yang diperlukan dikelompokkan, maka langkah selanjutnya adalah memasukkan data sekunder tersebut ke masing-masing modul dalam LEAP.



Gambar 4.1. Susunan Model dalam LEAP [7]

Ada empat modul yang disediakan LEAP secara *default* seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 3.3, yaitu Modul Variabel Penggerak, Modul Permintaan, Modul Transformasi dan Modul Sumber Daya Energi. Gambar 4.1. memperlihatkan proses perhitungan permintaan dan penyediaan energi dalam LEAP.

#### **4.3.2.1 Modul Variabel Penggerak**

Dalam Modul Variabel Penggerak ditampung parameter-parameter umum yang nantinya dapat digunakan dalam proyeksi permintaan dan penyediaan energi antara lain jumlah penduduk, jumlah rumah tangga, Pendapatan Daerah Regional Bruto, pendapatan per kapita, pertumbuhan jumlah penduduk, pertumbuhan PDRB dan lain-lain.

#### **4.3.2.2 Modul Permintaan**

Dalam LEAP prakiran permintaan energi dihitung berdasarkan besarnya aktivitas pemakaian energi dan besarnya pemakaian energi per aktivitas atau intensitas pemakaian energi (persamaan 3-5). Aktivitas pemakaian energi sangat berkaitan dengan tingkat perekonomian dan jumlah penduduk.

Aktivitas pemakaian energi dikelompokkan menjadi 4 (empat) sektor, yaitu :

- a. Sektor Rumah Tangga,
- b. Sektor Industri,
- c. Sektor Transportasi,
- d. Sektor Komersial

##### **a. Sektor Rumah Tangga (RT)**

Pemakaian energi di Sektor Rumah Tangga ditentukan oleh jumlah penduduk dan pemakaian energi per pendapatan per kapita. Pendapatan per kapita penduduk merupakan variabel aktivitas yang pertumbuhannya diproyeksikan menurut pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk. Intensitas energi didefinisikan sebagai energi yang dipergunakan (Setara Barel Minyak-SBM) per pendapatan per kapita (juta Rp.). Intensitas energi selama periode proyeksi diasumsikan tetap.

## **b. Sektor Industri**

Sektor Industri dibagi menjadi sub sektor Makanan dan Minuman, Tekstil dan Barang Kulit, Mesin dan Alat Angkut, Semen dan Bahan Galian Bukan Tambang, Pupuk dan lainnya. pembagian ini didasarkan pada nilai tambah yang dihasilkan, dimana dari sembilan KLUI (Kelompok Lapangan Usaha Indonesia) kelompok usaha Makanan, Tekstil, Masin dan Semen memiliki nilai tambah ekonomi yang cukup besar. Pembagian sub sektor industri adalah sebagai berikut :

1. Sub Sektor Makanan dan Minuman
2. Sub Sektor Tekstil dan Barang Kulit
3. Sub Sektor Mesin dan Alat Angkut
4. Sub Sektor Semen dan Bahan Galian Bukan Tambang
5. Sub Sektor Pupuk dan Lainnya.

Indikator aktivitas energi Sektor Industri didefinisikan sebagai nilai tambah yang dihasilkan per tahun. Data nilai tambah diperoleh dari BPS DIY. Intensitas pemakaian energi pada Sektor Industri adalah pemakaian energi per nilai tambah yang dihasilkan. Intensitas dianggap tetap selama periode proyeksi.

## **c. Sektor Transportasi**

Sektor Transportasi yang diteliti adalah transportasi darat. Moda transportasi darat merupakan aktivitas terbesar dari Sektor Transportasi, sehingga transportasi darat dibagi lagi menjadi beberapa kelompok. Indikator aktivitas transportasi adalah jumlah kendaraan dengan satuan unit.

Pembagian kelompok dan indikator aktivitas pada sektor transportasi adalah sebagai berikut :

1. Mobil Penumpang : jumlah kendaraan
2. Sepeda Motor : jumlah kendaraan
3. Bus : jumlah kendaraan
4. Truk : jumlah kendaraan

Data aktivitas pemakaian energi Sektor Transportasi diperoleh dari BPS dan Departemen Perhubungan. Data intensitas energi didefinisikan sebagai jumlah bahan bakar yang dikonsumsi tiap unit kendaraan per tahun.

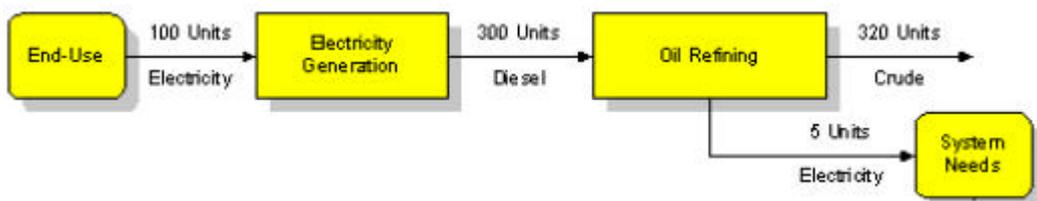
#### d. Sektor Komersial

Sektor Komersial terdiri atas 7 (tujuh) kelompok usaha, yaitu Penginapan, Komunikasi, Rumah Makan, Perdagangan, Jasa Keuangan, Jasa Hiburan dan Jasa Sosial. Indikator kegiatan pemakaian energi pada sektor komersial adalah nilai tambah yang dihasilkan. Data nilai tambah sektor diperoleh dari BPS. Intensitas pemakaian energi pada sektor ini adalah pemakaian energi per nilai tambah yang dihasilkan dan diasumsikan tetap selama periode proyeksi.

#### 4.3.2.3 Modul Transformasi

Modul ini digunakan untuk menghitung pasokan energi. Pasokan energi dapat terdiri atas produksi energi primer (gas bumi, minyak bumi dan batubara) dan energi sekunder (listrik, bahan bakar minyak, LPG, briket batubara dan arang). Susunan cabang dalam Modul Transformasi sudah ditentukan strukturnya, yang masing-masing kegiatan transformasi energi terdiri atas *processes* dan *output*. *Processes* menunjukkan teknologi yang digunakan untuk konversi, transmisi atau distribusi energi. *Output* adalah bentuk energi yang dihasilkan dari *processes*.

Perhitungan dilakukan secara *Bottom-Up*. Dimulai dari jumlah permintaan energi, dihitung naik hingga ke sumber energi primer. Gambar 4.2 menunjukkan contoh proses perhitungan besarnya listrik yang harus dibangkitkan untuk memenuhi permintaan listrik. Untuk menghasilakan 100 unit listrik diperlukan 300 unit minyak diesel melalui proses pembangkitan listrik (efisiensi = 33%), sedangkan untuk menghasilkan 300 unit minyak diesel diperlukan 320 unit minyak mentah dan 5 unit listrik melalui proses pemurnian minyak mentah (efisiensi = 94%).



Gambar 4.2. Proses Perhitungan dalam Modul Transformasi [7]

Persamaan-persamaan dan jenis data yang dibutuhkan dalam modul ini dapat dilihat pada sub-bab 3.3.

#### **4.3.2.4 Modul Sumber Daya Energi**

Modul ini terdiri atas *Primary* dan *Secondary Resources*. Kedua cabang ini sudah *default*. Cabang-cabang dalam *Modul Resources* akan muncul dengan sendirinya sesuai dengan jenis-jenis energi yang dimodelkan dalam *Modul Transformation*. Beberapa parameter perlu diisikan, seperti jumlah cadangan (minyak bumi, gas bumi dan batubara) dan potensi energi (tenaga air dan biomasa).

#### **4.4. Analisa Hasil**

*Output* yang diperoleh dari menjalankan program LEAP berupa grafik dan tabel hasil proyeksi permintaan dan penyediaan energi. Hasil perhitungan penawaran-permintaan berwujud berbagai alternatif neraca penawaran-permintaan. Dari alternatif yang ada dapat dipilih satu yang secara rasional menggambarkan perkembangan keseimbangan energi di masa depan dalam kurun waktu tertentu. Sedangkan alternatif yang lain dapat menggambarkan tingkat sensitifitas hasil proyeksi terhadap variabel-variabel yang berpengaruh pada keseimbangan permintaan dan penawaran energi.

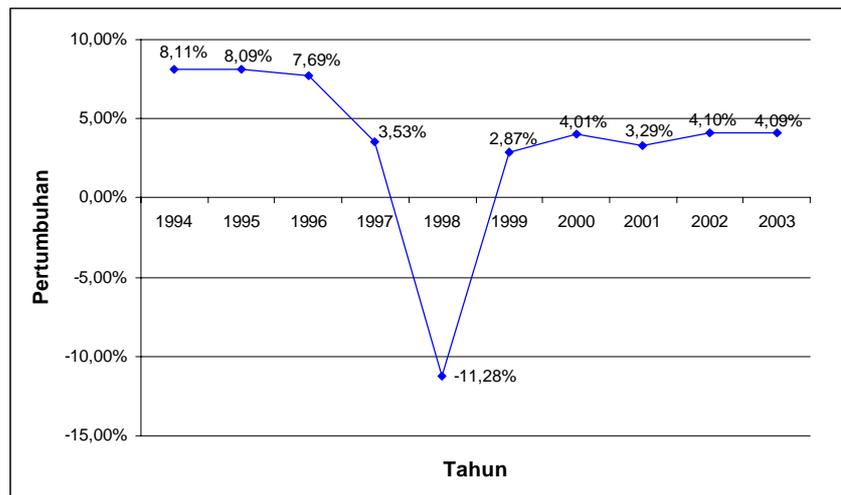
## BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Asumsi Model

Spesifikasi model, seperti telah disebutkan berjangka waktu 15 tahun dengan tahun 2003 sebagai dasar proyeksi dan akhir tahun 2018 sebagai batas akhir proyeksi. Adapun asumsi-asumsi yang digunakan dalam model perencanaan energi adalah sebagai berikut.

#### 5.1.1. Pertumbuhan PDRB

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 [18]. 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.



Gambar 5.1. Data Pertumbuhan PDRB DIY periode 1994 – 2003

Dari data yang diterbitkan oleh Biro Pusat Statistik Daerah Yogyakarta diperoleh pertumbuhan rata-rata PDRB DIY periode 1993-2003 adalah sebesar 3,45% per tahun. Angka tersebut cukup rendah disebabkan pada tahun 1997

hingga 1999 terjadi fluktuasi akibat krisis ekonomi yang melanda Indonesia sehingga terjadi kontraksi sangat tajam pada tahun 1998 yang besarnya mencapai -11,18%, namun pada tahun 1999 keadaan ekonomi mulai membaik dan pertumbuhan ekonomi mulai stabil pada kisaran 4% 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 DIY ditetapkan sebesar 4,90% pada akhir tahun 2018 untuk Skenario Dasar dan 5,77% pada akhir tahun 2018 untuk Skenario Optimis. Penetapan ini diambil berdasarkan skenario pertumbuhan PDRB yang terdapat pada Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah Yogyakarta tahun 2004 [11]. Adapun pertumbuhan PDRB antara tahun 2003 hingga 2018 pada kedua skenario diperoleh dengan menggunakan metode interpolasi. Dalam bentuk persamaan matematika, interpolasi pertumbuhan PDRB DIY selama 15 tahun ke depan adalah sebagai berikut :

$$Y_t = Y_{td} + (Y_{ta} - Y_{td}) \left( \frac{t - td}{ta - td} \right) \quad (5-1)$$

dimana  $Y_t$  = Pertumbuhan PDRB pada tahun t (%)

$Y_{td}$  = Pertumbuhan PDRB pada Tahun Dasar Proyeksi(4,09%)

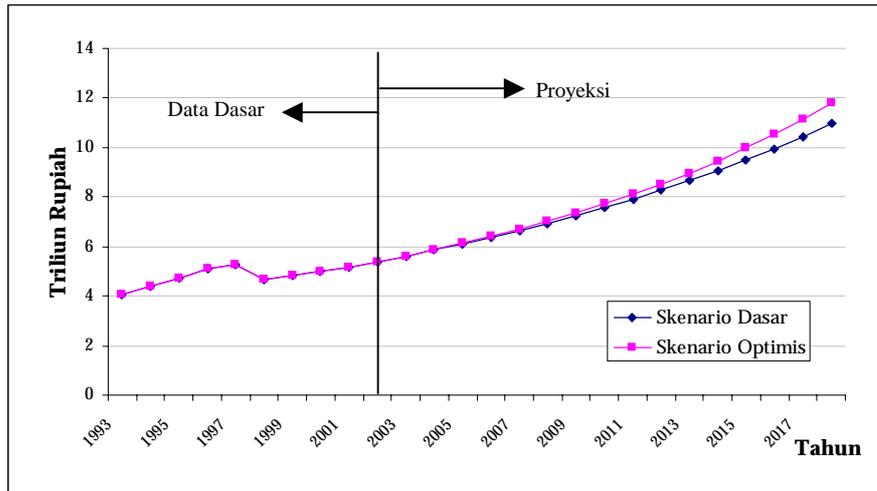
$Y_{ta}$  = Pertumbuhan PDRB pada Tahun Akhir Proyeksi (4,90% untuk skenario Dasar dan 5,77% untuk skenario Optimis)

$t$  = Tahun proyeksi

$td$  = Tahun Dasar Proyeksi yaitu tahun 2003

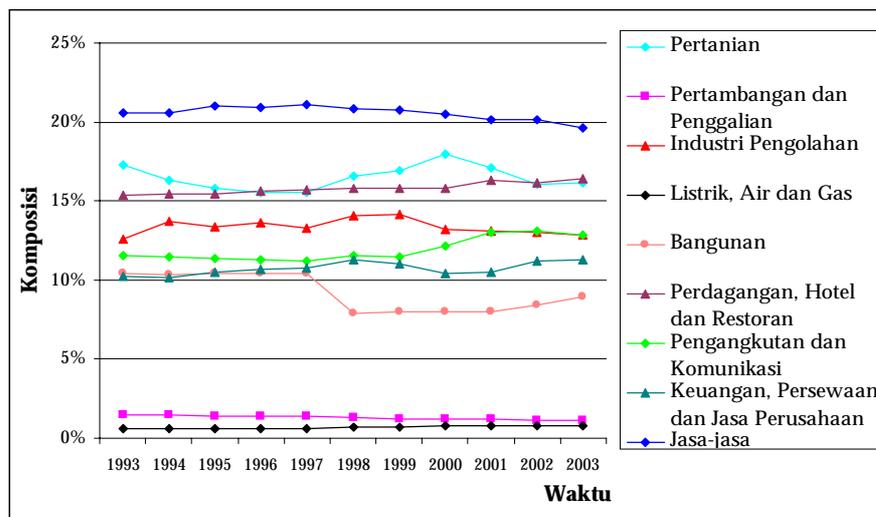
$ta$  = Tahun Akhir Proyeksi yaitu tahun 2018

Pertumbuhan PDRB ini merupakan pemicu pertumbuhan aktivitas pemakaian energi. Gambar 5.2. memperlihatkan perbandingan hasil proyeksi pertumbuhan PDRB antara Skenario Dasar dengan Skenario Optimis. Hasilnya, pada Skenario Dasar pertumbuhan rata-rata PDRB DIY adalah 4,56% per tahun sedangkan pada Skenario Optimis pertumbuhan rata-rata PDRB DIY mencapai 5,07% per tahun.



Gambar 5.2. Data dan Proyeksi PDRB DIY periode 1993 – 2018

Jika ditinjau dari strukturnya, maka selama periode 1993-2003, persentase komposisi sektor-sektor penyusun PDRB terhadap total PDRB cenderung tetap, Gambar 5.3. memperlihatkan persentase komposisi struktur penyusun PDRB DIY.



Gambar 5.3. Komposisi Struktur Penyusun PDRB DIY periode 1993-2003

Atas dasar kecenderungan tersebut, maka selama periode proyeksi komposisi sektor-sektor penyusun PDRB diasumsikan tetap berdasarkan persentase rata-rata komposisi periode 1993-2003 yaitu : Sektor Pertanian 16,48%; Sektor Pertambangan dan Galian 1,29%; Sektor Industri Pengolahan 13,37%; Sektor Listrik, Gas dan Air Bersih 0,68%; Sektor Bangunan 9,20%; Sektor Perdagangan, Hotel dan Restoran 15,80%; Sektor Pengangkutan dan

komunikasi 11,90%; Sektor Keuangan, Persewaan dan Jasa Perusahaan 10,73%; dan Sektor Jasa-jasa 20,55%.

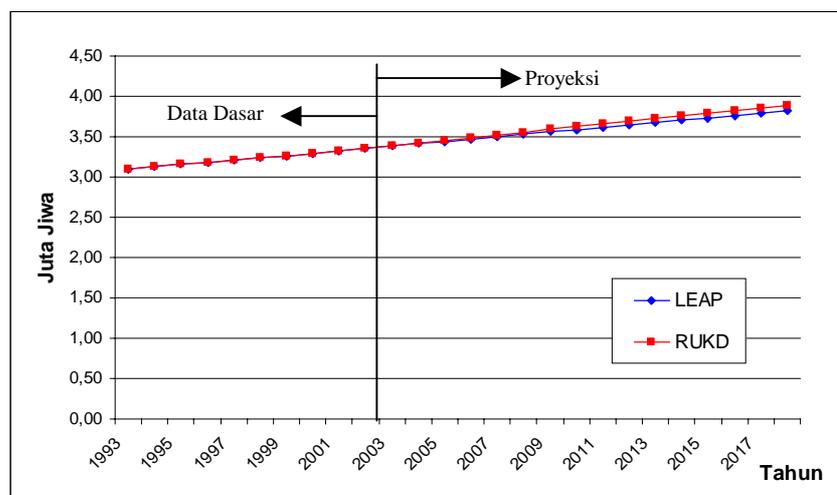
### 5.1.2. Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan rata-rata penduduk DIY selama periode 1993–2003 adalah 0,90% per tahun. Untuk memperkirakan jumlah penduduk digunakan teknik regresi linear sederhana dengan jumlah penduduk sebagai variabel dependen dan periode tahun sebagai variabel independen. Data aktual yang digunakan untuk memperoleh persamaan regresi diambil selama 10 tahun dari 1993 hingga 2003 dengan periode waktu 1 tahun. Persamaan regresi linear sederhana yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bX + e \quad (5-1)$$

dimana  $Y$  = Jumlah Penduduk pada Periode  $X$ ,  
 $X$  = Periode, tahun 1993 adalah periode 1, 1994 = 2 dan seterusnya,  
 $a = 3.066.899,4$   
 $b = 28.918,7$   
 $e = \pm 2.488$   
 $R^2 = 0,99$

Gambar 5.4. menunjukkan perbandingan hasil proyeksi jumlah penduduk antara perhitungan dengan menggunakan metode regresi linear sederhana (LEAP) dengan perhitungan dalam RUKD DIY tahun 2004. Pada RUKD DIY pertumbuhan jumlah penduduk dihitung menggunakan metode interpolasi.

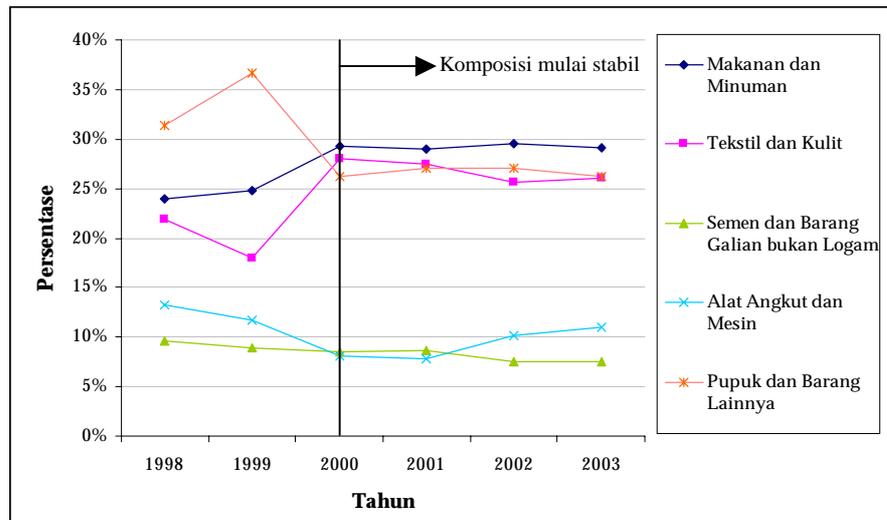


Gambar 5.4. Data dan Proyeksi Jumlah Penduduk DIY periode 1993-2018

Dari hasil regresi diperoleh bahwa pertumbuhan penduduk DIY terus turun secara moderat. Pada periode 1993-2003 pertumbuhan rata-rata penduduk di DIY adalah 0,90% per tahun, angka ini terus turun menjadi 0,81% per tahun selama periode 2004-2018. Penurunan laju pertumbuhan penduduk diperkirakan disebabkan meningkatnya kesadaran penduduk akan program Keluarga Berencana, makin tingginya tingkat pendidikan penduduk serta meningkatnya mobilitas penduduk. Pada tahun 2003 jumlah penduduk DIY adalah sebesar 3,38 juta jiwa, diperkirakan pada tahun 2008 jumlah ini bertambah menjadi 3,53 juta jiwa, kemudian pada tahun 2013 menjadi 3,73 juta jiwa dan pada akhir tahun 2018 berjumlah 3,82 juta jiwa atau bertambah sebanyak 1,12 kali lipat dari tahun 2003.

### 5.1.3. Struktur dan Pertumbuhan Kegiatan Sektor Industri

Aktivitas energi Sektor Industri dicerminkan oleh nilai tambahnya. Struktur Sektor Industri dicerminkan oleh komposisi nilai tambahnya. Gambar 5.5. memperlihatkan komposisi sub sektor industri selama periode 1998-2003.



