



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EKOEFIISIENSI PEMANFAATAN MATERI DAN ENERGI  
PADA PABRIK TEKSTIL  
(Studi Kasus Pabrik Tekstil di Jabodetabek)**

**With a Summary in English  
Ecoefficiency of Material and Energy Use in Textile Mills  
(Case Study for Textile Mills in Jabodetabek Area)**

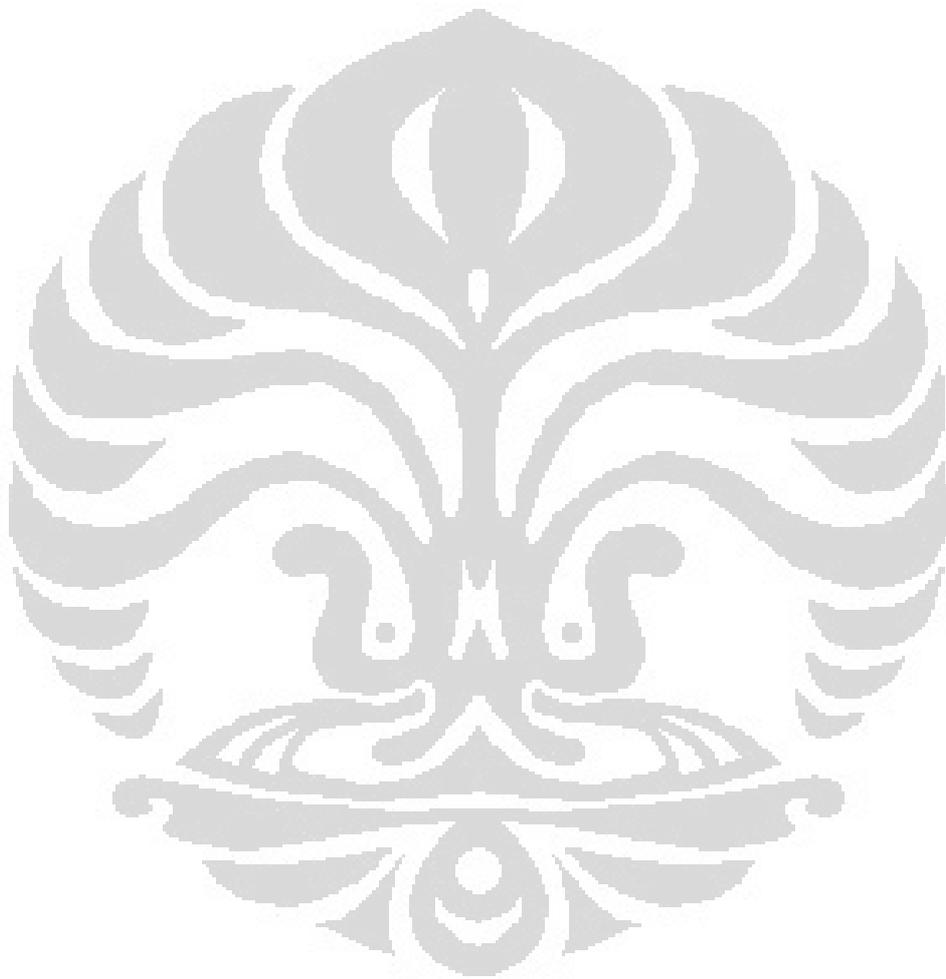
**DISERTASI**

Reda Rizal  
NPM: 9102040025

D  
00900

**JENJANG DOKTOR  
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
JAKARTA, APRIL 2008**







**UNIVERSITAS INDONESIA**

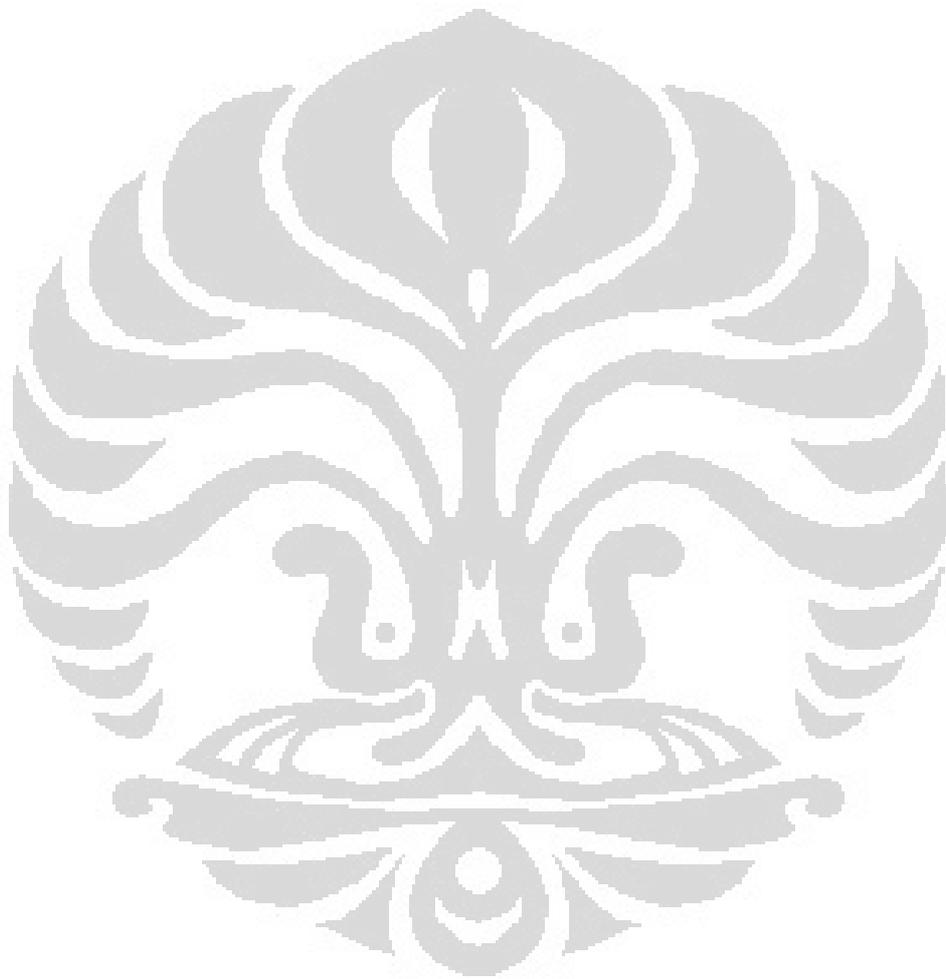
**EKOEFIISIENSI PEMANFAATAN MATERI DAN ENERGI  
PADA PABRIK TEKSTIL  
(Studi Kasus Pabrik Tekstil di Jabodetabek)**

**Disertasi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar**

**DOKTOR DALAM  
ILMU LINGKUNGAN**

Reda Rizal  
NPM: 9102040025

**JENJANG DOKTOR  
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
JAKARTA, APRIL 2008**



## PENGESAHAN DISERTASI FINAL

Judul Disertasi : EKOEFISIENSI PEMANFAATAN MATERI DAN ENERGI PADA PABRIK TEKSTIL  
(Studi Kasus Pabrik Tekstil di Jabodetabek)

Disertasi ini telah dipertahankan, disahkan, dan disetujui oleh Komisi Penguji Sidang Akademik Universitas Indonesia pada tanggal 19 April 2008 serta telah dinyatakan LULUS ujian komprehensif dengan Yudisium memuaskan.

Jakarta, 19 April 2008

Menyetujui

Promotor

**Prof. Dr. Ir. Roekmijati S., M.Si**

Ko-Promotor

Ko-Promotor

**Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA**

**Drs. M. Suparmoko, MA., Ph.D**

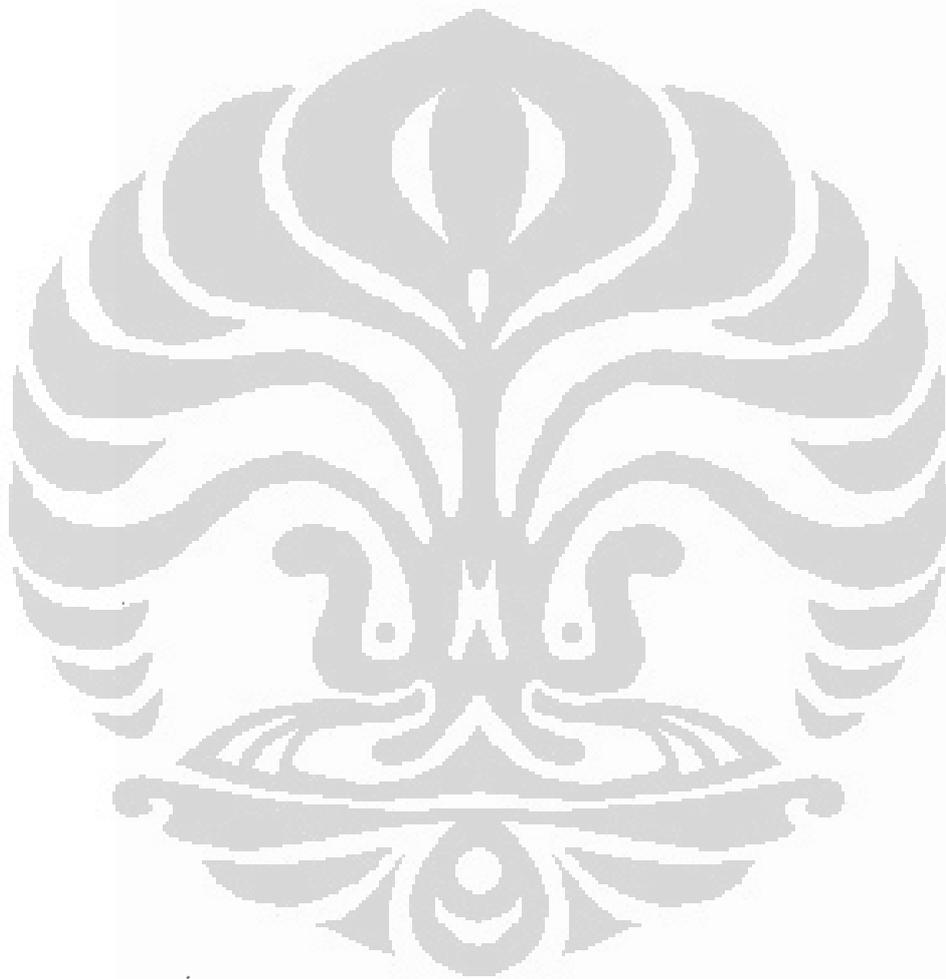
Mengetahui

Ketua Program Pascasarjana  
Universitas Indonesia

Ketua Program Studi  
Ilmu Lingkungan

**Prof. dr. Purnawan Junadi, MPH, Ph.D**

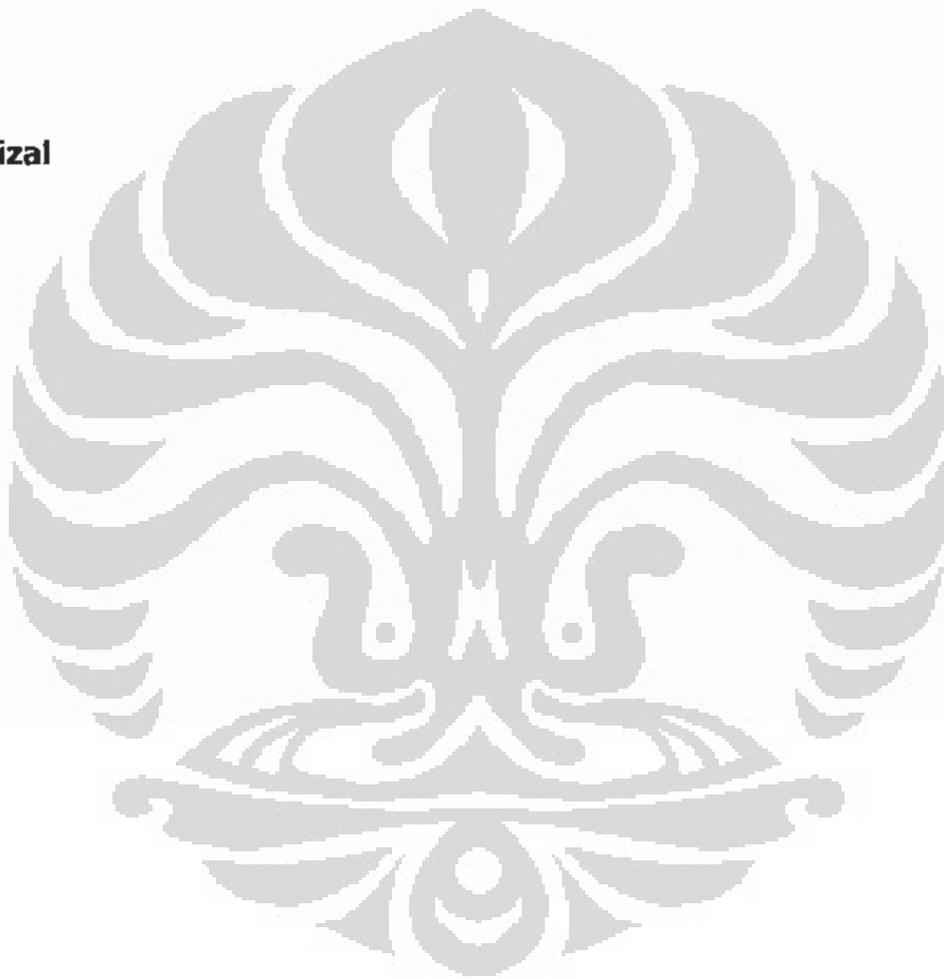
**Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA**

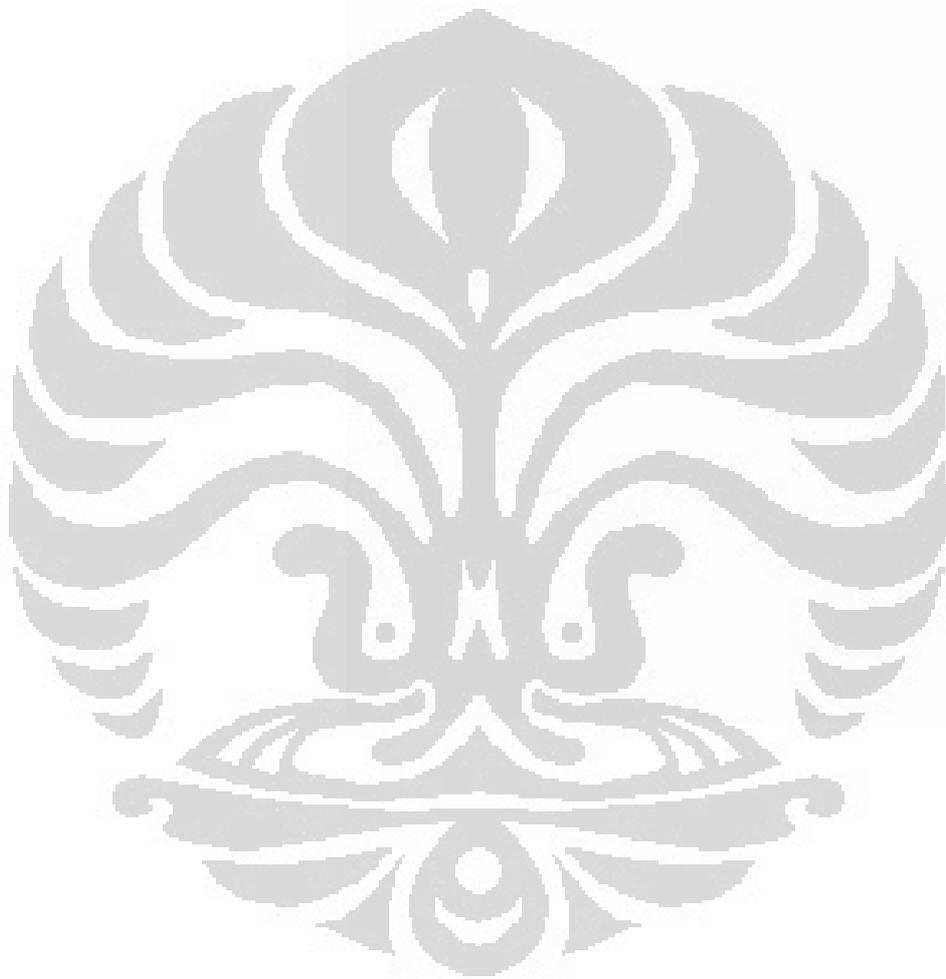


## **PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

**Reda Rizal**





## KATA PENGANTAR

Tulisan ini merupakan disertasi hasil penelitian yang telah diujikan pada Ujian Promosi Doktor Ilmu Lingkungan pada Program Pascasarjana Universitas Indonesia. Tujuan penulisan disertasi ini adalah untuk menyelesaikan salah satu tugas dari serangkaian tugas-tugas pendidikan guna memperoleh gelar Doktor dalam Ilmu Lingkungan pada Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Indonesia. Topik disertasi menyangkut masalah keefisiensi pada kegiatan pabrik tekstil, dan penulis mengangkat judul penelitian tentang **Ekoefisiensi Pemanfaatan Materi dan Energi Pada Pabrik Tekstil (Kasus Pabrik Tekstil di Jabodetabek)**. Disertasi ini memuat dan menjelaskan tentang: latar belakang permasalahan lingkungan hidup yang ditimbulkan oleh aktivitas pabrik tekstil, perumusan masalah, tujuan penelitian, kerangka teoretis yang melandasi pemikiran dalam proses penelitian, metode penelitian, teknik analisis, pembahasan dan kesimpulan serta rekomendasi hasil penelitian.

Disadari sepenuhnya oleh penulis bahwa substansi hasil penelitian ini sangat jauh dari kesempurnaan yang diharapkan, sehingga penulis terbuka hati untuk menerima saran dan kritik dari semua pihak dalam upaya penyempurnaan disertasi ini agar dapat memberi manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tim Komisi Sidang Akademik Universitas Indonesia, Promotor, Ko-Promotor, Penasehat Akademik, Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia dan rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan dorongan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tugas penelitian dan penyusunan disertasi ini.

Jakarta, 19 April 2008

Penulis

## BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan pada tanggal 25 Agustus 1959 di kota Padang Panjang, Sumatera Barat sebagai putera ke dua dari lima bersaudara keluarga Ayahanda Burhanuddin (almarhum) dan Ibunda Maidar. Penulis beristrikan Lily Kuswiati yang bekerja sebagai Ibu Rumah Tangga, dan dikaruniai lima anak yaitu Lukman Hakim yang sedang kuliah di IPB, Rahmi Izzati dan Siti Fatimah sebagai Santri di pesantren Al-Awwabin Sawangan Depok, Azizah dan Ikhlasul Amal yang masih duduk di sekolah dasar kelas enam dan kelas satu.

Pada tahun 1982 penulis lulus pendidikan tingkat Sarjana Muda pada Jurusan Teknologi Tekstil di Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Cabang Jakarta. Sejak tahun 1983 hingga sekarang Penulis berstatus sebagai Tenaga Pengajar Tetap di UPN "Veteran" Jakarta. Pada tahun 1991 Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat Sarjana pada Jurusan Teknik Manajemen Industri, Fakultas Teknik Industri, Universitas Islam Sekh Yusuf. Pendidikan tambahan yang pernah diikuti antara lain Kursus Pengembangan Teknologi bidang Desain dan Industri Tekstil, Pengembangan Manajemen Industri Tekstil, Kursus Amdal Tipe A, Amdal Penyusun (Amdal Tipe B) serta Kursus Audit Lingkungan.

Sejak tahun 1986 hingga sekarang Penulis telah menulis empat buah buku tentang Teknologi Tekstil, Teknologi Garmen yang diterbitkan oleh YPK-UPN "Veteran" Jakarta, Buku Ekologi yang diterbitkan oleh Departemen Pendidikan Nasional Universitas Terbuka, dan Modul Diklat Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah pada *Sustainable Capacity Building for Decentralization Project* Direktorat Jenderal Otonomi Daerah Departemen Dalam Negeri-Lembaga Administrasi Negara. Sejak tahun 1990 hingga sekarang Penulis aktif menulis di berbagai Jurnal Ilmiah diantaranya Jurnal Bina Widya, Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi (JMST) Universitas Terbuka, dan Jurnal Pusat Studi Lingkungan Perguruan Tinggi Seluruh Indonesia, Lingkungan & Pembangunan Universitas Indonesia.

Sampai saat ini Penulis bekerja sebagai Pegawai Negeri Sipil Departemen Pertahanan yang ditugaskan sebagai tenaga pengajar tetap pada Fakultas Teknik UPN "Veteran" Jakarta. Disamping sebagai PNS Dephan, penulis juga aktif mengajar sebagai *senior lecturer* di *International Garment Training Center*, dan sebagai tenaga peneliti di Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Indonesia (PPSML PPs-UI).

Pada tahun 1999 Penulis menyelesaikan pendidikan Program Magister Ilmu Lingkungan di Universitas Indonesia. Sejak bulan Agustus 2003 Penulis mengikuti pendidikan Program Doktor pada Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Indonesia.

## ABSTRAK

Pencemaran lingkungan oleh pabrik tekstil mengindikasikan adanya kegiatan produksi yang cenderung boros menggunakan sumber daya alam. Pemborosan ini dapat berakibat pabrik tidak kompetitif, terkurasnya sumber daya alam dan dapat mengancam keberlanjutan lingkungan yang mencerminkan rendahnya keefisiensi industri. Persoalan utama yang dapat ditimbulkan oleh kegiatan pabrik tekstil terhadap lingkungannya adalah kuantitas limbah dan penggunaan sumber daya yang bersifat tidak terbarukan. Tinjauan secara teoritis menunjukkan belum adanya formula yang relevan untuk menilai keefisiensi dan konsep strategis untuk mengatasi rendahnya keefisiensi kegiatan pabrik tekstil.

Tujuan penelitian ini secara umum adalah untuk mengkaji konsep keefisiensi pada kegiatan pabrik tekstil menuju industri yang ramah lingkungan. Secara khusus bertujuan untuk: (1) membuat rumusan untuk menilai keefisiensi kegiatan pabrik tekstil, (2) mengetahui realitas keefisiensi pabrik tekstil, dan (3) merumuskan indeks keefisiensi kegiatan berbagai jenis pabrik tekstil. Obyek penelitian adalah pabrik tekstil di wilayah Jabodebek dengan populasi 881 pabrik, sampel penelitian sebanyak 3,4% populasi (30 pabrik) meliputi: pabrik pemintalan, pertenunan, penyempumaan tekstil, garmen, dan pabrik tekstil terpadu.

Pendekatan untuk menyusun formula keefisiensi pabrik tekstil dibangun atas dasar penggunaan materi dan energi *input*, proses dan *output* produksi serta entropi melalui kajian metabolisme industri.

Tahapan penelitian untuk merumuskan formula keefisiensi pabrik tekstil dilakukan dengan cara: (1) studi literatur, (2) identifikasi kegiatan produksi pabrik tekstil, (3) analisa kuantitatif dan deskriptif. Indeks keefisiensi disusun dengan menggunakan metode: (1) *expert judgment* melibatkan pakar industri tekstil dan lingkungan serta LSM (2) metode Delphi, dan (3) penggunaan materi dan energi berdasarkan standar SNI, Standar Asosiasi dan standar *Oeko-tex*.

Kondisi eksisting kegiatan pabrik tekstil saat ini terkait aspek: (1) *input* produksi yang memilih bahan baku *non renewable*, (2) proses produksi yang inefisien materi dan energi, serta (3) *output* produksi yang bersifat *non biodegradable*. Hipotesis yang menyatakan "nilai  $\eta_{\text{ecospinning}} > \eta_{\text{ecogarmen}} > \eta_{\text{ecoweaving}} > \eta_{\text{ecofinishing}}$ " adalah tidak terbukti benar, karena ternyata nilai  $\eta_{\text{ecogarmen}} > \eta_{\text{ecospinning}} > \eta_{\text{ecofinishing}} > \eta_{\text{ecoweaving}}$ .

Disertasi ini menyimpulkan bahwa formula keefisiensi dirumuskan berdasarkan penggunaan materi dan energi *input*, proses, *output* produksi, limbah dan pencemaran. Formula dan indeks keefisiensi dapat digunakan untuk mengukur kinerja lingkungan pabrik tekstil yang membuktikan keefisiensi pabrik tekstil terpadu lebih keefisien dibanding pabrik tekstil yang dikelola secara tidak terpadu.

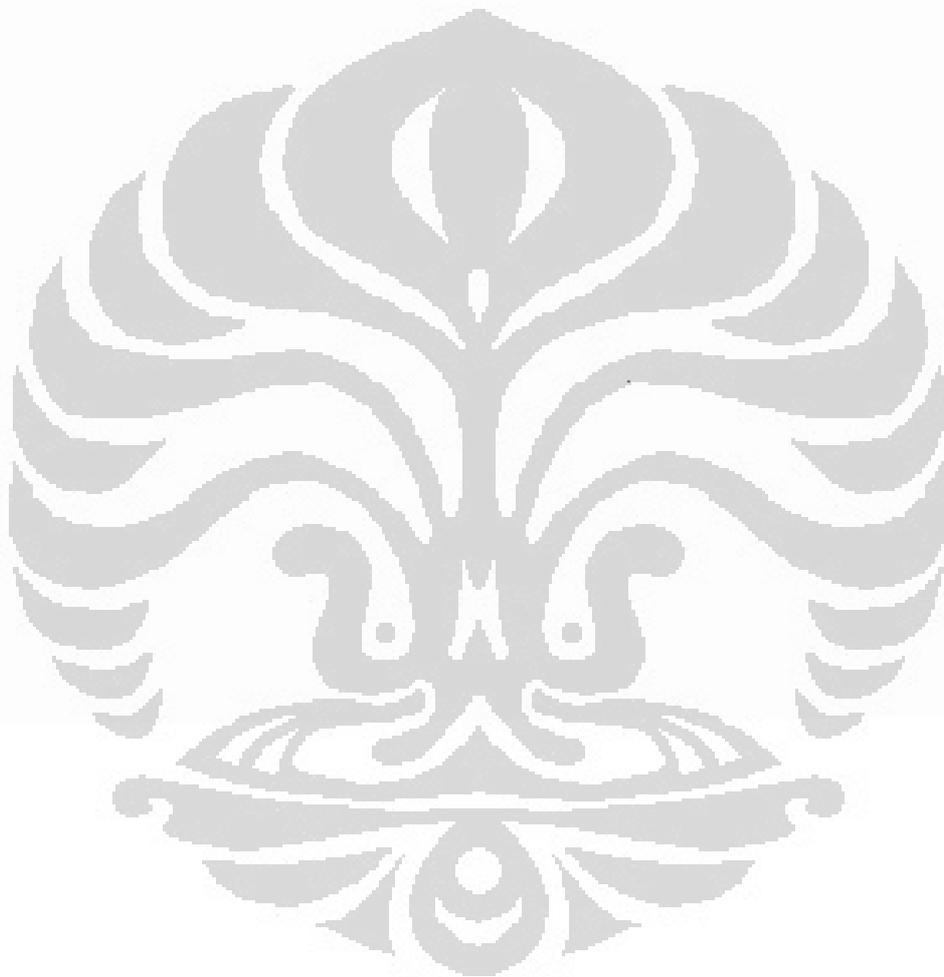
Formula dan indeks keefisiensi kegiatan industri tekstil merupakan suatu pendekatan yang dapat digunakan untuk menilai maupun memprediksi penerapan strategi kegiatan pabrik tekstil di masa mendatang menuju keefisien berdasarkan jenis kegiatannya. Formula tersebut dapat dipakai secara praktis oleh manajemen pabrik tekstil untuk memperbaiki daya guna pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan pada kegiatan produksi.

Kata kunci (*key word*): keefisiensi, material, energi, pabrik tekstil.

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
BIODATA	ii
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL	vii
RINGKASAN	xiv
<i>SUMMARY</i>	xvii
<b>1. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Pertanyaan Penelitian .....	6
1.4. Tujuan Penelitian .....	6
1.5. Lingkup Penelitian .....	6
1.6. Manfaat Penelitian.....	7
<b>2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN</b>	<b>9</b>
2.1. Metodologi Ilmu Filsafat .....	9
2.2. Etika Lingkungan .....	12
2.3. Paradigma Ilmu Pengetahuan dan Teknologi .....	13
2.4. Paradigma Industri dan Lingkungan .....	15
2.5. Transformasi Sistem Industri .....	19
2.6. Pencemaran Oleh Industri Tekstil .....	30
2.7. Hasil-Hasil Penelitian dan Pengertian Ekoefisiensi.....	34
2.8. Ekolabel Pada Tekstil dan Produk Tekstil.....	48
2.9. Hipotesis Penelitian.....	52
<b>3. METODE PENELITIAN</b>	<b>53</b>
3.1. Kerangka Konsep .....	53
3.2. Pendekatan Penelitian .....	55
3.3. Tempat dan Waktu Penelitian .....	57
3.4. Populasi dan Teknik <i>Sampling</i> .....	59
3.5. Tata Cara Penelitian .....	62
3.6. Desain Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data .....	64
3.7. Teknik Perumusan Ekoefisiensi.....	70
3.8. Metode Penentuan Bobot Faktor Ekoefisiensi .....	72
3.9. Instrumen Penelitian.....	78
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>85</b>
4.1. Fenomena Lingkungan Industri Tekstil .....	85
4.2. Perumusan Penilaian Ekoefisiensi.....	97
4.3. Realitas Ekoefisiensi Pabrik Tekstil.....	107
4.3.1. Ekoefisiensi Pabrik Pemintalan.....	108
4.3.2. Ekoefisiensi Pabrik Pertununan.....	110
4.3.3. Ekoefisiensi Pabrik <i>Finishing</i> Tekstil.....	112
4.3.4. Ekoefisiensi Pabrik Garmen.....	114
4.3.5. Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Terpadu.....	116
4.4. Perumusan Indeks Ekoefisiensi.....	118
4.5. Aspek Ekonomi Dalam Ekoefisiensi.....	129

4.6. Aspek Sosial dan Budaya .....	141
4.7. Aspek Eksternalitas Dalam Ekoefisiensi.....	143
4.8. Implikasi Praktis Hasil Penelitian.....	144
4.8. Implikasi Keilmuan.....	147
<b>5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI</b> .....	<b>149</b>
5.1. Kesimpulan .....	149
5.2. Rekomendasi .....	150
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>153</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>159</b>

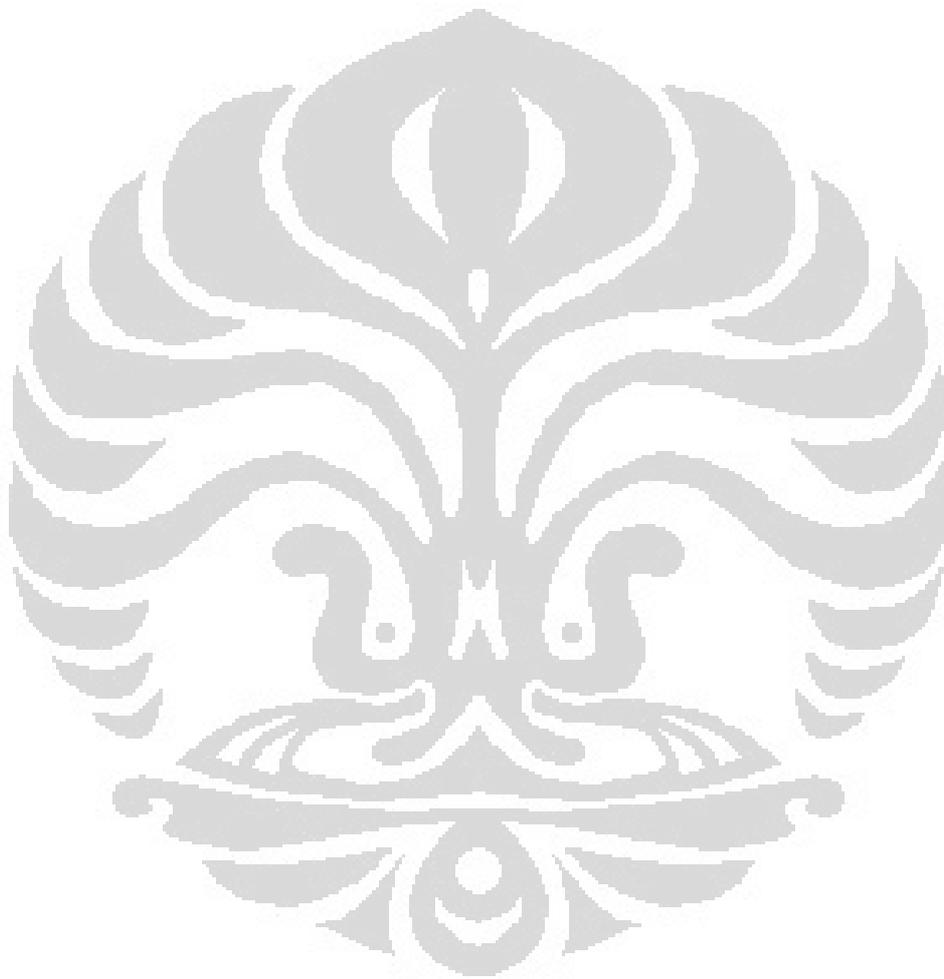


## DAFTAR TABEL

No.		Halaman
1	Tabel 2.1 Jenis Produksi dan Limbah Tekstil.....	31
2	Tabel 2.2 Pabrik Tekstil di Jawa Barat yang Melakukan Pencemaran.....	32
3	Tabel 2.3 Kualitas Air Limbah Pabrik Tekstil .....	32
4	Tabel 2.4 Matriks Teori yang Mendasari Penetapan Tolok Ukur Ekoefisiensi.....	47
5	Tabel 3.1 Jumlah dan Distribusi Pabrik Tekstil di Indonesia.....	60
6	Tabel 3.2 Jumlah dan Distribusi Pabrik Tekstil di Wilayah Jabodetabek .....	61
7	Tabel 3.3 Arti dan Makna Nilai Bobot Faktor Ekoefisiensi.....	75
8	Tabel 3.4 Matriks Sumber, Sifat, Perlakuan dan Metode Pengumpulan Data Menurut Tahapan Penelitian.....	80
9	Tabel 4.1 Jenis Material yang Digunakan pada Proses Produksi Tekstil.....	88
10	Tabel 4.2 Sifat Material Pembantu yang Digunakan Pabrik Tekstil.....	89
11	Tabel 4.3 Sifat dan Karakteristik Material dan Limbah Produksi Tekstil.....	91
12	Tabel 4.4 Tolok Ukur Bobot Faktor Ekoefisiensi .....	98
13	Tabel 4.5 Bobot Faktor Ekoefisiensi Pabrik Tekstil .....	106
14	Tabel 4.6 Nilai Ekoefisiensi Pabrik Pemintalan.....	110
15	Tabel 4.7 Nilai Ekoefisiensi Pabrik Pertenunan.....	112
16	Tabel 4.8 Nilai Ekoefisiensi Pabrik <i>Finishing</i> Tekstil.....	114
17	Tabel 4.9 Nilai Ekoefisiensi Pabrik Garmen .....	116
18	Tabel 4.10 Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Terpadu .....	117
19	Tabel 4.11 Deskripsi Data Jawaban Responden .....	119
20	Tabel 4.12 Uji Kesamaan Pendapat Ahli .....	119
21	Tabel 4.13 <i>Benchmark</i> Nilai Ekoefisiensi Berdasarkan Pendapat Pakar.....	123
22	Tabel 4.14 <i>Benchmark</i> Nilai Ekoefisiensi Berdasarkan Pendapat Pakar dan Peneliti.....	127
23	Tabel 4.15 Kategori/Status dan Indeks Ekoefisiensi.....	128
24	Tabel 4.16 Penghitungan Nilai Ekonomi atas Ekoefisiensi Pabrik Pemintalan .....	131
25	Tabel 4.17 Penghitungan Nilai Ekonomi atas Ekoefisiensi Pabrik Pertenunan .....	133
26	Tabel 4.18 Penghitungan Nilai Ekonomi atas Ekoefisiensi Pabrik <i>finishing</i> Tekstil.....	134
27	Tabel 4.19 Penghitungan Nilai Ekonomi atas Ekoefisiensi Pabrik garmen .....	136
28	Tabel 4.20 Penghitungan Nilai Ekonomi atas Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Terpadu.....	137
29	Tabel 4.21 Kompilasi Nilai Ekoefisiensi, Biaya Ekonomi dan Biaya Entropi .....	138
30	Tabel L-1.1 Jenis Material yang Digunakan pada Proses Produksi Tekstil.....	164

31	Tabel L-1.2	Sifat Material Pembantu yang Digunakan Pabrik Tekstil.....	165
32	Tabel L-1.3	Sifat dan Karakteristik Material dan Limbah Produksi Tekstil.....	166
33	Tabel L-1.4	Daftar Pertanyaan dan Kolom Nilai bobot.....	168
34	Tabel L-2.1	Nilai Ekoefisiensi Pabrik Pemintalan.....	172
35	Tabel L-2.2	Nilai Ekoefisiensi Pabrik Pertenunan.....	174
36	Tabel L-2.3	Nilai Ekoefisiensi Pabrik <i>Finishing</i> Tekstil.....	177
37	Tabel L-2.4	Nilai Ekoefisiensi Pabrik Garmen.....	180
38	Tabel L-2.5	Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Terpadu.....	182
39	Tabel L-2.6	Perbandingan Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Terpadu dan Non Terpadu.....	184
40	Tabel L-2.7	<i>Summary</i> Ekoefisiensi Pabrik Tekstil, Tahun 2005.....	186
41	Tabel L-3.1	Nama dan Alamat Perusahaan Tekstil Sebagai Sampel Penelitian di Jabodetabek.....	187
42	Tabel L-3.2	Jenis Tumbuhan Penghasil Bahan Warna Alami Untuk Tekstil.....	188
43	Tabel L-4.1	Tabulasi Jawaban Angket Pemberian Bobot.....	189
44	Tabel L-4.2	Modus Bobot dari Pakar dan Bobot Peneliti.....	190
45	Tabel L-4.3	Deskripsi Data Jawaban Responden (Ahli Tekstil dan Ahli Lingkungan) Dalam Memberikan Bobot Atas Penggunaan Sumber Daya Pada Pabrik Tekstil Tahun 2007.....	191
46	Tabel L-4.4	Rata-rata Peringkat Pendapat Para Ahli Tekstil dan Ahli Lingkungan (Kendall's W Test) Dalam Memberikan Bobot Atas Penggunaan Sumber Daya Pada Pabrik Tekstil Tahun 2007.....	191
47	Tabel L-4.5	Uji Kesamaan Pendapat (Kendall's W Test) Dalam Memberikan Bobot Atas Penggunaan Sumber Daya Pada Pabrik Tekstil Tahun 2007.....	191
48	Tabel L-4.6	Bobot Minimum Faktor Ekoefisiensi (Pakar).....	193
49	Tabel L-4.7	Bobot Maksimum Faktor Ekoefisiensi (Pakar).....	194
50	Tabel L-4.8	<i>Benchmark</i> Nilai Ekoefisiensi (Pakar).....	194
51	Tabel L-4.9	Bobot Faktor Ekoefisiensi (Peneliti).....	195
52	Tabel L-4.10	Deskripsi Data Bobot dari Pakar dan Bobot dari Peneliti.....	195
53	Tabel L-4.11	Uji Kesamaan Pendapat (Kendall's W Test) Antara Pakar dan Peneliti Dalam Memberikan Bobot Atas Penggunaan Sumber Daya Pada Pabrik Tekstil.....	195
54	Tabel L-4.12	Standar Penggunaan Material Bahan Baku dan Energi.....	196
55	Tabel L-5.1	Harga Minyak Mentah dan Material Produksi Tekstil Dunia (1983-2007).....	200
56	Tabel L-5.2	Daftar Pabrik Tekstil Hasil Penilaian PROPER Tahun 2005.....	201
57	Tabel L-5.3	Pabrik Tekstil Sampel, Status Ekoefisiensi, PROPER dan ISO 14001.....	202
58	Tabel L-5.4	Perbedaan antara Ekoefisiensi, PROPER dan ISO 14001.....	203
59	Tabel L-5.5	<i>Standard of Wastes Generated During Textiles</i>	

