



UNIVERSITAS INDONESIA

**PREDIKSI PERMINTAAN ENERGI SUB-SEKTOR INDUSTRI TEKSTIL,
INDUSTRI SEMEN, INDUSTRI BAJA DAN INDUSTRI PULP DAN KERTAS
DI INDONESIA MENGGUNAKAN PERMODELAN SISTEM DINAMIK**

TESIS

**WASIS SRIYADI
0906579020**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM MAGISTER TEKNIK KIMIA
DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PREDIKSI PERMINTAAN ENERGI SUB-SEKTOR INDUSTRI TEKSTIL,
INDUSTRI SEMEN, INDUSTRI BAJA DAN INDUSTRI PULP DAN KERTAS
DI INDONESIA MENGGUNAKAN PERMODELAN SISTEM DINAMIK**

TESIS

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

**WASIS SRIYADI
0906579020**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
KEKHUSUSAN PERLINDUNGAN LINGKUNGAN
DAN KESELAMATAN KERJA
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Wasis Sriyadi

NPM : 0906579020

Tanda Tangan :

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Wasis Sriyadi', enclosed within a light blue rectangular border.

Tanggal : 1 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Wasis Sriyadi
NPM : 0906579020
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Tesis : Prediksi Permintaan Energi Sub-Sektor Industri Tekstil,
Industri Semen, Industri Baja Dan Industri Pulp Dan
Kertas di Indonesia Menggunakan Permodelan Sistem
Dinamik

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng

Penguji I : Prof. Ir. Widodo W. Purwanto, DEA

Penguji II : Ir. Mahmud Sudibandriyo, MSc, PhD

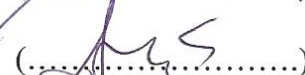
Penguji III : Ir. Dijan Supramono, MSc



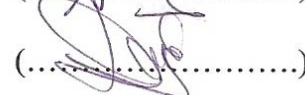
(.....)



(.....)



(.....)



(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Program Studi Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan hingga penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Ir. Mahmud Sudibandriyo, MSc., PhD., selaku pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan nasehat dan semangat untuk meraih gelar Magister Teknik ini;
- (3) Direktur Pusat Pengkajian Energi Universitas Indonesia (PEUI) Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa M.K., MT. dan seluruh staff (Deni, Mba Tomi, Mba Sonya, dan Pak Slamet) atas suasana yang baik dan menyenangkan selama saya disana.
- (4) Keluarga kecilku tercinta isteri dan ananda Rayyan, serta keluarga besarku kedua orang tuaku dan kedua mertuaku, serta kakak-kakakku yang telah memberikan dukungan dan doa.
- (5) Sahabat seperjuanganku di S2 Teknik Kimia UI angkatan 2009 dan 2010 (Mas Agung, Om Bono, Mas Setyo, Rini, Mba Faiz, Om Yuslan, Ibad, Bona, Echa, Aida, Irsham, dan teman 2009 yang telah lulus lebih dahulu Dharma, Mas Joddy, Mba Ani, dan Mas Agus) atas kebersamaan dan kekompakkannya selama masa perkuliahan, serta
- (6) Rekan-rekan satu topik penelitian Bang Yales (S3) dan David'07, atas kerjasama dan bantuan datanya.

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

Depok, Juni 2011

Penulis

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

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

Nama : Wasis Sriyadi
NPM : 0906579020
Program Studi : Magister Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

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

Prediksi Permintaan Energi Sub-Sektor Industri Tekstil, Industri Semen, Industri Baja Dan Industri Pulp Dan Kertas di Indonesia Menggunakan Permodelan Sistem Dinamik

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 20 Juni 2011

Yang menyatakan



(Wasis Sriyadi)

ABSTRAK

Wasis Sriyadi
NPM : 0906579020
Departemen Teknik Kimia

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Asep Handaya S., M.Eng.

PREDIKSI PERMINTAAN ENERGI SUB-SEKTOR INDUSTRI TEKSTIL, INDUSTRI SEMEN, INDUSTRI BAJA, INDUSTRI PULP DAN KERTAS DI INDONESIA MENGGUNAKAN PERMODELAN SISTEM DINAMIK

ABSTRAK

Industri tekstil, industry semen, industri baja, industri pulp dan kertas merupakan empat subsektor padat energi dari sektor industry di Indonesia. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu kajian lebih lanjut terhadap permintaan energi dari keempat industri tersebut pada tahun 2020. Kajian ini dapat dijadikan sebagai pertimbangan bagi Pemerintah dalam mengambil kebijakan. Hasil dari kajian ini adalah : permintaan energi hingga tahun 2020 yaitu untuk industri tekstil dengan tingkat pertumbuhan 10% sebesar 16.016.800 BOE, industry semen dengan tingkat pertumbuhan 3,4% sebesar 43.582.200 BOE, industry baja dengan tingkat pertumbuhan 5% sebesar 119.006.000 BOE serta industry pulp dan kertas dengan tingkat pertumbuhan 5,3% yaitu sebesar 5.944.350 BOE.

Kata kunci : energi, industri, tekstil, semen, baja, pulp, kertas, permodelan, sistem dinamik.

ABSTRACT

Wasis Sriyadi
NPM : 0906579020
Chemical Engineering Department

Counselor:
Dr. Ir. Asep Handaya S., M.Eng.

THE PREDICTION OF ENERGY DEMAND FOR TEXTILE INDUSTRY, CEMENT INDUSTRY, STEEL INDUSTRY, PULP AND PAPER INDUSTRY SUB-SECTOR IN INDONESIA USING DYNAMIC SYSTEM MODELLING

ABSTRACT

Textile, cement, steel, pulp and paper industry are the four energy-intensive subsectors of the industrial sector in Indonesia. Therefore it needs to do a further study on energy demand of those industries in 2020. This study can be used as a consideration for government to make policies. The result of this study are : the required of energy until 2020 are 16,016,800 BOE for textile industry at 10% of growth; 43,582,200 BOE for cement industry at 3.4% of growth; 119,006,000 BOE for steel industry at 5% of growth and 5,944,350 BOE for pulp and paper industry at 5.3% of growth.

Keywords: energy, industry, textile, cement, steel, pulp, paper, modelling, dynamic system.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB	
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Terkait Dengan Permintaan Energi di Indonesia	6
2.2. Penelitian Terkait Dengan Permodelan Permintaan Energi.....	7
2.3. Statistik Energi Indonesia	8
2.4. Teknologi Proses Industri Tekstil	10
2.5. Energi Yang Digunakan Dalam Industri Tekstil	12
2.6. Teknologi Proses Industri Semen	15
2.7. Energi Yang Digunakan Dalam Industri Semen	24
2.8. Teknologi Proses Industri Baja	25

2.9. Kebutuhan Energi Dalam Industri Baja	29
2.10. Teknologi Proses Industri Pulp dan Kertas	31
2.11. Penggunaan Energi Di Industri Kertas	33
2.12. Pengenalan Sistem Dinamik	35
2.13. Energy Demand Model	38
III. METODOLOGI PENELITIAN	40
3.1. Pola Pikir Penelitian	40
3.2. Inventarisasi Data	41
3.3. Penentuan Variabel Penelitian dan Formulasi	41
3.4. Perhitungan Matematis	42
3.4.1. Formulasi Matematis Industri Tekstil	42
3.4.2. Formulasi Matematis Industri Semen	44
3.4.3. Formulasi Matematis Industri Baja	45
3.4.4. Formulasi Matematis Industri Pulp dan Kertas	47
3.5. Permodelan Kebutuhan Energi	48
3.5.1. Model Prediksi Permintaan Energi Subsektor Industri Tekstil	49
3.5.2. Model Prediksi Permintaan Energi Subsektor Industri Semen	50
3.5.3. Model Prediksi Permintaan Energi Subsektor Industri Baja	51
3.5.4. Model Prediksi Permintaan Energi Subsektor Industri Pulp dan Kertas	51
3.6. Simulasi Prediksi Permintaan Energi	52
3.7. Teknik Analisis	53
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1. Industri Tekstil	54
4.1.1. Perhitungan Intensitas Energi Industri Tekstil	55
4.1.1.1. Unit Proses Serat	55
4.1.1.2. Unit Pemintalan	56
4.1.1.3. Proses Pertenunan	58

4.1.1.4. Unit Pencelupan dan Finishing	60
4.1.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Tekstil Skenario Tingkat Pertumbuhan	62
4.1.2.1. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Tekstil pada Tingkat Pertumbuhan Aktual	62
4.1.2.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Tekstil pada Tingkat Pertumbuhan Optimis.....	65
4.1.2.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Tekstil pada Tingkat Pertumbuhan Pesimis	68
4.1.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Tekstil Skenario Kebijakan Pemerintah	70
4.1.4. Prediksi Permintaan Energi Industri Tekstil	73
4.2. Industri Semen	74
4.2.1. Perhitungan Intensitas Energi Industri Semen	74
4.2.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Semen Skenario Tingkat Pertumbuhan	76
4.2.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Semen Skenario Kebijakan Pemerintah	79
4.2.4. Prediksi Permintaan Energi Industri Semen	82
4.3. Industri Baja	82
4.3.1. Perhitungan Intensitas Energi Industri Baja	83
4.3.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Baja Skenario Tingkat Pertumbuhan	85
4.3.2.1. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Baja Skenario Tingkat Pertumbuhan Aktual	85
4.3.2.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Baja Skenario Tingkat Pertumbuhan Optimis	87
4.3.2.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Baja Skenario Tingkat Pertumbuhan Pesimis	89
4.3.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Baja Skenario Kebijakan Pemerintah	92
4.3.4. Prediksi Permintaan Energi Industri Baja	95

4.4. Industri Pulp dan Kertas	96
4.4.1. Perhitungan Intensitas Energi Industri Pulp dan Kertas	97
4.4.1.1. Unit Proses Pulp	97
4.4.1.2. Unit Proses Kertas	98
4.4.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Pulp dan Kertas Skenario Tingkat Pertumbuhan	98
4.4.2.1. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Pulp dan Kertas pada Tingkat Pertumbuhan Aktual	99
4.4.2.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Pulp dan Kertas pada Tingkat Pertumbuhan Optimis.....	100
4.4.2.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Pulp dan Kertas pada Tingkat Pertumbuhan Pesimis	101
4.4.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Pulp dan Kertas Skenario Kebijakan Pemerintah	103
4.4.4. Prediksi Permintaan Energi Industri Pulp dan Kertas	106
4.5. Pasokan dan Permintaan Energi Sektor Industri	107
4.6. Kajian Intensitas Energi	110
V. KESIMPULAN DAN SARAN	112
5.1. Kesimpulan	112
5.2. Saran	113
DAFTAR PUSTAKA	114
LAMPIRAN	118

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Grafik Intensitas Energi Beberapa Negara	2
Gambar 2.1.	Sistem Penyediaan dan Kebutuhan Energi	9
Gambar 2.2.	Industri Hulu Pengolahan Logam (<i>Iron Making Process</i>)	25
Gambar 2.3.	Industri Antara Pengolahan Logam (<i>Crude Steel Process</i>).....	25
Gambar 2.4.	Industri Hilir Pengolahan Logam	26
Gambar 2.5.	Sketsa Tanur Tinggi	28
Gambar 2.6.	Diagram Alir Teknologi Proses Produksi Pulp dan Kertas	31
Gambar 2.7.	Grafik Perilaku Konsumsi BBM	36
Gambar 2.8.	Siklus Kebijakan	38
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 3.2.	Permodelan Subsektor Industri Tekstil	49
Gambar 3.3.	Permodelan Subsektor Industri Semen	50
Gambar 3.4.	Permodelan Subsektor Industri Baja	51
Gambar 3.5.	Permodelan Subsektor Industri Pulp Dan Kertas	51
Gambar 4.1.	Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Tekstil Subskenario Aktual	63
Gambar 4.2.	Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Tekstil Subskenario Optimis	66
Gambar 4.3.	Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Tekstil Subskenario Pesimis	68
Gambar 4.4.	Perbandingan Hasil Simulasi Permintaan Tekstil Skenario <i>Business As Usual</i> Dan Skenario Kebijakan Pemerintah	72
Gambar 4.5.	Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Semen Subskenario Aktual, Optimis Dan Pesimis	77
Gambar 4.6.	Proyeksi Kebutuhan Semen Nasional Skenario Kebijakan Pemerintah	81

Gambar 4.7.	Perbandingan Hasil Simulasi Permintaan Semen Skenario Tingkat Pertumbuhan Aktual Dan Skenario Kebijakan Pemerintah	81
Gambar 4.8	Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Besi-Baja Sub-Skenario Aktual	86
Gambar 4.9.	Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Besi-Baja Sub-Skenario Optimis	88
Gambar 4.10.	Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Besi-Baja Sub-Skenario Pesimis	90
Gambar 4.11.	Target Produksi Baja Versi Renstra Terhadap Skenario Tingkat Pertumbuhan	94
Gambar 4.12.	Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Pulp Dan Kertas Subskenario Aktual	99
Gambar 4.13.	Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Pulp Dan Kertas Subskenario Optimis	100
Gambar 4.14.	Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Pulp Dan Kertas Subskenario Pesimis	102
Gambar 4.15.	Target Produksi Pulp Versi Renstra Terhadap Skenario Tingkat Pertumbuhan	104
Gambar 4.16.	Target Produksi Kertas Versi Renstra Terhadap Skenario Tingkat Pertumbuhan	106

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Konsumsi Energi Final Sektor Industri	3
Tabel 2.1.	Statistik Penyediaan Energi Primer Nasional	9
Tabel 2.2.	Statistik Konsumsi Energi Nasional	10
Tabel 2.3.	Statistik Konsumsi Energi Per Sektor (<i>included biomass</i>)	10
Tabel 2.4.	Spesifikasi Mesin Unit Pemintalan (Angraeni, 2004)	13
Tabel 2.5.	Spesifikasi Mesin Unit Pertenunan (Gapur, 2009).....	14
Tabel 2.6.	Penggunaan Energi Untuk Pabrik Kertas	34
Tabel 4.1.	Produksi Industri Tekstil	54
Tabel 4.2.	Kebutuhan Energi Unit Pemintalan	57
Tabel 4.3.	Kebutuhan Energi Unit Pertenunan	59
Tabel 4.4.	Konsumsi Energi Pada Unit Pencelupan dan Finishing	61
Tabel 4.5.	Profil Penggunaan Energi Pada Industri Tekstil	62
Tabel 4.6.	Kapasitas Produksi Tekstil dan Produksi per kapita tekstil 2020	71
Tabel 4.7.	Kebutuhan Energi pada Industri Tekstil Dalam Skenario	73
Tabel 4.8.	Produksi Semen Tiga Perusahaan Besar di Indonesia	74
Tabel 4.9.	Profil Konsumsi Energi Pada Industri Semen	75
Tabel 4.10.	Proyeksi Kebutuhan Semen Nasional Versi Renstra Pemerintah	80
Tabel 4.11.	Kebutuhan Energi pada Industri Semen Dalam Skenario	82
Tabel 4.12.	Konsumsi Energi Industri Baja	83
Tabel 4.13.	Perbandingan Nilai Intensitas Energi Beberapa Negara	84
Tabel 4.14.	Kebutuhan Energi pada Industri Baja Dalam Berbagai Skenario	96
Tabel 4.15.	Produksi Industri Pulp dan Kertas	96
Tabel 4.16.	Konsumsi Energi Pada Industri Kertas	97
Tabel 4.17.	Negara Produsen Kertas Terbesar di Dunia 2007	105

Tabel 4.18. Kebutuhan Energi pada Industri Pulp dan Kertas Dalam Skenario Tingkat Pertumbuhan	107
Tabel 4.19. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Sub-sektor Industri Tekstil, Semen, Baja, Pulp dan Kertas 2020	109
Tabel 4.20. Perbandingan Nilai Intensitas Energi 4 Subsektor Industri Di Indonesia terhadap Nilai Intensitas Energi Terbaik di Dunia	111

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Perhitungan Populasi Penduduk	118
Lampiran B. Formulasi Model Permintaan Energi Dalam Powersim Studio Sub-sektor Industri Tekstil	119
Lampiran C. Formulasi Model Permintaan Energi Dalam Powersim Studio Sub-sektor Industri Semen	120
Lampiran D. Formulasi Model Permintaan Energi Dalam Powersim Studio Sub-sektor Industri Baja	122
Lampiran E. Formulasi Model Permintaan Energi Dalam Powersim Studio Sub-sektor Industri Pulp dan Kertas	124
Lampiran F. Nilai Konversi	125

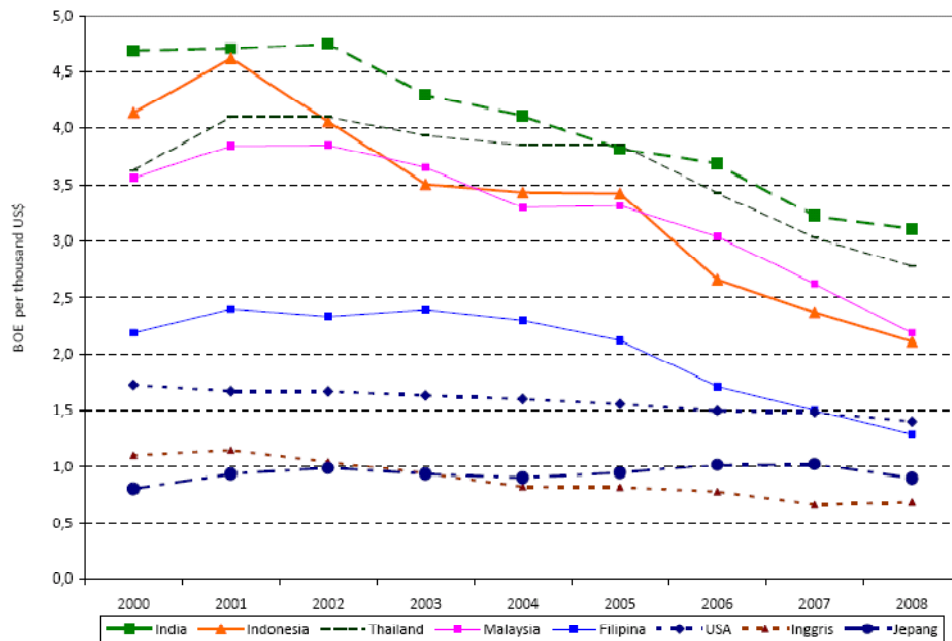
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi mempunyai peranan yang sangat penting dalam perekonomian, baik sebagai bahan bakar, bahan baku, maupun sebagai komoditas ekspor. Konsumsi energi terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Untuk memenuhi permintaan energi tersebut perlu dikembangkan sumber daya energi, baik energi fosil maupun energi terbarukan. Mengingat sumber daya energi fosil khususnya minyak bumi jumlahnya terbatas maka perlu dioptimalkan penggunaannya. Disamping itu pemberlakuan kebijakan subsidi harga energi yang berkepanjangan menyebabkan pemakaian energi di semua sektor tidak efisien. Hal ini terlihat dari intensitas energi yang masih tinggi. Berdasarkan data energi 2009 Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, di tahun 2008 intensitas energi Indonesia adalah 2,1 Barrel Oil Equivalent (BOE)/ribu US\$, rata-rata ASEAN adalah 2,08 BOE/ribu US\$, sedangkan negara maju seperti Inggris 0,7 BOE/ribu US\$ (Gambar 1). Belum dimanfaatkannya berbagai teknologi yang efisien pada saat ini menyebabkan penggunaan energi belum produktif.

Pemerintah dalam rangka optimalisasi penggunaan energi telah mengeluarkan kebijakan-kebijakan bidang energi antara lain Instruksi Presiden No.10/2005 tentang penghematan energi menyusul terjadinya krisis pengadaan BBM pada tahun 2005. Pada tahun 2006 pemerintah melalui Peraturan Presiden No.5/2006 mengeluarkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang merupakan revisi dari KEN tahun 2004. KEN bertujuan untuk mengarahkan upaya-upaya dalam mewujudkan keamanan pasokan energi dalam negeri, mengoptimalkan produksi energi, dan melakukan konservasi energi. Dari sisi pemanfaatannya perlu diusahakan penggunaan energi yang efisiensi dan melakukan diversifikasi.



Sumber : KESDM, 2009

Gambar 1. 1 Grafik Intensitas Energi Beberapa Negara

Kebijakan konservasi energi dimaksudkan untuk meningkatkan penggunaan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi kuantitas energi yang memang benar-benar diperlukan. Upaya konservasi energi dapat diterapkan pada seluruh tahap pemanfaatan, mulai dari pemanfaatan sumber daya energi sampai pada pemanfaatan akhir, dengan menggunakan teknologi yang efisien dan membudayakan pola hidup hemat energi. Potensi konservasi energi di semua sektor mempunyai peluang yang sangat besar yaitu antara 10% - 30%. Penghematan ini dapat direalisasikan dengan cara yang mudah dengan sedikit atau tanpa biaya. Dengan cara itu penghematan yang dapat dicapai sekitar 10 - 15%, apabila menggunakan investasi, penghematan dapat mencapai 30%.

Sektor industri merupakan konsumen terbesar energi final. berdasarkan data tahun 2008 sektor industri mengkonsumsi energi final sebesar 374,3 juta SBM (Setara Barel Minyak). Dengan rincian konsumsi energi final menurut jenis masing-masing adalah BBM sebesar 48.856 ribu SBM (13,05%), gas sebesar 90.845 ribu

SBM (24,27%), batubara sebesar 159.696 ribu SBM (42,66%) dan listrik sebesar 29.405 ribu SBM (7,86%) seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1.1. Konsumsi Energi Final Sektor Industri

Ribu BOE

Tahun	Biomass	Coal	Briquette	Gas	Fuel					LPG	Electricity	Total
					Kerosene	ADO	IDO	Fuel Oil	Total Fuel			
2000	58.981	36.060	85	86.826	4.219	37.171	8.008	25.581	74.979	1.073	20.850	278.854
2001	55.186	37.021	78	81.861	4.160	39.458	7.735	26.680	78.033	972	21.819	274.970
2002	52.305	38.698	83	80.508	3.955	38.828	7.311	25.596	75.690	1.093	22.578	270.955
2003	50.167	68.264	77	89.912	3.980	37.398	6.358	20.756	68.492	808	22.373	300.093
2004	46.917	55.344	80	85.076	4.012	42.986	5.862	21.859	74.719	1.101	24.719	287.956
2005	43.920	65.744	94	86.277	3.851	39.929	4.843	15.617	64.240	1.131	26.021	287.427
2006	46.676	89.043	94	82.845	3.394	35.027	2.627	16.154	57.202	1.453	26.736	304.049
2007	42.108	121.904	89	79.723	3.352	33.787	1.422	13.856	52.417	1.242	28.077	325.560
2008	44.235	159.696	157	90.845	2.676	35.371	849	9.961	48.857	1.124	29.405	374.319

Sumber : KESDM, 2009

Sektor industri selain menggunakan energi listrik juga menggunakan energi non listrik serta derivatifnya seperti uap dan panas. Identifikasi penggunaan energi dapat dilakukan dengan melihat karakteristik proses-proses produksi sehingga pemenuhan kebutuhan energi, dapat lebih optimal. Industri tekstil, industri semen, industri baja, industri pulp dan kertas merupakan industri padat energi yang memiliki teknologi proses yang cukup kompleks. Inovasi di bidang teknologi proses pada industri ini memiliki peluang untuk dikembangkan sehingga diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan energi dan material dalam produksi.

Sektor industri manufaktur dapat dibagi dalam kelompok padat energi (*Energi Intensive Industri*) dan kelompok yang tidak padat energi. Menurut Biro Pusat Statistik data konsumsi energi pada setiap subsektor industri menunjukkan bahwa hanya 6 (enam) subsektor yang mengkonsumsi sekitar 80% dari total pasokan energi, sedangkan 20% pasokan energi diserap oleh 17 subsektor industri. Enam subsektor yang masuk ke dalam subsektor padat energi adalah; subsektor Kimia, Logam, Makanan dan Minuman, semen dan keramik (galian bukan logam), tekstil dan pengolahan kertas serta pengolahan karet dan plastik. Dari enam subsektor padat

energi tersebut dalam penelitian ini akan coba dikaji mengenai kebutuhan energi dari empat subsektor yakni subsektor industri tekstil, industri semen, industri baja, dan industri pulp dan kertas.

1.2 Perumusan Masalah

Sub sektor industri tekstil, industri semen, industri baja dan industri kertas memerlukan permodelan intensitas energi yang lebih mendalam dan pengkajian terhadap lebih banyak lagi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi permintaan energi di keempat sub sektor industri ini. Dengan mengetahui jumlah permintaan produk-produk tersebut per kapita seiring dengan pertambahan jumlah penduduk maka akan diketahui kapan diperlukan penambahan jumlah perusahaan/industri masing-masing subsektor, sehingga dapat diprediksi berapa kebutuhan energi yang harus dipersiapkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan kajian “*energi demand*” pada setiap proses produksi pada industri tekstil, industri semen, industri baja dan industri kertas sehingga dapat :

- Mengukur intensitas energi masing-masing industri.
- Menganalisis dan memprediksi kebutuhan energi.
- Memberikan rekomendasi terkait hasil penelitian.

1.4. Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian perlu dilakukan pembatasan agar penelitian bisa lebih terfokus. Adapun batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Analisis kebutuhan energi hanya pada sektor industri, khususnya sub sektor industri tekstil, industri semen, industri baja dan industri kertas.
2. Kebutuhan energi yang dimaksud yaitu energi yang digunakan selama proses produksi tidak termasuk transportasi non material.

3. Industri tekstil yang dimaksud tidak termasuk produk tekstil atau garmen.
4. Konsumsi energi pada industri semen dan industri baja tidak memperhitungkan konsumsi energi tahap penambangan bahan galian.
5. Intensitas energi dinyatakan dalam satuan BOE/ton produk ataupun BOE/kg produk untuk memudahkan permodelan dan perhitungan.
6. Nilai intensitas energi yang dipergunakan merupakan nilai pendekatan teknologi, dan khusus untuk industri baja adalah pendekatan *produk mix* dan teknologi.
7. Permodelan yang akan dilakukan berdasarkan teknologi dan kebijakan yang seragam dalam suatu skenario untuk kurun waktu sampai dengan tahun 2020.
8. Permintaan energi ditinjau berdasarkan nilai energi dalam Barrel Oil Equivalent (BOE), bukan permintaan berdasarkan jenis/tipe energi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait Dengan Permintaan Energi di Indonesia

Beberapa penelitian tentang sisi permintaan energi di Indonesia telah dilakukan oleh M.M. Pitt (1985), Sasmojo dan Tasrif (1991) yang mengulas sisi permintaan untuk Bahan Bakar Minyak khususnya kerosene, penelitian lain dilakukan oleh Ooi (1986) yang lebih fokus pada daerah *rural*. Schipper dan Meyers (1991) juga melakukan penelitian pada sisi permintaan energi dengan penekanan kepada efisiensi peralatan listrik rumah tangga.

Penelitian dalam skala regional, dimana Indonesia menjadi salah satu objek penelitian dilakukan oleh Ishiguro M, dan T. Akiyama (1995) yang meneliti permintaan energi di negara-negara ASEAN, termasuk Indonesia pada tingkat agregat dengan menggunakan model *econometric*, dan fokus penelitian adalah untuk melihat dampak dari kebijakan energi terhadap pertumbuhan permintaan. Sedangkan Dahl, dan Kurtubi (1997) melakukan penelitian terhadap perkiraan permintaan BBM dengan model *cointegration*. Penelitian tentang permintaan BBM yang dilakukan Saad S. (2009) adalah untuk memperkirakan elastisitas harga dan pendapatan (*income*) terhadap harga. Penelitian yang dilakukan oleh Shrestha dan Marpaung (1999) yaitu dari sisi permintaan listrik dan terkait *carbon tax*.

Sun (2003) melakukan analisa terhadap intensitas energi pada sektor manufaktur di banyak negara di dunia. Dalam penelitiannya Sun membahas penurunan intensitas energi di sektor manufaktur di Indonesia dan beberapa negara berkembang lainnya yang disebabkan oleh perhitungan total pasokan energi primer (*Total Primary Energi Supply*) dan juga memasukkan pasokan energi terbarukan.

2.2. Penelitian Terkait Dengan Permodelan Permintaan Energi

Permodelan energi membantu dalam memahami hubungan dan interaksi antara energi dengan faktor lainnya (misalnya ekonomi, teknologi dan lain-lain). Hal ini membantu para perencana kebijakan energi untuk memperkirakan dan merencanakan dampak kebijakan di masa depan. Permodelan energi dapat digunakan untuk landasan dalam memformulasi kebijakan yang sesuai dengan keadaan dan situasi yang terjadi. Publikasi dalam negeri yang terkait dengan kebijakan energi dan permodelan adalah yang diterbitkan oleh Pengkajian Energi Universitas Indonesia (PEUI), buku ini mempunyai cakupan luas tentang permodelan energi serta memberi panduan untuk setiap konsep dan formulasi.

Jebaraja dan Iniyana (2004) telah melakukan paper review terhadap berbagai topik yang berkembang dan berhubungan dengan permodelan energi. Perbedaan jenis permodelan yang dicatat dalam penelitiannya adalah *energi planning models* – permodelan energi untuk perencanaan, *energi supply-demand models* – permodelan energi untuk pasokan-permintaan, *forecasting models* – permodelan untuk melakukan perkiraan, *renewable energi models* – permodelan untuk energi terbarukan, *emission reduction models* – permodelan untuk pengurangan emisi, dan model untuk optimalisasi. Selain mengulas jenis-jenis permodelan, mereka juga mengulas permodelan berdasarkan *neural network* dan *fuzzy theory* yang dapat digunakan untuk melakukan perkiraan.

Bhattacharyya dan Timilsilna (2009) secara kritis mengulas beberapa metodologi permodelan energi dalam rangka mendapatkan model yang tepat untuk memasukkan hal-hal yang khusus yang terdapat di negara-negara berkembang. Kemudian mereka menyimpulkan bahwa secara umum permodelan permintaan energi yang telah dilakukan dapat dikelompokkan ke dalam dua pendekatan, yaitu *econometric models* dan *end-use energi accounting*. Pendekatan *end-use energi accounting* di negara-negara berkembang terdapat masalah dengan ketersediaan data, padahal model ini membutuhkan data yang detail untuk mewakili setiap sub sektor

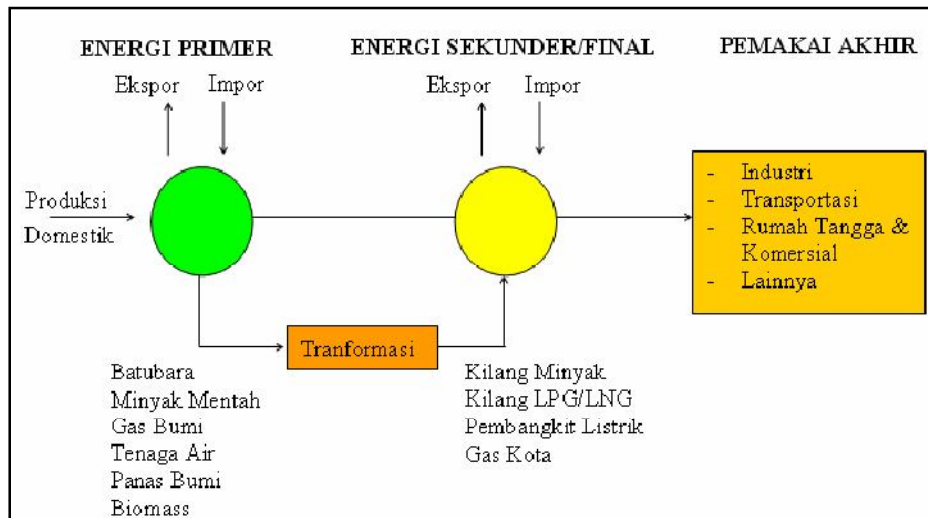
dalam membuat proyeksi/prediksi ke depan yang realistic dibandingkan dengan pendekatan ekonometrik.

2.3. Statistik Energi Indonesia

Penyediaan energi di masa depan merupakan permasalahan yang senantiasa menjadi perhatian semua bangsa karena bagaimanapun juga kesejahteraan manusia dalam kehidupan modern sangat terkait dengan jumlah dan mutu energi yang dimanfaatkan. Bagi Indonesia yang merupakan salah satu negara sedang berkembang, penyediaan energi merupakan faktor yang sangat penting dalam mendorong pembangunan. Seiring dengan meningkatnya pembangunan terutama pembangunan di sektor industri, pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk, kebutuhan akan energi terus meningkat. Sampai saat ini, minyak bumi masih merupakan sumber energi yang utama dalam memenuhi kebutuhan di dalam negeri. Selain untuk memenuhi kebutuhan energi di dalam negeri, minyak bumi juga berperan sebagai komoditi penghasil penerimaan negara dan devisa.

Peranan minyak bumi yang besar tersebut terus berlanjut, sedangkan cadangan semakin menipis. Di lain pihak harga minyak bumi sangat sulit untuk diperkirakan, sebagai akibat banyaknya faktor tak menentu yang berpengaruh. Selain itu, produksi BBM yang dilakukan melalui teknologi transformasi di dalam negeri, tidak mencukupi kebutuhannya.

Sistem penyediaan kebutuhan energi, baik sebelum maupun setelah melalui teknologi transformasi sampai ke pemakai akhir dapat diperlihatkan pada gambar berikut.



Sumber: KESDM, 1996

Gambar 2.1 Sistem Penyediaan dan Kebutuhan Energi

Tabel 2.1. Statistik Penyediaan Energi Primer Nasional

(BOE)

Tahun	Coal	Crude Oil & Product	Natural Gas & Product	Hydro Power	Geothermal	Biomass	Total
2000	93.831.548	433.360.998	164.649.922	25.248.631	9.596.400	269.054.110	995.741.609
2001	119.125.379	441.731.352	172.083.907	29.380.607	9.960.940	268.970.034	1.041.252.219
2002	122.879.411	452.817.870	188.822.314	25.038.179	10.248.040	270.230.078	1.070.035.892
2003	164.950.173	456.647.707	204.142.054	22.937.538	10.375.200	272.005.374	1.131.058.046
2004	151.543.284	498.117.696	187.553.776	24.385.647	11.077.000	271.806.233	1.144.483.636
2005	173.673.093	493.636.985	191.189.376	27.034.841	10.910.460	270.042.895	1.166.487.651
2006	205.779.290	459.333.373	196.599.386	24.256.796	11.182.742	276.335.944	1.173.487.530
2007	258.174.000	474.042.813	183.623.636	28.450.964	11.421.759	275.199.938	1.230.913.109
2008	322.933.800	455.612.264	193.352.098	29.060.287	13.423.610	277.962.458	1.292.344.517

Sumber : KESDM, 2009

Tabel 2.2. Statistik Konsumsi Energi Nasional

(Ribu BOE)

Tahun	Biomassa	Batubara	Gas Alam	BBM	Produk Minyak Lainnya	Briket	LPG	Listrik	TOTAL
2000	269.042	36.060	87.214	315.272	13.435	85	8.261	48.555	777.924
2001	268.953	37.021	82.235	328.203	25.712	78	8.280	51.841	802.323
2002	270.207	38.598	80.885	325.202	22.688	83	8.744	53.418	799.825
2003	271.974	58.264	90.277	321.384	23.555	77	8.756	55.473	829.760
2004	271.765	55.344	85.459	354.317	37.716	80	9.187	51.393	865.261
2005	270.043	65.744	86.634	338.375	29.614	94	8.453	55.544	854.501
2006	276.271	89.043	83.221	311.913	40.922	94	9.414	59.071	869.949
2007	275.126	121.904	80.178	314.248	30.873	89	10.925	74.376	907.719
2008	277.874	169.138	91.457	312.190	88.099	153	15.719	79.138	1.033.768

Sumber : KESDM, 2009

Tabel 2.3 Statistik Konsumsi Energi Per Sektor (*included biomass*).