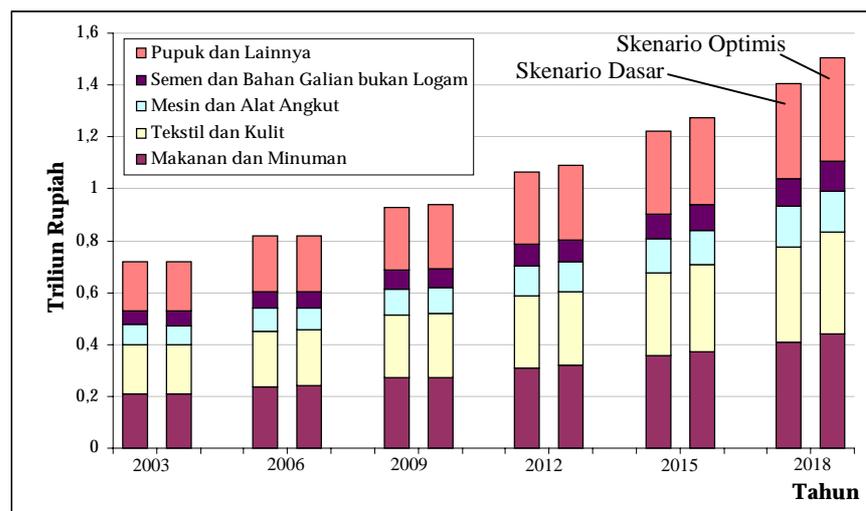
Gambar 5.5. Komposisi Sub Sektor Industri di DIY periode 1998-1999

Tampak pada gambar bahwa pada saat krisis ekonomi melanda Indonesia yaitu pada tahun 1998 dan 1999 terjadi fluktuasi persentase komposisi antar sub sektor industri, terutama antara sub sektor Pupuk dan Barang Lainnya dengan sub sektor Tekstil dan Kulit. Pada saat tersebut produksi dan konsumsi masyarakat terhadap produk-produk tekstil dan barang kulit menurun akibat tingginya biaya produksi dan lemahnya daya beli masyarakat. Disisi lain harga pupuk melambung

tinggi dengan jumlah permintaan yang relatif tetap. Namun mulai tahun 2000, persentase komposisi sub sektor industri mulai stabil. Berdasarkan kecenderungan pada periode 2000-2003 maka persentase komposisi sub sektor industri selama periode proyeksi dianggap tetap menurut data tahun 2003, yaitu :

- Makanan dan Minuman : 29,09%
- Tekstil dan Barang Kulit : 26,13%
- Mesin dan Alat Angkut : 10,98%
- Semen dan Bahan Galian : 7,58%
- Pupuk dan Lainnya. : 26,22%

Pertumbuhan aktivitas Sektor Industri dianggap sama dengan pertumbuhan PDRB. Gambar 5.6. memperlihatkan perbandingan proyeksi pertumbuhan nilai tambah menurut Sub Sektor Industri antara Skenario Dasar dengan Skenario Optimis periode 2004-2018 .



Gambar 5.6. Perbandingan Proyeksi PDRB menurut Kelompok Usaha Sektor Industri DIY periode 2003 -2018

Pada tahun 2003 nilai tambah Sektor Industri mencapai Rp. 0,72 triliun. Berdasarkan Skenario Dasar, pertumbuhan rata-rata nilai tambah Sektor Industri selama periode proyeksi adalah 4,5% per tahun. Sedangkan pada Skenario Optimis, pertumbuhan rata-rata nilai tambah adalah 5,1% per tahun. Untuk Skenario Dasar, nilai tambah pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah : Rp 0,81 triliun; Rp 0,93 triliun; Rp 1,06 triliun; Rp 1,22 triliun; dan Rp 1,40 triliun. Sedangkan untuk Skenario Optimis, nilai tambah pada

tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah : Rp 0,82 triliun; Rp 0,94 triliun; Rp 1,09 triliun; Rp 1,28 triliun; dan Rp 1,51 triliun.

#### 5.1.4. Pertumbuhan Kegiatan Sektor Transportasi

Pertumbuhan aktivitas Sektor Transportasi diasumsikan berkorelasi dengan pertumbuhan PDRB. Untuk memperkirakan pertumbuhan Sektor Transportasi digunakan elastisitas pertumbuhan aktivitas transportasi terhadap pertumbuhan PDRB yang diperoleh dari Proyeksi Energi Indonesia 2010 [2] sebagai berikut :

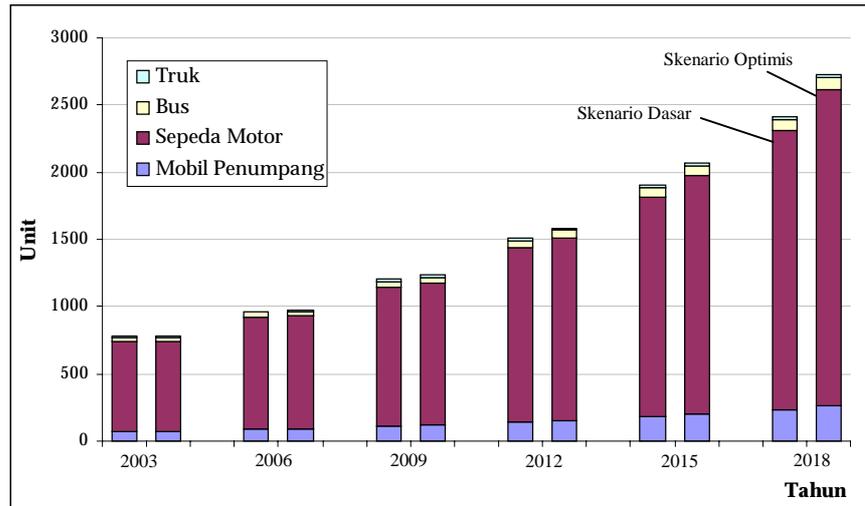
- Mobil Penumpang (unit) : 1,7
- Sepeda Motor (unit) : 1,7
- Bus (unit) : 1,4
- Truk (unit) : 1,4

Dengan menggunakan data hasil proyeksi pertumbuhan PDRB DIY dan elastisitas pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor terhadap pertumbuhan ekonomi, diperkirakan jumlah kendaraan yang ada di wilayah DIY selama periode 2004 – 2018 melalui persamaan berikut :

$$U_t = U_{t-1}(1 + (\varepsilon \times G_t)) \quad (5-2)$$

- dimana
- $U_t$  = Jumlah kendaraan pada tahun t,
  - $U_{t-1}$  = Jumlah kendaraan pada tahun t-1,
  - $\varepsilon$  = Elastisitas pertumbuhan kendaraan terhadap pertumbuhan ekonomi,
  - $G_t$  = Pertumbuhan PDRB tahun t

Pada tahun 2003 jumlah kendaraan bermotor mencapai 782 ribu unit terdiri atas 74 ribu unit merupakan kategori mobil penumpang, 666 ribu unit termasuk dalam kategori sepeda motor, 32 ribu unit bus dan 8 ribu unit truk. Sepeda motor merupakan alat transportasi yang paling digemari oleh masyarakat DIY karena harganya yang terjangkau dan praktis. Gambar 5.7. memperlihatkan hasil perbandingan proyeksi jumlah kendaraan antara Skenario Dasar dan Skenario Optimis.



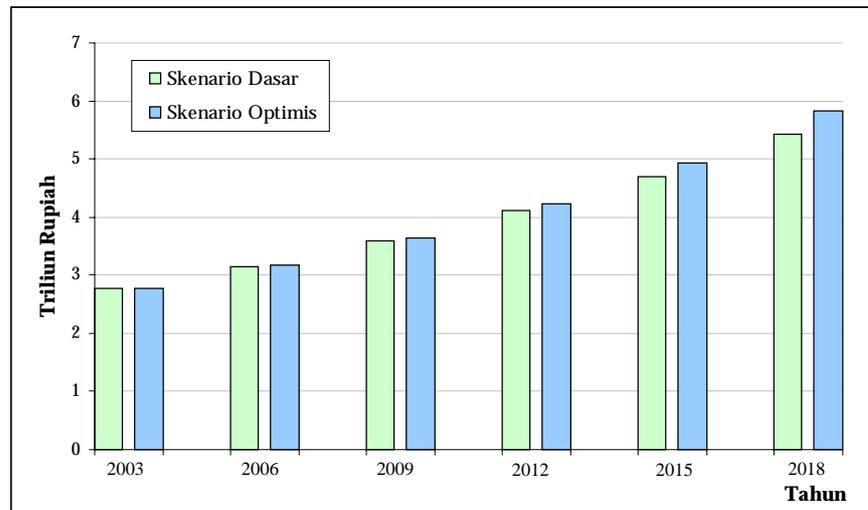
Gambar 5.7. Perbandingan Proyeksi Jumlah Kendaraan Bermotor DIY antara Skenario Dasar PDRB dengan Skenario Optimis PDRB periode 2003-2018

Tampak pada gambar bahwa selama periode proyeksi sepeda motor masih merupakan mode transportasi darat yang diminati oleh masyarakat DIY. Berdasarkan Skenario Dasar maka pertumbuhan rata-rata jumlah kendaraan bermotor adalah sebesar 7,8% per tahun. Sedangkan pada Skenario Optimis, pertumbuhan rata-rata jumlah kendaraan bermotor adalah 8,7% per tahun. Untuk Skenario Dasar, jumlah kendaraan bermotor pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah : 967 ribu unit; 1.202 ribu unit; 1.505 ribu unit; 1.901 ribu unit; dan 2.415 ribu unit. Sedangkan untuk Skenario Optimis, jumlah kendaraan bermotor pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah : 977 ribu unit; 1.232 ribu unit; 1.581 ribu unit; 2.064 ribu unit; dan 2.728 ribu unit. Secara keseluruhan, untuk Skenario Dasar jumlah kendaraan bertambah sebanyak 3 kali pada akhir tahun 2018. Sedangkan untuk Skenario Optimis, bertambah sebanyak 3,4 kali pada akhir tahun 2018.

### 5.1.5. Struktur dan Pertumbuhan Sektor Komersial

Sektor Komersial terdiri atas 7 (tujuh) kelompok usaha, yaitu Penginapan, Komunikasi, Rumah Makan, Perdagangan, Jasa Keuangan, Jasa Hiburan dan Jasa Sosial. Aktivitas pemakaian energi Sektor Komersial dicerminkan oleh nilai tambahnya. Pertumbuhan nilai tambah Sektor Komersial dianggap sama dengan pertumbuhan PDRB. Pada tahun 2003 nilai tambah ekonomi yang dihasilkan sektor ini mencapai Rp 2,78 triliun. Gambar 5.8. memperlihatkan perbandingan

proyeksi nilai tambah Sektor Komersial Skenario Dasar dan Skenario Optimis di DIY.



Gambar 5.8. Proyeksi PDRB Sektor Komersial DIY periode 2003 – 2018

Berdasarkan Skenario Dasar maka pertumbuhan rata-rata nilai tambah Sektor Industri selama periode proyeksi adalah sebesar 4,6% per tahun. Sedangkan pada Skenario Optimis, pertumbuhan rata-rata nilai tambah adalah 5,1% per tahun. Untuk Skenario Dasar, nilai tambah pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah : Rp 3,15 triliun; Rp 3,59 triliun; Rp 4,10 triliun; Rp 4,71 triliun; dan Rp 5,43 triliun. Sedangkan untuk Skenario Optimis, nilai tambah pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah : Rp 3,17 triliun; Rp 3,64 triliun; Rp 4,22 triliun; Rp 4,94 triliun; dan Rp 5,83 triliun.

#### 5.1.6. Pemakaian Energi Sektor Rumah Tangga

Pemakaian energi di Sektor Rumah Tangga selain listrik adalah rata-rata pemakaian terhadap pendapatan per kapita, sedangkan untuk listrik hanya untuk penduduk yang mendapat sambungan listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PT.PLN Persero). Selain listrik, jenis energi yang diproyeksikan permintaannya adalah LPG dan minyak tanah. Pada tahun 2003 konsumsi energi Sektor Rumah Tangga adalah minyak tanah 757 ribu SBM, LPG 309 ribu SBM dan listrik 403 ribu SBM. Karena ketiadaan data mengenai pemakaian energi biomasa seperti kayu dan arang kayu, maka dalam kajian ini kedua jenis energi terbarukan tersebut tidak dibahas.

### **5.1.7. Pemakaian Energi Sektor Industri dan Sektor Komersial**

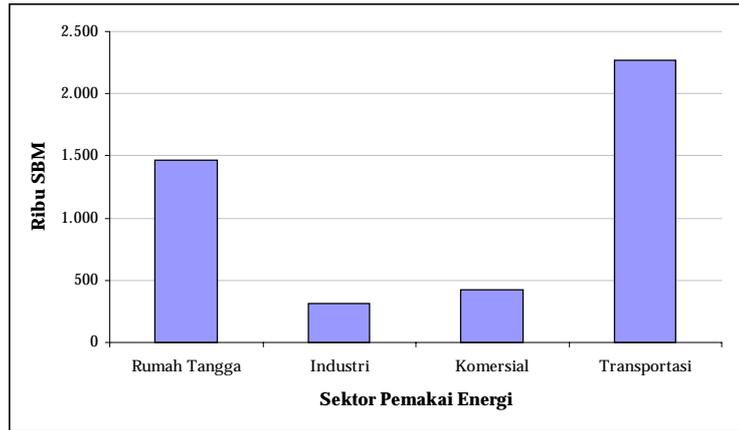
Yang dimaksud dengan energi yang dipakai di Sektor Industri dan Sektor Komersial adalah semua jenis energi yang dibeli oleh kedua sektor tersebut. Jenis energi yang dikonsumsi Sektor Komersial antara lain listrik, minyak tanah dan LPG. Energi yang dikonsumsi Sektor Industri antara lain listrik, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel dan minyak bakar. Khusus untuk listrik adalah listrik yang dibeli dari pihak lain dalam hal ini dari PT.PLN Persero, bukan listrik yang dibangkitkan sendiri. Untuk listrik yang dibangkitkan sendiri yang dihitung adalah pemakaian bahan bakarnya. Pada tahun 2003 konsumsi energi Sektor Komersial adalah minyak tanah 166 ribu SBM, LPG 67 ribu SBM dan listrik 123 ribu SBM. Sedangkan konsumsi energi Sektor Industri pada tahun 2003 adalah minyak tanah 0,4 ribu SBM, minyak solar 175 ribu SBM, minyak diesel 3 ribu SBM, minyak bakar 36 ribu SBM dan listrik 97 ribu SBM.

### **5.1.8. Pemakaian Energi Sektor Transportasi**

Jenis energi yang diproyeksikan permintaannya untuk Sektor Transportasi adalah premium dan minyak solar. Premium diasumsikan digunakan hanya pada mobil penumpang dan sepeda motor. Sedangkan minyak solar diasumsikan hanya digunakan pada bus dan truk. Pada tahun 2003 konsumsi energi Sektor Transportasi adalah premium 1.625 ribu SBM dan minyak solar 643 ribu SBM.

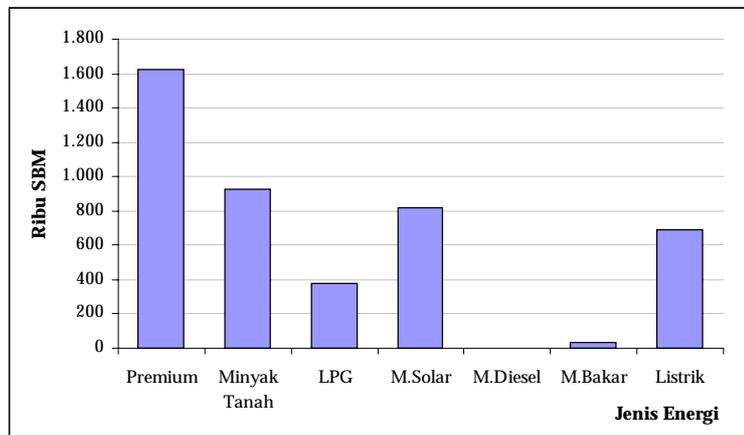
## **5.2. Proyeksi Permintaan Energi**

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, sektor pemakai energi di wilayah DIY dibagi menjadi 4 (empat) sektor, yaitu : Sektor Rumah Tangga, Sektor Komersial, Sektor Industri dan Sektor Transportasi. Gambar 5.9. memperlihatkan data konsumsi energi per sektor pemakai di DIY pada tahun 2003. Pada tahun 2003 total konsumsi energi DIY mencapai 4.478 ribu SBM, dengan Sektor Transportasi sebagai konsumen terbesar (2.269 ribu SBM atau 50% dari total konsumsi energi DIY) diikuti berturut-turut oleh Sektor Rumah Tangga (1.470 ribu SBM atau 32,8%), Sektor Komersial (427 ribu SBM atau 9,5%) dan terakhir Sektor Industri (313 ribu SBM atau 7%).



Gambar 5.9. Data Konsumsi Energi per Sektor Pemakai di DIY Tahun 2003

Komponen utama penyebab tingginya konsumsi energi Sektor Transportasi adalah pada pemakaian sepeda motor dan mobil penumpang. Pada Sektor Rumah Tangga, pemakaian minyak tanah untuk memasak masih mendominasi pemakaian energi. Pemakaian solar sebagai bahan bakar mesin-mesin produksi pada sub sektor industri Tekstil dan Kerajinan Kulit menyebabkan sub sektor ini mengkonsumsi energi paling banyak jika dibandingkan dengan sub sektor-sub sektor lain pada Sektor Industri. Minyak tanah merupakan bahan bakar yang paling banyak dikonsumsi Sektor Komersial pada tahun 2003.



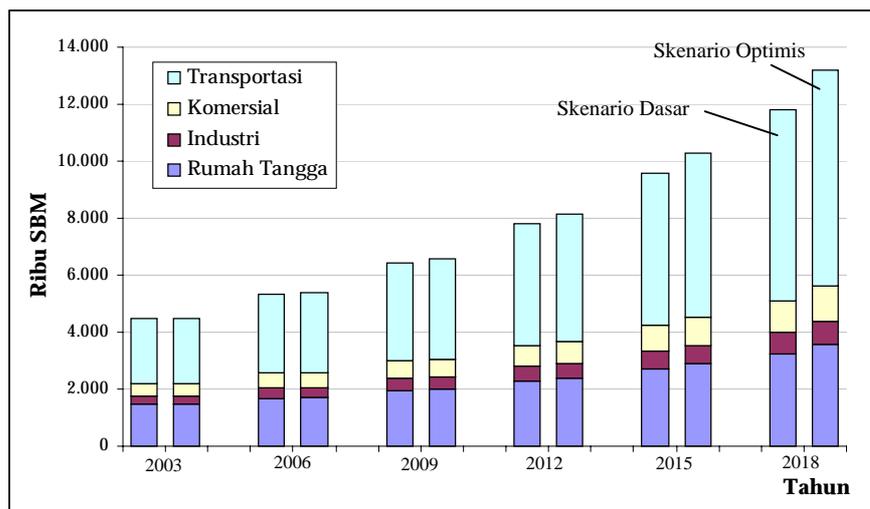
Gambar 5.10. Data Konsumsi Energi per Jenis Energi di DIY Tahun 2003

Gambar 5.10. memperlihatkan data konsumsi energi per jenis energi yang digunakan di DIY pada tahun 2003. Tampak pada gambar bahwa premium yang paling banyak dikonsumsi (1.625 ribu SBM atau 36,3%) diikuti oleh minyak tanah (924 ribu SBM atau 20,6%) kemudian berturut-turut minyak solar (819 ribu SBM atau 18,3%), dan listrik (693 ribu SBM atau 15,5%). Sedangkan minyak diesel

dan minyak bakar hanya sedikit digunakan, jika digabungkan, komposisi keduanya terhadap total konsumsi energi tidak lebih dari 1%.

Dalam penelitian ini proyeksi permintaan energi dihitung berdasarkan besarnya aktivitas pemakaian energi dan besarnya pemakaian energi per aktivitas atau intensitas energi (persamaan 3-6). Pertumbuhan aktivitas energi setiap sektor adalah seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 5.1, sedangkan intensitas energi dianggap tetap selama periode proyeksi. Parameter intensitas energi diturunkan dari data konsumsi energi pada tahun 2003 (lihat Tabel F.3 pada Lampiran).

Hasil proyeksi menunjukkan bahwa permintaan energi DIY periode 2004-2018 rata-rata meningkat sebesar 6,67% per tahun untuk Skenario Dasar dan 7,48% untuk Skenario Optimis. Gambar 5.11. memperlihatkan hasil proyeksi dan perbandingan permintaan energi per sektor pemakai antara Skenario Dasar dan Skenario Optimis di DIY periode 2003-2018.



Gambar 5.11. Proyeksi Permintaan Energi per Sektor Pemakai DIY periode 2003-2018

Untuk Skenario Dasar, permintaan energi pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah : 5.347 ribu SBM; 6.426 ribu SBM; 7.798 ribu SBM; 9.554 ribu SBM; dan 11.801 ribu SBM. Sedangkan untuk Skenario Optimis, permintaan energi pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah : 5.392 ribu SBM; 6.570 ribu SBM; 8.152 ribu SBM; 10.300 ribu SBM; dan 13.207 ribu SBM.