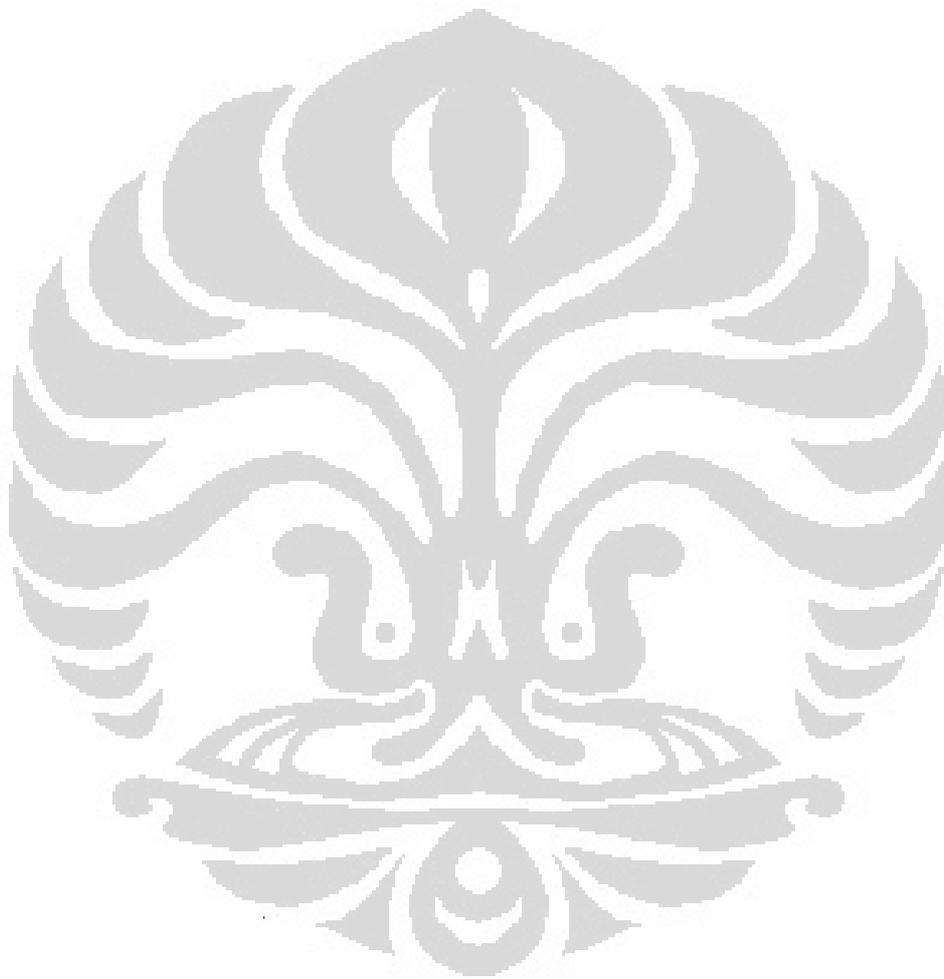
		<i>Manufacturing, 2006.....</i>	204
60	Tabel L-5.6	<i>The Wastes Generated During Textiles Manufacturing</i>	205
61	Tabel L-5.7	<i>Average Water Usage for Various Types of Process</i>	205
62	Tabel L-5.8	<i>Average Water Consumption for Various Types of Fabric.....</i>	206
63	Tabel L-5.9	<i>Sources and Types of Solid Waste Pollution in Textile Manufacturing.....</i>	206
64	Tabel L-5.10	<i>The Main Operating Condition in Textiles Manufacturing.....</i>	207



## DAFTAR GAMBAR

No.		Halaman
1	Gambar 1.1 Metabolisme, Interaksi Industri Tekstil dan Lingkungan Hidup .....	4
2	Gambar 2.1 Konsep Hierarki Penelusuran Ilmu Pengetahuan Dalam Penelitian .....	10
3	Gambar 2.2 Paradigma Racun .....	16
4	Gambar 2.3 Paradigma Keseimbangan Alam .....	17
5	Gambar 2.4 Paradigma Entropi .....	18
6	Gambar 2.5 Paradigma Norma Lingkungan .....	19
7	Gambar 2.6 Interaksi antara Sistem Sosial dengan Industri.....	21
8	Gambar 2.7 Diagram Sumber Material Bahan Baku Tekstil .....	23
9	Gambar 2.8 Konsumsi Serat Tekstil Dunia.....	24
10	Gambar 2.9 Sistem Produksi pada Industri .....	27
11	Gambar 2.10 Model Linier Aliran Materi dan Energi pada Industri .....	27
12	Gambar 2.11 Model Semisiklus Aliran Materi dan Energi pada Industri .....	28
13	Gambar 2.12 Model Siklus Tertutup Aliran Materi dan Energi pada Industri .....	28
14	Gambar 2.13 Konsumsi Energi dan Limbah pada Daur Pakaian Blouse .....	33
15	Gambar 2.14 <i>Ecological Fingerprint by BASF</i> .....	38
16	Gambar 2.15 Pendekatan untuk mencapai <i>Eco-Efficiency</i> .....	43
17	Gambar 2.16 Tujuh Ukuran Ekoefisiensi menurut DeSimone & Popoff .....	45
18	Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian .....	53
19	Gambar 3.2 Peta Distribusi dan Jumlah Industri Tekstil di Indonesia .....	58
20	Gambar 3.3 Peta Lokasi Sampel Penelitian Pabrik Tekstil .....	59
21	Gambar 3.4 Desain Penelitian Ekoefisiensi .....	64
22	Gambar 3.5 Desain Penelitian Mengukur Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil.....	66
23	Gambar 3.6 Desain Penelitian Untuk Merumuskan Indeks Ekoefisiensi.....	69
24	Gambar 3.7 Rancangan Menyeluruh Penelitian.....	70
25	Gambar 3.8 Metode Delphi .....	73
26	Gambar 4.1 Proses Penelusuran Kegiatan Produksi Tekstil Tahap <i>Input</i> , Proses dan <i>Output</i> .....	85
27	Gambar 4.2 Kecenderungan Harga Minyak Mentah dan Produksi Tekstil Dunia.....	92
28	Gambar 4.3 Hubungan Penggunaan Material NRR-Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil.....	95
29	Gambar 4.4 Bagan Alir Proses Produksi Benang di Pabrik Pemintalan .....	108
30	Gambar 4.5 Penilaian Ekoefisiensi pada Pabrik Pemintalan.....	109
31	Gambar 4.6 Bagan Alir Proses Produksi Kain di Pabrik Pertenunan .....	110
32	Gambar 4.7 Penilaian Ekoefisiensi pada Pabrik Pertenunan.....	111
33	Gambar 4.8 Bagan Alir Proses Produksi Kain di Pabrik <i>Finishing</i>	

		Tekstil .....	112
34	Gambar 4.9	Penilaian Ekoefisiensi Pabrik <i>Finishing</i> Tekstil.....	113
35	Gambar 4.10	Bagan Alir Proses Pembuatan Pakaian Jadi.....	115
36	Gambar 4.11	Penilaian Ekoefisiensi pada Pabrik Garmen.....	115



## DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

API	Asosiasi <b>P</b> ertekstilan <b>I</b> ndonesia
DEPERIN	Departemen <b>P</b> erindustrian
Dgm	<b>D</b> aya <b>g</b> una <b>m</b> aterial secara keseluruhan, dan atau efisiensi penggunaan material bahan baku utama dan bahan pembantu selama proses produksi.
Logam	Persentase kandungan <b>l</b> ogam dalam produk garmen
LSM	Lembaga <b>S</b> wadaya <b>M</b> asyarakat
KLH	Kementerian <b>L</b> ingkungan <b>H</b> idup
mbRR	Material bantu <i>renewable resources</i>
mbNRR	Material bantu <i>non renewable resources</i>
NR	<i>Non renewable</i>
NRR	Material <i>non renewable resources</i>
PLN	<b>P</b> erusahaan <b>L</b> istrik <b>N</b> egara
R	<i>Renewable</i>
RR	Material <i>renewable resources</i>
SDA	<b>S</b> umber <b>d</b> aya <b>a</b> lam
SNI	<b>S</b> tandar <b>N</b> asional <b>I</b> ndonesia
$\eta$	Efisiensi
$\eta$ .ai	Efisiensi penggunaan <b>a</b> ir
$\eta$ .en	Efisiensi <b>e</b> nergi
$\eta$ .kanji	Efisiensi penggunaan <b>k</b> anji
$\eta$ .zk	Efisiensi penggunaan <b>z</b> at <b>k</b> imia
$\eta$ .zw	Efisiensi penggunaan <b>z</b> at <b>p</b> ewarna

### DAFTAR ISTILAH (GLOSSARY)

<b>Dayaguna material pada proses produksi</b>	Perbandingan antara berat material <i>output</i> dengan berat material <i>input</i> pada proses produksi per satuan unit produksi dengan satuan persen.
<b>Ecotex</b>	Standar ekologi proses produksi tekstil dan standar ekologi produk tekstil (Internasional).
<b>Ekoefisiensi</b>	Daya guna atau efisiensi pemanfaatan sumber daya alam baik secara ekologi maupun secara ekonomi.
<b>Efisiensi</b>	Daya guna yang dihitung dari nilai hasil perbandingan antara <i>input</i> (materi atau energi) dan <i>output</i> dalam satuan persen
<b>Efisiensi penggunaan energi</b>	Perbandingan antara jumlah energi (kwh listrik) yang terpakai dengan jumlah energi (kwh listrik) yang disuplai untuk menggerakkan proses produksi per satuan unit produksi dengan satuan persen.
<b>Efisiensi penggunaan air</b>	Jumlah air yang digunakan dikurangi dengan jumlah air limbah dibagi dengan jumlah air yang digunakan untuk setiap proses produksi per satuan unit produksi dengan satuan persen.
<b>Efisiensi penggunaan kanji</b>	Jumlah penggunaan larutan kanji dikurangi limbah kanji dibagi dengan jumlah penggunaan larutan kanji untuk proses produksi per satuan unit produksi dengan satuan persen
<b>Efisiensi penggunaan zat warna</b>	Jumlah zat pewarna yang terfiksasi dalam kain dibagi dengan jumlah penggunaan zat pewarna untuk proses produksi per satuan unit produksi dengan satuan persen
<b>Efisiensi penggunaan zat kimia</b>	Jumlah zat kimia yang terfiksasi dalam kain dibagi dengan jumlah penggunaan zat kimia untuk proses produksi per satuan unit produksi dengan satuan persen
<b>Energi</b>	Daya kemampuan untuk melakukan kerja. Jenis energi yang digunakan pada pabrik tekstil adalah energi listrik yang berasal dari PLN atau energi listrik yang berasal generator yang dimiliki oleh pabrik tekstil.
<b>Energy lost</b>	Kehilangan energi ( <i>energy lost</i> ) adalah energi yang tidak dimanfaatkan secara sempurna oleh kegiatan produksi tekstil. Energi yang hilang tidak terpakai akan menimbulkan panas, bising dan atau getaran pada lingkungan.
<b>Entropi/entropy</b>	Materi dan energi yang tidak terpakai dalam suatu proses transformasi atau produksi.
<b>Finishing</b>	Pabrik pencelupan, pencapan dan penyempumaan kain, dan atau pabrik penyempumaan tekstil.
<b>Garmen</b>	Pabrik pembuatan pakaian jadi
<b>Limbah</b>	Material sisa proses produksi yang masih memiliki nilai ekonomi. Nilai ekonomis pada limbah diperoleh apabila materi limbah tersebut dapat didaur ulang untuk dimanfaatkan menjadi produk tertentu.
<b>Materi</b>	Material yang digunakan sebagai <i>input</i> pada proses produksi tekstil; misal serat cotton pada proses pembuatan benang, benang

		polyester pada proses pembuatan kain, kain cotton pada proses pembuatan pakaian jadi di pabrik garment.
<b>Material bantu logam</b>		Persentase kandungan logam pada produk garmen.
<b>Material-lost</b>		Material Limbah yang tidak dapat dimanfaatkan pada proses produksi.
<b>Metabolisme industri</b>		Kemampuan keseluruhan aktivitas industri untuk menangkap dan mentransformasikan materi dan energi dari lingkungannya guna memenuhi kebutuhan untuk hidup manusia, kebutuhan untuk tumbuh dan berkembangnya industri.
<b>Non Biodegradable</b>		Material yang bersifat tidak dapat terurai oleh mikroorganisme di dalam tanah.
<b>Non Renewable resources</b>		Sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, atau sesuatu yang tidak dapat diganti atau tidak dapat diregenerasi.
<b>Okotex</b>		Standar ekologi proses produksi tekstil dan standar ekologi produk tekstil (Swedia).
<b>Öekotex</b>		Standar ekologi proses produksi tekstil dan standar ekologi produk tekstil (Jerman).
<b>Pabrik tekstil</b>		Pabrik yang memproduksi tekstil meliputi proses-proses mengolah serat menjadi benang, atau pabrik yang mengolah benang menjadi kain, atau pabrik yang memroses kain mentah menjadi kain jadi, dan atau pabrik yang mengolah kain menjadi pakaian jadi.
<b>Pabrik tekstil terpadu</b>		Pabrik tekstil yang terdiri atas pabrik-pabrik; pemintalan ( <i>spinning</i> ), pabrik pertenunan ( <i>weaving</i> ) dan pabrik penyempurnaan tekstil ( <i>finishing</i> ) yang dikelola secara terpadu dalam satu kawasan pabrik atau perusahaan tekstil.
<b>Pemanfatan energi</b>		Nilai persen perbandingan antara jumlah energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan mesin dan peralatan produksi tekstil secara aktual terhadap jumlah energi yang digunakan dalam proses produksi tekstil tersebut secara teoritis. Seberapa banyak jumlah energi yang dipakai untuk menghasilkan satu unit produk.
<b>Pemanfatan material</b>		Pemanfatan material adalah pemanfaatan keseluruhan sumberdaya alam berbentuk material bahan baku dan bahan pembantu produksi yang digunakan untuk memproduksi tekstil. Manfaat material dinilai dan diukur berdasarkan perbandingan antara berat material <i>output</i> (produksi) dengan berat material <i>input</i> (bahan baku) per satuan unit produksi dengan satuan persen.
<b>Proses Produksi</b>		Proses perubahan materi dan energi bahan baku tekstil menjadi materi dan energi yang terkandung dalam produk tekstil yang dihasilkan oleh suatu alat dan teknologi produksi.
<b>Sumber daya</b>		Segala sesuatu yang didapatkan dari lingkungan hidup untuk memenuhi kebutuhan manusia.
<b>Sumberdaya alam yang dapat diperbarui (RR)</b>		Sumberdaya alam yang dapat diganti, diregenerasi, atau sesuatu yang dapat disimpan selama ia digunakan.
<b>Sumberdaya alam yang tidak dapat diperbarui</b>		Sumberdaya alam yang tidak dapat diganti atau tidak dapat diregenerasi.

<b>Spinning mill</b>	Pabrik pemintalan yang memproduksi benang
<b>Weaving</b>	Pabrik pertenunan yang memproduksi kain mentah

### DAFTAR LAMPIRAN

No. Lampiran		Halaman
<b>L-1</b>	Kuesioner.....	159-171
<b>L-2</b>	Hasil Penghitungan Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil.....	172-186
<b>L-3</b>	Daftar Perusahaan Pabrik Tekstil.....	187-188
<b>L-4</b>	<i>Benchmark</i> Unsur Ekoefisiensi.....	189-197
<b>L-5</b>	Data Sekunder.....	199-207



**RINGKASAN DISERTASI**  
**Program Studi Ilmu Lingkungan**  
**Program Pascasarjana Universitas Indonesia**

- A. Nama : Reda Rizal  
B. NPM : 910.204.0025  
C. Judul : **Ekoefisiensi Pemanfaatan Materi dan Energi Pada Pabrik Tekstil (Kasus Pabrik Tekstil di Jabodetabek)**  
D. Jumlah halaman : 22 halaman permulaan, 152 halaman isi, 34 Gambar, 2 Peta, 64 Tabel.  
E. Ringkasan isi :

Penelitian tentang ekoefisiensi pada pabrik tekstil ini dilatarbelakangi oleh fakta sebagian besar pabrik tekstil beroperasi kurang efisien, kuantitas dan kualitas limbah yang dilepas di lingkungan sering melampaui baku mutu lingkungan. Sebagian besar produk tekstil yang dipasarkan mengandung material sintetis, dan seluruh produk pasca pakai dipastikan menjadi sampah yang tidak dapat didaur ulang. Konsumen global menghendaki produk tekstil yang dihasilkan oleh pabrik tekstil yang tidak mencemari lingkungan (INA, 2006:13). Pencemaran lingkungan oleh pabrik tekstil mengindikasikan adanya kegiatan produksi yang cenderung boros menggunakan sumber daya alam. Keadaan pemborosan ini dapat berakibat pabrik tidak kompetitif, terkurasnya sumber daya alam dan dapat mengancam keberlanjutan lingkungan yang menurut Fiksel (1996:55-82) mencerminkan rendahnya ekoefisiensi pabrik tersebut.

Kajian teoretis menunjukkan fokus teori yang ada cenderung mengarah pada tinjauan bersifat normatif dan subyektif, belum adanya konsep yang bersifat strategis dan formula yang relevan untuk menilai dan mengatasi rendahnya ekoefisiensi kegiatan pabrik tekstil. Sehingga perlu dibuat formula ekoefisiensi yang dapat merangkum semua teori yang ada dan mendeskripsikan komponen ekoefisiensi kegiatan industri tekstil.

Tujuan penelitian ini secara umum adalah untuk mengkaji konsep ekoefisiensi pada kegiatan pabrik tekstil menuju industri yang ramah lingkungan. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk: (1) membuat rumusan untuk menilai ekoefisiensi kegiatan pabrik tekstil, (2) mengetahui realitas ekoefisiensi pada kegiatan berbagai jenis pabrik tekstil, dan (3) untuk merumuskan indeks ekoefisiensi kegiatan berbagai jenis pabrik tekstil.

Pada penelitian ini konsep ekoefisiensi yang diterapkan menggunakan pendekatan efisiensi kegiatan industri melalui konsep efisiensi ekonomi berdasarkan prinsip efisiensi penggunaan sumber daya alam. Konsep ekoefisiensi dapat dijadikan sebagai salah satu strategi industri untuk menghasilkan suatu produk dengan kinerja yang lebih baik, dengan menggunakan sedikit material dan sedikit energi. Komponen ekoefisiensi kegiatan pabrik tekstil yang dikaji meliputi: (1) *input* materi

R/NR, (2) *input* energi R/NR, (3) proses produksi, (4) *output* produk yang ramah lingkungan, (5) entropi berupa; (6) *material lost* dalam bentuk limbah, dan (7) *energy lost* dalam bentuk pencemaran udara.

Penelitian dilakukan mulai bulan Juni 2004 sampai dengan bulan Oktober 2005. Lokasi penelitian di wilayah Jabodetabek yang merupakan representatif dari populasi dan jenis kegiatan serta kelengkapan pabrik tekstil yang dapat mewakili seluruh kegiatan pabrik tekstil di Indonesia. Jumlah populasi penelitian di bidang pabrik tekstil adalah sebanyak 881 pabrik yang tersebar di wilayah Jabodetabek, sedangkan jumlah sampel pabrik tekstil yang diteliti adalah sebanyak 30 pabrik ( $\pm 3,4\%$  populasi). Pendekatan penelitian yang digunakan untuk merumuskan formula keefisiensi pabrik tekstil menggunakan metode: (1) studi literatur, (2) identifikasi seluruh kegiatan produksi pada pabrik tekstil, (3) melakukan analisa kualitatif dan deskriptif. Untuk membuat indeks keefisiensi digunakan metode: (1) *expert judgment* dengan melibatkan 30 pakar industri tekstil dan pakar lingkungan serta LSM (2) metode delphi, (3) penggunaan materi dan energi berdasarkan standar SNI, Standar Asosiasi dan Ecotex.

Hasil penelitian memperlihatkan fenomena lingkungan pada industri tekstil saat ini terkait pada: (1) aspek *input* produksi yang memilih bahan baku material NRR; (2) aspek proses produksi yang inefisien memanfaatkan materi dan energi; dan (3) aspek *output* produksi yang bersifat *non biodegradable*. Fenomena ini secara faktual mengindikasikan adanya permasalahan keefisiensi atas penggunaan materi dan energi pada kegiatan pabrik tekstil, sedangkan dari fenomena teori yang ada terdapat kecenderungan bahasan yang bersifat normatif, perspektif dan subyektif sesuai pandangan pakar penggagas teori.

Formula keefisiensi kegiatan pabrik tekstil secara umum ditunjukkan oleh persamaan:

$$\eta_{eco} = \frac{(RR \cdot B) + (mbRR \cdot B) + (NRR \cdot B) + (mbNRR \cdot B) + (Dgm \cdot B) + (\eta_{en} \cdot B) + (\eta_{ai} \cdot B) + (\eta_{Kanyu} \cdot B) + (\eta_{air} \cdot B) + (\eta_{ak} \cdot B) + (Logan \cdot B)}{\sum B} \%.$$

Ditinjau dari aspek keefisiensi pemanfaatan materi terungkap bahwa penggunaan material bahan baku sintetik pada kegiatan produksi tekstil berpengaruh negatif terhadap keefisiensi dan temuan ini sesuai dengan teori Fiksel (1996:41). Dimana pada kondisi tersebut terdapat beban lingkungan yang besar untuk memproduksi NRR yang membutuhkan banyak materi dan energi serta limbah yang terjadi; terdapat beban lingkungan dari kegiatan proses produksi pada pabrik tekstil sendiri; serta beban lingkungan yang diberikan oleh produk pasca pakai yang umumnya menjadi sampah. Hal ini dapat terjadi karena sampah tekstil sintetik tidak dapat didekomposisi oleh alam disamping belum adanya teknologi yang dapat menghancurkan sampah produk tekstil selain sistem incenerator yang memiliki banyak kelemahan.

Secara faktual nilai keefisiensi pabrik tekstil di Jabodetabek pada tahun 2005 adalah: (1) pabrik garmen 68,87% berada pada skala indeks berstatus keefisien baik; (2) pabrik pemintalan 66,58%, berada pada skala indeks berstatus keefisien sedang; (3) pabrik tekstil terpadu 56,25%, berada pada skala indeks berstatus keefisien sedang; (4) pabrik penyempurnaan tekstil (*finishing*) 54,15%, berada pada skala indeks berstatus keefisien baik; dan (5) pabrik pertenunan 44,39%, berada pada skala indeks berstatus keefisien sedang. Berdasarkan eksisting nilai keefisiensi tersebut di atas maka hipotesis yang menyatakan "nilai  $\eta_{ecospinning} >$

$\eta_{ecogarmen} > \eta_{ecoweaving} > \eta_{ecofinishing}$  " adalah tidak terbukti benar, karena ternyata Nilai  $\eta_{ecogarmen} > \eta_{ecospinning} > \eta_{ecofinishing} > \eta_{ecoweaving}$ .

Berdasarkan hasil penghitungan dan perbandingan antara tingkat keefisiensi pabrik terpadu dengan pabrik tekstil tidak terpadu, maka ternyata kegiatan pabrik tekstil terpadu lebih efisien dibanding nilai keefisiensi pabrik tekstil tidak terpadu. Sehingga dengan demikian maka hipotesis yang menyatakan "kegiatan pabrik tekstil terpadu lebih efisien dibanding pabrik tekstil yang dikelola secara tidak terpadu" adalah terbukti benar.

Untuk memperoleh standar nilai keefisiensi yang dapat diakui secara ilmiah maka diperlukan indeks yang dapat memprediksi kondisi keefisiensi kegiatan pabrik tekstil yang dihitung menggunakan formula keefisiensi di atas. Untuk memperoleh indeks keefisiensi tersebut maka digunakan berbagai standar penggunaan materi dan energi yang dipakai oleh industri tekstil seperti Standar Nasional Indonesia (SNI), standar asosiasi industri dan standar internasional Ecotex serta bobot faktor keefisiensi yang diberikan oleh Pakar yang merepresentasikan keterlibatan aspek sosial dalam perumusan formula keefisiensi hingga menghasilkan *benchmark* nilai keefisiensi.

Dari hasil perumusan indeks keefisiensi kegiatan pabrik tekstil diperoleh: (1) indeks minimum dan terendah pada kegiatan pabrik pertenunan, hal ini dapat terjadi oleh karena faktor material kanji yang melekat pada benang lusi yang dibutuhkan untuk meningkatkan efisiensi produksi pertenunan pada kenyataannya di lapangan tidak dapat diolah (*recycle, reuse, recovery*) baik di pabrik pertenunan maupun di pabrik *finishing*, (2) indeks keefisiensi minimum pabrik garmen lebih rendah dibanding pabrik *finishing*, hal ini terjadi oleh sebab faktor jumlah berat limbah garmen lebih besar dibanding limbah cair dan sludge pabrik *finishing*, (3) rentang nilai keefisiensi antara kategori sangat baik, baik, sedang dan kurang baik yang tidak sama disebabkan oleh jumlah faktor keefisiensi yang terlibat dan faktor bobot hasil *benchmarking* yang tidak sama; (4) keefisiensi yang rendah memberi implikasi pada lingkungan sosial kesehatan masyarakat sebagai akibat banyaknya limbah pencemaran yang dikeluarkan oleh pabrik yang inefisien.

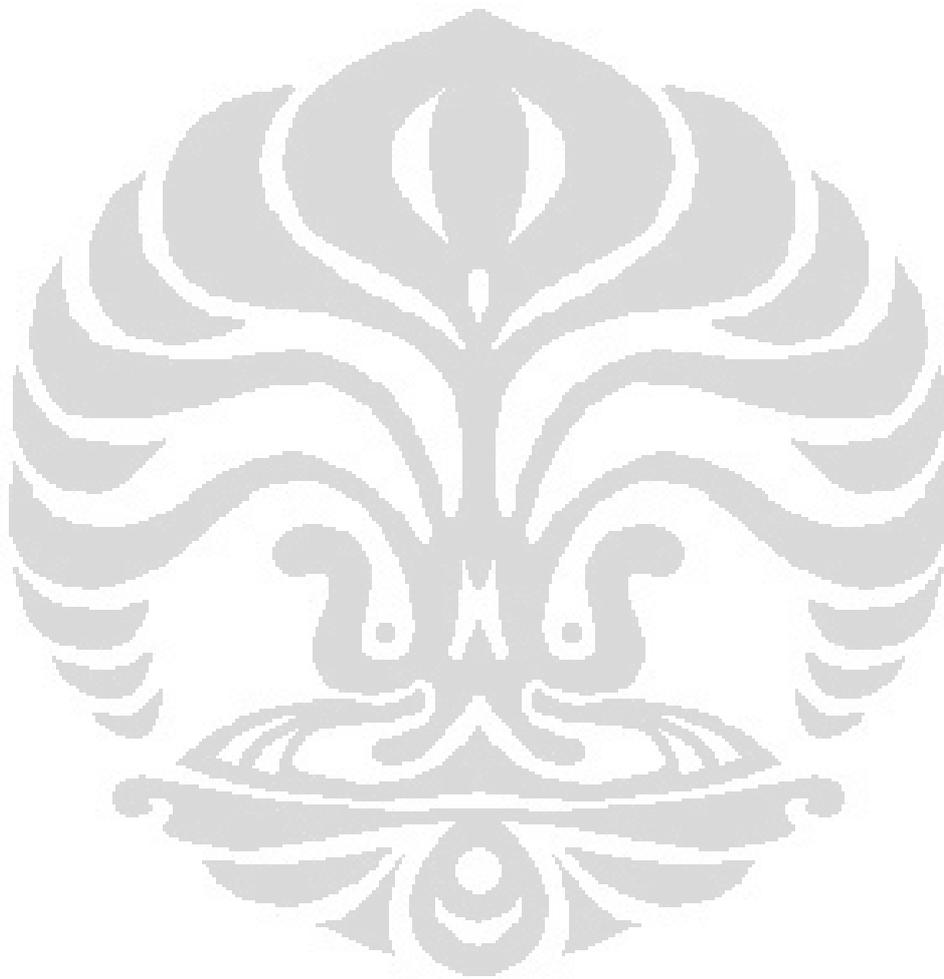
Kesimpulan disertasi ini adalah bahwa formula keefisiensi dirumuskan berdasarkan penggunaan materi dan energi *input*, proses, *output* produksi, limbah dan pencemaran dapat digunakan untuk menilai kinerja pabrik tekstil yang membuktikan kecenderungan pabrik tekstil terpadu lebih efisien dibandingkan dengan pabrik tekstil tidak terpadu.

Formula keefisiensi dan indeks keefisiensi kegiatan industri tekstil merupakan pendekatan baru yang dapat digunakan untuk menilai maupun memprediksi penerapan strategi kegiatan pabrik tekstil di masa mendatang menuju efisien berdasarkan jenis kegiatannya, dan dapat dipakai oleh manajemen pabrik tekstil untuk memperbaiki daya guna pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan pada kegiatan produksi.

Hasil penelitian ini merekomendasikan empat hal yaitu: (1) formula dan indeks keefisiensi dapat diaplikasikan secara praktis pada setiap kegiatan industri tekstil, dapat digunakan untuk mengukur kinerja lingkungan pabrik tekstil dan dapat dijadikan alternatif dalam strategi mewujudkan pembangunan berkelanjutan secara terukur di bidang industri; (2) menerapkan konsep keefisiensi sebaiknya dibarengi dengan instrumen ekonomi berupa keringanan pajak bagi perusahaan yang mampu

mencapai tingkat keefisiensi di atas indeks yang berlaku; (3) melakukan desain ulang aspek teknologi khususnya proses pertenunan yang mengarah pada teknologi yang tidak mengharuskan benang lusi diberi kanji, atau merubah sistem produksi yang mengarah pada pemanfaatan kembali limbah kanji; (4) kepada pihak pemerintah, diperlukan peraturan perundangan yang dapat memaksa dan mengontrol kegiatan pabrik tekstil yang melepaskan entropi yang melebihi baku mutu ke lingkungan.

Daftar Kepustakaan: 1973 sampai 2007



**SUMMARY**  
**Programme of Study in Environmental Sciences**  
**Postgraduate Programme University of Indonesia**  
**Dissertation, November 2007**

- A. Name : Reda Rizal  
 B. NPM : 910.204.0025  
 C. Title : Ecoefficiency of Material and Energy Use in Textile Mills  
 (Case Study for Textile Mills in Jabodetabek Area)  
 D. Number of pages : 22 Initial pages, 152 Contents, 34 Figure, 2 Maps, 64  
 Table.  
 E. Summary :

The research is triggered by the fact of textile mills which operate inecoeficient way. They discard their waste to environment, and ignore quality and quantity of waste in which it has a bad impact to environment directly. Most of textile product offered contains synthetic material, and entire of post used production in the scale of consumer can be ensured will be such of trash and can not be recycled. In another hand, global consumer demands a textile product produced by factory won't harm the environment (INA, 2006:13). Environmental vilivication done by factories indicate there is an extravagant production in utilizing the natural resource. However, this situation produces uncompetitive factory, drains the natural resource and also threaten the continuity of environment as Fiksel states that it portrays the low of its ecoefficient factory (1996:55-82).

Theoretically, this study shows the emphasis of normative and subjective orientation, there are no startegical concepts yet and relevant theory to measure and to solve the low ecoefficiency of textile mills activity. Thus, based on those aspects, it needs to make formulation which is able to deduce all of theory in describing the ecoefficient component of textile mills activity.

Generally, the objective of this research is to study and to give a perspective of ecoefficient concept of textile mills activity in measuring the environmental performance of every textile mills activity, and specifically to: (1) make a formulation to measure the ecoefficient of textile mills activity, (2) comprehend the reality of ecoefficiency, and (3) formulate the index of ecoefficiency in every kind of textile mills activity.

In this research, the concept of ecoefficiency applied is to use an efficient approach in industrial activity through the concept of economical efficiency based on efficient principal of natural resources use. Ecoefficiency as a strategy which produces a better performance product by utilizing low material and energy. Then, ecoefficient component of textile mills activity analyzed consist of: (1) material input of R/NR, (2) energy input of R/NR, (3) production processes, (4) cleaner product, (5) entropy of, (6) material lost in waste, and (7) energy lost in air pollution.

This research is conducted from June, 2004 until October 2005. The location of the research is Jabodetabek area in which to be a population representative and various activity of textile mills in Indonesia. The amount of them are 881 textile mills spread in Jabodetabek area, while the observed objects are 30 factories ( $\pm$  3,4% population). Research approach used to measure ecoefficient formula of

textile mills by method: (1) literature study, (2) identifying the entire of product activity in textile factory, (3) conducting qualitative and descriptive analysis. To make ecoefficient index must use: (1) expert judgment by involving 30 experts of textile industry and activist coming from NGO (Non Government Organization) (2) Delphy method, (3) material and energy utilizing based on SNI, association and Ecotex standards.

Research finding shows environmental performance in todays textile mills always refers to: (1) production input aspect which chooses raw material of NRR; (2) inefficient production output aspect utilizes material and energy, and; (3) non degradable product process aspect. Factually, this phenomenon indicates there is an ecoefficient problem of material and energy utilizing in factory activity, whereas based on existed theoretical phenomenon, the tendency of discussion is normative, perspective and subjective as well as point of view of theoretical founder expert.

Generally, ecoefficient formula of textile mills activity is showed by this following equation:

$$\eta_{eco} = \frac{(RR \cdot B) + (mbRR \cdot B) + (NRR \cdot B) + (mbNRR \cdot B) + (Dgm \cdot B) + (\eta_{en} \cdot B) + (\eta_{oi} \cdot B) + (\eta_{kanji} \cdot B) + (\eta_{zk} \cdot B) + (\eta_{logan} \cdot B)}{\sum_{i=1}^B} \%.$$

Referring to ecoefficient aspect of material utilizing by synthetic row material in textile production influences negative impact in ecoefficiency. This research finding, however, is equal as Fiksel theory (1996:41) in which there are big environmental problems to produce NRR which needs more material, energy, waste, and commonly, used post production will be such of non recycable trash. It possibly happens, because synthetic textile trash can not be decomposing by nature, furthermore there is no such technology which is able to disintegrate textile product trash but incinerator system which has many weaknesses.

Factually, the existing of ecoefficient value of textile factory in Jabodetabek area in 2005 is: (1) 68,87% good ecoefficient index scale of garment factory (2) 66,58% middle ecoefficient index scale of spinning factory; (3) 56,25% middle ecoefficient index scale of integrated textile factory; (4) 54,15% good ecoefficient index scale of weaving factory; and (5) 44,39% middle index scale of weaving factory. Based on the existing of previous value above so hypothesis states " $\eta_{ecospinning} > \eta_{ecogarmen} > \eta_{ecoweaving} > \eta_{ecofinishing}$ " is not true evident but the reality is  $\eta_{ecogarmen} > \eta_{ecospinning} > \eta_{ecofinishing} > \eta_{ecoweaving}$ .

Based on those computation and comparison between ecoefficient level of integrated textile and non-integrated, the integrated one is more efficient compared with non-integrated textile mills. Hence, the hypothesis which says "the activity of integrated textile mill is more efficient rather than non-integrated one" is absolutely right. To get a standard value of ecoefficiency, it needs an index which is able to predict ecoefficient condition of textile factory activity by using its formula above. To get an indeks of ecoefficiency, therefore it is used a various material and energy used standards such as applied by Indonesian National Standard (SNI), industrial association standard, ecotex international standard and ecoefficient factor integrity given by the experts in order to produce ecoefficient value.