(BOE)

Tahun	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Industri	251.895.942	252.158.714	245.108.900	275.308.517	263.294.377	262.687.070	280.187.757	300.675.120	360.688.169
Rumah Tangga	296.573.110	301.347.223	303.032.794	309.046.165	314.114.684	313.772.025	312.715.871	319.333.000	317.032.982
Komersial	20.670.388	21.449.843	21.752.300	22.397.122	25.412.327	26.234.764	26.194.683	27.896.499	27.984.294
Transportasi	139.178.659	148.259.584	151.498.823	156.232.909	178.374.391	178.452.407	170.127.492	179.135.822	191.257.453
Lain-lain	29.213.878	30.585.607	29.998.546	28.445.436	31.689.809	29.102.166	25.936.873	24.912.051	24.842.951
Konsumsi Energi Final	737.531.977	753.800.971	751.391.363	791.430.149	812.885.588	810.248.432	815.162.676	851.952.492	921.805.849

Sumber : KESDM, 2009

2.4. Teknologi Proses Industri Tekstil

Industri tekstil dimulai dari industri pembuatan benang (pemintalan), industri pembuatan kain (pertenunan dan perajutan), industri penyempurnaan (*finishing*) hingga industri pakaian jadi (garmen). Bahan baku industri tekstil dapat menggunakan serat alam baik dari serat-serat tumbuhan seperti kapas, serat hewan seperti wol, sutra, maupun dari bahan sintetik lain seperti nilon, polyester, akrilik dan lain-lain.

Di Indonesia industri tekstil sangat bervariasi baik dalam hal skala produksi (skala kecil, menengah sampai skala besar) dengan teknologi dari padat karya sampai padat modal, maupun variasi proses yang meliputi proses pemintalan, proses pertenunan/ perajutan, proses penyempurnaan sampai proses pakaian jadi. Banyak pabrik yang hanya melakukan beberapa proses tersebut, tetapi ada pula yang merupakan suatu pabrik yang terintegrasi dimulai dari pembuatan benang hingga proses penyempurnaan bahkan dilengkapi dengan proses pembuatan garmen. Dengan demikian permasalahan kebutuhan energi yang dihadapi oleh suatu pabrik tekstil sangat dipengaruhi variasi tersebut, termasuk teknologi proses dan jumlah produk yang dihasilkan.

Proses produksi tekstil secara garis besar adalah sebagai berikut :

1. Proses Serat

Serat yang diolah berupa serat alam (serat kapas) dan serat buatan (serat polyester). Pengolahan serat dapat berupa 100% kapas ataupun campuran dari kedua jenis serat tersebut dengan perbandingan tertentu.

2. Proses Pemintalan

Pada proses ini serat yang masih berupa bahan baku diproses menjadi benang berbagai jenis, antara lain : benang TC (*Tetoron Cotton*), CD (*Carded*), CM (*Combed*), dengan nomor yang juga beragam. Hasil proses ada yang langsung dikemas untuk dijual dan ada pula yang digunakan untuk proses berikutnya yaitu pencelupan benang dan pertenunan.

3. Proses Pertenunan/Perajutan

Sebelum masuk ke proses pertenunan ada satu tahapan proses yaitu proses persiapan pertenunan, yang tujuannya adalah memperbaiki mutu benang sehingga pada proses selanjutnya tidak banyak mengalami kesulitan, hambatan agar tidak terjadi cacat pada kain yang diproduksi, tujuan lain dari proses persiapan pertenunan adalah membuat gulungan benang dengan bentuk dan volume yang diinginkan sesuai perencanaan.

Proses pertenunan sendiri pada prinsipnya adalah menyilangkan benang-benang lusi dengan benang-benang pakan sehingga terbentuk anyaman yang hasilnya berbentuk kain.

4. Proses Penyempurnaan

Proses penyempurnaan (finishing) merupakan proses terakhir dari aktivitas produksi tekstil, adapun tahapan dalam proses penyempurnaan antara lain :

- Pencelupan, yaitu pemberian warna baik pada benang maupun pada kain, sesuai permintaan.
- Pencapan, yaitu pemberian corak pada kain sesuai permintaan.
- Finishing, yaitu proses tambahan setelah pencelupan atau pencapan, proses ini juga dikerjakan pada kain yang tidak dicelup atau tidak dicap, tujuannya agar diperoleh kain dengan efek/sifat tertentu.
- Compacting, proses penggulungan bahan yang sudah jadi dan siap dijual.

2.5. Energi Yang Digunakan Dalam Industri Tekstil

Industri tekstil pada umumnya menggunakan mesin-mesin yang digerakkan dengan listrik sebagai sumber energi. Mesin-mesin yang digunakan dalam industri tekstil terbagi menjadi tiga bagian besar, yaitu mesin-mesin yang digunakan dalam industri pemintalan, industri tenun dan perajutan serta industri pencelupan dan finishing.

Tabel-tabel berikut sebagai gambaran mesin-mesin serta daya yang dibutuhkan pada industri tekstil :

Tabel 2.4 Spesifikasi Mesin Unit Pemintalan (Angraeni, 2004)

Nama Mesin	Merk	Tipe	Daya (kW)
Pre Opener	Sansho	SAS. B	4,45
Roller Card (RC)	Kyowa	SC7	3,7
		HPC	15
After Gill (AG)	OKK	HG-6	3,7
Mixing Gill (MG)	OKK	HG-5	3,7
High Mixing Gill	OKK	HL	4,2
Auto Leveller Gill (ALG)	OKK	HG-5	3,7
		NSC	4,5
High Speed Gill (HSG)	OKK	HG-5	3,7
		NSC	4,5
Bi Coiler Gill (BCG)	OKK	HG-5	3,7
	NSC	GC-15	4,5
Rover	OKK	HF-5	16
	NSC	FMV-32	4
Ring Frame (RF)	OKK	HW-6	17
	OM	HF-7144	28,3
	Ishikawa	PSF-T	29,3
Mach Corner (MC)	Murata	MC-7	15
Re Winding	Kamitsu	RT-L	2,2
Double Roto Traverse(DRT)	Murata	M-363	7,4
	Kamitsu		7,4
Double Twister (DT)	Murata	M-363	2,2
Reeling	Ishikawa	HP-W400	4
	CL	A-5	3,7

Tabel 2.5 Spesifikasi Mesin Unit Pertenunan (Gapur, 2009)

Nama Mesin	Merk	Tipe	Daya (kW)
Heat Setter	NICUM	SBRF-4	11
Direct Warper	BENINGER	ZC-M600	6.5
Direct Warper	BENINGER	ZCL-1600	6.5
Sectional Warper	BENINGER	SC-C300	8.5
Cone Winder	MURATA	RTW-14	3.2
Sizing	BABA	C-12HD-45	22
Sizing	ZELL	2xEK/Z/2F	18.7
Beam Stocker	TODO	TC-103	8.1
Leashing	TODO	TC-103	0.18
Reaching	TODO	NL-70	0.02
Reaching	TODO	NL-80	0.04
Reaching	TODO	NL-90	0.06
Reaching	TODO	NL-130	0.04
Tying	TODO	NK-1	0.04
M.Tenun Air Jet	TOYOTA	JA 170T T500	2.6
M.Tenun Air Jet	TOYOTA	JA 190T T500	2.6
M. Tenun Air Jet	TOYOTA	JA 190T T600	2.7
M. Tenun Air Jet	TOYOTA	JA 190T T610	2.7
M. Tenun Air Jet	TSUDA KOMA	ZA 203i	2.2
M. Tenun Air Jet	TSUDA KOMA	ZA 205i	2.2
M. Tenun Air Jet	TSUDA KOMA	ZA 209i	2.2
M. Tenun Rapier	PICANOL	GTX	5.75
M. Tenun Rapier	PICANOL	GTX PLUS	5.75
Inspecting	SETIA LOGAM	SL-101-VC75	0.672
Folding	KOMINAMI	F-2S70	1.5
Folding	KOMINAMI	HAF-3A75	2.2

2.6. Teknologi Proses Industri Semen

Semen (*cement*) adalah hasil industri dari paduan bahan baku : batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung / tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/*bulk*, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air. Secara garis besar untuk proses pembuatan semen adalah sebagai berikut:

1. Pengeringan dan penggilingan bahan baku (*Unit Raw Mill*)
2. Penyediaan dan persiapan bahan bakar (*Unit Coal Mill*)
3. Pembakaran tepung baku dan pendinginan clinker (*Unit Burning*)
4. Penggilingan akhir (*Unit Finish Mill*)
5. Pengantongan semen (*Unit Packing*)

2.6.1. Unit Raw Mill

Bahan baku tersebut harus melalui proses penggilingan dan pengeringan sebelum ke *kiln*. Hal ini dimaksudkan untuk:

- a. Mengeringkan bahan baku hingga kadar airnya tidak boleh >1%.
- b. Mereduksi ukuran bahan baku hingga ukurannya 170 mesh (90 mikron) sehingga diperoleh material yang lebih halus, dengan luas permukaan lebih besar yang berpengaruh pada operasi di *kiln*.
- c. Mencampur bahan baku dengan perbandingan tertentu.
- d. Memperoleh campuran yang lebih homogen.

Proses penggilingan atau homogenisasi bertujuan untuk menghomogenkan campuran tepung baku. Homogenisasi tepung baku terjadi secara *batch* di *blending silo* berkapasitas 1000 ton. Homogenisasi dilakukan secara *pneumatic* dengan udara bertekanan yang dialirkan di bawah silo untuk mencegah pemampatan material. Proses homogenisasi memiliki beberapa keuntungan:

- Mutu *clinker* lebih baik, seragam, mudah dibakar, dan mudah digiling.
- Penghematan bahan bakar.
- Proses pembakaran lebih stabil dalam waktu yang lama.
- Bata tahan api lebih tahan lama (awet) karena operasi *kiln* lebih stabil.

2.6.2. Unit Coal Mill

Pada unit *coal mill*, batubara digunakan sebagai bahan bakar pada proses pembakaran di *kiln* dan *suspension preheater* (SP). Standar kualitas *fine coal*:

- Residu 8.5% + 1 pada saringan 170 mesh (90 mikron).
- *Moisture content* 3 – 10%.

Coal yang diangkut dengan *coal hauler* masuk ke *hopper* dengan sistem *dumping hydraulic*. Sedangkan *coal* dari *dump truck* masuk ke *hopper* manual. Pada *hopper* terdapat vibrator untuk memudahkan material jatuh dan menahan benda asing yang masuk. *Hopper* yang digunakan ada 6 buah yaitu 3 buah *hopper* untuk *dumping hydraulic* dan 3 buah *hopper* untuk proses penuangan manual.

Dari *hopper*, *raw coal* diangkut dengan *belt feeder* dan *belt conveyor* ke *coal storage C* berkapasitas 30.000 ton untuk homogenisasi. *Coal* dilewatkan pada *tripper* untuk mengatur penyebaran *coal* pada *storage* sehingga membentuk *pile* sebanyak 6 buah. *Pile-pile* ini berfungsi mempermudah pengamatan volumetrik terhadap jumlah *coal* yang digunakan untuk mencegah kebakaran. Untuk pengambilan *coal*, digunakan *reclaimer* dan *scraper*. Dari *scraper*, *coal* diangkut melewati *iron separator* dengan *belt conveyor* menuju *vibrating screen*. *Iron separator* berfungsi menahan benda-benda asing (bersifat logam) yang dengan menggunakan magnet. *Vibrating screen* berfungsi menahan *coal* besar (>50 mm) dan akan dihancurkan *hammer crusher*. Untuk *coal* kecil akan diteruskan *belt conveyor* masuk ke *raw coal bin* atau *hopper raw coal*. Dari *hopper*, *raw coal* diangkut *chain feeder* melewati *triple gate* masuk ke *coal mill*. *Tripple gate* berfungsi mencegah udara luar. Di dalam *coal mill* terjadi proses pengeringan, penggilingan, dan pemisahan. *Coal mill* berupa *roller mill* terdiri dari meja giling, 3 rol penggiling, dan separator dinamis di atasnya.

Untuk proses pengeringan digunakan gas panas dari *suspension preheater* yang dapat membawa debu (*raw meal*) sehingga diperlukan *cyclone* untuk memisahkannya. Debu dari *cyclone* dikembalikan ke *raw mill silo*, sedangkan gas panas diteruskan ke *header*. *Header* berfungsi mengurangi debu yang terbawa gas panas dan sebagai reservoir panas yang mengatur pembagian gas panas ke 3 buah

coal mill. *Coal* masuk dari bagian atas *coal mill*, dan terjadi proses pengeringan. Selain itu, terjadi penggilingan dengan *raw* penggiling. *Coal* yang telah tergiling akan terlempar dari meja giling dan terbawa gas panas ke separator dengan hisapan *mill fan*. Kemudian *coal* dikeringkan hingga kandungan air 8% dan dihaluskan sampai 90 mikron dengan residu maksimal 20% pada saringan 170 mesh. Tingkat kehalusan diatur dengan mengatur kecepatan putaran *blade*. Serbuk *coal* kasar akan dikembalikan ke meja giling untuk digiling kembali, sedangkan yang halus bersama gas panas keluar dari atas *mill* menuju *cyclone* separator.

Pada *cyclone* separator terjadi pemisahan gas panas dengan *fine coal*. Gas panas dialirkan ke *dust collector* (*bag filter*) untuk menangkap debu dari *coal* yang mungkin terbawa dari aliran gas. Debu *coal* akan tertahan pada *bag filter* dan secara periodik ditembak oleh angin kejut sehingga jatuh ke bawah dan dibawa *screw conveyor* yang kemudian bergabung dengan *fine coal* dari *cyclone* menuju *coal bin* dengan kapasitas 60 ton. Pengangkutan *fine coal* menuju *coal bin* menggunakan dorongan angin dari *compressor*. Pada *fine coal bin* terdapat *load cell* yang berfungsi untuk menimbang berat *fine coal bin*.

Gas dari *dust collector* dibuang ke lingkungan, atau dapat dikembalikan ke *coal mill* sebagai gas balik (sirkulasi). Pengaturan banyak atau sedikitnya gas yang dikembalikan tergantung pada suhu material pada *outletnya*. Bila suhunya tinggi, maka gas yang dikembalikan banyak, dan sebaliknya.

2.6.3. Unit Burning

Pada unit ini, bahan baku (batu kapur, pasir *silica*, tanah liat, dan pasir besi) direaksikan hingga membentuk *clinker* dengan kandungan C_2S , C_3S , C_3A , dan C_4AF . Proses pembakaran dan pendinginan *clinker* terbagi dalam dua tahap:

A. Tahap Pembentukan *Clinker*

Proses pembentukan terjadi dalam beberapa tahap proses, yaitu:

- a. Pemanasan awal dan penguapan air yang terjadi di *suspension preheater*.
- b. Kalsinasi awal yang terjadi di *suspension preheater*.
- c. Kalsinasi lanjutan yang terjadi di *rotary kiln*.

- d. Transisi terjadi di *rotary kiln*.
- e. Proses *sintering* terjadi di *rotary kiln*.
- f. Proses pendinginan terjadi di *air quenching cooler*.

Umpan tepung baku dari *storage silo (kiln feed)* dialirkan *air slide conveyor* ke *feed tank* (tempat penampungan sementara dan kemudian dikeluarkan menuju *weighing feeder*. Setelah itu laju aliran material menuju *bucket elevator* dan kemudian dimasukkan ke *suspension preheater*.

Tepung baku masuk ke *suspension preheater* melalui saluran penghubung (*connecting duct*) pada *cyclone 3* dan *4*. Sistem *suspension preheater* terdiri dari 4 *cyclone* yang berhubungan satu dengan yang lain secara bertingkat. Tepung baku mengalami pemanasan secara berulang di sepanjang tingkatan *cyclone* dan material terpisah dari gas panas dengan gaya tangensial. Gas panas keluar karena hisapan *suspension preheater fan* dan digunakan kembali untuk pengeringan dan penggilingan di *raw mill*. Begitu seterusnya sampai semua *cyclone* dilewati, kemudian tepung baku masuk ke *kiln*. Keuntungan unit *suspension preheater*:

- Gas panas dari *suspension preheater* sebagai pemanas *raw mill* dan *coal mill*.
- *Rotary kiln* menjadi lebih pendek.
- Penghematan bahan bakar.

Unit *suspension preheater* dilengkapi dengan kalsinasi awal yang berfungsi untuk menaikkan derajat material sebelum masuk ke *kiln*. Gas untuk pemanasan material berasal dari pemanasan gas panas yang dihasilkan oleh *coal* yang disuplai ke KSV dan sisa panas dari *kiln*. Jumlah total konversi kalsinasi dari *suspension preheater* adalah 75-85%. Keuntungan kalsinasi awal (prekalsinasi):

- Diameter dan panjang *kiln* lebih kecil sehingga mengurangi pemakaian bata tahan bakar di *burning zone*. Hal ini disebabkan sebagian pembakaran di *burning zone* telah dilakukan oleh kalsinasi awal (prekalsinasi) kira-kira 85%.
- Diameter *kiln* dan beban panas rendah, terutama untuk *kiln* berkapasitas besar.
- Waktu tinggal material dalam *kiln* menjadi lebih singkat.
- Dapat menggunakan bahan bakar (*alternatif fuel*) berkualitas rendah karena temperatur tidak terlalu tinggi (850-900⁰C).

- Operasi *kiln* lebih stabil.

Setelah keluar dari *cylone* pertama, tepung baku akan masuk ke dalam *rotary kiln* melalui *kiln inlet* pada suhu $\pm 900-1000^{\circ}\text{C}$. Di dalam *kiln* terjadi kontak antara gas panas dan material secara kontinu dengan arah *counter current* sehingga terjadi reaksi dan perpindahan panas yang menyebabkan perubahan fisika dan kimia material sepanjang *kiln*.

Tujuan penggunaan bata tahan api di dalam *kiln*:

- Melindungi *shell tube* dari beban panas yang tinggi.
- Berfungsi sebagai isolator panas sehingga dapat mengurangi kehilangan panas karena radiasi dan konveksi.

Di *rotary kiln*, bahan bakar dialirkan ke alat pembakar (*burner*). Batubara dibakar dengan bantuan udara primer (*primary air*) dari udara bebas dengan bantuan *primary fan blower* dan udara sekunder (*secondary air*) dari *cooler*. Hasil pembakaran yang berupa gas panas juga digunakan untuk pemanasan di *suspension preheater*, *raw mill*, dan *coal mill*. *Rotary kiln* sebagai ruang pembakaran utama terbagi dalam lima daerah (zona), yaitu:

1. Zona kalsinasi lanjutan

- Digunakan bata tahan api jenis *fire clay alumina* 50%.
- Proses kalsinasi berlangsung sempurna 100%.
- CaCO_3 hampir terkonversi seluruhnya menjadi CaO .
- Pembentukan awal C_2S .
- Temperatur berkisar antara $800-900^{\circ}\text{C}$.

2. Zona *safety*

- Digunakan bata tahan api jenis *high alumina* 50-60%.
- Untuk memastikan konversi CaCO_3 menjadi CaO 100%.
- Mulai terbentuknya C_3A .
- Menghilangkan unsur pengotor untuk menghindari meningkatnya unsur alkali, Mn, sulfur, dan lain-lain.

3. Zona transisi

- Digunakan bata tahan api jenis *magnesit chrome* 70%.
- Material mengalami persiapan pembakaran pada temperatur 900-1200⁰C.
- Mulai terbentuknya C₂S, C₃S, C₃A, dan C₄AF (tetapi belum optimal).
- Sebagian material mengalami perubahan fasa menjadi cair, yang berfungsi sebagai pengikat di zona *sintering*.

4. Zona sintering

- Digunakan bata tahan api jenis *magnesit chrom brick* 90% karena memiliki ketahanan terhadap beban panas yang tinggi, memiliki ketahanan yang tinggi terhadap serangan zat kimia, memiliki ketahanan terhadap radiasi *flame* dan perubahan temperatur secara mendadak, dan lebih sensitif melawan deformasi *kiln shell*.
- Mulai terbentuknya C₂S, C₃S, C₃A, dan C₄AF pada temperatur 1200-1450⁰C.

5. Zona cooling

- Digunakan bata tahan api jenis *high alumina brick* dengan kandungan Al₂O₃ 90-95% karena memiliki ketahanan yang baik terhadap perubahan temperatur dan memiliki porositas yang rendah sehingga memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan zat kimia.
- Material mengalami pendinginan sampai 1200⁰C.
Umumnya di bagian atas bata tahan api terbentuk lapisan (*coating*) material akibat pelelehan di bagian transisi yang berguna untuk menjaga ketahanan bata tahan api.

B. Tahap Pendinginan *Clinker*

Clinker yang terbentuk pada proses pembakaran mengalami pendinginan pada *grate cooler* dengan sistem *Air Quenching Cooler* (AQC) untuk:

- Menghindari terurainya C₃S menjadi C₂S yang dapat menyebabkan *clinker* menjadi terlalu keras.

- Menjaga keawetan peralatan transportasi dan penyimpanan karena material dengan temperatur tinggi dapat merusak alat.
- *Clinker* panas dapat menyebabkan terjadinya penguraian *gypsum* yang ditambahkan pada proses penggilingan akhir.
- Mencegah pembentukan kristal *long periclase* yang dapat menurunkan kualitas semen.
- Panas sensibel yang terkandung pada *clinker* dapat dimanfaatkan kembali untuk *secondary air* (membantu pembakaran di *main burner*) dan *tertiary air* (membantu pembakaran di *suspension preheater*).

Proses pendinginan dalam *cooler* dilakukan secara tiba-tiba agar komposisi *clinker* tidak berubah karena laju pendinginan *clinker* mempengaruhi perbandingan kandungan kristal dan fase cair dalam *clinker*. Pendinginan yang lambat mendorong pertumbuhan mineral *clinker*. Proses pendinginan *clinker* terbagi dua tahap, yaitu: pada tahap 1 yang dilakukan secara tiba-tiba dari suhu 1200⁰C menjadi 850-900⁰C. Sedangkan pada tahap kedua, dilakukan pendinginan lanjutan sehingga suhu *clinker* turun menjadi 75-150⁰C. Proses pendinginan di *plant 1* dan *plant 2* dilakukan dengan alat *Air Quenching Cooler* (AQC) jenis *grate cooler* dengan sumber pendingin berasal dari 5 *cooling fan*.

Grate cooler yang digunakan terdiri atas 2 buah *grate* yang disusun secara horizontal. *Grate* pertama letaknya lebih tinggi daripada *grate* kedua, dan berfungsi untuk proses pendinginan dan menghindari proses pembentukan C₂S dari C₃S agar standar *clinker* dapat dicapai. Sedangkan *grate* kedua berfungsi untuk proses pendinginan lebih lanjut. Pada akhir *grate* kedua, terdapat *clinker breaker*.

Grate cooler memiliki pelat berlubang-lubang yang tersusun dengan kemiringan tertentu dan berkerja secara maju mundur. Pelat disusun selang-seling antara pelat yang bergerak dan diam. Udara dihembuskan dari *fan* menembus hamparan *clinker*. Udara panas yang dihasilkan pada *grate* 1 dimanfaatkan kembali untuk *secondary air* (membantu pembakaran di *main burner*) dan *tertiary air* (membantu pembakaran di *suspension preheater*). Sedangkan gas panas pada *grate* 2 akan ditarik oleh *fan*. Debu yang terbawa gas panas *grate* 2 akan ditangkap oleh

electrostatic precipitator dan dilepas ke lingkungan dengan ambang batas 80 mg/nm³. *Clinker* diangkut ke dalam *silo* dengan menggunakan *appron conveyor*, *belt conveyor* dan *bucket*.

2.6.4. Unit Finish Mill

Unit penggilingan akhir dilakukan untuk mendapatkan semen dengan kehalusan yang diinginkan. Partikel akan keluar dari alat penggiling (*mill*) kemudian akan melewati separator untuk menghasilkan produk dengan ukuran 30 μ m (400 mesh). *Clinker* dari *clinker silo*, dibawa keluar melalui *appron conveyor* menuju *hopper clinker* dengan *bucket elevator*. Jumlahnya ditentukan dengan *weighing feeder*, lalu *clinker* tersebut dibawa ke *finish mill*.

Gypsum dan bahan tambahan aditif lainnya (seperti *limestone*, *fly ash*, *trash*, dan *slag*) dari *storage* diangkut dengan *belt conveyor* menuju *hopper gypsum*. Pembakaran batubara di *coal mill* menghasilkan *ash* yang akan bereaksi dengan *clinker* dari *raw mill*. *Fly ash* yang digunakan di sini bukanlah *ash* hasil pembakaran dari batubara di *coal mill*, melainkan *fly ash* yang dibeli dari PLTU. Namun, karena sulitnya untuk mendapatkan *fly ash*, sekarang ini *fly ash* sudah digantikan oleh *trash*. *Gypsum* yang ditambahkan sekitar 4% semen. *Gypsum* keluar dari *hopper* melalui *weighing feeder* dan dibawa dengan *belt conveyor* menuju *finish mill*. Pada *finish mill*, *clinker* dan *gypsum* digiling menggunakan *steel ball*. Dalam perjalanan menuju *finish mill*, *clinker* ditambahkan etilen glikol dengan perbandingan 1:6 yang berfungsi untuk mencegah terjadinya *ball coating* yang dapat terjadi karena hal-hal seperti berikut ini: Partikel-partikel yang halus dalam penggilingan dapat menjadi bermuatan listrik statis, sehingga tertarik dan melekat pada permukaan *steel ball*. Selain itu, tumbukan mekanis antara *steel ball* dan material, menyebabkan material halus terpadatkan dalam pori-pori *steel ball*.

Finish mill terdiri dari 2 buah *chamber* yang dibatasi diafragma untuk mengatur waktu tinggal *clinker*. *Chamber I* berisi *steel ball* berdiameter 60-90 mm di mana *clinker* dan *gypsum* dihancurkan karena adanya putaran *mill*. *Chamber II* berisi bola-bola baja dengan diameter 17-60 mm di mana *clinker* dan *gypsum* mengalami

penggerusan. Di dinding *shell* dilapisi dengan *liner* untuk mengarahkan gerakan *steel ball* dan melindungi *shell*. Akibat adanya benturan antara *steel ball* dengan *clinker*, suhu di dalam *finish mill* tinggi. Suhu tidak boleh melebihi 120°C agar fungsi *retarder* pada *gypsum* tidak hilang sehingga air disemburkan dengan *water spray*.

2.6.5. Unit Packing

Produk yang keluar dari *cement silo* diangkut menggunakan *air slide conveyor* menuju *bucket elevator* kemudian dimasukkan ke dalam *vibrating screen* untuk memisahkan material yang halus dengan yang kasar. Material yang kasar dan pengotor dibuang dengan corong *vibrating screen* di bagian atas, sedangkan material yang halus langsung masuk ke dalam *cement bin*. Kemudian dari *bin* dialirkan ke dalam *in line packer*. Jika *bin* tersebut telah penuh, maka semen akan bersikulasi, yaitu dijatuhkan kembali ke dalam *bucket elevator* lalu kembali ke *vibrating screen* dan seterusnya.

Masing-masing *in line packer* terdiri dari enam buah corong pengisian yang mengumpulkan semen ke dalam kantong dengan kapasitas masing-masing 50 kg. Untuk mengurangi semen yang tumpah pada saat pengisian maka dipasang *screw conveyor* pada masing-masing *in line packer* dan dialirkan ke *screw conveyor* panjang, lalu masuk ke dalam *bucket elevator* dan ke *vibrating screen*, kemudian masuk ke dalam *bin*. Semen yang telah masuk ke dalam kantong akan diangkut dengan *belt conveyor* menuju truk pengangkutan.

Selain pengemasan dalam kantong semen 50 kg, pada unit *packing* terdapat juga pengemasan dalam ukuran besar, yaitu *jumbo bag* yang berkapasitas 1 dan 1.5 ton, serta semen curah berkapasitas 19-20 ton. Untuk semen curah, semen yang berasal dari *bin*, langsung didistribusikan ke *loading truck*. Untuk mencegah polusi udara, maka pada unit pengantongan ini dilengkapi dengan *dust collector* jenis *bag filter*.

2.7. Energi Yang Digunakan Dalam Industri Semen

Macam energi pokok yang digunakan untuk pabrik semen ini adalah energi listrik dan energi panas, yang berasal dari dua bahan bakar dasar yaitu minyak solar dan batu bara.

2.7.1 Energi Listrik

Energi listrik adalah salah satu energi yang dipakai dalam proses pembuatan semen, di mana listrik berperan sebagai penggerak motor-motor yang berfungsi menggerakkan tanur putar, preheater, dan mesin-mesin berat lainnya. Energi listrik dihasilkan oleh generator di power station dengan minyak solar sebagai bahan bakar. Energi listrik terutama digunakan sebagai:

- Motor-motor penggerak pada Penggiling Bahan baku (Raw Mill)
- Motor-motor penggerak pada Tanur Putar
- Motor-motor penggerak pada preheater
- Motor-motor penggerak pada Mesin Penghancur Bahan baku
- Motor-motor penggerak pada Fan
- Motor-motor penggerak pada Kompresor Udara
- Motor-motor penggerak pada Pencampuran Semen
- Lain-lain

2.7.2 Energi Panas

Energi panas adalah salah satu energi pokok yang dibutuhkan untuk mengkonversikan bahan baku menjadi semen. Energi panas ini dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar berupa minyak solar dan batubara yang dibakar dengan udara atmosfer. Selain itu pula ada panas sensible, yaitu panas yang berasal dari bahan yang akan melakukan pembakaran itu sendiri, seperti bahan baku, udara, batubara, dan minyak solar.

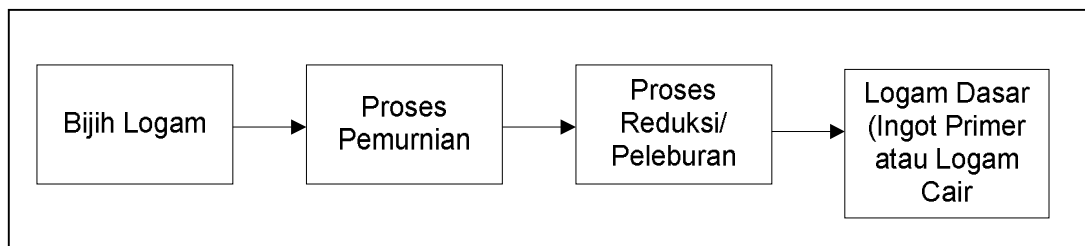
Tempat-tempat pemakaian energi panas adalah untuk:

- Proses pembakaran pada preheater
- Proses pembakaran pada tanur putar (kiln)

2.8. Teknologi Proses Industri Baja

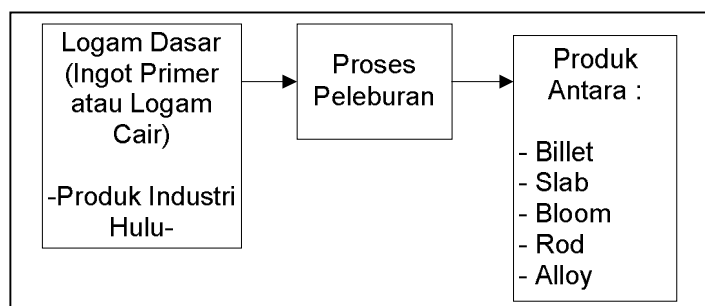
Proses pengolahan logam secara garis besar dibagi atas 3 bagian pokok yaitu :

1. Industri hulu : industri yang mengolah bahan tambang berupa bijih logam menjadi logam dasar melalui proses pemurnian dan proses reduksi/peleburan.



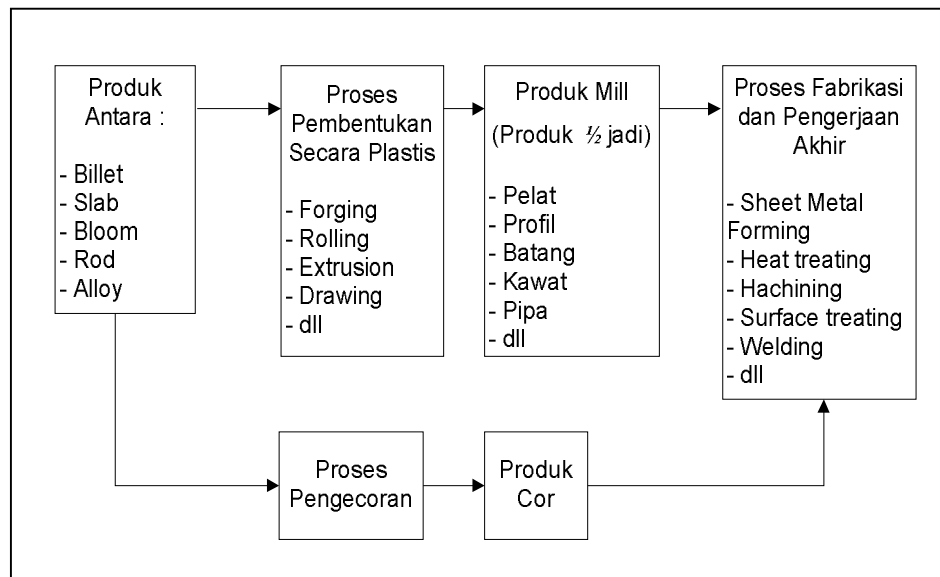
Gambar 2.2. Industri Hulu Pengolahan Logam (*Iron Making Process*)

2. Industri antara : industri yang mengolah logam dasar baik yang berbentuk ingot primer atau masih berupa logam cair menjadi produk antara seperti billet, slab, bloom, rod atau ingot paduan untuk industri pengecoran.



Gambar 2.3. Industri Antara Pengolahan Logam (*Crude Steel Process*)

3. Industri hilir : industri yang mengolah lebih lanjut produk industri antara menjadi produk setengah jadi dan selanjutnya melalui proses fabrikasi dan pengerjaan akhir menjadi produk jadi.