Jika ditinjau dari komposisinya, pada Skenario Dasar, persentase permintaan energi Sektor Rumah Tangga (32,8% pada 2003 menjadi 27% pada

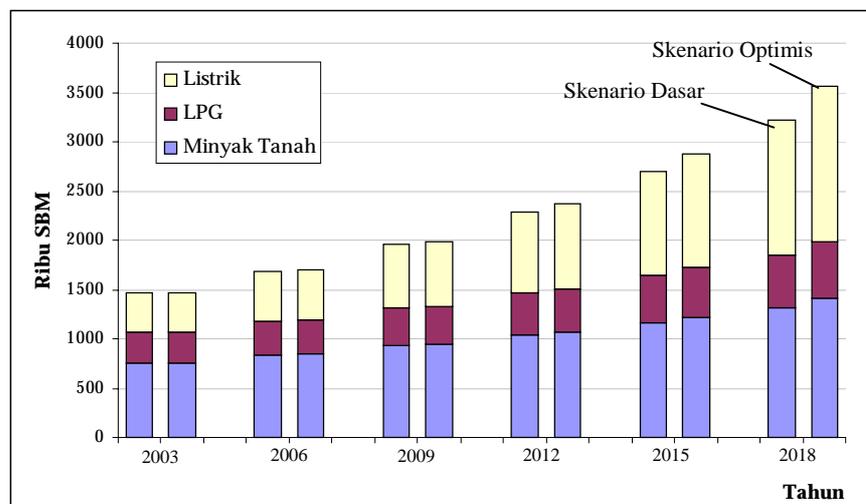
2018), Industri (7% pada 2003 menjadi 6,2% pada 2018) dan Komersial (9,5% pada 2003 9,4% pada 2018) mengalami penurunan, sedangkan persentase permintaan energi Sektor Transportasi terus meningkat dari 50,6% pada tahun 2003 menjadi 56,8% pada tahun 2018. Perubahan persentase permintaan energi juga terjadi dengan kecenderungan yang sama pada Skenario Optimis. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagai kota Budaya dan Pendidikan, Sektor Industri tidak berkembang di DIY sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan energi untuk kegiatan produksi mengalami penurunan. Sebaliknya, naiknya permintaan energi untuk transportasi mengindikasikan meningkatnya jumlah alat transportasi terutama sepeda motor dan mobil penumpang atau dapat dikatakan bahwa sebagian besar permintaan energi di DIY adalah untuk kegiatan konsumsi.

### 5.2.1 Permintaan Energi per Sektor Pemakai Energi

Berikut akan dibahas hasil proyeksi permintaan energi untuk tiap sektor meliputi Sektor Rumah Tangga, Sektor Industri, Sektor Komersial dan Sektor Transportasi.

#### a. Sektor Rumah Tangga

Jenis energi yang diproyeksikan permintaannya untuk Sektor Rumah Tangga adalah minyak tanah, LPG dan listrik. Pada tahun 2003 konsumsi energi Sektor Rumah Tangga adalah minyak tanah 757 ribu SBM, LPG 309 ribu SBM dan listrik 403 ribu SBM. Gambar 5.12. menunjukkan besarnya permintaan energi Sektor Rumah Tangga DIY periode 2003 - 2018.



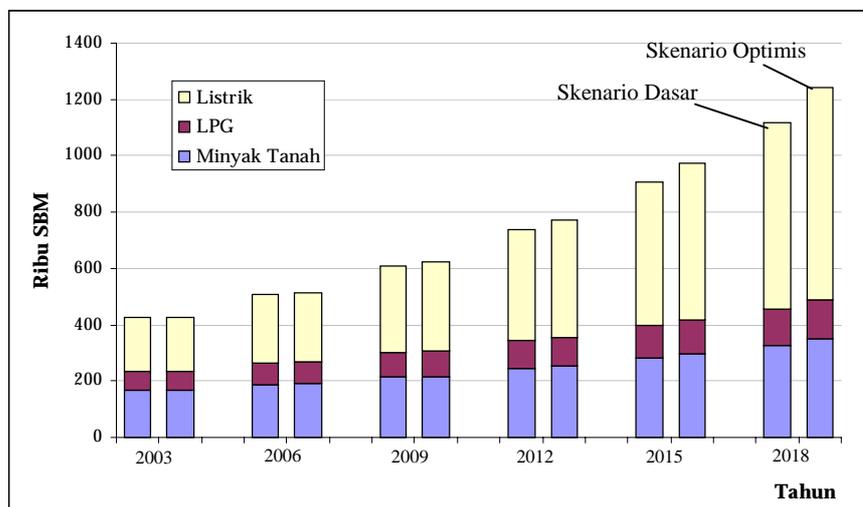
Gambar 5.12. Proyeksi Permintaan Energi Sektor Rumah Tangga di DIY

Hasil proyeksi menunjukkan bahwa pertumbuhan rata-rata permintaan energi Skenario Dasar adalah 5,38% per tahun, sedangkan pada Skenario Optimis permintaan energi tumbuh rata-rata 6,07% per tahun. Tampak pada gambar bahwa permintaan listrik tumbuh dengan laju yang lebih besar dibandingkan permintaan LPG dan minyak tanah. Pada Sektor ini, sebagian besar minyak tanah dan LPG digunakan untuk keperluan memasak, energi listrik digunakan untuk kegiatan penerangan, informasi dan hiburan. Pada Skenario Dasar permintaan minyak tanah tumbuh rata-rata 3,7% per tahun; permintaan LPG juga tumbuh 3,7% per tahun; sedangkan permintaan energi listrik tumbuh rata-rata 8,5% per tahun. Untuk Skenario Dasar, permintaan energi pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah : 1.688 ribu SBM; 1.953 ribu SBM; 2.284 ribu SBM; 2.700 ribu SBM; dan 3.225 ribu SBM. Sedangkan untuk Skenario Optimis, permintaan energi pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah : 1.701 ribu SBM; 1.991 ribu SBM; 2.373 ribu SBM; 2.882 ribu SBM; dan 3.558 ribu SBM. Persentase permintaan minyak tanah terhadap permintaan energi total Sektor Rumah Tangga pada Skenario Dasar mengalami penurunan dari 51,5% pada tahun 2003 menjadi 40,6% pada akhir tahun 2018. Persentase permintaan LPG juga mengalami penurunan dari 21% pada tahun 2003 menjadi 16,6% pada akhir tahun 2018, sedangkan persentase permintaan energi listrik naik dari 27,4% pada tahun 2003 menjadi 42,8% pada akhir tahun 2018. Permintaan energi listrik tumbuh seiring dengan meningkatnya pendapatan per kapita penduduk (lihat tabel pada Lampiran untuk proyeksi pendapatan per kapita).

Tampak juga pada Gambar 5.12, bahwa proporsi penggunaan LPG masih rendah jika dibandingkan dengan penggunaan minyak tanah, padahal seperti kita ketahui bersama bahwa cadangan minyak bumi Indonesia semakin menipis dan diperkirakan akan segera habis pada tahun 2012, sedangkan cadangan gas bumi masih mencukupi hingga tahun 2030an [2]. Maka untuk ke depannya konsumsi energi Sektor Rumah Tangga perlu diarahkan pada penggunaan LPG dari pada minyak tanah. Disamping itu pembakaran LPG lebih efisien dan ramah lingkungan jika dibandingkan pembakaran minyak tanah.

## b. Sektor Komersial

Jenis energi yang diproyeksikan permintaannya untuk Sektor Komersial adalah minyak tanah, LPG dan listrik. Pada tahun 2003 konsumsi energi Sektor Komersial adalah minyak tanah 166 ribu SBM, LPG 68 ribu SBM dan listrik 193 ribu SBM. Proyeksi permintaan energi dihitung berdasarkan proyeksi aktivitas energi (nilai tambah ekonomi) dan intensitas energi (SBM per nilai tambah) tahun 2003. Aktivitas pemakai energi Sektor Komersial diukur berdasarkan jumlah nilai tambah Sektor Perdagangan, Hotel dan Restoran; Sektor Komunikasi; Sektor Keuangan, Persewaan dan Jasa Perusahaan; dan Sektor Jasa-jasa. Gambar 5.13. memperlihatkan besarnya permintaan energi Sektor Komersial DIY periode 2003-2018.



Gambar 5.13. Proyeksi Permintaan Energi Sektor Komersial di DIY periode 2003 - 2018

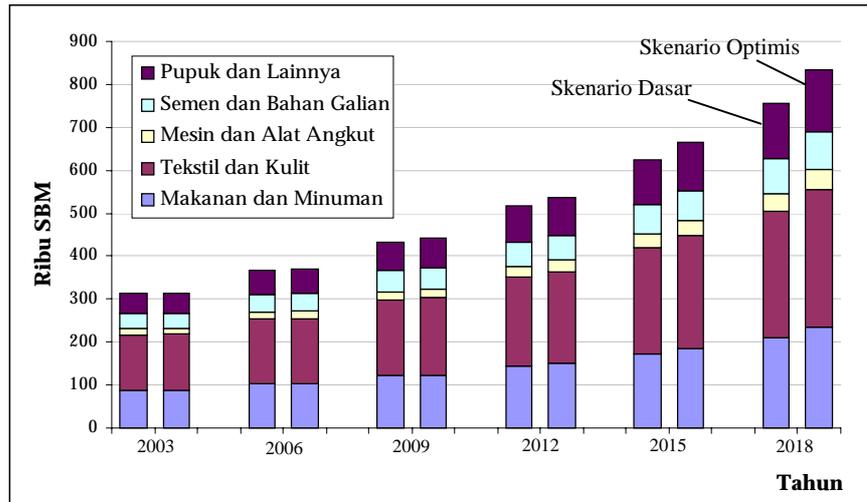
Hasil proyeksi menunjukkan bahwa pertumbuhan rata-rata permintaan energi Skenario Dasar adalah 6,62% per tahun, sedangkan pada Skenario Optimis permintaan energi tumbuh rata-rata 7,39% per tahun. Tampak pada gambar bahwa permintaan listrik tumbuh dengan laju yang lebih besar dibandingkan permintaan LPG dan minyak tanah, hal ini disebabkan karena semakin banyak dibangun pusat-pusat perbelanjaan, restoran dan hotel. Pada Skenario Dasar permintaan minyak tanah tumbuh rata-rata 4,6% per tahun; permintaan LPG juga tumbuh 4,6% per tahun; sedangkan permintaan energi listrik tumbuh rata-rata 8,5% per tahun. Untuk Skenario Dasar, permintaan energi pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah : 509 ribu SBM; 610 ribu SBM; 739 ribu

SBM; 905 ribu SBM; dan 1116 ribu SBM. Sedangkan untuk Skenario Optimis, permintaan energi pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah : 512 ribu SBM; 624 ribu SBM; 771 ribu SBM; 973 ribu SBM; dan 1244 ribu SBM. Persentase permintaan minyak tanah terhadap permintaan energi total Sektor Komersial pada Skenario Dasar mengalami penurunan dari 39% pada tahun 2003 menjadi 29% pada akhir tahun 2018. Persentase permintaan LPG juga mengalami penurunan dari 16% pada tahun 2003 menjadi 12% pada akhir tahun 2018, sedangkan persentase permintaan energi listrik naik dari 45% pada tahun 2003 menjadi 59% pada akhir tahun 2018. Permintaan energi listrik tumbuh seiring dengan meningkatnya aktivitas Sektor Komersial terutama sub sektor jasa-jasa.

Sama seperti pada Sektor Rumah Tangga, konsumsi energi Sektor Komersial juga perlu diarahkan pada penggunaan energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan, dalam hal ini LPG dan batubara bersih menjadi pilihan utama. Sebab selain lebih efisien dan ramah lingkungan, cadangan gas alam dan batubara di Indonesia cukup banyak jika dibandingkan cadangan minyak bumi.

### **c. Sektor Industri**

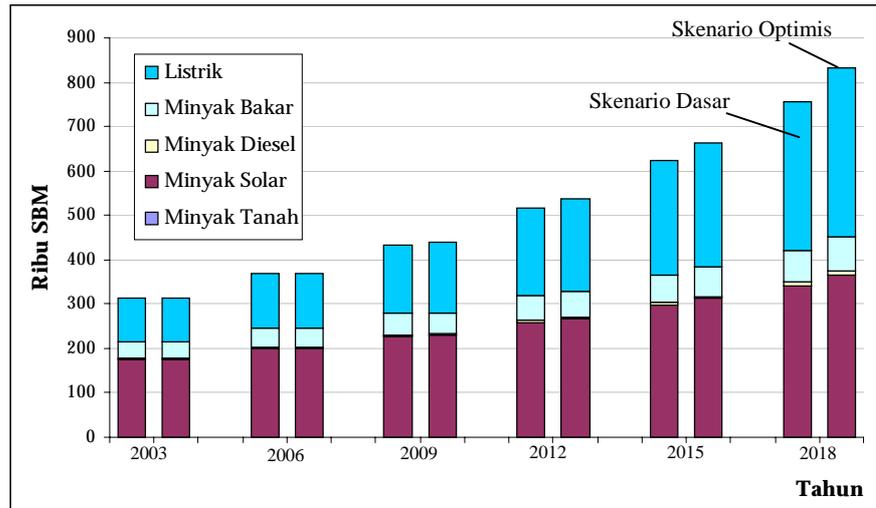
Jenis energi yang diproyeksikan permintaannya untuk Sektor Industri adalah minyak tanah, minyak diesel, minyak solar, minyak bakar dan listrik. Pada tahun 2003 konsumsi energi Sektor Industri adalah : minyak tanah 0,4 ribu SBM; minyak diesel 3,5 ribu SBM; minyak solar 175,1 ribu SBM; minyak bakar 36,7 ribu SBM; dan listrik 97,5 ribu SBM. Sektor Industri dibagi menjadi beberapa sub sektor menurut kelompok lapangan usaha. Berikut adalah pembagian sub sektor pada Sektor Industri dan konsumsinya pada tahun 2003 : Sub Sektor Makanan dan Minuman (87 ribu SBM); Sub Sektor Tekstil dan Kulit (131 ribu SBM); Sub Sektor Mesin dan Alat Angkut (13 ribu SBM); Sub Sektor Semen dan Bahan Galian (36 ribu SBM); dan Sub Sektor Pupuk dan Lainnya (47 ribu SBM). Proyeksi permintaan energi dihitung berdasarkan proyeksi aktivitas energi (nilai tambah ekonomi) dan intensitas energi (SBM per nilai tambah) tahun 2003. Gambar 5.14. menunjukkan besarnya permintaan energi Sektor Komersial dan perbandingan antara Skenario Dasar dan Skenario Optimis pada periode 2003 - 2018.



Gambar 5.14. Proyeksi Permintaan Energi Sektor Industri per Kelompok Lapangan Usaha di DIY periode 2004 – 2018

Hasil proyeksi menunjukkan bahwa pertumbuhan rata-rata permintaan energi Skenario Dasar adalah 6,04% per tahun (313 ribu SBM pada tahun 2003 menjadi 755 ribu SBM pada akhir tahun 2018), sedangkan pada Skenario Optimis permintaan energi tumbuh rata-rata 6,73% per tahun (313 ribu SBM pada tahun 2003 menjadi 834 ribu SBM pada akhir tahun 2018). Tampak pada gambar bahwa Sub Sektor Tekstil dan Kulit paling tinggi pangsa permintaannya dibanding sub sektor lain, walaupun persentase nilai tambah Sub Sektor Tekstil dan Kulit menempati urutan kedua (26% dari nilai tambah total Sektor Industri pada tahun 2003) setelah Sub Sektor Makanan dan Minuman (29% dari nilai tambah total Sektor Industri pada tahun 2003). Pertumbuhan rata-rata per tahun permintaan energi masing-masing sub sektor pada Skenario Dasar selama periode proyeksi adalah : Sub Sektor Makanan dan Minuman 6,1% (88 ribu SBM pada tahun 2003 menjadi 234 ribu SBM pada akhir tahun 2018); Sub Sektor Tekstil dan Kulit 5,5% (131 ribu SBM pada tahun 2003 menjadi 321 ribu SBM pada akhir tahun 2018); Sub Sektor Mesin dan Alat Angkut 7,9% (13 ribu SBM pada tahun 2003 menjadi 47 ribu SBM pada akhir tahun 2018); Sub Sektor Semen dan Bahan Galian 5,6% (35 ribu SBM pada tahun 2003 menjadi 88 ribu SBM pada akhir tahun 2018); dan Sub Sektor Pupuk dan Lainnya 7,0% (47 ribu SBM pada tahun 2003 menjadi 144 ribu SBM pada akhir tahun 2018).

Jika ditinjau dari sisi permintaan menurut jenis energi, listrik dan minyak solar merupakan jenis energi yang paling banyak digunakan (Gambar 5.15).



Gambar 5.15. Proyeksi Permintaan Energi Sektor Industri per Jenis Energi di DIY periode 2003-2018

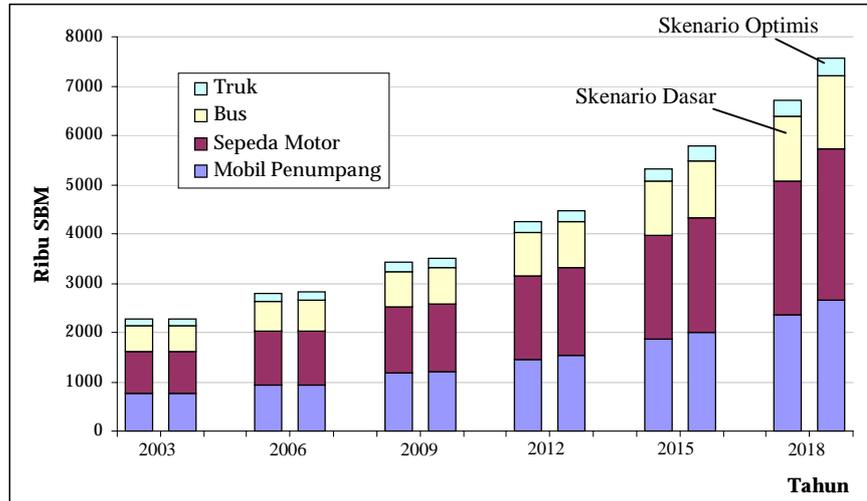
Persentase konsumsi energi listrik pada tahun 2003 mencapai 31,1% dari total konsumsi energi Sektor Industri, sedangkan persentase konsumsi minyak bakar dan minyak solar pada periode yang sama mencapai 11,7% dan 55,9%. Untuk Skenario Dasar, pada tahun 2018 komposisi ini berubah menjadi 44,2% listrik, 9,5% minyak bakar dan 45,3% minyak solar. Minyak tanah dan minyak diesel pangasanya sangat kecil yaitu sekitar 1,3% dari total permintaan energi Sektor Industri. Dari hasil proyeksi menggunakan Skenario Dasar diperoleh pertumbuhan rata-rata permintaan energi listrik 8,5% (97,5 ribu SBM pada tahun 2003 menjadi 334 ribu SBM pada akhir tahun 2018); minyak bakar 4,5% (36,7 ribu SBM pada tahun 2003 menjadi 71,5 ribu SBM pada akhir tahun 2018) dan minyak solar 4,5% (175 ribu SBM pada tahun 2003 menjadi 342 ribu SBM pada akhir tahun 2018).

Melihat tingginya permintaan minyak solar pada sektor industri (sekitar 45%), sedangkan cadangan sumber minyak bumi terbatas, maka konsumsi energi Sektor Industri perlu diarahkan pada pengembangan sumber energi alternatif seperti penggunaan LPG dan batubara bersih yang jumlah cadangannya masih cukup banyak.

#### d. Sektor Transportasi

Sektor Transportasi yang diteliti adalah transportasi darat. Indikator aktivitas transportasi adalah jumlah kendaraan dengan satuan unit. Mode angkutan

darat dibagi menurut alat transportasi yaitu mobil penumpang, sepeda motor, angkutan bus dan angkutan barang (truk). Dalam penelitian ini diasumsikan bahwa semua mobil penumpang mengkonsumsi premium sebagai bahan bakar, sedangkan semua angkutan bus dan angkutan truk diasumsikan mengkonsumsi minyak solar.



Gambar 5.16. Proyeksi Permintaan Energi Sektor Transportasi per Jenis Alat Transportasi di DIY periode 2003 – 2018

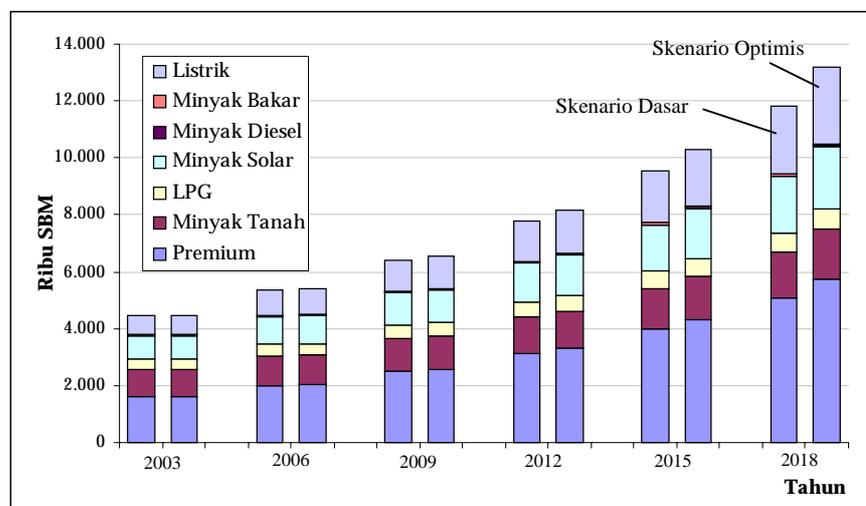
Pada tahun 2003 Sektor Transportasi mengkonsumsi energi sebanyak 2.268 ribu SBM, terdiri atas 755 ribu SBM mobil penumpang, 870 ribu SBM sepeda motor, 513 ribu SBM bus dan 130 ribu SBM truk. Gambar 5.16. memperlihatkan hasil proyeksi dan perbandingan permintaan energi Sektor Transportasi antara skenario pertumbuhan PDRB Dasar dan Optimis. Tampak pada gambar bahwa sepeda motor paling banyak mengkonsumsi energi diikuti mobil penumpang, bus dan truk. Dari hasil proyeksi menggunakan skenario pertumbuhan PDRB Dasar diperoleh bahwa pertumbuhan rata-rata permintaan energi mencapai 7,5% untuk Skenario Dasar dan 8,4% untuk Skenario Optimis. Untuk masing-masing alat transportasi, pertumbuhan rata-rata permintaan energi sepeda motor dan mobil penumpang adalah 7,8% per tahun, keduanya sama karena nilai elastisitasnya terhadap pertumbuhan ekonomi sama yaitu 1,7. Sedangkan pertumbuhan rata-rata permintaan energi bus dan truk adalah 6,4%.

Dari gambar di atas juga tampak bahwa sekitar 70% dari total konsumsi Sektor Transportasi digunakan untuk sepeda motor dan mobil penumpang, sedangkan bus yang merupakan alat transportasi masal hanya mengkonsumsi

sekitar 25%. Hal ini menggambarkan tidak efisiennya penggunaan energi Sektor Transportasi, untuk itu perlu dilakukan kajian mengenai sistem transportasi masal yang efisien, bersih dan aman, seperti membuat dan/atau menambah jalur khusus untuk bus seperti program busway di Jakarta atau dengan sistem monorail menggunakan tenaga listrik.