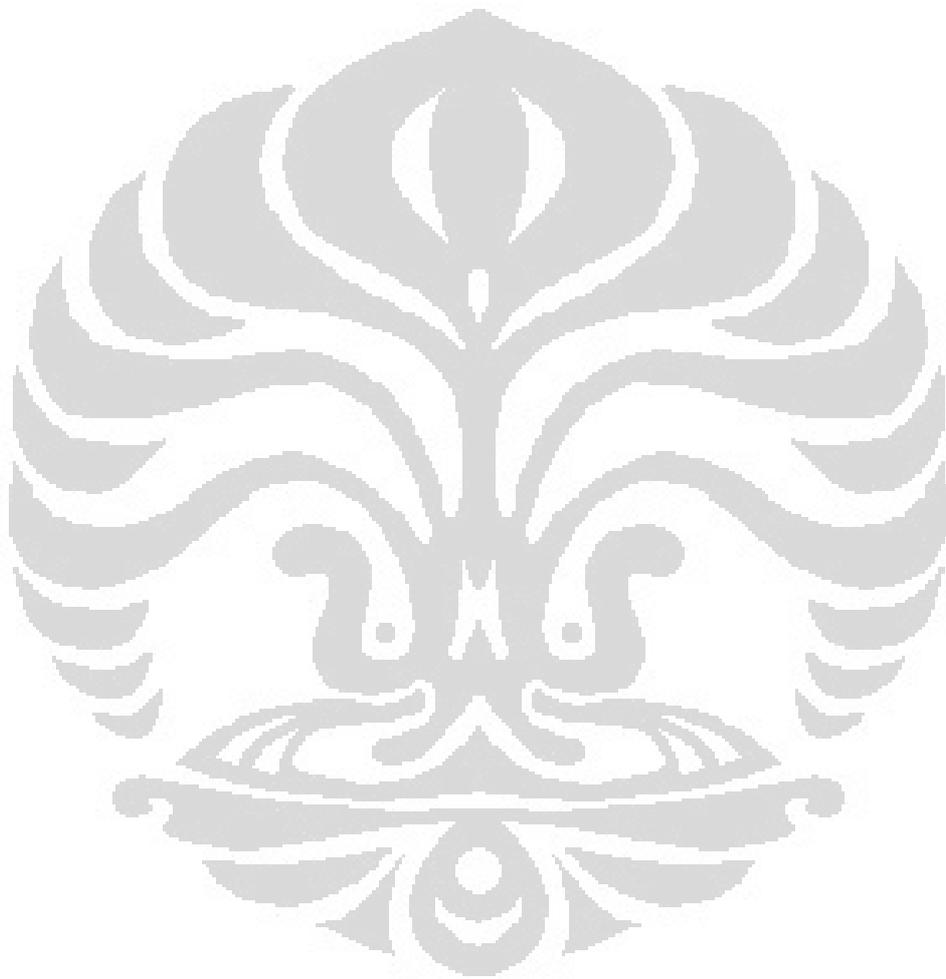
From its ecoefficient indekes formula finding of textile factory activity, finally the writer gets: (1) minimum indeks of weaving factory, it happens due to strach

material factor which is adhered in lusi yarn needed to enhance the weaving production efficiency, finally can not be recycle whether in weaving or finishing factory; (2) indeks of minimum ecoefficiency of garment is lower than finishing factory, it happens due to weight factor of garment waste is bigger than liquid waste and sludge of finishing factory; (3) the scope of ecoefficient value among exelent, good, middle and poor does not indicate amount of ecoefficient factor involved in different benchnarking product value; (4) the low ecoefficiency gives an impact to health social environment as more results of waste which is produced by inecoeficient factory.

The conclusion of this desertation that the ecoefficient formula of textile factory arranged by material input, energy, and industrial process by using supporting material (wrapping, water straching, coloring, chesmistry, etc), and product output can be used to measure textile factory performance in manifesting the tendency of integrated textile factory is more efficient rather than unintegrated one. The ecoefficiency formula and index of textile factory activity is a new approach can be used whether to measure or to predict a strategical application of textile factory activity in the future towards ecoefficiency based on its kind of activity, and can be used by textile factory managemet to emend the use of natural resources in product activity continuously.

At the end, this research recomendates the important six things as follow: (1) formula and indeks ecoefficiency which is able to apply practically in every textile factory activity, it also can be used to measure textile facrory performance, and to be an alternative strategy in realizing the sustainable development of industry; (2) to apply the concepts of ecoefficiency will be better if they hand in hand with economical instrument to make the tax low for every company if they are able to reach over the validity of ecoefficient indeks; (3) to conduct redesign of technological aspect, especially for weaving process which tends to must not the lusi yarn given by straching, or to change production system which tends to recycle of straching waste; (4) to apply a proper technology of fabric dyeing by using minimum amount of water and energy in order to increase the efficient and productivity; (5) to repair the paradigm of textile knowlede, edication, consuming, and technology towards recyle textile material choice and textile technology which is gentle to environment especially waving and finishing of textile factory; (6) to government, it needs a certain specific law which is able to force and control the textile factory activity in order to dismiss an entropy which more over then standard.

Number of References: issued from 1973 to 2007



## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Industri tekstil adalah salah satu industri nasional penghasil devisa non migas paling utama di awal PELITA VI. Perkembangan industri tekstil di Indonesia dapat dilihat dari meningkatnya nilai ekspor tekstil pada awal PELITA V (1989) yaitu sekitar 4 triliun rupiah, dan menjelang akhir PELITA V (1992) meningkat menjadi sekitar 12 triliun rupiah (API 2004). Ekspor tekstil diharapkan meningkat terus pada akhir PELITA VI (1998) yang diproyeksikan menjadi 24 triliun rupiah, namun krisis ekonomi nasional pada tahun 1997 mengubah proyeksi tersebut tahun 2005 menurun menjadi sekitar 7 triliun rupiah. Sejak tahun 1997 sampai tahun 2006 tercatat sebanyak  $\pm$  8,6 persen jumlah pabrik tekstil di Jabodetabek tidak dapat beroperasi secara efisien, tidak kompetitif dan kemudian tidak beroperasi lagi.

Ditinjau dari jumlah manusia dan konsumsi tekstil yang terus menerus meningkat setiap tahunnya akan mendorong industri tekstil meningkatkan aktivitas produksi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Keadaan ini bisa berdampak negatif pada lingkungan akibat peningkatan kegiatan produksi tekstil yang disertai sejumlah limbah hasil produksi. Secara faktual di lapangan memperlihatkan tidak sedikit jumlah pabrik tekstil nasional yang membuang limbahnya secara langsung ke badan Sungai, kuantitas dan kualitas limbah melampaui baku mutu lingkungan. Kondisi buruk lingkungan industri tekstil terlihat jelas misalnya pada kualitas air sungai di hampir seluruh sungai yang dimanfaatkan pabrik tekstil untuk membuang limbah cair proses produksinya. Data hasil pemantauan BPLHD DKI Jakarta terhadap 13 sungai di wilayah DKI Jakarta, memperlihatkan bahwa secara umum kualitas sungai sudah tidak sesuai lagi dengan peruntukannya dan cenderung memburuk dari tahun ketahun (BPLHD 2006). Memburuknya kualitas air sungai tersebut didominasi oleh pengaruh buangan limbah kegiatan berbagai industri (termasuk pabrik tekstil), jasa dan kegiatan rumah tangga.

Diitinjau dari sifat dan karakteristik material limbah, maka pada dasarnya sifat dan karakteristik limbah adalah identik dengan karakteristik material bahan baku yang

dipergunakan untuk produksi (Graedel, 1995:87). Data produsen serat tekstil dunia memperlihatkan sebagian besar industri tekstil menggunakan sumber daya alam yang bersifat tidak terbarukan (*non renewable resources*) sebagai bahan baku proses produksi (Acimit, 2006). Keadaan ini dapat mengancam keberlanjutan fungsi ekologi, dimana sebagian besar produk tekstil yang dipasarkan berbahan sintetik dan seluruh produk pascapakai pada tahap konsumen dipastikan menjadi sampah yang belum bisa didaur ulang. Disamping itu konsumen global sejak tahun 1990 menghendaki produk tekstil yang dihasilkan oleh pabrik tekstil yang tidak mencemari lingkungan (*Indonesian-Netherlands Association*, 2006:13).

Pencemaran lingkungan oleh pabrik tekstil mengindikasikan adanya kegiatan produksi yang cenderung boros menggunakan sumber daya alam. Keadaan pemborosan ini dapat berakibat pabrik tidak kompetitif, terkurasnya sumber daya alam dan dapat mengancam keberlanjutan lingkungan yang menurut Fiksel (1996:55-82) mencerminkan rendahnya efisiensi ekologi (*eco-efficiency*) pabrik. Pada saat ditelusuri ke pabrik-pabrik tekstil, ternyata persoalan utama yang ditimbulkan oleh kegiatan pabrik tekstil terhadap lingkungannya adalah tingginya faktor limbah, pencemaran dan penggunaan sumber daya yang bersifat tidak dapat diperbarui. Disamping itu belum adanya rumusan yang relevan untuk menilai keefisiensi dan mengatasi persoalan kinerja lingkungan pabrik tekstil.

Secara konseptual untuk mengatasi persoalan tersebut, DeSimone and Popoff (2000:56-78) memberi saran untuk dilakukan studi terhadap aspek sumber daya dan lingkungan yang dimanfaatkan oleh pabrik untuk memproduksi barang (studi tersebut disebutnya sebagai studi keefisiensi). Efisiensi kegiatan industri seharusnya mengarah kepada peningkatan daya guna pemanfaatan sumber daya itu sendiri dan berupaya untuk meminimumkan timbulnya entropi (Djayadiningrat, S. 2001:84). WBCSD dan UNDP dalam Stephan Schmidheiny (1992:8) menyatakan bahwa keefisiensi dapat dikaji melalui isu efisiensi ekonomi yang memiliki manfaat terhadap lingkungan, sedangkan produksi bersih dibahas melalui isu efisiensi lingkungan yang memberikan keuntungan ekonomi.

Berkaitan dengan uraian tersebut di atas maka penulis melakukan penelitian dengan topik "*Ekoefisiensi Pemanfaatan Materi dan Energi Pada Pabrik Tekstil (Kasus Pabrik Tekstil di Jabodetabek)*". Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah dihasilkannya suatu kontribusi bagi ilmu lingkungan yaitu; temuan baru

tentang formula keefisiensi pabrik tekstil, formula yang dihasilkan dapat digunakan untuk menilai dan memprediksi kinerja lingkungan pabrik tekstil, dan dapat dijadikan sebagai alternatif dalam strategi mewujudkan pembangunan berkelanjutan di bidang industri tekstil.

## **1.2. Perumusan Masalah**

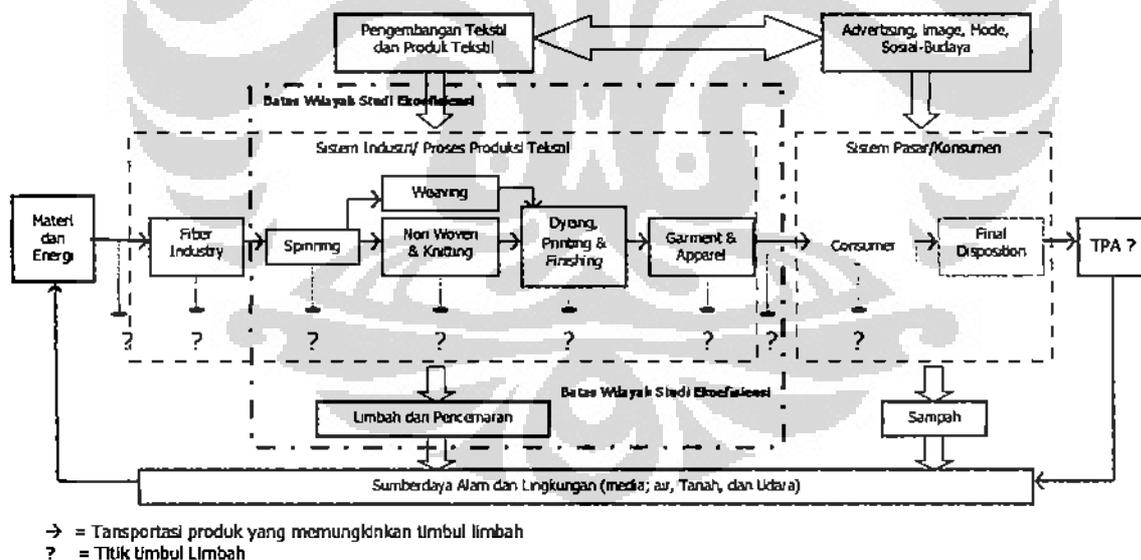
Secara umum pencemaran lingkungan oleh kegiatan pabrik tekstil dapat disebabkan oleh karena dua faktor yaitu faktor internal dan eksternal. Secara khusus faktor internal penyebab timbulnya pencemaran tersebut antara lain oleh karena aspek teknologi dan manajerial, sedangkan faktor eksternal dapat disebabkan oleh aspek sosial dan kelembagaan. Aspek teknologi dan manajerial memungkinkan terjadinya kesalahan dalam mengelola proses produksi yang berujung pada banyaknya dan buruknya kualitas limbah. Kesalahan pengelolaan kegiatan pabrik dapat berupa; salah memilih dan menggunakan bahan baku, keliru dalam mendesain produk tekstil, salah dalam mengelola mesin dan teknologi produksi dan lain sebagainya yang dapat berakibat timbulnya limbah melebihi baku mutu lingkungan. Aspek sosial sebagai penerima pencemar dan sekaligus berperan sebagai pengontrol kegiatan pencemaran, sedangkan aspek kelembagaan sebagai pengawas dalam pengelolaan lingkungan. Aspek sosial ekonomi menyangkut permintaan dan keinginan konsumen untuk memilih produk yang memiliki sifat dan karakteristik tertentu yang berakhir pada produk tekstil yang tidak ramah lingkungan. Sehingga pendekatan lingkungan tidak bisa hanya dilihat dari satu sektor/aspek saja tapi multi dimensional.

Konsep keefisiensi merupakan konsep yang menggunakan pendekatan efisiensi kegiatan industri melalui sistem produksi bersih dan produk bersih lingkungan. Konsepsi dasar keefisiensi industri adalah minimisasi material, limbah dan pencemaran dengan menghasilkan produk yang ramah lingkungan (Djajadiningrat, S., 1998:4). Hukum Termodinamika II menyatakan; tidak ada energi yang dapat dimanfaatkan dengan efisiensi seratus persen, dan oleh karena setiap kegiatan produksi tekstil terdapat proses transformasi materi dan energi maka berarti setiap proses produksi tekstil selalu terjadi entropi. Entropi yang dihasilkan industri tekstil

tidak seluruhnya dapat dikelola oleh manusia dan alam, sehingga tampak di berbagai lingkungan pabrik adanya limbah dan pencemaran yang melebihi nilai ambang batas.

Berdasarkan atas penelusuran berbagai teori terkait dengan masalah keefisiensi yang diungkapkan oleh para ahli dalam berbagai literatur, maka masalah yang belum dipecahkan oleh teori adalah rumusan yang bersifat normatif dan belum ada rumusan yang jelas dan baku yang bisa dipakai untuk menilai keefisiensi suatu kegiatan industri. Sedangkan masalah pada industri tekstil sendiri adalah belum adanya praktik-praktik yang mengarah pada konsep keefisiensi sebagaimana dijelaskan oleh Fiksel (1996:55-82).

Oleh karena belum ada rumusan yang baku untuk menilai keefisiensi maka untuk mengkajinya digunakan pendekatan metabolisme industri (Weisz, 2007:3). Metabolisme industri sama dengan metabolisme manusia dimana terdapat bahan baku (makanan), proses (pencernaan), produk (kerja) dan entropi (kotoran/limbah).



**Gambar 1.1** Metabolisme, Interaksi Industri Tekstil dan Lingkungan Hidup

Gambar 1.1 memperlihatkan interaksi antara sistem industri tekstil dengan sistem sosial dan sistem alami berlangsung sangat kompleks sebagai akibat dari pola

aktivitas kegiatan dalam sistem industri (sistem ekonomi) yang dapat mempengaruhi atau dipengaruhi oleh sistem pasar (sistem sosial) dan oleh sistem lingkungan alami. Sistem pasar tekstil dapat dipengaruhi oleh sistem sosial melalui perilaku masyarakat dalam merespon iklan dan model pakaian yang disebar oleh industri tekstil. Dalam situasi ini, industri tekstil balik pula untuk merespon kebutuhan masyarakat terhadap tekstil dalam bentuk reaksi melakukan riset dan pengembangan produk. Selanjutnya, akibat hasil rekayasa produk tekstil yang dilakukan oleh industri tekstil dan dikomunikasikan lewat iklan dan mode, maka timbul dampak ganda yakni terhadap permintaan produk tekstil oleh masyarakat yang semakin meningkat dan terhadap aktivitas produksi yang juga semakin meningkat.

Selanjutnya pada **Gambar 1.1** juga dapat menjelaskan metabolisme dalam lingkungan pabrik tekstil yang menggunakan bahan baku material dan energi berasal dari lingkungan alam ditransformasikan atau dicerna menjadi produk tekstil, dengan hasil sampingan berupa limbah dan emisi (*entropy*). Kualitas material *input* dapat mempengaruhi kualitas proses produksi, kualitas produk yang dihasilkan dan kualitas entropi. Apabila kualitas *input* buruk maka kualitas *output* juga ikut buruk dan limbah yang dihasilkan semakin banyak. Bila seluruh produk tekstil yang mengandung material dalam bentuk produk utama (tekstil) dan produk ikutan (pembungkus) berkualitas buruk, maka seluruh produk tekstil, limbah dan emisi bahkan keseluruhan hasil-hasil proses produksi nantinya akan masuk ke dalam lingkungan sehingga berpotensi mengganggu lingkungan hidup. Material bahan baku produksi pabrik tekstil yang diambil dari lingkungan, dicerna atau diproses menjadi produk tekstil, dan sisa hasil material yang tidak terproses secara sempurna oleh metabolisme industri akan menjadi limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Semakin baik metabolisme industri maka semakin baik *output* yang dihasilkan dan entropi yang timbul dapat diminimumkan sehingga efisiensi ekologi dapat ditingkatkan.

Memperhatikan permasalahan seperti diuraikan di atas dan dengan menggunakan konsep metabolisme industri atau konsep keefisiensi, maka masalah utama penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Belum diketahui kondisi eksisting keefisiensi pabrik tekstil.

2. Belum diketahui rumusan yang relevan untuk menilai keefisiensi pabrik tekstil.
3. Belum diketahui realitas nilai keefisiensi pada berbagai jenis pabrik tekstil.
4. Belum diketahui kondisi ideal dan peluang keefisiensi pabrik tekstil di masa datang.

### **1.3. Pertanyaan Penelitian**

1. Bagaimanakah rumusan yang relevan untuk menilai keefisiensi pabrik tekstil?
2. Bagaimanakah realitas nilai keefisiensi pada berbagai jenis pabrik tekstil?
3. Bagaimanakah kondisi ideal dan peluang keefisiensi pabrik tekstil masa datang?

### **1.4. Tujuan Penelitian**

1. Membuat formula untuk menilai keefisiensi kegiatan pabrik tekstil.
2. Mengetahui realitas keefisiensi pada kegiatan berbagai jenis pabrik tekstil.
3. Merumuskan indeks keefisiensi kegiatan berbagai jenis pabrik tekstil.

### **1.5. Lingkup Penelitian**

Memperhatikan kajian ilmu lingkungan yang sangat luas, maka batas bidang masalah yang diteliti adalah:

1. Persoalan keefisiensi pemanfaatan materi dan energi pada proses produksi di pabrik tekstil.
2. Variabel yang diteliti meliputi; material bahan baku bersifat terbarukan (RR), material bahan baku pembantu bersifat terbarukan (mbRR), material bahan baku bersifat tak terbarukan (NRR), material bahan baku pembantu bersifat

tak terbarukan (mbRR), daya guna material selama proses produksi (dgm), persen kandungan pada produk garmen (logam), efisiensi penggunaan energi ( $\eta.en$ ), efisiensi penggunaan air ( $\eta.ai$ ), efisiensi penggunaan kanji ( $\eta.kanji$ ), efisiensi penggunaan zat warna ( $\eta.zw$ ) dan efisiensi penggunaan zat kimia ( $\eta.zw$ ).

3. Pabrik tekstil yang diteliti meliputi; (a) pabrik pemintalan, (b) pertenunan, (c) pabrik penyempurnaan tekstil (*finishing*), (d) garmen dan (e) pabrik tekstil terpadu. Sedangkan pabrik pembuatan serat tekstil (*man-made fiber*) dan pabrik perajutan (*knitting*) tidak diteliti.
4. Penelitian ini tidak membahas aspek eksternalitas dari pengaruh kegiatan pabrik tekstil, sehingga nilai ekoefisiensi yang dihasilkan tidak mencakup eksternalitas.

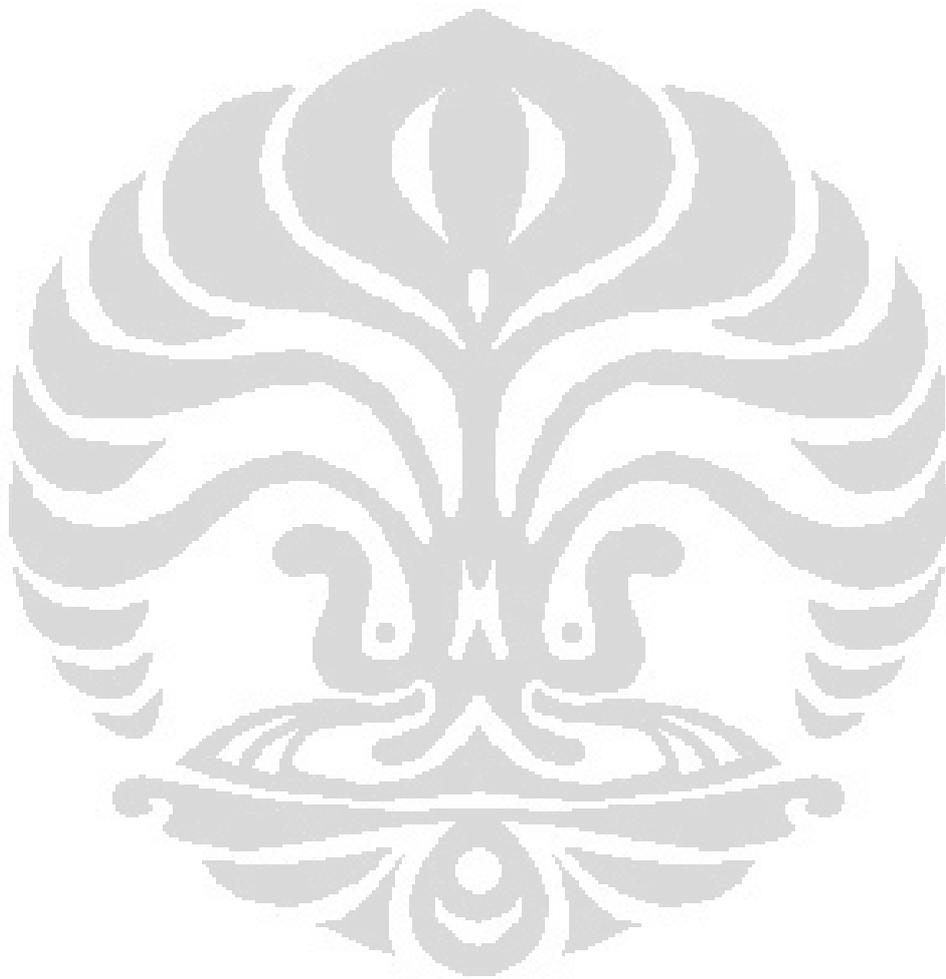
## 1.6. Manfaat Penelitian

### 1. Manfaat Teoritis

- a. Formula ekoefisiensi kegiatan industri tekstil merupakan pendekatan baru yang dapat digunakan untuk menilai maupun memprediksi efisiensi ekologis berdasarkan jenis kegiatannya.
- b. Indeks ekoefisiensi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai *benchmark* kinerja lingkungan bagi industri tekstil melengkapi standar acuan dari PROPER maupun ISO 14001.
- c. Formula ekoefisiensi dapat diterapkan pada pabrik tekstil di luar wilayah studi atau di mana pun pabrik tekstil beroperasi.

### 2. Manfaat Praktis

- a. Formula dan indeks ekoefisiensi dapat dipakai oleh manajemen pabrik tekstil untuk memperbaiki daya guna pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan pada kegiatan produksi.
- b. Memberikan alternatif baru kepada para pemangku kepentingan untuk menilai kinerja lingkungan pabrik tekstil secara terukur.
- c. Penerapan konsep ekoefisiensi pada kegiatan pabrik tekstil dapat dijadikan sebagai alternatif dalam strategi mewujudkan pembangunan berkelanjutan di bidang industri tekstil.



## 2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN

### 2.1. Metodologi Ilmu Filsafat

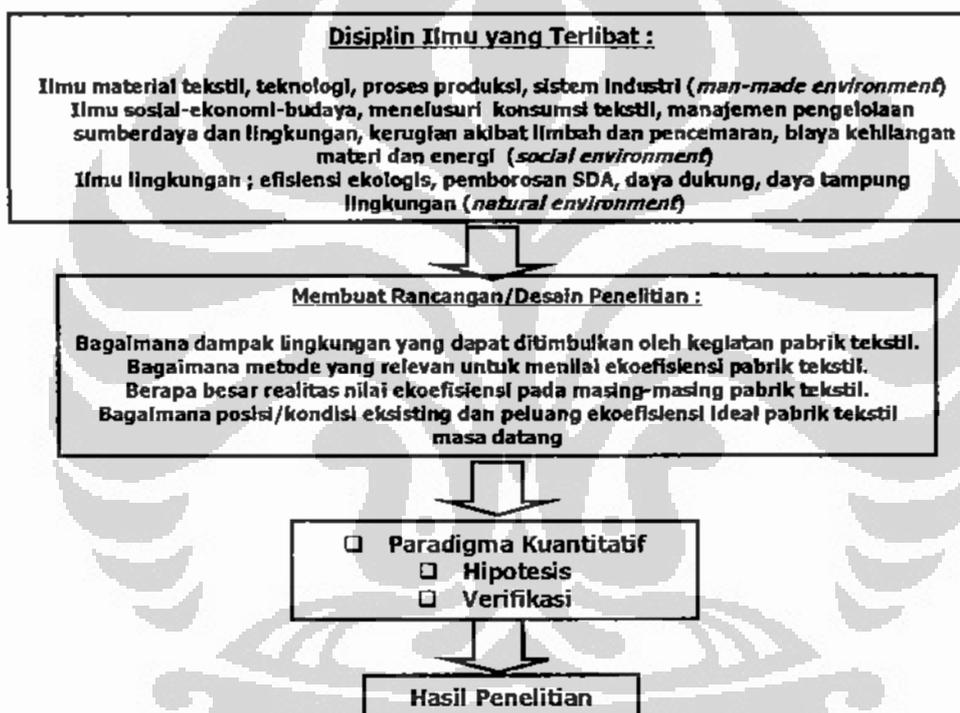
Menurut Budianto (2002:15-20) pengetahuan dan filsafat merupakan dua hal yang tidak dapat dipisahkan ketika manusia akan bersikap kritis terhadap suatu permasalahan yang dihadapinya, dan sikap kritis itu selalu dihubungkan dengan berfilsafat. Ilmu filsafat merupakan ilmu pengetahuan yang mengkaji seluruh fenomena yang dihadapi manusia secara kritis refleksif, integral, radikal, logis, sistematis dan universal. Tema besar pada ilmu filsafat mengkaji tiga aspek, yaitu ontologi, epistemologi, dan metodologi.

Berkaitan dengan masalah yang diteliti yaitu masalah keefisiensi pada pabrik tekstil, maka aspek ontologi meliputi informasi mengenai:

1. Manusia membutuhkan tekstil untuk pakaian, kain keperluan rumah tangga, tekstil untuk keperluan industri, dan lain sebagainya.
2. Tekstil dan pakaian diproduksi oleh pabrik tekstil.
3. Aktivitas pabrik tekstil selalu menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan kehidupan.
4. Sumber daya alam dan lingkungan hidup sebagai media interaksi industri kian hari cenderung mengalami degradasi, baik kualitas maupun kuantitas.

Kajian pada aspek epistemologi akan melihat sistem industri tekstil sebagai suatu sistem yang meliputi ketersediaan sumber daya alam, sumber daya manusia, material bahan baku, teknologi, produk barang, konsumen dan lingkungan. Untuk hal ini diperlukan pengkajian terhadap apa, seperti apa dan bagaimana batas-batas pengetahuan itu, bagaimana kebenaran pengetahuan mengenai; ilmu sumber daya, ilmu teknologi, ilmu tentang produk barang, konsumen dan ekologi. Manusia butuh tekstil untuk pakaian tentunya diperlukan sejumlah pabrik tekstil yang akan memproduksinya, diperlukan bahan, energi dan teknologi untuk memenuhi kebutuhan manusia tersebut secara tepat dan cepat. Namun di lain pihak, untuk memenuhi kebutuhan manusia tersebut melalui pabrik tekstil, maka timbul persoalan pada lingkungan kehidupan. Persoalan lingkungan hidup tersebut tercermin pada penurunan kualitas air misalnya, kualitas tanah, dan kualitas udara yang kemudian dapat mempengaruhi kesehatan manusia dan makhluk hidup

lainnya. Semakin besar jumlah populasi manusia, maka jumlah kebutuhan terhadap produk tekstil juga semakin tinggi, dan kebutuhan terhadap sumber daya alam juga semakin tinggi, sehingga tentunya cikal bakal limbah dan pencemaran juga akan semakin besar. Kajian pada aspek aksiologi atau metodologi akan melihat bagaimana cara memecahkan masalah dan mencari kebenaran ilmu melalui penelitian. Masalah *eco-efficiency* pada pabrik tekstil dapat dipecahkan melalui penelusuran dan kajian terhadap 3 (tiga) disiplin ilmu pengetahuan yang terkait sebagaimana dijelaskan pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1.** Konsep Hierarki Penelusuran Ilmu Pengetahuan Dalam Penelitian

Sumber : Budiarto (2002), direvisi penulis

Dari **Gambar 2.1** tentang hierarki penelusuran ilmu pengetahuan dalam penelitian, terlihat disiplin ilmu yang terlibat dalam penelitian ini meliputi tiga bidang ilmu. *Pertama*: ilmu pengetahuan tentang material tekstil, teknologi, proses produksi dan sistem pabrik yang dikelompokkan sebagai ilmu lingkungan binaan (*man-made environment*). *Kedua*: ilmu pengetahuan sosial-ekonomi dan budaya yang

mempelajari perilaku manusia, konsumen, dan sistem pasar dikelompokkan sebagai ilmu lingkungan sosial (*social environment*) yang akan menanggapi produk tekstil yang dihasilkan oleh kelompok pertama. *Ketiga*: ilmu lingkungan yang membahas tentang eksistensi sumber daya alam dan lingkungan, daya dukung dan daya tampung lingkungan yang dikelompokkan sebagai ilmu lingkungan alami (*natural environment*) yang akan menampung segala dampak dari kelompok ilmu pertama dan kedua. Ketiga kelompok ilmu tersebut di atas (*man-made environment, social environment* dan *natural environment*) melakukan interaksi membentuk suatu sistem yang saling mempengaruhi satu sama lain, baik terhadap *man-made* maupun terhadap *social-economy* serta *natural environment*. Dampak dari interaksi tersebut pada kenyataannya dapat dilihat langsung pada persoalan limbah, pencemaran, pemborosan sumber daya alam dan terganggunya keseimbangan ekosistem. Dengan demikian perlu dilakukan penelusuran fakta, penelitian lapangan dan proses analisis data menggunakan pendekatan paradigma kuantitatif, membuat hipotesis dan melakukan pengujian hipotesis.

Guba, Egon G. (1990:17-27) mencoba melakukan analisis dengan menggunakan model paradigma positivistik dalam penelitiannya meliputi 4 (empat) aspek yaitu: a) aspek ontologi untuk mengungkapkan realitas faktual, b) aspek epistemologis untuk mengungkapkan objektivitas ilmu pengetahuan guna menemukan kebenaran, c) aspek metodologi menggunakan metode kuantitatif, eksperimen, verifikasi, dan hipotesis, serta d) aspek ranah ilmu pengetahuan mengungkapkan makna, pengertian, peraturan, dan kepentingan.

Apabila model paradigma positivistik diterapkan dalam penelitian masalah keefisiensi pada pengelolaan pabrik tekstil, maka proses penelusuran terhadap ilmu pengetahuan dapat digambarkan sebagai berikut:

1. Aspek Ontologi; membahas fakta empiris dan realitas masalah limbah pabrik tekstil yang telah mencemari lingkungan hidup.
2. Aspek Epistemologi; untuk menemukan kebenaran ilmu lingkungan pabrik (ekologi industri) melalui kajian dan penelusuran hubungan berbagai disiplin ilmu, hubungan sebab-akibat, dan membuat model simulasi keterkaitan ilmu industri dengan ilmu lainnya dalam memecahkan masalah lingkungan hidup.
3. Aspek Metodologi; memberikan arah dan cara untuk menemukan ilmu pengetahuan melalui penelitian dengan pemahaman objektivitas ilmu

pengetahuan lingkungan yang merujuk kepada teori-teori kebenaran dan koherensi.

4. Ranah Ilmu Pengetahuan; membahas hasil-hasil penelitian yang akan memunculkan fakta-fakta baru, pengertian-pengertian, pemaknaan data, peraturan-peraturan atau ketentuan-ketentuan hukum atas ilmu yang dihasilkan, serta membahas kepentingan-kepentingan manusia dan makhluk hidup lainnya di dalam alam.

## 2.2. Etika Lingkungan

Ilmu lingkungan (*environmental science*) adalah suatu ilmu pengetahuan antar cabang ilmu pengetahuan yang memasukkan aspek-aspek teoritik dan aplikasi dari dampak realitas kegiatan manusia secara sosial, ekonomi dan politik dunia (Enger, 1983:27). Teori etika mengajarkan manusia mengenai bagaimana ia seharusnya bertindak dan berperilaku terhadap lingkungan hidupnya. Keraf menyatakan bahwa terdapat sedikitnya lima teori yang mengatur perilaku manusia dalam mengelola lingkungan hidupnya yaitu: 1) teori antroposentrisme, 2) teori biosentrisme, 3) teori ekosentrisme, 4) teori ekofeminisme, dan 5) teori holistik (Keraf, 2002:33-160).

Secara ringkas teori etika lingkungan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Teori antroposentrisme menyatakan bahwa nilai dan prinsip moral hanya berlaku bagi manusia, sedangkan kebutuhan dan kepentingan manusia mempunyai nilai yang paling tinggi dan paling penting.
2. Teori biosentrisme; teori ini mendasarkan moralitas pada keseluruhan kehidupan, karena alam bernilai pada dirinya sendiri maka ia harus dilindungi, sehingga diperlukan etika yang berfungsi untuk menuntun manusia agar berperilaku baik guna menjaga dan melindungi alam.
3. Teori ekosentrisme memusatkan perhatian kepada seluruh komponen ekosistem baik biotik maupun abiotik. Teori ini melihat adanya saling ketergantungan antar sub-sub sistem dalam ekosistem, maka perhatian dan kewajiban serta tanggung jawab moral manusia tidak hanya tertuju kepada

mahluk hidup saja melainkan juga tertuju kepada semua realitas ekologis seperti planet bumi, matahari, tumbuhan dan lain sebagainya.

4. Teori Feminisme memandang bahwa krisis ekologi tidak sekadar disebabkan oleh cara pandang dan perilaku yang antroposentris, melainkan sesungguhnya juga disebabkan oleh cara pandang dan perilaku yang androsentris; cara pandang dan perilaku yang mengutamakan dominasi (laki-laki), manipulasi, eksploitasi terhadap alam. Kaum pria yang dianggap kuat mendominasi dan mengontrol yang lemah (kaum perempuan), dan dikaitkan antara hubungan manusia (yang kuat) dengan alam (yang lemah) yang akhirnya alam dieksploitasi secara besar-besaran dan rusak.
5. Teori holistik merupakan teori pendekatan yang mampu membimbing manusia kepada keselarasan hubungannya dengan alam agar kerusakan di bumi bisa dicegah. Manusia hendaknya berpikir dialektis dalam arti bahwa kerusakan alam akan senantiasa berhubungan dengan ulah dan tingkah laku manusia.

### **2.3. Paradigma Ilmu Pengetahuan dan Teknologi**

Cara pandang ilmu pengetahuan dan teknologi modern sekarang ini sebenarnya adalah cara pandang Barat yang berkembang sejak revolusi ilmu pengetahuan pada abad ke-17 dan ke-18 (Keraf, 2002:178). Filsuf-filsuf yang sangat berpengaruh membentuk cara pandang ini adalah Galileo Galilei, Francis Bacon, Rene Descartes dan Isaac Newton. Cara pandang ilmu pengetahuan dan teknologi modern ini pada dasarnya sekular, mekanistik dan reduksionistik. Sekular karena ilmu pengetahuan tidak lagi didasarkan pada prinsip-prinsip apriori yang diterima benar dengan sendirinya, tetapi didasarkan pada pengamatan panca indra dan metode induksi sebagaimana dikembangkan oleh Francis Bacon. Mekanistik karena seluruh alam semesta termasuk manusia dilihat secara mekanistik seperti mesin yang fungsinya bersifat mekanistik, dan bisa dianalisis serta diprediksikan secara terpisah lepas dari keseluruhan yang membentuknya. Reduksionistik karena realitas alam semesta termasuk manusia dilihat secara reduksionistik dari satu aspek semata-mata tanpa melihat keterkaitan yang lebih komprehensif dan holistik di antara berbagai aspek. Paradigma ilmu pengetahuan modern ini terutama

bertumpu pada logika Cartesian, yang membedakan, bahkan memisahkan secara tegas antara jiwa dan tubuh, subjek dan objek, roh dan materi, fakta dan nilai. Perbedaan ini bersama dengan metode induksi yang dikembangkan oleh Bacon merupakan kekuatan utama yang menentukan perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan modern hingga sekarang.

Pembedaan itu berlaku logika dominasi yang mengunggulkan yang satu sambil meremehkan yang lain. Dengan logika dominasi ini, jiwa lebih diutamakan dibanding tubuh, pikiran dan rasionalitas lebih diutamakan dibanding perasaan dan emosi, fakta lebih penting dibanding nilai, kemampuan intelektual lebih penting dibanding intuisi, analisis lebih penting dibanding sintesis, nilai instrumental lebih penting dibanding nilai intrinsik, kuantitas lebih penting dari pada kualitas, subjek lebih penting dari pada objek. Dalam kaitan dengan itu, dualisme Cartesian menempatkan manusia terpisah dari dan berada di atas alam. Bahkan, dengan menggunakan logika dominasi, manusia lebih diutamakan dan dianggap bernilai pada dirinya sendiri, sementara alam hanya dilihat sebagai objek dan alat bagi kepentingan manusia. Inilah yang meletakkan dasar bagi sikap dan perilaku manusia yang eksploitatif dan manipulatif terhadap alam hingga sekarang ini.