Gambar 2.4. Industri Hilir Pengolahan Logam

2.8.1. Pengolahan Bijih Besi

Bahan baku awal dalam pembuatan besi dan baja adalah bijih besi (iron core). Bijih besi yang didapatkan dari alam umumnya merupakan senyawa besi dengan oksigen seperti hematite (Fe_2O_3); magnetite (Fe_3O_4); limonite (Fe_2O_3); atau siderite (Fe_2CO_3). Pembentukan senyawa besi oksida tersebut sebagai proses alam yang terjadi selama beribu-ribu tahun. Kandungan senyawa besi di bumi ini mencapai 5% dari seluruh kerak bumi ini.

Bijih besi hasil penambangan didapatkan dalam bentuk senyawa dan bercampur dengan kotoran-kotoran lainnya maka sebelum dilakukan peleburan bijih besi tersebut terlebih dahulu harus dilakukan pemurnian untuk mendapatkan konsentrasi bijih yang lebih tinggi (25 - 40%). Proses pemurnian ini dilakukan dengan metode : crushing, screening, dan washing (pencucian). Untuk meningkatkan

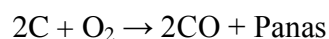
kemurnian menjadi lebih tinggi (60 - 65%) serta memudahkan dalam penanganan berikutnya, dilakukan proses agglomerasi dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Bijih besi dihancurkan menjadi partikel-partikel halus (serbuk).
- Partikel-partikel bijih besi kemudian dipisahkan dari kotoran-kotoran dengan cara pemisahan magnet (magnetic separator) atau metode lainnya.
- Serbuk bijih besi selanjutnya dibentuk menjadi pellet berupa bola-bola kecil berdiameter antara 12,5 - 20 mm.
- Terakhir, pellet bijih besi dipanaskan melalui proses sinter/pemanasan hingga temperatur 1300^o C agar pellet tersebut menjadi keras dan kuat sehingga tidak mudah rontok.

2.8.2. Proses Peleburan

Proses peleburan dilakukan dengan menggunakan tungku pelebur yang disebut juga tanur tinggi (*blast furnace*). Sketsa tanur tinggi diperlihatkan pada gambar . Bijih besi hasil penambangan dimasukkan ke dalam tanur tinggi tersebut dan didalam tanur tinggi dilakukan proses reduksi tidak langsung yang cara kerjanya sebagai berikut :

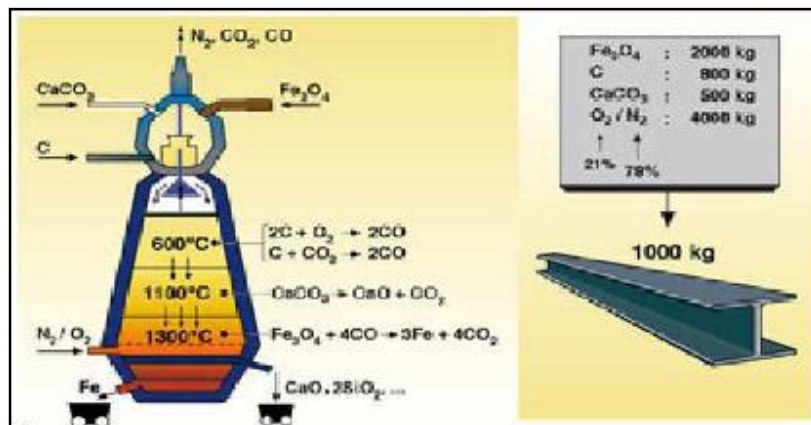
Bahan bakar yang digunakan untuk tanur tinggi ini adalah batubara yang telah dikeringkan (kokas). Kokas dengan kandungan karbon (C) diatas 80%, tidak hanya berfungsi sebagai bahan bakar, tetapi juga berfungsi sebagai pembentuk gas CO yang berfungsi sebagai reduktor. Untuk menimbulkan proses pembakaran maka ke dalam tanur tersebut ditiupkan udara dengan menggunakan blower (gambar 5) sehingga terjadi proses oksidasi sebagai berikut :



Gas CO yang terjadi dapat menimbulkan reaksi reduksi terhadap bijih yang dimasukkan ke dalam tanur tersebut. Sedangkan panas yang ditimbulkan berguna untuk mencairkan besi yang telah tereduksi tersebut.

Untuk mengurangi kotoran-kotoran (impuritas) dari logam cair, ke dalam tanur biasanya ditambahkan sejumlah batu kapur (limestone). Batu kapur tersebut akan membentuk terak (slag) dan dapat mengikat kotoran-kotoran yang ada didalam

logam cair. Karena berat jenis terak lebih rendah dari berat jenis cairan besi maka terak tersebut berada dipermukaan logam cair sehingga dapat dikeluarkan melalui lubang terak (lihat gambar 2.5).



Gambar 2.5. Sketsa Tanur Tinggi

Terak tersebut ditampung secara terpisah dan diolah menjadi berbagai bahan bangunan jalan. Dengan menambahkan kapur yang diberikan pada bijih besi dan kokas maka didapatkan terak yang bermutu baik. Besi yang cair/disebut besi kasar yang terkumpul pada bagian terbawah tanur tinggi tersebut mengandung cukup banyak karbon ($\pm 4\%$) dan pencemar lain setelah masa pendinginan menyebabkan besi kasar rapuh. Oleh sebab itu besi kasar belum dapat ditempa atau digiling.

Besi yang mengandung karbon kurang dari 2%, dinamakan baja. Sebagian besar besi kasar yang dihasilkan dari tungku tanur tinggi diubah menjadi baja di pabrik baja dengan cara menurunkan kadar karbonnya. Penurunan kadar karbon terjadi di dalam sebuah tabung reaksi atau di dalam tungku. Di dalam tabung reaksi (converter) kadar karbon diturunkan tanpa diberikan pemanasan dari luar. Muatannya dibentuk dari cairan bijih kasar. Kadang-kadang ditambahkan dengan besi tua dan bijih besi supaya suhu dapat dikendalikan.

Untuk mengurangi kadar karbon, dipakai juga metode dengan meniupkan panas dari luar tungku. Dengan cara ini bisa diolah lebih banyak lagi baja bekas (besi

tua) dan besi mentah yang padat, proses ini lebih mudah dikendalikan karena lebih lambat kerjanya. Pada proses Siemens-Martin digunakan minyak atau gas sebagai bahan bakar, pada pemakaian tungku listrik, maka listriklah yang memanaska. Dengan menggunakan tungku listrik, komposisi baja dapat diatur dengan teliti, sehingga biasanya dipakai untuk pembuatan baja khusus.

Produk special seperti pipa tanpa sambungan dibuat berdasarkan metode penggilingan khusus. Kawat baja tipis dibuat dengan cara menekan-nekan dan menarik-narik baja itu melalui lubang-lubang khusus. Penggarapan seperti ini biasanya dilakukan di pabrik khusus.

2.9. Kebutuhan Energi Dalam Industri Baja

a. Proses Blast Furnace (BF) – Basic Oxygen Furnace (BOF)

Pada proses ini, bahan baku (bijih besi) dipersiapkan dalam bentuk pellet atau sinter. Panas dari gas yang berasal dari Coke Oven dan Tanur harus dapat diambil atau di daur ulang., serta isian untuk converter (BOF/LD) diharuskan berupa campuran besi mentah (76%) dan skrap (24%).

Saat ini, pabrik besi dan baja terpadu lebih banyak menggunakan metode pembuatan besi mentah yang memanfaatkan kokas sebagai sumber energi utamanya, dan apabila diperhitungkan mengenai penggunaan/daur ulang dari surplus energi yang ada, konsumsi energi per ton besi mentah yang dihasilkan dapat diperkirakan sebesar 3,5 Gkal. Lebih jauh lagi, mengingat penggunaan kembali energi (dalam bentuk kalor atau panas) serta pemanfaatan besi panas dalam bentuk cair dengan pencampuran skrap, maka kebutuhan energi per ton baja adalah 3,3 Gkal.

b. Proses Corex Smelting Reduction (SR) – Basic Oxygen Furnace (BOF)

Pada metode ini, tenaga listrik dihasilkan melalui pemanfaatan gas sisa proses yang keluar dari tanur smelting untuk memenuhi kebutuhan energi listrik bagi proses produksi dan menyuplai kelebihan energi listrik ke sistem lainnya. Kebutuhan spesifik per unit ton besi mentah adalah sebesar 4,15Gkal. Konsumsi

energi spesifik, per unit ton besi mentah padat lebih tinggi 0,8 Gkal dibandingkan dengan proses tanur tinggi (BF).

c. Proses Coal Based Direct Reduction (DR) – Electric Arc Furnace (EAF)

Pada proses pembuatan besi mentah dengan rotar kiln, campuran bijih besi dan batubara non-kokas diproses dalam tanur. Tetapi bila dibandingkan dengan proses reduksi langsung berbasis gas alam pada shaft furnace, proses ini memiliki laju reaksi yang lebih lambat berkenaan dengan proses reaksinya yang memanfaatkan gasifikasi batubara non-kokas padat menjadi gas CO langsung di dalam tanur. Karena perpindahan kalor reaksi yang rendah, mengakibatkan efisiensi reaksi yang rendah, dengan konsumsi energi sebesar 4,19Gkal (normal) per unit ton besi mentah. Dari konsumsi energi ini, konsumsi untuk tenaga listrik adalah sebesar 0,2 Gkal, dan kelebihan energi selebihnya disuplai oleh batubara non-kokas granular. Batubara granular dimasukkan ke dalam tanur sebagai sumber utama gas reduktan dan batubara serbuk (pulverized coal) digunakan untuk menambah jumlah gas CO yang dihasilkan dari reaksi pembakaran dalam sisi-sisi burner tanur.

Kebutuhan energi untuk tungku busur listrik sedikit berbeda dibandingkan dengan yang ada untuk proses lanjut besi mentah padat hasil reduksi langsung berbasis gas, dengan asumsi menggunakan jenis dan tipe bijih besi yang sama.

d. Proses Gas Based Direct Reduction (DR) – Electric Arc Furnace (EAF)

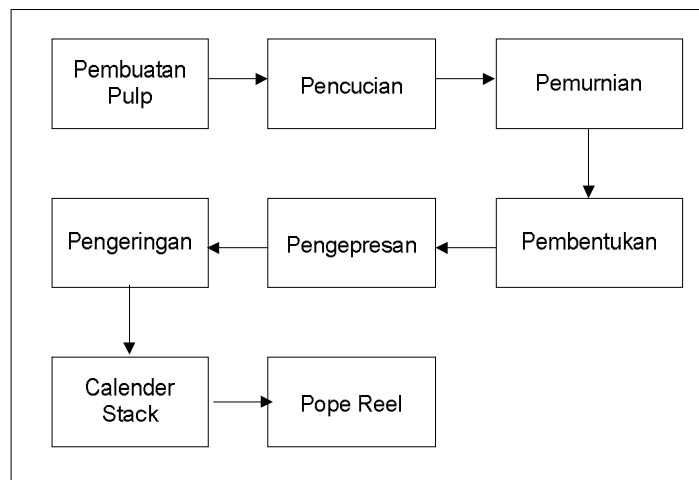
Gas alam yang digunakan sebagai bahan bakar dalam proses reduksi langsung shaft furnace. Total kebutuhan gas alam untuk proses ini sebanyak 300 Nm³ (Normal meter kubik), dimana sebanyak 182 Nm³ terurai oleh gas reformer menjadi gas CO dan H₂. Meskipun gas sisa yang terdiri dari gas-gas hasil reaksi proses (CO₂ dan H₂O) serta reduktan yang tidak tereaksi (CO dan H₂), hanya sebanyak 65% yang digunakan sebagai reforming gas untuk menghasilkan kembali gas-gas reduktan. Konsumsi energi listrik untuk blower yang berfungsi sebagai sirkulator gas dalam sistem cukup banyak, sebesar 120 kWh per unit ton besi mentah padat. Dan konsumsi energi sebesar 2,99 Gkal per unit ton besi mentah padat.

Produksi baja cair pada tungku busur listrik dilakukan dengan pelebaran dan oksidasi bahan baku besi mentah padat (77%) dan skrap baja (23%). Konsumsi energi keseluruhan sebesar 4,02 Gkal per unit ton baja cair.

Kebutuhan energi per unit produk output yang paling rendah dimiliki oleh proses BF-BOF, kemudian diikuti gas based DR-EA, proses SR-BOF dan yang paling banyak mengkonsumsi energi adalah coal based DR-EAF.

2.10. Teknologi Proses Industri Kertas

Industri kertas mengubah bahan baku serat menjadi pulp, kertas dan kardus. Urutan proses pembuatannya adalah persiapan bahan baku, pembuatan pulp (secara kimia, semi-kimia, mekanik atau limbah kertas), pemutihan, pengambilan kembali bahan kimia, pengeringan pulp dan pembuatan kertas. Skema diagram prosesnya terlihat pada Gambar 2.5. dibawah ini. Proses yang membutuhkan energi paling tinggi adalah proses pembuatan pulp dan proses pengeringan kertas.



Gambar 2.6. Diagram Alir Teknologi Proses Produksi Pulp dan Kertas

Tahapan utama dan proses sederhana dalam pembuatan pulp dan kertas adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan pulp pada pulper

Dalam tanki pencampur, pulp dicampur dengan air menjadi *slurry*. *Slurry* kemudian dibersihkan lebih lanjut dan dikirimkan ke mesin kertas. Bahan baku

dimasukkan kedalam *Pulper* untuk *defiberization* dan mempercepat *beating* serta *fibrillation* dikarenakan pemekaran serat.

2. Cleaner

Proses pemutihan untuk tipe pulp Kraft dilakukan dalam beberapa menara dimana pulp dicampur dengan berbagai bahan kimia, kemudian bahan kimia diambil kembali dan pulp dicuci.

3. Pemurnian

Pulp dilewatkan plat yang berputar pada alat pemurnian bentuk *disk*. Pada proses mekanis ini terjadi penguraian serat pada dinding selnya, sehingga serat menjadi lebih lentur. Tingkat pemurnian pada proses ini mempengaruhi kualitas kertas yang dihasilkan.

4. Pembentukan

Selanjutnya, proses dilanjutkan dengan proses *sizing* dan pewarnaan untuk menghasilkan spesifikasi kertas yang diinginkan. *Sizing* dilakukan untuk meningkatkan kehalusan permukaan kertas; pada saat pewarnaan ditambahkan pigmen, pewarna dan bahan pengisi. Proses dilanjutkan dengan pembentukan lembaran kertas yang dimulai pada *headbox*, dimana serat basah ditebarkan pada saringan berjalan.

5. Pengepresan

Lembaran kertas kering dihasilkan dengan cara mengepres lembaran diantara silinder pada *calendar stack*.

6. Pengeringan

Sebagian besar air yang terkandung didalam lembaran kertas dikeringkan dengan melewati lembaran pada silinder yang berpemanas uap air.

7. Calendar Stack

Tahap akhir dari proses pembuatan kertas dilakukan pada *calendar Stack*, yang terdiri dari beberapa pasangan silinder dengan jarak tertentu untuk mengontrol ketebalan dan kehalusan hasil akhir kertas.

8. Pope Reel

Bagian ini merupakan tahap akhir dari proses pembuatan kertas yaitu pemotongan kertas dari gulungannya. Pada bagian ini, kertas yang digulung dalam gulungan besar, dibelah pada ketebalan yang diinginkan, dipotong menjadi lembaran, dirapikan kemudian dikemas.

2.11. Penggunaan Energi di Industri Kertas

Karakteristik teknologi energi yang digunakan untuk industri kertas tergantung dari jenis proses yang digunakan. Secara garis besar proses di industri ini dibagi menjadi empat kelompok, yaitu: pembuatan pulp dengan proses kimia dan termokimia, pembuatan pulp secara mekanik, produksi kertas, pembuatan kertas secara *recycle*. Setiap proses memerlukan energi tertentu yang bisa menggunakan bahan bakar seperti batubara, gas dan minyak maupun menggunakan energi listrik. Bahan bakar tersebut terutama digunakan untuk pembangkitan uap. Sedangkan alat pengguna listrik yang utama di industri ini adalah motor listrik.

Kayu dan serat diubah menjadi pulp yang kemudian dibentuk menjadi lembaran kertas dengan proses pengeringan. Pembuatan pulp secara mekanik, misalnya untuk membuat kertas koran dilakukan melalui proses penggergajian kayu secara mekanik. Pulp mempunyai kandungan lignin yang tidak berwarna putih murni serta mempunyai kekuatan yang terbatas. Pembuatan pulp dengan proses kimiawi dan termo-kimia dilakukan dengan memisahkan lignin dari serat dengan proses memasak. Dalam proses ini biasanya digunakan bahan kimia sulfat dan menghasilkan produk yang disebut *sulphate pulp*.

Pembuatan pulp secara mekanik memerlukan energi listrik yang cukup besar. Sedangkan pembuatan pulp secara kimiawi menghasilkan produk sampingan berupa *black liquor*. Produk sampingan ini bisa dimanfaatkan dalam *incinerator* untuk membangkitkan uap dan listrik. Black liquor dapat menghasilkan energi sebesar 22 GJ per ton produksi pulp. Tergantung dari efisiensi dan konfigurasi proses yang digunakan dalam pabrik pulp kimiawi dapat menghasilkan surplus energi. Karena berbasis pada penggunaan bioenergi maka emisi CO₂ yang dihasilkan sangat

rendah sehingga potensi untuk pengurangan emisi CO₂ di industri pulp dan kertas sangat terbatas. Sedangkan penggunaan bioenergi secara lebih efisien masih mungkin dilakukan sehingga kelebihan bioenergi tersebut dapat digunakan untuk substitusi bahan bakar fosil di tempat lain. Secara garis besar penggunaan energi di industri pulp dan paper ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Pabrik pulp biasanya berada di dekat sumber bahan baku yang seringkali berada di wilayah terpencil di sekitar hutan. Dengan kondisi ini maka memungkinkan untuk membuat pabrik pulp dan kertas yang terintegrasi. Meskipun demikian, pabrik yang terintegrasi ini masih memerlukan pasokan energi listrik dan bahan bakar tambahan. Beberapa pabrik pulp yang modern dapat mencukupi kebutuhannya dengan menggunakan bioenergi dari hasil sampingan.

Sepuluh dari produksi kertas dunia berasal dari limbah kertas melalui proses *recycle*. Pabrik kertas *recycle* lebih kecil dari pada pabrik kertas primer dan energi yang dibutuhkan relatif lebih besar. Namun energi yang hilang karena proses pembuatan pulp dapat dihemat karena dengan *recycle*, proses tersebut sudah tidak diperlukan.

Tabel 2.6. Penggunaan Energi Untuk Pabrik Kertas

No.	Teknologi	Industri	Uap	Listrik
			GJ/t produk	GJ/t produk
1	Pulp mekanik	Pulp		7,3
2	Pulp termo-mekanik	Pulp	-3,4	8,3
3	Proses pulp kimiawi-kayu lunak	Pulp	14,3	0,7
4	Proses pulp kimiawi-kayu keras	Pulp	13,0	0,9
5	Proses pulp & kertas kimiawi-terintegrasi kayu lunak	Kertas	19,3	2,8
		Pulp	12,1	1,8
6	Proses pulp & kertas kimiawi-terintegrasi kayu keras	Kertas	16,1	2,5
		Pulp	12,9	2,0
7	Pengolahan Limbah kertas	Pulp	0,3	0,7
8	Pengolahan Limbah kertas ekstensif	Pulp	1,2	0,5
9	Produksi kertas (rata-rata)	Pulp	5,1	2,2

Sumber : Jochem et.al (2004) dan STFI (2005) dalam IEA, 2006

2.12. Pengenalan Sistem Dinamik

Metodologi *system dynamics* telah berkembang sejak dekade 50-an, pertama kali dikembangkan oleh Jay. W. Forrester sewaktu kelompoknya melakukan riset di MIT dengan mencoba mengembangkan manajemen industri guna mendesain dan mengendalikan sistem industri. Mereka mencoba mengembangkan metode manajemen untuk perencanaan industri jangka panjang yang kemudian diterbitkan dalam bentuk buku pada tahun 1961 dengan judul *Industrial Dynamics*. Selanjutnya dengan menggunakan metodologi yang sama Jay Forrester berupaya menjelaskan perkembangan kota yang dipublikasikan dalam buku *Urban Dynamics* (1969). Pada perkembangannya, metodologi ini telah diterapkan di dalam analisis pada sejumlah persoalan ekonomi dan sosial yang menarik dan penting. Salah satu yang paling banyak dipublikasikan adalah model yang dikembangkan oleh Dennis Meadows dan Club of Rome dalam bukunya *The Limits to Growth*. Berbagai model telah dikembangkan dengan *system dynamics* guna mempelajari berbagai permasalahan yang beragam, seperti manajemen proyek, pasukan perdamai PBB, penemuan gas alam, pertumbuhan suatu bisnis, perencanaan ekonomi nasional dan sebagainya (Roberts, 1983).

Sejalan dengan perkembangan kebutuhan permodelan dengan *system dynamics*, dikembangkan pula berbagai software sebagai alat bantu (tools) sehingga penggunaan metodologi *system dynamics* sebagai salah satu cara permodelan, menjadi lebih efisien. Saat ini berkembang software-software yang bukan cuma memudahkan pemakai untuk membangun model, tetapi juga untuk melakukan simulasi dan berbagai uji sensitivitas model, antara lain Dynamo, Vensim, Powersim, ithink dan Stella.

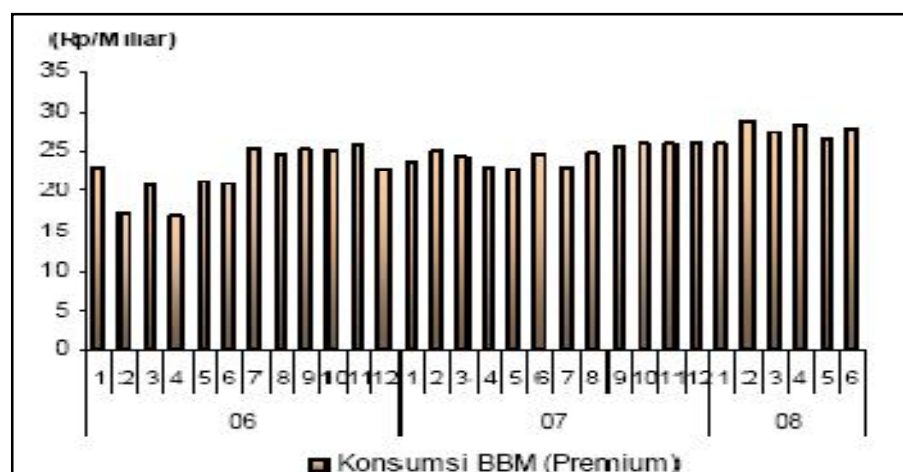
Sistem dinamik adalah metodologi untuk mempelajari dan mengatur sistem umpan balik yang kompleks. Umpan balik (feed back) menjabarkan dimana X mempengaruhi Y dan Y kembali mempengaruhi X mungkin melalui rantai sebab dan akibat. Seseorang dapat mempelajari hubungan antar X dan Y dan secara mandiri hubungan antara Y dan X dan memprediksi bagaimana sistem akan berperilaku.

Dalam metodologi sistem dinamik yang dimodelkan adalah struktur informasi sistem yang di dalamnya terdapat aktor-aktor, sumber-sumber informasi, dan jaringan aliran informasi yang menghubungkan keduanya. Dimana sifat-sifat dasar adalah:

- Perilaku dipengaruhi oleh interaksi-interaksi antar bagian-bagian organisasi dan antara organisasi dengan lingkungannya.
- Interaksi-interaksi tersebut cenderung lebih penting dari pada bagian-bagian organisasi tersebut,
- Implikasi-implikasi jangka panjang boleh jadi berbeda dengan implikasi jangka pendek.

Manajemen membutuhkan suatu alat untuk melengkapi intuisi dan pengalaman yang dapat memberikan cara-cara menangani interaksi-interaksi tersebut dan memperkirakan efek-efek kebijaksanaan dalam jangka panjang maupun jangka pendek.

Perilaku atau dinamika adalah perubahan sesuatu (suatu besaran atau variabel) terhadap waktu atau catatan tentang *magnitude* (besar, nilai, angka) sesuatu dalam suatu kurun waktu tertentu (pertumbuhan, penurunan, osilasi, stagnan, atau kombinasinya).



Gambar 2.7. Grafik Perilaku Konsumsi BBM

Adapun prinsip-prinsip untuk membuat model dinamik dengan ciri-ciri seperti yang diuraikan di atas menurut Sterman (1981) adalah sebagai berikut:

- 1) keadaan yang diinginkan dan keadaan yang sebenarnya terjadi harus dibedakan di dalam model;
- 2) adanya struktur stok dan aliran dalam kehidupan nyata harus dapat direpresentasikan di dalam model;
- 3) aliran-aliran yang berbeda secara konseptual, di dalam model harus dibedakan;
- 4) hanya informasi yang benar-benar tersedia bagi aktor-aktor di dalam sistem yang harus digunakan dalam permodelan keputusannya;
- 5) struktur kaidah pembuatan keputusan di dalam model haruslah sesuai (cocok) dengan praktek-praktek manajerial; dan
- 6) model haruslah *robust* dalam kondisi-kondisi ekstrim.

Sesuai dengan namanya, metode ini erat berhubungan dengan pertanyaan-pertanyaan tentang tendensi-tendensi dinamika sistem-sistem kompleks, yaitu pola-pola tingkah laku yang dibangkitkan oleh sistem itu dengan bertambahnya waktu.

Penggunaan metodologi ini lebih ditekankan kepada tujuan-tujuan peningkatan pengertian kita tentang bagaimana tingkah laku sistem itu muncul dari strukturnya. Pengertian ini penting dalam perancangan kebijaksanaan yang efektif.

Persoalan yang dapat dengan tepat dimodelkan menggunakan metodologi System Dynamics adalah masalah yang:

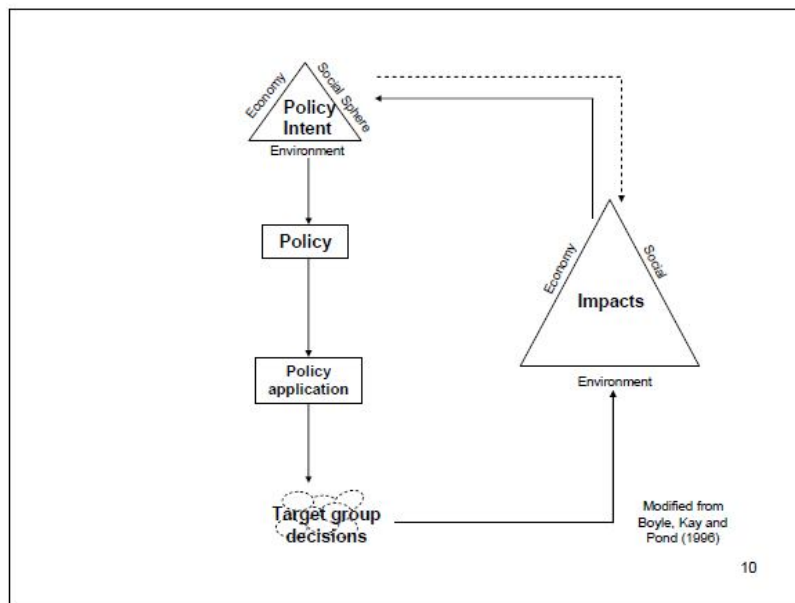
- 1) Mempunyai sifat dinamis (berubah terhadap waktu)
- 2) Struktur fenomenanya mengandung paling sedikit satu struktur umpan balik (*feedback structure*).

Analogi fisik dan matematik untuk struktur informasi itu dapat dibuat dengan mudah. Sebagai suatu analogi fisik, sumber informasi merupakan suatu tempat penyimpanan (*storage*), sedangkan keputusan merupakan aliran yang masuk ke atau keluar dari tempat penyimpanan itu. Dalam analogi matematik, sumber informasi dinyatakan sebagai variabel keadaan (*state variable*), sedangkan keputusan merupakan turunan (*derivative*) variabel keadaan tersebut.

2.13. Energi Demand Model

Evaluasi kebijakan dapat dilakukan dengan membandingkan data fakta capaian dengan target yang telah ditetapkan sebelumnya, dengan begitu dapat dilihat apakah target terpenuhi atau tidak. Oleh karena itu diperlukan sebuah *tool* berupa model energi yang dapat membantu dalam melakukan prediksi/peramalan indikator-indikator kinerja utama ke depan pada beberapa industri.

Pengambilan sebuah kebijakan didasarkan pada sebuah tujuan untuk apa kebijakan tersebut, dengan mempertimbangkan keadaan ekonomi, keadaan sosial dsb pada saat itu. Setelah sebuah kebijakan dibuat, kemudian kebijakan tersebut diaplikasikan. Dampak dari pengaplikasian kebijakan tersebut kemudian menjadi *feedback* untuk membuat sebuah kebijakan baru yang mensupport kebijakan lama. Hal ini berlangsung terus hingga menjadi sebuah siklus. Gambar 2.8 menunjukkan siklus kebijakan yang dimaksud.



Gambar 2.8. Siklus Kebijakan

Berkaitan dengan perubahan paradigma sektor energi di Indonesia yang semula supply side management menjadi demand side management, model energi yang akan dibangun harus dapat mengakomodir perubahan paradigma tersebut.

Demand side management merupakan salah satu program konservasi energi di Indonesia yang berisi tentang pengaturan sisi demand energi diantaranya mengaplikasikan energi alternatif seperti energi surya di masyarakat umum. Selain demand side management, kebijakan konservasi energi juga berisi peningkatan efisiensi peralatan yang digunakan dan diversifikasi energi.

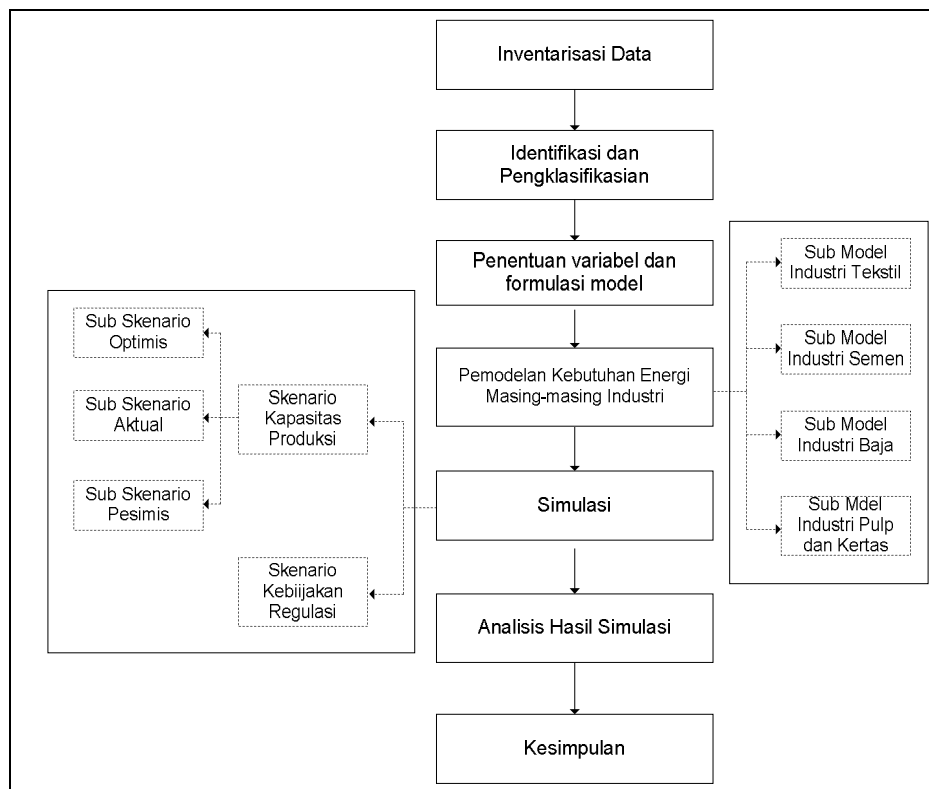
Energi demand model merupakan model yang menitikberatkan pada kebutuhan energi untuk memenuhi berbagai kebutuhan lainnya, dengan model ini akan didapatkan indikator-indikator kinerja utama yang dapat dibandingkan dengan target-target yang telah ditetapkan melalui kebijakan yang diambil. Salah satu indikator adalah intensitas energi. Selain itu dengan model yang dihasilkan akan diproyeksi kebutuhan energi kedepannya (jangka pendek maupun jangka panjang).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian, agar dapat memenuhi tujuan yang telah ditetapkan, tahapan yang harus dilaksanakan adalah inventarisasi data, identifikasi dan pengklasifikasian data, penentuan variabel dan formulasi, permodelan kebutuhan energi, simulasi proyeksi kebutuhan energi, analisis dan terakhir adalah membuat rekomendasi terkait hasil penelitian.

3.1. Pola Pikir Penelitian

Urutan kegiatan penelitian dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2. Inventarisasi Data

Dalam penelitian ini tentunya juga membutuhkan data, dan dibutuhkan teknik dalam pengumpulan data-data tersebut baik yang berupa data primer maupun data sekunder. Berikut ini adalah data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini:

1. Jumlah industri tekstil, industri semen, industri baja, industri pulp dan kertas di Indonesia
2. Proses produksi masing-masing industri.
3. Kapasitas produksi masing-masing industri.
4. Jenis-jenis bahan bakar/energi yang digunakan pada industri tekstil, industri semen, industri baja, industri pulp dan kertas.
5. Jumlah konsumsi bahan bakar/energi pada masing-masing industri.
6. Kebijakan-kebijakan sektor industri.

3.3. Penentuan Variabel Penelitian dan Formulasi

Dalam penelitian ini tentunya terdiri dari beberapa variabel yang saling berkaitan dan mempengaruhi. Variabel intensitas energi pada masing-masing industri merupakan variabel yang terikat oleh variabel-variabel lain seperti populasi, kapasitas produksi, jumlah industri, tingkat konsumsi, serta perkembangan produksi industri semen dan tekstil. Oleh karena itu pengelompokkan variabel-variabel dalam penelitian ini menjadi:

- Variabel bebas: populasi, kapasitas produksi masing-masing industri, jumlah pabrik masing-masing industri, tingkat konsumsi energi masing-masing industri serta pertumbuhan produksi masing-masing industri.
- Variabel terikat: Intensitas energi masing-masing industri dan permintaan energi pada kurun waktu tertentu.