### 5.2.2 Permintaan Energi Final per Jenis Energi

Jenis energi yang diproyeksikan permintaannya adalah premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel, minyak bakar, LPG dan listrik. Batubara (briket batubara) dan biomasa (kayu bakar dan arang) tidak dibahas dalam penelitian ini karena keterbatasan data. Pada tahun 2003 konsumsi energi DIY per jenis adalah : premium 1.625 ribu SBM; minyak tanah 924 ribu SBM; minyak solar 819 ribu SBM; minyak diesel 3 ribu SBM; minyak bakar 37 ribu SBM; LPG 377 ribu SBM; dan listrik 693 ribu SBM. Gambar 5.17. berikut memperlihatkan hasil proyeksi dan perbandingan permintaan energi per jenis antara Skenario Dasar dan Skenario Diversifikasi.



Gambar 5.17. Proyeksi Permintaan Energi per Jenis Energi di DIY.

Tampak pada gambar bahwa premium hingga akhir tahun 2018 merupakan energi yang paling banyak digunakan, diikuti listrik, solar dan minyak tanah. Ditinjau dari komposisinya, persentase permintaan premium (36,3% pada tahun 2003 menjadi 42,9% pada akhir tahun 2018) dan listrik (15,5% pada tahun 2003 menjadi 20,1% pada akhir tahun 2018) terus meningkat selama periode proyeksi, sedangkan permintaan minyak tanah (20,6% pada tahun 2003 menjadi 13,9%

pada akhir tahun 2018), LPG (8,4% pada tahun 2003 menjadi 5,7% pada akhir tahun 2018), minyak solar (18,3% pada tahun 2003 menjadi 16,8% pada akhir tahun 2018), minyak diesel dan minyak bakar turun.

Peningkatan permintaan premium disebabkan oleh peningkatan jumlah kendaraan bermotor terutama jenis sepeda motor dan mobil penumpang, yang dalam penelitian ini digunakan asumsi bahwa penambahan jumlah sepeda motor dan mobil penumpang berkorelasi terhadap pertumbuhan ekonomi dengan rasio 1,7:1. Adapun peningkatan persentase penggunaan energi listrik disebabkan oleh peningkatan pendapatan per kapita penduduk yaitu pada Skenario Dasar, pendapatan per kapita rata-rata naik dari Rp 1,7 juta/jiwa menjadi Rp 2,9 juta/jiwa; pada Skenario Optimis, pendapatan per kapita rata-rata naik dari Rp 1,7 juta/jiwa menjadi Rp 3,1 juta/jiwa. Peningkatan pendapatan per kapita pada akhirnya mendorong penduduk untuk membeli alat-alat elektronika seperti televisi, radio, tape, lemari es, pendingin ruangan, komputer dan lain-lain.

Jika dikaitkan dengan kegiatan ekonomi, diperkirakan pada Skenario Dasar, pertumbuhan ekonomi rata-rata sebesar 4,56% per tahun selama periode proyeksi, pada saat yang sama pertumbuhan rata-rata permintaan energi adalah 6,67% per tahun, maka elastisitas permintaan energi terhadap ekonomi adalah 1,46. Pada Skenario Optimis diperkirakan pertumbuhan rata-rata ekonomi sebesar 5,07% per tahun, pada saat yang sama pertumbuhan rata-rata permintaan energi adalah 7,48% per tahun, maka elastisitas permintaan energi terhadap ekonomi adalah 1,47%. Nilai elastisitas yang berkisar antara 1,46-1,47 ini berarti bahwa untuk mencapai pertumbuhan ekonomi 1% diperlukan pertumbuhan konsumsi energi sebesar 1,45%. Nilai elastisitas yang cukup tinggi menunjukkan bahwa pemakaian energi di DIY boros ( elastisitas energi-PDRB Indonesia menurut Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral diperkirakan sebesar 1,1 selama periode 2002-2010, dibandingkan dengan elastisitas energi-PDRB negara-negara maju yang berada pada kisaran 0,55-0,65<sup>1</sup>).

---

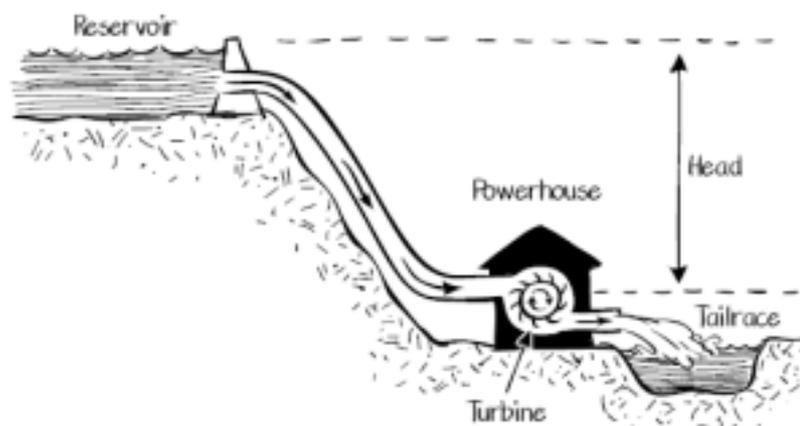
<sup>1</sup> Rahmah.A, "Permintaan Energi: Sudah Hematkah?" dalam Pelangi (ed) 2002.

### 5.3. Potensi Energi Terbarukan

Daerah Istimewa Yogyakarta diidentifikasi tidak memiliki sumber-sumber energi tak terbarukan seperti minyak bumi, batubara dan gas alam. Sehingga selama ini kebutuhan akan energi final yang berasal dari minyak bumi, batubara dan gas alam selalu dipasok dari daerah lain di Indonesia. Namun, disebabkan semakin menipisnya sumber cadangan energi tak terbarukan, Pemerintah dan badan-badan penelitian nasional maupun swasta serta kalangan akademisi mulai memfokuskan perhatian pada pemanfaatan energi yang berasal dari sumber-sumber energi terbarukan, seperti energi surya, angin, ombak, air dan biomasa. Hingga saat ini telah diketahui bahwa di wilayah DIY terdapat beberapa sumber energi terbarukan yang hingga saat ini belum dimanfaatkan secara optimal, diantaranya adalah sebagai berikut :

#### 5.3.1. Energi Air

Aliran air sungai merupakan sumber energi untuk memutar turbin generator listrik dalam suatu system Pembangkit Listrik Tenaga Air Sungai (PLTAS). Data yang dipertimbangkan untuk suatu PLTAS adalah debit (volume per satuan waktu,  $Q$ ) minimal aliran harian, lama aliran harian dan tinggi atau tebal aliran harian. Potensi daya aliran sungai dihitung berdasarkan debit ( $Q$ ) aliran air dan tinggi tekanan air (head,  $h$ ) [19]. Gambar 5.18. menunjukkan bagaimana potensi energi air dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin.



Gambar 5.18. Skema Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Jika debit aliran air ( $Q$ ) dalam satuan  $m^3/dt$ , tinggi tekanan air (head,  $h$ ) dalam satuan m (meter), gaya gravitasi bumi  $9,8 m^2/dt$  dan  $\eta$  adalah efisiensi turbin dan generator, maka daya ( $P$ , dalam kW) yang diperoleh adalah :

$$P = 9,8 \times \eta \times Q \times h \quad (5-2)$$

Pada saat ini telah diidentifikasi adanya potensi energi air yang terletak di Kabupaten Kulonprogo dan Kabupaten Sleman. Data potensi energi air dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel. 5.1. Potensi Sumber Daya Air [8]

No.	Potensi	Lokasi	Head (m)	Debit ( $m^3/detik$ )	Pra Energi Keluaran (kW)
<b>Kabupaten Kulonprogo</b>					
1.	Kedungrong-1	Saluran Kalibawang	6	3	90
2.	Kedungrong-2	Saluran Kalibawang	7	3	100
3.	Semawung	Semawung	10	4	200
4.	Waduk Sermo				400
<b>Kabupaten Sleman</b>					
5.	Sel. Van Der Wicjk-3	Desa Klagaran, Sedangrejo, Mingir	6	5,5	160
6.	Sel. Van Der Wicjk-4	Desa Kajoran, Banyuredjo, Sayegan,	8	0,5	20
7.	Sel. Van Der Wicjk-5	Desa Kedungprahu, Sendangrejo, Minggir	2,5	1	12
8.	Sel. Mataram-1	Desa Gasiran, Banyuredjo, Sayegan	6	0,25	7
9.	Sel. Mataram-2	Desa Bluran, Tirtonadi, Mlati	5	1	25
10.	Sel. Mataram-3	Desa Trini, Trihanggo, Gamping	2,5	1,5	18
11.	Sel. Mataram-4	Gemawang	17,5	0,75	64
12.	Sel. Mataram-8	Candisari Kalasan	7,5	1	36
<b>TOTAL DIY</b>					<b>1.132</b>

Di Kabupaten Kulonprogo potensi berasal dari pemanfaatan saluran irigasi Kalibawang yang mengalir sepanjang tahun dengan fluktuasi debit yang tidak begitu tinggi. Kendalanya, selama ini fasilitas irigasi tersebut tidak dalam perawatan yang baik sehingga potensi yang ada belum dapat dimanfaatkan. Sedangkan untuk Kabupaten Sleman, potensi sumber energi air berasal dari selokan Van der Wicjk dan Selokan Mataram. Informasi dari Bagian Proyek Waduk Sermo, Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Progo, Opak dan Oyo, bahwa fungsi waduk Sermo adalah untuk irigasi = 3.004 Ha, air baku =  $0,13 m^3/dt$ , pengendali banjir dan kekeringan (elevasi minimal = 113,70 m, disamping itu

fungsi Waduk Sermo direncanakan pula untuk pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan tebal aliran yang disediakan sebesar 0,488 m/dt, dengan luas genangan 1,57 m<sup>2</sup> dan debit aliran sekitar 76,62 m<sup>3</sup>/dt dan diperkirakan dapat membangkitkan listrik sebesar 400 kW. Adapun kendala dari pemanfaatan energi aliran sungai ini adalah debit aliran air yang tidak teratur sepanjang tahun dan letaknya tersebar.

### 5.3.2. Energi Surya

Energi surya memasuki atmosfer dengan kepadatan yang diperkirakan sebesar 1 sampai 1,4 kW/m<sup>2</sup> dengan arah tegak lurus terhadap poros sinar. Dari jumlah tersebut 30% dipantulkan kembali ke ruang angkasa, 19%, diserap oleh atmosfer, meliputi komponen-komponen yang terdapat di udara seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), debu dan awan. Selebihnya, sejumlah 47%, diserap oleh bumi. Energi yang diserap oleh bumi tersebut pada akhirnya akan dikembalikan ke atmosfer melalui berbagai proses seperti penguapan ( $\pm 33\%$ ), energi kinetik berupa ombak, arus laut dan angin ( $\pm 0,215\%$ ), dan berupa radiasi inframerah ( $\pm 14\%$ ). Sedangkan, sebagian kecil saja ( $\pm 0,023\%$ ) tetap digunakan di bumi untuk proses fotosintesis, keperluan manusia untuk metabolisme, maupun keperluan lain seperti pemanasan, mobilitas, dan mekanisasi.

Tabel 5.2. Ciri-Ciri Khas dari Tenaga Matahari [14]

Aspek	Nilai	Keterangan
Konstanta matahari	1.353 W/m <sup>2</sup>	Jatuh di atas atmosfer
Suhu radiasi efektif dari matahari	5.487°C	
Penyinaran maksimum dari poros sinar matahari pada permukaan air laut	1.000 W/m <sup>2</sup>	Masuk atmosfer bumi

Dapat dikatakan secara praktis bahwa intensitas energi surya yang diterima oleh atmosfer dari matahari adalah sekitar 1.353 Watt/m<sup>2</sup>, sedangkan yang dapat diterima oleh bumi menjadi sekitar 1 kW/m<sup>2</sup>. Artinya, kalau ada luasan sebesar 1 m<sup>2</sup> yang dikenai sinar matahari di bumi saat itu, maka potensi energi yang dimiliki adalah sekitar 1 kWatt. Potensi sebesar ini akan turun dengan drastis bila terdapat awan yang tebal. Jumlah energi yang diterima tersebut bergantung pada lamanya dan diukur dalam satuan kWh (kilo watt jam). Energi surya dapat dikonversi menjadi jenis energi lain dengan tiga cara yaitu eksitasi termal (kolektor surya

termal), efek Photovoltaik (PV) dan reaksi kimia (fotosintesa tumbuhan). Berikut akan dibahas tentang kolektor surya termal dan PV.

- **Photovoltaik**

Efek Photovoltaik adalah perubahan (konversi) sinar matahari menjadi listrik melalui suatu sel Photovoltaik (PV), umumnya disebut PV (solar cell). Sebuah PV merupakan peralatan nonmekanis biasanya dibuat dari bahan semikonduktor silikon. Sinar matahari terdiri dari foton, atau partikel energi matahari (*solar energy*). Foton-foton ini mengandung sejumlah energi yang bervariasi menurut panjang gelombang spektrum matahari. Saat foton menumbuk sel Photovoltaik, maka foton mungkin dipantulkan, menembus atau diserap. Hanya foton yang diseraplah yang menyediakan energi untuk membangkitkan listrik. Bila cahaya matahari (energi) yang diserap oleh material (semikonduktor) cukup maka elektron bergerak dari atom-atom material tersebut. Perlakuan khusus terhadap permukaan material selama pembuatan (*manufacturing*) memungkinkan permukaan depan sel lebih reseptif terhadap elektron bebas, sehingga elektron bergerak secara natural ke permukaan.

Bila elektron meninggalkan posisinya, tercipta lubang-lubang (*holes*) yang bermuatan positif. Kalau banyak elektron yang masing-masingnya bermuatan negatif, bergerak ke permukaan sel, ketidakseimbangan yang dihasilkan muatan di antara bagian depan permukaan sel dan belakang sel menimbulkan beda potensial seperti kutub negatif dan positif suatu baterai. Jika dua permukaan dihubungkan melalui beban eksternal maka listrik mengalir. Sel PV adalah bangunan dasar sistem PV. Sel-sel individu dapat berbeda ukurannya mulai kira-kira 1 cm sampai 10 cm. Namun demikian satu sel hanya menghasilkan 1 atau 2 watt, daya ini tidak cukup untuk hampir semua peralatan listrik. Untuk meningkatkan *output* daya, sel-sel secara listrik dihubungkan menjadi satu paket modul yang tahan cuaca. Modul selanjutnya dapat dihubungkan untuk membentuk suatu jajaran atau *array*. *Array* adalah istilah yang dimaksudkan untuk keseluruhan pembangkit, baik yang terdiri dari satu atau beberapa ribu modul. Semakin banyak modul yang disusun dalam *array* maka daya keluaran yang dihasilkan bertambah besar. Daya guna *array* PV tergantung pada sinar matahari. Kondisi iklim (contohnya, berawan, kabut) besar pengaruhnya pada jumlah energi matahari yang diterima oleh *array*

PV sehingga mempengaruhi pula unjuk kerjanya. Hingga saat ini sebagian besar material yang digunakan untuk membuat sel PV berasal dari Silikon Kristal Tunggal (*monocrystalline silicon*) dengan efisiensi 16% dalam mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik [19].

▪ **Kolektor Surya Termal (*Solar Thermal Collector*)**

Perbedaan kolektor termal dengan PV adalah pemanfaatan energi yang dibawa oleh sinar matahari tersebut, pada PV lebih diutamakan pada penangkapan fotonnya, sedangkan pada kolektor surya yang diutamakan adalah energi panasnya. Pada dasarnya kolektor panas dapat dibedakan menjadi tiga macam :

a. Kolektor pelat datar

Pada kolektor pelat datar energi panas matahari diserap dengan menggunakan penyerap (*absorber*), panas lalu di konveksikan ke media penyimpan panas (biasanya digunakan air yang sudah dimurnikan atau fluida lainnya yang mampu menyerap dan menyimpan panas lebih lama), panas yang disimpan pada media kerja tadi selanjutnya digunakan untuk proses aplikasi lebih lanjut seperti pemanas air, pendingin ruangan dan lain sebagainya.

b. Kolektor parabolik

Pada kolektor parabolik panas sinar matahari difokuskan pada satu titik, panas kemudian digunakan untuk memanaskan material yang memiliki konduktivitas termal tinggi seperti seng, dengan cara ini diharapkan panas yang terjadi dapat digunakan untuk aplikasi yang lebih besar seperti untuk menguapkan air (*boiler*) guna memutar turbin (teknologi ini belum dikembangkan di Indonesia), teknologi seperti ini sudah digunakan di Kuwait sebagai pembangkit tenaga listrik dan di Kanada sebagai pemurnian dan pemanasan air penduduk.

c. Kolektor Kolam

Selanjutnya adalah kolektor kolam, seperti sudah diketahui bersama bahwa sifat air yang bisa menyerap panas dan menyimpannya. Oleh karena itu, kita dapat memanfaatkan kolam yang ada di rumah-rumah menjadi sebuah kolektor panas, teknologi belum berkembang dengan baik, meskipun dasar cara kerjanya hampir sama dengan kolektor panas lainnya.

Berdasarkan data Ditjen LPE DESDM RI, potensi radiasi matahari rata-rata di Propinsi DIY adalah 4,5 kWh/m<sup>2</sup> dimana potensi radiasi maksimum dapat diperoleh antara jam 10.00–14.30 WIB hampir di seluruh wilayah DIY. Hingga saat ini terdapat dua macam teknologi pemanfaatan energi surya, yaitu Teknologi energi surya Photovoltaik yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik dan teknologi surya termal yang memanfaatkan energi panas matahari sebagai sumber energi untuk berbagai keperluan.

### 5.3.3. Energi Angin

Pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. Di daerah khatulistiwa yang panas udaranya mengembang dan menjadi ringan kemudian bergerak ke arah kutub yang udaranya lebih dingin. Energi yang terdapat pada angin adalah energi kinetik yang besarnya adalah :

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (5-3)$$

dimana  $E$  = Energi kinetik (joule)

$m$  = Massa udara (kg)

$v$  = Kecepatan angin (m/s)

Maka besarnya daya (energi per satuan waktu) yang terdapat pada suatu hembusan angin adalah :

$$P = \frac{1}{2}\eta\rho Av^3 \quad (5-4)$$

dimana  $P$  = Daya (watt)

$\rho$  = Kerapatan udara (kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = Luas area sapuan angin (m<sup>2</sup>)

$v$  = Kecepatan udara (m/s)

$\eta$  = efisiensi turbin angin dan generator

sehingga dapat disimpulkan bahwa daya yang dimiliki angin berbanding lurus dengan luas area sapuan ( $A$ ) dan kecepatan udara pangkat tiga ( $v^3$ ).

Untuk dapat mengkonversi energi angin menjadi energi listrik digunakan turbin angin. Hingga saat ini terdapat dua jenis turbin angin berdasarkan posisi sumbunya, yaitu turbin angin sumbu horisontal (*horizontal axis wind turbines*, HWAT) dan turbin angin sumbu vertikal (*vertical axis wind turbines*). Kelebihan turbin angin sumbu vertikal adalah dapat menerima angin dari segala arah. Kecepatan minimum agar suatu turbin angin dapat menghasilkan energi listrik adalah sebesar 3 m/s.

Dari beberapa macam energi terbarukan yang ada, wilayah Propinsi DIY mempunyai potensi energi angin karena posisi geografisnya yang berada di wilayah pantai selatan Pulau Jawa. Data lengkap mengenai arah dan kecepatan angin per bulan di DIY dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel. 5.3. Potensi Energi Angin [11]

No.	Bulan	Arah Angin rata-rata (derajat)	Kecepatan angin rata-rata (m/s)
1.	Januari	240	5,14
2.	Februari	240	4,63
3.	Maret	120	4,63
4.	April	120	4,63
5.	Mei	240	4,12
6.	Juni	240	4,63
7.	Juli	220	4,63
8.	Agustus	240	5,14
9.	September	240	5,14
10.	Oktober	240	5,14
11.	November	240	5,14
12.	Desember	240	5,14

Kecepatan angin rata-rata yang ada di wilayah DIY berkisar antara 4,12-5,14 m/s, secara praktis kecepatan tersebut sudah dapat dimanfaatkan untuk mengoperasikan turbin angin guna membangkitkan listrik.

#### 5.3.4. Energi Biomasa

Biomasa adalah bahan bakar nabati atau organik baik berasal dari manusia dan aktivitasnya, hewan maupun tumbuhan. Teknologi Bioenergi memungkinkan biomasa dimanfaatkan untuk membangkitkan tenaga listrik dengan berbagai kapasitas. Teknologi bioenergi adalah teknologi yang menggunakan sumber daya biomasa terbarukan untuk menghasilkan sejumlah produk energi terkait, antara lain listrik, bahan bakar cair, padat dan gas, panas, material kimia dan sebagainya. Sumber-sumber energi Biomasa antara lain :

- Sisa-sisa tanaman pertanian
- Sisa-sisa hasil hutan
- Sampah-sampah perkotaan
- Kotoran hewan ternak
- Sumber lain yang diperuntukkan jelas untuk penghasil energi

Proses konversi biomasa menjadi energi lain dapat berupa :

- Pembakaran langsung untuk memperoleh secara langsung panas pembakaran.
- Pembakaran setelah proses fisik dan kimia pada material biomasa untuk menaikkan nilai kalornya. Contoh RDF (*refused derived fuel*).
- Termokimia, termasuk dalam kategori ini adalah proses pirolisa, gasifikasi dan likuifikasi.
- Proses biologi, termasuk dalam kategori ini adalah pembusukan anaerobik dan fermentasi.