Sebagaimana dikatakan Stephen Sterling, *kita dengan setia mewujudkan keyakinan Descartes bahwa manusia harus menjadi tuan dan penguasa alam*. Sehingga paradigma mekanistik Cartesian ini dianggap sebagai salah satu sebab utama mengapa kita tidak bisa membangun komunitas yang berkelanjutan, komunitas yang ramah terhadap lingkungan. Salah satu alasan mengapa kita tidak dapat hidup secara berkelanjutan adalah karena masyarakat industri didominasi oleh pandangan mekanistik tentang dunia, yang menyebabkan kita memperlakukan lingkungan alam seakan terdiri dari bagian-bagian yang terpisah, untuk dieksploitasi oleh kelompok-kelompok kepentingan yang berbeda. Cara berpikir yang mekanistik ini telah membuat manusia tercerabut dari alam dan manusia hidup seakan sebagai bagian yang terpisah dari ekosistem alam.

Semua pengetahuan yang *tidak* bisa dijelaskan dan dipahami secara rasional dengan menggunakan akal budi tidak akan diterima dan diakui sebagai pengetahuan. Oleh karena itu, semua kekayaan pengetahuan masyarakat tradisional, termasuk yang diperoleh melalui intuisi, tidak diterima dan diakui

sebagai pengetahuan. Kelemahan dan persoalan serius pada cara pandang ini dalam kaitannya dengan lingkungan hidup adalah (Keraf, 2002:203);

1. Etika tidak mendapat tempat dalam keseluruhan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi modern, karena yang dipentingkan adalah fakta, dan nilai bukanlah fakta empiris melainkan tuntutan normatif, dan yang berkaitan dengan nilai dianggap tidak ilmiah.
2. Kalaupun pemanfaatan hasil-hasil ilmu pengetahuan mendapat perhatian, yang sangat dipentingkan oleh ilmu pengetahuan modern adalah nilai instrumental yang dikaitkan dengan kegunaan ekonomis dan material.

Salah satu contoh kelemahan cara pandang mekanistik ini pada bidang sumber daya atau bahan baku tekstil adalah mengenai argumentasi dampak negatif tanaman kapas transgenik terhadap lingkungan hidup dan kesehatan manusia belum sepenuhnya terbukti secara nyata, justru membuktikan bahwa pengembangan tanaman transgenik jelas-jelas didukung cara berpikir Cartesian yang mekanistik-reduksionistik; tidak ada bukti empiris yang meyakinkan tentang dampak negatif berarti boleh dikembangkan. Padahal, karena belum ada bukti empiris yang meyakinkan untuk saat ini harusnya menjadi alasan untuk bersikap hati-hati dan menunda penyebar luasannya. Karena bersifat ekonomis, sudah bisa dikuantifikasikan dan ditunjukkan secara empiris, maka apapun resistensi masyarakat maupun LSM terhadap pengembangan dan penyebarluasnya tidak dipedulikan.

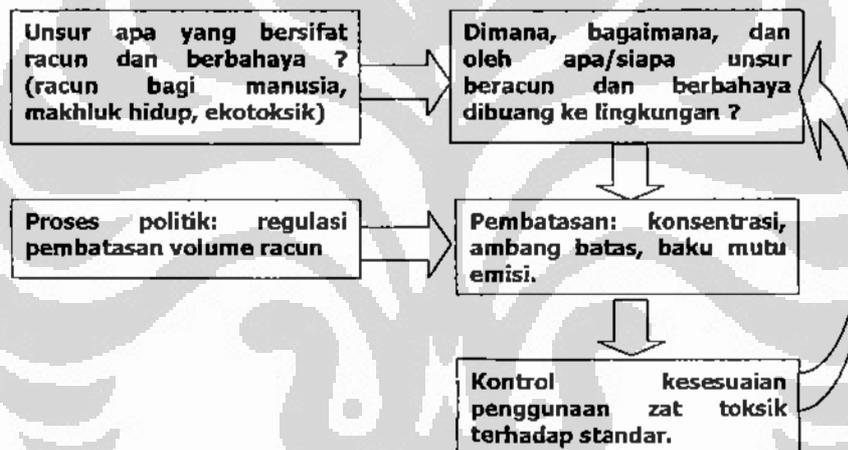
#### **2.4. Paradigma Industri dan Lingkungan**

Hubungan antara aktivitas manusia dengan lingkungannya di dalam sistem industri dicoba untuk dipahami oleh para ahli melalui empat paradigma dasar yaitu; 1) paradigma racun, 2) paradigma keseimbangan alam, 3) paradigma entropi, dan 4) paradigma norma lingkungan (Fischer, dalam Nawangsidi 1998:29). Keempat paradigma dasar tersebut di atas dikembangkan berdasarkan atas pertimbangan berbagai bidang ilmu pengetahuan termasuk dimensi etika politik untuk memahami

keterikatan dan saling ketergantungan antara sistem manusia dengan sistem lingkungan.

### 1. Paradigma Racun

Paradigma racun memberikan gambaran bahwa manusia tidak jarang menggunakan bahan-bahan yang mengandung unsur-unsur berbahaya dan beracun untuk memenuhi kepentingan dan aktivitas kegiatannya. Bahan-bahan yang tidak dimanfaatkan secara sempurna menghasilkan sisa-sisa kemudian dibuang ke lingkungan sehingga mengganggu makhluk lain yang ada di lingkungan tersebut.



**Gambar 2.2.** Paradigma Racun

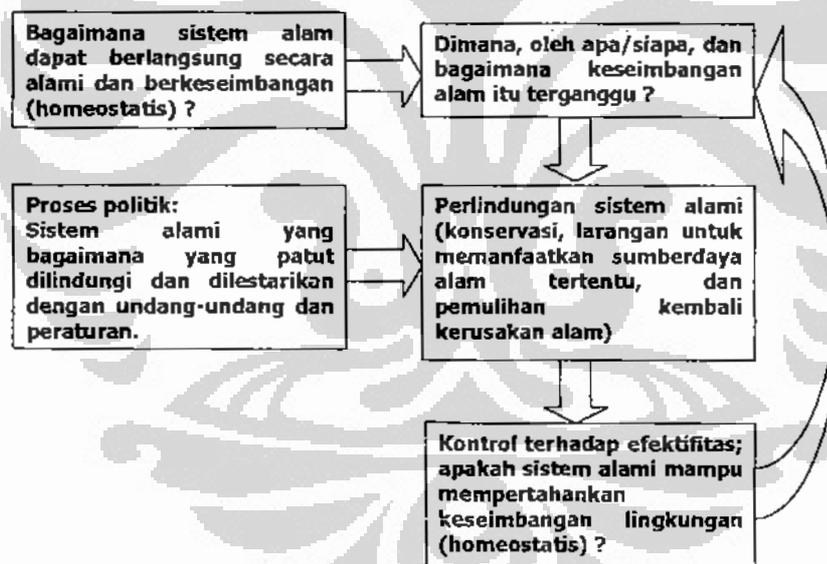
Sumber: Nawangsidi (1998:29) direvisi oleh penulis.

Paradigma racun kebanyakan dianut oleh para ilmuwan medis, kimia, dan sebagian besar kegiatan manusia pada pertanian dan industri. Mengatasi permasalahan lingkungan dalam fase paradigma racun ini ditujukan ke arah pembatasan terhadap pemakaian bahan-bahan yang mengandung unsur-unsur yang bersifat racun dan membahayakan lingkungan. Solusi terakhir tertuju pada proses minimisasi dan peniadaan buangan limbah pada sumber-sumber aktivitas kegiatan manusia dan industri. Dalam paradigma racun tersebut, para konsumen tekstil di Jepang, Kanada, Amerika dan Eropa melalui pemerintah atau asosiasi perdagangan telah mengeluarkan kebijakan lingkungan dengan memberlakukan standar ekologi tekstil (seperti; *ecotex* dan *oekotex standard*) pada setiap produk tekstil yang dipasarkan

ke negara-negara tersebut. *Oekotex standard* memuat batasan standar kandungan bahan-bahan kimia pada tekstil dan produk tekstil yang dipasarkan ke negara-negara Eropa, Kanada, Jepang dan Amerika (Reda, 2005:84).

## 2. Paradigma Keseimbangan Alam

Paradigma keseimbangan alam memberikan gambaran bahwa aktivitas kegiatan manusia tidak jarang menimbulkan gangguan terhadap kestabilan sistem lingkungan alam. Argumentasi ilmuwan mengarah pada berbagai pilihan guna melindungi alam dan melestarikan sistem lingkungan alam melalui tindakan konservasi pemanfaatan sumber daya alam dan menerapkan secara ketat nilai ambang batas terhadap ambien yang dihasilkan oleh kegiatan industri tekstil.



**Gambar 2.3.** Paradigma Keseimbangan Alam

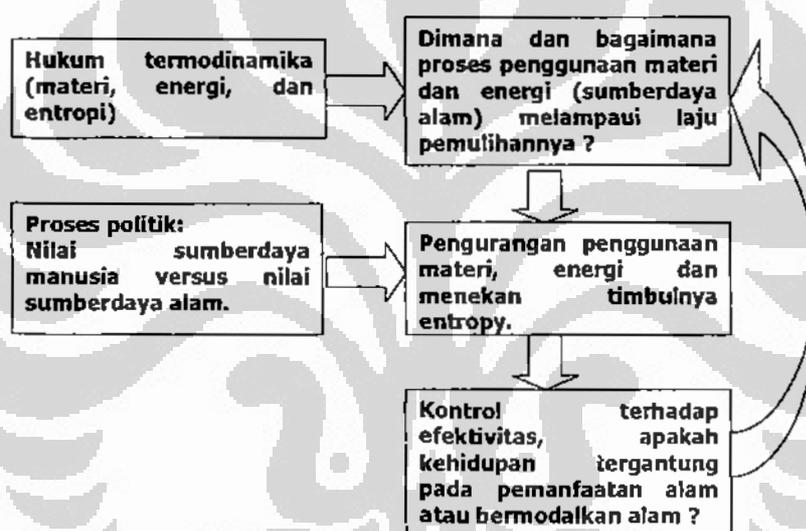
Sumber: Nawangsidi (1998:29) direvisi oleh penulis.

Paradigma keseimbangan alam ini umumnya dianut oleh para biolog, klimatolog, dan ekolog, serta para ahli di bidang pertanian. Solusi untuk mengatasi permasalahan lingkungan ditujukan ke arah bagaimana cara melindungi dan melestarikan sistem lingkungan alam melalui tindakan-tindakan konservasi dan pemulihan (*recovery*) sumber daya alam dan lingkungan. Tindakan lain yang patut

pula dicontoh dalam menerapkan paradigma keseimbangan alam tersebut adalah melalui pendekatan kearifan lingkungan (*ecological wisdom*) yang dilakukan oleh para tokoh adat seperti tradisi Sasi bagi nelayan Maluku dan Irian (Hadi, 2000:27).

### 3. Paradigma Entropi

Paradigma entropi membangun wawasan tentang pemanfaatan sumber daya alam, arus materi dan aliran energi dalam konteks proses transformasi materi dan energi pada suatu proses yang menghasilkan entropi atau limbah.



**Gambar 2.4.** Paradigma Entropi

Sumber: Nawangsidi (1998:29) direvisi oleh penulis.

Setiap proses kegiatan selalu menghasilkan entropi. Entropi tersebut dapat berguna bagi lingkungan dan dapat pula membahayakan lingkungan bila kualitas dan kuantitasnya melebihi baku mutu lingkungan. Paradigma entropi ini umumnya dianut oleh para ilmuwan fisika, ekonomi lingkungan, dan ahli lingkungan, serta para ahli di bidang teknik. Solusi untuk mengatasi permasalahan lingkungan dalam paradigma entropi ini ditujukan ke arah alternatif pemilihan terhadap pemanfaatan sumber daya manusia yang berkualitas, sumber daya alam dan energi yang berkualitas serta menekan seminimum mungkin entropi yang akan mengganggu lingkungan.

#### 4. Paradigma Norma Lingkungan

Paradigma norma lingkungan membangun wawasan mengenai norma-norma yang disepakati manusia. Dalam dominasinya, manusia membangun segala kebutuhannya untuk melangsungkan kehidupan sosio-ekonominya, namun kegiatan pembangunan menimbulkan beban kerugian pada makhluk lain yang ada di sekitarnya.



**Gambar 2.5.** Paradigma Norma Lingkungan

Sumber: Nawangsidi (1998:29) direvisi oleh penulis.

Paradigma norma lingkungan ini umumnya dianut oleh para filsuf, moralis, preservasionis, dan lain sebagainya. Paradigma ini memberikan solusi untuk menghindari dominasi atau mengurangi beban kerugian terhadap makhluk hidup lainnya dan lingkungan yang secara normatif harus dihormati hak-hak hidupnya.

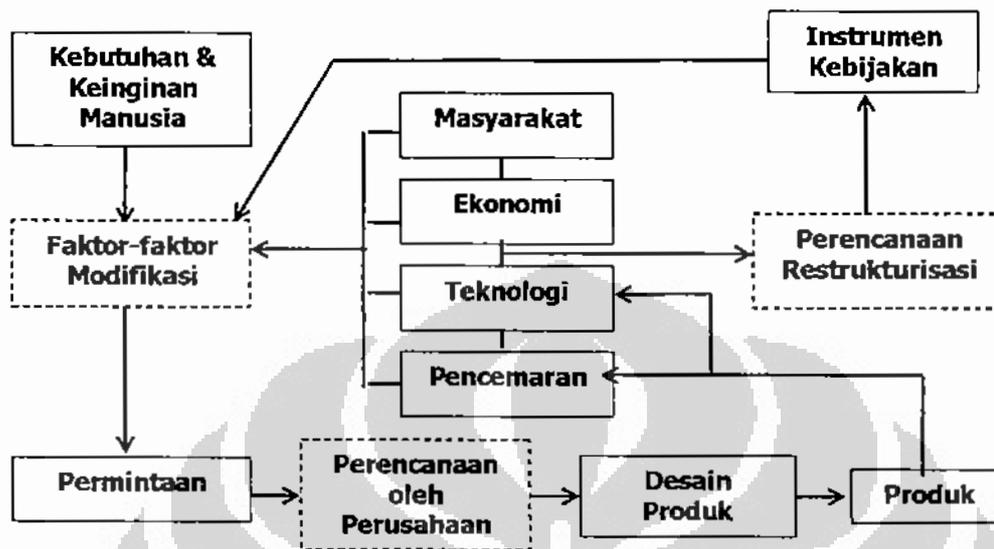
#### 2.5. Transformasi Sistem Industri

Paradigma ekologis dalam pengelolaan industri atau yang dikenal dengan ekologi industri berkembang sebagai tanggapan holistik dalam memandu transformasi

sistem industri menuju interaksi yang berkelanjutan dengan sistem lingkungan alami (Djajadiningrat, A. 2000:12). Ekologi industri didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari lingkungan rumah tangga industri melalui suatu pendekatan; desain produk, desain proses industri, dan desain lingkungan yang kemudian dapat dievaluasi melalui perspektif produk industri yang kompetitif serta mempelajari interaksi industri dengan lingkungannya (Graedel & Allenby, 1995: 399). Keluasan wawasan ekologi industri menempatkannya sebagai kerangka kontekstual bagi penggunaan dan pemanfaatan berbagai metode dan instrumen pengelolaan lingkungan secara lebih efektif. Berbagai kritik yang dilontarkan cenderung meragukan ekologi industri sebagai gagasan baru, karena di saat tumbuh dan berkembangnya kebudayaan industri justru hal-hal yang dianggap telah diketahui tersebut sering terabaikan. Pembangunan industri selama ini cenderung memposisikan lingkungan alam sebagai penyedia sumber daya dan media pembuangan limbah secara tak terbatas.

Transformasi teknologi yang dikaitkan dengan isu lingkungan hidup telah dimulai sejak dicanangkannya pembangunan berkelanjutan pada tahun 1987. Tahapan transformasi teknologi tersebut oleh Komisi Ekonomi untuk Eropa pada pertemuannya di tahun 1992 digambarkan sebagai berikut (Graedel & Allenby, 1995:65):

*Tahap pertama, ignorance*, adanya fenomena ketidaktahuan masyarakat industri terhadap permasalahan lingkungan hidup. *Tahap kedua, lack of interest*, masyarakat industri kurang peduli terhadap masalah lingkungan hidup yang sesungguhnya mereka mengetahui permasalahan yang terjadi. *Tahap ketiga, reliance on technology*, masyarakat percaya bahwa dengan adanya teknologi baru akan dapat memecahkan permasalahan lingkungan hidup. *Tahap keempat, toward sustainability* masyarakat industri melihat bahwa pembangunan industri di masa depan akan memperhatikan semua aspek lingkungan hidup. *Tahap kelima, absolute sustainability*, pembangunan industri secara berkelanjutan mutlak harus dilaksanakan yang ditandai dengan berlangsungnya siklus ekologi industri secara penuh. Seluruh kegiatan industri merupakan respon dari segala kebutuhan dan keinginan manusia yang pada akhirnya berdampak terhadap lingkungan. Sehingga kebutuhan dan keinginan manusia yang berbeda-beda sesuai budayanya akan menjadi *driving factor* atas kerusakan lingkungan hidup.



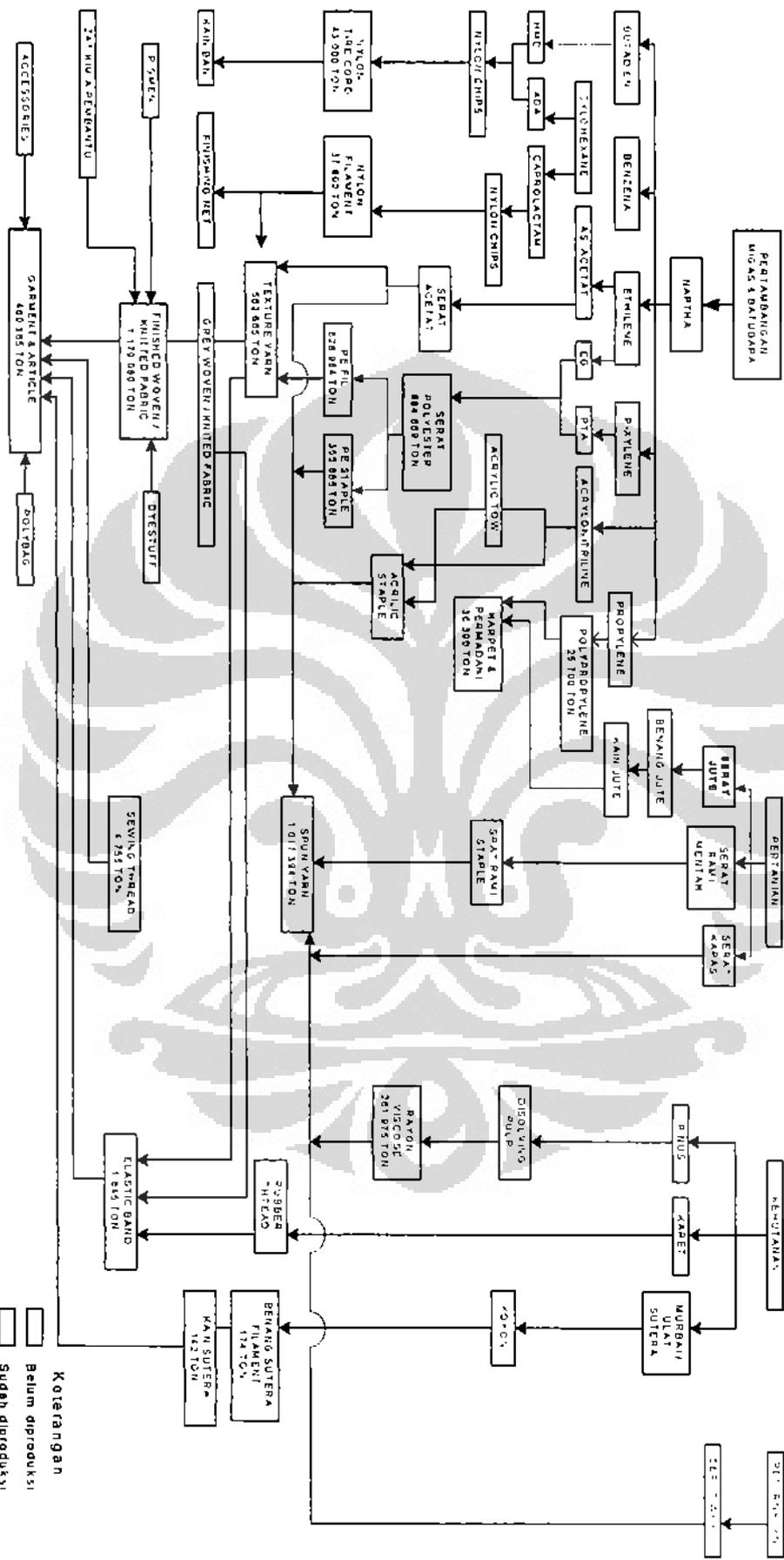
**Gambar 2.6.** Interaksi antara Sistem Sosial dengan Industri

Sumber: Graedel & Allenby (1995:64)

**Gambar 2.6** tentang interaksi antara sistem sosial dan industri dapat dijelaskan bahwa kotak bergaris merupakan tahapan perencanaan penting yang menghubungkan antara manfaat produk dan jasa dengan responsi dari industri, pemerintah dan masyarakat. Perencanaan modifikasi faktor kebutuhan masyarakat, faktor ekonomi, sosial dan budaya, serta teknologi industri akan mempengaruhi pola permintaan masyarakat itu sendiri terhadap produk industri. Selanjutnya tahap perencanaan perusahaan terkait dengan masalah desain produk, proses yang diarahkan pada sistem industri bersiklus tertutup guna menyelamatkan sumber daya alam dan lingkungan. Perbaikan terhadap sistem dan pengelolaan lingkungan industri memberikan *input* terhadap proses restrukturisasi di segala bidang, baik teknologi, bahan, dan proses produksi guna mempersiapkan instrumen kebijakan perusahaan terkait dengan penyelamatan sumber daya alam dan lingkungan hidup. Apabila ditinjau dari jumlah konsumsi tekstil dunia yang digambarkan oleh penggunaan material bahan baku tekstil, maka akan tampak kecenderungan yang signifikan untuk lebih mengeksploitasi sumber daya alam yang tidak terbarukan (*non renewable resources*).

Fiksel (1996:501), mendefinisikan kata *renewable resource* sebagai sumber alam yang dapat diperbarui seperti tenaga angin, sesuatu yang dapat diganti, diregenerasi, atau sesuatu yang dapat disimpan selama ia digunakan. Enger (1997:144) menjelaskan indikator sumber daya yang bersifat *renewable* adalah: (1) sumber daya yang tidak pernah habis dipakai, (2) dapat diperbarui dengan tersedianya sumber pengganti, (3) dapat diperbarui dengan cara regenerasi, dan (4) dapat diperbarui dengan cara menambah cadangan secara alami ataupun dengan bantuan teknologi.

Ukuran *non-renewable energy resources* adalah kecepatan penggunaan energi lebih cepat dari pada proses memproduksi energi itu sendiri, sehingga kondisi ini disebut sebagai *non-renewable energy resources*. Dari definisi kedua pakar tersebut diatas dan oleh karena setiap materi mengandung energi, maka istilah *renewable resources* dapat juga berlaku pada material bahan baku produksi yang digunakan oleh pabrik tekstil seperti; cotton, wool, rayon, air, zat warna dan lain sebagainya.

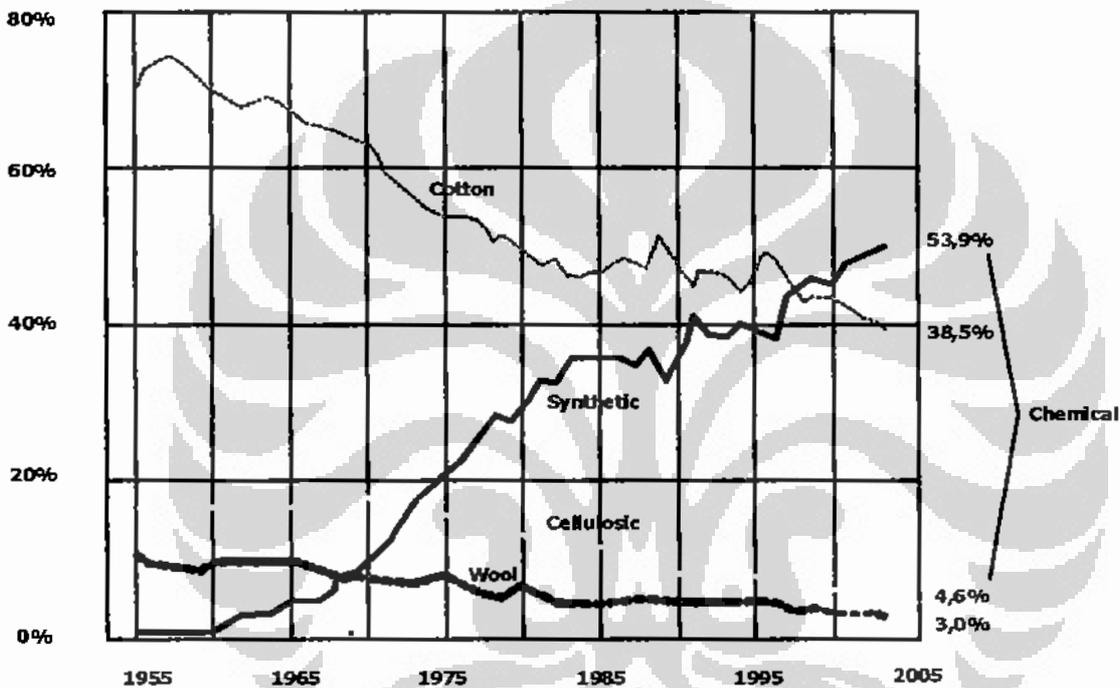


Sumber: Departemen Perindustrian, 2006

Gambar 2.7 Diagram Sumber Material Bahan Baku Tekstil

- Keterangan
- Belum diproduksi
  - Sudah diproduksi
  - Sebagian sudah diproduksi
  - EG = Etylene Glycol
  - PTA = Pure Terephthalic Acid
  - HMD = Hexamethylene Diamine
  - ADA = Adopic Acid

**Gambar 2.7** menjelaskan tentang sumber-sumber material bahan baku tekstil yang terdiri atas tiga kelompok yaitu dari minyak, gas bumi dan batubara (kelompok migas), kelompok pertanian dan kelompok peternakan. Ketiga kelompok sumber panghasil bahan baku tekstil tersebut dilihat dari sifat ketersediaannya dapat digolongkan menjadi dua yaitu bahan baku tekstil yang dapat diperbarui (kelompok pertanian dan peternakan) dan bahan baku tekstil yang tidak dapat diperbarui (kelompok migas batubara).



**Gambar 2.8** Konsumsi Serat Tekstil Dunia 1955-2003

Sumber: Acimit (2004:17)

Dalam **Gambar 2.8** terlihat bahwa kecenderungan yang signifikan penggunaan material bahan baku tekstil jenis sintetis yang semakin lama semakin meningkat, sedangkan konsumsi bahan baku tekstil jenis alami semakin lama semakin berkurang akibat keterbatasan lahan produksi. Kondisi ini menggambarkan permintaan konsumen dunia terhadap tekstil, dan sekaligus kondisi ini mengkhawatirkan semakin banyaknya penggunaan sumber daya minyak bumi untuk memproduksi material bahan baku tekstil sintetis. Kesadaran akan pentingnya ekologi industri pada hakekatnya terletak pada kesadaran perlunya transformasi kerangka kontekstual dalam memahami

implikasi pengelolaan industri dari model linier dan mekanistik menuju suatu sistem siklus tertutup (*closed loop sistem*) menyerupai ekosistem kecil dalam tindakan (*locally action*). Model linier menempatkan produksi dan konsumsi sebagai dasar analisis terhadap suatu aktivitas industri, dan ekosistem bertindak untuk menyeimbangkan sistem produksi dan dekomposisi, dengan mendaur ulang nutrisi secara terus menerus guna menunjang siklus produksi berikutnya. Transformasi sistem industri tersebut memberi pengaruh yang besar terhadap paradigma sistem industri dan memberikan keyakinan bahwa (Lowe, 1996:445):

1. Keseluruhan tahapan operasi pada industri dapat menjamin sistem lingkungan alami berfungsi sebagaimana mestinya dalam batas-batas ekosistem lokal dan biosfir;
2. Dinamika dan prinsip-prinsip ekosistem menjadi acuan mendasar dalam perencanaan dan manajemen sistem industri;
3. Efisiensi materi dan energi dalam pemanfaatan, pemrosesan dan daur ulang akan memberikan keunggulan kompetitif dan manfaat ekonomi yang besar bagi industri;
4. Sumber pokok nilai ekonomi dari planet bumi dan ekosistem lokal berlangsung dalam jangka waktu panjang, tanpa itu maka kesuksesan pebisnis tidak akan ada artinya.

Berbagai pendekatan yang dicoba selama ini guna mencari batas-batas ekologis sesuai instrumen regulasi, ekonomi, maupun kerekesayaan telah dilakukan, namun belum cukup memadai untuk mengintegrasikan pengelolaan lingkungan pada berbagai skala ke dalam suatu pendekatan yang lebih sistematis. Dalam pemahaman pendekatan sistem ekologi industri, maka kendala yang dihadapi adalah keterbatasan pengetahuan pengelolaan industri untuk melintasi dimensi ruang dan waktu. Kendala dan kompleksitas permasalahan yang ditemui dalam melintasi dimensi ruang dan waktu tersebut telah melahirkan berbagai perspektif dalam menjelaskan transformasi sistem industri dari model linier-mekanistik kepada sistem ekologi industri. Untuk mengatasinya dan memulai menerapkan sistem ekologi industri yang tertutup maka Lowe (1996:446-447) menyarankan agar para pengelola industri:

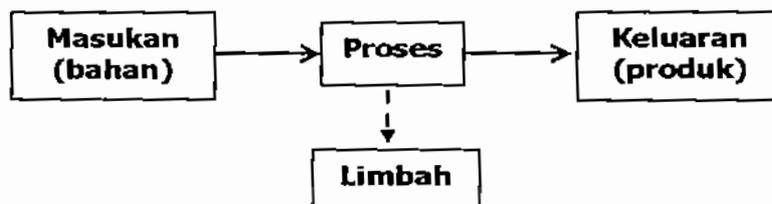
1. Belajar dari ekosistem, yaitu menggunakan dinamika dan prinsip ekologi dalam perencanaan dan merancang sistem produksi dan jasa. Caranya adalah melalui

- penerapan sistem pendaur-ulangan bahan secara multilinier dalam satu lokasi industri tertentu;
2. Mengkaji metabolisme industri dengan cara mempelajari dan menganalisis aliran materi dan energi, mulai asal bahan baku masuk ke dalam sistem industri kemudian produk yang dihasilkan dikembalikan lagi ke biosfir dalam keadaan tidak merusak biosfir;
  3. Mempelajari struktur ekonomi dan model dinamika masukan-keluaran, menganalisis dampak perubahan jaringan teknologi terhadap perusahaan, industri dan ekosistem;
  4. Mendesain lingkungan industri, dengan cara menyiapkan fasilitas perangkat mendisain, desain proses, desain produk dan jasa dengan mempertimbangkan manfaat dan biaya ekologi dan ekonomi bagi siklus hidup secara keseluruhan;
  5. Mengelola keterkaitan antara sistem industri dengan sistem lingkungan alam yang memungkinkan munculnya umpan balik bagi industri untuk melakukan penyesuaian diri setiap waktu;
  6. Berusaha untuk memperpanjang usia dan manfaat produk dengan cara mengkaji kembali keseimbangan antara produksi dan jasa secara lebih proporsional.

Aliran perspektif tersebut di atas saling melengkapi satu sama lain dan sinergi diantaranya akan melahirkan suatu pendekatan yang bersifat holistik dan sistematis. Untuk mengurangi kompleksitas ekologi industri menuju suatu penjelasan yang lebih terukur, maka pendekatan aliran materi dan energi dianggap dapat membantu menjelaskan pengaruh sistem industri terhadap sistem lingkungan alam melalui neraca massa. Pendekatan ini mencoba mengidentifikasi aliran, transformasi dan disipasi materi dan energi di dalam sistem industri pada berbagai skala, dengan menganalogikannya pada ekosistem (Nawangsi, 1998:54).

Hukum Termodinamika mengenai kekekalan massa dan energi memberikan implikasi bahwasanya bahan atau materi yang diambil dari lingkungan alam untuk diproduksi menjadi barang dan jasa akan kembali ke lingkungan alam dalam bentuk yang sudah terdegradasi. Siklus materi dan aliran energi memberikan basis bagi upaya mentransformasikan sistem industri menuju siklus tertutup dengan meminimalkan disipasi bahan dan energi. Siklus materi dan aliran energi dalam sistem industri dapat dianalogikan sebagai interaksi sistem industri dengan sistem lingkungan alam di

sekitarnya atau disebut sebagai *metabolisme industri* (Weisz, 2007:3). Secara sederhana sistem industri digambarkan sebagai *metabolisme aliran masukan materi dan energi*, proses dan keluaran yang dikenal dengan sistem produksi.



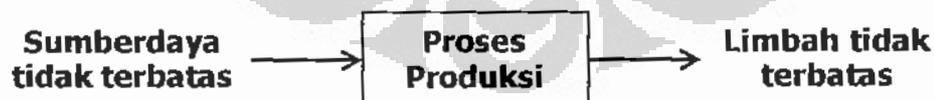
**Gambar 2.9** Sistem Produksi pada Industri

Sumber: Graedel, 1995:94 dimodifikasi penulis

Sistem masukan bagi sistem industri adalah bahan baku yang umumnya bersumber dari alam, proses produksi merupakan serangkaian yang melibatkan teknologi, manusia dan manajemen untuk menghasilkan produk yang digunakan oleh konsumen. Disamping produk, proses produksi juga menghasilkan limbah dan pencemar. Limbah yang mempunyai nilai dapat digunakan kembali di dalam proses produksi yang bersangkutan atau proses produksi lainnya, sedangkan limbah dan pencemar yang tidak memiliki nilai dibuang ke lingkungan.

Terdapat tiga model aliran materi dan energi yang menggambarkan siklus hidup pada sistem industri yaitu; model linier, model semi-siklus dan model siklus tertutup (Graedel, 1995:93-95).

Model-1: Linier

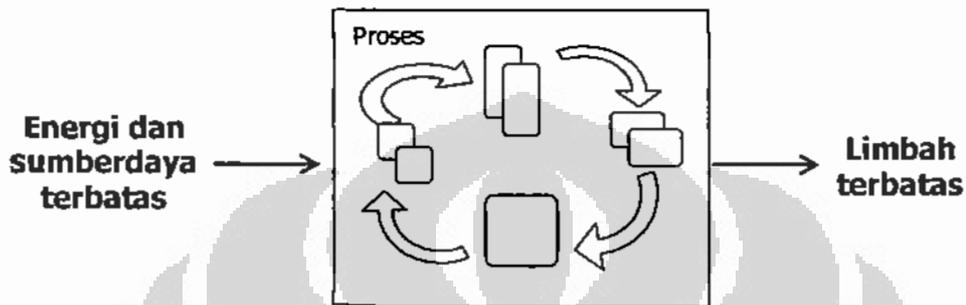


**Gambar 2.10** Model Linier Aliran Materi dan Energi pada Industri

Sumber: Graedel, 1995:94 dimodifikasi penulis

Aliran materi dan energi model linier di dalam ekosistem industri terjadi bilamana sumber daya yang disediakan oleh lingkungan alam diolah dan diproses menjadi produk barang, limbah yang timbul tidak terbatas dilepas kembali ke lingkungan alam.

Model-2: Semi siklus

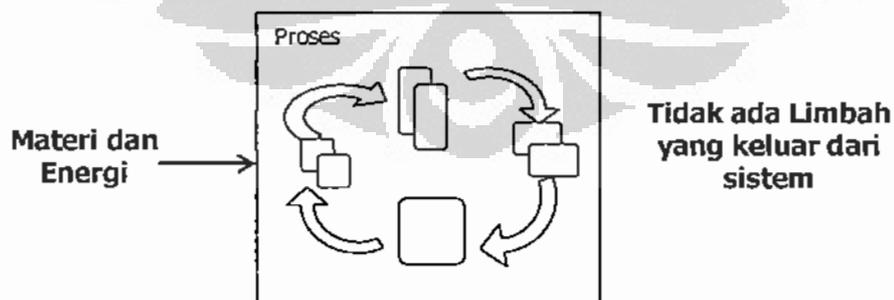


**Gambar 2.11** Model Semi Siklus Aliran Materi dan Energi pada Industri

Sumber: Graedel, 1995:94 dimodifikasi penulis

Aliran materi dan energi model semi-siklus di dalam ekosistem industri terjadi bilamana sumber daya yang disediakan oleh lingkungan alam diolah dan diproses menjadi produk barang, limbah yang timbul secara terbatas masih dapat dimanfaatkan kembali pada ekosistem industri. Sedangkan sebagian limbah secara terbatas dilepas kembali ke lingkungan alam.

Model-3: Siklus tertutup



**Gambar 2.12** Model Siklus Tertutup Aliran Materi dan Energi pada Industri

Sumber: Graedel, 1995:94 dimodifikasi penulis

Aliran materi dan energi model siklus tertutup di dalam ekosistem industri terjadi bilamana sumber daya yang disediakan oleh lingkungan alam diolah dan diproses secara selektif menjadi produk barang, limbah yang timbul dapat dimanfaatkan kembali pada ekosistem industri secara terus menerus. Dalam rangka mengaplikasikan prinsip-prinsip sistem alami pada sistem buatan (*man-made system*), maka beberapa karakteristik ekosistem alami yang dapat diadopsi oleh industri menurut Lowe (1996:448-449) diantaranya adalah:

1. Di dalam ekosistem alami, efisiensi dan produktivitas berada dalam keseimbangan yang dinamis melalui daya lentingnya sendiri. Perubahan terhadap keseimbangan tersebut akan menghancurkan ekosistem itu sendiri;
2. Ekosistem tidak mengenal adanya limbah, dalam pengertian sebagai sesuatu yang tidak dapat dimanfaatkan kembali bagi kehidupan sistem tersebut, dan nutrisi yang dibutuhkan oleh suatu spesies dihasilkan oleh spesies lainnya tanpa ada yang terbang;
3. Bagian yang terbesar dari aliran energi dikonsumsi oleh proses dekomposisi guna mendaur ulang limbah yang dimanfaatkan kembali bagi kehidupan ekosistem;
4. Bahan beracun tidak tersimpan atau dipindahkan pada skala ekosistem dalam jumlah yang besar, akan tetapi disintesis dan dimanfaatkan kembali oleh spesies sesuai dengan kebutuhan individualnya;
5. Materi dan nutrisi disirkulasikan secara terus menerus dan ditransformasikan secara sempurna, sistem digerakkan oleh energi matahari dan dalam perjalanan waktu menyimpannya dalam bentuk bahan bakar fosil;
6. Ekosistem bersifat dinamis, dan determinasi pelaku ekosistem adalah dalam pengertian suatu proses;
7. Dalam ekosistem dimungkinkan aktivitas spesies secara independen, namun tetap berada dalam pola aktivitas spesies secara keseluruhan, serta kerjasama dan kompetisi berlangsung dalam suatu keseimbangan;
8. Setiap komponen ekosistem mempunyai fungsi ganda setara dengan tingkat keterkaitannya dengan komponen lainnya;
9. Relung ekologi setiap komponen dalam sistem identik dengan total keterkaitan yang bersangkutan dengan komponen lainnya, serta mencerminkan prasyarat fisik, kimiawi, dan biologi yang dibutuhkan untuk melangsungkan kehidupan dan reproduksinya dalam ekosistem.