3.4. Perhitungan Matematis

Formulasi matematis yang dipergunakan pada perhitungan dan permodelan, yaitu :

3.4.1. Formulasi Matematis Industri Tekstil

Formulasi matematis untuk sub sektor industri tekstil yang akan digunakan pada software yaitu :

1. Produksi Unit Serat

$$P_{serat,n} = N_n \times P_{seratkapita,n} \quad (3.1)$$

Dimana,

$P_{serat,n}$ = produksi serat pada tahun ke- n

N_n = populasi penduduk Indonesia pada tahun ke- n

$P_{seratkapita,n}$ = tingkat intensitas produksi serat terhadap populasi

2. Energi pada Unit Serat

$$C_{serat,n} = P_{serat,n} \times I_{serat,n} \quad (3.2)$$

Dimana,

$C_{serat,n}$ = konsumsi energi dari unit serat pada tahun ke- n

$P_{serat,n}$ = produksi serat pada tahun ke- n

$I_{serat,n}$ = tingkat intensitas energi unit serat terhadap produksi serat

3. Produksi Unit Pemintalan

$$P_{pemintalan,n} = N_n \times P_{pemintalankapita,n} \quad (3.3)$$

Dimana,

$P_{pemintalan,n}$ = produksi pada unit pemintalan pada tahun ke- n

N_n = populasi penduduk Indonesia pada tahun ke- n

$P_{pemintalankapita,n}$ = tingkat intensitas produksi benang terhadap populasi

4. Energi pada Unit Pemintalan

$$C_{pemintalan,n} = P_{pemintalan,n} \times I_{pemintalan,n} \quad (3.4)$$

Dimana,

$C_{pemintalan,n}$ = konsumsi energi dari unit pemintalan pada tahun ke- n

$P_{pemintalan,n}$ = produksi benang pada tahun ke- n

$I_{pemintalan,n}$ = tingkat intensitas energi unit pemintalan terhadap produksi benang

5. Produksi Unit Pertenunan

$$P_{tenun,n} = N_n \times P_{tenunkapita,n} \quad (3.5)$$

Dimana,

$P_{tenun,n}$ = produksi tenun pada tahun ke- n

N_n = populasi penduduk Indonesia pada tahun ke- n

$P_{tenunkapita,n}$ = tingkat intensitas produksi tenun terhadap populasi

6. Energi pada Unit Pertenunan

$$C_{tenun,n} = P_{tenun,n} \times I_{tenun,n} \quad (3.6)$$

Dimana,

$C_{tenun,n}$ = konsumsi energi dari unit tenun pada tahun ke- n

$P_{tenun,n}$ = produksi tenun pada tahun ke- n

$I_{tenun,n}$ = tingkat intensitas energi unit tenun terhadap produksi tenun

7. Produksi Unit Pencelupan dan Finishing

$$P_{celup,n} = N_n \times P_{celupkapita,n} \quad (3.7)$$

Dimana,

$P_{celup,n}$ = produksi pada unit pencelupan dan finishing pada tahun ke- n

N_n = populasi penduduk Indonesia pada tahun ke- n

$P_{celupkapita,n}$ = tingkat intensitas produksi pencelupan terhadap populasi

8. Energi pada Unit Pencelupan dan Finishing

$$C_{celup,n} = P_{celup,n} \times I_{celup,n} \quad (3.8)$$

Dimana,

$C_{celup,n}$ = konsumsi energi dari unit pencelupan pada tahun ke- n

$P_{celup,n}$ = produksi pada unit pencelupan dan finishing pada tahun ke- n

$I_{celup,n}$ = tingkat intensitas energi unit pencelupan terhadap produksi pada unit pencelupan

9. Energi Total untuk Industri Tekstil

$$C_{tekstil,n} = C_{serat,n} + C_{pemintalan,n} + C_{tenun,n} + C_{celup,n} \quad (3.9)$$

Di mana,

$C_{tekstil,n}$ = konsumsi energi tekstil pada tahun ke- n

$C_{serat,n}$ = konsumsi energi dari unit serat pada tahun ke- n

$C_{pemintalan,n}$ = konsumsi energi dari unit pemintalan pada tahun ke- n

$C_{tenun,n}$ = konsumsi energi dari unit tenun pada tahun ke- n

$C_{celup,n}$ = konsumsi energi dari unit pencelupan pada tahun ke- n

3.4.2. Formulasi Matematis Industri Semen

1. Produksi Semen

$$P_{semen,n} = N_n \times P_{semenkapita,n} \quad (3.10)$$

Dimana,

$P_{semen,n}$ = produksi semen pada tahun ke- n

N_n = populasi penduduk Indonesia pada tahun ke- n

$P_{semenkapita,n}$ = tingkat intensitas produksi semen terhadap populasi

2. Energi pada industri semen

$$C_{semen,n} = P_{semen,n} \times I_{semen,n} \quad (3.11)$$

Dimana,

$C_{semen,n}$ = konsumsi energi dari industri semen pada tahun ke- n

$P_{semen,n}$ = produksi semen pada tahun ke- n

$I_{semen,n}$ = tingkat intensitas energi industri semen

3.4.3. Formulasi Matematis Industri Baja

1. Produksi Proses *Iron Making*

$$P_{iron,n} = N_n \times P_{ironkapita,n} \quad (3.12)$$

Dimana,

$P_{iron,n}$ = produksi iron pada tahun ke- n

N_n = populasi penduduk Indonesia pada tahun ke- n

$P_{ironkapita,n}$ = tingkat intensitas produksi iron terhadap populasi

2. Energi pada Proses *Iron Making*

$$C_{iron,n} = P_{iron,n} \times I_{iron,n} \quad (3.13)$$

Dimana,

$C_{iron,n}$ = konsumsi energi proses iron making pada tahun ke- n

$P_{iron,n}$ = produksi iron pada tahun ke- n

$I_{iron,n}$ = tingkat intensitas energi proses iron making terhadap produksi besi

3. Produksi Proses Baja Kasar (*crude steel*)

$$P_{cs,n} = N_n \times P_{cskapita,n} \quad (3.14)$$

Dimana,

$P_{cs,n}$ = produksi pada proses baja kasar pada tahun ke- n

N_n = populasi penduduk Indonesia pada tahun ke- n

$P_{cskapita,n}$ = tingkat intensitas produksi baja kasar terhadap populasi

4. Energi pada Proses Baja Kasar (*crude steel*)

$$C_{cs,n} = P_{cs,n} \times I_{cs,n} \quad (3.15)$$

Dimana,

$C_{cs,n}$ = konsumsi energi dari proses baja kasar pada tahun ke- n

$P_{cs,n}$ = produksi pada proses baja kasar pada tahun ke- n

$I_{cs,n}$ = tingkat intensitas energi proses baja kasar terhadap produksi baja kasar

5. Produksi Proses Fabrikasi

$$P_{fabr,n} = N_n \times P_{fabrkapita,n} \quad (3.16)$$

Dimana,

$P_{fabr,n}$ = produksi pada proses fabrikasi pada tahun ke- n

N_n = populasi penduduk Indonesia pada tahun ke- n

$P_{fabrkapita,n}$ = tingkat intensitas produksi fabrikasi terhadap populasi

6. Energi pada Proses Fabrikasi

$$C_{fabr,n} = P_{fabr,n} \times I_{fabr,n} \quad (3.17)$$

Dimana,

$C_{fabr,n}$ = konsumsi energi dari proses fabrikasi pada tahun ke- n

$P_{fabr,n}$ = produksi pada proses fabrikasi pada tahun ke- n

$I_{fabr,n}$ = tingkat intensitas energi proses fabrikasi terhadap produksi baja

7. Energi Total untuk Industri Baja

$$C_{baja,n} = C_{iron,n} + C_{cs,n} + C_{fabr,n} \quad (3.18)$$

Di mana,

$C_{baja,n}$ = konsumsi energi industri baja pada tahun ke- n

$C_{iron,n}$ = konsumsi energi dari proses iron making pada tahun ke- n

$C_{cs,n}$ = konsumsi energi dari proses crude steel pada tahun ke- n

$C_{fabr,n}$ = konsumsi energi dari proses fabrikasi pada tahun ke- n

3.4.4. Formulasi Matematis Industri Pulp dan Kertas

1. Produksi Unit Pulp

$$P_{pulp,n} = N_n \times P_{pulpkapita,n} \quad (3.19)$$

Dimana,

$P_{pulp,n}$ = produksi pulp pada tahun ke- n

N_n = populasi penduduk Indonesia pada tahun ke- n

$P_{pulpkapita,n}$ = tingkat intensitas produksi pulp terhadap populasi

2. Energi pada Unit Pulp

$$C_{pulp,n} = P_{pulp,n} \times I_{pulp,n} \quad (3.20)$$

Dimana,

$C_{pulp,n}$ = konsumsi energi dari unit pulp pada tahun ke- n

$P_{pulp,n}$ = produksi pada unit pulp pada tahun ke- n

$I_{pulp,n}$ = tingkat intensitas energi unit pulp terhadap produksi pulp

3. Produksi Kertas

$$P_{kertas,n} = N_n \times P_{kertaskapita,n} \quad (3.21)$$

Dimana,

$P_{kertas,n}$ = produksi pada unit kertas pada tahun ke- n

N_n = populasi penduduk Indonesia pada tahun ke- n

$P_{kertaskapita,n}$ = tingkat intensitas produksi kertas terhadap populasi

4. Energi pada Unit Kertas

$$C_{kertas,n} = P_{kertas,n} \times I_{kertas,n} \quad (3.22)$$

Dimana,

$C_{kertas,n}$ = konsumsi energi dari unit kertas pada tahun ke- n

$P_{kertas,n}$ = produksi kertas pada tahun ke- n

$I_{kertas,n}$ = tingkat intensitas energi unit kertas terhadap produksi kertas

5. Energi Total untuk Industri Pulp dan Kertas

$$C_{PK,n} = C_{pulp,n} + C_{kertas,n} \quad (3.23)$$

Di mana,

$C_{PK,n}$ = konsumsi energi industri pulp dan kertas pada tahun ke- n

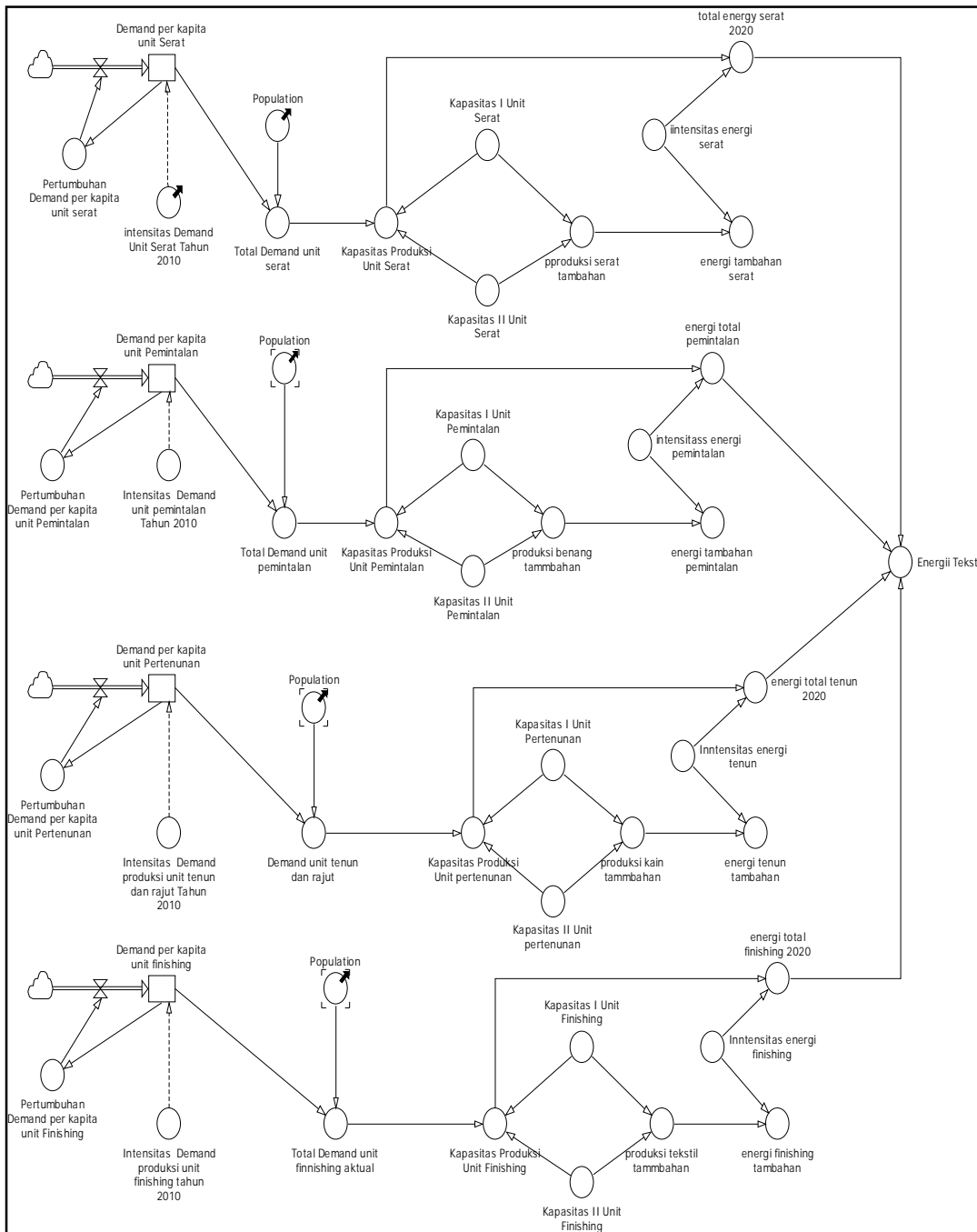
$C_{pulp,n}$ = konsumsi energi dari unit pulp pada tahun ke- n

$C_{kertas,n}$ = konsumsi energi dari unit kertas pada tahun ke- n

3.5. Permodelan Kebutuhan Energi

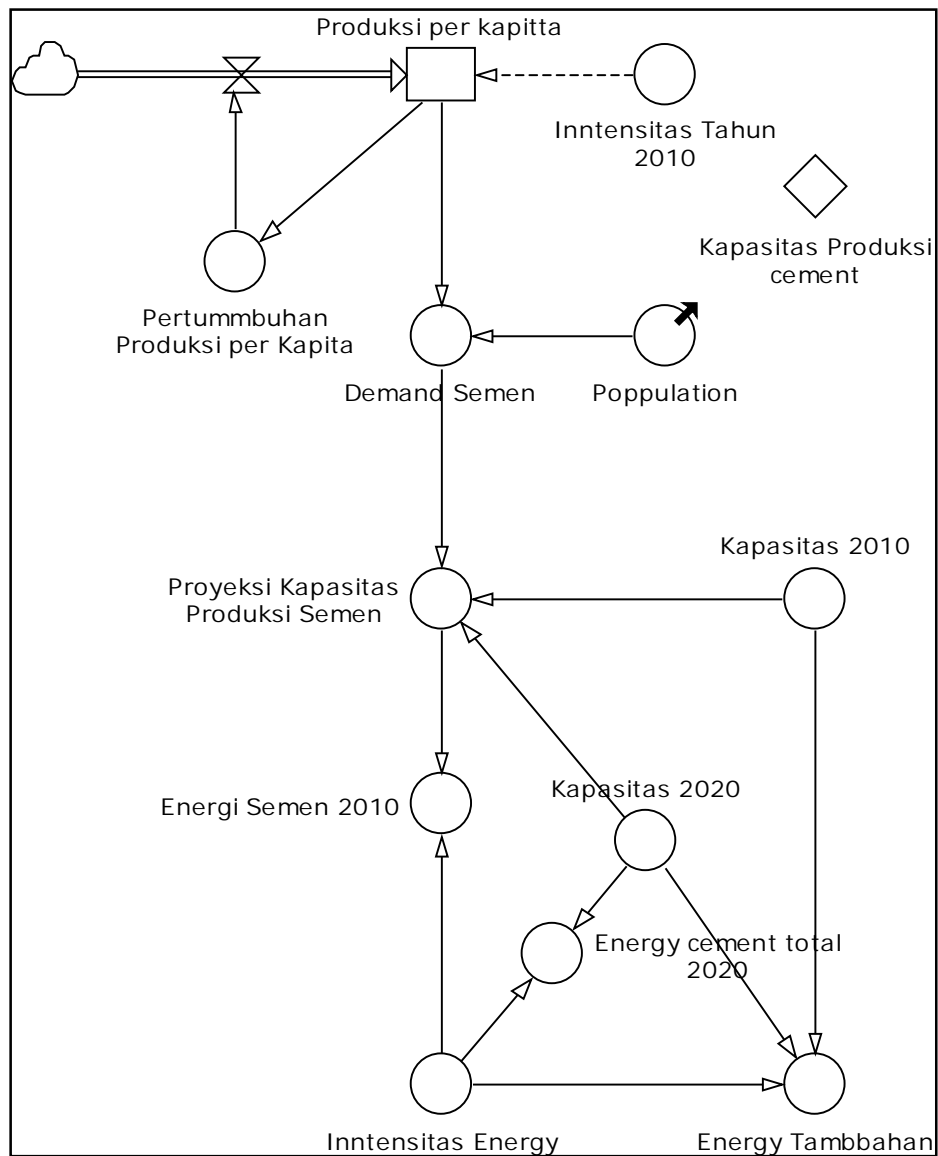
Adapun permodelan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah permodelan dengan sistem dinamik. Model didapatkan dari korelasi parameter/hubungan sebab-akibat yang dikembangkan ke dalam software permodelan sistem dinamik. Kemudian masing-masing variabel definisikan ke dalam software sehingga didapatkan hasil yang diinginkan. Dalam menggunakan software powersim, ada empat submodel yang digunakan, yakni model prediksi permintaan energi pada subsektor industri tekstil, model prediksi permintaan energi pada subsektor industri semen, model prediksi permintaan energi pada subsektor industri baja, dan model prediksi permintaan energi pada subsektor industri pulp dan kertas.

3.5.1. Model Prediksi Permintaan Energi Pada Subsektor Industri Tekstil



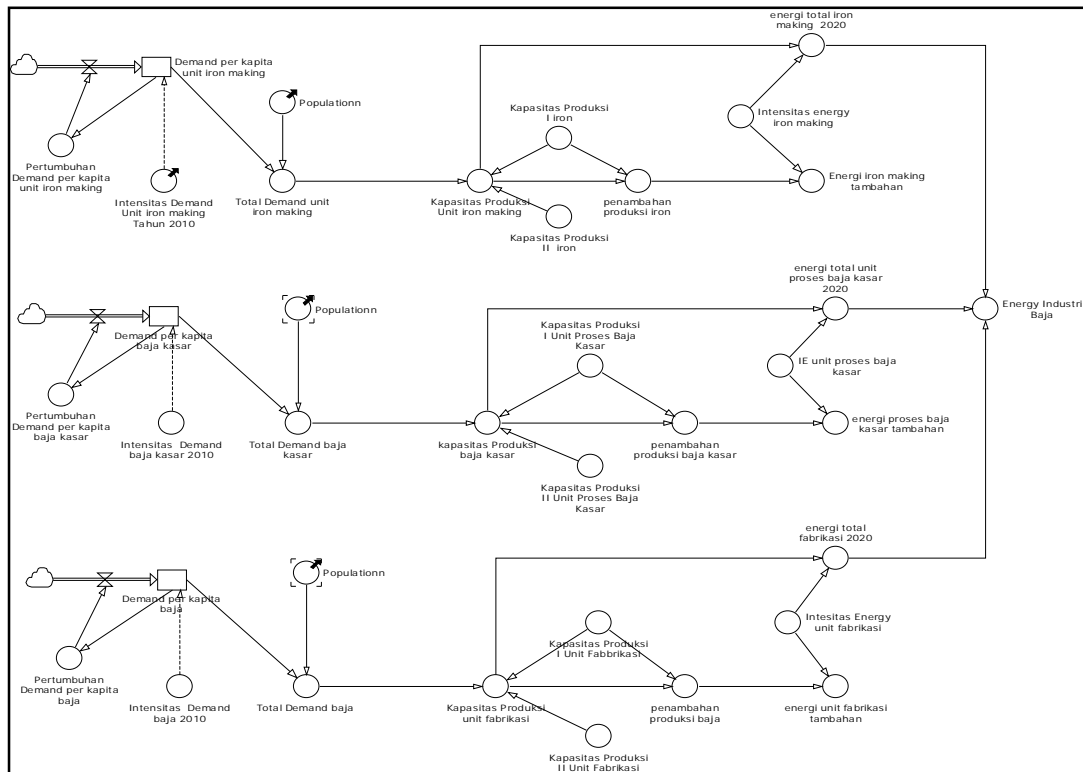
Gambar 3.2. Permodelan Subsektor Industri Tekstil

3.5.2. Model Prediksi Permintaan Energi Pada Subsektor Industri Semen



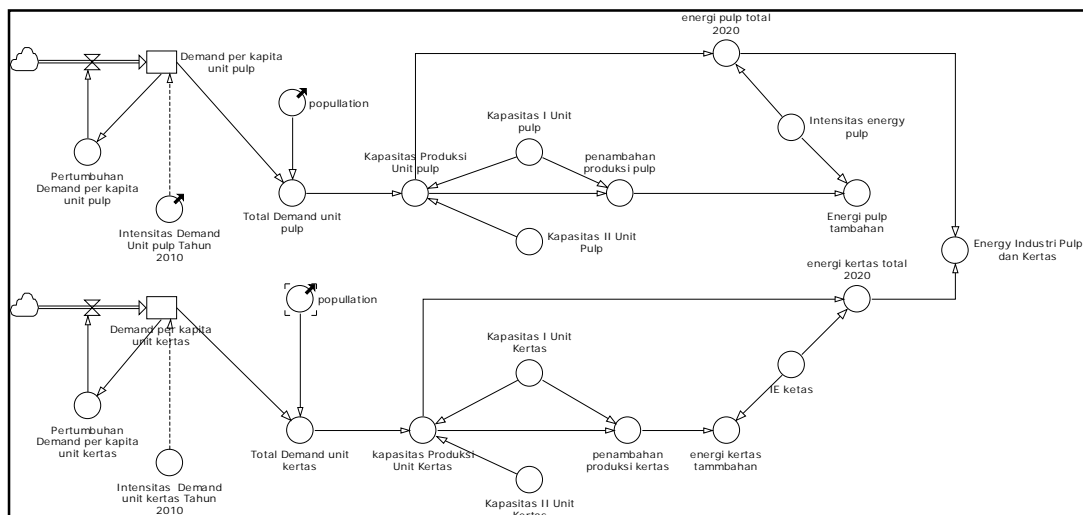
Gambar 3.3. Permodelan Subsektor Industri Semen

3.5.3. Model Prediksi Permintaan Energi Pada Subsektor Industri Baja



Gambar 3.4. Permodelan Subsektor Industri Baja

3.5.4. Model Prediksi Permintaan Energi Pada Subsektor Industri Pulp Dan Kertas



Gambar 3.5. Permodelan Subsektor Industri Pulp dan Kertas

3.6. Simulasi Kebutuhan Energi

Simulasi prediksi kebutuhan energi untuk industri tekstil, industri semen, industri baja, industri pulp dan kertas yang dilakukan adalah dengan membuat skenario-skenario, antara lain :

1. Skenario Tingkat Pertumbuhan terhadap permintaan energi.

Dalam skenario tingkat pertumbuhan, keluaran yang dihasilkan berupa grafik hubungan antara permintaan produk dan kapasitas produksi secara nasional terhadap waktu, variable yang diubah-ubah adalah tingkat pertumbuhan permintaan produk, dimana untuk :

- a. Sub Skenario Aktual : Tingkat pertumbuhan permintaan produk sebesar $h\%$. Tingkat pertumbuhan ini diperoleh dari data aktual pertumbuhan rata-rata pada kurun waktu tertentu terbaru.
- b. Sub Skenario Optimis : Tingkat pertumbuhan permintaan produk sebesar $i\%$, yang besarnya ditentukan dengan rumusan :

$$i \% = h\% + \frac{h}{2}\% \quad \dots \dots \dots (3.24.)$$

Tingkat pertumbuhan ini digunakan apabila keadaan perekonomian sedang baik sehingga pertumbuhan industri x dapat berkembang dengan baik.

- c. Sub Skenario Pesimis : Tingkat pertumbuhan permintaan produk sebesar $j\%$ yang besarnya ditentukan dengan rumusan :

$$j \% = h\% - \frac{h}{2}\% \quad \dots \dots \dots (3.25)$$

Tingkat pertumbuhan ini digunakan apabila keadaan perekonomian sedang tidak baik sehingga pertumbuhan industri x pun menurun.

2. Skenario Kebijakan Rencana Strategis (Renstra) Pemerintah

Skenario ini merupakan skenario yang dimaksudkan untuk membandingkan target Renstra Pemerintah pada subsector yang dimaksud terhadap hasil simulasi skenario tingkat pertumbuhan. Dari skenario kebijakan renstra ini dapat dinilai target pemerintah saat ini apakah masuk ke kategori optimis, pesimis ataukah aktual.

Keluaran dari kedua skenario ini adalah prediksi permintaan energi yang beranekaragam. Sehingga selanjutnya dapat dijadikan sebagai acuan pembuat kebijakan.

3.7. Teknik Analisis

Teknik Analisis yang digunakan adalah menggunakan Software Permodelan Sistem Dinamik dengan membuat suatu permodelan dari faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan energi pada industri tekstil, industri semen, industri baja, industri kertas. Dengan membuat grafik peningkatan permintaan produk pada masing-masing industri sebagai fungsi waktu maka dapat dilihat berapa besar kebutuhan energi tambahan yang dibutuhkan dari masing-masing industri pada tahun 2020 (jangka menengah 10 tahun), kemudian akan dianalisis juga terhadap ketersediaan pasokan energi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini dibagi menjadi 6 (enam) sub-bab berdasarkan subsektor industri ditambah kajian pasokan dan permintaan energi sektor industri, dan kajian intensitas energi. Setiap sub-bab akan menjelaskan penggunaan energi yang selanjutnya diolah menjadi nilai intensitas energi, dan hasil simulasi prediksi permintaan energi hingga tahun 2020 untuk masing-masing subsektor industri sesuai tujuan penelitian.

4.1. Industri Tekstil

Menurut Kementerian Perindustrian (Kemenperin), industri tekstil sebagai industri utama memiliki 4 (empat) industri turunan yaitu : serat, pemintalan, tenun & rajut, serta finisihing. Data Asosiasi Pertekstilan Indonesia (API), tahun 2009 produksi untuk masing-masing industri tersebut serta pemakaian per kapitanya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1. Produksi Industri Tekstil

Jenis Industri	Kapasitas Produksi (juta ton)	Produksi per kapita (kg/orang)
Serat/ fiber	1,76	7,4
Pemintalan	3,2	11,5
Tenun & Rajut	2,5	10,5
Celup & Finishing	2,5	10,5

Sumber : API, 2009

4.1.1. Perhitungan Intensitas Energi Industri Tekstil

Perhitungan konsumsi energi pada industri tekstil dilakukan dengan membagi industri tekstil menjadi empat bagian, yakni unit proses serat, unit pemintalan, unit pertenunan, dan unit finishing. Dengan menggunakan data mesin-mesin yang digunakan pada masing-masing unit, maka dapat diketahui jumlah energi yang dibutuhkan oleh industri tekstil.

4.1.1.1. Unit Proses Serat

Untuk unit proses serat, digunakan sampel listrik yang digunakan oleh perusahaan yang mengolah serat sintetik. Dari data salah satu perusahaan tekstil yang hanya memproduksi serat dibutuhkan pasokan listrik sebesar 13.333.333 kWh setiap tahunnya (David, 2010) kemudian nilai energi tersebut dikonversi menjadi BOE, menjadi:

$$\text{Kebutuhan energi} = 13.333.333 \text{ kWh} \times 0,001 \frac{\text{MWh}}{\text{kWh}} \times 0,613 \frac{\text{BOE}}{\text{MWh}}$$

$$\text{Kebutuhan energi proses serat} = 8.173 \text{ BOE}$$

Perusahaan yang menghasilkan serat di Indonesia tercatat sebanyak 26 perusahaan (Kemenperin, 2009), sehingga kebutuhan energi untuk unit serat total adalah sebesar 212.507 BOE.

Nilai intensitas energi unit serat nasional dapat dihitung dengan membagi nilai total energi terhadap kapasitas produksi serat nasional. Kapasitas produksi serat Indonesia tahun 2010 adalah 1.760.000 ton.

$$\text{Intensitas Energi unit serat} = \frac{\text{Konsumsi Energi unit Serat, BOE}}{\text{Produksi serat, kg}} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} \text{Intensitas Energy unit serat} &= \frac{212.507 \text{ BOE}}{1.760.000.000 \text{ kg}} \\ &= 0,000121 \text{ BOE/kg} \end{aligned}$$

4.1.1.2. Unit Pemintalan

Mesin-mesin yang digunakan pada unit pemintalan telah diuraikan pada sub bab 2.5. Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan energi yang dibutuhkan oleh masing-masing mesin. Tabel 4.2 berikut adalah mesin-mesin yang digunakan pada salah satu perusahaan unit pemintalan yang memproduksi benang. Sebagai contoh perhitungan energi yaitu energi yang dibutuhkan oleh mesin Pre-Opener buatan Sansho, yang berjumlah dua unit dengan daya masing-masing mesin 4,45 kW. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Energi mesin} = P \times t_{\text{operasi}} \times N_{\text{operasi}} \times n_{\text{unit}} \quad (4.2)$$

$$\text{Energi mesin pre opener} = 4,45 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} \times 360 \text{ hari} \times 2 \text{ unit}$$

$$\text{Energi 2 unit mesin pre opener} = 76.896 \text{ kWh}$$

$$= 47,14 \text{ BOE}$$

Setelah itu perhitungan untuk keseluruhan mesin yang ada dalam unit pemintalan dituangkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.2. Kebutuhan Energi Unit Pemintalan

Nama Mesin	Merk	Tipe	Daya (kW)	Juml.	Total energi (kWh)	Total energi (BOE)
Pre Opener	Sansho	SAS. B	4,45	2	76.896	47,14
Roller Card (RC)	Kyowa	SC7	3,7	11	351.648	215,56
		HPC	15	1	129.600	79,44
After Gill (AG)	OKK	HG-6	3,7	4	127.872	78,39
Mixing Gill (MG)	OKK	HG-5	3,7	4	127.872	78,39
High Mixing Gill	OKK	HL	4,2	2	72.576	44,49
Auto Leveller Gill (ALG)	OKK	HG-5	3,7	4	127.872	78,39
		NSC	4,5	1	38.880	23,83
High Speed Gill (HSG)	OKK	HG-5	3,7	4	127.872	78,39
		NSC	4,5	1	38.880	23,83
Bi Coiler Gill (BCG)	OKK	HG-5	3,7	4	127.872	78,39
	NSC	GC-15	4,5	1	38.880	23,83
Rover	OKK	HF-5	16	1	138.240	84,74
	NSC	FMV-32	4	15	518.400	317,78
Ring Frame (RF)	OKK	HW-6	17	283	4.156.704	2.548,06
	OM	HF-7144	28,3	5	1.222.560	749,43
	Ishikawa	PSF-T	29,3	5	1.265.760	775,91
Mach Corner (MC)	Murata	MC-7	15	7	907.200	556,11
Re Winding	Kamitsu	RT-L	2,2	2	38.016	23,30
Double Roto Traverse (DRT)	Murata	M-363	7,4	1	63.936	39,19
	Kamitsu		7,4	3	191.808	117,58
Double Twister (DT)	Murata	M-363	2,2	14	266.112	163,13
Reeling	Ishikawa	HP-W400	4	7	241.920	148,30
	CL	A-5	3,7	6	191.808	117,58
Total					10.589.184	6.491,17

Sehingga didapatkan jumlah kebutuhan energi dari satu pabrik unit pemintalan adalah 6.491,17 BOE. Di Indonesia ada 206 perusahaan unit pemintalan (Kemenperin, 2009), maka dapat dihitung jumlah kebutuhan energi yang dibutuhkan oleh seluruh pabrik unit pemintalan adalah 1.337.180 BOE.

Nilai intensitas energi unit pemintalan nasional dapat dihitung dengan membagi nilai total energi terhadap kapasitas produksi benang nasional. Kapasitas produksi benang Indonesia tahun 2010 adalah 3.200.000 ton.

$$\text{Intensitas Energi unit pemintalan} = \frac{\text{Konsumsi Energi unit pemintalan, BOE}}{\text{Produksi benang, kg}} \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} \text{Intensitas Energi unit pemintalan} &= \frac{1.337.180 \text{ BOE}}{3.200.000.000 \text{ kg}} \\ &= 0,00042 \text{ BOE/kg} \end{aligned}$$

4.1.1.3. Proses Pertenunan

Mesin-mesin yang digunakan pada unit pertenunan telah diuraikan pada sub bab, 2.5. Dalam sub bab ini akan dilakukan perhitungan energi yang dibutuhkan oleh masing-masing mesin. Tabel 4.3 merupakan daftar mesin-mesin yang digunakan salah satu perusahaan yang hanya melakukan proses tenun dan rajut. Sebagai contoh akan diambil contoh perhitungan energi yang dibutuhkan oleh mesin Heat Setter buatan Nicum, yang berjumlah satu unit dengan daya mesin 11 kW. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Energi n mesin} = P \times t_{\text{operasi}} \times N_{\text{operasi}} \times n_{\text{unit}} \quad (4.4)$$

$$\text{Energi mesin heat setter} = 11 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} \times 360 \text{ hari} \times 1 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi 1 unit mesin heat setter} &= 95.040 \text{ kWh} \\ &= 58,26 \text{ BOE} \end{aligned}$$

Setelah itu perhitungan untuk keseluruhan mesin yang ada dalam unit pertenunan dituangkan dalam tabel berikut :

Tabel 4.3 Kebutuhan Energi Unit Pertenunan

Nama Mesin	Merk	Tipe	Daya (kW)	Jumlah	Total energi (kWh)	Total energi (BOE)
Heat Setter	NICUM	SBRF-4	11	1	95.040	58,26
Direct Warper	BENINGER	ZC-M600	6.5	3	168.480	103,28
Direct Warper	BENINGER	ZCL-1600	6.5	1	56.160	34,43
Sectional Warper	BENINGER	SC-C300	8.5	2	146.880	90,04
Cone Winder	MURATA	RTW-14	3.2	2	55.296	33,90
Sizing	BABA	C-12HD-45	22	3	570.240	349,56
Sizing	ZELL	2xEK/Z/2F	18.7	1	161.568	99,04
Beam Stocker	TODO	TC-103	8.1	2	139.968	85,80
Leashing	TODO	TC-103	0.18	2	3.110,4	1,91
Reaching	TODO	NL-70	0.02	1	172,8	0,11
Reaching	TODO	NL-80	0.04	16	5.529,6	3,38
Reaching	TODO	NL-90	0.06	3	1.555,2	0,95
Reaching	TODO	NL-130	0.04	2	691,2	0,42
Tying	TODO	NK-1	0.04	2	691,2	0,42
M.Tenun Air Jet	TOYOTA	JA 170T T500	2.6	91	2.044.224	1.253,11
M.Tenun Air Jet	TOYOTA	JA 190T T500	2.6	62	1.392.768	853,77
M. Tenun Air Jet	TOYOTA	JA 190T T600	2.7	16	373.248	228,80
M. Tenun Air Jet	TOYOTA	JA 190T T610	2.7	20	466.560	286,00
M. Tenun Air Jet	TSUDA KOMA	ZA 203i	2.2	54	1.026.432	629,20
M. Tenun Air Jet	TSUDA KOMA	ZA 205i	2.2	87	1.653.696	1.013,72
M. Tenun Air Jet	TSUDA KOMA	ZA 209i	2.2	100	1.900.800	1.165,19
M. Tenun Rapier	PICANOL	GTX	5.75	20	993.600	609,08
M. Tenun Rapier	PICANOL	GTX PLUS	5.75	2	99.360	60,91
Inspecting	SETIA LOGAM	SL-101-VC75	0.672	15	87.091,2	53,39
Folding	KOMINAMI	F-2S70	1.5	1	12.960	7,94
Folding	KOMINAMI	HAF-3A75	2.2	2	38.016	23,30
Total					11.494.137,6	7.045,91

Didapatkan jumlah kebutuhan energi dari satu pabrik unit pertenunan adalah 7.045,91 BOE. Jumlah industri pertenunan di Indonesia adalah 522 perusahaan unit pertenunan, sehingga dapat diketahui jumlah kebutuhan energi yang dibutuhkan oleh seluruh unit pertenunan adalah 3.677.963 BOE.