Data yang dapat diperoleh mengenai kondisi potensi energi biomasa di wilayah DIY adalah :

**a. Sampah Kota**

Berdasarkan data pengelolaan sampah di DIY tahun 2002 diperoleh tingkat produksi sampah sebesar 5.703 m<sup>3</sup>/hari. Hampir 35%-nya dapat diangkut ke beberapa Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di DIY. Salah satu TPA terbesar adalah TPA Piyungan yang berada di Kabupaten Bantul dengan luas 12 hektar dan mampu menampung 2,7 juta meter kubik sampah. Data potensi sampah perkotaan berdasarkan lokasi kabupaten dan kota di DIY pada tahun pengelolaan 2002 adalah sebagai berikut.

Tabel 5.4. Potensi Sampah Perkotaan DIY [11]

No.	Kabupaten/Kota	Produksi Sampah (m <sup>3</sup> /hari)	Sampah terangkut (m <sup>3</sup> /hari)	Pelayanan
1	Kota Yogyakarta	1.724	1.321	77%
2	Kab. Sleman	1.268	285	22%
3	Kab. Bantul	1.145	178	16%
4	Kab. Kulonprogo	585	78	13%
5	Kab. Gunungkidul	981	158	16%
DI Yogyakarta		5.703	2.020	35%

Hingga saat ini telah berkembang beberapa teknologi untuk memanfaatkan sampah kota menjadi sumber energi alternatif, diantaranya adalah dengan menggunakan tungku pembakaran sampah (*waste incinerator*) atau dengan pemrosesan sampah (*refused derived fuel*, RDF). Pemanfaatan sampah sebagai sumber energi dengan memakai *incinerator* memiliki beberapa kendala, antara lain, penyimpanan sampah sebagai bahan bakar tidak dapat tahan lama, kualitas

sampah yang berubah-ubah bergantung pada cuaca/musim membuat nilai kalor sampah berubah-ubah dan gas atau abu dari pembakaran sampah yang memberikan dampak tak ramah terhadap lingkungan. Untuk itu sampah diproses dahulu menjadi RDF dengan cara penghancuran dan pemilahan sampah, kemudian sampah yang telah hancur dipisahkan dengan menggunakan gaya magnet dan gravitasi setelah itu sampah dicampur dengan CaO untuk membunuh mikroorganisme pembusuk, terakhir sampah dikeringkan hingga kandungan air tersisa 5-10% [20]. Adapun karakteristik RDF adalah sebagai berikut : berat RDF ½kali berat sampah; kadar air berkurang hingga tinggal 5-10% dari sebelumnya (50-60%); nilai kalor bertambah 2-3 kali yaitu sebesar 3000-4000 kcal/kg; lebih stabil, homogen dan tahan lama (terhadap lingkungan); pembakaran lebih efisien sehingga mengurangi efek pencemaran udara. Gambar A.1. pada halaman lampiran memperlihatkan proses pembuatan RDF.

#### **b. Limbah Ternak Sapi**

Kotoran sapi, kerbau dan kambing banyak mengandung selulose. Selain mengandung banyak selulose, kotoran sapi dan kerbau berbentuk bubur sehingga sangat baik sebagai bahan baku biogas. Kandungan protein, lemak dan karbohidrat dalam kotoran ternak merupakan salah satu faktor penentu produksi biogas. Adapun kondisi proses pembentukan biogas dari kotoran sapi dipengaruhi beberapa faktor, antara lain : Suhu, pada kondisi anaerob, bakteri acetan dan bakteri metana akan menguraikan bahan organik menjadi biogas, bakteri akan berkembang biak dengan cepat antara 36,7 – 54,4 °C; pH, bakteri pembentuk metana akan giat bekerja pada kisaran pH 6,8 – 8; konsentrasi padatan dalam air sekitar 3-10%; waktu tinggal/ reaksi antara 10 hingga 30 hari [8]. Gambar A.2. pada halaman lampiran memperlihatkan proses pembuatan biogas dari kotoran sapi.

Secara praktis setiap ekor sapi bisa menghasilkan sekitar 600 liter biogas per hari dengan kandungan energi kira-kira sebesar 22,5 MJ per liter gas [8]. Tabel 5.5. memperlihatkan jumlah ternak sapi dan potensi biogas yang mungkin diperoleh dari kotorannya.

Tabel 5.5. Potensi Limbah Terbak Sapi di DIY [11]

No.	Kabupaten/Kota	Total Penghasil Biomasa (ekor sapi)	Potensi Produksi Biogas
1	Kabupaten Sleman (5 lokasi potensial)	6.120	83 GJ
2	Kota Yogyakarta (5 lokasi potensial)	139	2 GJ
3	Kabupaten Bantul (5 lokasi potensial)	18.308	247 GJ
4	Kabupaten Kulonprogo (5 lokasi potensial)	22.974	310 GJ
5	Kabupaten Gunungkidul (18 lokasi potensial)	102.878	1.389 GJ
T O T A L		250.419	2.031 GJ

Tampak pada tabel bahwa Kabupaten Gunungkidul memiliki potensi biogas dari kotoran sapi yang cukup besar, yaitu sebesar 1.031 GJ atau setara dengan 0,65 GWh. Kendala dalam pemanfaatan kotoran sapi ini adalah letak antara peternak satu dengan yang lainnya tersebar sehingga mempersulit pengumpulan kotoran ternak.

### 5.3.5. Energi Gelombang

Gelombang laut merupakan salah satu bentuk energi yang bisa dimanfaatkan dengan mengetahui tinggi gelombang, panjang gelombang dan periode waktunya. Secara ideal, daya per satuan panjang (kilowatt per meter) yang terkandung dalam sebuah gelombang laut sebanding dengan kuadrat tinggi gelombangnya ( $H$  dalam  $m^2$ ) dan periode ( $T$  dalam detik), dalam bentuk persamaan matematis :

$$P = \eta \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\pi} \quad (5-5)$$

dimana  $P$  = Daya (kilowatt per meter)  
 $\rho$  = Berat jenis air laut ( $kg/m^3$ )  
 $H$  = Tinggi gelombang laut (m)  
 $T$  = Periode (detik)  
 $\eta$  = Efisiensi turbin dan generator

Pada tahun 1996 hingga 1997 telah dilakukan pengambilan data potensi energi gelombang oleh Badan Penelitian dan Penerapan Teknologi (BPPT) bekerjasama dengan perusahaan energi dari Norwegia di wilayah Pantai Baron,

DIY. Dari hasil penelitian, disepakati oleh kedua belah pihak untuk membangun pembangkit listrik tenaga gelombang menggunakan teknologi TAPCHAN (*tapering channel*) dengan kapasitas turbin sebesar 1,1 MW<sup>[12]</sup>. Berdasarkan kontrak yang telah disepakati, pembangkit listrik tenaga gelombang akan telah beroperasi sejak awal tahun 1999, namun disebabkan terjadinya krisis ekonomi, proyek ini ditunda sampai waktu yang tidak ditentukan. Adapun data potensi energi gelombang yang berhasil dihimpun adalah seperti pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Intensitas Energi Gelombang di Pantai Baron, DIY [12]

Bulan	Rata-rata Tinggi Gelombang Bulanan (m)	Periode antar Puncak Gelombang (detik)	Intensitas Energi Gelombang (kW/m)
Agustus, 1996	1,8	14,2	15,3
September	1,7	13,6	14,3
Oktober	1,6	12,9	11,5
November	1,5	13,2	9,8
Desember	1,5	12,2	9,5
Januari, 1997	1,5	11,9	10,1
Februari	1,8	11,9	14,9
Maret	1,5	12,8	10,1
April	1,3	13,4	9,5
Mei	1,8	15,1	19,2
Juni	2,1	14,7	24,2
Juli	2,0	14,4	21,6
<b>Rata-rata</b>	<b>1,6</b>	<b>13,2</b>	<b>13,6</b>

#### 5.4. Penyediaan Energi

Terdapat dua skenario yang digunakan dalam melihat kemungkinan penyediaan energi di wilayah DIY yaitu Skenario Dasar dan Skenario Diversifikasi. Pada Skenario Dasar, kondisi penyediaan energi selama periode proyeksi dianggap tidak berubah terhadap kondisi pada tahun dasar, artinya seluruh permintaan energi dapat selalu terpenuhi tanpa ada perubahan penawaran pada sisi penyediaan. Sedangkan pada Skenario Diversifikasi, untuk penyediaan bahan bakar minyak (BBM), diasumsikan pada tahun 2010 pasokan premium digantikan oleh bioetanol dan minyak solar diganti dengan biodiesel. Premium dan minyak solar dipilih dalam skenario penyediaan karena berdasarkan proyeksi permintaan energi, keduanya merupakan bahan bakar yang pangsa mencapai 50% lebih (premium 43%; minyak solar 16,8%) terhadap total permintaan energi di DIY. Sedangkan bioetanol dan biodiesel digunakan sebagai substitusi karena

berasal dari sumber energi terbarukan yaitu, bioetanol berasal dari pengolahan tanaman tebu dan singkong sedangkan biodiesel berasal dari pengolahan minyak mentah sawit dan biji jarak, selain itu bioetanol dan biodiesel dapat langsung dicampur dengan premium dan diesel pada berbagai komposisi tanpa perlu mengubah mesin. Tabel berikut menunjukkan parameter skenario penyediaan energi.

Tabel 5.7. Parameter Skenario Penyediaan Energi Wilayah DIY periode 2004-2018.

Skenario	Penyediaan BBM dan Gas	Penyediaan Listrik
Dasar	Jenis bahan bakar yang dipasok dari Pertamina sama dengan pada tahun dasar yaitu Premium, Minyak Tanah, Solar, Diesel, Minyak Bakar dan LPG.	Semua listrik yang disediakan oleh PLN dipasok dari jaringan interkoneksi Jawa-Madura-Bali.
Diversifikasi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pada tahun 2010 premium digantikan oleh Gasohol (campuran premium dan etanol).</li> <li>2. Pada tahun 2010 minyak solar untuk sektor transportasi diganti dengan biodiesel.</li> </ol>	Semua listrik yang disediakan oleh PLN dipasok dari jaringan interkoneksi Jawa-Madura-Bali.

Penyediaan energi listrik tidak mengalami perubahan seperti pada penyediaan bahan bakar minyak. Hal ini disebabkan karena pasokan listrik berasal dari jaringan interkoneksi Jawa-Madura-Bali. Apabila di wilayah DIY di bangun pembangkit listrik yang kapasitasnya lebih dari 1 MW maka daya tersebut wajib disalurkan ke jaringan PLN untuk didistribusikan merata ke seluruh wilayah Jawa-Madura-Bali. Sehingga dalam penyediaan energi listrik hanya ditinjau kemungkinan-kemungkinan pemanfaatan potensi sumber energi terbarukan sebagai pembangkit listrik skala kecil.

#### 5.4.1 Penyediaan Bahan Bakar Minyak dan Gas

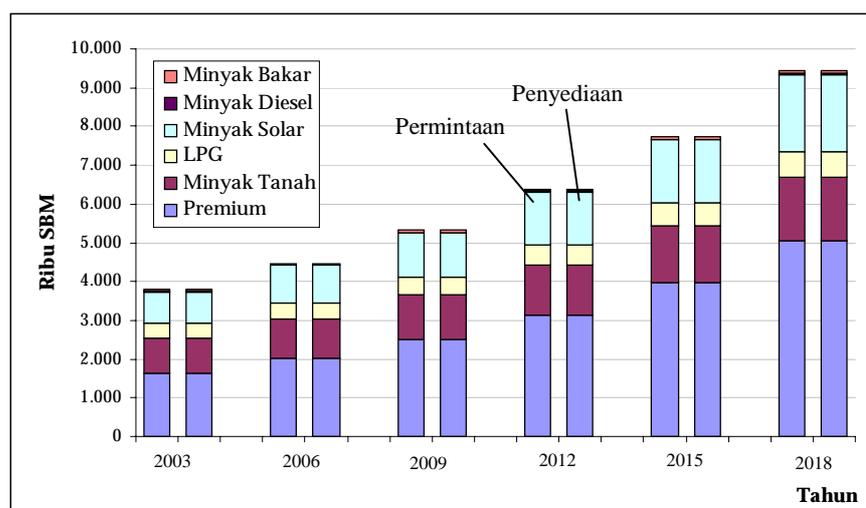
Jalur distribusi Bahan Bakar Minyak (BBM) dan gas di wilayah DIY dipasok langsung dari unit pengolahan BBM di Cilacap dengan menggunakan jalur pipa menuju Depo Pemasaran Rewulu. BBM yang dipasok berupa bensin, solar, minyak tanah, oli dan gas. Dari Depo Rewulu bensin dan solar langsung didistribusikan ke Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum/Khusus (SPBU/K) atau

agen minyak di wilayah DIY. Kemudian dari SPBU/K dan agen minyak, BBM didistribusikan ke konsumen. Khusus untuk minyak tanah jalur distribusinya langsung melalui agen minyak, dilanjutkan ke pangkalan minyak, kemudian pengecer atau ke konsumen. Untuk bahan bakar gas, dari UP IV Cilacap dipasok langsung ke Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas (SPBG), kemudian ke agen dan pengecer, terakhir ke konsumen.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pengembangan Perekonomian dan Investasi Daerah (BAPEKOINDA), pada tahun 2003 di Propinsi DIY terdapat 47 Stasiun Pengisian Bahan Bakar (SPB), termasuk diantaranya 1 Stasiun Pengisian dan Pengangkutan Bulk Elpiji (SPPBE) LPG serta 4 SPBK.

#### 5.4.1.1 Skenario Dasar

Pada Skenario Dasar, diasumsikan bahwa kondisi penyediaan BBM dan gas selama periode proyeksi sama dengan kondisi permintaan bahan bakar minyak dan gas pada tahun dasar yaitu dipasok langsung dari unit pengolahan BBM dan Gas di Cilacap dengan menggunakan pipa menuju Depo Pemasaran Rewulu kemudian didistribusikan ke seluruh SPBU/K dan agen minyak yang ada di wilayah Propinsi DIY. Gambar 5.19. memperlihatkan neraca permintaan-penyediaan BBM dan gas selama periode proyeksi menggunakan Skenario Dasar pertumbuhan PDRB.



Gambar 5.19. Neraca Permintaan-Penyediaan BBM menggunakan Skenario Dasar Penyediaan Energi dan Skenario Dasar Pertumbuhan PDRB

Tampak pada gambar bahwa permintaan BBM dan gas selalu dapat dipenuhi. Pada skenario ini diasumsikan bahwa pihak Pertamina mampu memenuhi permintaan BBM dan gas tanpa ada perubahan penawaran jenis bahan bakar baru sebagai komplemen atau substitusi jenis bahan bakar yang telah digunakan, misalnya premium tidak diganti dengan gasohol atau minyak solar tidak diganti dengan biodiesel.

#### **5.4.1.2 Skenario Diversifikasi**

Menurut data yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2002, cadangan terbukti minyak bumi Indonesia adalah sebesar 5 miliar barel, dengan tingkat produksi minyak sekitar 500 juta barel per tahun, maka cadangan tersebut akan habis pada tahun 2012. Untuk itu perlu dilakukan langkah-langkah penghematan konsumsi BBM, sehingga pada tahun 2010 dalam Skenario Diversifikasi penyediaan energi dikembangkan BBM alternatif yang memanfaatkan bioetanol dan biodiesel sebagai bahan campuran pada premium dan minyak solar. Campuran premium dengan bioetanol dikenal dengan Gasohol sedangkan campuran minyak solar dengan biodiesel dikenal dengan B-30.

##### **a. Bioetanol**

Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi biomasa. Etanol yang mempunyai rumus kimia  $C_2H_5OH$  antara lain dapat dihasilkan dari bahan baku biomasa sebagai berikut [16] :

- Bahan-bahan yang mengandung hidrat arang dalam bentuk gula, seperti tebu dan nipah.
- Bahan-bahan yang mengandung hidrat arang dalam bentuk zat tepung seperti kasava, ubi jalar, kentang, ubi kayu dan sagu.
- Bahan-bahan selulose yang mengandung arang dengan bentuk molekul yang lebih kompleks seperti kayu.

Proses pembuatan etanol pada dasarnya terdiri atas langkah-langkah berikut<sup>[16]</sup> : konversi hidrat arang menjadi gula yang dapat dicairkan dalam air, kemudian gula difermentasi menjadi etanol, setelah dilakukan pemisahan etanol dari air dan komponen-komponen lain dengan destilasi.

Produksi bioetanol di Indonesia, berdasarkan data Departemen Perindustrian dan Perdagangan pada tahun 2002, sekitar 180 juta liter dengan etanol berkadar 95-97 persen. Dari empat pabrik di Lampung, Jawa Tengah, dan Jawa Timur saja dihasilkan 174,5 juta liter per tahun. Dari jumlah itu, 115 juta liter diekspor ke Jepang dan Filipina, sedangkan sisanya digunakan sebagai bahan baku industri asam asetat, selulosa, pengolahan rumput laut, minuman alkohol, cat, farmasi, dan kosmetik. Selain pabrik komersial yang umumnya menggunakan limbah pabrik gula atau tetes, Balai Besar Teknologi Pati BPPT mengembangkan produksi bioetanol dari bahan baku ubi kayu. Pabrik percontohan yang dibangun di Lampung berkapasitas 8.000 liter per hari. Kelebihan ubi kayu dibandingkan dengan yang lain adalah dapat tumbuh ditempat yang kurang subur [15].

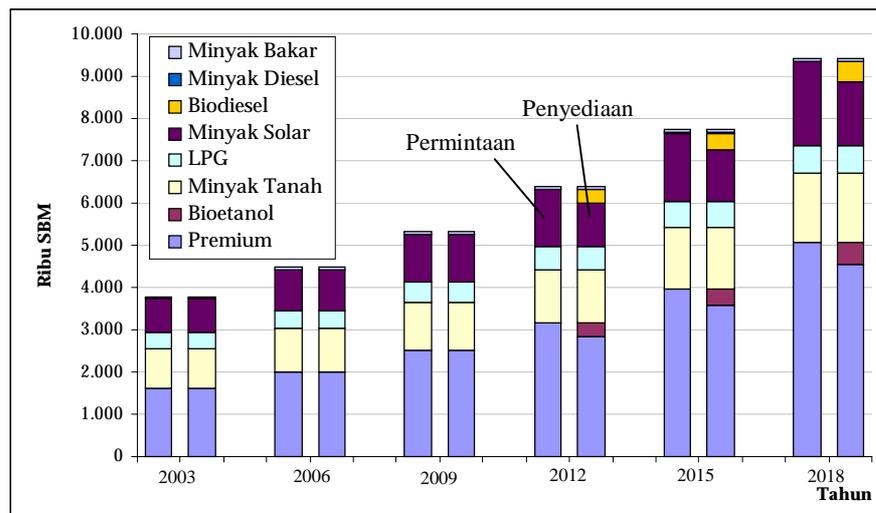
Gasohol BE-10 merupakan campuran etanol (10%) dengan premium (90%) [15]. *Fuel-grade* etanol yang digunakan kadarnya mencapai 99% etanol dan karena mengandung 35% oksigen, efisiensi pembakaran meningkat. Dari sisi lingkungan, emisi CO BE-10 lebih rendah daripada premium, BE-10 menghasilkan 0,31 gr per km, sedangkan premium menghasilkan 0,5 gr per km<sup>[15]</sup>. Untuk itu pada Skenario Diversifikasi diasumsikan bahwa pada tahun 2010 Gasohol BE-10 telah dikonsumsi untuk menggantikan premium sehingga konsumsi premium sejak tahun 2010 hingga akhir tahun proyeksi turun sebesar 10% dari konsumsi premium pada Skenario Dasar.

#### **b. Biodiesel**

Saat ini Indonesia merupakan negara penghasil minyak sawit mentah (*crude palm oil*, CPO) terbesar ke-2 setelah Malaysia. Luas perkebunan kelapa sawit terus berkembang dengan pesat, tahun 2003 arealnya sudah mencapai 4,9 juta hektar dan diperkirakan pada tahun 2008, Indonesia akan menjadi produsen CPO terbesar di dunia dengan total produksi mencapai 15 juta ton per tahun. Biodiesel dihasilkan dari CPO dengan teknologi transesterifikasi antara CPO dan metanol menggunakan katalis basa NaOH atau KOH [17].

Biodiesel memiliki sifat serupa dengan solar, namun dengan beberapa kelebihan, yaitu merupakan energi terbarukan dan ramah lingkungan. Hasil penelitian membuktikan, campuran antara biodiesel (30%) dengan minyak solar (70%) menghasilkan kinerja mesin yang tidak jauh berbeda dibandingkan

menggunakan bahan bakar 100% minyak solar [17]. Oleh sebab itu pada Skenario Diversifikasi diasumsikan bahwa pada tahun 2010 biodiesel digunakan sebagai campuran pada minyak solar dengan komposisi 30% biodiesel 70% minyak solar, sehingga permintaan minyak solar turun sebanyak 30% dari total permintaan minyak solar pada Sektor Transportasi sejak 2010 hingga akhir tahun 2018. Gambar 5.20. memperlihatkan neraca permintaan-penyediaan BBM dan gas Skenario Diversifikasi dengan menggunakan Skenario Optimis PDRB.