Kecenderungan aplikasi teknologi industri masa depan mengarah pada sistem industri model siklus tertutup yang pada intinya mengarah pada sasaran pembangunan industri yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan (Graedel & Allenby, 1995:21-22). Sasaran pembangunan industri tersebut diantaranya adalah melakukan kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

1. Penghematan pemakaian bahan baku (*dematerialization*)
2. Substitusi materi bahan melalui penggunaan bahan baku yang lebih bersahabat lingkungan (*more environmentally suitable materials*).
3. Perbaikan pola pemanfaatan intensitas energi dan waktu melalui metode dekarbonisasi (*decarbonizations*) dan mereduksi penggunaan energi, artinya; bahwa dengan menurunkan intensitas energi akan berimplikasi pada penurunan polutan secara signifikan.
4. Sebagai agen perubahan menjadi sistem ekologi industri, menggunakan sistem komputerisasi teknologi dan informasi untuk memonitor seluruh operasi teknologi guna meyakinkan prinsip-prinsip ekologi industri dapat diterapkan dalam rancangan, dan mencegah terjadinya kebocoran-kebocoran dan mencegah arus material yang tidak perlu.
5. Ekologi industri yang dapat memberikan implikasi optimalisasi pemanfaatan bahan, biaya dan interaksi industri dan lingkungan.

## **2.6. Pencemaran Oleh Industri Tekstil**

Data hasil pemantauan kualitas lingkungan air Sungai (13 sungai) di Propinsi DKI Jakarta menunjukkan bahwa parameter fisis berupa kekeruhan, warna, zat padat tersuspensi, serta oksigen terlarut berada pada kondisi diatas ambang baku mutu, demikian pula dengan parameter kimiawi (BPLHD DKI Jakarta, 2006). Kontribusi pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh industri tekstil meliputi limbah cair, limbah padat, gas, dan limbah B3 yang terdistribusi di lingkungan industri, lingkungan permukiman, dan di perairan. Limbah cair industri tekstil ditemui pada pabrik pembuatan serat, pabrik penyempurnaan tekstil seperti pabrik pencelupan kain, pencapan kain, industri batik dan penyempurnaan khusus untuk sifat-sifat kain tertentu. Ketigabelas sungai tersebut dimanfaatkan oleh ± 458 unit pabrik tekstil

(17,2% dari total jumlah industri tekstil nasional) yang berada di wilayah DKI Jakarta (Deperindag, 2004). Limbah padat industri tekstil dapat ditemui pada hampir semua sektor industri tekstil seperti pabrik pemintalan, pertenunan, perajutan, dan pabrik pembuatan pakaian jadi. Sedangkan limbah berupa gas dan limbah B3 dari industri tekstil dapat ditemui pada pabrik pembuatan serat dan pabrik penyempurnaan tekstil. Buku basis data lingkungan hidup Jawa Barat dan Kota Bogor mengungkapkan data pencemaran oleh industri tekstil sebagai berikut.

**Tabel 2.1** Jenis Produksi dan Limbah Tekstil di Jawa Barat, 2005

No.	Produksi		Limbah <sup>*)</sup>		Besaran Limbah/tahun
	Jenis	Jumlah (ton)	Jenis	Jumlah/ton Produksi	
1	Kain Katun	3.237.000	Padat	32 kg	103.584 ton
2	Kain Katun	3.237.000	Cair	317 m <sup>3</sup>	1.026 juta m <sup>3</sup>
			BOD	155 kg	501.735 ton
			SS	70 kg	226.590 ton
			TDS	205 kg	663.585 ton
3	Kain Rayon	14.266.000	Cair	42 m <sup>3</sup>	599 juta m <sup>3</sup>
			BOD	30 kg	427.980 ton
			COD	52 kg	741.832 ton
			SS	55 kg	784.630 ton
4	Kain Nylon	3.339.000	TDS	100 kg	1,42 juta ton
			Cair	125 m <sup>3</sup>	417 juta m <sup>3</sup>
			BOD	45 kg	150.255 ton
			COD	78 kg	260.442 ton
5	Kain Acrylic	2.205.000	SS	30 kg	100.170 ton
			TDS	100 kg	333.900 ton
			Cair	210 m <sup>3</sup>	463 juta m <sup>3</sup>
			BOD	125 kg	275.625 ton
6	Kain Polyester	1.321.000	COD	216 kg	476.280 ton
			SS	87 kg	191.835 ton
			TDS	100 kg	220.050 ton
			Cair	100 m <sup>3</sup>	132 juta m <sup>3</sup>
			BOD	185 kg	244.385 ton
			COD	320 kg	422.720 ton
			SS	95 kg	125.495 ton
			TDS	150 kg	198.150 ton

Sumber : \*) NKLHD Jawa Barat-2006

\*\*) Status LHD Kota Bogor-2006

Keterangan :

<sup>\*)</sup> Baku mutu (kadar maksimum) yang diperkenankan untuk BOD = 75 mg/liter, COD = 100 mg/liter, SS = 50 mg/liter, dan debit limbah maksimum industri tekstil terpadu = 125 kg/ton produk tekstil.

Dari buku status LHD Kota Bogor-2006 dan NKLHD Jawa Barat-2006 terlihat banyak pabrik tekstil yang melakukan pencemaran lingkungan, data lingkungan yang dicemari dan parameter pencemar dijelaskan pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Pabrik Tekstil di Jawa Barat yang Melakukan Pencemaran, 2005

No.	Nama Perusahaan	Lokasi Pabrik	Jenis Produk	Sungai yang Dicemari	Pencemar yang melebihi Baku Mutu
1	PT. XXX *)	Purwakarta Jawa Barat	Serat tekstil	Citarum Ruas Nanjung-Waduk Saguling	BOD, COD dan TSS
2	PT. YYY *)	Purwakarta Jawa Barat	benang dan kain jadi	Citarum Ruas Nanjung-Waduk Saguling	BOD, COD dan TSS
3	PT. ZZZ **)	Kel. Sukasari Bogor	Benang jahit	Ciliwung Ruas Sukasari	Fe, Pb, Cd, Zn dan Cu
4	PT. XYZ **)	Kel. Kedung Halang Bogor	Kain jadi	Ciliwung Ruas Kedung Halang	BOD dan COD
5	PT. PQR **)	Kel. Cibuluh Bogor	Pakaian jadi	Cipangi Ruas Cibuluh	BOD, COD dan TSS

Sumber : \*) NKLHD Jawa Barat-2006

\*\*\*) Status LHD Kota Bogor-2006

Dari buku NKLD Kota Tangerang-2006 diperoleh data kualitas air limbah pabrik tekstil sebagai berikut.

**Tabel 2.3.** Kualitas Air Limbah Pabrik Tekstil di Tangerang

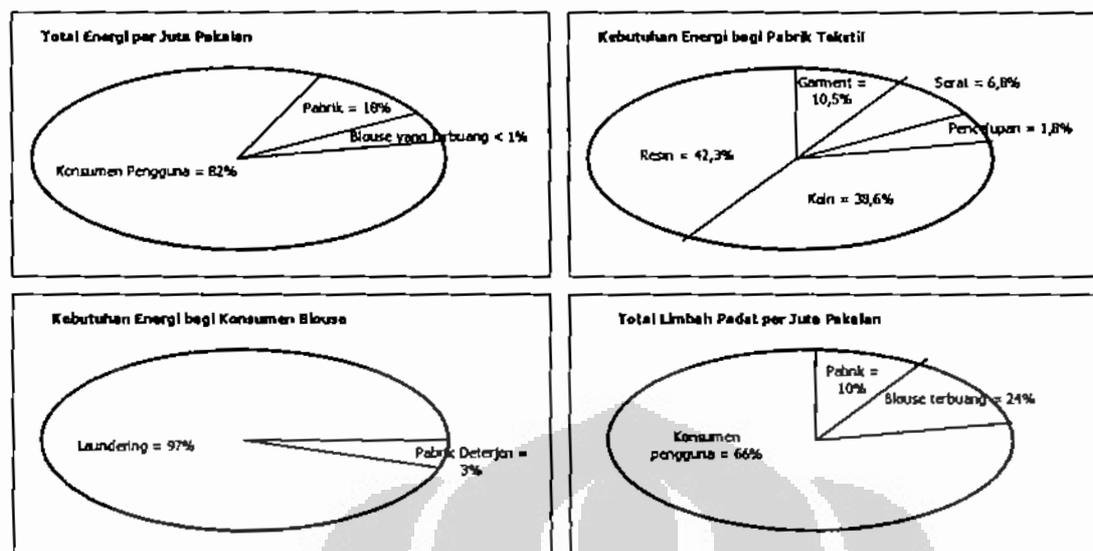
No.	Parameter	Satuan	Kadar maksimum *)	Hasil Pemeriksaan di Pabrik Tekstil	
				PT. XX	PT. YY
1	BOD	mg/l	60	183,6	44,2
2	COD	mg/l	150	524,6	146,9
3	Zat padat tersuspensi	mg/l	50	314	61
4	Fenol total	mg/l	0,5	0,483	<0,002
5	Kromium total	mg/l	1,0	<0,02	<0,02
6	Amonia total	mg/l	8,0	10,88	0,54
7	Sulfida	mg/l	0,3	2,553	<0,002
8	Minyak dan lemak	mg/l	3,0	16	3
9	pH	-	6,0-9,0	7,5	8,4

Sumber : Laporan Pemantauan dan Pemeriksaan Kualitas Cisdane, Kali Mookevert dan Kali Sabi di Kota Tangerang 2006

Keterangan : \*) Kep-51/MENLH/10/1995-lampiran B-IX Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Tekstil.

Dari **Tabel 2.3** di atas terlihat bahwa hampir seluruh parameter pencemar (kecuali parameter pH dan Kromium Total) dari limbah cair pabrik tekstil PT. XX yang memproduksi tekstil pakaian dalam merek ternama tersebut berada di atas baku mutu yang ditetapkan oleh peraturan. Sedangkan pada pabrik tekstil PT. YY terlihat bahwa terdapat parameter pencemar Zat Padat Tersuspensi dari limbah cairnya berada di atas baku mutu yang ditetapkan oleh peraturan.

Suatu penelitian terhadap interaksi baju Blus (*Blouse*) berbahan Polyester terhadap lingkungan telah dilakukan oleh *Franklin Associate for the American Fiber Manufacturer Association* (Graedel, 1995:257-259).



**Gambar 2.13** Konsumsi Energi dan Keluaran Limbah pada Daur Tekstil Blouse  
Sumber: Graedel & Allenby (1995:258)

Hasil penelitian tersebut mengungkapkan tentang jumlah energi yang digunakan untuk setiap juta pakaian jenis blouse polyester, sejak diproduksi di pabrik sampai menjadi baju blus dan dipakai oleh konsumen, sampai berakhir menjadi sampah padat. Penggunaan energi pada manufaktur sebanyak 18%, konsumen sebanyak 82%, dan blus yang terbuang <1%. Penggunaan energi oleh konsumen pada waktu pakaian tersebut dicuci, dikeringkan, diseterika, hingga dipakai kembali, membutuhkan 97% energi, sedangkan sisanya 3% diperlukan oleh pabrik deterjen untuk memproduksi deterjen. Kesimpulan penelitian tersebut mengindikasikan bahwa konsumsi materi dan energi terbesar berada pada pihak konsumen, demikian pula dengan total limbah padat yang terbentuk lebih banyak dikontribusi oleh pihak konsumen. Energi yang digunakan oleh manufaktur kurang dari seperempat jumlah energi yang diperlukan oleh konsumen pemakai baju blus polyester.

Menurut Reda (2002) bahwa hampir seluruh material tekstil jenis sintetik berpotensi mencemari lingkungan dalam bentuk sampah padat dan cair. Dijelaskan bahwa mulai bahan baku tekstil berupa serat dan filamen sintetik diolah mejadi benang, kain dan tekstil sebagai pakaian atau tekstil dan produk tekstil (TPT) kesemuanya dipastikan menjadi bahan pencemar lingkungan. Hal ini terjadi karena tidak satupun ditemukan teknologi atau metode yang dapat mendaur ulang pakaian bekas ataupun tekstil bekas

menjadi produk yang bermanfaat. Sehingga dapat diprediksi besaran limbah padat yang berasal dari proses produksi dan penggunaan TPT oleh konsumen setara dengan massa material bahan baku yang digunakan oleh industri tekstil. Artinya, jika industri tekstil memproduksi tekstil jenis bahan baku sintetis sebesar 10 ton/hari, maka akan timbul cikal bakal sampah padat sebanyak 10 ton/hari. Kondisi ini akan lebih diperburuk oleh perilaku konsumen dalam membeli pakaian serta perilaku industri menanggapi permintaan konsumen tersebut bila berujung pada penggunaan material sintetis dibanding material alami.

## 2.7. Hasil-Hasil Penelitian dan Pengertian Ekoefisiensi

*Eco-efficiency* terdiri dari dua suku kata *eco* dan *efficiency*. Kata *eco* merupakan singkatan dari kata *ecology*, dan *ecology* berasal dari bahasa Yunani; *oikos* yang berarti rumah atau tempat untuk hidup, dan *logos* berarti ilmu atau pengetahuan (Ernst Haeckel pakar biologi Jerman 1869). Semula ekologi diartikan sebagai ilmu yang mempelajari organisme di tempat tinggalnya, kemudian setelah ilmu ini berkembang maka ekologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara organisme atau kelompok organisme dengan lingkungannya. Sekarang ekologi lebih dikenal sebagai ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi dari alam (Subagja 2001:1.2). Sedangkan *efficiency* berarti daya guna atau ketepatan dalam proses pemanfaatan suatu sumber daya. Kedua suku kata *ecology* dan *efficiency* digabung menjadi istilah populer dalam dunia ilmu pengetahuan lingkungan sebagai *eco-efficiency*, dan dalam beberapa literatur para pakar menulisnya sebagai ekoefisiensi atau efisiensi ekologi.

Konsep ekoefisiensi pertama kali muncul ke gelanggang publik tercatat sejak tahun 1992. Badan usaha atau organisasi bisnis yang mengaplikasikan konsep ekoefisiensi pada waktu itu diantaranya adalah WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*) dan UNEP (*United Nations Environment Programs*). WBCS dan UNEP menyebarkan pegalamannya ke seluruh dunia dan kemudian pihak pemerintah bekerjasama dengan pihak swasta untuk menerapkannya dalam berbagai kebijakan yang dikeluarkan (DeSimone, 2000:238).

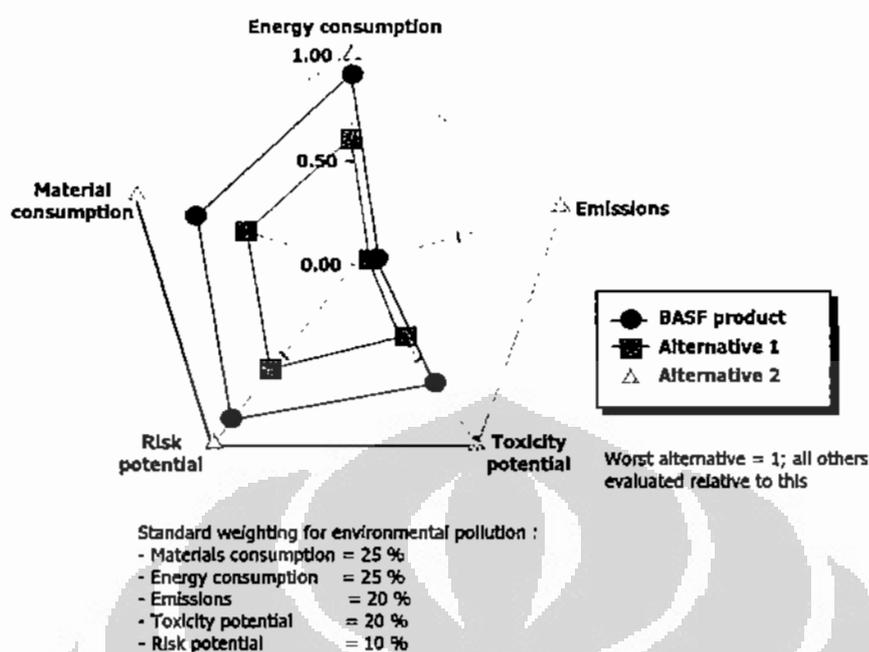
Hasil penelitian dan pengertian keefisiensi yang diungkapkan oleh para pakar dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Stephen Schmidheiny (1992), mendefinisikan "*Eco-Efficiency*" sebagai suatu upaya untuk memproduksi barang dan atau jasa secara lebih bermanfaat, dan secara kontinyu berusaha mereduksi konsumsi sumber daya dan pencemaran.
2. Fiksel (1996), mendefinisikan *eco-efficiency* sebagai suatu upaya manajemen perusahaan untuk mempertemukan aspek biaya produksi, kualitas produk, dan performa tujuan perusahaan, meminimumkan kerugian lingkungan, menggunakan material yang bersifat *renewable* serta memaksimalkan konservasi sumber daya alam dan lingkungan.
3. Enger and Smith (1997), mendefinisikan *renewable resource* sebagai sumber alam yang dapat diperbarui seperti; tenaga angin, sesuatu yang dapat diganti, diregenerasi, atau sesuatu yang dapat disimpan selama ia digunakan.
4. Clapham (1973), menyatakan bahwa metode yang memungkinkan untuk memperbandingkan persentase perpindahan energi dari suatu tingkat trofik ke trofik lain adalah menggunakan efisiensi ekologi (*gross ecological efficiency*).
5. Miller, G. Tyler, (2002.G7) menyatakan bahwa efisiensi material merupakan total jumlah material yang dibutuhkan untuk memproduksi setiap unit produk. Efisiensi energi adalah persentase total energi *input* yang digunakan untuk bekerja dan yang tidak dapat dikonversi menjadi kualitas rendah, pada umumnya merupakan panas yang tidak dimanfaatkan dalam suatu proses kegiatan (G4). Miller sependapat dengan Clapham bahwa persentase perpindahan energi yang dapat digunakan sebagai biomasa dari tingkat tropik satu ke tingkat tropik lainnya disebut sebagai efisiensi ekologi, (Miller, 2002:41-42). Sumber daya (*resources*) adalah segala sesuatu yang didapatkan dari lingkungan hidup untuk memenuhi kebutuhan manusia. Sumberdaya yang ada di lingkungan pabrik tekstil dapat dimanfaatkan pabrik untuk memproduksi, lingkungan tidak hanya berarti disekitar lokasi pabrik tetapi lingkungan dalam arti luas dimana sumberdaya alam sebagai bahan baku itu diambil dan dimanfaatkannya.
6. Charles O. Holliday and Friends, 2002. (*Walking the Talk*, Greenleaf Publishing Ltd.) dalam Salim (2003:10) menyatakan bahwa terdapat empat aspek kajian dalam keefisiensi meliputi :

- a. Dematerialisasi dengan cara mendisain sistem proses produksi yang menghindari penggunaan material secara berlebihan, ataupun menciptakan produk baru yang hemat material.
  - b. Menciptakan sistem produksi bersiklus tertutup (*production loop closure*), dimana setiap *output* dikembalikan ke dalam sistem alam sebagai nutrisi atau dijadikan material *input* pada pabrik yang menghasilkan produk berbeda.
  - c. Peningkatan pelayanan (*service extension*) dan merespon kebutuhan pelanggan.
  - d. Peningkatan fungsi dan manfaat barang (*functional extension*) dengan cara menciptakan produk baru yang memiliki nilai fungsi dan manfaat produk yang tinggi.
7. Livio Desimone dan Popoff (2000:1) mendefinisikan pabrik yang ekoefisien adalah suatu pabrik yang mampu beroperasi dan memproduksi dengan prinsip : a) bersih lingkungan, b) mereduksi dan mengeliminasi limbah serta risiko pada produk dan proses, c) menghemat biaya, memperbaiki mutu produk, d) menyelamatkan manusia dan lingkungan, e) memperbaiki pangsa pasar, dan f) selalu melihat solusi bersih yaitu: *cleaner and greener solution*. Selanjutnya DeSimone menjelaskan bahwa ukuran ekoefisiensi yang sesungguhnya (*the true eco-efficiency measures*) memperlihatkan seberapa besar output yang diperoleh dari suatu *input* bahan baku yang diberikan atau efek lingkungan yang diberikan.
8. Earling Lorentzen (2000 dalam DeSimone), *Chairman of Aracruz Cellulose* menyatakan bahwa disiplin ekoefisiensi dimaksudkan sebagai usaha secara terus menerus mencari produktivitas yang lebih tinggi dalam pemanfaatan sumber daya alam.
9. Mukerji, Sitoo,. (1998:34) menyebutkan bahwa kebijakan penerapan teknologi masa depan harus dilandasi dengan prinsip-prinsip ekoefisiensi dalam proses produksi. Ekoefisiensi merupakan filsafat manajemen yang dirancang (*management philosophy designed*) untuk mendorong usaha menjadi lebih kompetitif, lebih inovatif dan lebih bertanggungjawab terhadap lingkungan hidup. Konsep ekoefisiensi dapat menjembatani kepentingan dunia bisnis dan kepentingan lingkungan hidup secara baik melalui visi: menghasilkan produk barang yang lebih banyak dari suatu bahan baku yang jumlahnya sedikit (*produce*

*more from less*). Jembatan tersebut merupakan tujuan yang ingin dicapai oleh dunia usaha yang sukses dengan lingkungan yang baik, serta memberikan manfaat social dan keuntungan komersil yang terukur (*measurable commercial and social benefits*).

10. Tadahiro Sekimoto (2000 dalam DeSimone), *chairman of the board of NEC Corporation* menyatakan bahwa ekoefisiensi dapat dicapai dengan cara pemanfaatan secara penuh kemampuan teknologi yang ada.
11. Björn Stigson (2000 dalam DeSimone), *chairman of Eskom* menyatakan bahwa ekoefisiensi dapat dicapai dengan cara; hemat energi dan bertanggungjawab terhadap lingkungan.
12. Waeber (2001) mendefinisikan ekoefisiensi sebagai pemanfaatan material bahan baku secara berkelanjutan seperti; kanji jagung untuk dijadikan material bahan baku pengganti serat-serat kimia, yang produknya dapat didaur ulang sampai manfaatnya berakhir dan selanjutnya material produk dikembalikan lagi ke lingkungan alam. *Eco-efficiency* dengan simbol tanda biru (*bluesign*) merupakan gambaran hubungan antara keseluruhan pengeluaran atas alam atau sumber daya alam dengan keuntungan yang diperoleh secara spesifik dari setiap unit pelayanan yang diberikan oleh alam tersebut. Disebutkan pula bahwa ecology dan *high-tech* tidak saling bertentangan, sebaliknya perusahaan industri harus bertanggungjawab terhadap kehidupan generasi masa depan dengan menggunakan teknologi yang lebih modern.
13. BASF (2000) menggunakan analisis ekoefisiensi (*ecoeficiency analysis*) dalam menilai daur hidup suatu produk (*life cycle of a product*), yaitu dengan menerapkan model *ecological fingerprint*. Model ini digunakan untuk mengukur ekoefisiensi proses pewarnaan tekstil *Blue Jeans* yang menggunakan zat pewarna indigo. Ukuran ekoefisiensi yang dipakai meliputi; konsumsi material, konsumsi energi, emisi yang dikeluarkan, potensi racun dan risiko.



**Gambar 2.14** *Ekological Fingerprint by BASF*

Sumber: BASF. 2000. *The BASF Ecoefficiency Analysis*

**Gambar 2.14** *Ekological Fingerprint* memperlihatkan hasil penelitian BASF terhadap lima parameter keefisiensi proses pewarnaan benang lusi untuk memproduksi tekstil *blue jeans* yaitu; (1) konsumsi material bahan baku, (2) konsumsi energi, (3) emisi yang ditimbulkan (terhadap udara, air dan tanah), (4) potensi toksik dan (5) potensi risiko. Penilaian keefisiensi proses produksi didasarkan atas standar beban pencemaran lingkungan (*standard weighting environment pollution*) yaitu; konsumsi material (25%), konsumsi energi (25%), emisi (20%), potensi toksik (20%) dan potensi risiko (10%). Penetapan standar beban pencemaran lingkungan didasarkan atas proporsi dampak lingkungan yang ditimbulkan secara spesifik di lingkungan kawasan industri secara umum.

14. Falkman (2002), melihat keefisiensi sebagai; memproduksi barang tanpa limbah, lebih banyak limbah yang dapat di *reuse/recycled*, dan perusahaan menitik beratkan perhatian pada konservasi energi dan sumber daya alam.
15. Wikipedia (2002:2), menyebutkan bahwa konsep keefisiensi dapat dilakukan oleh industri dengan melaksanakan konsep 'produksi bersih' yang meliputi penggunaan bahan baku produksi secara efisien, mencegah pencemaran, mereduksi limbah,

melakukan daur ulang material dan memanfaatkan kembali material sisa selama proses produksi.

16. Menurut WBCSD dan UNDP dalam Stephan Schmidheiny (1992:8), bahwa keefisiensi (*eco-efficiency*) dapat dikaji dari isu efisiensi ekonomi (*economic efficiency*) yang memiliki manfaat terhadap lingkungan (*positive environmental benefits*), sedangkan produksi bersih (*cleaner production*) dibahas melalui isu efisiensi lingkungan (*environmental efficiency*) yang memberikan manfaat ekonomi (*positive economic benefits*).
17. Jan Strömblad (1996:4) mendefinisikan keefisiensi sebagai suatu usaha perusahaan untuk membuat produk (*production*) yang berusia tahan lama (*products have very long lifetimes*), perusahaan mencoba untuk mengembangkan produksi dengan efisiensi tinggi dan dampak lingkungan yang minimum. Menurut Strömblad bahwa peningkatan efisiensi ekologi dapat dicapai melalui penggunaan sistem teknologi transmisi bertegangan tinggi. Dengan memperbaiki sistem dan teknologi transmisi yang ada di Negara berkembang maka teknologi ini mampu mereduksi energy lost mencapai lebih dari 50% dibanding yang terjadi pada sistem pendingin AC. Dalam hal sistem distribusi listrik dunia, Strömblad menilai bahwa telah terjadi penghamburan energi listrik (*energy lost*) berkisar antara 5 sampai 10%, sedangkan pada kegiatan industri yang tergolong buruk keefisiensinya adalah bila *energy lost* mencapai lebih dari 30%.
18. Scaltegger (2002:1) mendefinisikan keefisiensi sebagai rasio antara nilai tambah yang diperoleh dari sisi ekonomi dengan nilai tambah yang diperoleh dari sisi fisik. Lebih lanjut dikatakan bahwa keefisiensi merupakan strategi yang menggabungkan konsep efisiensi ekonomi berdasarkan prinsip efisiensi penggunaan sumber daya alam. Ekoefisiensi sebagai suatu strategi yang menghasilkan suatu produk dengan kinerja yang lebih baik, dengan menggunakan sedikit material dan sedikit energi.
19. Graedel (1996:293) menyebutkan enam alasan mengapa industri produk dan jasa melaksanakan konsep keefisiensi industri, yaitu:
  - a. Konsumen menghendaki produk-produk bersih lingkungan (*cleaner product*);
  - b. Regulasi di bidang lingkungan (di seluruh dunia) semakin hari semakin ketat;

- c. Pasar tenaga kerja berkualitas (*professionals*) cenderung memilih industri yang bertanggungjawab terhadap lingkungan;
- d. Dunia perbankan lebih memprioritaskan pemberian pinjaman modal kepada industri yang mampu mencegah polusi (*green banking system*);
- e. Perusahaan-perusahaan penjamin (*insurance companies*) lebih condong menjamin industri yang bertanggungjawab terhadap lingkungan;
- f. Adanya instrumen ekonomi baru seperti keringanan pajak (*taxes*), ongkos-ongkos (*charges*), dan kemudahan izin pemasaran (*tradeable permit*) bagi industri yang bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Formula *eco-efficiency* menurut Josep Fiksel (1996:85) meliputi 3 M yang merupakan singkatan dari tiga suku kata; *material waste*, *material product*, dan *material by-product*. Formula ini telah dikembangkan menjadi ukuran *eco-efficiency* yang dihitung sebagai rasio limbah (*waste ratio*) yang dapat digunakan sepenuhnya pada semua fasilitas manufaktur. Penghitungan keefisiensi pada manufaktur adalah sebagai berikut ;

$$\text{Waste ratio} = \frac{\text{waste}}{\text{product} + \text{by-product} + \text{waste}}$$

Contoh penerapan penghitungan keefisiensi adalah sebagai berikut:

Sebanyak 100 kg kapas dipintal (*spinning*) menjadi 80 kg benang (*material product*), dan waste sebesar 20 kg. Apabila waste mampu didaur ulang mejadi 10 kg benang (*material by-product*) maka *waste* yang tersisa adalah sebanyak 20 kg – 10 kg = 10 kg (*material waste*).

Dengan menggunakan formula 3 M yang dikemukakan Fiksel maka *waste ratio* pada proses *spinning* adalah sebesar 10% yaitu:

$$\text{Waste ratio} = \frac{10\text{kg}}{80\text{kg} + 10\text{kg} + 10\text{kg}} = 10\%$$

Apabila 100 kg kapas tersebut diolah tetap menjadi 80 kg benang (*material product*) dan besaran waste tetap sebesar 20 kg serta waste mampu didaur ulang mejadi 15 kg benang (*material by-product*), maka waste yang tersisa adalah sebanyak 20 kg – 15 kg = 5 kg (*material waste*) sehingga waste ratio menjadi 5%. Dari contoh aplikasi formula 3M seperti tersebut di atas, maka semakin rendah nilai

*material waste ratio* atau semakin maksimal pemanfaatan material bahan baku kapas menjadi produk benang (*material product*) melalui proses daur ulang, sehingga nilai ekoefisiensi yang dihasilkan semakin tinggi.

20. Lebih lanjut Clapham (1973:29) menyatakan rasio atau perbandingan antara laju aliran energi pada berbagai mata-rantai dalam rantai makanan disebut sebagai efisiensi ekologi.

Penelusuran terhadap konsep piramida energi dapat digunakan untuk menghitung efisiensi ekologis tersebut.

$$\text{Efisiensi Ekologi} = \frac{P_n}{I_n}$$

$P_n$  = Energi yang mengalir pada aras  $n+1$

$I_n$  = Energi yang ditelan pada aras  $n$

Efisiensi ekologi pada aras trofik yang lebih tinggi umumnya lebih tinggi dibanding pada aras yang rendah, hal ini berarti bahwa organisme yang menempati aras trofik yang lebih tinggi akan semakin efisien menangkap atau memperoleh energi. Padahal kita ketahui bahwa; organisme yang menempati aras trofik yang lebih tinggi, energi makanan yang tersedia justru lebih kecil. Ini berarti bahwa hewan karnivora lebih efisien dalam menangkap energi bila dibandingkan dengan hewan herbivora.

Dewan Pebisnis untuk Pembangunan Berkelanjutan (*the Business Council on Sustainable Development = BCSD*) pada tahun 1992 telah mendeklarasikan tekad untuk melakukan perubahan (*Changing Course*) ke arah konsep ekoefisiensi yang dianggap penting keterkaitan antara efisiensi sumber daya (produktivitas dan keuntungan) dengan tanggung jawab pengusaha terhadap lingkungan. Perusahaan-perusahaan akan mampu mencapai efisiensi yang tinggi bila ia mampu mencegah timbulnya polusi melalui *good house keeping*, yaitu; melakukan substitusi bahan baku, menggunakan teknologi bersih, dan produk bersih, serta berusaha keras untuk lebih efisien menggunakan sumber daya. Dalam operasional kegiatan industri dapat diterapkan tiga pendekatan yang biasa digunakan oleh BCSD untuk meningkatkan ekoefisiensi yaitu:

### 1. Proses Bersih

Meningkatkan keefisiensi dengan pendekatan proses bersih (*cleaner processes*) dapat dilakukan dengan cara melakukan modifikasi terhadap *proses* dan *teknologi*, maka perusahaan mampu menghasilkan produk tanpa pencemaran dan tanpa limbah. Pendekatan ini mengasumsikan bahwa definisi produk haruslah selalu tetap (produk tidak berubah-ubah). Pada industri tekstil dapat ditemui dalam pabrik pemintalan benang spun (*spun yarn*) berupa modifikasi terhadap sistem penyusunan bahan pada proses *carding* dengan peralatan *chute feeding system*. Pada pabrik pembuatan serat poliester, yang dahulu menggunakan bahan baku cairan *dimethyl terephthalate* (DMT) dan sekarang diganti dengan bubuk *pure terephthalic acid* (PTA). Pada penggunaan DMT karena bahan ini tergolong bahan berbahaya dan beracun (B3) dan sifatnya cair maka DMT ini berpotensi untuk tercecer di lantai dan mudah terbakar, sedangkan bila menggunakan PTA maka risiko terhadap lingkungan termasuk keselamatan manusia dapat diminimumkan.

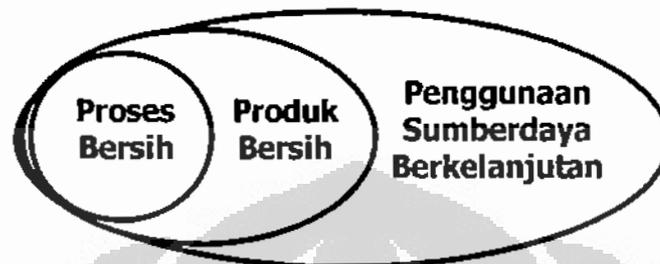
### 2. Produk Bersih (*cleaner products*)

Meningkatkan keefisiensi dengan pendekatan produk bersih (*cleaner product*) dapat dilakukan dengan cara memodifikasi *komposisi* material dan desain produk, maka perusahaan mampu memproduksi tanpa limbah dan pencemaran melalui daur hidup di luar sistemnya (*through-out their life cycle*). Contoh penerapan pada industri tekstil antara lain adalah menggunakan komposisi bahan baku tekstil jenis cotton dan rami ataupun rayon sebagai material yang mampu menjadi produk tekstil yang ramah lingkungan. Bila daur hidupnya dilakukan di dalam pabrik itu sendiri, maka pendekatannya harus melalui pengembangan proses bersih (*cleaner processes*) yaitu dengan melakukan perubahan-perubahan mendasar pada produk itu sendiri. Contoh penerapan pada industri tekstil antara lain adalah pada pabrik pemintalan yang menggunakan bahan baku tekstil berbentuk serat pendek (*short fiber*) sejenis yang menjadi limbah (*waste*) dapat didaur ulang pada mesin blowing untuk selanjutnya diolah kembali menjadi benang yang berkualitas lebih rendah.

### 3. Pemanfaatan Sumber Daya Secara Berkelanjutan

Dengan cara melakukan modifikasi terhadap sistem secara keseluruhan termasuk hubungannya dengan pemasok dan pelanggan, sehingga setiap unit produksi yang dihasilkan hanya menggunakan sedikit energi dan sedikit materi. Dengan demikian untuk mereduksi limbah dan pencemaran dapat dicapai dengan cara mereduksi

jumlah penggunaan sumber daya. Pendekatan pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan ini dapat dipastikan menerapkan sistem produksi bersih dan produk bersih dengan cara melakukan inovasi terhadap teknologi dan ekonomi yang sering disebut sebagai *industrial ecology*.



**Gambar 2.15** Pendekatan untuk Mencapai Ekoefisiensi

Sumber: Fiksel, 1996.

Di dalam proses produksi terdapat proses perpindahan energi dari suatu mesin ke mesin lainnya dalam bentuk materi atau bahan baku, sehingga bahan baku yang memiliki energi juga dapat dihitung aspek efisiensi ekologisnya. Dengan demikian maka ekoefisiensi dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara materi dan energi yang terpakai (*input*) dengan materi dan energi yang dihasilkan dalam bentuk produk (*output*).

Menurut Fiksel (1996:55-82) masalah-masalah lingkungan industri secara spesifik direfleksikan dengan mengukur variabel ekoefisiensi (*eco-efficiency metric*) atau pengukuran performa lingkungan industri. Pengukuran ekoefisiensi ini telah banyak digunakan di berbagai industri dan diadopsi oleh program *eco-labeling* di Eropa dan Amerika. Tipe-tipe pengukuran ekoefisiensi yang digunakan oleh Fiksel (1996:81-82) antara lain:

1. Pengukuran penggunaan zat toksik, dengan satuan total kilogram larutan untuk setiap unit produksi (kg/unit);
2. Pengukuran pemanfaatan sumber daya, dengan satuan total energi yang dikonsumsi untuk setiap daur hidup produk (*joule/life cycle*);
3. Pengukuran emisi lingkungan, dengan satuan efek gas rumah kaca dan penipisan ozon yang dihasilkan per unit produksi ( $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3/\text{unit produk}$ );
4. Pengukuran minimisasi limbah, dengan satuan persen pemulihan bahan pada akhir masa hidup produk (% pemulihan bahan);

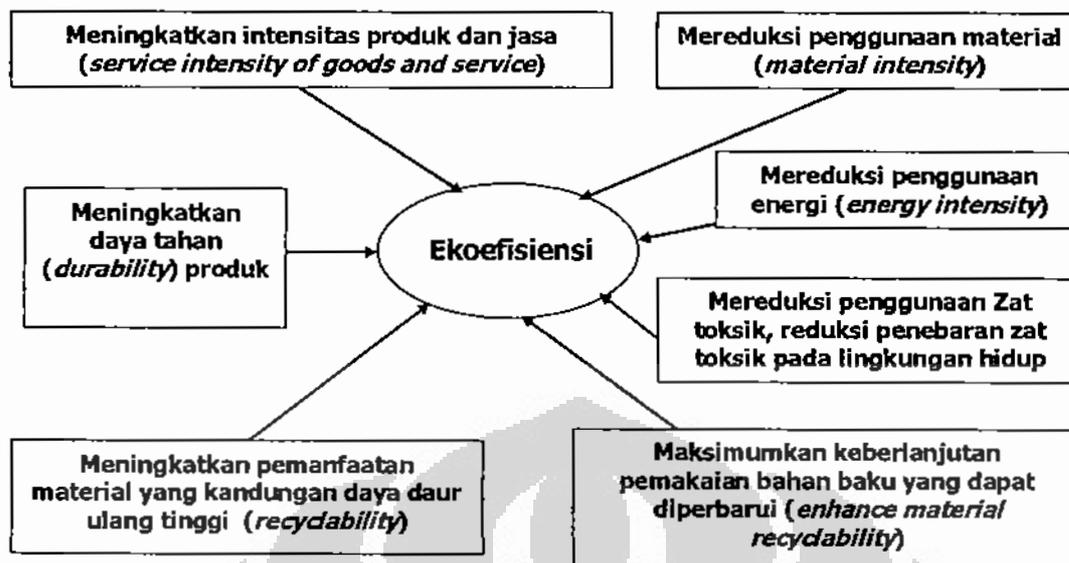
5. Jumlah air (*fresh water*) yang dikonsumsi pabrik;
6. Total limbah yang dihasilkan selama proses produksi;
7. Fraksi pembungkus produk yang mampu didaur ulang (%).