Nilai intensitas energi unit pertenunan nasional dapat dihitung dengan membagi nilai total energi terhadap kapasitas produksi kain nasional. Kapasitas produksi kain Indonesia tahun 2010 adalah 2.500.000 ton.

$$\text{Intensitas Energi unit pertenunan} = \frac{\text{Konsumsi Energy unit pertenunan, BOE}}{\text{Produksi kain, kg}} \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} \text{Intensitas Energi unit pertenunan} &= \frac{3.677.963 \text{ BOE}}{2.500.000.000 \text{ kg}} \\ &= 0,00148 \text{ BOE/kg} \end{aligned}$$

4.1.1.4. Unit Pencelupan dan Finishing

Tidak seperti halnya unit serat, unit pemintalan dan unit pertenunan yang hanya menggunakan energi yang bersumber pada listrik. Unit pencelupan dan finishing selain mengkonsumsi listrik juga menggunakan energi yang bersumber dari non listrik, sebagai contoh uap yang dihasilkan pada steam boiler digunakan sepenuhnya pada proses dyeing, steamer dan stenter, dapur cat dan laboratorium. Tidak ada spesifikasi kebutuhan uap pada proses pengguna sehingga uap yang digunakan bisa berasal dari bahan bakar batubara, gas ataupun Bahan Bakar Minyak (BBM), sehingga untuk mengakomodir beragamnya penggunaan jenis energi pada steam boiler di industri tekstil digunakan istilah energi bersumber dari non-listrik.

Berikut adalah konsumsi bahan bakar tahun 2009 salah satu perusahaan yang hanya melakukan proses pencelupan dan finishing.

Tabel 4.4. Konsumsi Energi Pada Unit Pencelupan dan Finishing

Jenis Bahan Bakar	Satuan Awal	Kuantitas	Kuantitas (BOE)
Listrik	kWh	2.421.634	1.484,46
Non Listrik (Batubara)	Kg	2.347.200	9.858,24
Jumlah			11.342,70

Sumber : Audit Energi KESDM, 2010 (diolah).

Sehingga didapatkan jumlah kebutuhan energi dari satu pabrik unit finishing/pencelupan adalah 11.342,70 BOE, sedangkan di Indonesia ada 522 perusahaan unit finishing/pencelupan, maka kita mendapatkan jumlah kebutuhan energi yang dibutuhkan oleh seluruh pabrik unit finishing/ pencelupan adalah 5.920.889 BOE.

Nilai intensitas energi unit finishing/pencelupan nasional dapat dihitung dengan membagi nilai total energi terhadap kapasitas produksi tekstil nasional. Kapasitas produksi tekstil Indonesia tahun 2010 adalah 2.500.000 ton.

$$\text{Intensitas Energi unit finishing} = \frac{\text{Konsumsi Energi unit finishing, BOE}}{\text{Produksi tekstil, kg}} \quad (4.6)$$

$$\begin{aligned} \text{Intensitas Energi unit finishing} &= \frac{5.920.889 \text{ BOE}}{2.500.000.000 \text{ kg}} \\ &= 0,002368 \text{ BOE/kg} \end{aligned}$$

Berikut adalah rangkuman profil penggunaan energi subsektor industri tekstil yang dimaksud.

Tabel 4.5. Profil Penggunaan Energi Pada Industri Tekstil

Unit Proses	Non-listrik	Listrik	Total energi	Intensitas
	(BOE)	(BOE)	(BOE)	Energi (BOE/kg)
Serat	-	8.173,00	8.173,00	0,000121
Pemintalan	-	6.491,17	6.491,17	0,00042
Pertenunan	-	7.045,91	7.045,91	0,00148
Pencelupan dan Finishing	9.858,24	1.484,46	11.342,70	0,002368
Jumlah energi per jenis	9.858,24	23.194,54	33.052,78	-

Konsumsi energi total dari beberapa unit proses subsektor industri tekstil seperti terlihat pada tabel 4.5, diperoleh nilai energi yang paling besar adalah unit proses pencelupan dan finishing, hal ini dikarenakan pada proses pencelupan dan finishing memerlukan proses yang melibatkan panas langsung (*direct heat*) dari uap yang dihasilkan oleh boiler untuk mendapatkan tekstil dengan kualitas yang baik.

4.1.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Tekstil Skenario Tingkat Pertumbuhan

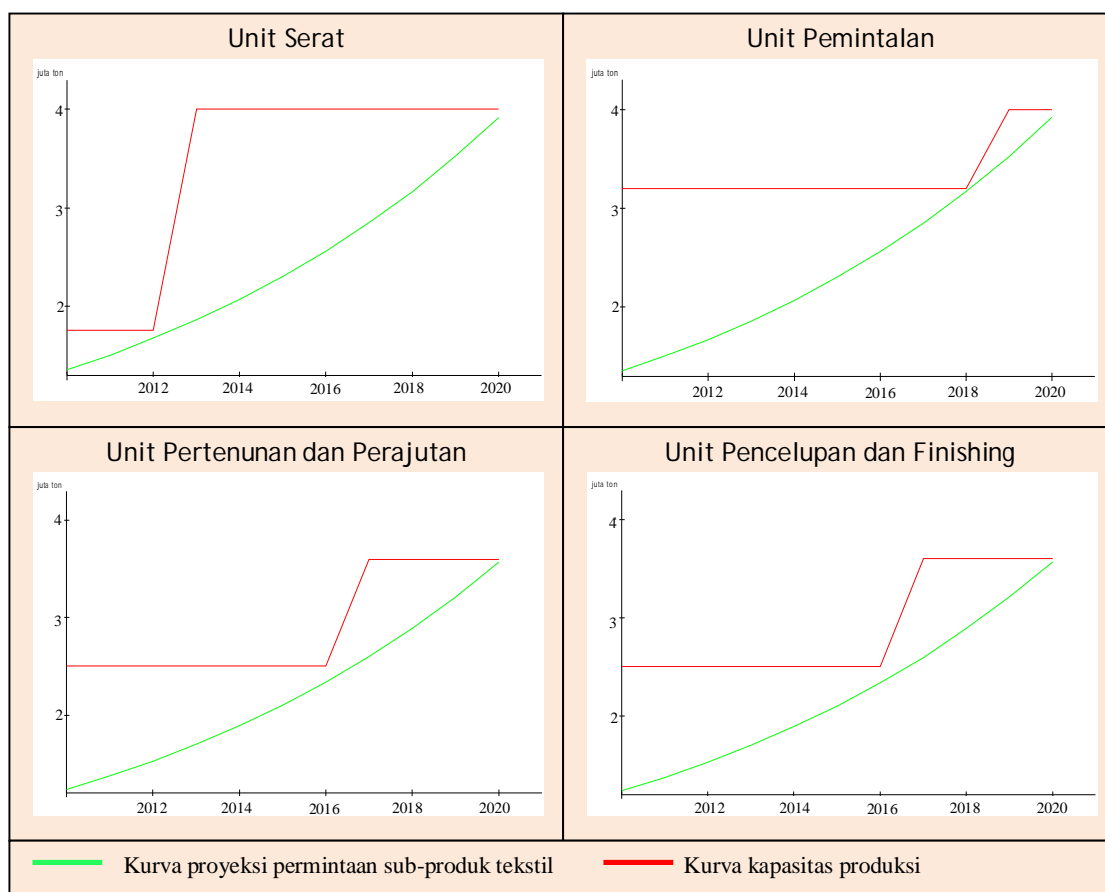
Simulasi prediksi konsumsi energi pada industri tekstil digunakan software Powersim dengan output berupa grafik hubungan antara permintaan produk dan kapasitas produksi secara nasional terhadap waktu. Dalam simulasi ini digunakan tiga sub skenario yang berkaitan dengan skenario tingkat pertumbuhan produksi tekstil per kapita, yaitu skenario aktual, skenario optimis dan skenario pesimis. Oleh karena itu, dari berbagai skenario tersebut akan dilihat hubungannya satu dengan yang lainnya untuk kemudian dianalisis.

4.1.2.1. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Tekstil pada Tingkat Pertumbuhan Aktual

Dalam sub skenario aktual digunakan tingkat pertumbuhan produksi tekstil per kapita sebesar 10% per tahun sesuai data aktual (Kemenperin dan API, 2010). Pada bagian ini akan dilihat hubungan antara permintaan produk dengan kapasitas

produksi pabrik yang sudah ada untuk masing-masing unit dalam industri tekstil sehingga dapat dilihat kapan diperlukan penambahan kapasitas produksi dan dapat dihitung berapa energi tambahan yang dibutuhkan.

Gambar 4.1. memperlihatkan hasil simulasi hubungan antara kapasitas produksi dan permintaan tekstil dengan subskenario aktual. Asumsi yang digunakan dalam simulasi ini adalah untuk tahun 2010-2020 jumlah kapasitas produksi yang ada bersifat tetap untuk melihat kapasitas produksi tambahan yang dibutuhkan, kemudian diasumsikan juga produksi yang ada dari tahun 2010-2020 seluruhnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.



Gambar 4.1. Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Tekstil Subskenario Aktual

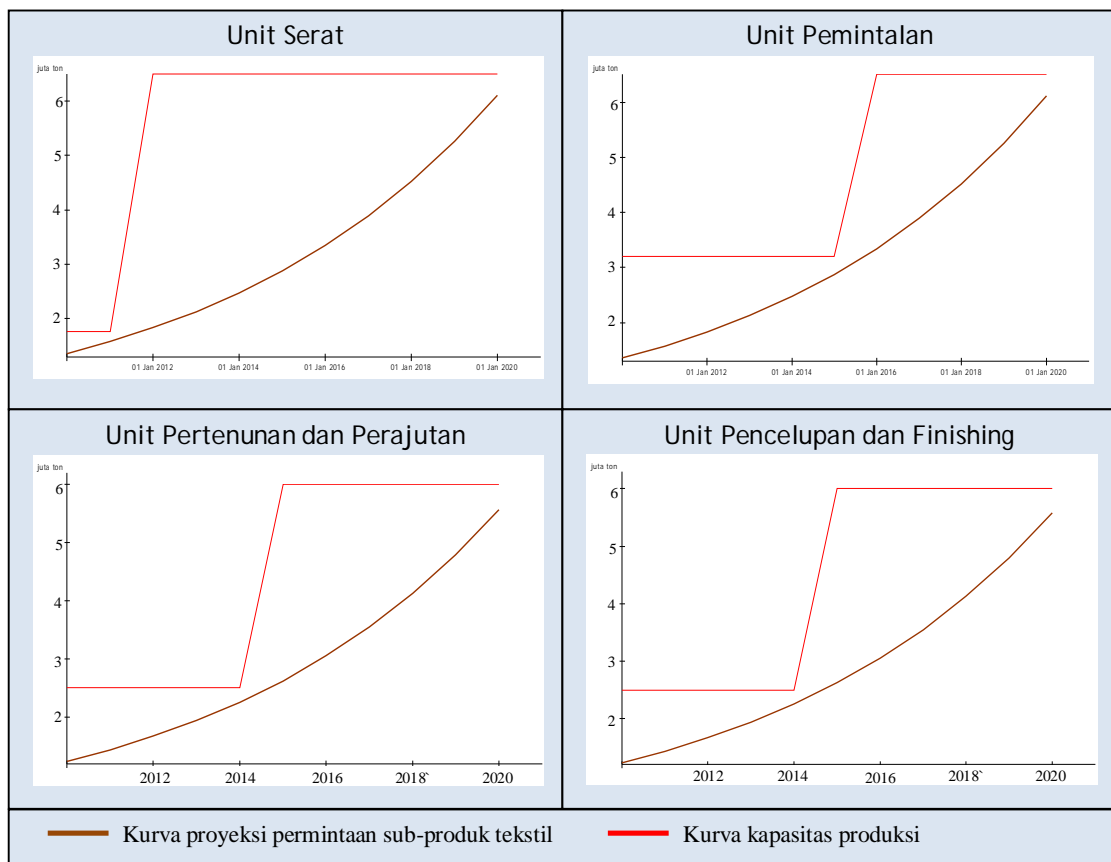
- Pada unit proses serat, sebagai acuan adalah jumlah permintaan dalam negeri tahun 2010 sebesar 70% dari kapasitas produksi yang ada. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi unit serat yang ada yakni sebanyak 1.760.000 ton dengan 26 perusahaan sudah tidak dapat memenuhi permintaan dalam negeri pada tahun 2012, sehingga perlu tambahan industri tekstil khususnya unit serat yang baru dengan kapasitas produksi yang mencapai 2.240.000 ton yang setara dengan 33 perusahaan unit serat yang baru apabila menginginkan kapasitas produksi yang ada dapat memenuhi demand hingga tahun 2020. Kebutuhan energi tambahan untuk unit serat adalah sub-skenario aktual sebesar 271.040 BOE.
- Pada unit pemintalan diketahui bahwa pada tahun 2010, jumlah permintaan dalam negeri adalah 50% dari kapasitas produksi yang ada. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi unit pemintalan yang ada yakni sebanyak 3.200.000 ton dengan 204 perusahaan sudah tidak dapat memenuhi permintaan dalam negeri pada tahun 2018, sehingga diperlukan unit pemintalan yang baru dengan kapasitas produksi yang mencapai 800.000 ton yang setara dengan 51 unit pemintalan yang baru apabila menginginkan kapasitas produksi yang ada dapat memenuhi demand hingga tahun 2020 dengan kebutuhan energi tambahan untuk unit pemintalan sebesar 336.000 BOE.
- Pada unit tenun dan rajut diketahui bahwa pada tahun 2010, jumlah permintaan dalam negeri adalah 50% dari kapasitas produksi yang ada. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi unit tenun dan rajut yang ada yakni sebanyak 2.500.000 ton dengan 522 perusahaan sudah tidak dapat memenuhi permintaan dalam negeri pada tahun 2016, sehingga diperlukan unit pertenunan dan perajutan yang baru dengan kapasitas produksi yang mencapai 1.100.000 ton yang setara dengan 314 perusahaan unit tenun dan rajut yang baru apabila menginginkan kapasitas produksi yang ada dapat memenuhi demand hingga tahun 2020. Kebutuhan energi tambahan untuk unit tenun dan rajut adalah 2.220.000 BOE.

- Pada unit finishing diketahui bahwa pada tahun 2010, jumlah permintaan dalam negeri adalah 50% dari kapasitas produksi yang ada. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi unit finishing yang ada yakni sebanyak 2.500.000 ton dengan 522 perusahaan sudah tidak dapat memenuhi permintaan dalam negeri pada tahun 2016, sehingga diperlukan unit pencelupan dan finishing yang baru dengan kapasitas produksi yang mencapai 1.100.000 ton yang setara dengan 314 perusahaan unit pencelupan dan finishing yang baru apabila menginginkan kapasitas produksi yang ada dapat memenuhi demand hingga tahun 2020 dan kebutuhan energi tambahan untuk unit finishing yaitu 3.552.000 BOE.

4.1.2.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Tekstil pada Tingkat Pertumbuhan Optimis

Dalam sub skenario optimis digunakan tingkat pertumbuhan produksi tekstil per kapita sebesar 15% per tahun sesuai formulasi 3.2. Seperti halnya perhitungan prediksi permintaan energi subskenario aktual, maka dengan melihat grafik hubungan antara demand dengan kapasitas produksi pabrik yang sudah ada untuk masing-masing unit dalam industri tekstil dapat dihitung kebutuhan energi tambahan untuk masing-masing unit dalam industri tekstil.

Gambar 4.2. merupakan hasil simulasi hubungan antara kapasitas produksi dan permintaan tekstil dengan subskenario optimis. Terlihat bahwa garis berwarna merah merupakan kapasitas produksi sedangkan garis berwarna hijau adalah permintaan produk, untuk masing-masing unit produksi tekstil. Asumsi yang digunakan dalam simulasi ini adalah untuk tahun 2010-2020 jumlah kapasitas produksi yang ada bersifat tetap untuk melihat kapasitas produksi tambahan yang dibutuhkan, kemudian diasumsikan juga produksi yang ada dari tahun 2010-2020 seluruhnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.



Gambar 4.2. Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Tekstil Subskenario Optimis

- ❖ Pada unit proses serat, sebagai acuan adalah jumlah permintaan dalam negeri tahun 2010 sebesar 70% dari kapasitas produksi yang ada. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi unit serat yang ada yakni sebanyak 1.760.000 ton dengan 26 perusahaan sudah tidak dapat memenuhi permintaan dalam negeri pada tahun 2011, sehingga perlu menambah industri tekstil khususnya unit serat yang baru dengan kapasitas produksi yang mencapai 4.740.000 ton yang setara dengan 70 unit serat yang baru apabila menginginkan kapasitas produksi yang ada dapat memenuhi demand hingga tahun 2020. Sehingga kebutuhan energi tambahan untuk unit serat sebesar 573.540 BOE.

- ❖ Pada unit pemintalan diketahui bahwa pada tahun 2010, jumlah permintaan dalam negeri adalah 50% dari kapasitas produksi yang ada. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi unit pemintalan yang ada yakni sebanyak 3.200.000 ton dengan 204 perusahaan sudah tidak dapat memenuhi permintaan dalam negeri pada tahun 2015, sehingga diperlukan unit pemintalan yang baru dengan kapasitas produksi yang mencapai 3.300.000 ton yang setara dengan 211 perusahaan unit pemintalan yang baru apabila menginginkan kapasitas produksi yang ada dapat memenuhi demand hingga tahun 2020. Kebutuhan energi tambahan untuk unit pemintalan adalah 1.386.000 BOE.

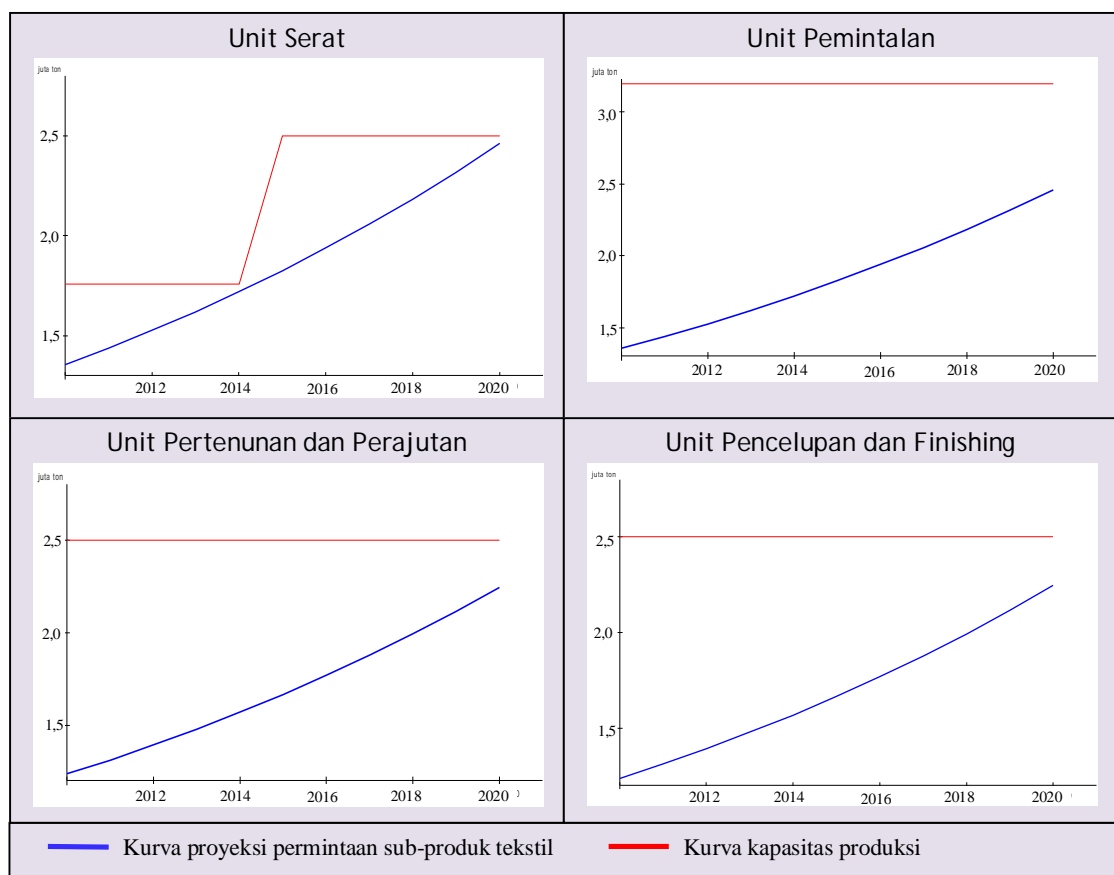
- ❖ Pada unit tenun dan rajut diketahui bahwa pada tahun 2010, jumlah permintaan dalam negeri adalah 50% dari kapasitas produksi yang ada. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi unit tenun dan rajut yang ada yakni sebanyak 2.500.000 ton dengan 522 perusahaan sudah tidak dapat memenuhi permintaan dalam negeri pada tahun 2014, sehingga diperlukan unit pertenunan dan perajutan yang baru dengan kapasitas produksi yang mencapai 3.500.000 ton yang setara dengan 731 perusahaan unit tenun dan rajut yang baru apabila menginginkan kapasitas produksi yang ada dapat memenuhi demand hingga tahun 2020 dengan kebutuhan energi tambahan untuk unit tenun dan rajut sebesar 5.180.000 BOE.

- ❖ Pada unit finishing diketahui bahwa pada tahun 2010, jumlah permintaan dalam negeri adalah 50% dari kapasitas produksi yang ada. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi unit finishing yang ada yakni sebanyak 2.500.000 ton dengan 522 perusahaan sudah tidak dapat memenuhi permintaan dalam negeri pada tahun 2014, sehingga diperlukan unit pencelupan dan finishing yang baru dengan kapasitas produksi yang mencapai 3.500.000 ton yang setara dengan 731 unit pencelupan dan finishing yang baru apabila menginginkan kapasitas produksi yang ada dapat memenuhi demand hingga tahun 2020 dan

kebutuhan energi tambahan untuk unit pencelupan dan finishing adalah sebesar 8.288.000 BOE.

4.1.2.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Tekstil pada Tingkat Pertumbuhan Pesimis

Dalam sub skenario pesimis digunakan tingkat pertumbuhan produksi tekstil per kapita sebesar 5% per tahun sesuai formulasi 3.2. Seperti halnya perhitungan prediksi permintaan energi subskenario aktual dan optimis, maka dengan melihat grafik hubungan antara demand dengan kapasitas produksi pabrik yang sudah ada untuk masing-masing unit dalam industri tekstil dapat dihitung kebutuhan energi tambahan untuk masing-masing unit dalam industri tekstil.



Gambar 4.3. Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Tekstil Subskenario Pesimis

Gambar 4.3 memperlihatkan hasil simulasi hubungan antara kapasitas produksi dan permintaan tekstil dengan subskenario pesimis. Terlihat bahwa garis berwarna merah merupakan kapasitas produksi sedangkan garis berwarna biru adalah permintaan produk, untuk masing-masing unit produksi tekstil. Asumsi yang digunakan dalam simulasi ini adalah untuk tahun 2010-2020 jumlah kapasitas produksi yang ada bersifat tetap untuk melihat kapasitas produksi tambahan yang dibutuhkan, kemudian diasumsikan juga produksi yang ada dari tahun 2010-2020 seluruhnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

- ❖ Pada unit proses serat, sebagai acuan adalah jumlah permintaan dalam negeri tahun 2010 sebesar 70% dari kapasitas produksi yang ada. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi unit serat yang ada yakni sebanyak 1.760.000 ton dengan 26 perusahaan sudah tidak dapat memenuhi permintaan dalam negeri pada tahun 2014, sehingga perlu menambah industri tekstil khususnya unit serat yang baru dengan kapasitas produksi yang mencapai 740.000 ton yang setara dengan 11 unit serat yang baru apabila menginginkan kapasitas produksi yang ada dapat memenuhi demand hingga tahun 2020. Kebutuhan energi tambahan untuk unit serat adalah 89.540 BOE.
- ❖ Pada unit pemintalan diketahui bahwa pada tahun 2010, jumlah permintaan dalam negeri adalah 50% dari kapasitas produksi yang ada. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi unit pemintalan yang ada yakni sebanyak 3.200.000 ton dengan 204 perusahaan sudah dapat memenuhi permintaan dalam negeri hingga tahun 2020, sehingga untuk saat ini masih belum diperlukan tambahan kapasitas untuk unit pemintalan.
- ❖ Pada unit tenun dan rajut diketahui bahwa pada tahun 2010, jumlah permintaan dalam negeri adalah 50% dari kapasitas produksi yang ada. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi unit tenun dan rajut yang ada yakni

sebanyak 2.500.000 ton dengan 522 perusahaan, masih dapat memenuhi permintaan dalam negeri hingga tahun 2020. Oleh karena itu, masih belum dibutuhkan tambahan kapasitas produksi.

- ❖ Pada unit finishing diketahui bahwa pada tahun 2010, jumlah permintaan dalam negeri adalah 50% dari kapasitas produksi yang ada. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi unit finishing yang ada yakni sebanyak 2.500.000 ton dengan 522 unit masih dapat memenuhi permintaan dalam negeri hingga tahun 2020. Oleh karena itu, masih belum dibutuhkan tambahan kapasitas untuk unit pencelupan dan finishing.

4.1.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Tekstil Skenario Kebijakan Pemerintah

Skenario Kebijakan Rencana Strategis Pemerintah (renstra) dalam industri dimaksudkan untuk membandingkan target produksi tekstil versi renstra terhadap hasil simulasi prediksi kapasitas produksi pada skenario tingkat pertumbuhan. Keluaran dari skenario kebijakan renstra ini adalah menilai target pemerintah saat ini apakah masuk ke kategori optimis, pesimis ataukah aktual.

Berdasarkan roadmap Direktorat Jenderal Industri Logam, Mesin, Tekstil dan Aneka (Ditjen ILMTA) Kementerian Perindustrian 2010, sasaran jangka menengah (2010 – 2014) untuk industri tekstil, antara lain :

1. Mantapnya struktur ITPT melalui peningkatan investasi (proyeksi total investasi 2014 = Rp. 172 triliun);
2. Meningkatnya ekspor dengan proyeksi 2014 = USD 16,7 Miliar;
3. Teramankannya pasar dalam negeri. (proyeksi nilai produksi 2014 = Rp. 144,8 trilliun dan konsumsi per kapita naik sebesar 6 kg);
4. Tercapainya penyerapan tenaga kerja dan meningkatnya kemampuan (proyeksi 2014 = 1,47 juta orang);
5. Meningkatnya ekspor ke pasar non-tradisional;

Dan sasaran jangka panjang (2015 – 2025), yaitu :

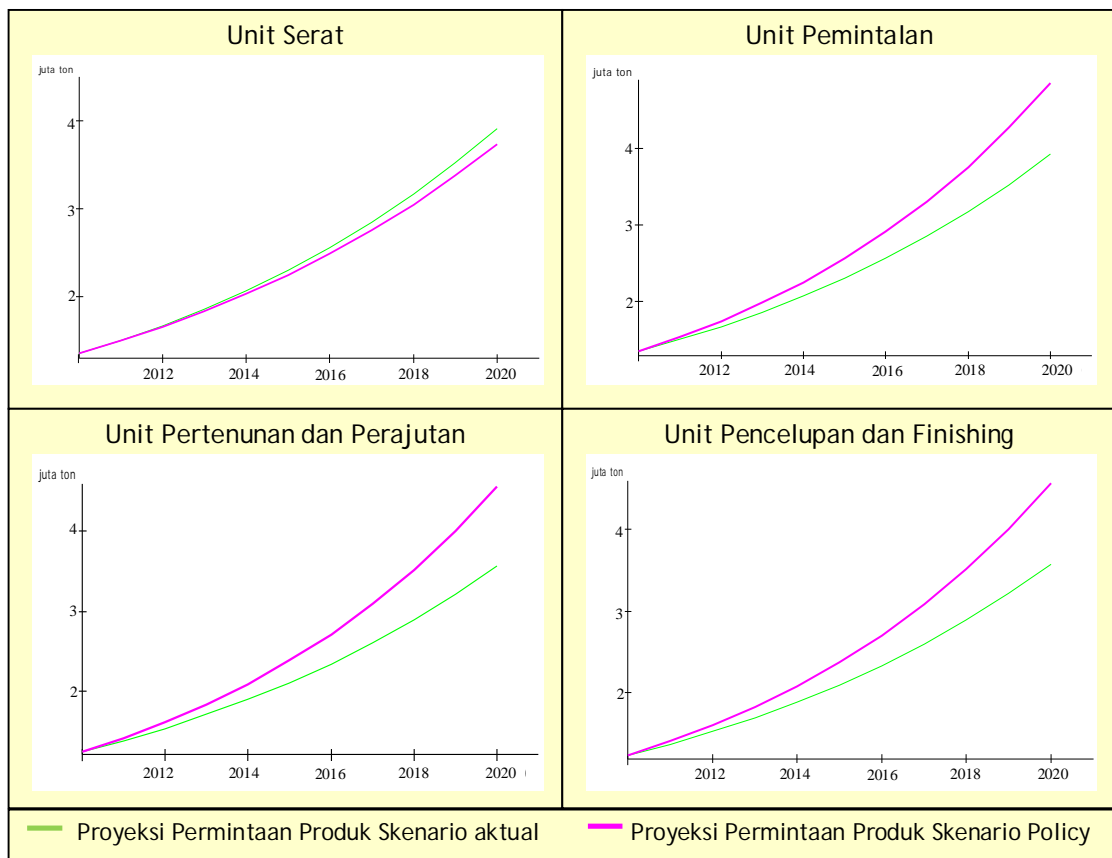
1. Meningkatnya produktifitas, kualitas dan efisiensi yang berdaya saing kearah *competitive advantage*.
2. Meningkatnya daya saing melalui spesialisasi pada produk TPT bernilai tambah tinggi dan *high fashion* yang berbahan baku lokal.
3. Berkembangnya merek-merek Indonesia untuk tujuan ekspor.
4. Meningkatnya penggunaan produk TPT lokal didalam negeri.

Dari roadmap tersebut data yang dapat digunakan untuk menilai target pemerintah dalam produksi tekstil adalah “Teramankannya pasar dalam negeri dengan nilai konsumsi per kapita naik 6 kg”. Artinya nilai konsumsi tekstil per kapita 2010 nilainya akan bertambah 6 kg pada 2020, dimana bukan hanya di produk akhir tekstil (unit finishing dan pencelupan) yang bertambah tetapi juga termasuk unit lainnya dalam produksi tekstil yaitu unit serat, unit pemintalan dan unit pertununan, yaitu seperti terlihat pada table 4.6.

Tabel 4.6. Kapasitas Produksi Tekstil dan Produksi per kapita tekstil 2020

Jenis Industri	Kapasitas Produksi 2009 (juta ton)	Produksi per kapita 2009 (kg/orang)	Kapasitas Produksi 2020 (juta ton)	Produksi per kapita 2020 (kg/orang)
Serat/ fiber	1,76	7,4	3,74	13,5
Pemintalan	3,2	11,5	4,85	17,5
Tenun & Rajut	2,5	10,5	4,57	16,5
Celup & Finishing	2,5	10,5	4,57	16,5

Kemudian dilakukan simulasi secara *trial and error* untuk menghasilkan kurva skenario kebijakan pemerintah dalam permodelan permintaan produk tekstil. Selanjutnya setiap kurva akan dikompilasi dengan hasil simulasi skenario tingkat pertumbuhan aktual sebagai kurva *business as usual* sehingga dapat dinilai kecenderungan kebijakan pemerintah.



Gambar 4.4. Perbandingan Hasil Simulasi Permintaan Tekstil Skenario *Business as Usual* dan Skenario Kebijakan Pemerintah

Gambar 4.4. menunjukkan bahwa kurva skenario kebijakan pemerintah di unit serat berada sedikit di bawah kurva skenario aktual dengan kondisi hampir berhimpit, artinya rencana strategis pemerintah untuk unit serat mengikuti kondisi perekonomian yang sedang berjalan. Sedangkan untuk unit lainnya yaitu unit pemintalan, tenun-rajut dan unit pencelupan-finishing kurva skenario kebijakan pemerintah berada diatas kurva skenario aktual, hal ini mengindikasikan bahwa rencana strategis pemerintah menginginkan kondisi perekonomian yang lebih baik sehingga pertumbuhan tekstil ke depan lebih baik.

4.1.4. Prediksi Permintaan Energi Industri Tekstil

Setelah menghitung dan menganalisis permintaan energi pada industri tekstil untuk masing-masing skenario, berikut adalah tabulasi sederhana permintaan energi masing-masing unit pada industri tekstil.