Gambar 5.20. Neraca Permintaan-Penyediaan BBM menggunakan Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi dan Skenario Dasar Pertumbuhan PDRB

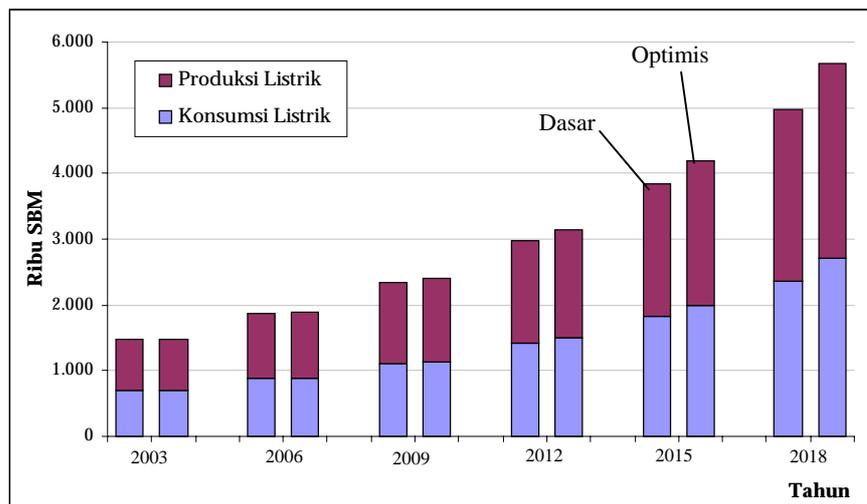
#### 5.4.2 Penyediaan Listrik

Sistem ketenagalistrikan di DIY merupakan bagian dari sistem interkoneksi tenaga listrik Jawa Madura Bali (JAMALI) yang meliputi tujuh propinsi di Jawa dan Bali. Sistem ini merupakan sistem interkoneksi dengan jaringan tegangan ekstra tinggi 500 kV, yang membentang sepanjang pulau Jawa-Bali. Sistem ini merupakan sistem tenaga listrik terbesar di Indonesia, mengkonsumsi hampir 80% tenaga listrik yang diproduksi di seluruh Indonesia. PT.PLN (persero) APJ Yogyakarta bertugas melayani kebutuhan tenaga listrik masyarakat DIY. Pada tahun 2003 beban puncak mencapai 1.230 ribu SBM per tahun (225 MW) Produksi listrik DIY pada tahun 2003 mencapai 1.292,66 GWh dengan total konsumsi sebesar 1.130,83 GWh yang disuplai oleh 8 gardu induk dengan total kapasitas seluruh gardu induk mencapai 556 MW. Tabel 5.6. memperlihatkan jumlah, wilayah operasi dan kapasitas gardu induk yang terdapat di DIY.

Tabel 5.8. Jumlah Gardu Induk, Wilayah Operasi, Kapasitas dan Beban Puncak [11].

No.	Gardu Induk	Suplai Wilayah	Kap. (MVA)	Beban Puncak (MVA)	Jumlah Feeder
1	Kentungan	Sleman, Yk. Utara, Kalasan	90	57,8	10
2	Bantul	Wates, Sedayu, Yk. Selatan, Wonosari, Bantul	120	49,6	10
3	Gejayan	Yk. Utara, Wonosari, Kalasan	120	37,5	6
4	Wirobrajan	Yk. Utara, Yk. Selatan	60	21,5	4
5	Godean	Sleman, Sedayu	60	16,9	6
6	Medari	Sleman	30	16,3	6
7	Wates	Wates	46	16,3	4
8	Semanu	Wonosari	30	9,8	4
<b>Jumlah</b>			<b>556</b>	<b>225,7</b>	<b>50</b>

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa penyediaan energi listrik di DIY tidak mengalami perubahan selama periode proyeksi. Dari hasil analisis permintaan listrik diperkirakan bahwa permintaan listrik meningkat rata-rata sebesar 8,55% per tahun atau meningkat 3,4 kali lipat dari tahun 2003 (693 ribu SBM menjadi 2.373 ribu SBM) untuk Skenario Dasar PDRB dan 9,5% per tahun atau naik 3,9 kali lipat dari tahun 2003 (693 ribu SBM menjadi 2.710 ribu SBM) untuk Skenario Optimis PDRB. Gambar 5.21. memperlihatkan hasil proyeksi konsumsi dan produksi energi listrik.



Gambar 5.21. Proyeksi Konsumsi dan Produksi Listrik DIY periode 2003-2018 Skenario Dasar dan Optimis PDRB

Untuk menghitung seberapa besar produksi listrik digunakan persamaan berikut :

$$EP_t = \frac{EK_t}{1 - LT_t} \quad (5-6)$$

dimana  $EP_t$  = Energi listrik yang diproduksi pada tahun t (ribu SBM)

$EK_t$  = Energi listrik yang dikonsumsi pada tahun t (ribu SBM)

$LT_t$  = Rugi-rugi transmisi dan distribusi (%)

Dengan asumsi faktor beban tetap, yaitu sebesar 65% (RUKD DIY, 2004) dan rugi-rugi turun dari 12% pada tahun 2003 menjadi 8,4% pada tahun 2018 (RUKD DIY, 2004), maka produksi listrik meningkat dari 792 ribu SBM pada tahun 2003 menjadi 2.591 ribu SBM pada tahun 2018 untuk Skenario Dasar PDRB, sedangkan untuk Skenario Optimis PDRB diperkirakan produksi energi listrik meningkat dari 792 ribu SBM menjadi 2.959 ribu SBM (Gambar 5.21).

Kebutuhan energi listrik di wilayah DIY dipasok dari 8 gardu induk dengan total kapasitas 3.013 ribu SBM per tahun (556 MVA) dan beban puncak mencapai 1.219 ribu SBM/tahun (225 MVA). Dengan asumsi faktor beban tetap 65% selama periode proyeksi, maka beban puncak dapat diperkirakan dengan persamaan berikut :

$$BP_t = \frac{EP_t}{8.760 \times LF_t} \quad (5-7)$$

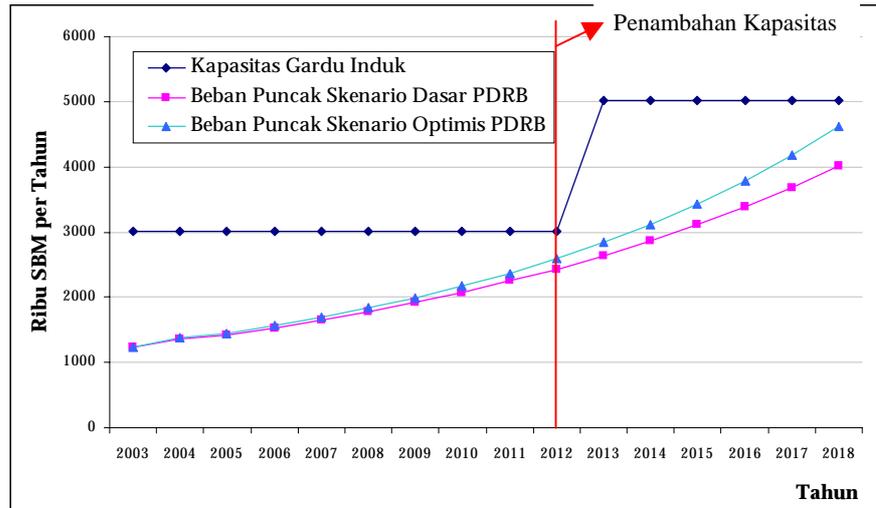
dimana  $BP_t$  = Beban puncak pada tahun t (ribu SBM per tahun)

$EP_t$  = Produksi energi listrik pada tahun t (ribu SBM)

8.760 = Lama jam pada 1 tahun

$LF_t$  = Faktor beban (%)

Gambar 5.22. memperlihatkan pertumbuhan beban puncak pada Skenario Dasar PDRB dan Skenario Optimis PDRB, kapasitas total gardu induk yang ada saat ini (tahun 2003) dan kapasitas tambahan yang diperlukan agar pasokan energi listrik untuk wilayah DIY terpenuhi hingga akhir tahun proyeksi.



Gambar 5.22. Kapasitas Gardu Induk saat ini, Beban Puncak Listrik Skenario Dasar PDRB dan Skenario Optimis PDRB, dan Penambahan Kapasitas Gardu Induk

Dari hasil perhitungan menggunakan Skenario Dasar PDRB, diperoleh beban puncak pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah 1.536 ribu SBM per tahun; 1.921 ribu SBM per tahun; 2.434 ribu SBM per tahun; 3.119 ribu SBM per tahun dan 4.022 ribu SBM per tahun (742 MW). Apabila menggunakan Skenario Optimis PDRB, diperoleh beban puncak pada tahun 2006, 2009, 2012, 2015 dan 2018 berturut-turut adalah 1.563 ribu SBM per tahun; 1.987 ribu SBM per tahun; 2.586 ribu SBM per tahun; 3.435 ribu SBM per tahun dan 4.626 ribu SBM per tahun (854 MW). Tampak pada gambar di atas bahwa pada tahun 2012 diperlukan tambahan kapasitas gardu induk sebesar 2.000 ribu SBM per tahun (370 MW) agar pasokan energi listrik dapat terpenuhi.

### 5.5. Dampak Lingkungan

Secara global kenaikan suhu permukaan bumi dalam beberapa dekade terakhir ini telah menimbulkan kekhawatiran masyarakat dunia. Kenaikan suhu ini diyakini berkaitan dengan makin meningkatnya konsentrasi gas-gas penyebab efek rumah kaca di atmosfer. Gas-gas penyebab efek rumah kaca, atau biasa disebut sebagai gas rumah kaca, diantaranya adalah H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub> (ozon), N<sub>2</sub>O, CFC, SO<sub>2</sub> dan CCl<sub>4</sub>. Diantara berbagai jenis gas rumah kaca, CO<sub>2</sub> merupakan gas rumah kaca yang terpenting karena yang paling banyak dihasilkan

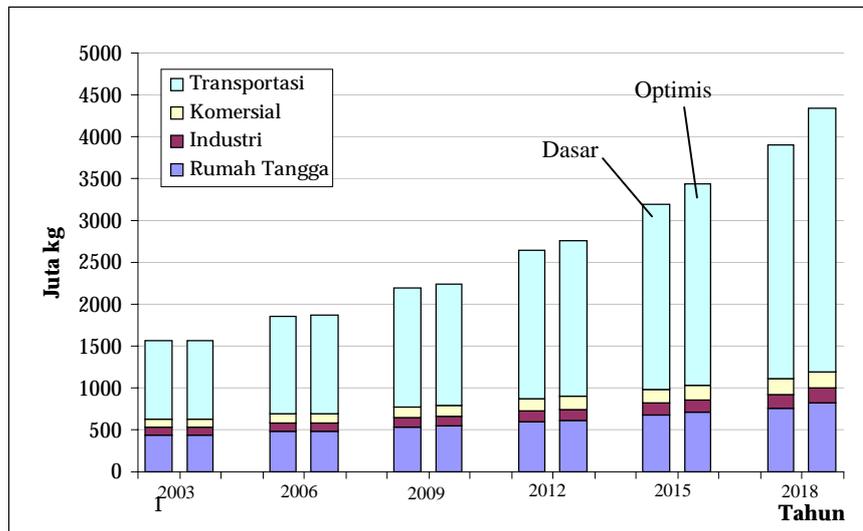
dari kegiatan manusia sehingga dampaknya terhadap pemanasan global paling besar.

Emisi CO<sub>2</sub> yang dihitung dalam penelitian ini adalah CO<sub>2</sub> yang berasal dari pemakaian BBM dan gas. Emisi yang dihasilkan dari pembangkitan listrik tidak diperhitungkan energi listrik dibangkitkan diluar wilayah DIY. Perhitungan emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan pada potensi jumlah gas CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam satu satuan energi bahan bakar yang dikonsumsi. Tabel 5.9. memperlihatkan parameter kandungan CO<sub>2</sub> per energi yang dikonsumsi. Minyak bakar dan minyak diesel tidak diperhitungkan emisi CO<sub>2</sub> -nya karena keterbatasan data.

Tabel 5.9. Kandungan CO<sub>2</sub> per Energi yang Dikonsumsi [7]

Jenis Energi	Kandungan CO <sub>2</sub> (kg per SBM)
Minyak Tanah	413
LPG	396
Minyak Solar	431
Premium	403

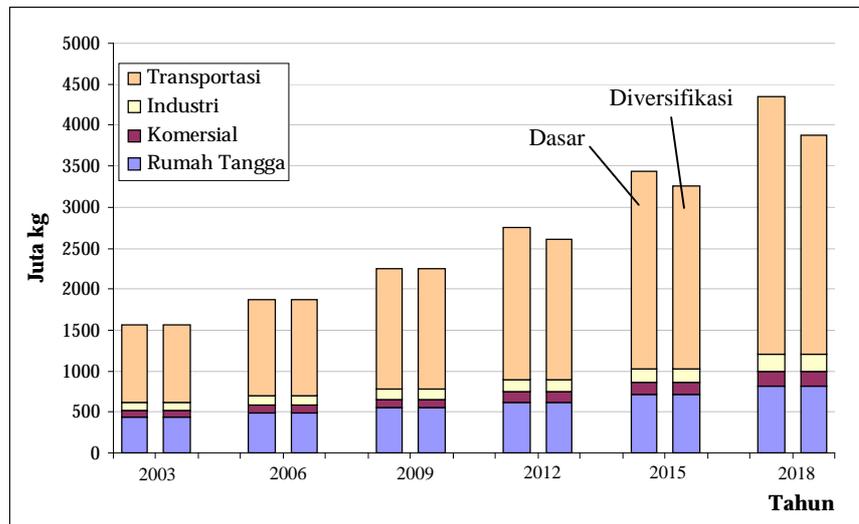
Pada tahun 2003 total emisi CO<sub>2</sub> mencapai 1,5 juta ton (sekitar 1% dari total emisi CO<sub>2</sub> Indonesia pada tahun yang sama). Gambar 5.23. memperlihatkan perbandingan antara hasil proyeksi emisi CO<sub>2</sub> Skenario Dasar PDRB dan Skenario Optimis PDRB.



Gambar 5.23. Perbandingan Proyeksi Emisi CO<sub>2</sub> antara Skenario Dasar PDRB dengan Skenario Optimis PDRB di Wilayah Propinsi DIY periode 2003-2018

Laju rata-rata emisi CO<sub>2</sub> selama periode proyeksi diperkirakan sebesar 6,3% per tahun (1.600 juta kg menjadi 3.600 juta kg pada tahun 2018) untuk

Skenario Dasar PDRB dan 7,0% per tahun (1.600 juta kg menjadi 4.350 juta kg pada tahun 2018) untuk Skenario Optimis PDRB. Gambar 5.24. memperlihatkan perbandingan emisi CO<sub>2</sub> antara Skenario Dasar penyediaan energi dengan Skenario Diversifikasi penyediaan energi menggunakan asumsi Skenario Optimis PDRB.



Gambar 5.24. Perbandingan Emisi Gas CO<sub>2</sub> antara Skenario Dasar Penyediaan Energi dengan Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi menggunakan Asumsi Penyediaan Optimis PDRB

Tampak pada gambar bahwa Sektor Transportasi merupakan penyumbang terbesar emisi gas CO<sub>2</sub> (60% dari total emisi CO<sub>2</sub> pada tahun 2003 menjadi 71% pada tahun 2018), diikuti Sektor Rumah Tangga (26% pada tahun 2003 menjadi 19% pada akhir tahun 2018) kemudian Sektor Komersial (6% pada tahun 2003 menjadi 4% pada akhir tahun 2018) dan terakhir Sektor Industri (5% pada tahun 2003 menjadi 4% pada akhir tahun 2018).

Penggunaan bioetanol dan biodiesel pada Skenario Diversifikasi diharapkan selain dapat mengurangi tingkat permintaan BBM juga mampu mengurangi tingkat emisi CO<sub>2</sub>. Gambar 5.24. memperlihatkan perbandingan emisi gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada Skenario Dasar penyediaan energi dan Skenario Diversifikasi penyediaan energi, keduanya menggunakan asumsi pertumbuhan PDRB optimis. Tampak pada gambar bahwa penggunaan bioetanol dan biodiesel mampu menurunkan tingkat emisi gas CO<sub>2</sub> secara cukup signifikan, setara dengan jumlah emisi yang dihasilkan dari kegiatan Sektor Industri dan Sektor Komersial, yaitu sebesar 5,4% (150 juta Kg) dari total emisi gas CO<sub>2</sub> pada tahun 2012, angka

ini meningkat menjadi 476 juta Kg (11% dari total emisi gas CO<sub>2</sub>) pada akhir tahun 2018.

Pencemaran udara akibat penggunaan energi fosil (premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel, minyak bakar dan LPG) tidak hanya berdampak pada lingkungan secara global, seperti yang disebabkan oleh efek rumah kaca, tetapi juga menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia. Zat pencemar yang dihasilkan dari pembakaran atau penggunaan energi fosil antara lain karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>), oksida belerang (SO<sub>x</sub>), senyawa hidrokarbon (HC), timbal (Pb) dan partikulat debu. Masing-masing zat pencemar, baik dalam bentuk gas maupun partikel debu mempunyai dampak kesehatan yang berbeda-beda. Pencemar udara berupa partikel debu biasanya menyebabkan gangguan pada pernapasan seperti bronchitis kronis, emfisema, asma bronchial, dan bahkan kanker paru-paru. Sementara zat pencemar udara seperti karbon monoksida (CO) dapat mengakibatkan pusing, gangguan jantung, sesak napas dan bahkan kematian; oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>) dapat mengakibatkan iritasi mata, tenggorokan gatal atau batuk, asma dan juga kanker paru; oksida sulphur (SO<sub>x</sub>) dapat menyebabkan tenggorokan gatal atau batuk; sementara hidrokarbon (HC) dapat menimbulkan pusing, iritasi mata, tenggorokan gatal, dan bahkan memicu asma dan kanker paru. Selain zat-zat pencemar di atas, zat pencemar yang tak kalah berbahayanya adalah timbal (Pb) atau yang lebih dikenal dengan timbal (timah hitam). Timbal ini adalah zat pencemar yang terutama dihasilkan dari gas buangan kendaraan bermotor yang menggunakan bensin bertimbal sebagai zat aditif pada bahan bakarnya. Dari segi teknis timbal sendiri berdampak positif karena berfungsi untuk meningkatkan angka oktan pada bensin, agar mesin kendaraan tidak *ngelitik* atau *knocking*. Dampak-dampak utama pada kesehatan yang diakibatkan pemaparan timbal pada anak-anak antara lain, kerusakan pada pertumbuhan syarafnya, mengakibatkan menurunnya tingkat intelegensia (IQ), meningkatnya perilaku agresif, menurunnya kemampuan belajar, meningkatnya resiko kurang pendengaran, dan meningkatnya resiko kegagalan dalam sekolah. Sementara pada orang dewasa pemaparan timbal dapat mengakibatkan meningkatnya tekanan darah, yang kemudian dapat menyebabkan

meluasnya penyakit yang disebabkan oleh hipertensi, penyakit jantung, stroke, dan hingga kematian dini. Pada ibu hamil, pemaparan timbal sebelum dan selama hamil berdampak sangat serius baik bagi tubuh si ibu hamil maupun pada perkembangan janin, dan bahkan dapat mengakibatkan keguguran.

Masalah lain yang diakibatkan oleh pencemaran udara adalah deposisi asam, yaitu proses terendapkannya hujan ataupun debu yang mengandung asam sulfat ataupun asam nitrat. Fenomena deposisi asam ini terjadi ketika sulfur dioksida dan nitrogen oksida yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil atau meletusnya gunung berapi di suatu wilayah, kemudian melayang jauh di bawa angin dan lalu di wilayah lain akan bercampur dengan titik-titik air yang terdapat di atmosfer maupun partikel debu sebelum akhirnya jatuh kembali ke tanah. Deposisi asam ini tentunya berdampak buruk terhadap kesehatan manusia, karena udara yang mengandung asam sulfat akan berbahaya terutama pada paru-paru, baik anak-anak ataupun orang dewasa. Selain itu tentunya deposisi asam akan mengkontaminasi tanah dan juga air tanah, air sungai, serta air danau. Karenanya selain berdampak pada manusia, deposisi asam juga membahayakan keberlangsungan hidup pepohonan, ladang, dan tumbuh-tumbuhan karena meningkatkan kadar keasaman tanah yang dapat membahayakan akar tanaman yang akan menurunkan tingkat imunitas tanaman terhadap hama penyakit. Selain itu deposisi asam juga dapat merusak gedung-gedung, patung dan monumen yang tentunya akan membahayakan keberadaan peninggalan-peninggalan kebudayaan nenek moyang kita, seperti prasasti, candi dan juga bangunan bersejarah lainnya. Dalam penelitian ini tidak dilakukan kajian mengenai proyeksi emisi gas selain CO<sub>2</sub> dikarenakan keterbatasan data dan waktu.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

1. Dari proyeksi permintaan energi per sektor pemakai energi diperoleh bahwa Sektor Transportasi merupakan sektor pemakai energi terbesar di DIY (sekitar 56% dari total konsumsi energi DIY) diikuti Sektor Rumah Tangga (27%) dan sisanya berturut-turut Sektor Komersial dan Sektor Industri 9% dan 6%. Laju pertumbuhan permintaan energi per Sektor tahun dari Sektor Transportasi tertinggi, yaitu sebesar 7,5% – 8,4%, diikuti Sektor Komersial 6,6% - 7,4%, Sektor Industri 6,0% - 6,7% dan terakhir Sektor Rumah Tangga 5,4% - 6,0%. Tingginya tingkat konsumsi dan laju pertumbuhan permintaan energi Sektor Transportasi disebabkan meningkatnya jumlah kendaraan pribadi yang dalam penelitian ini diwakili oleh jumlah sepeda motor dan mobil penumpang.
2. Jika ditinjau dari jenis energi yang digunakan, maka pada tahun 2018, premium merupakan jenis energi yang paling besar permintaannya (43%), diikuti listrik 20%, minyak solar 17%, minyak tanah 13% dan LPG 5%. Hal ini menunjukkan bahwa hingga tahun 2018, bahan bakar minyak masih menjadi sumber energi utama bagi aktivitas masyarakat DIY, padahal jumlah cadangan minyak bumi Indonesia diperkirakan akan habis pada tahun 2012 jika laju produksi dan jumlah cadangan tetap (tidak ditemukan cadangan minyak bumi baru).
3. Dari sisi penyediaan energi, penggunaan bioetanol dan biodiesel diperkirakan mampu mengurangi permintaan premium dan minyak solar pada Sektor Transportasi masing-masing hingga 10% dan 30%. Untuk penyediaan listrik, diperkirakan pada tahun 2012 diperlukan tambahan kapasitas gardu induk sebesar 370 MVA agar penyediaan energi listrik hingga akhir tahun 2018 dapat terpenuhi. Penggunaan bioetanol dan biodiesel juga mengurangi tingkat emisi gas buang CO<sub>2</sub> sebesar 476 juta kg atau sekitar 11% dari total emisi gas CO<sub>2</sub> pada akhir tahun 2018.