Menurut Charles O. Holliday and Friends, dalam Salim (2003:10) terdapat empat aspek kajian dalam keefisiensi yaitu :

1. Dematerialisasi dengan mendisain sistem proses produksi yang menghindari penggunaan material secara berlebihan, ataupun menciptakan produk baru yang hemat material;
2. Menciptakan sistem produksi bersiklus tertutup (*production loop closure*), dimana setiap *output* dikembalikan ke dalam sistem alam sebagai nutrisi atau dijadikan material *input* pada pabrik yang menghasilkan produk berbeda;
3. Peningkatan pelayanan (*service extention*) dan merespon kebutuhan pelanggan;
4. Peningkatan fungsi dan manfaat barang (*functional extension*) dengan cara menciptakan produk baru yang memiliki fungsi dan manfaat produk yang tinggi.

Terkait dengan dimensi keefisiensi industri, DeSimone and Popoff (2000:56-78) dan WBCSD (2002:4) sependapat menyatakan bahwa terdapat tujuh dimensi keefisiensi industri yang dapat dilakukan dalam berbagai industri yaitu:

1. Melakukan reduksi terhadap intensitas penggunaan energi;
2. Meningkatkan daya tahan (*durability*) produk;
3. mereduksi penggunaan material (*material intensity*);
4. Memaksimalkan keberlanjutan pemakaian bahan baku yang dapat diperbarui (*renewable resources*);
5. Mereduksi penggunaan zat toksik dan mereduksi penyebaran zat toksik pada lingkungan;
6. Meningkatkan intensitas layanan produk (*service intensity*) pada konsumen;
7. Meningkatkan pemanfaatan material yang memiliki kandungan daya daur ulang tinggi (*recyclability*).



**Gambar 2.16** Tujuh Ukuran Ekoefisiensi menurut DeSimone dan Popoff

Sumber: DeSimone & Popoff (2000) dimodifikasi penulis

Selanjutnya menurut DeSimone and Popoff menyebutkan bahwa empat pertanyaan yang mendasar dan relevan untuk mengidentifikasi faktor ekoefisiensi pada aktivitas kegiatan industri tekstil adalah:

1. Aspek material; apakah bahan baku yang ada dapat diproses atau diproduksi dalam jumlah minimum untuk memproduksi produk barang yang sama ?; dan apakah dapat dilakukan reduksi penggunaan air ?
2. Aspek energi; apakah efisiensi penggunaan energi yang tinggi dapat ditingkatkan ?
3. Aspek zat toksik; dapatkah industri meminimumkan penggunaan zat yang bersifat toksik selama proses produksinya ?
4. Aspek kemampuan mendaur ulang limbah; apakah limbah bahan baku produksi dan hasil proses produksi dapat didaur ulang ?

EPA (2004:6-10) menyatakan bahwa terdapat sepuluh cara yang dapat dilakukan oleh industri untuk meningkatkan ekoefisiensi industri yaitu:

1. Menerapkan produksi bersih (*cleaner production*) yang berupaya sedini mungkin melakukan tindakan mengeliminasi dan mereduksi polutan pada proses industri. Caranya adalah dengan menggunakan material yang berkualitas, melakukan

- modifikasi proses, mengoptimalkan penggunaan materi dan energi serta melakukan proses daur ulang dan pemulihan terhadap material sisa di dalam proses produksi (*on-site recovery and recycling*);
2. Melaksanakan sistem manajemen lingkungan yang baik bagi industri yang kegiatannya memiliki risiko terhadap lingkungan;
  3. Melakukan audit lingkungan;
  4. Membuat laporan lingkungan untuk public yang meliputi dampak kegiatan terhadap lingkungan, kinerja industri dan lingkungan;
  5. Mendisain lingkungan sedemikian rupa yang merinci upaya untuk mereduksi dampak lingkungan dari kegiatan produksi maupun produk yang dihasilkan (produk tidak membahayakan konsumen);
  6. Menghasilkan produk yang mampu bersaing (*product stewardship*) yang dapat dipertanggungjawabkan melalui dampak lingkungan yang diberikan oleh produk;
  7. Melakukan penilaian terhadap daur hidup produk (*life cycle assessment*) mulai dari ekstraksi bahan, proses produksi, distribusi produk, penggunaan produk oleh konsumen sampai produk tersebut menjadi sampah;
  8. Melakukan pengelolaan terhadap mata rantai pasokan material bahan baku, proses produksi sampai penyaluran produk ke konsumen;
  9. Melakukan akunting lingkungan (*environmental accounting*) yang meliputi penghitungan terhadap biaya lingkungan atas pengoperasian perusahaan seperti biaya jaminan risiko lingkungan, biaya pengolahan dan pembuangan limbah;
  10. Melaksanakan *ecological footprint*, yaitu mendesain estimasi dampak aktivitas industri terhadap system ekologi. Bagi kegiatan usaha, merupakan jumlah total produktivitas tanah dan air yang secara ekologi dapat menghasilkan seluruh sumber yang dikonsumsi dan mengasimilasi limbah yang dihasilkan oleh kegiatan usaha tersebut.

Untuk memformulasikan rumusan keefisiensi (rumusan yang memperhatikan aspek ekologi) kegiatan pabrik tekstil maka para ahli memberikan nilai secara kualitatif kepada setiap komponen materi dan energi yang dipakai industri selama proses produksi. Pendapat pakar yang dapat dijadikan dasar untuk menilai keefisiensi industri secara histories disajikan dalam matriks **Tabel 2.4** berikut.

**Tabel 2.4** Matriks Teori yang Mendasari Penetapan Tolok Ukur Ekoefisiensi

No.	Teori	Publikasi	Tolok Ukur Ekoefisien Secara Kualitatif
1	Clapham	1973	<i>semakin tinggi persen energi yang dimanfaatkan semakin tinggi nilai ekoefisiensi.</i>
2	Stephen Schmidheiny	1992	<i>mereduksi konsumsi sumberdaya dan pencemaran</i>
3	WBCSD	1992	<i>mereduksi intensitas material dan energi dalam produksi, memaksimalkan penggunaan sumberdaya terbarukan</i>
4	Jan Strömblad	1996	<i>efisiensi tinggi dan dampak lingkungan yang minimum</i>
5	Graedel	1996	<i>produk yang bersih lingkungan, industri yang bertanggungjawab terhadap lingkungan, industri yang mampu mencegah polusi, dan bertanggungjawab terhadap lingkungan</i>
6	Fiksel	1996	<i>menekan biaya produksi, meminimumkan kerugian lingkungan, menggunakan material yang bersifat dapat diperbarui, dan limbah</i>
7	Lowe	1996	<i>efisiensi materi dan energi dalam pemanfaatan, pemrosesan dan daur ulang akan memberikan keunggulan kompetitif dan manfaat ekonomi yang besar bagi industri</i>
8	Mukerji	1998	<i>Bertanggungjawab terhadap lingkungan hidup</i>
9	Waeber	2001	<i>pemanfaatan material bahan baku secara berkelanjutan dan tidak merusak alam</i>
10	Miller, G	2002	<i>efisien menggunakan energi</i>
11	Charles O. Holliday and Friends	2002	<i>dematerialisasi, hemat material. Peningkatan fungsi dan manfaat produk yang tinggi</i>
12	Livio Desimone and Popoff	2000	<i>prinsip bersih lingkungan. Mereduksi, mengeliminasi limbah dan risiko pada produk dan proses, menghemat biaya dan cleaner and greener solution</i>
13	Earling Lorentzen	2002	<i>produktivitas yang tinggi dalam pemanfaatan sumberdaya alam</i>
14	Scaltegger	2002	<i>menghasilkan suatu produk dengan kinerja yang lebih baik, dengan menggunakan sedikit material dan sedikit energi.</i>
15	Tadahiro Sekimoto	2002	<i>berproduksi dengan pemanfaatan utilitas secara penuh</i>
16	Björn Stigson	2002	<i>hemat energi dan bertanggungjawab terhadap lingkungan</i>
17	Ed. Falkman	2002	<i>produksi tanpa limbah, konservasi energi dan sumberdaya alam</i>
18	Wikipedia	2002	<i>melaksanakan konsep produksi bersih; penggunaan bahan baku produksi secara efisien, mencegah pencemaran, mereduksi limbah, melakukan daur ulang material dan memanfaatkan kembali material sisa selama proses produksi.</i>
19	EPA	2004	<i>melaksanakan produksi bersih, eliminasi dan reduksi polutan pada proses industri, mengoptimalkan penggunaan energi dan bahan baku</i>

Sumber: Dirangkuman dari Berbagai Buku/Literatur.

Bedasarkan pendapat pakar tersebut di atas maka penulis menyimpulkan dan mendefinisikan kata "*ekoefisiensi*" secara umum sebagai daya guna atau efisiensi pemanfaatan sumber daya alam, baik secara ekologi maupun secara ekonomi (efisien ekologi dan ekonomis). Secara khusus definisi untuk "*ekoefisiensi pabrik tekstil*" adalah sebagai "*efisiensi pemanfaatan sumberdaya alam (materi dan energi) oleh kegiatan pabrik tekstil dan efisien secara ekonomi*".

Secara operasional, efisien secara ekologi dapat dihitung dari nisbah antara besaran sumber daya alam yang menimbulkan manfaat secara ekologi dengan jumlah sumber daya alam yang diambil dari alam. Manfaat ekologi dapat dihitung dan diukur dari keberlanjutan sumber daya alam dan lingkungan atau dengan menghitung dampak pencemaran yang ditimbulkan oleh akibat penggunaan sumber daya alam itu sendiri. Efisien secara ekonomi dapat dihitung dari nisbah antara harga sumber daya alam yang menimbulkan manfaat secara ekonomi dengan harga sumber daya alam yang diambil dari alam.

## **2.8. Ekolabel Pada Tekstil dan Produk Tekstil**

Pada tahun 1992 masyarakat Uni Eropa membuat peraturan tentang ecolabel untuk tekstil dan produk tekstil (TPT). Tujuan penerapan ecolabel adalah untuk membantu konsumen Uni Eropa agar mereka dapat mengidentifikasi TPT yang tidak membahayakan lingkungan sepanjang daur hidupnya (Hyvärinen 2004:1). Ecolabel yang dibentuk mengacu pada standard Öko-tex 100 dan Öko-tex 1000 yang ditetapkan oleh masyarakat Uni Eropa (konsorsium badan pengujian dari Jerman, Austria dan Swiss) atau dengan sebutan lain sebagai Eco-tex (INA 2006:58). Standard Öko-tex 100 mengatur batasan dan toleransi yang memastikan bahwa suatu TPT yang diproduksi oleh pabrik tekstil tidak mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Sedangkan standard Öko-tex 1000 adalah standard untuk menilai kinerja pabrik tekstil yang berkaitan dengan lingkungan hidup. Label Öko-tex ditetapkan oleh lembaga *International Association for Research and Testing* bidang ekologi tekstil yang didirikan oleh *German Institute Hohesten dan Austrian Institute* untuk penelitian tekstil. Pada prinsipnya, pemberian sertifikat dalam kegiatan ecolabelling dilaksanakan dengan melakukan pengujian terhadap seluruh

tahapan proses produksi tekstil. Pengujian dilakukan mulai dari pabrik pembuatan serat sintetis atau produksi serat alami, proses pemintalan, proses pembuatan kain dan proses penyempurnaan tekstil sampai pada proses pembuatan pakaian jadi.

Sejak tahun 1996 sampai sekarang, setiap produk tekstil yang dipasarkan ke Uni Eropa dan Amerika Utara harus memiliki sertifikat ecolabel (lulus uji standard Öko-tex 100) yang meliputi 4 kategori yaitu; 1) produk tekstil untuk bayi, 2) produk tekstil yang bersentuhan langsung dengan kulit, 3) produk tekstil yang tidak bersentuhan langsung dengan kulit, dan 4) bahan tekstil untuk keperluan dekorasi. Masyarakat importir dari Uni Eropa dan Amerika Utara tidak akan membeli produk tekstil yang tidak memiliki sertifikat ecotex. Menurut Reda (2005:85-86) terminologi eco-label untuk tekstil atau eco-textile adalah tekstil dan produk tekstil yang memuat keterangan bahwa tekstil dan produk tekstil yang diproduksi oleh suatu pabrik tekstil: 1) dijamin tidak mencemari lingkungan selama proses produksi, dan 2) dijamin tidak mengandung bahan-bahan yang membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan.

Ketentuan yang harus dipenuhi oleh pabrik tekstil untuk mendapatkan sertifikat eco-label pada TPT hasil produksinya meliputi upaya pemenuhan standar baku mutu lingkungan;

1. Mereduksi pencemaran air dan udara untuk setiap tahapan proses produksi; mulai dari produksi serat tekstil (*fiber making*), produksi benang, pertenunan dan perajutan, proses *finishing* tekstil sampai pada proses produksi pakaian jadi.
2. Membatasi penggunaan zat kimia pada proses produksi yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup.
3. Menjamin ketahanan susut kain selama pemakaian, terutama selama pencucian kain dan pengeringannya.
4. Menjamin ketahanan luntur warna kain terhadap pengaruh sinar matahari, keringat, pencucian, gosokan basah dan kering.

Berdasarkan atas dokumen standard Öko-tex 100 yang dikeluarkan *Oeko-tex Association*, terdapat beberapa kriteria uji layak lingkungan bagi setiap TPT antara lain:

1. Pembatasan kandungan residu yang bersifat toksik yang menempel pada serat , benang, tekstil meliputi:

- a. Tekstil yang terbuat dari bahan serat akrilik; kandungan maksimum akrilonitril adalah  $<1,5$  mg/kg serat.
  - b. Tekstil yang terbuat dari bahan serat kapas; kandungan maksimum pestisida adalah  $<0,05$  ppm.
  - c. Tekstil yang terbuat dari bahan serat atau filamen jenis elastan dan poliuretan; tidak boleh mengandung senyawa organotin.
  - d. Tekstil yang terbuat dari bahan serat wol dan serat keratin lainnya; dilarang menggunakan pestisida pada pengerjaan perawatan serat.
  - e. Tekstil yang terbuat dari bahan rayon; dilarang menggunakan ADX atau kandungan chlorin harus  $< 250$  ppm.
  - f. Tekstil yang terbuat dari bahan poliester; pembatasan penggunaan Antimony yaitu  $< 260$  ppm.
  - g. Tekstil yang terbuat dari bahan polipropilen; tidak boleh menggunakan zat warna pigmen yang mengandung timah (*lead based pigments*).
2. Melakukan reduksi pencemaran udara selama proses produksi serat-serat tekstil diantaranya adalah:
- a. Produksi serat akrilik dengan standar kandungan akrilonitril  $< 1$  g/kg
  - b. Produksi serat elastan dan poliuretan dengan standar kandungan aromatic diisocyanates  $< 5$  mg/kg.
  - c. Produksi serat rayon dengan standar kandungan sulfur  $< 120$  g/kg rayon filamen, dan  $30$  g/kg untuk proses serat rayon staple.
  - d. Produksi serat nilon dengan standar kandungan  $N_2O$   $< 10$ g/kg untuk Nilon-6, dan  $50$ g/kg untuk nilon 6.6
  - e. Produksi poliester dengan standar kandungan *volatile organics compounds* (VOCs)  $< 1,2$  g/kg.
3. Melakukan reduksi pencemaran air selama proses pembuatan serat-serat tekstil diantaranya adalah:
- a. Produksi serat rayon viscose dengan standar kandungan Zn  $< 0,3$  g/kg.
  - b. Produksi serat rayon kupramonium dengan standar kandungan Cu  $< 0,1$  ppm.
  - c. Produksi serat wol dan serat keratin lainnya dengan standar kandungan COD  $< 50$  g/kg, 75% reduksi COD pada *off-site treatment* dan COD  $< 5$  g/kg untuk *in-side treatment*, dan  $6 < pH < 9$ , serta suhu  $< 40^\circ C$ .

4. Membatasi penggunaan zat kimia berbahaya bagi lingkungan khususnya kesehatan dan lingkungan perairan untuk proses penyempurnaan tekstil yaitu:
  - a. 90% minyak yang digunakan pada carding dan *spinning*, minyak pelumas dan *finishing*.
  - b. 95% zat penganjian benang lusi, deterjen, pelembut kain dan zat pemberat kain yang harus bersifat biodegradable atau melakukan pembatasan pemakaiannya.
  - c. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PaH) dalam minyak mineral < 1%.
  - d. Tidak mengandung senyawa cerium atau halogenated carriers.
  - e. Tidak mengandung logam berat dan formaldehid dalam proses stripping dan depigmentasi.
  - f. Senyawa chlorin < 40 mg Cl/kg.
  - g. Kadar zat kimia dalam zat warna : Ag < 100 ppm, Ba < 100 ppm, Co < 500 ppm, Cu < 250 ppm, Se < 20 ppm, Fe < 2500 ppm, As < 50 ppm, Cd < 20 ppm, Cr < 100 ppm, Hg < 1 ppm, Ni < 200 ppm, Pb < 100 ppm, Sb < 50 ppm, Sn < 250 ppm, Zn < 1500 ppm, dan Mn < 1000 ppm.
  - h. Kadar zat kimia dalam zat warna *pigment* : As < 50 ppm, Cd < 50 ppm, Cr < 100 ppm, Hg < 25 ppm, Pb < 100 ppm, Sb < 250 ppm, Zn < 1000 ppm, Ba < 100 ppm, dan Se < 100 ppm.
  - i. Tidak mengandung *bicidal* atau *biostatic* sampai produk dipakai konsumen.
  - j. Tidak menggunakan zat warna azo.
  - k. Tidak menggunakan zat warna yang bersifat karsinogenik, mutagenik, dan toksik bagi reproduksi sesuai menurut Directory 67/548/EEC.
  - l. Tidak mengandung pasta printing yang plastisial, dan pasta printing mengandung < 5% VOCs.
  - m. Formaldehid < 30 ppm untuk produk tekstil yang berkontak langsung dengan kulit pemakai, sedangkan produk tekstil lainnya adalah maksimum 300 ppm.
  - n. COD dari proses basah tekstil < 25 g/kg, jika *on-site treatment*  $6 < \text{pH} < 9$  pada suhu < 40°C.
  - o. Tidak mengandung zat kimia flame retardant atau senyawa kimia proses *finishing* yang bersifat karsinogenik, mutagenik atau toksik melebihi 0,1%.
  - p. *Finishing* anti susut hanya boleh dilakukan pada wol berbentuk sliver.

Dari uraian tentang ekolabel dan *standard ecotex* tersebut di atas yang dikaitkan dengan faktor keefisiensi pada kegiatan pabrik tekstil dalam berproduksi, maka terdapat hubungan langsung antara konsep keefisiensi dengan standar *ecotex* dalam hal sebagai berikut:

1. Tujuan akhir kedua konsep adalah sama yaitu secara filosofis ingin menyelamatkan manusia dan lingkungan dari pengaruh bahan berbahaya yang terkandung pada produk tekstil.
2. Kedua konsep berkeinginan untuk berhemat dalam setiap tindakan penggunaan sumber daya alam dan lingkungan.

Sehingga dengan demikian maka pabrik tekstil yang telah mengikuti aturan standard *ecotex* maka pabrik tersebut telah pula melaksanakan prinsip-prinsip keefisiensi.

## 2.9. Hipotesis Penelitian

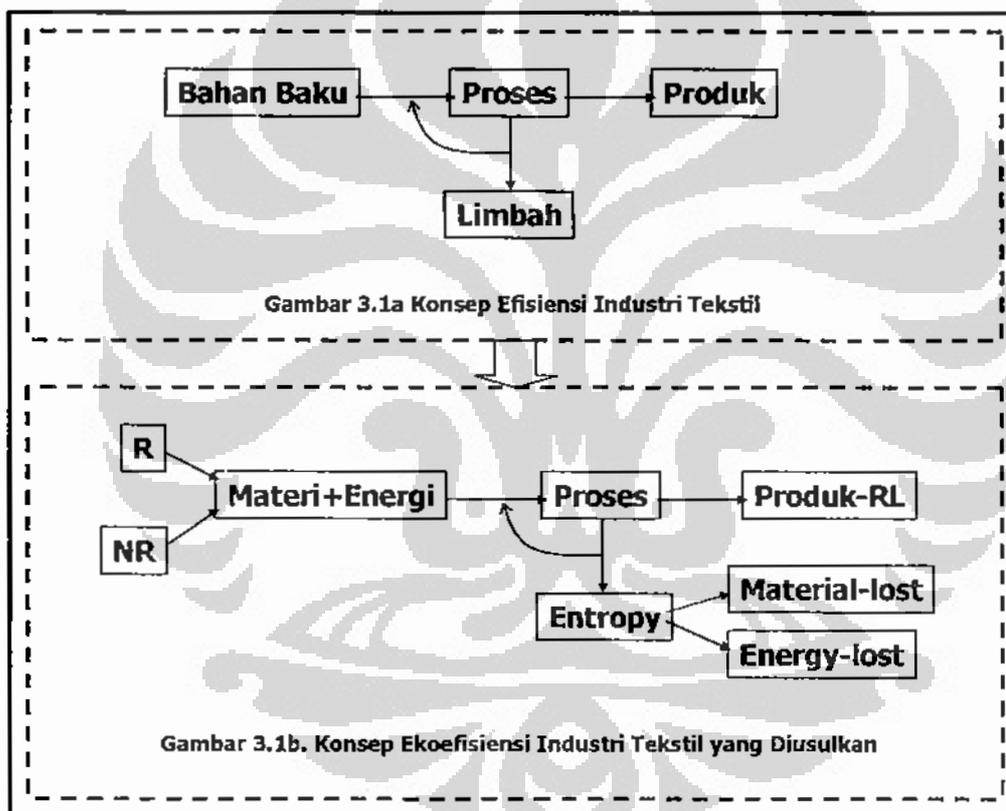
Mengacu pada masalah yang ditimbulkan oleh kegiatan pabrik tekstil dan tujuan penelitian maka diajukan tiga rumusan hipotesis yang hendak dibuktikan kebenarannya yaitu:

1. Nilai  $\eta_{\text{ecospinning}} > \eta_{\text{ecogarmen}} > \eta_{\text{ecoweaving}} > \eta_{\text{ecofinishing}}$
2. Kegiatan pabrik tekstil terpadu lebih keefisien dibanding pabrik tekstil yang dikelola secara tidak terpadu.
3. Indeks keefisiensi dapat digunakan untuk menilai kinerja lingkungan berbagai jenis pabrik tekstil.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Kerangka Konsep

Memperhatikan beberapa teori tentang keefisiensi dan hasil pengamatan dan pengalaman penulis di lapangan terkait dengan masalah penggunaan sumber daya alam dan lingkungan oleh industri tekstil, maka kerangka konsep yang dibangun dalam penelitian ini dapat dijelaskan pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1.** Kerangka Konsep Penelitian

Berdasarkan konsep teori tentang keefisiensi penggunaan materi dan energi sebagaimana yang dikemukakan oleh para ahli, maka peneliti berpendapat bahwa pada konsep efisiensi industri sebagaimana dijelaskan oleh **Gambar 3.1a**: (1) terkait dengan aspek bahan baku; fokus teori yang sudah ada mengarahkan industri pada aspek penghematan material bahan baku, (2) terkait dengan aspek

proses produksi; konsep teori mengarahkan industri untuk menghasilkan produk secara efisien dan produktif, (3) terkait dengan aspek *output* produk; industri seharusnya menghasilkan produk yang berkualitas, serta (4) pada aspek limbah; bagaimana pabrik tekstil bisa melakukan minimisasi limbah.

Selanjutnya, posisi peneliti menginginkan penerapan kerangka konsep keefisiensi sebagaimana di tuangkan dalam **Gambar 3.1b** yang membutuhkan suatu formula yang dapat merangkum semua teori yang secara spesifik mendeskripsikan komponen keefisiensi kegiatan industri tekstil meliputi kajian: (1) *input* materi R/NR, (2) *input* energi R/NR, (3) proses produksi, (4) *output* produk yang ramah lingkungan, (5) entropi berupa; (6) *material lost* dalam bentuk limbah, dan (7) *energy lost* dalam bentuk pencemaran udara.

Secara operasional, konsep penelitian untuk mencapai nilai keefisiensi yang baik maka pabrik tekstil harus mengkaji sedikitnya enam aspek yang mempengaruhinya, diantaranya mengupayakan penggunaan material bahan baku dan energi dalam proses produksi dengan efisiensi yang tinggi dan mengurangi kuantitas dan kualitas limbah yang tidak terpakai (entropi). Penekanan pada pemanfaatan material RR harus lebih besar dibanding menggunakan material NRR. Penggunaan material yang bersifat tidak dapat diperbarui (NRR) pada umumnya akan menjadi persoalan bagi lingkungan (keefisiensi rendah) apabila dikemudian hari menjadi entropi yang tidak dapat diasimilasi oleh alam.

Ekoefisiensi akan dilihat dari aspek ekologi dan ekonomi; aspek ekologi dikaji dari efisiensi pemanfaatan materi dan energi yang diperoleh dari alam dan aspek ekonomi dapat dilihat pada harga yang ditimbulkan oleh penggunaan sumber daya alam tersebut pada proses produksi tekstil (DeSimone, 2000). Dalam penelitian ini akan memfokuskan pertanyaan tentang; 1) bagaimanakah rumusan yang relevan untuk menilai keefisiensi pabrik tekstil ?, 2) bagaimana realitas nilai keefisiensi pada berbagai jenis pabrik tekstil ?, dan 3) bagaimana kondisi ideal dan peluang keefisiensi pabrik tekstil masa datang ?. Sehubungan dengan pertanyaan tersebut di atas maka secara operasional faktor-faktor keefisiensi yang diteliti meliputi; (1) penggunaan material RR, (2) penggunaan material bantu RR, (3) penggunaan material NRR, (4) penggunaan material bantu NRR, (5) dayaguna materi, (6) penggunaan material bantu logam, (7) efisiensi penggunaan energi, (8) efisiensi

penggunaan air, (9) efisiensi penggunaan kanji, (10) efisiensi penggunaan zat warna, dan (11) efisiensi penggunaan zat kimia.

Dalam penelitian ini material sebagai bagian dari sumber daya alam yang digunakan sebagai *input* pada proses produksi tekstil adalah material serat-serat *cotton, rayon, polyester, nylon* dan *acrylic*. Sedangkan energi yang dipakai dalam proses produksi tekstil adalah energi listrik yang digunakan untuk melakukan kerja/proses produksi tekstil. Produk yang dihasilkan oleh pabrik pemintalan adalah berupa benang, benang *cotton, polyester* dan atau benang campuran, produk pabrik pertenunan berupa kain *cotton, polyester* dan atau campuran, produk pabrik penyempurnaan tekstil berupa kain jadi (*finished fabric*), serta pabrik garmen menghasilkan produk pakaian jadi (Cohen, 1994:14 dan Chang, 2003:4).

### **3.2. Pendekatan Penelitian**

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian keefisiensi pemanfaatan materi dan energi pada kegiatan pabrik tekstil adalah metode eksplorasi terhadap aktivitas kegiatan produksi industri/pabrik tekstil. Metode eksplorasi dilakukan untuk menemukan suatu pemecahan masalah yang ditimbulkan oleh aktivitas kegiatan industri/pabrik tekstil, untuk menguji teori dan konsep keefisiensi yang tepat dan relevan merespon permasalahan lingkungan secara umum (PSILUI, 2007).

#### **3.2.1. Merumuskan Formula Penilaian Keefisiensi**

Pendekatan penelitian untuk merumuskan formula keefisiensi pada kegiatan pabrik tekstil (*spinning, weaving, finishing, garmen*, dan pabrik tekstil terpadu) adalah dengan cara melakukan survai lapangan untuk mengidentifikasi seluruh kegiatan produksi tekstil serta melakukan studi kepustakaan. Melakukan eksplorasi terhadap teori-teori keefisiensi, teknik dan proses produksi tekstil, sifat dan karakteristik material tekstil, pengelolaan limbah tekstil serta standar tekstil. Menetapkan factor-faktor keefisiensi berdasarkan penggunaan materi dan energi pada proses produksi serta membuat rumusan keefisiensi pabrik tekstil secara

umum dan merincinya untuk masing-masing jenis kegiatan pabrik tekstil. Membuat pembobotan terhadap factor-faktor keefisiensi atas dasar pemanfaatan materi dan energi serta pencemaran lingkungan yang ditimbulkannya, serta melakukan analisis kuantitatif dan kualitatif. Hasil akhir dari rumusan keefisiensi yang dihasilkan digunakan untuk menghitung/menilai keefisiensi pada kegiatan pabrik pemintalan, pertenunan, *finishing*, garmen dan pabrik tekstil terpadu.

### **3.2.2. Menerapkan Formula Keefisiensi**

Pendekatan penelitian untuk menerapkan formula keefisiensi pada setiap kegiatan pabrik tekstil adalah dengan cara: melakukan survai dan penelitian lapangan di pabrik-pabrik tekstil. Pengumpulan data variabel penggunaan material bahan baku dan pembantu proses produksi serta penggunaan energi pada tahap *input*, proses dan *output* produksi. Penghitungan nilai keefisiensi pada berbagai jenis pabrik tekstil menggunakan formula keefisiensi pabrik tekstil hasil tujuan penelitian pertama. Melakukan analisa kuantitatif dan kualitatif terhadap hasil penghitungan untuk mengetahui nilai keefisiensi pada berbagai jenis pabrik tekstil. Hasil akhir dari penerapan rumusan keefisiensi pada berbagai kegiatan pabrik tekstil adalah diperolehnya jawaban pertanyaan bagaimanakah realitas nilai keefisiensi pada berbagai jenis pabrik tekstil di wilayah studi.

### **3.2.3. Merumuskan Indeks Keefisiensi Pabrik Tekstil**

Pendekatan penelitian untuk merumuskan indeks keefisiensi pabrik tekstil adalah dengan cara *expert judgment*, metode Delphi, melakukan validasi menggunakan standar SNI, Asosiasi, Internaional, PROPER dan ISO 14001. Untuk validasi rumusan keefisiensi maka digunakan indeks keefisiensi yang dihitung menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI), standar asosiasi tekstil, dan standar internasional seperti Oeko-Tex. Implementasi standar Ecotex yang diadopsi dan dilibatkan dalam penentuan indeks keefisiensi pada dasarnya tidak hanya bermaksud untuk melindungi lingkungan secara umum tetapi lebih jauh untuk melindungi kesehatan manusia dari pengaruh penggunaan zat kimia berbahaya

pada tekstil yang terbukti dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti iritasi kulit, penyakit liver dan bahkan dapat merusak sistem saraf ([www.oeko-tex.com](http://www.oeko-tex.com)).

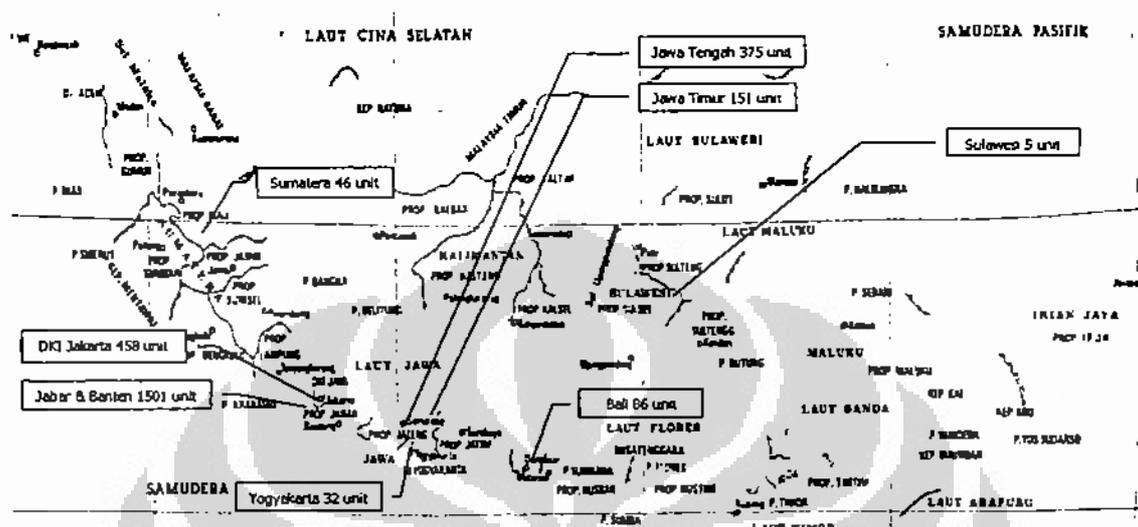
Meminta pendapat para pakar (*expert judgment*) mengenai nilai bobot faktor keefisiensi ditujukan untuk mendapatkan bobot kepentingan yang pro-lingkungan atas penggunaan jenis dan sifat sumber daya alam oleh pabrik/industri tekstil. Nilai bobot dimaksud adalah nilai bobot yang diberikan pada faktor-faktor keefisiensi. Bobot yang diperoleh digunakan untuk membuat *benchmarking* (tanda tinggi-rendahnya letak) nilai keefisiensi kegiatan pabrik tekstil secara umum, untuk mengukur posisi/kondisi eksisting nilai keefisiensi pabrik tekstil dan untuk membuat indeks keefisiensi.

Metode untuk meminta pendapat pakar mengenai bobot faktor keefisiensi adalah mengikuti metode Delphi dalam *The Delphi Method Techniques and Applications* (Linstone and Turoff, 2002:10-12), dan D. Samson (1988, 95-96). Pengambilan keputusan atas keseluruhan hasil penelitian mempertimbangan pendapat pakar atas bobot factor keefisiensi yang diberikan untuk menentukan kondisi ideal, *benchmarking* dan indeks nilai keefisiensi industri tekstil. *Benchmarking* nilai keefisiensi dimaksudkan untuk menentukan status nilai keefisiensi yang dicapai oleh pabrik tekstil, apakah nilai keefisiensi yang dicapai suatu pabrik cukup baik ataukah buruk. Hasil akhir dari perumusan indeks keefisiensi pada berbagai kegiatan pabrik tekstil adalah agar formula untuk mengukur keefisiensi dapat dipakai oleh manajemen pabrik tekstil untuk memperbaiki daya guna pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan pada kegiatan produksi, dan indeks keefisiensi yang berlaku untuk berbagai jenis pabrik tekstil.

### **3.3. Tempat dan Waktu Penelitian**

Tempat atau lokasi penelitian adalah industri/pabrik tekstil yang beroperasi di wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi (Jabodetabek). Industri tekstil yang diteliti meliputi pabrik-pabrik pemintalan (*spinning*), pertenunan (*weaving*), penyempurnaan tekstil (*finishing*), pakaian jadi (*garmen*) dan pabrik tekstil terpadu (*integrated textile mills*). Waktu penelitian dilaksanakan mulai bulan

Juni 2004 sampai bulan Oktober 2005. Peta distribusi inidustri tekstil di Indonesia dijelaskan pada **Gambar 3.2**.

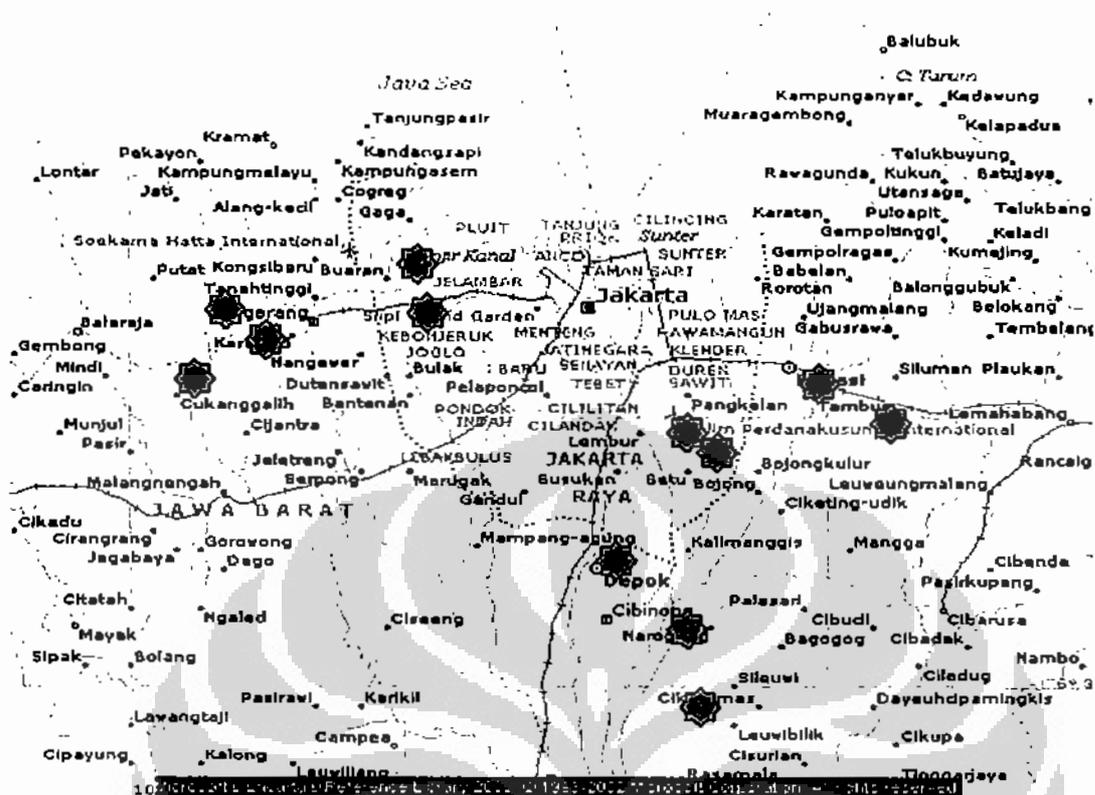


**Gambar 3.2** Peta Distribusi dan Jumlah Industri Tekstil di Indonesia

Sumber: Deperin dan Asosiasi Pertekstilan Indonesia, 2005

Secara geografis **Gambar 3.2** memperlihatkan distribusi lokasi kegiatan industri/pabrik tekstil di wilayah Republik Indonesia yang lebih banyak terkonsentrasi di wilayah Pulau Jawa bagian Barat. Oleh karena kelengkapan jenis kegiatan pabrik dan distribusi kegiatan pabrik tekstil lebih banyak terkonsentrasi di bagian Barat Pulau Jawa, maka wilayah studi/penelitian di Jabodetabek diambil sebagai wilayah yang representatif mewakili wilayah populasi pabrik tekstil.