Tabel 4.7. Kebutuhan Energi pada Industri Tekstil Dalam Skenario

Skenario	Unit	Kapasitas Produksi 2010 (ton)	Populasi Industri (2010)	Tambahan Produksi (ton)	Tambahan Industri	Energi Tambahan (BOE)	Prediksi Permintaan Energi 2020 (BOE)
Tingkat Pertumbuhan Optimis	Serat	1.760.000	26	4.740.000	70	573.540	786.500
	Pemintalan	3.200.000	204	3.300.000	211	1.386.000	2.730.000
	Tenun	2.500.000	522	3.500.000	731	5.180.000	8.880.000
	Finishing	2.500.000	522	3.500.000	731	8.288.000	14.208.000
Tingkat Pertumbuhan Pesimis	Serat	1.760.000	26	740.000	11	89.540	302.500
	Pemintalan	3.200.000	204	0	0	0	1.344.000
	Tenun	2.500.000	522	0	0	0	3.700.000
	Finishing	2.500.000	522	0	0	0	5.920.000
Tingkat Pertumbuhan Aktual	Serat	1.760.000	26	2.240.000	33	271.040	484.000
	Pemintalan	3.200.000	204	800.000	51	336.000	1.680.000
	Tenun	2.500.000	522	1.100.000	230	1.628.000	5.328.000
	Finishing	2.500.000	522	1.100.000	230	2.604.800	8.524.800
Kebijakan Pemerintah	Serat	1.760.000	26	1.977.810	29	239.315	452.275
	Pemintalan	3.200.000	204	1.645.308	105	691.029	2.035.029
	Tenun	2.500.000	522	2.068.433	432	3.061.281	6.761.281
	Finishing	2.500.000	522	2.068.433	432	4.898.049	10.818.049

Total permintaan energi sub-sektor industri tekstil skenario tingkat pertumbuhan optimis adalah 26.604.500 BOE, permintaan energi skenario tingkat pertumbuhan pesimis sebesar 11.266.500 BOE, permintaan energi skenario *business as usual* sebesar 16.016.800 BOE sedangkan permintaan energi skenario kebijakan pemerintah yaitu sebesar 20.066.634 BOE. Permintaan energi skenario kebijakan pemerintah 25% lebih tinggi dibandingkan *business as usual*.

4.2. Industri Semen

Saat ini produsen semen yang beroperasi di Indonesia sebanyak 9 (sembilan) perusahaan yaitu Semen Gresik Group (SGG) yang menguasai sekitar 45% pangsa pasar semen, serta 4 perusahaan lainnya milik swasta, yaitu Indocement yang menguasai 30% pangsa pasar, Holcim Indonesia yang menguasai 15% pangsa pasar, dan produsen semen lainnya yang terbagi atas Semen Andalas, Semen Baturaja, Semen Bosowa, dan Semen Kupang, menguasai 10% pangsa pasar secara total.

Tabel 4.8. Produksi Semen Tiga Perusahaan Besar di Indonesia (dalam ribu ton)

Tahun	Semen Gresik	Indocement	Holcim
2003	17.899,704	5.120,331	6.431,939
2004	20.287,567	5.647,850	7.912,589
2005	20.287,567	5.647,850	7.912,590
2006	20.371,459	4.557,317	8.021,565
2007	21.580,554	5.517,564	7.868,834
2008	24.141,143	5.733,650	8.634,179

Sumber : Asia Securities Publication, 2010

Nilai konsumsi semen per kapita nasional adalah sebesar 153 kg/jiwa (ASI, 2010).

4.2.1. Perhitungan Intensitas Energi Industri Semen

Data salah satu industri semen pada tahun 2009 mengelompokkan penggunaan energi dalam 4 (empat) proses utama, yaitu :

1. Proses Raw Mill
2. Proses Kiln
3. Proses Cement Mill
4. Proses Packing

Tabel 4.9. Profil Konsumsi Energi Pada Industri Semen

Unit Proses	Non Listrik (BOE)			Listrik (BOE)	Total energi (BOE)
	Gas	BBM	Batubara		
Raw Mill	-	-	-	92.205,39	92.205,39
Kiln	-	15.819,07	3.734.417,40	117.665,73	3.867.902,20
Cement Mill	-	-	-	127.329,11	127.329,11
Unit Packing Plant	-	-	-	14.157,00	14.157,00
Jumlah energi per jenis	-	15.819,07	3.734.417,40	351.356,74	4.101.593,70

Sumber : Audit Energi KESDM, 2009 diolah

Dari data tersebut terlihat bahwa penggunaan energi termal yaitu Batubara dan BBM jenis Solar (IDO) sebagai bahan bakar pada kiln merupakan energi terbesar yang dikonsumsi oleh industri semen, yang mencapai 91,4% dari konsumsi energi total. Pemakaian tiga tipe kiln yang berbeda-beda, yaitu 2 (dua) buah kiln kapasitas kecil kapasitas 2.200 TPD (ton per day) dengan teknologi yang paling sederhana tanpa calciner, 1 (satu) buah kiln kapasitas 5.400 TPD dan 4 (empat) buah kiln kapasitas 7.800 TPD. Masing-masing kiln berbahan bakar utama batubara. Selanjutnya data konsumsi energi diatas menjadi data masukkan dalam menghitung nilai intensitas energi.

Data kapasitas produksi semen perusahaan tersebut tahun 2009 sebesar 5.364.706 ton, sehingga dapat diketahui nilai intensitas energi unit semen yaitu :

$$\text{Intensitas Energi} = \frac{\text{Konsumsi Energi, BOE}}{\text{Kapasitas Produksi}} \quad (4.7)$$

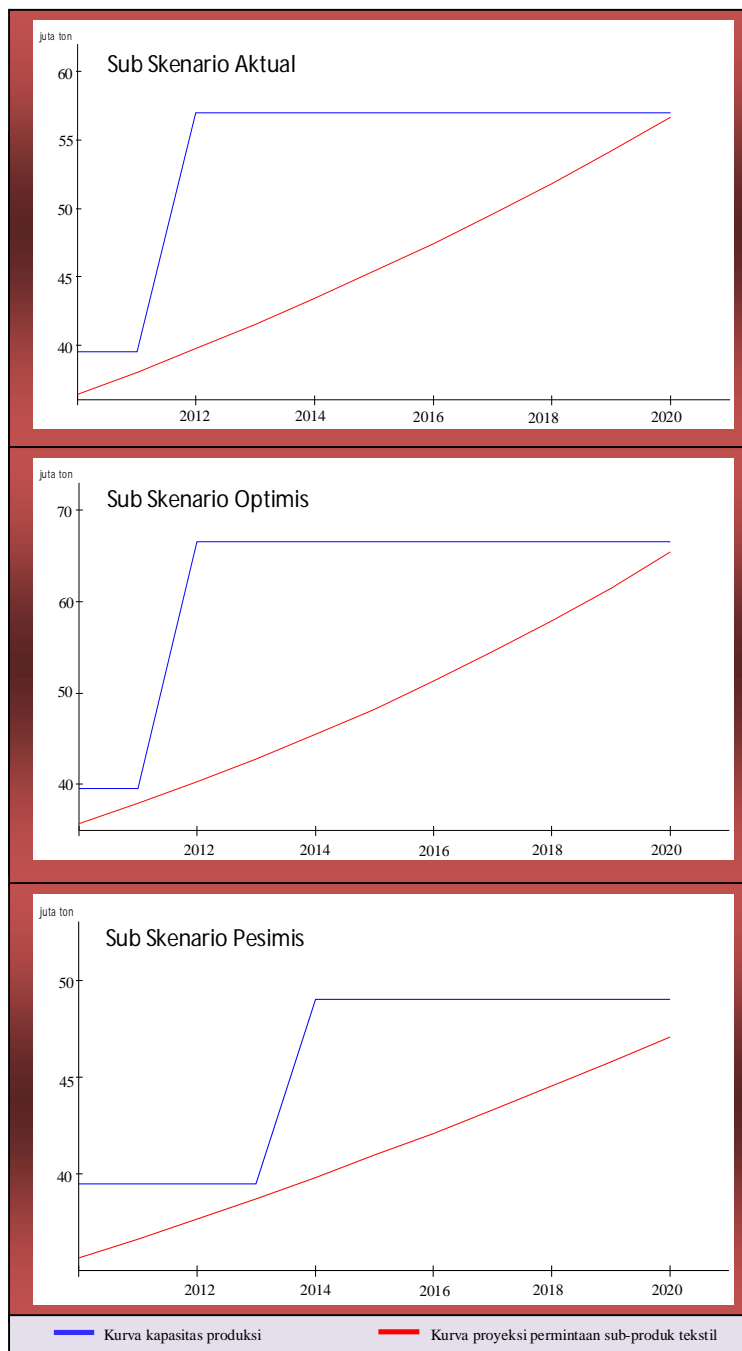
$$\begin{aligned} \text{Intensitas Energi unit semen} &= \frac{4.101.593,70 \text{ BOE}}{5.364.706 \text{ ton}} \\ &= 0,7646 \text{ BOE/ton} \end{aligned}$$

4.2.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Semen Skenario Tingkat Pertumbuhan

Simulasi prediksi konsumsi energi pada industri semen digunakan software Powersim dengan output berupa grafik hubungan antara permintaan produk dan kapasitas produksi secara nasional terhadap waktu. Dalam simulasi ini digunakan tiga sub skenario yang berkaitan dengan skenario tingkat pertumbuhan produksi tekstil per kapita, yaitu skenario aktual, skenario optimis dan skenario pesimis. Oleh karena itu, dari berbagai skenario tersebut akan dilihat hubungannya satu dengan yang lainnya untuk kemudian dianalisis.

Dalam sub skenario aktual digunakan tingkat pertumbuhan produksi semen sebesar 3,4% per tahun sesuai data aktual (BPS, 2009 dan ASI, 2010), sedangkan untuk sub skenario lainnya akan digunakan nilai pertumbuhan produksi semen sebesar 5,1% untuk sub skenario optimis dan 1,7% untuk sub skenario pesimis sesuai formulasi pada bagian metodologi.

Gambar 4.5. merupakan hasil simulasi hubungan antara kapasitas produksi dan permintaan semen dalam berbagai subskenario. Terlihat bahwa garis berwarna biru merupakan kapasitas produksi sedangkan garis berwarna merah adalah permintaan semen. Asumsi yang digunakan dalam simulasi ini adalah untuk tahun 2010-2020 jumlah kapasitas produksi yang ada bersifat tetap untuk melihat kapasitas produksi tambahan yang dibutuhkan, kemudian diasumsikan juga produksi yang ada dari tahun 2010-2020 seluruhnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.



Gambar 4.5. Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Semen Subskenario Aktual, Optimis Dan Pesimis

1. Berdasarkan subskenario aktual, dengan pertumbuhan konsumsi semen per kapita sebesar 3,4%, kemudian dengan asumsi kapasitas produksi semen tetap sepanjang tahun dan seluruh semen yang diproduksi digunakan untuk konsumsi dalam negeri (tidak ada ekspor) maka :
 - Pada tahun 2012 seharusnya telah ada pabrik semen yang baru untuk mencukupi permintaan semen dalam negeri
 - Pada tahun 2012 diperkirakan akan terjadi defisit semen nasional apabila tidak ada penambahan kapasitas produksi pada pabrik semen yang saat ini beroperasi.
 - Agar dapat memenuhi permintaan semen dalam negeri hingga tahun 2020 diperlukan penambahan kapasitas produksi sebesar 17.500.000 ton.
 - Prediksi permintaan energi untuk penambahan kapasitas produksi semen sebesar 17.500.000 ton adalah sebesar 13.380.500 BOE.

2. Berdasarkan subskenario optimis, dengan pertumbuhan konsumsi semen per kapita sebesar 5,1% kemudian dengan asumsi kapasitas produksi semen tetap sepanjang tahun dan seluruh semen yang diproduksi digunakan untuk konsumsi dalam negeri (tidak ada ekspor) maka :
 - Pada tahun 2012 seharusnya telah ada pabrik semen yang baru untuk mencukupi permintaan semen dalam negeri
 - Pada tahun 2012 diperkirakan akan terjadi defisit semen nasional apabila tidak ada penambahan kapasitas produksi dari pabrik semen yang saat ini beroperasi.
 - Untuk keamanan pasokan semen nasional hingga tahun 2020 diperlukan pembangunan pabrik-pabrik semen baru yang kapasitas produksinya mencapai 27.000.000 ton.
 - Prediksi permintaan energi untuk penambahan kapasitas produksi semen sebesar 27.000.000 ton adalah sebesar 20.644.200 BOE.

3. Berdasarkan subskenario pesimis, dengan pertumbuhan konsumsi semen per kapita sebesar 1,7%, kemudian dengan asumsi kapasitas produksi semen tetap sepanjang tahun dan seluruh semen yang diproduksi digunakan untuk konsumsi dalam negeri (tidak ada ekspor) maka :
- Pasokan semen nasional masih dapat mencukupi permintaan dalam negeri hingga tahun 2013.
 - Saat ini seharusnya telah dimulai pembangunan pabrik-pabrik semen baru agar pada tahun 2014 pabrik baru dapat beroperasi untuk memenuhi tambahan permintaan semen nasional.
 - Untuk memenuhi permintaan semen nasional hingga tahun 2020 diperlukan penambahan kapasitas produksi minimal 10.000.000 ton.
 - Prediksi permintaan energi untuk penambahan kapasitas produksi semen sebesar 10.000.000 ton adalah sebesar 7.646.000 BOE.

4.2.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Semen Skenario Kebijakan Pemerintah

Skenario Kebijakan Rencana Strategis Pemerintah (renstra) dalam industri dimaksudkan untuk membandingkan target produksi semen versi renstra yang termaktub dalam roadmap industri semen oleh Kemenperin 2009 terhadap hasil simulasi prediksi kapasitas produksi pada skenario tingkat pertumbuhan. Keluaran dari skenario kebijakan renstra ini adalah menilai target pemerintah saat ini apakah masuk ke kategori optimis, pesimis ataukah aktual.

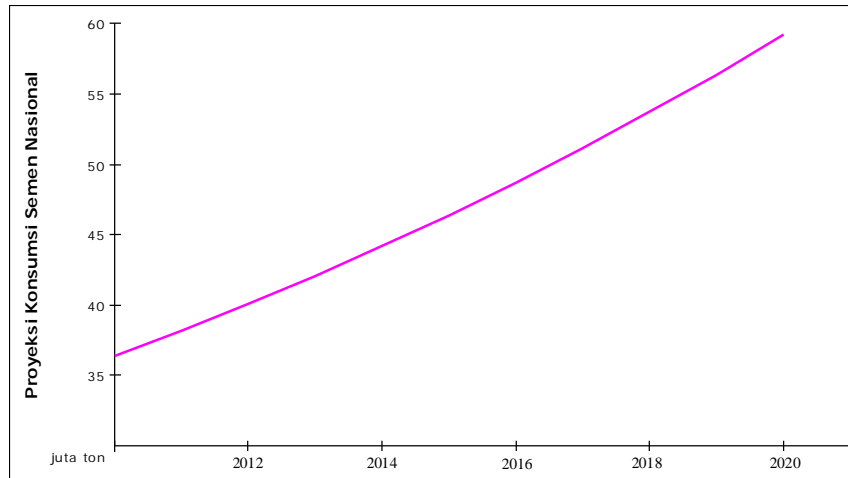
Direktorat Jenderal Industri Agro dan Kimia Kementerian Perindustrian 2009, dalam roadmap semen menilai kecenderungan yang akan terjadi adalah peningkatan kebutuhan semen 5% per tahun yang didasarkan pada 2 faktor penting yaitu :

- Pertumbuhan Ekonomi Nasional (PDB) yang diestimasi sekitar 4 – 5%;
- Kebutuhan semen per kapita yang masih relatif rendah (150 kg/kapita) di antara negara ASEAN.

Dari roadmap tersebut dapat dilakukan perhitungan target produksi semen versi pemerintah untuk memenuhi kebutuhan semen dalam negeri hingga tahun 2020. Kemudian dilakukan simulasi terhadap data tersebut dengan permodelan yang berbeda dari permodelan skenario tingkat pertumbuhan, karena pada permodelan skenario kebijakan pemerintah tidak melibatkan variable populasi. Hasil simulasi seperti pada gambar 4.6.

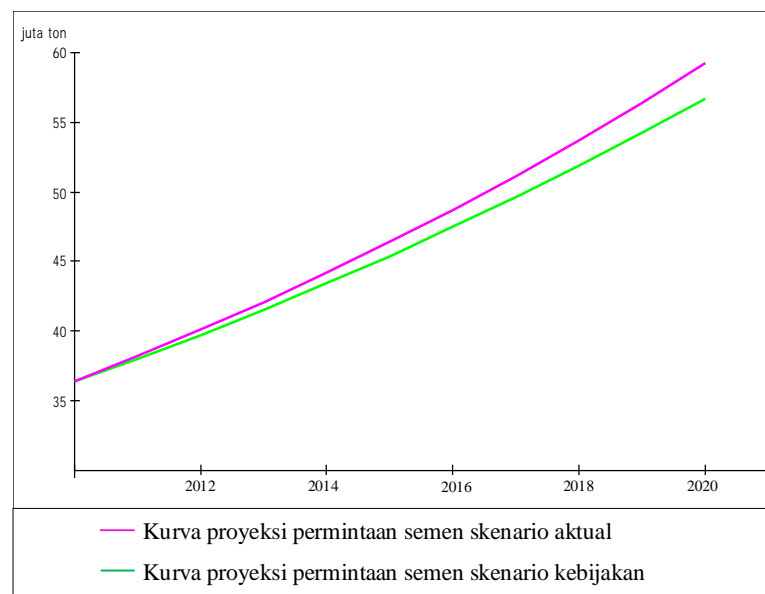
Tabel 4.10 Proyeksi Kebutuhan Semen Nasional Versi Renstra Pemerintah

Tahun	Kebutuhan Semen Nasional (ton)
2010	36.346.165
2011	38.163.473
2012	40.071.647
2013	42.075.229
2014	44.178.991
2015	46.387.940
2016	48.707.337
2017	51.142.704
2018	53.699.839
2019	56.384.831
2020	59.204.073



Gambar 4.6. Proyeksi Kebutuhan Semen Nasional Skenario Kebijakan Pemerintah

Untuk melihat posisi rencana strategis pemerintah terhadap subskenario tingkat pertumbuhan aktual sebagai representasi *business as usual*, maka kurva kebijakan pemerintah dikompilasi dengan kurva skenario tingkat pertumbuhan semen sub skenario aktual seperti terlihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Perbandingan Hasil Simulasi Permintaan Semen Skenario Tingkat Pertumbuhan Aktual dan Skenario Kebijakan Pemerintah

Melihat kurva pada gambar 4.7 kurva berwarna hijau merupakan kurva permintaan semen sebagai *business as usual* sedangkan kurva berwarna ungu merupakan kurva permintaan semen target rencana strategis pemerintah. Sehingga dapat diketahui bahwa kebijakan yang diambil pemerintah di sub-sektor industri semen merupakan kebijakan yang realistis dan sedikit ke arah optimis. Kebutuhan energi tambahan untuk skenario kebijakan pemerintah adalah sebesar 15.065.734 BOE.

4.2.2.1 Prediksi Permintaan Energi Industri Semen

Setelah menghitung dan menganalisis permintaan energi pada industri semen untuk masing-masing skenario, berikut adalah tabulasi sederhana permintaan energi masing-masing pada industri semen.

Tabel 4.11. Kebutuhan Energi pada Industri Semen Dalam Skenario

Skenario	Kapasitas Produksi 2010 (ton)	Populasi Industri (2010)	Tambahan Produksi (ton)	Tambahan Industri	Energi Tambahan (BOE)	Prediksi Permintaan Energi 2020 (BOE)
Tingkat Pertumbuhan Aktual	39.500.000	9	17.500.000	1	13.380.500	43.582.200
Tingkat Pertumbuhan Optimis	39.500.000	9	27.000.000	2	20.644.200	50.845.900
Tingkat Pertumbuhan Pesimis	39.500.000	9	10.000.000	1	7.646.000	37.847.700
Kebijakan Pemerintah	39.500.000	9	19.704.073	1	15.065.734	45.267.434

Target rencana strategis pemerintah pada sub-sektor industri semen 4% lebih tinggi dibandingkan proyeksi *business as usual*.

4.3. Industri Baja

Berdasarkan data Kementerian Perindustrian, industri baja terbagi atas 3 industri turunan yaitu unit iron making, unit proses baja kasar (yang menghasilkan bloom, billet, slab), dan unit fabrikasi (menghasilkan produk HRC, plate, CRC dan long product). Jumlah industri turunan baja di Indonesia yaitu unit iron making

sebanyak 1 industri dengan kapasitas terpasang 2.300.000 ton, unit proses baja kasar (*crude steel process*) sebanyak 55 industri dengan total kapasitas terpasang 12.863.200 ton, dan unit fabrikasi sebanyak 201 industri dengan kapasitas terpasang 12.934.960 ton. Kondisi produksi baja nasional saat ini yaitu kapasitas produksi iron making sebesar 1.500.000 ton dan kapasitas produksi baja kasar sebesar 6.000.000 ton, sedangkan kapasitas produksi HRC, plate, CRC dan long product sebesar 6.500.000 ton. Dan konsumsi baja per kapita saat ini sebesar 29 kg/tahun.

4.3.1. Perhitungan Intensitas Energi Industri Baja

Dalam menentukan intensitas energi industri baja digunakan pendekatan yang berbeda dengan penentuan intensitas energi pada industri tekstil, semen dan kertas. Penentuan intensitas energi baja akan dilakukan dengan pendekatan *product mix* dan teknologi unit proses sejenis di negara-negara lain. Diasumsikan proses yang terjadi pada proses *iron making*, proses *crude steel* dan *fabrication process* menghasilkan produk yang sama yaitu baja sebagai *product mix*, asumsi berikutnya adalah teknologi proses industri baja dari hulu ke hilir umumnya adalah sama dan identik, sehingga hasil penelitian intensitas energi yang telah dilakukan sebelumnya di negara lain akan diperbandingkan dan diambil nilai rata-ratanya, yang pada akhirnya sebagai acuan penentuan konsumsi energi industri baja di Indonesia.

Untuk Indonesia profil penggunaan energi industri baja nasional mengambil sample penggunaan energi salah satu perusahaan yang memproduksi 135.000 ton baja seperti terlihat pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Konsumsi Energi Industri Baja

Sumber Energi	Nilai Energi	Dalam BOE
Listrik (kWh)	22.968,960	14.080
HSD (kl)	44.200	292.065
Natural Gas (MSCF)	240.000	43.104
Total		349.249

Sumber : Audit Energi, KESDM 2010.

Sehingga intensitas energi industri baja yaitu :

$$\text{Intensitas Energi baja} = \frac{\text{Konsumsi Energi, BOE}}{\text{Kapasitas Produksi baja, ton}}$$

$$\text{Intensitas Energi baja} = \frac{349.249 \text{ BOE}}{135.000 \text{ ton}}$$

$$= 2,59 \text{ BOE/ton}$$

Berikut adalah hasil studi literatur nilai intensitas energi di beberapa Negara, secara sederhana disajikan dalam Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Nilai Intensitas Energi Sub-sektor Industri Baja di Beberapa Negara

No.	Negara	Intensitas Energi Iron and Steel Production	
		Unit Asli	BOE/Ton
1	Jerman	18,3 GJ/ton	3,20
2	China	715 kgce/ton	3,00
3	Brazil	23,1 GJ/ton	4,04
4	Mexico	22,6 GJ/ton	3,96
5	Amerika Serikat	12,6 MMBTU/ton	2,07
6	Indonesia		2,59
Rata-rata			3,14

Sumber : *Energi Policy Vol. 25 (1997); Lynn Price, et.al (1999).*

Sehingga untuk menentukan melakukan perhitungan prediksi permintaan energi pada industri baja akan digunakan nilai intensitas energi rata-rata yaitu 3,14 BOE/ton.

4.3.1. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Baja Skenario Tingkat Pertumbuhan

Untuk simulasi prediksi konsumsi energi pada industri baja digunakan software Powersim dengan output berupa grafik hubungan antara permintaan produk dan kapasitas produksi secara nasional terhadap waktu. Dalam simulasi ini digunakan tiga sub skenario yang berkaitan dengan skenario tingkat pertumbuhan produksi baja per kapita. Oleh karena itu, berbagai skenario tersebut akan dilihat hubungannya satu dengan yang lainnya untuk kemudian dianalisis.

4.3.1.1. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Baja Skenario Tingkat Pertumbuhan Aktual

Dalam sub skenario aktual digunakan tingkat pertumbuhan produksi baja per kapita sebesar 5% per tahun sesuai data aktual (Kemenperin, 2010). Pada bagian ini akan dilihat hubungan antara permintaan produk dengan kapasitas produksi pabrik yang sudah ada untuk masing-masing proses pada industri baja sehingga dapat dilihat kapan diperlukan penambahan kapasitas produksi dan dapat dihitung berapa energi tambahan yang dibutuhkan.

Gambar 4.8 memperlihatkan kondisi aktual industri besi-baja nasional, garis berwarna merah merupakan proyeksi permintaan produk besi-baja yang dipengaruhi variable konsumsi baja per kapita, populasi dan tingkat pertumbuhan. Garis berwarna biru adalah kapasitas produksi masing-masing proses kondisi tahun 2010, sedangkan garis berwarna hijau merupakan kapasitas produksi yang seharusnya dimiliki pada tahun 2020. Ketiga proses dalam industri baja, memperlihatkan bahwa kapasitas produksi 2010 atau yang dimiliki saat ini masih belum mencukupi permintaan besi-baja nasional, sehingga kekurangan permintaan masing-masing produk tersebut harus diimbangi dengan impor.

- Proses iron making dalam skenario aktual memperlihatkan bahwa kurva berwarna biru yaitu kurva produksi besi saat ini sebesar 1,5 juta ton sejak tahun 2010 sudah tidak memenuhi permintaan besi dalam negeri yang mencapai 12,7 juta ton, sehingga diperlukan penambahan kapasitas produksi besi sebesar 11,2 juta ton

dengan tambahan energi sebesar 35.168.000 BOE agar kebutuhan besi dalam negeri tercukupi hingga tahun 2020.



Gambar 4.8 Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Besi-Baja Sub-Skenario Aktual

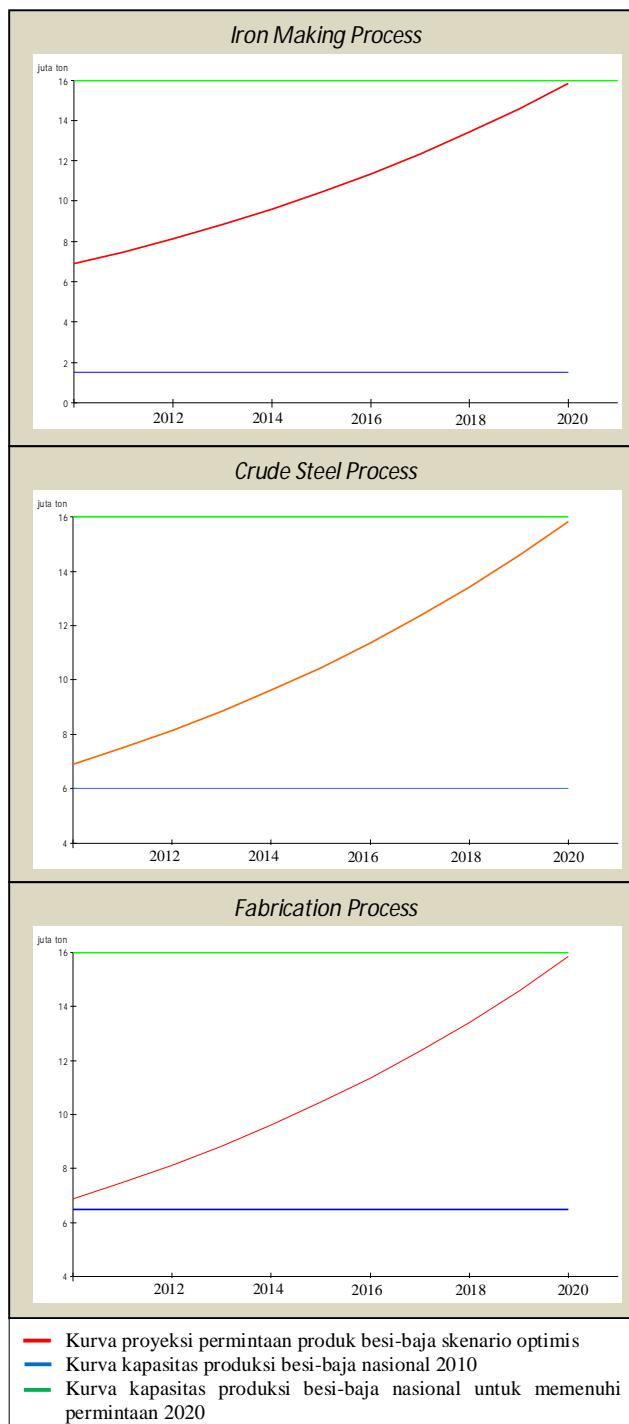
- Proses baja kasar dalam skenario aktual memperlihatkan bahwa kurva berwarna biru yaitu kurva produksi baja kasar saat ini sebesar 6 juta ton sejak tahun 2010 sudah tidak memenuhi permintaan baja kasar dalam negeri yang mencapai 12,6 juta ton, sehingga diperlukan penambahan kapasitas produksi baja kasar sebesar 6,6 juta ton dengan tambahan energi sebesar 20.724.000 BOE agar kebutuhan baja kasar dalam negeri tercukupi hingga tahun 2020.
- Proses fabrication memperlihatkan kurva berwarna biru yaitu kurva produksi baja saat ini hanya sebesar 6,5 juta ton dan sejak tahun 2010 sudah tidak memenuhi permintaan baja dalam negeri yang mencapai 12,6 juta ton sehingga pasokan baja domestic sangat kurang, oleh karena itu diperlukan penambahan kapasitas produksi baja sebesar 6,1 juta ton dengan tambahan energi sebesar 19.154.000 BOE agar kebutuhan baja dalam negeri tercukupi hingga tahun 2020.

4.3.1.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Baja Skenario Tingkat Pertumbuhan Optimis

Sub skenario optimis menggunakan tingkat pertumbuhan produksi baja per kapita sebesar 7,5% per tahun sesuai formulasi yang telah ditentukan pada bagian metodologi. Pada bagian ini akan dilihat hubungan antara permintaan produk dengan kapasitas produksi pabrik yang sudah ada untuk masing-masing proses pada industri baja sehingga dapat dilihat kapan diperlukan penambahan kapasitas produksi dan dapat dihitung berapa energi tambahan yang dibutuhkan.

Gambar 4.9. memperlihatkan kondisi industri besi-baja nasional dalam skenario optimis, garis berwarna merah merupakan proyeksi permintaan produk besi-baja yang dipengaruhi variable konsumsi baja per kapita, populasi dan tingkat pertumbuhan. Garis berwarna biru adalah kapasitas produksi masing-masing proses kondisi tahun 2010, sedangkan garis berwarna hijau merupakan kapasitas produksi yang seharusnya dimiliki pada tahun 2020. Ketiga proses dalam industri baja, memperlihatkan bahwa kapasitas produksi 2010 atau yang dimiliki saat ini masih belum mencukupi permintaan besi-baja nasional, sehingga hasil proyeksi permintaan

besi-baja hingga tahun 2020 menghasilkan kekurangan produk besi-baja yang signifikan.



Gambar 4.9. Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Besi-Baja Sub-Skenario Optimis

- Proses iron making dalam skenario optimis memperlihatkan bahwa bahwa kurva berwarna biru yaitu kurva produksi besi saat ini sebesar 1,5 juta ton sejak tahun 2010 sudah tidak memenuhi permintaan besi dalam negeri yang mencapai 16 juta ton, sehingga diperlukan penambahan kapasitas produksi besi sebesar 14,5 juta ton dengan tambahan energi sebesar 45.530.000 BOE agar kebutuhan besi dalam negeri tercukupi hingga tahun 2020.
- Proses baja kasar dalam skenario optimis memperlihatkan bahwa kurva berwarna biru yaitu kurva produksi baja kasar saat ini sebesar 6 juta ton sejak tahun 2010 sudah tidak memenuhi permintaan baja kasar dalam negeri yang mencapai 16 juta ton, sehingga diperlukan penambahan kapasitas produksi baja kasar sebesar 10 juta ton dengan tambahan energi sebesar 31.400.000 BOE agar kebutuhan baja kasar dalam negeri tercukupi hingga tahun 2020.
- Proses fabrication memperlihatkan kurva berwarna biru yaitu kurva produksi baja saat ini hanya sebesar 6,5 juta ton dan sejak tahun 2010 sudah tidak memenuhi permintaan baja dalam negeri yang mencapai 16 juta ton sehingga pasokan baja domestic sangat kurang, oleh karena itu diperlukan penambahan kapasitas produksi baja sebesar 9,5 juta ton dengan tambahan energi sebesar 29.830.000 BOE agar kebutuhan baja dalam negeri tercukupi hingga tahun 2020.

4.3.1.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Baja Skenario Tingkat Pertumbuhan Pesimis

Sub skenario pesimis menggunakan tingkat pertumbuhan produksi baja per kapita sebesar 2,5% per tahun sesuai formulasi yang telah ditentukan pada bagian metodologi. Pada bagian ini akan dilihat hubungan antara permintaan produk dengan kapasitas produksi pabrik yang sudah ada untuk masing-masing proses pada industri baja sehingga dapat dilihat kapan diperlukan penambahan kapasitas produksi dan dapat dihitung berapa energi tambahan yang dibutuhkan.



Gambar 4.10. Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Besi-Baja Sub-Skenario Pesimis

Gambar 4.10 memperlihatkan kondisi industri besi-baja nasional dalam skenario pesimis, garis berwarna merah merupakan proyeksi permintaan produk besi-

baja yang dipengaruhi variable konsumsi baja per kapita, populasi dan tingkat pertumbuhan. Garis berwarna biru adalah kapasitas produksi masing-masing proses kondisi tahun 2010, sedangkan garis berwarna hijau merupakan kapasitas produksi yang seharusnya dimiliki pada tahun 2020. Ketiga proses dalam industri baja, memperlihatkan bahwa kapasitas produksi 2010 atau yang dimiliki saat ini masih belum mencukupi permintaan besi-baja nasional, sehingga penambahan kapasitas produksi seharusnya sudah dimulai dari saat ini.

- Proses iron making dalam skenario pesimis memperlihatkan bahwa kurva berwarna biru yaitu kurva produksi besi saat ini sebesar 1,5 juta ton sejak tahun 2010 sudah tidak memenuhi permintaan besi dalam negeri yang mencapai 10 juta ton, sehingga diperlukan penambahan kapasitas produksi besi sebesar 8,5 juta ton dengan tambahan energi sebesar 26.690.000 BOE agar kebutuhan besi dalam negeri tercukupi hingga tahun 2020.
- Proses baja kasar dalam skenario pesimis memperlihatkan bahwa kurva berwarna biru yaitu kurva produksi baja kasar saat ini sebesar 6 juta ton sejak tahun 2010 sudah tidak memenuhi permintaan baja kasar dalam negeri yang mencapai 10 juta ton, sehingga diperlukan penambahan kapasitas produksi baja kasar sebesar 4 juta ton dengan tambahan energi sebesar 12.560.000 BOE agar kebutuhan baja kasar dalam negeri tercukupi hingga tahun 2020.
- Proses fabrication dalam skenario pesimis pun memperlihatkan kurva berwarna biru/kurva produksi baja saat ini hanya sebesar 6,5 juta ton jauh di bawah permintaan baja dalam negeri sejak tahun 2010 yang sudah tidak memenuhi permintaan baja dalam negeri sebesar 10 juta ton sehingga pasokan baja domestic sangat kurang, oleh karena itu diperlukan penambahan kapasitas produksi baja sebesar 3,5 juta ton dengan tambahan energi sebesar 10.990.000 BOE agar kebutuhan baja dalam negeri tercukupi hingga tahun 2020.