## 6.2. Saran

1. Bagi Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta, kebijakan di bidang energi perlu diarahkan pada pengurangan penggunaan bahan bakar minyak (premium, minyak solar, dan minyak tanah) mengingat jumlah cadangannya semakin menipis. Hal ini dapat dilakukan dengan memaksimalkan penggunaan energi alternatif seperti LPG atau batubara bersih untuk Sektor Rumah Tangga, Komersial dan Industri; Bahan Bakar Gas (BBG), biodiesel dan bioetanol untuk Sektor Transportasi; serta pemanfaatan potensi energi terbarukan (angina, surya, biomasa, ombak dan air) yang ada baik untuk pembangkit listrik skala kecil maupun sebagai sumber energi termal.
2. Sektor Transportasi perlu mendapatkan perhatian khusus oleh Pemerintah DIY karena 50% lebih konsumsi energi DIY terserap oleh sektor ini terutama oleh alat transportasi pribadi (sepeda motor dan mobil penumpang). Tindakan yang perlu dilakukan adalah mengembangkan sistem transportasi massal yang efisien (hemat energi), bersih dan ramah lingkungan, aman serta dengan tarif yang terjangkau oleh sebagian besar masyarakat Yogyakarta. Contoh sistem transportasi massal yang telah dikembangkan di Indonesia adalah sistem *busway* (di Jakarta).
3. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan proyeksi permintaan energi menggunakan model ekonometri sehingga akan tampak signifikansi variabel-variabel yang mempengaruhi tingkat permintaan energi. Variabel-variabel seperti harga energi, biaya investasi, teknologi dan lingkungan perlu diuji kaitannya terhadap permintaan energi secara keseluruhan.
4. Untuk penelitian selanjutnya perlu juga dilakukan analisis dampak penggunaan energi terhadap lingkungan dan kesehatan secara lebih lengkap dan detail, tidak hanya sebatas emisi gas CO<sub>2</sub> tapi juga mencakup emisi dan dampak dari gas NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, HC, CO, timbal dan lain-lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugiyono, Agus, 1995, **Perencanaan Energi Nasional dengan Model MARKAL**, Laporan Teknis, BPP Teknologi, Indonesia.
- [2] Anonimus, 2002, **Prakiraan Energi Indonesia 2010**, Pusat Informasi Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [3] Makridakis, dkk, 1999, **Metode dan Aplikasi Peramalan**, Edisi Kedua, Binarupa Aksara.
- [4] Yusgiantoro, Purnomo, 2000, **Ekonomi Energi : Teori dan Praktik**, Pustaka LP3ES Indonesia.
- [5] Zuhail, 1995, **Ketenagalistrikan Indonesia**, PT Ganesa Prima.
- [6] Anonimus, 2000, **Metode Analisa Kebutuhan Pasar Tenaga Listrik**, PT.PLN Distribusi Jawa Tengah.
- [7] Anonimus, 2004, **LEAP : User Guide for LEAP Version 2004**, Stockholm Environment Institute.
- [8] Anonimus, 2002, **Laporan Akhir Penelitian Energi Prospektif di Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta**, Badan Pengembangan Perekonomian dan Investasi Daerah Yogyakarta.
- [9] Anonimus, 2003, **Laporan Akhir Pembuatan dan Penyusunan Data Base Pengawasan Pengangkutan dan Niaga BBM**, Badan Pengembangan Perekonomian dan Investasi Daerah Yogyakarta.
- [10] Anonimus, 2004, **Laporan Akhir Analisis Supply-Demand Bahan Bakar Minyak di Propinsi DIY**, Pemerintah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Bidang Pertambangan dan Energi.
- [11] Anonimus, 2004, **Laporan Akhir Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta**, Pemerintah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
- [12] Martono, Ali, 1999, **Baron Wave Power Plant-Some Economic Consideration**, BPP Teknologi, Indonesia.
- [13] Sumaryono, Wahono, 2005, **Pengembangan Teknologi Pembuatan Etanol**, BPP Teknologi, Indonesia.
- [14] Sastroamidjojo, 1979, **Tenaga matahari : Kini atau tak akan pernah**, Jurnal Prisma, No. 11 November 1979 tahun VIII.

- [15] Cahyono, Agus, 2005, **Bioetanol Pengganti BBM yang Kompetitif**, BPP Teknologi Indonesia.
- [16] Kadir, Abdul, 1995, **Energi : Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi**, Penerbit Universitas Indonesia.
- [17] Mulyadi, Rachmat, 2002, **Limbah Kelapa Sawit untuk Biodiesel Pengganti Solar**, BPP Teknologi Indonesia.
- [18] Herlambang, Tedy, dkk, 2002, **Ekonomi Makro : Teori, Analisis dan Kebijakan**, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [19] Anonymous, 2000, **Renewable Energy for a Sustainable Future**, Oxford University Press, United Kingdom.
- [20] Febijanto, Irhan, 2001, **Sampah Kota Sebagai Energi Alternatif**, BPP Teknologi Indonesia.

## DATA EKONOMI DAN KEPENDUDUKAN

**Tabel D.1. Data Pendapatan Daerah Regional Bruto (PDRB) di Propinsi DIY menurut Harga Konstan 1993**

(Juta Rupiah)

Lapangan Usaha	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Pertanian	699.851	716.889	747.526	795.211	822.446	778.139	817.810	901.380	886.990	865.775	907.797
Pertambangan dan Penggalian	59.270	64.045	67.714	69.960	71.548	60.251	60.476	60.555	60.917	61.018	61.590
Industri Pengolahan	511.439	601.917	635.002	694.724	701.976	659.816	682.440	664.115	677.486	704.400	721.162
Listrik, Gas dan Air Bersih	24.219	28.327	30.607	28.896	31.374	31.429	35.344	38.128	39.004	40.547	42.868
Bangunan	422.300	451.468	493.891	532.827	552.853	371.345	383.269	400.859	412.355	455.046	501.993
Perdagangan, Hotel dan Restoran	623.561	676.167	733.368	797.939	828.299	742.580	761.008	791.621	846.634	870.985	920.864
Pengangkutan dan Komunikasi	467.263	502.371	538.537	575.293	593.459	541.280	552.812	609.593	672.922	706.728	723.207
Keuangan, Persewaan dan Jasa Perusahaan	415.609	444.862	499.920	544.356	567.462	527.472	531.007	524.512	543.471	603.889	633.966
Jasa-jasa	834.516	901.028	995.338	1.067.143	1.116.950	977.631	1.000.279	1.026.947	1.042.764	1.086.665	1.102.111
PDRB	4.058.028	4.387.074	4.741.903	5.106.349	5.286.367	4.689.943	4.824.445	5.017.709	5.182.544	5.395.052	5.615.557
Penduduk Pertengahan Tahun	3.096.064	3.124.286	3.154.265	3.185.384	3.213.502	3.237.628	3.264.942	3.295.127	3.327.954	3.360.348	3.385.027
PDRB per Kapita	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7

**Tabel D.2. Data Kependudukan di Propinsi DIY periode 1993-2003**

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Jumlah Penduduk (jiwa)	3.096.064	3.124.286	3.154.265	3.185.384	3.213.502	3.237.628	3.264.942	3.295.127	3.327.954	3.360.348	3.385.027
Pertumbuhan Penduduk		0,91%	0,96%	0,99%	0,88%	0,75%	0,84%	0,92%	1,00%	0,97%	0,73%
Jumlah Rumah Tangga	636.041	644.830	655.316	671.638	685.180	698.787	713.337	729.868	745.216	761.843	778.276
Rasio Penduduk per Rumah Tangga	4,87	4,85	4,81	4,74	4,69	4,63	4,58	4,51	4,47	4,41	4,35

## DATA KONSUMSI ENERGI

**Tabel D.3. Statistik Penjualan BBM di Propinsi DIY periode 1995 – 2003**

**Sumber : Direktorat Hilir, Pertamina.**

Bahan Bakar	Kilo liter								
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1. Premium	241.566	280.321	104.475	202.700	227.256	243.254	259.814	276.801	278.947
2. M.Tanah	319.850	345.464	360.932	86.394	145.434	123.765	135.695	141.842	155.935
a. R. Tangga	319.850	345.464	360.932	86.394	145.434	123.765	135.695	141.760	155.875
b. Industri	0	0	0	0	0	0	43	82	60
3. M.Solar (ADO)	503.384	390.020	588.414	130.492	162.718	136.616	152.046	144.309	125.739
a. Transportasi	367.815	389.763	420.605	111.337	131.426	112.164	124.958	116.023	99.101
b. Industri	135.569	257	167.809	19.155	31.292	24.452	27.088	28.286	26.638
c. Listrik	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4. M.Diesel (IDO)	0	0	0	608	624	624	472	624	552
a. Transportasi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b. Industri	0	0	0	608	624	624	472	624	552
c. Listrik	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5. M.Bakar (FO)	0	0	0	5.813	10.554	6.478	4.160	8.420	5.446
a. Transportasi	0	0	0	0	0	0	288	0	0
b. Industri	0	0	0	5.813	10.554	6.478	3.872	8.420	5.446
c. Listrik	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6. LPG (kilogram)	-	-	-	-	-	-	-	-	44.189.042

**Tabel D.4. Faktor Konversi**

**Sumber : Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral**

1 kl Premium	=	5,827	SBM
1 kl Minyak tanah	=	5,927	SBM
1 kl M.Solar	=	6,487	SBM
1 kl M.Diesel	=	6,608	SBM
1 kl M. Bakar	=	6,691	SBM
1 Ton LPG	=	8,525	SBM
1 MWh Listrik	=	0,613	SBM

**Tabel D.5. Data Ketenagalistrikan di Propinsi DIY periode 1996-2003**  
**Sumber PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan DIY**

Data Ketenagalistrikan	Satuan	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Konsumsi Listrik	GWh	656,54	744,66	755,26	862,19	945,19	966,51	1.098,61	1.130,83
- Sektor Rumah Tangga	GWh	367,40	411,14	443,64	517,89	554,41	573,79	644,10	657,37
- Sektor Komersial	GWh	105,66	124,09	123,31	134,13	149,76	157,00	188,46	201,46
- Sektor Publik dan Pemerintah	GWh	66,25	71,92	78,29	79,90	91,57	91,40	105,64	112,90
- Sektor Industri	GWh	117,22	137,51	110,04	130,27	149,45	144,32	160,41	159,10
Daya Terpasang (MVA)	MVA	418,23	465,48	463,86	494,79	541,38	582,15	615,93	653,10
- Sektor Rumah Tangga	MVA	247,10	275,17	293,22	313,14	343,36	374,20	395,02	414,85
- Sektor Komersial	MVA	69,18	80,50	71,58	78,67	87,66	93,16	98,51	104,30
- Sektor Publik dan Pemerintah	MVA	51,50	56,26	57,85	59,42	62,14	63,83	67,77	74,58
- Sektor Industri	MVA	50,45	53,55	41,22	43,56	48,21	50,96	54,63	59,35
Jumlah Pelanggan Listrik	-	468.661	514.120	541.813	557.577	575.433	593.833	613.638	635.410
- Sektor Rumah Tangga	-	444.596	487.295	513.324	525.533	540.531	556.683	574.546	594.655
- Sektor Komersial	-	10.820	12.099	12.970	16.331	18.681	20.555	21.863	22.772
- Sektor Publik dan Pemerintah	-	12.803	14.268	15.057	15.244	15.769	16.140	16.779	17.529
- Sektor Industri	-	442	458	462	469	452	455	450	454
Rugi-rugi Transmisi dan Distribusi	%	14,22%	9,10%	8,21%	4,46%	9,37%	8,09%	10,65%	12,52%
Produksi Listrik (GWh)	GWh	765,37	819,16	822,80	902,47	1.042,88	1.051,55	1.228,60	1.292,66
Faktor Beban	%	51,90%	53,67%	61,63%	55,27%	59,20%	56,17%	62,53%	65,58%
Beban Puncak (MW)	MW	168,35	174,25	152,40	186,40	201,10	213,70	224,30	225,00
Beban Puncak + 30% Cadangan (MW)	MW	218,86	226,53	198,12	242,32	261,43	277,81	291,59	292,50

## PROYEKSI EKONOMI DAN KEPENDUDUKAN

**Tabel E.1. Proyeksi Skenario Dasar Pendapatan Regional Daerah Bruto (PDRB) di Propinsi DIY periode 2004-2018**

Triliun Rupiah

Lapangan Usaha	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Pertanian	0,97	1,01	1,05	1,10	1,14	1,19	1,25	1,31	1,37	1,43	1,50	1,57	1,64	1,72	1,74
Pertambangan dan Penggalian	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14
Industri Pengolahan	0,78	0,82	0,85	0,89	0,93	0,97	1,01	1,06	1,11	1,16	1,21	1,27	1,33	1,40	1,41
Listrik, Gas dan Air Bersih	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
Bangunan	0,54	0,56	0,59	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,80	0,84	0,87	0,92	0,96	0,97
Perdagangan, Hotel dan Restoran	0,93	0,96	1,01	1,05	1,10	1,14	1,20	1,25	1,31	1,37	1,43	1,50	1,57	1,65	1,66
Pengangkutan dan Komunikasi	0,70	0,73	0,76	0,79	0,83	0,86	0,90	0,94	0,99	1,03	1,08	1,13	1,19	1,24	1,25
Keuangan, Persewaan dan Jasa Perusahaan	0,63	0,65	0,68	0,71	0,74	0,78	0,81	0,85	0,89	0,93	0,97	1,02	1,07	1,12	1,13
Jasa-jasa	1,20	1,25	1,31	1,37	1,43	1,49	1,56	1,63	1,70	1,78	1,87	1,95	2,05	2,15	2,16
Total PDRB	5,86	6,10	6,37	6,65	6,94	7,25	7,58	7,92	8,28	8,67	9,08	9,51	9,96	10,45	10,53
Jumlah Penduduk	3,41	3,44	3,47	3,50	3,53	3,56	3,59	3,62	3,65	3,67	3,70	3,73	3,76	3,79	3,82
PDRB per Kapita (juta Rupiah)	1,72	1,77	1,84	1,90	1,97	2,04	2,11	2,19	2,27	2,36	2,45	2,55	2,65	2,76	2,76

**Tabel E.2. Proyeksi Skenario Optimis Pendapatan Regional Daerah Bruto (PDRB) di Propinsi DIY periode 2004-2018**

Triliun Rupiah

Lapangan Usaha	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Pertanian	0,97	1,01	1,06	1,11	1,16	1,21	1,27	1,34	1,41	1,48	1,56	1,65	1,74	1,83	1,94
Pertambangan dan Penggalian	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15
Industri Pengolahan	0,78	0,82	0,86	0,90	0,94	0,98	1,03	1,08	1,14	1,20	1,27	1,33	1,41	1,49	1,57
Listrik, Gas dan Air Bersih	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08
Bangunan	0,54	0,56	0,59	0,62	0,65	0,68	0,71	0,75	0,78	0,83	0,87	0,92	0,97	1,02	1,08
Perdagangan, Hotel dan Restoran	0,93	0,97	1,01	1,06	1,11	1,16	1,22	1,28	1,35	1,42	1,50	1,58	1,66	1,76	1,86
Pengangkutan dan Komunikasi	0,70	0,73	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,97	1,01	1,07	1,13	1,19	1,25	1,32	1,40
Keuangan, Persewaan dan Jasa Perusahaan	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75	0,79	0,83	0,87	0,91	0,96	1,02	1,07	1,13	1,19	1,26
Jasa-jasa	1,21	1,26	1,32	1,38	1,44	1,51	1,59	1,67	1,75	1,84	1,95	2,05	2,16	2,29	2,42
Total PDRB	5,86	6,12	6,41	6,71	7,02	7,36	7,73	8,12	8,53	8,98	9,47	9,99	10,53	11,13	11,78
Jumlah Penduduk	3,41	3,44	3,47	3,50	3,53	3,56	3,59	3,62	3,65	3,67	3,70	3,73	3,76	3,79	3,82
PDRB per Kapita (juta Rupiah)	1,72	1,78	1,85	1,92	1,99	2,07	2,15	2,24	2,34	2,44	2,56	2,68	2,80	2,94	3,09

**Tabel E.3. Proyeksi Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga di Propinsi DIY periode 2004-2018**

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Populasi Penduduk (juta jiwa)	3,41	3,44	3,47	3,50	3,53	3,56	3,59	3,62	3,65	3,67	3,70	3,73	3,76	3,79	3,82
Pertumbuhan Penduduk (%)	0,85%	0,85%	0,84%	0,83%	0,83%	0,82%	0,81%	0,81%	0,80%	0,79%	0,79%	0,78%	0,77%	0,77%	0,76%
Jumlah Rumah Tangga (juta rumah tangga)	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92	0,93	0,95	0,96	0,98	0,99
Rasio Penduduk per Rumah Tangga	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9

## **PARAMETER AKTIVITAS DAN INTENSITAS ENERGI**

**Tabel F.1. Parameter Aktivitas Energi Skenario Dasar PDRB**

SEKTOR	Satuan	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Sektor Rumah Tangga</b>																
- Pendapatan Penduduk per Kapita	Juta Rupiah	1,72	1,77	1,84	1,90	1,97	2,04	2,11	2,19	2,27	2,36	2,45	2,55	2,65	2,76	2,76
<b>Sektor Komersial</b>																
- PDRB Sektor Komersial	Triliun Rupiah	2,90	3,02	3,15	3,29	3,43	3,59	3,75	3,92	4,10	4,29	4,49	4,71	4,93	5,17	5,43
<b>Sektor Industri</b>																
- PDRB Sektor Industri	Triliun Rupiah	0,75	0,78	0,82	0,85	0,89	0,93	0,97	1,02	1,06	1,11	1,17	1,22	1,28	1,34	1,41
<b>Sektor Transportasi</b>																
- Mobil Penumpang	Ribu Unit	80	86	93	100	107	115	124	134	145	156	169	183	198	215	233
- Sepeda Motor	Ribu Unit	716	769	826	889	955	1029	1110	1197	1291	1395	1509	1633	1767	1916	2079
- Bus	Ribu Unit	34	37	39	41	44	46	49	53	56	60	64	68	73	78	83
- Angkutan Barang/Truk	Ribu Unit	9	9	10	10	11	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21

**Tabel F.2. Parameter Aktivitas Energi Skenario Optimis PDRB**

SEKTOR	Satuan	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Sektor Rumah Tangga</b>																
- Pendapatan Penduduk per Kapita	Juta Rupiah	1,72	1,78	1,85	1,92	1,99	2,07	2,15	2,24	2,34	2,44	2,56	2,68	2,80	2,94	3,09
<b>Sektor Komersial</b>																
- PDRB Sektor Komersial	Triliun Rupiah	2,90	3,03	3,17	3,32	3,47	3,64	3,83	4,02	4,22	4,44	4,69	4,94	5,21	5,51	5,83
<b>Sektor Industri</b>																
- PDRB Sektor Industri	Triliun Rupiah	0,75	0,79	0,82	0,86	0,90	0,94	0,99	1,04	1,10	1,15	1,22	1,28	1,35	1,43	1,51
<b>Sektor Transportasi</b>																
- Mobil Penumpang	Ribu Unit	80	87	94	101	109	118	129	140	152	166	182	199	218	239	263
- Sepeda Motor	Ribu Unit	718	773	835	902	974	1055	1147	1248	1357	1480	1621	1775	1943	2134	2351
- Bus	Ribu Unit	35	37	39	42	44	47	51	54	58	63	68	73	78	85	92
- Angkutan Barang/Truk	Ribu Unit	9	9	10	10	11	12	13	13	14	16	17	18	19	21	23

**Tabel F.3. Parameter Intensitas Energi**

Sektor	Satuan	M.Tanah	LPG	M.Solar	M.Diesel	M.Bakar	Premium
Rumah Tangga	sbm/juta Rp	456692	186197	-	-	-	-
Komersial	sbm/juta Rp	0,05982	0,02439	-	-	-	-
Industri							
- Makanan dan Minuman	sbm/juta Rp	0,00049	-	0,22821	0,00030	0,09927	-
- Tekstil dan Kulit	sbm/juta Rp	0,00122	-	0,68683	0,02637	0,10143	-
- Alat Angkut dan Mesin	sbm/juta Rp	0,00041	-	0,02433	0,00156	0,00068	-
- Semen dan Bahan Galian	sbm/juta Rp	0,00048	-	0,37489	0,00025	0,06190	-
- Lainnya	sbm/juta Rp	0,00019	-	0,07270	0,00016	0,00663	-
Transportasi							
- Mobil Penumpang	sbm/unit	-	-	-	-	-	10,10648
- Sepeda Motor	sbm/unit	-	-	-	-	-	1,30500
- Bus	sbm/unit	-	-	15,78135	-	-	-
- Truk	sbm/unit	-	-	16,12993	-	-	-

## PROYEKSI PERMINTAAN ENERGI

**Tabel G.1. Permintaan Energi per Sektor Pemakai untuk *Skenario Dasar PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Ribu Setera Barel Minyak)

Sektor Pemakai	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rumah Tangga	1.538	1.610	1.688	1.771	1.858	1.953	2.057	2.167	2.284	2.412	2.552	2.701	2.860	3.035	3.225
Industri	330	348	368	388	410	435	460	488	518	550	585	623	663	707	755
Komersial	452	479	509	540	574	610	650	693	739	790	845	905	969	1.039	1.117
Transportasi	2.428	2.597	2.783	2.981	3.194	3.428	3.685	3.960	4.257	4.582	4.940	5.326	5.742	6.201	6.705
TOTAL	4.748	5.035	5.347	5.680	6.037	6.426	6.852	7.309	7.798	8.333	8.922	9.554	10.234	10.982	11.801

**Tabel G.2. Permintaan Energi per Jenis Energi untuk *Skenario Dasar PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Ribu Setera Barel Minyak)