Untuk dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang tempat atau titik lokasi penelitian di wilayah Jabodetabek maka berikut ini disajikan peta pencuplikan sampel penelitian seperti disajikan pada **Gambar 3.3**.



**Gambar 3.3** Peta Lokasi Sampel Penelitian Pabrik Tekstil

**Gambar 3.3** menunjukkan titik lokasi pabrik tekstil yang dipilih berada di wilayah Jakarta, Kabupaten Bogor, Kotamadya Depok, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Bekasi. Nama dan alamat pabrik tekstil yang menjadi sampel untuk diteliti disajikan pada **Tabel 1** pada **Lampiran-2**. Sedangkan lokasi sampel penelitian untuk *expert judgment* bidang industri tekstil dan lingkungan serta LSM adalah di Jabodetabek dan Bandung, daftar nama, alamat dan spesifikasi keahlian responden dijelaskan pada **Lampiran-3 Tabel L-3.2**.

### 3.4. Populasi dan Teknik Sampling

Populasi penelitian lapangan adalah pabrik tekstil yang beroperasi di wilayah Jakarta, Kabupaten Bogor, Kotamadya Depok, Kabupaten Tangerang dan Kabupaten Bekasi (Jabodetabek). Jabodetabek dipilih karena merupakan representasi populasi dan jenis kegiatan serta kelengkapan pabrik mewakili

kegiatan pabrik tekstil di Indonesia. Populasi pabrik tekstil di Jabodetabek sebanyak 881 unit pabrik tekstil. Sampel penelitian yang diambil adalah sebanyak 30 (tiga puluh) pabrik tekstil (3,4% populasi) yang terdiri dari berbagai jenis produksi yaitu pabrik pemintalan, pertenunan, *finishing*, garmen dan pabrik tekstil terpadu.

Kriteria pengambilan sampel pabrik tekstil adalah; 1) pabrik tekstil yang terdaftar pada Departemen Perindustrian; 2) sebagian besar produksi yang dihasilkan oleh pabrik (sampel) adalah produk tujuan ekspor; 3) kategori pabrik *spinning*, *weaving*, *finishing* dan garmen yang dipilih adalah pabrik skala menengah dan besar dilihat dari aspek *modal capital* dan *human capital* sesuai ketetapan Departemen Perindustrian; 4) pabrik tekstil berada dalam wilayah hukum dan administrasi Jabodetabek. Teknik sampling yang digunakan untuk mengambil sampel penelitian pabrik tekstil menggunakan teknik *stratified purposive sampling* yaitu pemilihan sampel (pabrik tekstil) yang didasarkan atas kelompok pabrik tekstil yang menghasilkan produk-produk benang, kain dan garmen yang mempunyai sangkut paut yang erat dengan ciri-ciri/sifat populasi pabrik tekstil secara umum.

Mengutip data dari Departemen Perindustrian dan Asosiasi Pertekstilan Indonesia (2004) tentang peta distribusi industri tekstil di Indonesia, jumlah pabrik tekstil di Indonesia seluruhnya adalah 2.654 unit terdistribusi pada 8 wilayah propinsi. Pada **Tabel 3.1** dan **Gambar 3.2** dijelaskan secara rinci tentang distribusi lokasi dan jumlah industri tekstil di Indonesia.

**Tabel 3.1** Jumlah dan Distribusi Pabrik Tekstil di Wilayah Indonesia Tahun 2004

Jenis Pabrik Tekstil	Wilayah Propinsi								Total
	Sumatera	DKI	Jabar & Banten	Jateng	D.I.Y	Jatim	Bali	Sulawesi	
Pembuatan Serat	-	-	25	2	-	1	-	-	28
Pemintalan	3	6	132	33	3	23	1	-	201
Pembuatan Kain	15	60	680	204	13	55	1	1	1.029
Penyempumaan Kain	-	2	12	1	-	-	-	-	15
Garmen	21	329	315	49	9	47	83	4	857
Produk Tekstil Lainnya	7	61	337	86	7	25	1	-	524
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>458</b>	<b>1.501</b>	<b>375</b>	<b>32</b>	<b>151</b>	<b>86</b>	<b>5</b>	<b>2654</b>

Sumber:

- Dep. Perindustrian RI, 2004
- Asosiasi Pertekstilan Indonesia (API), 2004

Pada **Tabel 3.1.** terlihat bahwa distribusi pabrik tekstil terbesar terkonsentrasi di tiga wilayah propinsi yaitu DKI Jakarta yaitu sebanyak 458 unit, di propinsi Jawa

Barat dan Banten sebanyak 1.501 unit. Di ketiga propinsi ini terdapat pabrik tekstil sebanyak 1.959 unit. Populasi penelitian adalah pabrik tekstil yang berada di wilayah administrasi Jabodetabek sebanyak 881 pabrik yang terdiri atas; 79 pabrik pemintalan, 326 pabrik pertenunan, 11 pabrik penyempurnaan tekstil dan 465 pabrik garmen dengan perincian sebagaimana dimuat pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Jumlah dan Distribusi Pabrik Tekstil di Jabodetabek, Tahun 2004

Wilayah	Jenis Pabrik				Total
	Pemintalan	Pertenunan	Penyempurnaan	Garmen	
1. Jakarta	6	60	2	329	397
2. Kab. Bogor	23	79	2	36	140
3. Kodya Depok	2	3	1	16	22
4. Kab. Tangerang	23	88	3	40	154
5. Kab. Bekasi	25	96	3	44	168
Jumlah	79	326	11	465	881

Sumber:

1. Dep. Perindustrian RI, 2004
2. Dinas Perindustrian Kabupaten/Kota
3. Asosiasi Pertekstilan Daerah Kabupaten/Kota

Sampel penelitian diambil sebanyak 30 pabrik terdiri atas empat kelompok/jenis pabrik tekstil yaitu; 9 pabrik pemintalan (*spinning*), 8 pabrik pertenunan (*weaving*), 7 pabrik penyempurnaan tekstil (*finishing*) dan 6 pabrik pembuatan pakaian jadi (*garmen*) yang di dalamnya terdapat 6 perusahaan tekstil terpadu (*integrated textile mills*). Ketigapuluh pabrik tekstil tersebut dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok yaitu kelompok pabrik tekstil terpadu sebanyak 18 pabrik dan kelompok pabrik tekstil non terpadu sebanyak 12 pabrik (secara lengkap daftar pabrik tekstil disajikan pada **Lampiran-3**).

Pengambilan sampel penelitian (pabrik-pabrik) seperti dijelaskan pada **Tabel L-3.1 (Lampiran-3)** didasarkan atas pertimbangan bahwa sifat dan karakteristik produksi pabrik tekstil yang bersangkutan adalah homogen. Homogenitas sampel dapat dilihat pada jenis bahan baku yang digunakan untuk produksi yang relatif sama, kesamaan teknologi yang dipakai oleh setiap pabrik tekstil, kesamaan fungsi produk tekstil. Pengambilan jumlah sampel penelitian merujuk pada ukuran minimum jumlah sampel penelitian yang disarankan oleh Gay (1976) dalam Selvilla (1993:163) yaitu ukuran minimum yang dapat diterima untuk tipe penelitian ekspos

fakto sebanyak 15 (limabelas) subjek dan untuk tipe penelitian korelasi sebanyak 30 (tigapuluh) subjek.

Teknik sampling terhadap pakar responden pada metode *expert judgment* dilakukan dengan metode *purposive sampling* yaitu mencari pakar lingkungan dan industri tekstil yang berasal dari lembaga pendidikan, praktisi industri tekstil dan lingkungan serta lembaga swadaya masyarakat pemerhati lingkungan. Lokasi samplingnya adalah di wilayah Jabodetabek untuk ahli lingkungan, ahli tekstil dan LSM, serta wilayah kota Bandung untuk sebagian ahli industri tekstil.

Kriteria pakar yang dipilih sebagai responden ahli atau pakar adalah sebagai berikut:

1. Pakar industri tekstil minimal memiliki pendidikan tinggi tekstil setara Diploma 3 atau pendidikan non formal/pelatihan industri tekstil yang berpengalaman pada bidangnya lebih dari 5 tahun.
2. Pakar lingkungan minimal memiliki latar belakang pendidikan tinggi ilmu lingkungan setara sarjana atau memiliki pendidikan non formal/pelatihan pengelolaan lingkungan yang berpengalaman pada bidangnya lebih dari 5 tahun.
3. Anggota lembaga swadaya masyarakat (LSM) di bidang lingkungan minimal memiliki latar belakang pendidikan tinggi dari berbagai disiplin ilmu setara sarjana atau memiliki pendidikan non formal/pelatihan lingkungan yang berpengalaman pada bidangnya lebih dari 5 tahun.

### **3.5. Tata Cara Penelitian**

1. Untuk *tujuan penelitian pertama*, yaitu membuat rumusan/formula untuk menilai ekoefisiensi kegiatan industri/pabrik tekstil secara umum dan menurunkan rumusan umum menjadi rumusan ekoefisiensi untuk masing-masing pabrik tekstil. Metode yang digunakan adalah melakukan telaah kepustakaan dan melakukan analisa kualitatif serta deskripsi atas berbagai teori terkait. Rumusan ekoefisiensi disusun berdasarkan atas penggunaan materi dan energi, sifat dan karakter material yang diproduksi serta sifat limbah dan

pencemaran yang ditimbulkan oleh kegiatan produksi tekstil. Tata cara membuat rumusan/formula untuk menilai keefisiensi secara detail dijelaskan pada teknik perumusan keefisiensi di bagian 3.7.

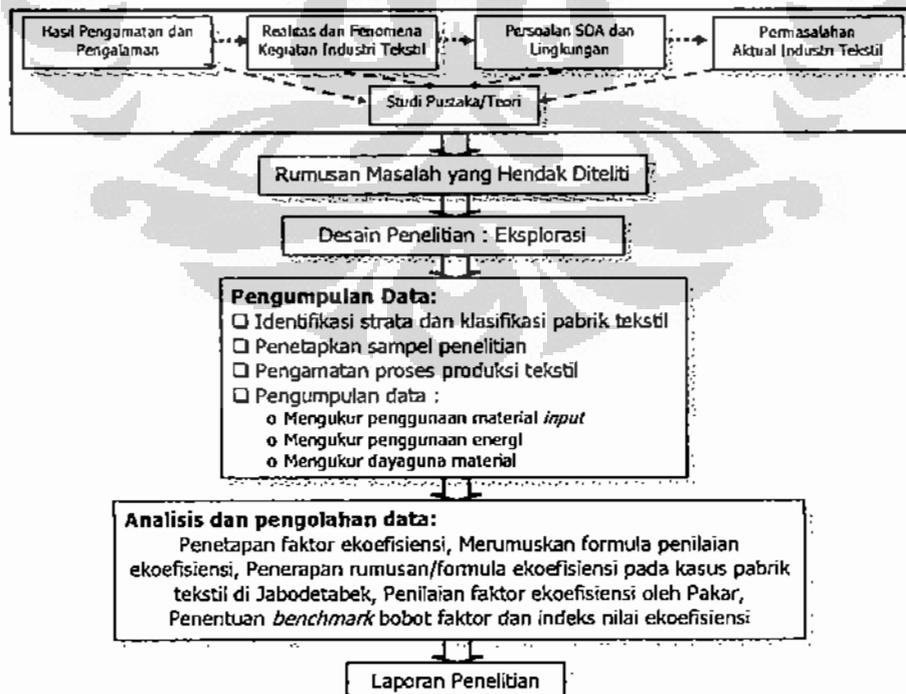
2. Untuk *tujuan penelitian kedua*, yaitu menerapkan formula keefisiensi pada kegiatan berbagai jenis pabrik tekstil meliputi pabrik *spinning*, pabrik *weaving*, pabrik *finishing*, pabrik garmen, dan pabrik tekstil terpadu. Metode yang digunakan untuk menerapkan formula keefisiensi adalah menghitung nilai keefisiensi pada pabrik tekstil pada wilayah Jabodetabek yang didasarkan atas penggunaan/pemanfaatan materi dan energi selama proses produksi. Penghitungan keefisiensi menggunakan rumusan yang dihasilkan oleh tujuan penelitian pertama yang diterapkan pada hasil survai identifikasi kegiatan produksi berbagai jenis pabrik tekstil di wilayah studi.
3. Untuk *tujuan penelitian ketiga*, yaitu merumuskan indeks keefisiensi kegiatan berbagai jenis pabrik tekstil. Cara yang dilakukan adalah meminta pendapat pakar (*expert judgment*) menggunakan metode Delphi, melakukan simulasi rumusan keefisiensi menggunakan data standar penggunaan materi dan energi pada industri tekstil, standar pabrik dan asosiasi. Membuat *benchmarking* bobot faktor keefisiensi untuk menentukan patokan atau batas perkiraan nilai bobot yang ideal/diinginkan/yang ingin dicapai guna dimasukkan ke dalam formula keefisiensi. Proses *benchmarking* keefisiensi yang ideal untuk kegiatan pabrik tekstil digunakan metode patok duga (Tjiptono, 2003:231-258). Batas perkiraan bobot maksimum dan minimum yang diberikan oleh pakar bertujuan untuk menentukan indeks kondisi ideal dan harapan nilai keefisiensi yang sesuai dengan kondisi lingkungan yang ada.  
Untuk mendapatkan bobot faktor keefisiensi yang tidak menimbulkan perdebatan di kalangan peneliti maupun praktisi bidang industri dan lingkungan maka digunakan proses permintaan pendapat pakar atas bobot faktor keefisiensi. Metode yang digunakan adalah metode Delphi dalam *The Delphi Method Techniques and Applications* (Linstone and Turoff, 2002:10-12). Instrumen kuesioner memuat daftar pertanyaan yang mengarahkan jawaban responden/pakar kepada pemberian nilai/bobot yang tinggi terhadap faktor

ekoefisiensi penggunaan/pemanfaatan/daya guna material dan energi yang menimbulkan entropi kecil. Dalam kuesioner dimuat 11 (sebelas) pertanyaan terkait faktor ekoefisiensi yang hendak diberi bobot dengan masing-masing pertanyaan disediakan 5 (lima) jawaban yang harus diisi oleh responden/pakar (kuesioner pada **Lampiran-1**).

### 3.6. Desain Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data

1. Untuk *tujuan penelitian pertama*, yaitu membuat rumusan/formula untuk menilai ekoefisiensi kegiatan pabrik tekstil.

Pengumpulan data pada penelitian ini mencakup pengkajian atas teori terkait aspek ekoefisiensi berbagai kegiatan industri, melakukan identifikasi kegiatan pabrik tekstil untuk mengumpulkan data kuantitatif tentang penggunaan materi dan energi pada pabrik tekstil yang menjadi sample penelitian. Desain alir proses kegiatan pelaksanaan penelitian ini dijelaskan pada **Gambar 3.4**.



**Gambar 3.4** Desain Penelitian Ekoefisiensi

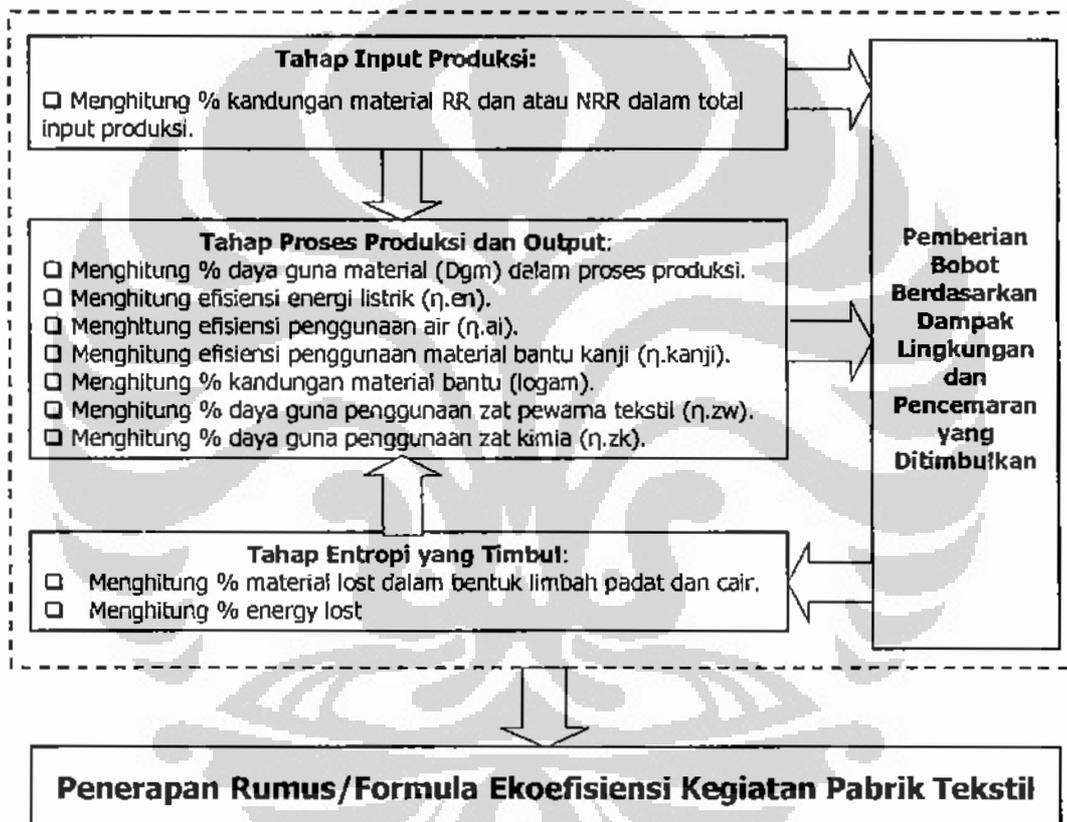
**Gambar 3.4** memperlihatkan proses penelitian berawal dari hasil pengamatan dan pengalaman dalam melihat realitas dan fenomena lingkungan yang dipengaruhi oleh kegiatan industri tekstil. Pengumpulan data pada tujuan penelitian ini mencakup pengkajian terhadap teori keefisiensi pemanfaatan materi dan energi pada kegiatan industri. Data kualitatif menyangkut definisi, pengertian dan deskripsi teori keefisiensi dari berbagai pakar yang diambil dari literatur/media cetak maupun dari situs pada media elektronik/internet. Oleh karena adanya ketidakseragaman definisi, faktor dan ukuran keefisiensi yang dikemukakan oleh para ahli di dalam literatur khususnya mengenai bobot faktor keefisiensi terhadap nilai keefisiensi, maka dilakukan pemberian bobot dengan pertimbangan penggunaan materi dan energi yang menimbulkan entropi. Rumus keefisiensi dikaji berdasarkan aspek kuantitas dan kualitas materi dan energi *input*, proses dan *output* produksi tekstil.

Oleh karena hasil penelitian ini nantinya diharapkan dapat merepresentasikan kondisi nyata aktivitas pabrik tekstil terkait dengan masalah sumber daya alam dan lingkungan, maka tahapan operasional selanjutnya dilakukan sebagai berikut :

- a. Mengidentifikasi strata atau klasifikasi pabrik tekstil yang akan dijadikan objek penelitian meliputi pabrik berskala kecil, menengah dan besar yang ditinjau dari aspek *modal capital* dan *human capital* sesuai ketetapan Departemen Perindustrian.
- b. Menetapkan sampel penelitian berupa pabrik-pabrik tekstil yang beroperasi di wilayah hukum dan administrasi Jabodetabek.
- c. Pengumpulan data tentang kapasitas produksi terpasang dan kapasitas produksi yang dicapai oleh pabrik.
- d. Meneliti proses produksi dan mengukur faktor *input* dan *output* produksi yang mempengaruhi nilai keefisiensi pabrik tekstil.
- e. Mengidentifikasi permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas produksi tekstil.
- f. Meneliti dan merumuskan penilaian keefisiensi industri/pabrik tekstil.
- g. Menentukan bobot faktor keefisiensi, baik penentuan oleh peneliti maupun melalui pendapat pakar.

2. Untuk *tujuan penelitian kedua*, yaitu menerapkan formula ekoefisiensi pada kegiatan berbagai jenis pabrik tekstil.

Data primer dari hasil proses identifikasi kegiatan pabrik tekstil meliputi data penggunaan materi dan energi pada berbagai kegiatan pabrik diolah dan dihitung tingkat efisiensi pemanfaatannya menggunakan rumus ekoefisiensi hasil tujuan penelitian pertama. Desain penelitian untuk menerapkan formula ekoefisiensi dijelaskan pada gambar berikut.



**Gambar 3.5** Desain Penelitian Mengukur Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil

Hasil identifikasi menghasilkan data kuantitatif tentang penggunaan materi dan energi pada pabrik tekstil tahap *input*, *proses* dan *output* produk serta entropi. Data kuantitatif tersebut meliputi variable terikat yaitu data kontinu berupa nilai ekoefisiensi, sedangkan variable bebas yaitu data diskrit meliputi;

- $X_1$  : Persentase kandungan/penggunaan bahan baku utama dalam produk jenis *renewable*  
 $X_2$  : Persentase kandungan/penggunaan bahan baku pembantu dalam produk jenis *renewable*

- $X_3$  : Persentase kandungan/penggunaan bahan baku utama dalam produk jenis non *renewable*
- $X_4$  : Persentase kandungan/penggunaan bahan baku pembantu dalam produk jenis non *renewable*
- $X_5$  : Persentase kandungan/penggunaan bahan baku pembantu berupa material logam dalam produk garmen
- $X_6$  : Efisiensi penggunaan material bahan baku utama dan bahan pembantu pada proses produksi
- $X_7$  : Efisiensi penggunaan energi
- $X_8$  : Efisiensi penggunaan air
- $X_9$  : Efisiensi penggunaan kanji
- $X_{10}$  : Efisiensi penggunaan zat warna
- $X_{11}$  : Efisiensi penggunaan zat kimia
- $Y$  : Nilai ekoefisiensi

Formula ekoefisiensi yang diperoleh dari hasil tujuan penelitian pertama, diterapkan pada hasil-hasil identifikasi dan pengukuran pada tahap *input*, proses dan *output* serta entropi kegiatan pabrik tekstil. Data kuantitatif variable tersebut di atas diperoleh dengan cara survai dan menggunakan kuesioner yang memuat daftar sejumlah pertanyaan menyangkut penggunaan materi dan energi serta aliran materi pada tahap *input*, proses, *output* produksi dan entropi yang dihasilkan pabrik. Daftar pertanyaan penelitian diajukan pada responden/pengelola pabrik yang bertanggungjawab terhadap penggunaan materi dan energi dalam proses produksi tekstil, mulai dari awal penggunaan material bahan baku dan energi yang digunakan untuk proses produksi sampai menjadi produk tekstil yang siap dipasarkan (kuesioner pada **Lampiran-1**). Tingkat pendidikan responden yang dipilih di pabrik tekstil umumnya adalah sarjana strata-1 dan strata-2 yang ahli di bidang industri/produksi tekstil. Dalam hal ini responden dapat dikategorikan sebagai orang yang benar-benar memiliki kompetensi untuk menangani masalah produksi tekstil. Untuk validasi data yang diberikan oleh responden di pabrik tekstil, maka digunakan standar baku keilmuan di bidang industri tekstil yaitu ilmu pengetahuan teknologi tekstil. Sehingga dengan demikian peneliti dapat langsung melakukan validasi terhadap jawaban yang diberikan oleh responden pabrik tekstil. Tahap akhir dari tujuan penelitian kedua ini adalah menerapkan dan mengkalkulasikan data penggunaan materi dan energi pada kegiatan pabrik tekstil di Jabodetabek tersebut di atas pada rumus ekoefisiensi yang dihasilkan oleh tujuan hasil penelitian pertama.

3. Untuk *tujuan penelitian ketiga*, yaitu merumuskan indeks keefisiensi kegiatan berbagai jenis pabrik tekstil.

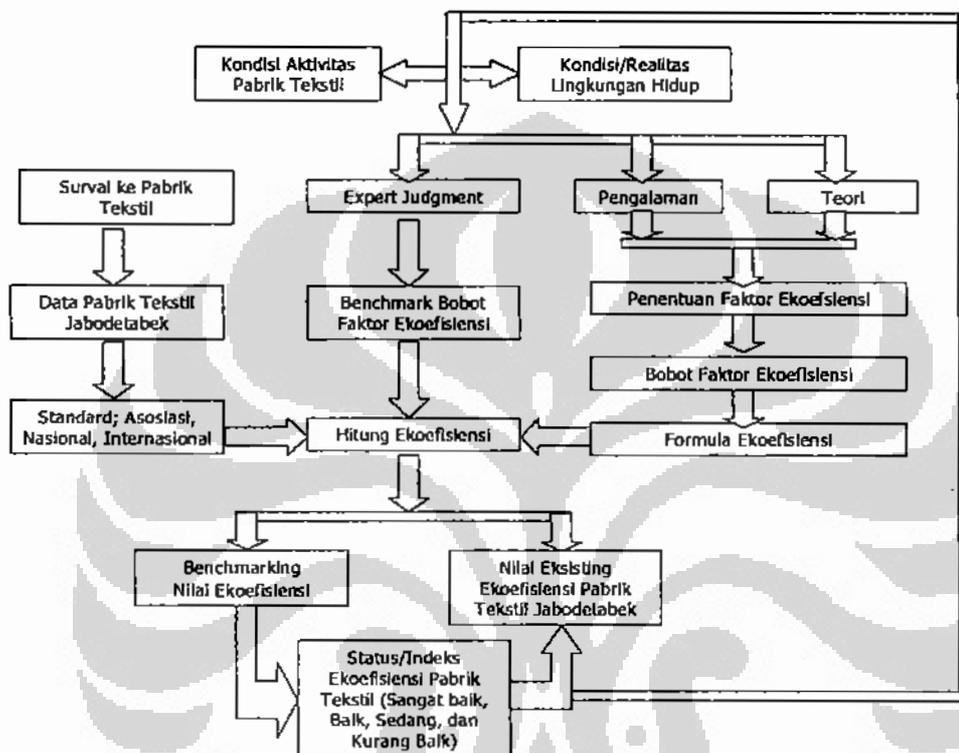
Data primer dan sekunder dari hasil proses meminta pendapat para pakar (*expert judgment*) mengenai nilai bobot kepentingan yang pro-lingkungan atas penggunaan jenis dan sifat sumber daya alam oleh pabrik/industri tekstil. Nilai bobot dimaksud adalah nilai bobot yang diberikan pada faktor-faktor keefisiensi. Pemberian bobot atas faktor keefisiensi oleh pakar (pakar lingkungan, industri tekstil dan LSM) diperoleh menggunakan instrumen kuesioner, melakukan tabulasi data, analisis kesamaan pendapat pakar atas pembobotan faktor keefisiensi dan melakukan simulasi hasil kondisi ideal efisiensi ekologi kegiatan industri tekstil.

Teknik pengumpulan data/informasi *expert judgment* dilakukan dengan cara; menggunakan metode Delphi dalam *The Delphi Method Techniques and Applications* (Linstone and Turoff, 2002:10-12), menyampaikan kuesioner (**Lampiran-1**) kepada para pakar (**Lampiran-3 Tabel L-3.2**), data jawaban responden diolah menggunakan statistik non parametrik untuk mengetahui koefisiensi kesesuaian pendapat antar pakar mengikuti metode Kendall's W Test (**Lampiran-4**). Hasil pengolahan data berupa bobot maksimum, minimum dan modus penilaian pakar selanjutnya diaplikasikan ke dalam rumus keefisiensi dan untuk menetapkan indeks keefisiensi. Validasi hasil pengolahan data pendapat pakar dilakukan dengan cara meminta konfirmasi dan persetujuan atas hasil analisis pendapat pakar untuk dapat dijadikan *benchmark* bobot faktor keefisiensi.

Data sekunder untuk membuat indeks keefisiensi diperoleh dari perustakaan, media elektronik situs internet, instansi/departemen terkait dan asosiasi pertekstilan serta dari pabrik-pabrik tekstil yang diteliti. Gabungan bobot yang diperoleh dari pakar dan bobot faktor dari peneliti digunakan untuk membuat patok duga (*benchmarking*) bobot faktor keefisiensi dan untuk membuat indeks keefisiensi pabrik tekstil.

Desain penelitian sebagaimana dijelaskan pada **Gambar 3.6** digunakan untuk merumuskan indeks keefisiensi pabrik tekstil. Selanjutnya indeks keefisiensi

dapat dipakai untuk menentukan status/indeks nilai keefisiensi pabrik tekstil, apakah suatu besaran/nilai keefisiensi pabrik tertentu berstatus "sangat baik" (sangat ramah lingkungan), "baik" (ramah lingkungan), "sedang" (kurang ramah lingkungan) ataukah "kurang baik" (tidak ramah lingkungan).

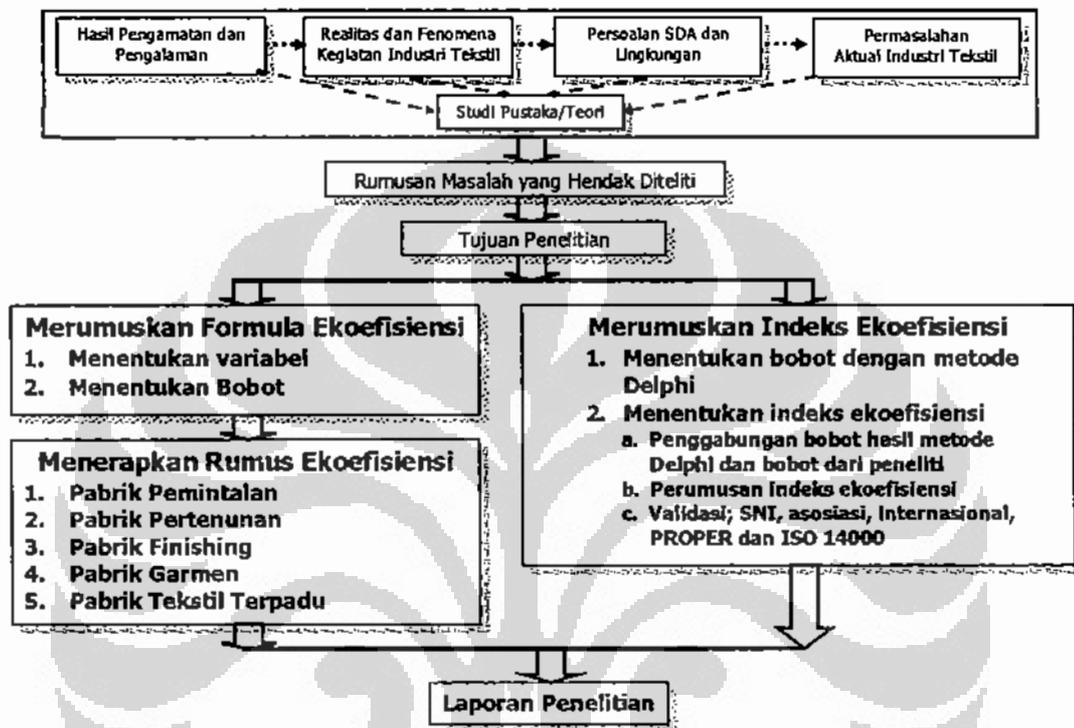


**Gambar 3.6.** Desain Penelitian Untuk Merumuskan Indeks Ekoefisiensi

Dengan membandingkan antara kondisi aktivitas pabrik tekstil dan kondisi lingkungan hidup yang terkena dampak, maka penilaian tidak hanya dilakukan oleh peneliti, tetapi juga melibatkan pakar (ahli lingkungan, ahli industri tekstil dan LSM) untuk menentukan benchmark bobot faktor keefisiensi. Dalam menentukan formula keefisiensi didasarkan atas teori dan pengalaman peneliti untuk kemudian digunakan untuk menghitung nilai keefisiensi pabrik tekstil di wilayah studi.

Untuk menentukan status umum nilai keefisiensi maka dilakukan perbandingan antara benchmark nilai keefisiensi yang bobotnya ditentukan oleh pakar dengan nilai keefisiensi eksisting pabrik tekstil yang diteliti.

Penghitungan nilai keefisiensi ideal menggunakan standar asosiasi, standar nasional (SNI), standar internasional (*Oko-tex standard*) dan lain sebagainya. Dari **Gambar 3.4**; **3.5**; dan **3.6** maka secara menyeluruh desain penelitian disajikan pada **Gambar 3.7** berikut



**Gambar 3.7** Rancangan Menyeluruh Penelitian

**Gambar 3.7** menjelaskan garis besar rancangan penelitian secara menyeluruh yang merefleksikan desain penelitian untuk mencapai tiga tujuan penelitian yaitu merumuskan, menerapkan dan menetapkan indeks keefisiensi yang dapat diterapkan untuk kegiatan pabrik tekstil.

### 3.7. Teknik Perumusan Ekoefisiensi

Rumus dasar yang dipakai dalam penelitian ini adalah rumus tentang efisiensi secara umum yang dihitung berdasarkan perbedaan antara faktor *input* dan *output*.

Faktor ekoefisiensi yang dinilai dan diukur adalah keseluruhan faktor produksi yang meliputi aspek *input*, *proses*, *output* per satuan unit produksi tekstil dan entropi.

Mengukur faktor input produksi dan menghitung nilai ekoefisiensi kegiatan pabrik tekstil secara umum adalah sebagai berikut:

### **1. Input:**

- 1) Menghitung persentase kandungan material utama yang bersifat RR dalam total *input*.
- 2) Menghitung persentase kandungan material pembantu bantu yang bersifat RR dalam total *input*.
- 3) Menghitung persentase kandungan material utama yang bersifat NRR dalam total *input*.
- 4) Menghitung persentase kandungan material bantu yang bersifat NRR dalam total *input*.

### **2. Proses dan Output:**

- 1) Menghitung persentase daya guna material dalam proses produksi.
- 2) Menghitung efisiensi energi listrik.
- 3) Menghitung efisiensi penggunaan air.
- 4) Menghitung efisiensi penggunaan material bantu (kanji).
- 5) Menghitung persentase daya guna penggunaan zat pewarna tekstil.
- 6) Menghitung persentase daya guna penggunaan zat kimia.
- 7) Menghitung kandungan material bantu (logam) pada produksi garmen.

### **3. Entropi:**

- 1) Menghitung persentase *material lost* dalam bentuk limbah padat dan cair.
- 2) Menghitung persentase *energy lost*.

Oleh karena setiap faktor *input* produksi dapat memberikan dampak pencemaran terhadap lingkungan yang belum tentu sama kualitasnya, maka diperlukan pemberian bobot terhadap faktor-faktor pembentuk nilai ekoefisiensi. Sehingga

dalam perumusan keefisiensi maka seluruh faktor-faktor *input* produksi dikalikan dengan masing-masing bobot yang ditetapkan.

### **3.8. Metode Penentuan Bobot Faktor Ekoefisiensi**

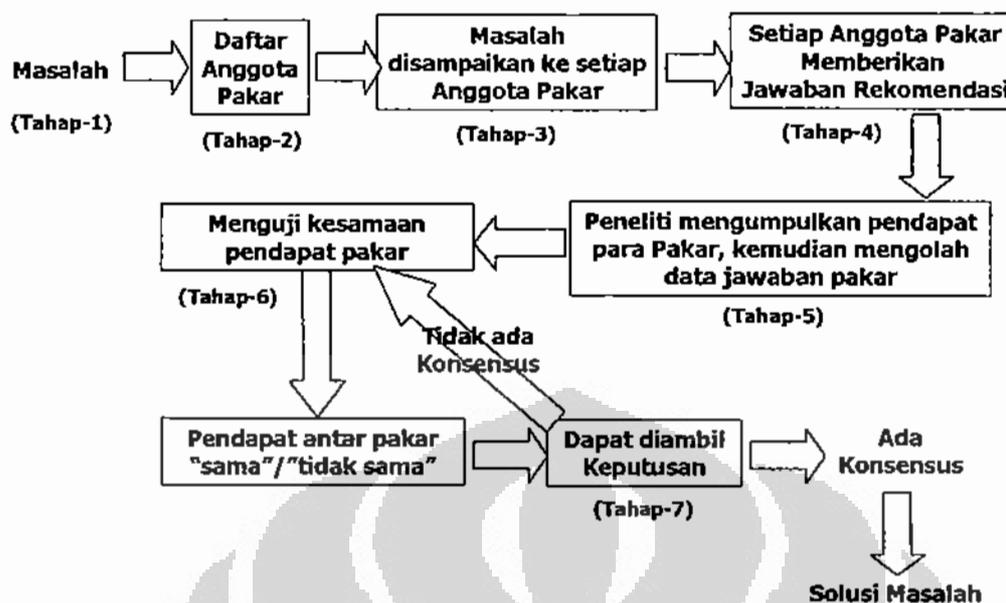
Metode penentuan bobot faktor keefisiensi dilakukan menggunakan metode *expert judgment* yang proses pengambilan keputusannya dapat mengikuti metode Delphi atau metode *analytical hierarchy process* dan lain sebagainya. Pada penelitian ini digunakan metode Delphi yang dimodifikasi sebagaimana dijelaskan di bawah ini. Proses penetapan keputusan menggunakan metode Delphi yang dimodifikasi dimulai dengan identifikasi permasalahan yang akan dicari penyelesaiannya. Permasalahan ini kemudian dijelaskan kepada para pakar yang akan dilibatkan dalam proses Delphi. Para pakar yang terlibat pada proses pembuatan keputusan ini tidak berkomunikasi satu sama lain yang diatur oleh seorang moderator sebagaimana metode Delphi sesungguhnya.