4.3.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Baja Skenario Kebijakan Pemerintah

Skenario kebijakan rencana strategis pemerintah (renstra) dalam industri dimaksudkan untuk membandingkan target produksi baja versi renstra yang termaktub dalam roadmap industri baja oleh Kemenperin 2010 terhadap hasil simulasi prediksi kapasitas produksi pada skenario tingkat pertumbuhan. Keluaran dari skenario kebijakan renstra ini adalah menilai target pemerintah saat ini apakah masuk ke kategori optimis, pesimis ataukah aktual.

Berdasarkan roadmap Direktorat Jenderal Industri Logam, Mesin, Tekstil dan Aneka (Ditjen ILMTA) Kementerian Perindustrian 2010, sasaran jangka menengah (2010 – 2014) untuk industri baja, antara lain :

1. Teroptimalkannya kapasitas terpasang industri baja kasar (10 juta ton per tahun).
2. Tumbuhnya industri pelletizing dan pig iron dengan kapasitas 2,5 juta ton per tahun.
3. Tumbuhnya industri penunjang/workshop dalam negeri.
4. Berkembangnya kapasitas industri iron making (basis gas) dari 1,5 juta ton per tahun menjadi 3 juta ton per tahun.
5. Berkembangnya industri baja kasar (*crude steel*) dari 6 juta ton per tahun menjadi 10 juta ton per tahun.
6. Berkembangnya kapasitas produksi HRC, plate, CRC dan long product menjadi 10 juta ton per tahun.
7. Berkembangnya produk baja lembaran HRC, plate, CRC dan long product untuk kebutuhan perkapalan, pipa migas, otomotif, konstruksi, packaging dan home appliances.
8. Terbangunnya media pertukaran informasi untuk mendorong sinergi industri baja nasional dengan industri hulu dan hilirnya serta instansi terkait lainnya.

Sedangkan sasaran jangka panjang 2015 – 2025, yaitu :

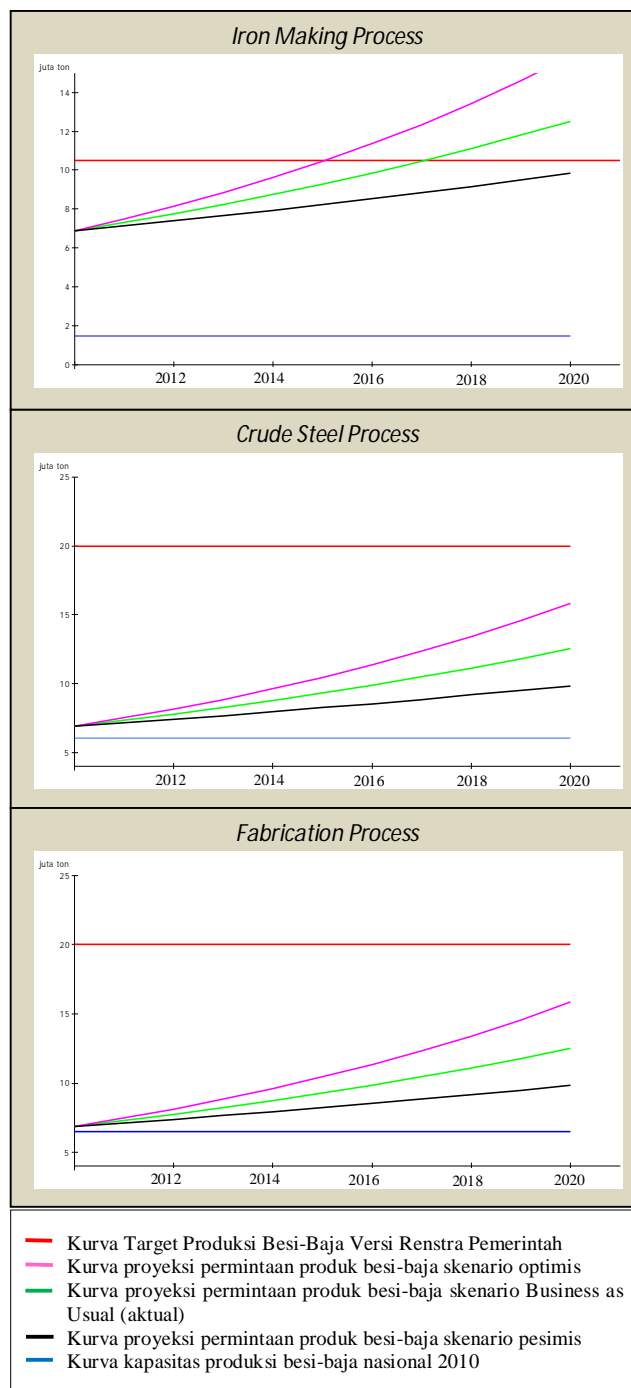
1. Tumbuhnya industri iron making berbasis batubara (*coal base*) atau gas dan bijih besi lokal dengan kapasitas 5 juta ton per tahun.
2. Berkembangnya industri baja kasar (*crude steel*) menjadi 20 juta ton per tahun.
3. Terbangunnya industri peleburan baja stainless steel (slab, HRC dan CRC) berbasis bijih besi dan nikel lokal.
4. Berkembangnya industri baja HRC, plate, CRC dan long product menjadi 20 juta ton per tahun.
5. Terbangunnya sinergi yang kuat antara industri baja nasional dengan industri hulu hilirnya serta instansi terkait lainnya.

Dari roadmap tersebut ada tiga target pemerintah yang akan menjadi acuan yaitu peningkatan produksi baja yaitu :

- Pada akhir tahun 2014 industri iron making bertambah produksinya menjadi 3 juta ton, dan akan tumbuh industri pelletizing dan pig iron sebesar 2,5 juta ton, kemudian dalam sasaran jangka panjang industri iron making berbasis batubara (*coal base*) atau gas dan bijih besi lokal tumbuh dengan kapasitas 5 juta ton per tahun, sehingga total kapasitas produksi iron pada tahun 2020 diharapkan sebesar 10,5 juta ton.
- Berkembangnya industri baja kasar (*crude steel*) menjadi 20 juta ton per tahun.
- Berkembangnya industri baja HRC, plate, CRC dan long product menjadi 20 juta ton per tahun.

Kebijakan pemerintah terhadap industri baja berbeda dengan kebijakan industri tekstil dan semen yang dasar penentuan target pemerintah adalah proyeksi demand yaitu untuk industri tekstil berdasarkan proyeksi konsumsi per kapita pada tahun 2020 bertambah 6 kg, dan industri semen berdasarkan proyeksi peningkatan permintaan semen 5% per tahun, maka untuk menilai kebijakan pemerintah di

industri baja simulasi yang dilakukan berbeda karena pemerintah langsung menetapkan besaran/angka produksi.



Gambar 4.11. Target Produksi Baja Versi Renstra terhadap Skenario Tingkat Pertumbuhan

Gambar 4.11. menggambarkan kurva target produksi baja skenario kebijakan pemerintah (kurva berwarna merah) terhadap kurva skenario pertumbuhan (kurva berwarna ungu, hijau dan hitam). Sehingga untuk menilai target pemerintah saat ini apakah masuk ke kategori optimis, pesimis atukah aktual, dapat diperoleh dengan melihat grafik mana yang lebih dekat dengan kurva kebijakan pemerintah. Walaupun seperti telah diketahui bahwa defisit baja telah terjadi di Indonesia, namun target pemerintah dalam industri baja tetap tinggi bukan hanya untuk pemenuhan pasokan baja nasional dalam kondisi aktual, tetapi target yang ingin dicapai lebih tinggi dari skenario optimis.

- Pada unit proses iron making, kebijakan atau renstra pemerintah untuk proses ini lebih realistis dengan target pemenuhan besi nasional sebesar 9 juta ton dan kebutuhan energi tambahan sebesar 28.260.000 BOE.
- Pada unit proses crude steel, target pemerintah sangat tinggi lebih tinggi dari skenario tingkat pertumbuhan optimis, yaitu produksi baja kasar hingga tahun 2020 sebesar 14 juta ton dengan kebutuhan energi tambahan sebesar 43.960.000 BOE.
- Target pemerintah pada unit fabrikasi juga sangat tinggi, yaitu produksi baja sebesar 13,5 juta ton dengan energi tambahan yang harus disiapkan sebesar 42.390.000 BOE.

4.4.4. Prediksi Permintaan Energi Industri Baja

Setelah menghitung dan menganalisis permintaan energi pada industri baja untuk masing-masing skenario, berikut adalah tabulasi sederhana permintaan energi masing-masing skenario pada industri baja.

Tabel 4.14 Kebutuhan Energi pada Industri Baja Dalam Berbagai Skenario

Sub/Skenario	Unit	Kapasitas Produksi 2010 (ton)	Populasi Industri (2010)	Tambahan Produksi (ton)	Jumlah Industri Tambahan	Energi Tambahan (BOE)	Prediksi Permintaan Energi 2020 (BOE)
Aktual	Iron	1.500.000	1	11.200.000	8	35.168.000	39.878.000
	Crude	6.000.000	55	6.600.000	61	20.724.000	39.564.000
	Steel	6.500.000	201	6.100.000	189	19.154.000	39.564.000
Pesimistis	Iron	1.500.000	1	8.500.000	6	26.690.000	31.400.000
	Crude	6.000.000	55	4.000.000	37	12.560.000	31.400.000
	Steel	6.500.000	201	3.500.000	108	10.990.000	31.400.000
Optimis	Iron	1.500.000	1	14.500.000	10	45.530.000	50.240.000
	Crude	6.000.000	55	10.000.000	92	31.400.000	50.240.000
	Steel	6.500.000	201	9.500.000	294	29.830.000	50.240.000
Kebijakan Pemerintah	Iron	1.500.000	1	9.000.000	6	28.260.000	32.970.000
	Crude	6.000.000	55	14.000.000	128	43.960.000	62.800.000
	Steel	6.500.000	201	13.500.000	418	42.390.000	62.800.000

4.4. Industri Pulp dan Kertas

Mengacu data yang dimiliki oleh Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia (APKI), industri pulp dan kertas bukan merupakan dua industri yang terintegrasi namun dari 84 industri pulp dan kertas ada sebanyak 10 industri pulp dan kertas yang terintegrasi. Di Indonesia jumlah industri kertas mencapai 71 industri, sedangkan industri pulp tercatat hanya 3 industri. Oleh karena itu untuk mempermudah pengolahan dan analisis data 10 industri pulp dan kertas yang terintegrasi akan dipisahkan menjadi 10 industri pulp dan 10 industri kertas, sehingga ada 2 jenis industri yaitu industri pulp sebanyak 13 industri dan industri kertas sebanyak 81 industri.

Tabel 4.15. Produksi Industri Pulp dan Kertas

Jenis Industri	Kapasitas Produksi (ton)	Konsumsi Kertas (kg/kapita)
Pulp	5.672.210	25,4
Waste Paper Recovery	2.750.000	
Kertas	8.853.280	

Sumber : APKI, 2007

Produksi pengolahan limbah kertas (*waste paper recovery*) selanjutnya akan dihitung sebagai produksi pulp.

4.4.1. Perhitungan Intensitas Energi Industri Pulp dan Kertas

Profil penggunaan energi industri pulp dan kertas yang mengambil salah satu sample perusahaan mengelompokkan penggunaan energi dalam 4 (empat) proses produksi, yaitu :

1. Pembuatan pulp dan pulper secara kimia dan mekanik
2. Proses Pengolahan Limbah menjadi pulp
3. Proses Pembuatan Kertas
4. Proses Finishing

Tabel 4.16. Konsumsi Energi Pada Industri Kertas

Unit Proses	Non-Listrik BBM (BOE)	Listrik (BOE)	Total energi (BOE)
Pembuatan pulp pada pulper	-	8.655,54	8.655,54
Pengolahan Limbah	-	2.268,98	2.268,98
Pembuatan Kertas	41.642,23	12.723,25	54.365,48
Finishing	-	226,12	226,12
Jumlah energi per jenis	41.642,23	23.873,89	65.516,12

Sumber : Audit Energi KESDM, 2010 diolah

Penggunaan energi keempat unit proses diatas dapat disederhanakan menjadi 2 jenis industri pengguna energi yaitu industri pulp (unit proses pembuatan pulp pada pulper + unit proses pengolahan limbah) dan industri kertas (unit proses pembuatan kertas + finishing).

4.4.1.1. Unit Proses Pulp

Dari data tersebut diketahui penggunaan energi satu pabrik pulp sebesar 10.924,52 BOE. Industri pulp di Indonesia sebanyak 13 industri sehingga total energi industri pulp sebesar 142.018,8 BOE. Nilai intensitas energi unit pulp yaitu :

$$\text{Intensitas Energi pulp} = \frac{\text{Konsumsi Energi, BOE}}{(\text{Kapasitas Produksi pulp} + \text{waste paper recovery}), \text{ton}} \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned} \text{Intensitas Energi unit pulp} &= \frac{142.018,80 \text{ BOE}}{(5.672.210 + 2.750.000) \text{ ton}} \\ &= 0,0169 \text{ BOE/ton} \end{aligned}$$

4.4.1.2. Unit Proses Kertas

Berdasarkan data konsumsi energi, penggunaan energi satu pabrik kertas adalah 54.591,6 BOE, sehingga sebanyak 81 industri kertas di Indonesia menggunakan energi sebesar 4.421.919,6 BOE. Nilai intensitas energi unit kertas yaitu :

$$\text{Intensitas Energi kertas} = \frac{\text{Konsumsi Energi, BOE}}{\text{Kapasitas Produksi kertas, ton}} \quad (4.8)$$

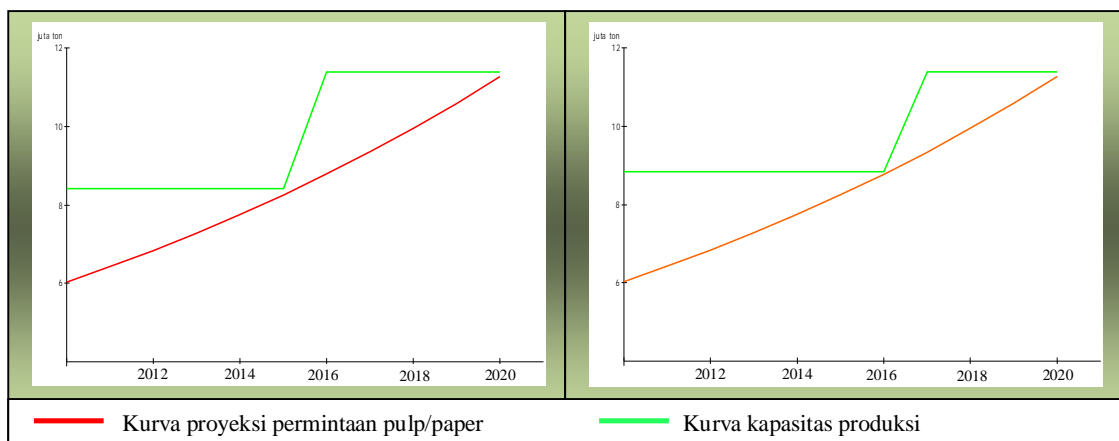
$$\begin{aligned} \text{Intensitas Energi unit kertas} &= \frac{4.421.919,6 \text{ BOE}}{8.853.280 \text{ ton}} \\ &= 0,50 \text{ BOE/ton} \end{aligned}$$

4.4.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Pulp dan Kertas Skenario Tingkat Pertumbuhan

Untuk simulasi prediksi konsumsi energi pada industri pulp dan kertas digunakan software Powersim dengan output berupa grafik hubungan antara permintaan produk dan kapasitas produksi secara nasional terhadap waktu. Dalam simulasi ini digunakan tiga sub skenario yang berkaitan dengan skenario tingkat pertumbuhan produksi pulp dan kertas per kapita. Oleh karena itu, berbagai skenario tersebut akan dilihat hubungannya satu dengan yang lainnya untuk kemudian dianalisis.

4.4.2.1. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Pulp dan Kertas pada Tingkat Pertumbuhan Aktual

Dalam sub skenario aktual digunakan tingkat pertumbuhan produksi pulp dan kertas sebesar 5,3% per tahun sesuai data aktual (BPS, 2009 dan APKI, 2007). Pada bagian ini akan dilihat hubungan antara permintaan produk dengan kapasitas produksi pabrik yang sudah ada untuk masing-masing unit pulp dan kertas sehingga dapat dilihat kapan diperlukan penambahan kapasitas produksi dan dapat dihitung berapa energi tambahan yang dibutuhkan.



Gambar 4.12. Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Pulp Dan Kertas Subskenario Aktual

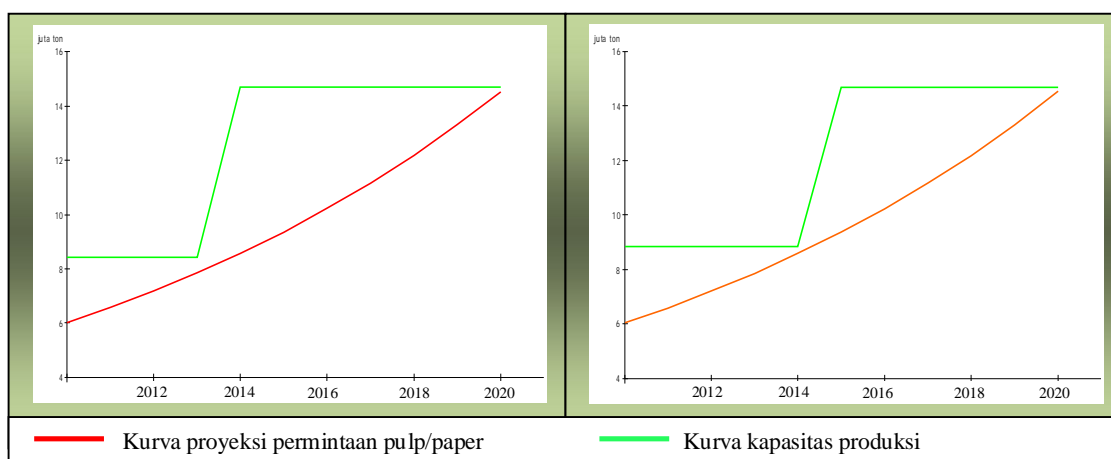
Gambar 4.12. memperlihatkan hasil simulasi hubungan antara kapasitas produksi dan permintaan pulp dan kertas dengan subskenario aktual. Terlihat bahwa garis berwarna hijau merupakan kapasitas produksi sedangkan garis berwarna merah adalah permintaan pulp dan kertas. Asumsi yang digunakan dalam simulasi ini adalah untuk tahun 2010-2020 jumlah kapasitas produksi yang ada bersifat tetap untuk melihat kapasitas produksi tambahan yang dibutuhkan, kemudian diasumsikan juga produksi yang ada dari tahun 2010-2020 seluruhnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa pada kondisi perekonomian yang cukup kondusif, bila tidak ada penambahan kapasitas produksi dari industri pulp dan

kertas yang sudah ada ataupun tidak ada pembangunan industri pulp dan kertas yang baru, maka pada antara tahun 2015 dan 2016 defisit pulp dan kertas diperkirakan akan terjadi. Untuk mengantisipasi keadaan tersebut diperlukan penambahan produksi pulp dan kertas nasional masing-masing menjadi 11,5 juta ton hingga tahun 2020. Penambahan produksi pulp sendiri adalah sebesar 3,08 juta ton dengan kebutuhan tambahan energi sebesar 52.014,65 BOE, sedangkan penambahan kertas sebesar 2,65 juta ton dengan kebutuhan tambahan energi sebesar 1.323.360 BOE.

4.4.2.2. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Pulp dan Kertas pada Tingkat Pertumbuhan Optimis

Dalam sub skenario optimis digunakan tingkat pertumbuhan produksi pulp dan kertas per kapita sebesar 8 % per tahun sesuai formulasi. Pada bagian ini akan dilihat hubungan antara permintaan produk dengan kapasitas produksi pabrik yang sudah ada untuk masing-masing unit pulp dan kertas sehingga dapat dilihat kapan diperlukan penambahan kapasitas produksi dan dapat dihitung berapa energi tambahan yang dibutuhkan.



Gambar 4.13. Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Pulp Dan Kertas Subskenario Optimis

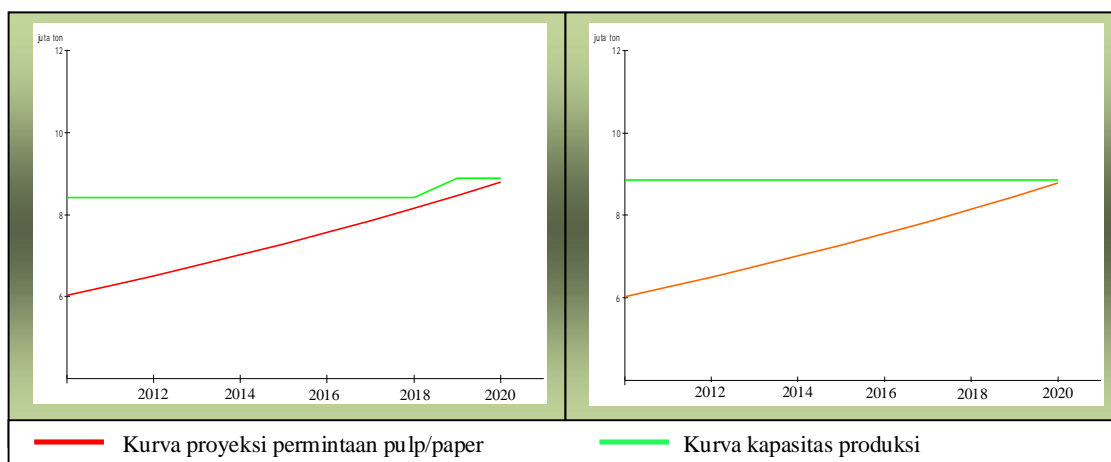
Gambar 4.13 memperlihatkan hasil simulasi hubungan antara kapasitas produksi dan permintaan pulp dan kertas dengan subskenario aktual. Terlihat bahwa garis

berwarna hijau merupakan kapasitas produksi sedangkan garis berwarna merah adalah permintaan pulp dan kertas. Asumsi yang digunakan dalam simulasi ini adalah untuk tahun 2010-2020 jumlah kapasitas produksi yang ada bersifat tetap untuk melihat kapasitas produksi tambahan yang dibutuhkan, kemudian diasumsikan juga produksi yang ada dari tahun 2010-2020 seluruhnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa pada kondisi perekonomian yang sangat baik, bila tidak ada penambahan kapasitas produksi dari industri pulp dan kertas yang sudah ada ataupun tidak ada pembangunan industri pulp dan kertas yang baru, maka pada tahun 2014 defisit kertas diperkirakan akan terjadi. Untuk mengantisipasi keadaan tersebut diperlukan penambahan produksi pulp sejak tahun 2013 sebesar 6,28 juta ton untuk memenuhi raw material unit proses kertas dengan energi tambahan unit pulp sebesar 106.094,65 BOE. Sedangkan defisit kertas nasional pada tahun 2014 harus diantisipasi dengan penambahan produksi kertas nasional minimal menjadi 14,7 juta ton hingga tahun 2020 atau setara dengan penambahan produksi kertas sebesar 5,85 juta ton dengan kebutuhan tambahan energi unit kertas sebesar 2.923.360 BOE.

4.4.2.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Pulp dan Kertas pada Tingkat Pertumbuhan Pesimis

Dalam sub skenario optimis digunakan tingkat pertumbuhan produksi pulp dan kertas per kapita sebesar 2,7 % per tahun sesuai formulasi. Pada bagian ini akan dilihat hubungan antara permintaan produk dengan kapasitas produksi pabrik yang sudah ada untuk masing-masing unit pulp dan kertas sehingga dapat dilihat kapan diperlukan penambahan kapasitas produksi dan dapat dihitung berapa energi tambahan yang dibutuhkan.



Gambar 4.14. Hasil Simulasi Hubungan Antara Kapasitas Produksi Dan Permintaan Pulp Dan Kertas Subskenario Pesimis

Gambar 4.14 memperlihatkan hasil simulasi hubungan antara kapasitas produksi dan permintaan pulp dan kertas dengan subskenario aktual. Terlihat bahwa garis berwarna hijau merupakan kapasitas produksi sedangkan garis berwarna merah adalah permintaan pulp dan kertas. Asumsi yang digunakan dalam simulasi ini adalah untuk tahun 2010-2020 jumlah kapasitas produksi yang ada bersifat tetap untuk melihat kapasitas produksi tambahan yang dibutuhkan, kemudian diasumsikan juga produksi yang ada dari tahun 2010-2020 seluruhnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa pada kondisi perekonomian yang tidak baik sehingga permintaan pulp juga tidak tinggi maka pasokan pulp untuk industri kertas masih mencukupi sampai tahun 2018 sedangkan produksi kertas dengan pabrik yang ada saat ini masih bisa memenuhi permintaan kertas nasional hingga tahun 2020. Penambahan produksi pulp skenario pesimis sendiri adalah sebesar 0,48 juta ton dengan kebutuhan tambahan energi sebesar 8.074,56 BOE.

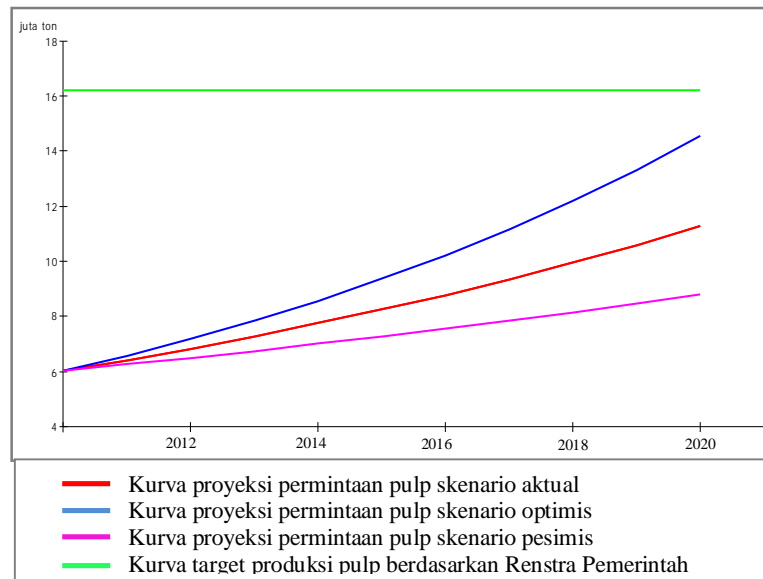
4.4.3. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi Industri Pulp dan Kertas Skenario Kebijakan Pemerintah

Skenario kebijakan rencana strategis pemerintah (renstra) dalam industri dimaksudkan untuk membandingkan target produksi pulp dan kertas versi renstra yang tertulis dalam roadmap industri kertas oleh Kemenperin 2009 terhadap hasil simulasi prediksi kapasitas produksi pada skenario tingkat pertumbuhan. Keluaran dari skenario kebijakan renstra ini adalah menilai target pemerintah saat ini apakah masuk ke kategori optimis, pesimis ataukah aktual.

Roadmap industri kertas 2010 yang dikeluarkan Kementerian Perindustrian menjelaskan target pemerintah untuk menyediakan luas areal HTI yang cukup luas (± 108.000 ha netto atau 155.000 ha gross) per perusahaan pulp atau setara dengan kapasitas produksi 600.000 ton/tahun, yang kompak (tidak terlalu menyebar), *clear & clean* (bebas konflik). Hal ini adalah untuk mencapai visi industri kertas nasional yaitu meningkatnya posisi industri pulp dan kertas nasional sebagai salah satu produsen terkemuka di dunia (diharapkan menjadi 5 besar).

Dari roadmap tersebut ada dua target pemerintah yang akan menjadi acuan yaitu peningkatan produksi pulp sebesar 600.000 ton/tahun per perusahaan pulp, sehingga dapat dihitung target peningkatan produksi pulp nasional adalah $7.800.000$ ton/tahun. Kebijakan pemerintah terhadap industri pulp dan kertas seperti halnya kebijakan pada industri baja, yaitu dalam menilai kebijakan pemerintah di industri pulp simulasi yang dilakukan berdasarkan besaran/angka produksi yang ditetapkan.

Gambar 4.15 menggambarkan grafik target produksi pulp skenario kebijakan pemerintah terhadap kurva skenario pertumbuhan. Sehingga untuk menilai target pemerintah saat ini apakah masuk ke kategori optimis, pesimis ataukah aktual, dapat diperoleh dengan melihat grafik mana yang lebih dekat dengan grafik kebijakan pemerintah.



Gambar 4.15. Grafik Target Produksi Pulp Versi Renstra terhadap Skenario Tingkat Pertumbuhan

Dari gambar 4.15 dapat diketahui bahwa rencana strategis pemerintah terhadap industri pulp merupakan kebijakan yang sangat optimis, karena target produksi pulp versi renstra berada lebih tinggi dari permintaan pulp skenario pertumbuhan optimis.

Target pemerintah terhadap produksi pulp yaitu sebesar 16,22 juta ton, 43,8% lebih tinggi dari kondisi *business as usual* dan pasokan energi untuk unit pulp yang diperlukan dengan target produksi tersebut adalah 274.155,34 BOE.

Untuk menentukan target produksi kertas yaitu menduduki posisi 5 besar dunia. perlu diketahui terlebih dahulu negara-negara produsen kertas terbesar di dunia dan kapasitas produksi yang dicapainya. Tabel 4.17. memperlihatkan negara-negara penghasil kertas terbesar di dunia.

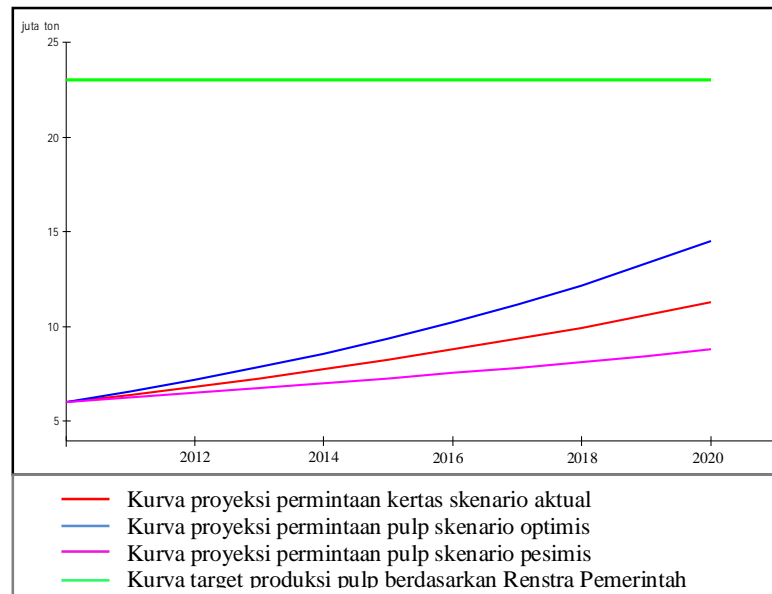
Tabel 4.17. Negara Produsen Kertas Terbesar di Dunia 2007

No.	Negara	Produksi Kertas (ton)	Konsumsi kertas Per Kapita (kg)
1	Amerika Serikat	83.800.000	297,1
2	China	78.026.000	44,7
3	Jepang	28.930.000	233,6
4	Jerman	23.172.000	231,7
5	Canada	18.110.000	241,9
6	Finlandia	14.334.000	325
7	Swedia	11.902.000	220
8	Korea Selatan	10.932.000	168,9
9	Italia	10.112.000	205,7
10	Perancis	9.870.000	178,7
11	Brazil	9.154.000	39,5
12	Indonesia	8.853.280	25,4
13	India	8.500.000	8,5
14	Rusia	7.559.000	37,5
15	Spanyol	6.714.000	169,7

Sumber : www.paperonweb.com diakses pada 5 Juni 2011.

Saat ini posisi kelima produsen kertas terbesar di dunia diduduki oleh Canada dengan jumlah produksi kertas sebesar 18.110.000 ton. Sehingga untuk dapat masuk ke posisi 5 besar, minimal Indonesia harus dapat mencapai target produksi kertas mendekati produksi kertas Jerman, yaitu $\pm 23.000.000$ ton.

Gambar 4.16 menggambarkan grafik target produksi kertas skenario kebijakan pemerintah terhadap kurva skenario pertumbuhan. Sehingga untuk menilai target pemerintah saat ini apakah masuk ke kategori optimis, pesimis ataukah aktual, dapat diperoleh dengan melihat grafik mana yang lebih dekat dengan grafik kebijakan pemerintah.



Gambar 4.16. Target Produksi Kertas Versi Renstra terhadap Skenario Tingkat Pertumbuhan

Dari gambar 4.16 dapat diketahui bahwa rencana strategis pemerintah terhadap industri kertas merupakan kebijakan yang sangat optimis, karena target produksi kertas versi renstra berada lebih tinggi dari permintaan kertas skenario pertumbuhan optimis, hal ini disebabkan karena Indonesia memiliki keinginan untuk menjadi negara produsen kertas terbesar yang tujuannya untuk diekspor.

4.4.4. Prediksi Permintaan Energi Industri Pulp dan Kertas

Setelah menghitung dan menganalisis permintaan energi pada industri pulp dan kertas untuk masing-masing skenario, berikut adalah tabulasi sederhana permintaan energi masing-masing skenario pada industri pulp dan kertas.

Tabel 4.18. Kebutuhan Energi pada Industri Pulp dan Kertas

Sub/ Skenario	Unit	Kapasitas Produksi 2010 (ton)	Populasi Industri (2010)	Tambahan Produksi (ton)	Jumlah Industri Tambahan	Energi Tambahan (BOE)	Prediksi Permintaan Energi 2020 (BOE)
Aktual	Pulp	8.422.210	13	3.077.790	5	52.015	194.350
	Kertas	8.853.280	81	2.646.720	24	1.323.360	5.750.000
Pesimistis	Pulp	8.422.210	13	477.790	0	8.075	150.410
	Kertas	8.853.280	81	0	0	0	4.426.640
Optimis	Pulp	8.422.210	13	6.277.790	10	106.095	248.430
	Kertas	8.853.280	81	5.846.720	54	2.923.360	7.350.000
Kebijakan Pemerintah	Pulp	8.422.210	13	7.800.000	12	131.820	274.155
	Kertas	8.853.280	81	14.146.720	129	7.073.360	11.500.000

4.5. Pasokan dan Permintaan Energi Sektor Industri

PT PLN Persero (PLN) merupakan perusahaan listrik negara dimana sebagian besar industri di Indonesia masih memiliki ketergantungan pasokan dari energi listrik ini. Untuk memenuhi permintaan energi khususnya listrik, PLN merencanakan dan melaksanakan proyek-proyek kelistrikan yang *lead time*-nya relatif panjang, sehingga PLN secara alamiah perlu mempunyai sebuah rencana pengembangan sistem kelistrikan yang berjangka panjang. Sebagai contoh, diperlukan waktu sekitar 7 tahun untuk mewujudkan sebuah PLTU batubara skala besar mulai dari rencana awal hingga beroperasi. Dengan demikian rencana pengembangan sistem yang diperlukan PLN harus berjangka cukup panjang, yaitu 10 tahun, agar dapat mengakomodasi lead time yang panjang dari proyek-proyek kelistrikan.