Jenis Energi	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Premium	1.745	1.873	2.014	2.166	2.328	2.507	2.705	2.918	3.147	3.400	3.680	3.982	4.308	4.669	5.066
Minyak Tanah	957	991	1.027	1.065	1.104	1.145	1.189	1.235	1.283	1.335	1.389	1.446	1.506	1.569	1.636
LPG	390	404	419	434	450	467	485	504	523	544	566	589	614	639	667
M.Solar	865	914	967	1.023	1.082	1.146	1.216	1.290	1.368	1.452	1.543	1.641	1.745	1.858	1.980
M.Diesel	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7
M.Bakar	38	40	42	43	45	47	50	52	54	57	59	62	65	68	72
Listrik	749	808	874	946	1.023	1.108	1.203	1.306	1.417	1.541	1.678	1.828	1.991	2.172	2.373
TOTAL	4.749	5.035	5.347	5.681	6.037	6.426	6.852	7.309	7.798	8.334	8.922	9.554	10.234	10.982	11.801

**Tabel G.3. Permintaan Energi per Sektor Pemakai untuk *Skenario Optimis PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Ribu Setera Barel Minyak)

Sektor Pemakai	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rumah Tangga	1.542	1.616	1.701	1.790	1.885	1.991	2.110	2.237	2.373	2.526	2.698	2.882	3.082	3.307	3.558
Industri	332	347	369	392	415	440	470	504	537	574	618	663	713	769	831
Komersial	454	481	512	547	583	624	668	717	771	831	898	973	1052	1143	1244
Transportasi	2.434	2.611	2.810	3.024	3.255	3.515	3.809	4.127	4.471	4.861	5.302	5.782	6.307	6.903	7.574
TOTAL	4.762	5.055	5.392	5.753	6.138	6.570	7.057	7.585	8.152	8.792	9.516	10.300	11.154	12.122	13.207

**Tabel G.4. Permintaan Energi per Jenis Energi untuk *Skenario Optimis PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Ribuk Setera Barel Minyak)

Jenis Energi	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Premium	1.750	1.883	2.034	2.197	2.372	2.572	2.796	3.041	3.306	3.607	3.949	4.323	4.732	5.197	5.723
Minyak Tanah	959	993	1.033	1.074	1.116	1.162	1.213	1.265	1.321	1.382	1.448	1.518	1.591	1.671	1.758
LPG	391	405	421	438	455	474	494	516	539	563	590	619	648	681	716
M.Solar	867	918	975	1.037	1.101	1.173	1.253	1.339	1.432	1.534	1.648	1.770	1.903	2.052	2.217
M.Diesel	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7	7
M.Bakar	39	39	42	44	45	47	50	54	56	58	62	65	69	72	77
Listrik	751	813	884	961	1.044	1.139	1.247	1.366	1.495	1.643	1.813	1.999	2.205	2.441	2.710
TOTAL	4.762	5.055	5.393	5.755	6.137	6.571	7.059	7.586	8.154	8.792	9.517	10.300	11.154	12.121	13.208

## **PROYEKSI PENYEDIAAN ENERGI**

**Tabel H.1. *Skenario Dasar Penyediaan Energi* per Sektor Pemakai untuk *Skenario Dasar PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Ribuk Setera Barel Minyak)

Sektor Pemakai	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rumah Tangga	1.613	1.675	1.755	1.841	1.931	2.029	2.135	2.250	2.373	2.506	2.652	2.807	2.973	3.154	3.352
Industri	349	365	385	406	429	454	480	509	540	573	610	650	692	737	787
Komersial	486	508	539	572	606	644	686	731	779	832	890	952	1.020	1.093	1.174
Transportasi	2.428	2.597	2.783	2.981	3.194	3.428	3.685	3.960	4.257	4.582	4.940	5.326	5.742	6.201	6.705
TOTAL	4.876	5.145	5.462	5.800	6.160	6.554	6.986	7.451	7.948	8.493	9.092	9.735	10.426	11.186	12.019

**Tabel H.2. *Skenario Dasar Penyediaan Energi* per Jenis Energi untuk *Skenario Dasar PDRB* di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Ribuk Setera Barel Minyak)

Jenis Energi	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Premium	1.625	1.745	1.873	2.014	2.166	2.328	2.507	2.705	2.918	3.147	3.400	3.680	3.982	4.308	4.669
Minyak Tanah	924	957	991	1.027	1.065	1.104	1.145	1.189	1.235	1.283	1.335	1.389	1.446	1.506	1.569
LPG	377	390	404	419	434	450	467	485	504	523	544	566	589	614	639
M.Solar	819	865	914	967	1.023	1.082	1.146	1.216	1.290	1.368	1.452	1.543	1.641	1.745	1.858
M.Diesel	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	7
M.Bakar	37	38	40	42	43	45	47	50	52	54	57	59	62	65	68
Listrik	792	877	919	989	1065	1147	1237	1337	1447	1567	1701	1848	2009	2183	2376
TOTAL	4.578	4.876	5.145	5.462	5.800	6.160	6.554	6.986	7.451	7.948	8.493	9.092	9.735	10.426	11.186

**Tabel H.3. Skenario Dasar Penyediaan Energi per Sektor Pemakai untuk Skenario Optimis PDRB di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Ribu Setera Barel Minyak)

Sektor Pemakai	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rumah Tangga	1.617	1.681	1.769	1.861	1.959	2.069	2.191	2.324	2.466	2.626	2.806	2.998	3.207	3.442	3.704
Industri	351	363	386	410	434	460	491	526	561	599	645	692	745	803	868
Komersial	488	510	543	579	616	659	705	756	813	876	946	1.025	1.108	1.204	1.310
Transportasi	2.434	2.611	2.810	3.024	3.255	3.515	3.809	4.127	4.471	4.861	5.302	5.782	6.307	6.903	7.574
TOTAL	4.890	5.166	5.508	5.874	6.265	6.702	7.196	7.733	8.311	8.963	9.699	10.498	11.367	12.352	13.456

**Tabel H.4. Skenario Dasar Penyediaan Energi per Jenis Energi untuk Skenario Optimis PDRB di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Ribu Setera Barel Minyak)

Jenis Energi	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Premium	1.750	1.883	2.034	2.197	2.372	2.572	2.796	3.041	3.306	3.607	3.949	4.323	4.732	5.197	5.723
Minyak Tanah	959	993	1.033	1.074	1.116	1.162	1.213	1.265	1.321	1.382	1.448	1.518	1.591	1.671	1.758
LPG	391	405	421	438	455	474	494	516	539	563	590	619	648	681	716
M.Solar	867	918	975	1.037	1.101	1.173	1.253	1.339	1.432	1.534	1.648	1.770	1.903	2.052	2.217
M.Diesel	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7	7
M.Bakar	39	39	42	44	45	47	50	54	56	58	62	65	69	72	77
Listrik	879	924	1.000	1.082	1.171	1.271	1.386	1.514	1.654	1.814	1.996	2.197	2.418	2.671	2.959
TOTAL	4.889	5.166	5.509	5.876	6.264	6.703	7.197	7.734	8.313	8.963	9.699	10.498	11.367	12.351	13.457

**Tabel H.5. Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi per Sektor Pemakai untuk Skenario Dasar PDRB di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Ribu Setera Barel Minyak)

Sektor Pemakai	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rumah Tangga	1.613	1.675	1.755	1.841	1.931	2.029	2.135	2.250	2.373	2.506	2.652	2.807	2.973	3.154	3.352
Industri	349	365	385	406	429	454	480	509	540	573	610	650	692	737	787
Komersial	486	508	539	572	606	644	686	731	779	832	890	952	1.020	1.093	1.174
Transportasi	2.428	2.597	2.783	2.981	3.194	3.428	3.685	3.960	4.257	4.582	4.940	5.326	5.742	6.201	6.705
TOTAL	4.876	5.145	5.462	5.800	6.160	6.554	6.986	7.451	7.948	8.493	9.092	9.735	10.426	11.186	12.019

**Tabel H.6. Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi per Jenis Energi untuk Skenario Dasar PDRB di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Ribuan Setera Barel Minyak)

Jenis Energi	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Premium	1.745	1.873	2.014	2.166	2.328	2.507	2.434	2.626	2.832	3.060	3.312	3.584	3.877	4.202	4.560
Bioetanol	0	0	0	0	0	0	270,5	291,8	314,7	340	368	398,2	430,8	466,9	506,6
Minyak Tanah	957	991	1.027	1.065	1.104	1.145	1.189	1.235	1.283	1.335	1.389	1.446	1.506	1.569	1.636
LPG	390	404	419	434	450	467	485	504	523	544	566	589	614	639	667
M.Solar	865	914	967	1.023	1.082	1.146	922	977	1.035	1.097	1.165	1.236	1.313	1.397	1.487
Biodiesel	0	0	0	0	0	0	293,9	312,8	333	354,8	378,7	404,1	431,2	460,8	492,9
M.Diesel	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7
M.Bakar	38	40	42	43	45	47	50	52	54	57	59	62	65	68	72
Listrik	877	919	989	1065	1147	1237	1337	1447	1567	1701	1848	2009	2183	2376	2591
TOTAL	4.876	5.145	5.462	5.800	6.160	6.554	6.986	7.451	7.948	8.493	9.092	9.735	10.426	11.186	12.019

**Tabel H.7. Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi per Sektor Pemakai untuk Skenario Optimis PDRB di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Ribuan Setera Barel Minyak)

Sektor Pemakai	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rumah Tangga	1.617	1.681	1.769	1.861	1.959	2.069	2.191	2.324	2.466	2.626	2.806	2.998	3.207	3.442	3.704
Industri	351	363	386	410	434	460	491	526	561	599	645	692	745	803	868
Komersial	488	510	543	579	616	659	705	756	813	876	946	1.025	1.108	1.204	1.310
Transportasi	2.434	2.611	2.810	3.024	3.255	3.515	3.809	4.127	4.471	4.861	5.302	5.782	6.307	6.903	7.574
TOTAL	4.890	5.166	5.508	5.874	6.265	6.702	7.196	7.733	8.311	8.963	9.699	10.498	11.367	12.352	13.456

**Tabel H.8. Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi per Jenis Energi untuk Skenario Optimis PDRB di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Ribu Setera Barel Minyak)

Jenis Energi	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Premium	1.750	1.883	2.034	2.197	2.372	2.572	2.516	2.737	2.975	3.246	3.554	3.891	4.259	4.677	5.151
Bioetanol	0	0	0	0	0	0	279,6	304	330,6	360,7	394,9	432,3	473,2	519,7	572,3
Minyak Tanah	959	993	1.033	1.074	1.116	1.162	1.213	1.265	1.321	1.382	1.448	1.518	1.591	1.671	1.758
LPG	391	405	421	438	455	474	494	516	539	563	590	619	648	681	716
M.Solar	867	918	975	1.037	1.101	1.173	951	1.015	1.085	1.161	1.246	1.337	1.437	1.548	1.672
Biodiesel	0	0	0	0	0	0	302,1	323,7	346,8	372,7	401,6	432,7	466,2	503,7	545,4
M.Diesel	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	7	7
M.Bakar	39	39	42	44	45	47	50	54	56	58	62	65	69	72	77
Listrik	879	924	1.000	1.082	1.171	1.271	1.386	1.514	1.654	1.814	1.996	2.197	2.418	2.671	2.959
TOTAL	4.889	5.166	5.509	5.876	6.264	6.703	7.197	7.734	8.313	8.963	9.699	10.498	11.367	12.351	13.457

## EMISI CO<sub>2</sub>

**Tabel I.1. Emisi CO<sub>2</sub> per Sektor Pemakai Energi untuk Skenario Dasar PDRB dan Skenario Dasar Penyediaan Energi di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Juta Kilogram)

Sektor Pemakai	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rumah Tangga	454	470	486	503	521	539	559	580	602	625	650	675	702	730	760
Industri	89	93	97	101	105	110	115	120	126	131	138	144	151	158	166
Komersial	101	105	109	114	119	125	130	136	142	149	156	163	171	179	188
Transportasi	1.011	1.081	1.159	1.241	1.329	1.426	1.533	1.647	1.770	1.905	2.054	2.214	2.386	2.577	2.785
TOTAL	1.655	1.749	1.851	1.959	2.074	2.200	2.337	2.484	2.640	2.810	2.997	3.196	3.410	3.645	3.900

**Tabel I.2. Emisi CO<sub>2</sub> per Sektor Pemakai Energi untuk Skenario Dasar PDRB dan Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Juta Kilogram)

Sektor Pemakai	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rumah Tangga	454	470	486	503	521	539	559	580	602	625	650	675	702	730	760
Industri	89	93	97	101	105	110	115	120	126	131	138	144	151	158	166
Komersial	101	105	109	114	119	125	130	136	142	149	156	163	171	179	188
Transportasi	1.011	1.081	1.159	1.241	1.329	1.426	1.294	1.392	1.496	1.611	1.738	1.875	2.022	2.185	2.364
TOTAL	1.655	1.748	1.851	1.959	2.074	2.200	2.098	2.228	2.366	2.517	2.681	2.858	3.046	3.253	3.478

**Tabel I.3. Emisi CO<sub>2</sub> per Sektor Pemakai Energi untuk *Skenario Optimis PDRB* dan *Skenario Dasar Penyediaan Energi* di Propinsi DIY periode 2004-2018**

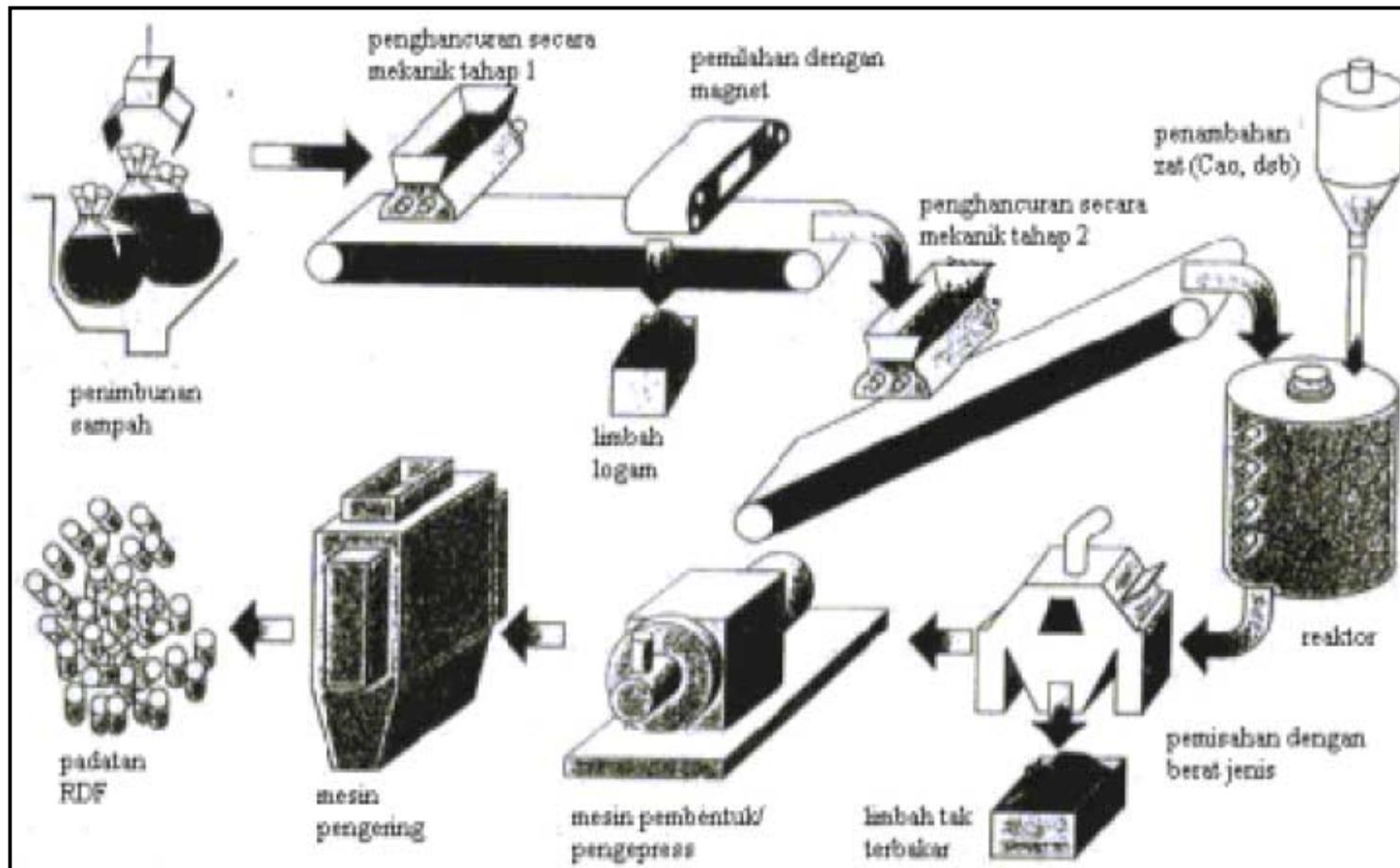
(Juta Kilogram)

Sektor Pemakai	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rumah Tangga	455	471	489	507	527	548	571	595	620	647	677	709	742	778	817
Industri	89	93	97	102	106	112	117	123	129	136	144	151	160	169	179
Komersial	101	105	110	115	121	126	133	139	147	154	163	172	181	191	202
Transportasi	1.014	1.087	1.170	1.259	1.355	1.463	1.585	1.717	1.860	2.021	2.204	2.404	2.621	2.868	3.147
TOTAL	1.659	1.756	1.866	1.983	2.108	2.248	2.405	2.574	2.755	2.959	3.188	3.435	3.704	4.006	4.345

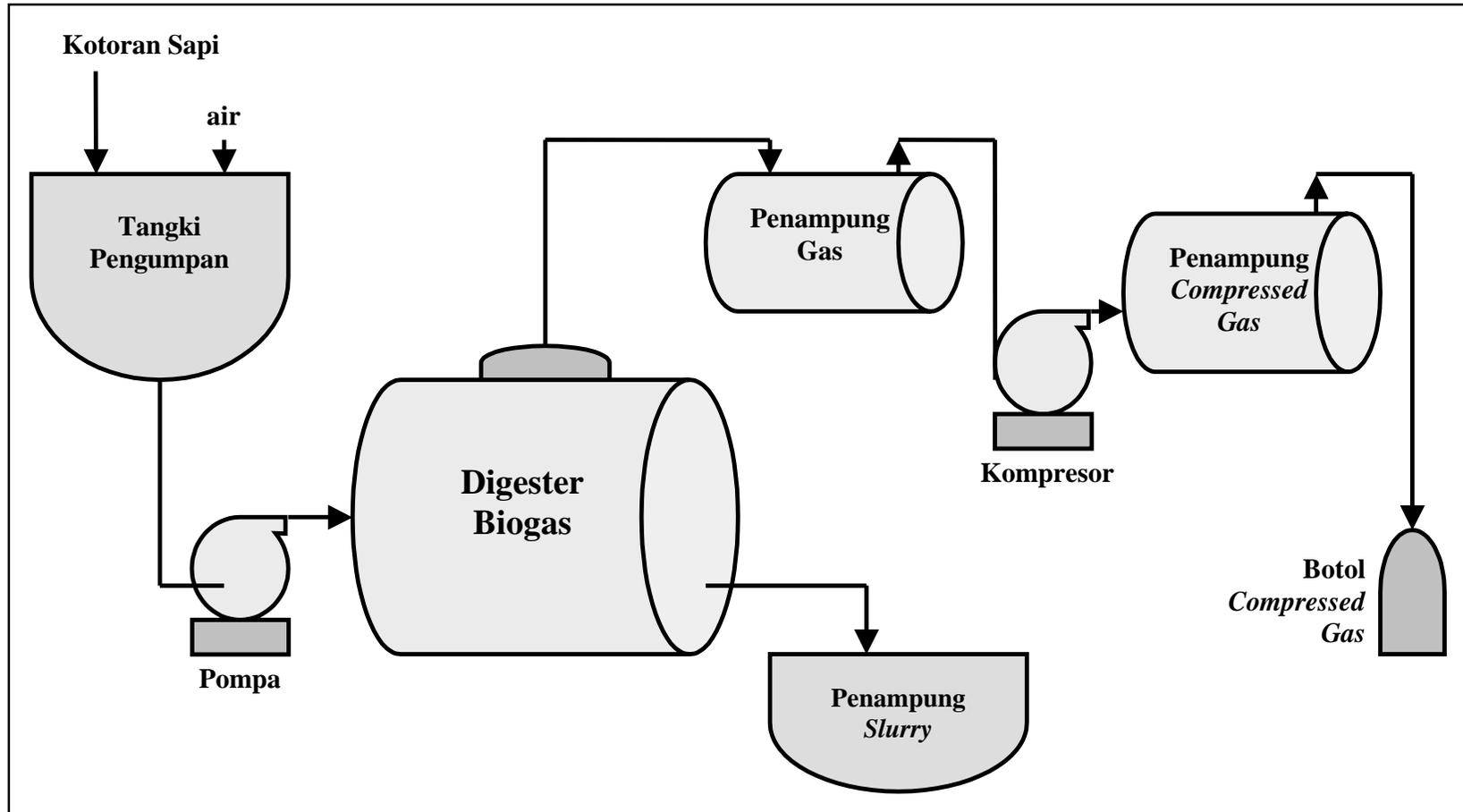
**Tabel I.4. Emisi CO<sub>2</sub> per Sektor Pemakai Energi untuk *Skenario Optimis PDRB* dan *Skenario Diversifikasi Penyediaan Energi* di Propinsi DIY periode 2004-2018**

(Juta Kilogram)

Sektor Pemakai	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rumah Tangga	455	471	489	507	527	548	571	595	620	647	677	709	742	778	817
Industri	89	93	97	102	106	112	117	123	129	136	144	151	160	169	179
Komersial	101	105	110	115	121	126	133	139	147	154	163	172	181	191	202
Transportasi	1.014	1.087	1.170	1.259	1.355	1.463	1.338	1.450	1.572	1.709	1.865	2.036	2.221	2.432	2.670
TOTAL	1.659	1.757	1.866	1.983	2.108	2.248	2.158	2.307	2.467	2.647	2.849	3.067	3.304	3.570	3.868



**Gambar A.1. Proses Pembuatan *Refused Derived Fuel* (RDF) dari Sampah Kota [20]**



**Gambar A.2. Proses Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi [8]**