Rencana Umum Pengembangan Tenaga Listrik (RUPTL) 2009 -2019 yang dikeluarkan oleh PLN memberikan kesimpulan sebagai berikut : “Dengan menggunakan asumsi pertumbuhan ekonomi sepuluh tahun mendatang rata-rata 6,2% per tahun dan bergerak dari realisasi kebutuhan tenaga listrik tahun 2009, proyeksi penjualan tenaga listrik pada tahun 2019 diperkirakan akan mencapai 334,4 TWh,

atau mengalami pertumbuhan rata-rata 9,3% selama 10 tahun mendatang. Beban puncak pada tahun 2019 diproyeksikan akan mencapai 59.863 MW. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, diprogramkan pembangunan pembangkit listrik baru untuk periode 2010-2019 sebesar 55.484 MW, diantaranya yang akan dibangun oleh PLN sebesar 31.958 MW dan IPP (swasta) sebesar 23.526 MW.”

Untuk menilai apakah rencana penyediaan listrik pada tahun 2019 atau proyeksi penjualan tenaga listrik dalam RUPTL dapat memenuhi permintaan energi sektor industri pada tahun 2020, maka pada bagian ini akan dilakukan perhitungan *supply-demand* energi untuk sektor industri secara sederhana, dengan asumsi sebagai berikut :

1. Proyeksi penjualan tenaga listrik merupakan nilai pasokan energi, artinya infrastruktur PLN yang direncanakan telah beroperasi.
2. Sesuai RUPTL PLN, proyeksi penjualan tenaga listrik tahun 2019 adalah 334,4 TWh dengan pertumbuhan 0,93% per tahun maka pada tahun 2020 proyeksi penjualan tenaga listrik adalah 337,51 TWh atau 206,9 juta BOE.
3. Permintaan energi sektor industri sebesar 80% dari total konsumsi energi nasional. Sehingga pasokan total PLN untuk industri dapat ditentukan yaitu sebesar 165,52 juta BOE.
4. Hasil simulasi prediksi permintaan energi tahun 2020 yang telah dilakukan sebagai dasar perhitungan, dimana permintaan energi sub sektor industri tekstil, industri semen, industri baja, industri pulp dan kertas sebagai 4 sub-sektor industri padat energi.

Tabel 4.19. Hasil Simulasi Prediksi Permintaan Energi
Subsektor Industri Tekstil, Semen, Baja, Pulp dan Kertas 2020

Sub-sektor industri	Prediksi Permintaan Energi 2020 (BOE)			
	Skenario Tingkat Pertumbuhan			Skenario Kebijakan Pemerintah
	Optimis	Aktual	Pesimis	
Tekstil	26.604.500	16.016.800	11.266.500	20.066.634
Semen	50.845.900	43.582.200	37.847.700	45.267.434
Baja	150.720.000	119.006.000	94.200.000	158.570.000
Pulp dan Kertas	7.598.430	5.944.350	4.577.050	11.774.155
Jumlah	235.768.830	184.549.350	147.891.250	235.678.223

Proyeksi pasokan energi 2020 khusus untuk sektor industri dengan porsi 80% adalah sebesar 165,52 juta BOE, sedangkan bila diperhatikan prediksi permintaan energi dari skenario pertumbuhan secara total dari keempat sub-sektor industri tekstil, industri semen, industri baja, industri pulp dan kertas yaitu untuk skenario optimis sebesar 235,77 juta BOE, skenario actual atau skenario business as usual sebesar 184,55 juta BOE. Kedua skenario tersebut memiliki nilai yang lebih tinggi dari proyeksi pasokan energi 2020, yang masing-masing lebih tinggi 42,4% dan 11,5% dari proyeksi pasokan energi jenis listrik. Sementara prediksi permintaan energi dalam skenario tingkat pertumbuhan pesimis yang sedikit lebih rendah yaitu sebesar 147,89 juta BOE hanya 10,7% lebih rendah dari nilai proyeksi pasokan listrik 2020.

Kemudian apabila dilihat prediksi permintaan energi dalam skenario kebijakan pemerintah seharusnya proyeksi pasokan energi lebih besar dari prediksi permintaan energi, namun yang terjadi tidaklah demikian. Prediksi permintaan energi skenario kebijakan pemerintah sebesar 235,68 juta BOE atau lebih tinggi 42,3% dari proyeksi pasokan energi yang bersumber dari listrik. Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan pemerintah dalam hal penyediaan energi belum sinergi dengan target-target pemerintah di sektor industri.

4.6. Kajian Intensitas Energi Sektor Industri

Pertumbuhan ekonomi dan populasi telah diketahui menyebabkan permintaan akan energi meningkat secara drastis. Lebih lanjut, harga energi sendiri juga sangat fluktuatif. Tren ini diperkirakan akan terus berlanjut dan bahkan memburuk di masa mendatang. Selain itu, meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dari aktivitas manusia sebagai pengguna energi berkontribusi terhadap perubahan iklim global.

Penggunaan energi terhadap kapasitas produksi dikenal dengan sebutan intensitas energi, seperti halnya perhitungan nilai intensitas energi yang telah dilakukan pada bagian terdahulu. Perubahan intensitas energi industri dikarenakan berkurangnya industri-industri yang padat energi atau peningkatan efisiensi energi. Perbaikan efisiensi energi dan intensitas energi adalah tujuan utama strategi energi.

Fokus pada bagian ini adalah melihat nilai intensitas energi sub-sektor industri tekstil, industri semen, industri baja, industri pulp dan kertas di Indonesia terhadap industri sejenis di negara lain. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kecenderungan penggunaan energi di Indonesia, apakah termasuk baik (hemat) dengan intensitas energi yang lebih rendah terhadap negara lain, moderat, ataukah termasuk buruk (boros) terhadap energi yang dinyatakan dengan nilai intensitas energi yang lebih besar terhadap negara lainnya. Sehingga dapat dijadikan landasan bagi pemangku kepentingan untuk perbaikan kinerja industri nasional.

Kajian intensitas energi sektor industri telah banyak dilakukan di dunia, Ernst Worrel, et.al (2007) telah merangkum untuk menentukan yang terbaik. Oleh karena itu nilai intensitas energi sub-sektor industri tekstil, industri semen, industri baja, industri pulp dan kertas yang telah dilakukan bagian sebelumnya hanya akan dibandingkan dengan nilai intensitas energi sub-sektor industri sejenis yang terbaik, seperti diperlihatkan oleh table 4.20.

Tabel 4.20. Perbandingan Nilai Intensitas Energi 4 Subsektor Industri di Indonesia terhadap Nilai Intensitas Energi Terbaik di Dunia

Sub-sektor	Proses	Penelitian ini	World Best Practise	
		BOE/ton	Unit Asli	BOE/ton
Tekstil	Serat	0,121	150 kWh/ton	0,09
	Pemintalan	0,42	650 kWh/ton	0,4
	Pertenunan	1,48	150 kg (LPG)	1,28
	Finishing	2,368	12,50 MMBTU	2,05
Semen		0.7646	2,78 GJ/ton	0,49
Baja	Iron Making	2,59	315,6 kgce/ton	1,33
	Crude Steel	2,59	202,9 kgce/ton	0,85
	Fabrication	2,59	80,4 kgce/ton	0,34
Pulp & Paper	Pulp	0,0169	1,5 GJ/Adt	0,0115
	Paper	0,5	6,6 GJ/Adt	0,462

Sumber : Ernst Worrel, et.al (2007)

Secara umum, nilai intensitas energi keempat subsektor industri di Indonesia masih berada diatas nilai intensitas energi sub-sektor industri sejenis yang terbaik di dunia, artinya penggunaan energi pada sektor industri manufaktur di Indonesia masih tergolong tidak efisien sehingga penelitian dalam rangka peningkatan efisiensi masih sangat relevan dilakukan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Industri tekstil dengan empat proses utama yaitu proses serat (intensitas energi 0,000121 BOE/kg), proses pemintalan (intensitas energi 0,00042 BOE/kg), proses pertenunan (intensitas energi 0,00148 BOE/kg) dan proses finishing (intensitas energi 0,002368 BOE/kg) dan tingkat pertumbuhan industri tekstil 10% akan memerlukan ketersediaan energi sebesar 16.016.800 BOE pada tahun 2020.
2. Industri semen dengan tingkat pertumbuhan permintaan semen nasional sebesar 3,4% dan intensitas energi 0,7646 BOE/ton pada tahun 2020 akan memerlukan pasokan energi sebesar 43.582.200 BOE.
3. Industri baja dengan tiga proses utama yaitu proses iron making, proses crude steel dan proses fabrikasi dengan intensitas energi 3,14 BOE/ton saat ini masih harus menambah pasokan baja dari impor, diharapkan pada tahun 2020 dapat memenuhi kebutuhan baja dalam negeri yang pertumbuhan permintaannya sebesar 5% dengan menyiapkan energi sebesar 119.006.000 BOE.
4. Industri pulp dan kertas (intensitas energi pulp 0,0169 BOE/ton dan kertas 0,5 BOE/ton) dengan pertumbuhan permintaan kertas sebesar 5,3% pada tahun 2020 akan membutuhkan energi sebesar 5.944.350 BOE.
5. Rencana strategis pemerintah di keempat subsektor industri padat energi ini lebih tinggi dari *business as usual*, yang artinya harus didukung oleh penyediaan energi yang lebih besar.
6. Besarnya rencana penyediaan listrik yang tertuang dalam RUPTL PLN untuk tahun 2020 tidak sebanding dengan permintaan energi nasional.

5.2.Saran

Saran yang dapat diberikan terkait hasil penelitian ini antara lain :

1. Berdasarkan rencana strategis pemerintah dalam sub-sektor industri tekstil, industri semen, industri baja, industri pulp dan kertas maka permintaan energi pada tahun 2020 sangat tinggi dan seharusnya diikuti dengan penyediaan energi yang sesuai.
2. Penyediaan energi harus disinergikan dengan proyeksi permintaan energi di berbagai sektor, agar tidak terjadi kekurangan pasokan energi nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. *Audit Energi*. Kementerian ESDM: Jakarta
- Anonim. 2010. *Sensus Penduduk Indonesia tahun 2010*. Biro Pusat Statistik: Jakarta
- Anonim. 2010. *Indonesia Cement Statistic*. Asosiasi Semen Indonesia: Jakarta
- Anonim, 2010. *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) 2010-2019*. PT. PLN (Persero): Jakarta.
- Anonim, 2010. *Roadmap Industri Kertas*. Kementerian Perindustrian: Jakarta
- Anonim, 2010. *Roadmap Direktorat Jenderal Industri Logam, Mesin, Tekstil dan Aneka (Ditjen ILMTA)*. Kementerian Perindustrian: Jakarta
- Anonim. 2009. *Roadmap Industri Semen*. Direktorat Jenderal Industri Agro dan Kimia Kementerian Perindustrian: Jakarta.
- Anonim. 2009. *Handbook of Energy & Economy Statistics of Indonesia 2009*. Kementerian ESDM: Jakarta
- Anonim. 2008. *Statistic of Indonesia Textile & Textile Product in 2007*. Asosiasi Pertekstilan Indonesia: Jakarta
- Anonim. 2007. *Statistik Pulp dan Kertas Indonesia*. Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia: Jakarta
- Anonim, 2005, *Saving One Barrell of Oil per Ton (SOBOT) : A New Roadmap for Transformation of Steelmaking Process*, American Iron and Steel Institute.
- Anggraeni, Dini. 2004. *Laporan kerja Praktek di PT. Vonex Indonesia*. Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil: Bandung
- Avianto, Teten W. 2006. *Analisis Kebijakan Menggunakan Model System Dynamics*. Program Magister Studi Pembangunan Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Bernarda, J.T., Cote, B. 2005. *The Measurement of The Energy Intensity of manufacturing Industrial Principal Component Analysis*. Energy Policy 33, 221-233.

- Bhattacharyya Subhes C., Timilsina, Govinda R., 2009, *Modelling Energy Demand Of Developing Countries: Are The Specific Features Adequately Captured?*, Paper Energy Policy 38.
- Dahl, C., A. Kurtubi, 1997, *Estimating Oil Product Demand In Indonesia Using a Cointegration Error Correction Model*, OPEC Review, March, pp.1-25.
- Gapur, Hasan Abdul. 2009. *Laporan Kerja Praktek di PT Argo Pantas Tangerang. Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil: Bandung.*
- H. Liao et al, 2007, *What induced China's energy intensity to fluctuate: 1997–2006?*, *Energy Policy Volume 35 (4640-4649).*
- IEA, 2006, *Energy Technology Perspective: Scenario and Strategy to 2050*, International Energy Agency, Paris.
- Ishiguro, M., T. Akiyama, 1995, *Energy Demand in Five Major Asian Developing Countries: Structure and Prospects*, World Discussion Paper 277, World Bank, Washington DC.
- Jebaraj, S., Inayan, S., 2006, *A Review of Energy Model*, Renewable and Sustainable Energy Reviews (281-311).
- M. Yang, 2006, *Energy efficiency policy impact in India: case study of investment in industrial energy efficiency*, Energy Policy 34 (3104-3114).
- Miranti, Armina. 2007. *Mencermati Kinerja Tekstil Indonesia: Antara Potensi dan Peluang*. Economic Review No. 209. 2007.
- Mongia, P, Schumacer K., Sathaye, 2001, *Policy reform and productivity growth in India's energy intensive industri*. Energy Policy 29.
- Muhammadi, dkk. 2001, *Analisis Sistem Dinamis Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen*. UMJ Press: Jakarta.
- Mulyono, David K., 2010. *Analisis Tingkat Intensitas Energi Sektor Industri Sub-Sektor Industri Tekstil Dan Semen*. Universitas Indonesia. Depok.
- Ooi, J.B., 1986, *The Dimension of The Rural Energy Problem in Indonesia*, Applied Geography, Volume 6 Issue 2 (123-147).
- Pitt, M.M, 1985, *Equity, Externalities and Energy Subsidies The Case of Kerosene in Indonesia*, Journal of Development Economics, Volume 17, Issue 3 (201-217).

- Richardson, George P. 1976. *Problems with Causal Loop Diagram*. Wheaton College: Norton.
- Reister, DB., 1990, *The Hybrid Approach to Demand Modelling*, Energy Volume 15 (249-260).
- Saad, S., 2009, *An Empirical analysis of Petroleum Demand For Indonesia: An Application of The Cointegration Approach*, Energy Policy Volume 37 Issue 11 (4391-4396).
- Saeed, Khalid. 1994. *Development Planning and Policy Design*. Athenaeum Press Ltd,: London.
- Schipper, L., Meyers. S., 1991, *Improving Appliance Efficiency in Indonesia*, Energy Policy Volume 19 Issue 6.
- Shrestha, R.M., Marpaung COP, 1999, *Supply and Demand –Side Effect of Carbon Tax in Indonesia Power Sektor: An Integrated Resources Planning Analysis*, Energy Policy Volume 27 (185-194).
- Soetrisno, Benny. 2009. *Memacu Konsumsi & Permintaan Produk TPT Indonesia di Pasar Domestik. Asosiasi Pertekstilan Indonesia*: Jakarta.
- Sterman, John D. 2000. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a Complex World*. Irwin/ McGraw-Hill: Boston.
- Sun, J.W., 2003, *Three Types of Decline in Energy Intensity – An Explanation for The Decline of Energy Intensity in Some Developing Countries*, Energy Policy 31.
- Sugiyono, Agus, 2009, *Penggunaan Energi Di Industri Pulp Dan Kertas: Aspek Teknologi Dan Lingkungan*, Prosiding Seminar Teknologi Pulp dan Kertas, Bandung.
- Sutiyono, Arga Paradita, 2010, *Outlook Industri Semen 2010*, PT. Asia Kapitalindo Securities, Jakarta.
- Tasrif, Muhammad. 2005. *Analisis Kebijakan Menggunakan Model System Dynamics, 1th Ed.* Program Magister Studi Pembangunan Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Tasrif, Muhammad. 2005. *Analisis Kebijakan Menggunakan Model System Dynamics, 2th Ed.* Program Magister Studi Pembangunan Institut Teknologi Bandung: Bandung.

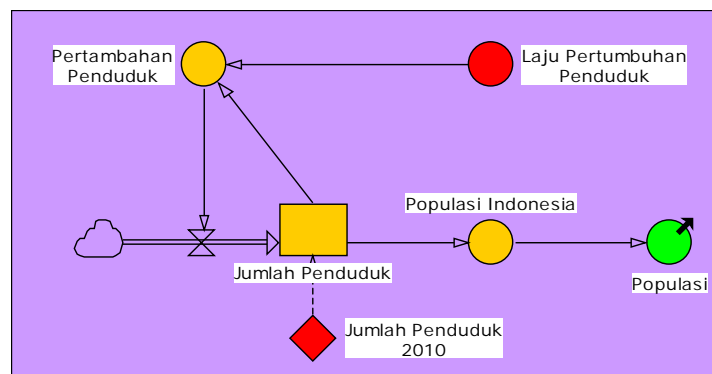
- Widodo, Agung. 2006. *Laporan Kerja Praktek di PT. Medan Jaya*. Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil: Bandung
- Widodo, W.P., 2006, *Indonesia Energy Outlook & Statistics 2006*. PEUI, Depok.
- Widodo, W.P., 2009, *Energy Modelling and Policy Analysis*, PEUI, Universitas Indonesia, Depok.
- Worrell, E., L. Price., and D. Phylipsen, 1999. *Energy Use and Carbon Dioxide Emissions in Energy-Intensive Industries in Key Developing Countries*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL Report 45292).
- Worrell, E, et al., 1997, *Energy Intensity In The Iron And Steel Industry: A Comparison Of Physical And Economic Indicators*, Energy Policy Vol.25 (727-744).
- Worrell, E., Neelis Maarten and L. Price., 2007. *World Best Practise Energy Intensity Values for Selected Industrial Sector*, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL Report 62806).
- Yusuf, (2006), *Industri Baja Berbasis Batubara*, Jurnal Ilmiah Metalurgi, BPPT, Jakarta.
- Zha, D, et al. 2009. *The Contribution Degree Of Sub-Sektors To Structure Effect And Intensity Effects On Industri Energy Intensity In China From 1993-2003*. Renewable And Sustainable Energy Reviews 13, 895-902.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN POPULASI PENDUDUK

Untuk melakukan pengolahan data diperlukan data jumlah penduduk Indonesia, karena tingkat intensitas energi industri akan dihitung secara per kapita, oleh karena itu dibutuhkan data history dan pertumbuhan populasi penduduk Indonesia. Untuk populasi tahun 2010 dan sebelumnya, kita menggunakan data BPS, yakni populasi Indonesia saat ini adalah 237.556.633 jiwa (BPS, 2010). Sedangkan untuk populasi setelah tahun 2010 digunakan permodelan dengan menggunakan software Powersim Constructor.



Sehingga dengan permodelan maka dapat dihasilkan prediksi populasi pada tahun 2011-2020 dengan tingkat pertumbuhan penduduk tetap sebesar 11% per tahun (World Bank, 2010). Tabel yang dihasilkan dari permodelan ini adalah :

Tahun	Populasi (jiwa)
2010	237.556.633*
2011	240.169.756
2012	242.811.623
2013	245.482.551
2014	248.182.859
2015	250.912.870
2016	253.672.912
2017	256.463.314
2018	259.284.410
2019	262.136.539
2020	265.020.041

*Data BPS,2010

LAMPIRAN B
FORMULASI MODEL PERMINTAAN ENERGI DALAM POWERSIM STUDIO
SUB-SEKTOR INDUSTRI TEKSTIL

I. Proses Serat

- ✓ Intensitas Demand produksi Unit serat tahun 2010 = a kg/person
- ✓ Demand per kapita unit serat = 'Intensitas Demand produksi Unit serat tahun 2010 ' dt
- ✓ Pertumbuhan Demand per kapita unit serat = $b\% \cdot$ 'Demand per kapita unit serat'
- ✓ Demand unit serat = ' Demand per kapita unit serat *'population'
- ✓ Kapasitas Produksi Unit serat = IF('Demand unit serat' > 'Kapasitas I Unit Serat'; 'Kapasitas II Unit serat'; 'Kapasitas I Unit Serat')
- ✓ Kapasitas I Unit serat = $c1$
- ✓ Kapasitas II Unit serat = $c2$
- ✓ Produksi serat tambahan = kapasitas Produksi Unit serat - 'Kapasitas I Unit serat'
- ✓ Intensitas energy serat = d
- ✓ Energi serat tambahan = 'Intensitas energy serat' * 'penambahan produksi serat'
- ✓ energi total serat 2020 = 'Intensitas energy serat' * 'Kapasitas Produksi Unit serat'

II. Proses Pemintalan

- ✓ Intensitas Demand produksi Unit pemintalan tahun 2010 = e kg/person
- ✓ Demand per kapita unit pemintalan = 'Intensitas Demand produksi Unit pemintalan tahun 2010 ' dt
- ✓ Pertumbuhan Demand per kapita unit pemintalan = $f\% \cdot$ 'Demand per kapita unit pemintalan'
- ✓ Demand unit pemintalan = ' Demand per kapita unit pemintalan *'population'
- ✓ Kapasitas Produksi Unit pemintalan = IF('Demand unit pemintalan' > 'Kapasitas I Unit Pemintalan'; 'Kapasitas II Unit pemintalan'; 'Kapasitas I Unit Pemintalan')
- ✓ Kapasitas I Unit pemintalan = $g1$
- ✓ Kapasitas II Unit pemintalan = $g2$
- ✓ Produksi benang tambahan = kapasitas Produksi Unit pemintalan - 'Kapasitas I Unit pemintalan'
- ✓ Intensitas energy pemintalan = h
- ✓ Energi pemintalan tambahan = 'Intensitas energy pemintalan' * 'penambahan produksi pemintalan'
- ✓ energi total pemintalan 2020 = 'Intensitas energy pemintalan' * 'Kapasitas Produksi Unit pemintalan'

III. Proses Pertenunan

- ✓ Intensitas Demand produksi Unit tenun rajut tahun 2010 = i kg/person
- ✓ Demand per kapita unit pertenenan = 'Intensitas Demand produksi Unit tenun rajut tahun 2010 ' dt
- ✓ Pertumbuhan Demand per kapita unit pertenenan = $j\%$ 'Demand per kapita unit pertenenan'
- ✓ Demand unit tenun dan rajut = ' Demand per kapita unit pertenenan *'population'
- ✓ Kapasitas Produksi Unit pertenenan = IF('Demand unit tenun dan rajut'>'Kapasitas I Unit Pertenunan';'Kapasitas II Unit pertenenan';'Kapasitas I Unit Pertenunan')
- ✓ Kapasitas I Unit pertenenan = $k1$
- ✓ Kapasitas II Unit pertenenan = $k2$
- ✓ Produksi kain tambahan = kapasitas Produksi Unit tenun'-'Kapasitas I Unit tenun'
- ✓ Intensitas energy tenun= l
- ✓ Energi tenun tambahan = 'Intensitas energy tenun'*'penambahan produksi tenun'
- ✓ energi total tenun 2020 = 'Intensitas energy tenun'*'Kapasitas Produksi Unit pertenenan'

IV. Proses Finishing

- ✓ Intensitas Demand produksi Unit finishing tahun 2010 = m kg/person
- ✓ Demand per kapita unit finishing = 'Intensitas Demand produksi Unit finishing tahun 2010 ' dt
- ✓ Pertumbuhan Demand per kapita unit finishing = $n\%$ 'Demand per kapita unit finishing'
- ✓ Demand unit finishing = ' Demand per kapita unit finishing *'population'
- ✓ Kapasitas Produksi Unit finishing = IF('Demand unit finishing'>'Kapasitas I Unit Finishing';'Kapasitas II Unit finishing';'Kapasitas I Unit Finishing')
- ✓ Kapasitas I Unit finishing = $o1$
- ✓ Kapasitas II Unit finishing = $o2$
- ✓ Produksi tekstil tambahan = kapasitas Produksi Unit finishing'-'Kapasitas I Unit finishing'
- ✓ Intensitas energy finishing = p
- ✓ Energi finishing tambahan = 'Intensitas energy finishing'*'penambahan produksi finishing'
- ✓ energi total finishing 2020 = 'Intensitas energy finishing'*'Kapasitas Produksi Unit finishing'

V. Energi Industri Tekstil

- ✓ Energy Tekstil = 'energi total finishing 2020'+'energi total pemintalan'+'energi total tenun 2020'+total energy serat 2020'

LAMPIRAN C
FORMULASI MODEL PERMINTAAN ENERGI DALAM POWERSIM STUDIO
SUB-SEKTOR INDUSTRI SEMEN

Industri Semen

- ✓ Intensitas Demand Unit semen Tahun 2010 = q kg/person
- ✓ Produksi per kapita unit semen = 'Intensitas Demand Unit semen Tahun 2010' dt
- ✓ Pertumbuhan Produksi per kapita unit semen = $r\% * \text{'Demand per kapita unit semen'}$
- ✓ Total Demand unit semen = 'Produksi per kapita unit semen' * 'poppulation'
- ✓ Proyeksi Kapasitas Produksi semen = IF('Demand Semen' > 'Kapasitas 2010'; 'Kapasitas 2020'; 'Kapasitas 2010')
- ✓ Kapasitas 2010 = $s1$
- ✓ Kapasitas 2020 = $s2$
- ✓ Intensitas energy semen = t
- ✓ Energi semen tambahan = ('Kapasitas 2020' - 'Kapasitas 2010') * 'Inntensitas Energy'
- ✓ energi cement total 2020 = 'Kapasitas 2020' * 'Inntensitas Energy'

LAMPIRAN D
FORMULASI MODEL PERMINTAAN ENERGI DALAM POWERSIM STUDIO
SUB-SEKTOR INDUSTRI BAJA

I. Proses Iron Making

- ✓ Intensitas Demand produksi Unit iron making tahun 2010 = u kg/person
- ✓ Demand per kapita unit iron making = 'Intensitas Demand produksi Unit iron making tahun 2010 ' dt
- ✓ Pertumbuhan Demand per kapita unit iron making = $v\% \times$ 'Demand per kapita unit iron making'
- ✓ Demand unit iron making = ' Demand per kapita unit iron making *'population'
- ✓ Kapasitas Produksi Unit iron making = IF('Total Demand unit iron making' > 'Kapasitas Produksi I iron'; 'Kapasitas Produksi II iron'; 'Kapasitas Produksi I iron')
- ✓ Kapasitas Produksi I iron = $w1$
- ✓ Kapasitas Produksi II iron = $w2$
- ✓ penambahan Produksi iron = kapasitas Produksi Unit iron making' - 'Kapasitas I Unit iron making'
- ✓ Intensitas energy iron making = x
- ✓ Energi iron making tambahan = 'Intensitas energy iron making' * 'penambahan produksi iron making'
- ✓ energi total iron making 2020 = 'Intensitas energy iron making' * 'Kapasitas Produksi Unit iron making'

II. Proses Baja Kasar

- ✓ Intensitas Demand baja kasar tahun 2010 = y kg/person
- ✓ Demand per kapita baja kasar = 'Intensitas Demand baja kasar tahun 2010 ' dt
- ✓ Pertumbuhan Demand per kapita baja kasar = $v\% \times$ 'Demand per kapita baja kasar'
- ✓ Total Demand baja kasar = ' Demand per kapita baja kasar *'population'
- ✓ Kapasitas Produksi baja kasar = IF('Total Demand baja kasar' > 'Kapasitas Produksi I Unit Proses Baja Kasar'; 'Kapasitas Produksi II Unit Proses Baja Kasar'; 'Kapasitas Produksi I Unit Proses Baja Kasar')
- ✓ Kapasitas Produksi I unit proses baja kasar = $z1$
- ✓ Kapasitas Produksi II unit proses baja kasar = $z2$
- ✓ Penambahan Produksi baja kasar = 'kapasitas Produksi baja kasar' - 'Kapasitas Produksi I Unit Proses Baja Kasar'
- ✓ Intensitas energy baja kasar = x
- ✓ Energi baja kasar tambahan = 'Intensitas energy baja kasar' * 'penambahan produksi baja kasar'
- ✓ energi total baja kasar 2020 = 'Intensitas energy baja kasar' * 'Kapasitas Produksi Unit baja kasar'

III. Proses Fabrikasi

- ✓ Intensitas Demand baja tahun 2010 = α kg/person
- ✓ Demand per kapita baja = 'Intensitas Demand baja tahun 2010 ' dt
- ✓ Pertumbuhan Demand per kapita baja = $v\% \cdot$ 'Demand per kapita baja'
- ✓ Total Demand baja = 'Demand per kapita baja' \cdot 'population'
- ✓ Kapasitas Produksi unit fabrikasi = IF('Total Demand baja' > 'Kapasitas Produksi I Unit Fabbrikasi'; 'Kapasitas Produksi II Unit Fabrikasi'; 'Kapasitas Produksi I Unit Fabbrikasi')
- ✓ Kapasitas Produksi I unit proses baja kasar = $\beta 1$
- ✓ Kapasitas Produksi II unit proses baja kasar = $\beta 2$
- ✓ Penambahan Produksi baja = 'Kapasitas Produksi unit fabrikasi' - 'Kapasitas Produksi I Unit Fabbrikasi'
- ✓ Intensitas energy unit fabrikasi = x
- ✓ Energi unit fabrikasi tambahan = 'Intensitas Intensitas energy unit fabrikasi' \cdot 'penambahan produksi baja'
- ✓ energi total fabrikasi 2020 = 'Intensitas energy unit fabrikasi' \cdot 'Kapasitas Produksi Unit fabrikasi'

IV. Energi Industri Baja

- ✓ Energy Industri Baja = 'energi total fabrikasi 2020' + 'energi total iron making 2020' + 'energi total unit proses baja kasar 2020'

LAMPIRAN E
FORMULASI MODEL PERMINTAAN ENERGI DALAM POWERSIM STUDIO
SUB-SEKTOR INDUSTRI PULP DAN KERTAS

I. Proses Pulp

- ✓ Intensitas Demand Unit pulp Tahun 2010 = π kg/person
- ✓ Demand per kapita unit pulp = 'Intensitas Demand Unit pulp Tahun 2010' dt
- ✓ Pertumbuhan Demand per kapita unit pulp = $\epsilon\%$ *'Demand per kapita unit pulp'
- ✓ Total Demand unit pulp = 'Demand per kapita unit pulp'*'the population'
- ✓ Kapasitas Produksi Unit pulp = IF('Total Demand unit pulp' > 'Kapasitas I Unit pulp'; 'Kapasitas II Unit Pulp'; 'Kapasitas I Unit pulp')
- ✓ Kapasitas I Unit pulp = $\mu 1$
- ✓ Kapasitas I Unit pulp = $\mu 2$
- ✓ Penambahan produksi pulp = 'Kapasitas Produksi Unit pulp' - 'Kapasitas I Unit pulp'
- ✓ Intensitas energy pulp = γ
- ✓ Energi pulp tambahan = 'Intensitas energy pulp'*'penambahan produksi pulp'
- ✓ energi pulp total 2020 = 'Intensitas energy pulp'*'Kapasitas Produksi Unit pulp'

II. Proses Kertas

- ✓ Intensitas Demand Unit kertas Tahun 2010 = ϵ kg/person
- ✓ Demand per kapita unit kertas = 'Intensitas Demand Unit kertas Tahun 2010' dt
- ✓ Pertumbuhan Demand per kapita unit kertas = $\rho\%$ *'Demand per kapita unit kertas'
- ✓ Total Demand unit kertas = 'Demand per kapita unit kertas'*'the population'
- ✓ Kapasitas Produksi Unit kertas = IF('Total Demand unit kertas' > 'Kapasitas I Unit kertas'; 'Kapasitas II Unit Kertas'; 'Kapasitas I Unit kertas')
- ✓ Kapasitas I Unit kertas = $\lambda 1$
- ✓ Kapasitas I Unit kertas = $\lambda 2$
- ✓ Penambahan produksi kertas = 'Kapasitas Produksi Unit kertas' - 'Kapasitas I Unit kertas'
- ✓ Intensitas energy kertas = τ
- ✓ Energi kertas tambahan = 'Intensitas energy kertas'*'penambahan produksi kertas'
- ✓ energi kertas total 2020 = 'Intensitas energy kertas'*'Kapasitas Produksi Unit kertas'

III. Industri Pulp dan Kertas

- ✓ Energy Industri Pulp dan Kertas = 'energi kertas total 2020' + 'energi pulp total 2020'

LAMPIRAN E
NILAI KONVERSI

Type of Energy	From	To Barrel Oil Equiva BOE
Refinery Fuels		
Refinery Feedstock	Barrel	1.0423
Refinery Fuel Gas (RFG)	Barrel	1.6728
Refinery Fuel Oil (RFO)	Barrel	1.1236
Petroleum Products		
ADO	Kilo Liter	6.4871
Aviation Gasoil (avgas)	Kilo Liter	5.5530
Aviation Turbin Gas (avtur)	Kilo Liter	5.8907
Fuel Oil (FO)	Kilo Liter	6.9812
Industrial Diesel Oil (IDO)	Kilo Liter	6.6078
Kerosene	Kilo Liter	5.9274
Premium	Kilo Liter	5.8275
Premix	Kilo Liter	5.8275
Super Tt	Kilo Liter	5.8275
Coal		
Antrasit	Ton	4.9893
Import Coal	Ton	4.2766
Ombilin Coal	Ton	4.8452
Tanjung Enim Coal	Ton	3.7778
Briquette	Ton	3.5638
Riau Peat	Ton	2.5452
Lignit	Ton	3.0849
Biomass		
Charcoal	Ton	4.9713
Woods	Ton	2.2979
Crude Oil, Condensate, and Products		
Condensate	Barrel	0.9545
Crude Oil	Barrel	1.0000
Products	Barrel	1.0200
Geothermal		
	MWh	1.5937
Natural Gas and Products		
Natural Gas	Thousand SCF	0.1796
CNG	Thousand KCal	0.0007
City Gas	Thousand KCal	0.0007
LNG	MMBTU	0.1796
LNG	Ton	8.0532
LPG	Ton	8.5246
Hydropower		
	MWh	1.5937
Electricity		
	MWh	0.6130

Sumber : Indonesia Energy Outlook and Statistic, 2006