Identifikasi permasalahan dilakukan oleh peneliti dengan target masalah yang harus diberikan solusi oleh pakar adalah berupa "pemberian bobot pemanfaatan materi dan energi pada pabrik tekstil" yang dikaitkan dengan aspek limbah dan pencemaran.

Masalah: bobot pemanfaatan materi dan energi pada pabrik tekstil yang menimbulkan pencemaran lingkungan.

Tujuan: menentukan bobot pemanfaatan materi dan energi pada pabrik tekstil yang mempertimbangkan aspek limbah dan pencemaran lingkungan.

*Objectives*: solusi pemberian bobot yang memperhatikan kepentingan lingkungan untuk mengukur nilai keefisiensi pabrik tekstil.



**Gambar 3.8** Metode Delphi

Dari **Gambar 3.8** metode Delphi, pada tahap *pertama*, peneliti membuat kuesioner yang akan dipelajari/ditanggapi dan dijawab oleh pakar. Tahap *kedua*, Peneliti membuat/menyusun daftar pakar yang akan dimintai pendapatnya. Tahap *ketiga*, Peneliti memberikan penjelasan kepada pakar mengenai; maksud, tujuan, makna bobot, dan hasil yang diharapkan dari kuesioner terkait dengan tujuan penelitian ekoefisiensi pabrik tekstil. Tahap *keempat*, Masing-masing pakar mempelajari masalah yang dijelaskan pada bagian awal kuesioner, kemudian masing-masing pakar memberikan jawaban/rekomendasi secara independent sesuai dengan pendapatnya pada kolom jawaban yang tersedia pada lembar kuesioner. Tahap *kelima*, Hasil jawaban kuesioner yang diisi oleh pakar; dikumpulkan oleh peneliti untuk selanjutnya peneliti menghimpun jawaban pakar dalam tabulasi data. Tahap *keenam*, Data diolah menggunakan metode statistik non parametrik metode ranking atas bobot faktor ekoefisiensi. *Output* pengolahan data pada tahap ini menghasilkan nilai mean rank, standar deviasi, nilai maksimum dan minimum dari bobot yang diberikan oleh pakar. Hasil analisa statistik atas bobot faktor ekoefisiensi yang diberikan oleh 30 pakar kemudian dilakukan uji kesesuaian pendapat/kesesuaian dalam memberikan bobot, menggunakan uji statistik Kendall's W Test. Jika hasil uji menunjukkan adanya kesamaan pendapat antara pakar satu dengan lainnya maka pendapat pakar yang telah diberikan valid untuk dapat

digunakan sebagai solusi masalah. Tetapi jika ternyata pendapat antar pakar tidak sama/tidak selaras berdasarkan uji statistik Kendall's W Test, maka dilakukan permintaan pendapat tahap kedua, ketiga dan seterusnya sampai pendapat antar pakar sama/selaras.

Pada tahap *keenam* ini, mungkin dapat ditetapkan suatu jawaban yang selaras/sama antar jawaban pakar, seandainya ternyata semua anggota sepakat pada satu keputusan (yang diuji menggunakan uji statistik Kendall's W Test). Namun jika diantara anggota pakar tidak tercapai kata sepakat (Nilai Kendall's W Test  $< 0.5$ ), maka peneliti mengulang proses permintaan pendapat ini dengan cara menemui masing-masing pakar sampai ditemukan kesepakatan antar pakar (kembali ke tahap keenam) atau mengkonfirmasi kembali kepada pakar dengan cara mengadakan pertemuan terbatas pada kelompok pakar untuk meminta klarifikasi atas hasil pendapat mereka. Proses tahap ini dimaksudkan juga sebagai proses validasi bobot yang diberikan pakar dalam metode Delphi.

Tahap *ketujuh*, peneliti menggunakan bobot pada rumusan keefisiensi dan mensimulasikannya untuk mendapatkan nilai keefisiensi ideal pabrik tekstil.

Tahap *kedelapan*, pengolahan data untuk menghitung nilai keefisiensi pabrik tekstil eksisting dan menggunakan standar penggunaan materi dan energi pabrik tekstil untuk merumuskan indeks keefisiensi pada berbagai jenis pabrik tekstil.

Pada tahap melakukan penetapan bobot faktor keefisiensi oleh peneliti, dasar pengambilan keputusannya didasarkan kepada:

1. Penetapan bobot faktor keefisiensi pada penelitian ini didasarkan pada teori, pengalaman dan pemahaman penulis tentang ilmu material dan teknik industri tekstil serta bidang ilmu lingkungan. Pemahaman penulis atas ilmu material, teknik produksi tekstil dan ilmu lingkungan dapat dijelaskan sebagai berikut.
  - a. **Pemahaman** tentang ilmu **material tekstil**, baik bahan baku utama maupun bahan baku pembantu produksi. Bahwa sebagian besar material bahan baku untuk produksi tekstil bersumber dari material sintetik yang tidak dapat diperbarui (NRR), sedangkan khusus untuk material kimiawi yang dipakai pada pabrik finishing umumnya bersifat toksik bagi lingkungan.
  - b. **Pemahaman** tentang **teknik produksi tekstil**, bahwa terdapat beberapa kesalahan penerapan teknik dalam proses produksi (khususnya pada

pertenunan dan *finishing*) yang menimbulkan limbah dan pencemaran terhadap lingkungan.

- c. **Pemahaman** tentang **ilmu lingkungan**, bahwa semua sumber daya alam (SDA) yang dimanfaatkan oleh pabrik tekstil untuk berproduksi akan dikembalikan lagi ke lingkungan dalam bentuk produk/tekstil dan entropi.
2. Penetapan nilai bobot juga didasarkan atas sifat limbah dan dampak pencemaran yang ditimbulkan oleh pemakaian jenis, sifat dan karakteristik material dan energi pada proses produksi.
  3. Pemberian bobot menggunakan sistem angka/nilai nominal dan mengadopsi sistem *ecological fingerprint* (BASF 2000) yaitu semakin tinggi angka yang diberikan terhadap faktor ekoefisiensi yang diukur maka berarti pemberi bobot (peneliti maupun para pakar) semakin pro-lingkungan. Nilai/besaran bobot menggunakan angka dengan nilai skala 1 sampai 10. Nilai bobot 1 (satu) berarti penggunaan/pemanfaatan jenis, sifat dan karakteristik material dan energi pada proses produksi memiliki risiko pencemaran yang sangat besar terhadap lingkungan. Sedangkan nilai bobot 10 (sepuluh) berarti penggunaan/pemanfaatan jenis, sifat dan karakteristik material dan energi pada proses produksi memiliki potensi risiko pencemaran yang sangat kecil terhadap lingkungan. Pada **Tabel 3.3** berikut ini dijelaskan arti atau makna nilai bobot faktor ekoefisiensi.

**Tabel 3.3** Arti/Makna Nilai Bobot Faktor Ekoefisiensi

Nilai	Arti/Makna
Bobot = 1	Risiko pencemaran lingkungan "sangat besar"
Bobot = 2	Potensi risiko pencemaran lingkungan "sangat besar"
Bobot = 3	Risiko pencemaran lingkungan "besar"
Bobot = 4	Potensi risiko pencemaran lingkungan "besar"
Bobot = 5	Risiko pencemaran lingkungan "sedang"
Bobot = 6	Potensi risiko pencemaran lingkungan "sedang"
Bobot = 7	Risiko pencemaran lingkungan "kecil"
Bobot = 8	Potensi risiko pencemaran lingkungan "kecil"
Bobot = 9	Risiko pencemaran lingkungan "sangat kecil"
Bobot = 10	Potensi risiko pencemaran lingkungan "sangat kecil"

Dari **Tabel 3.3** bila nilai bobot yang diberikan dalam penelitian ini semakin besar atau mendekati nilai 10 (sepuluh) maka berarti penggunaan/pemanfaatan jenis, sifat dan karakteristik material dan energi pada proses produksi semakin ramah lingkungan. Sebaliknya bila nilai bobot yang semakin kecil atau mendekati nilai 1 (satu) maka berarti penggunaan/pemanfaatan jenis, sifat dan karakteristik material dan energi pada proses produksi semakin tidak ramah lingkungan.

4. Nilai bobot yang diterapkan pada masing-masing faktor keefisiensi selain sebagaimana dijelaskan oleh alasan pemberian nilai bobot pada **Tabel 3.3** adalah:
  - a. Ditinjau dari aspek jenis material bahan baku yang dipakai (RR atau NRR), maka dalam hal ini nilai bobot yang diberikan untuk pemakaian material jenis RR lebih tinggi dibanding material jenis NRR. Asumsi ini didasarkan atas pertimbangan bahwa risiko lingkungan dari factor limbah yang ditimbulkan oleh penggunaan material RR relatif lebih kecil dibanding penggunaan material jenis NRR. Karena risiko lingkungan dari factor limbah yang ditimbulkan oleh penggunaan material RR sangat kecil, maka pemakaian material RR dengan proporsi yang lebih besar dibanding NRR pada proses produksi diberi bobot 10 (sepuluh).
  - b. Berbeda dengan jumlah penggunaan material bahan baku utama RR yang lebih besar dibanding material bantu RR, maka pemakaian material bantu jenis RR (seperti kertas dan karton) memiliki potensi pencemaran yang lebih rendah dibanding material utama jenis RR. Karena jumlah penggunaan material bantu sangat kecil, namun jika pemakaian material bantu jenis RR dengan proporsi yang besar pada proses produksi akan menimbulkan pemborosan yang tidak diperlukan (potensi risiko lingkungan sangat besar) sehingga penggunaan dengan proporsi yang semakin besar diberi bobot 2 (dua).
  - c. Material NRR seperti polyester, nylon, acrylic adalah material yang bersifat tidak dapat diurai oleh mikro organisme dan akan memberikan beban besar pada lingkungan hidup untuk menyerapnya pada saat material produk tersebut telah berubah menjadi sampah. Material yang bersifat tidak dapat terurai oleh mikro organisme tersebut umumnya berasal dari jenis

- sumberdaya NRR sehingga apabila penggunaannya berlebihan akan; 1) lingkungan menerima beban lebih berat dengan adanya limbah material tekstil yang bersifat tidak dapat diurai oleh mikro organisme, 2) mengancam kelestarian lingkungan, 3) menekan kemampuan lingkungan untuk melakukan pemulihan dirinya, dan 4) mengancam ketersediaan sumberdaya alam. Karena risiko pencemaran dari faktor limbah yang ditimbulkan oleh penggunaan material NRR relatif lebih besar dibanding RR dan tergolong memiliki risiko sedang, maka pemakaian material NRR dengan proporsi yang lebih besar dibanding RR pada proses produksi diberi bobot 5 (lima).
- d. Pemakaian material bantu jenis NRR (seperti plastik pembungkus dan tali plastik) memiliki potensi pencemaran yang lebih besar dibanding material bantu jenis RR. Karena jumlah penggunaan material bantu sangat kecil, namun jika pemakaian material bantu jenis NRR dengan proporsi yang besar pada proses produksi akan menimbulkan pemborosan yang tidak diperlukan (risiko lingkungan sangat besar) sehingga penggunaan dengan proporsi yang semakin besar diberi bobot 1 (satu).
  - e. Dayaguna material; dayaguna pemanfaatan materi selama proses produksi semakin tinggi, maka limbah yang terbentuk semakin kecil. Hal ini terkait dengan faktor limbah yang rendah akan memiliki potensi pencemaran yang rendah terhadap lingkungan. Karena faktor dayaguna material yang tinggi merupakan faktor penting terkait dengan potensi risiko pencemaran yang rendah, sehingga pemakaian material produksi yang berdayaguna tinggi diberikan nilai bobot 10 (sepuluh).
  - f. Ditinjau dari aspek penggunaan material logam sebagai aksesoris pakaian pada pabrik garmen yang dapat memberikan risiko pencemaran lingkungan hidup yang sangat besar (bersifat toksik pada saat pakaian menjadi sampah) serta penggunaan material bersifat menyusutnya ketersediaan sumber alam, maka persentase kandungan/penggunaan material logam yang semakin tinggi diberikan nilai bobot 1 (satu).
  - g. Ditinjau dari aspek jenis energi (*renewable* atau *non renewable*), masalah energi sangat penting diperhatikan terkait dengan keberlanjutan ketersediaan energi. Penggunaan energi terkait dengan masalah-masalah lingkungan hidup terutama krisis energi dan pencemaran. Karena pabrik

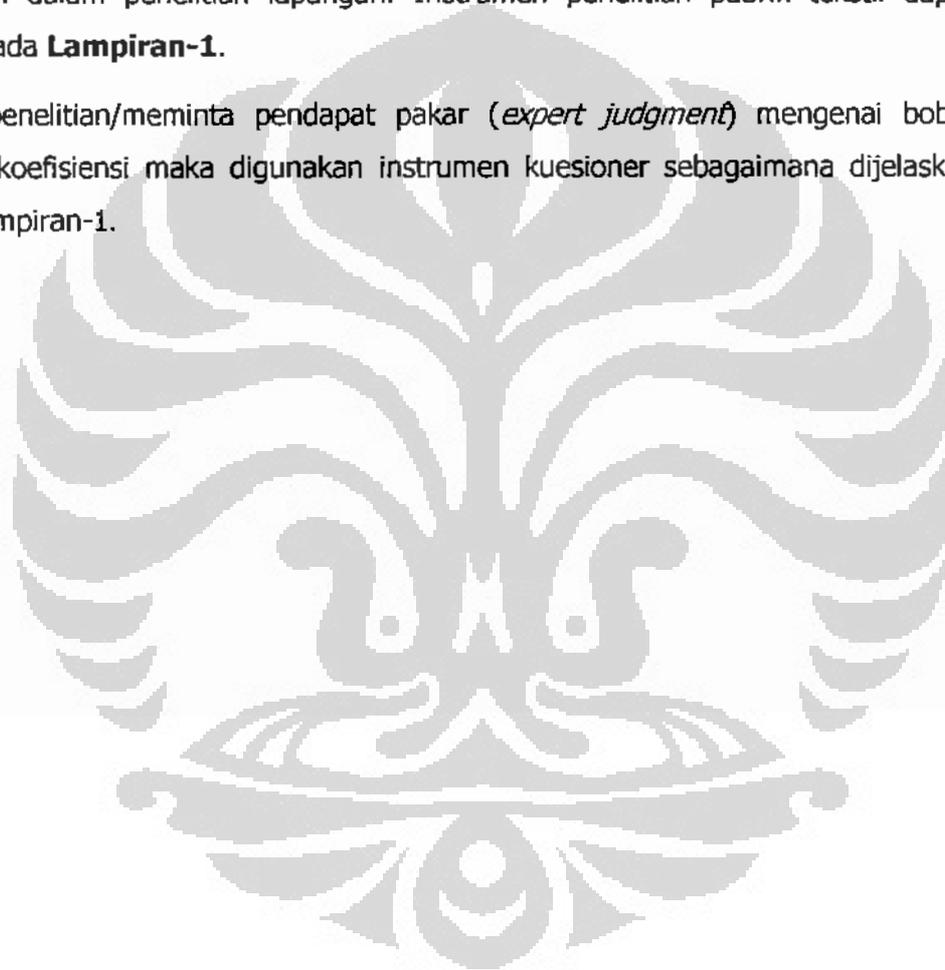
- tekstil umumnya menggunakan energi yang bersifat tidak dapat diperbarui berupa listrik dari PLN atau Generator dan memiliki potensi risiko pencemaran yang kecil bila efisien dalam pemanfaatannya, sehingga penggunaan energi yang efisien diberikan nilai bobot 10 (sepuluh).
- h. Ditinjau dari aspek penggunaan air; pabrik tekstil yang menggunakan air untuk proses produksi adalah pertenunan, *finishing* dan pabrik tekstil terpadu. Karena faktor air merupakan faktor penting terkait hajat dan keberlangsungan makhluk hidup dan memiliki potensi risiko pencemaran yang diberikan oleh air tergolong rendah, maka penggunaan air yang efisien diberikan nilai bobot 10 (sepuluh).
  - i. Ditinjau dari aspek penggunaan kanji pada pabrik pertenunan dan pabrik tekstil terpadu yang banyak memberikan persoalan pencemaran pada perairan. Karena jumlah kanji yang dipergunakan relatif tidak banyak dan memiliki risiko lingkungan yang tergolong sedang, maka penggunaan kanji yang efisien diberikan nilai bobot 5 (lima).
  - j. Ditinjau dari aspek penggunaan zat pewarna pada pabrik *finishing* dan pabrik tekstil terpadu yang jumlahnya relatif kecil dan memiliki risiko lingkungan yang tergolong sedang, maka penggunaan zat warna yang efisien diberikan nilai bobot 5 (lima).
  - k. Ditinjau dari aspek penggunaan zat kimia pembantu proses *finishing* pada pabrik *finishing* dan pabrik tekstil terpadu yang jumlahnya relatif kecil dan memiliki potensi risiko pencemaran lingkungan hidup yang kecil, maka penggunaan zat kimia yang efisien diberikan nilai bobot 10 (sepuluh).

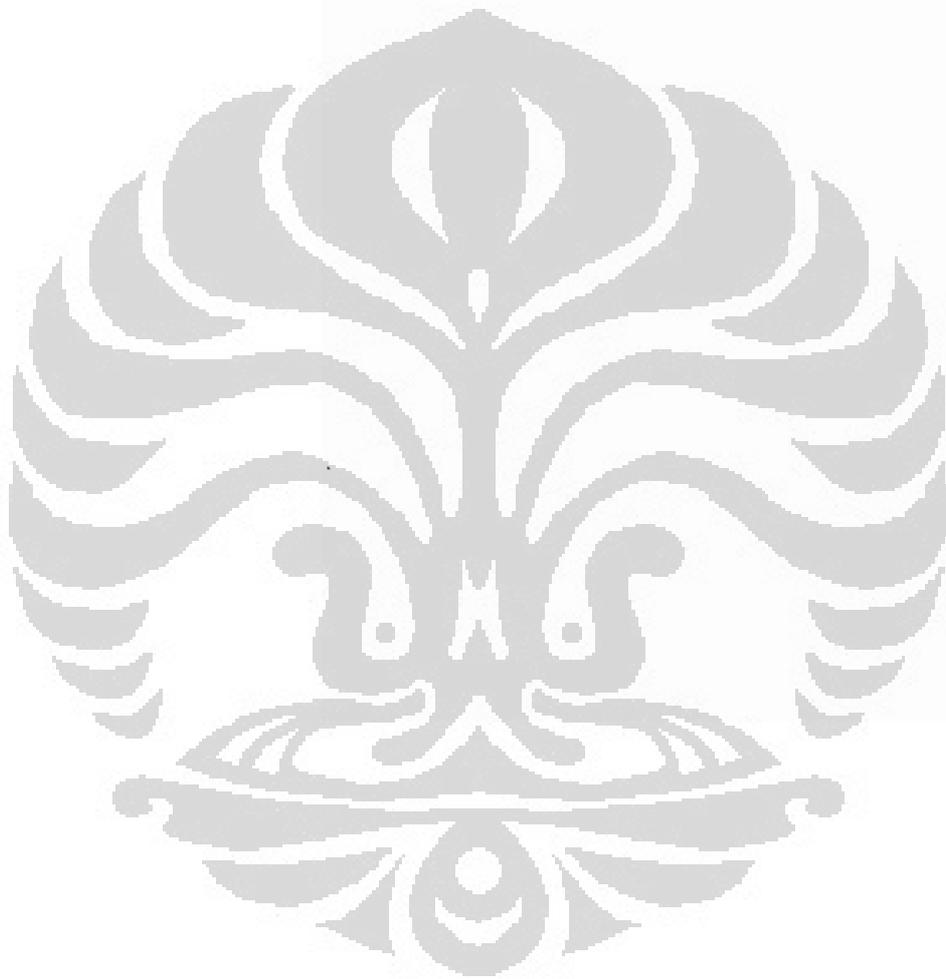
### 3.9. Instrumen Penelitian

Mengacu pada kerangka konsep dalam penelitian sebagaimana dijelaskan pada **Gambar 3.1**, dalam penelitian ini terdapat enam sampai sebelas variabel bebas yang akan diteliti yaitu; material bahan baku yang bersifat *renewable* ( $RR = X_1$ ), material bahan baku pembantu yang bersifat *renewable* ( $mbRR = X_2$ ), material bahan baku yang bersifat *non renewable* ( $NRR = X_3$ ), material bahan baku pembantu yang bersifat *non renewable* ( $mbNRR = X_4$ ), dayaguna material selama

proses produksi ( $Dgm = X_5$ ), persen kandungan material logam pada produk garmen ( $Logam = X_6$ ), efisiensi penggunaan energi ( $\eta.en = X_7$ ), efisiensi penggunaan air ( $\eta.ai = X_8$ ), efisiensi penggunaan kanji ( $\eta.Kanji = X_9$ ), efisiensi penggunaan zat warna ( $\eta.zw = X_{10}$ ), dan efisiensi penggunaan zat kimia ( $\eta.zk = X_{11}$ ). Sedangkan variabel terikat yang diteliti adalah nilai ecoefisiensi pabrik tekstil ( $Y$ ). Dari keduabelas variabel yang akan teliti tersebut di atas maka dibuat satu instrument/kuesioner yang mencakup seluruh pertanyaan terkait yang dijadikan pedoman dalam penelitian lapangan. Instrumen penelitian pabrik tekstil dapat dilihat pada **Lampiran-1**.

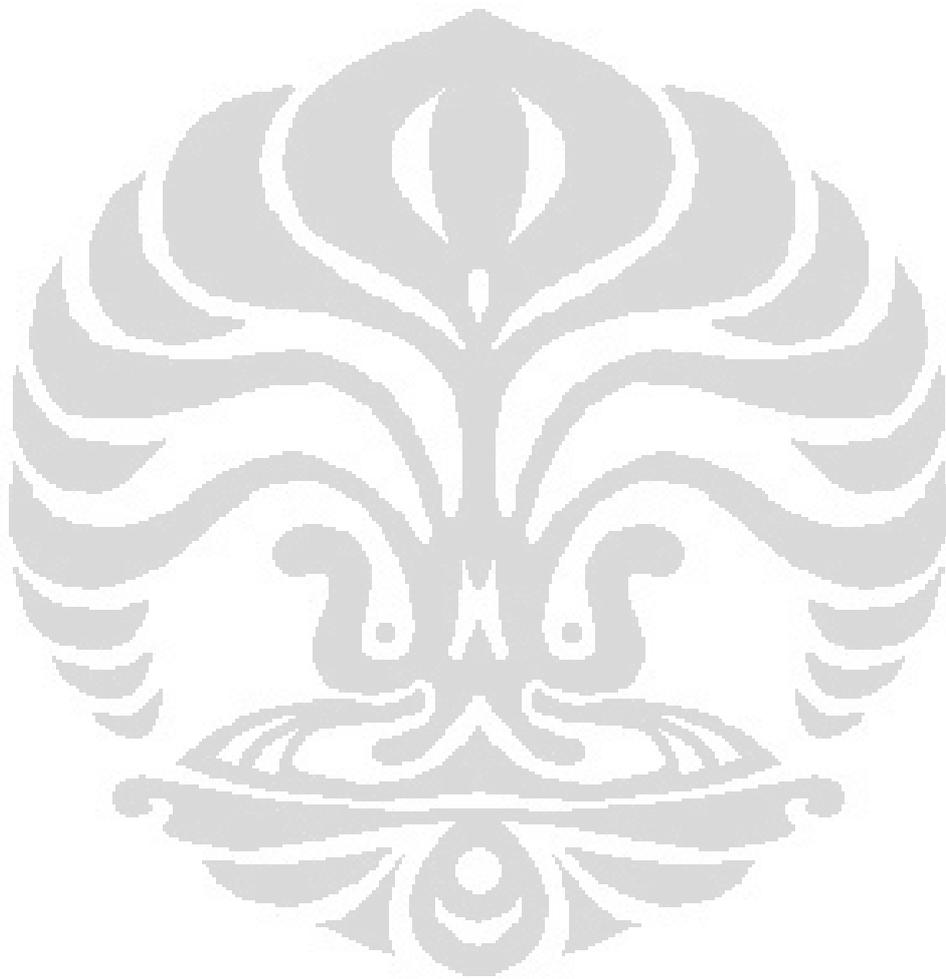
Untuk penelitian/meminta pendapat pakar (*expert judgment*) mengenai bobot faktor ecoefisiensi maka digunakan instrumen kuesioner sebagaimana dijelaskan pada Lampiran-1.



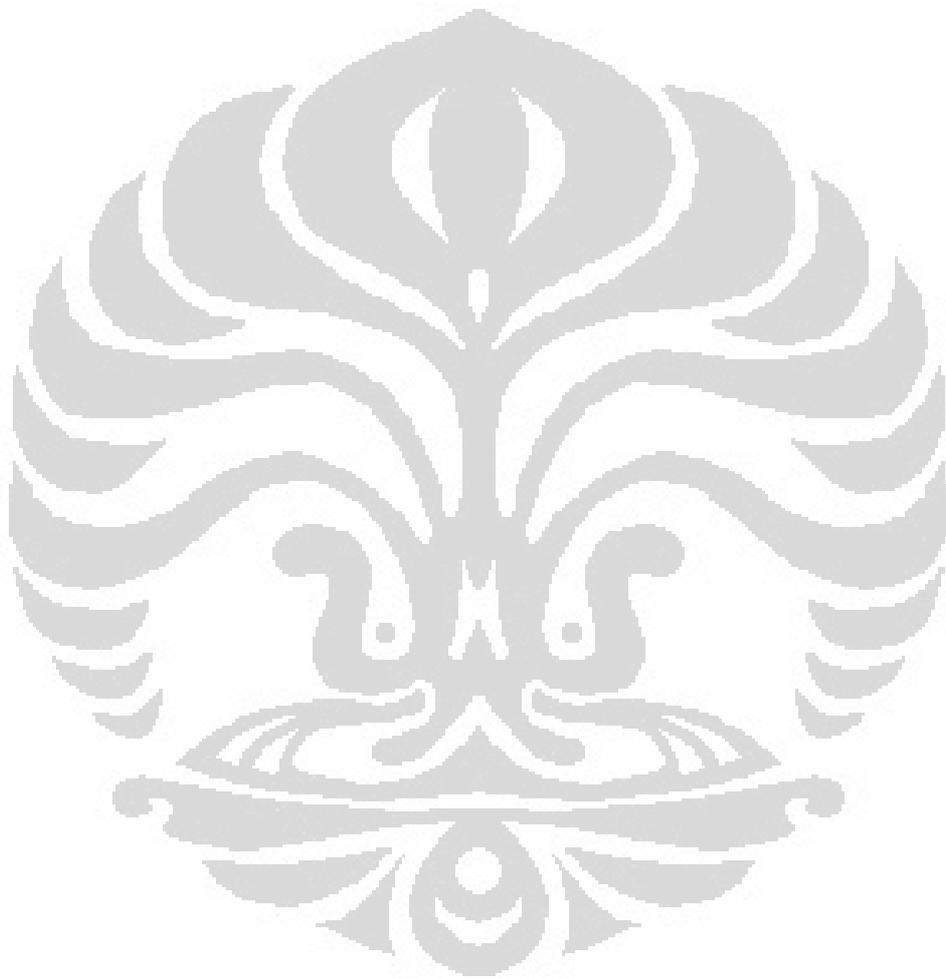


**Tabel 3.4** Matriks Sumber, Sifat, Perlakuan dan Metode Pengumpulan Data Menurut Tahapan Penelitian

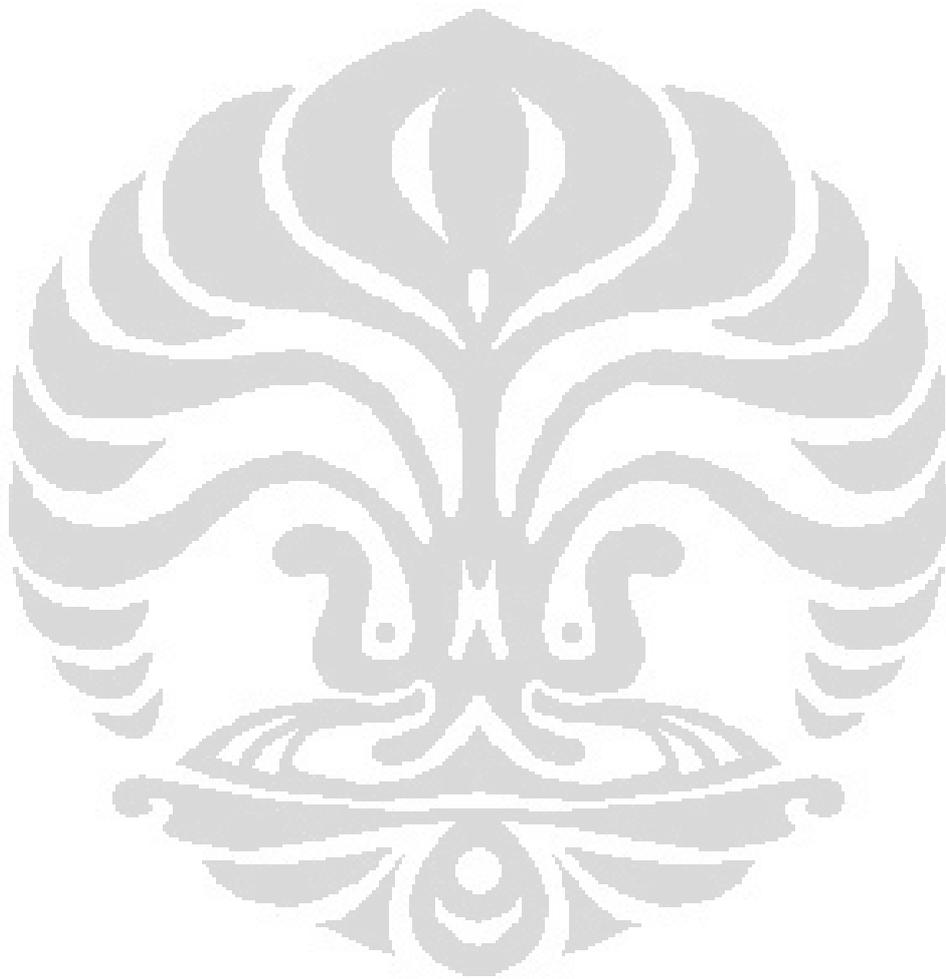
No.	Tahapan Penelitian	Variabel	Metode Ambil Data	Sumber Data	Sumber Teori	Perlakuan	Sifat/Jenis Data
1	Persiapan penelitian	Penetapan penelitian	Studi literatur dan dokumen	Dep. Perindustrian, Asosiasi Pertekstilan Indonesia, Kantor KLH, BPLHD dan BPS Pabrik Tekstil di Jabodetabek, Dep. Perindustrian, Asosiasi Pertekstilan Indonesia, Kantor KLH, BPLHD dan BPS	Suparmoko, 1999. Walpole, 1995	Pencatatan, identifikasi data, pengumpulan data dan melakukan analisis.	Sekunder (jenis, jumlah dan sebaran industri tekstil Indonesia) Primer (alir proses produksi) Sekunder (kapasitas produksi, jumlah limbah dan sistem pengelolaan limbah)
2	Penentuan Metodologi	Faktor-faktor Produksi dan Ekoefisiensi	Survei, eksplorasi	Pabrik Tekstil di Jabodetabek, Dep. Perindustrian, Asosiasi Pertekstilan Indonesia, Kantor KLH, BPLHD dan BPS, Jurnal.	1. Charles O. Holliday and Friends 2. Joseph Fiksel 3. Ljivo Desimone & Popoff 4. Earling Lorenzen 5. Tadahiro Sekimoto 6. Ed Falkman 7. Stephen Schmidhelly	Pengamatan, pengukuran dan penghitungan	Primer dan sekunder
3	Penetapan Metodologi	Pengelolaan Industri/Pabrik Tekstil	Survei, eksplorasi, studi literatur dan dokumen	Pabrik Tekstil di Jabodetabek, Jurnal ilmu pengetahuan	Rangkuman dari teori : Acimit (2004) Djejadiningrat, Surna. 2001 Fiksel (1996) Graedel and Allenby (1995) Gunadi (1984) Moerdoko (1976)	Pengamatan, pengumpulan data dan informasi, analisis	Primer
4	Penetapan Sampel Industri/Pabrik Tekstil	-	-	Departemen Perindustrian, Asosiasi Pertekstilan Indonesia, Dinas perindustrian Daerah, API Daerah.	Suparmoko, 1999. Walpole, 1995	-	kuantitatif



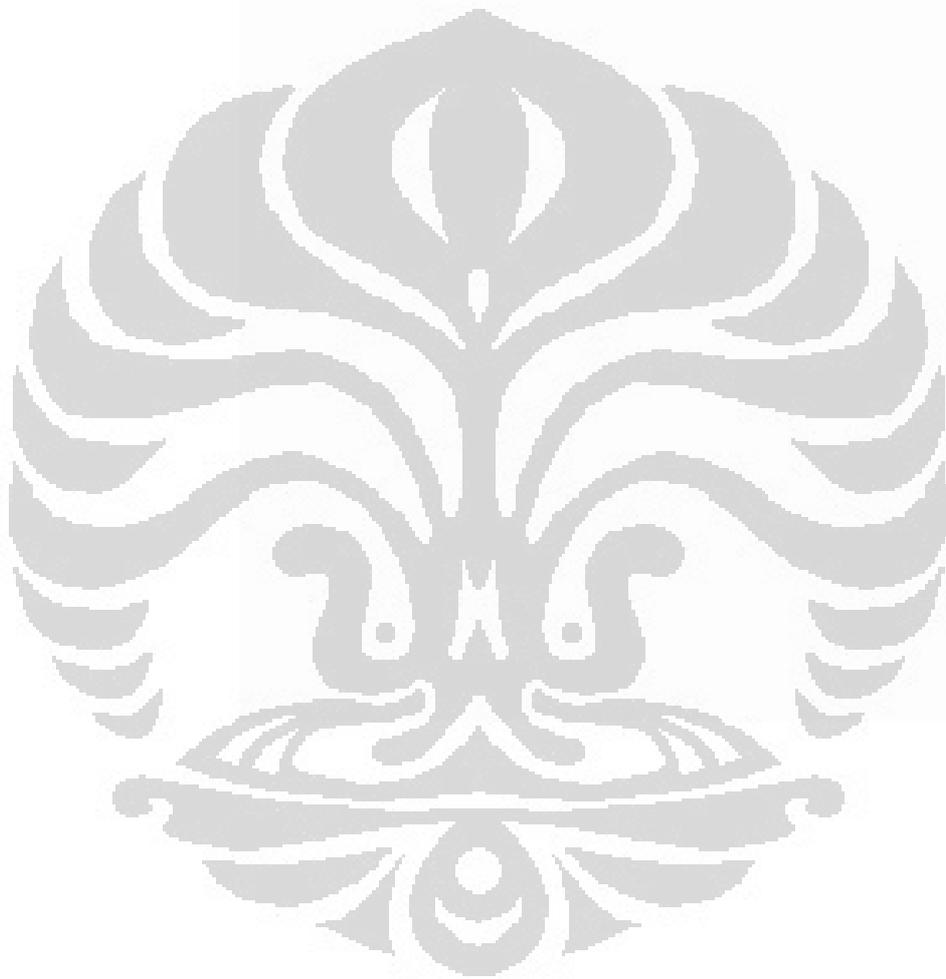
No.	Tahapan Penelitian	Variabel	Metode Ambil Data	Sumber Data	Sumber Teori	Penilaian	Kategori/Jenis Data
5	Penentuan Tahapan Operasional Penelitian	-	-	-	Suparmoko, 1999. Walpole, 1995	-	-
6	Identifikasi aktivitas kegiatan produksi pada pabrik/ industri tekstil.	Aktivitas pabrik sumberdaya, proses produksi dan sifat produk	Survei dan alat kuesioner	Departemen Perindustrian, Asosiasi Pertekstilan Indonesia, Dinas perindustrian Daerah, API Daerah, Jurnal Ilmu pengetahuan	Rangkuman dari teori : Acimit (2004) Desimone and Popoff (2002) Djajadiningrat, Surna. 2001 Fiksel (1996) Graedel and Allenby (1995)	Pengamatan, pengumpulan data dan Informasi, analisis, Orientasi kegiatan industri tekstil, produksi dan distribusi,	kuantitas dan kualitas
7	Pengamatan, pengukuran dan penghitungan	penggunaan material renewable resources yang non-renewable resources;	Eksplorasi, pengukuran, penghitungan, uji laboratorium	Di lima jenis Pabrik/ Industri Tekstil : 1. Pemintalan 2. Pertunanan 3. Pencelupan/ pencapan 4. Garmen/ pakaian jadi 5. Tekstil terpadu	Rangkuman dari teori : 1. Acimit (2004) 2. Desimone and Popoff (2002) 3. Djajadiningrat, Surna. 2001 4. Fiksel (1996) 5. Graedel and Allenby (1995) 6. Gunadi (1984) 7. Moerdoko (1976), 8. dll	1. Menghitung kuantitas dan mengukur kualitas bahan baku yang digunakan pada proses produksi. 2. Menghitung kuantitas bahan baku input/jam produksi. 3. Mengukur dan menghitung Jumlah limbah yang dihasilkan selama produksi. 4. Menghitung efisiensi penggunaan material input dan menghitung output proses produksi.	Primer : Kuantitatif : Kg dan %.  Kualitatif : sintetik, alami, degradable, non degradable, material grade.  Sekunder :
8	Pengamatan, pengukuran dan penghitungan	penggunaan energi renewable dan non-renewable resources	Eksplorasi, pengukuran dan penghitungan.	Di lima jenis Pabrik/ Industri Tekstil : 1. Pemintalan 2. Pertunanan 3. Pencelupan/ pencapan 4. Garmen/ pakaian jadi 5. Tekstil terpadu	Rangkuman dari teori : 1. Fiksel (1996) 2. Graedel (1995) 3. Miller (2002) 4. Dan lain-lain	1. Pengamatan dan Identifikasi jenis dan sumber energi yang digunakan (renewable resources or non-renewable resources). 2. Mengukur dan menghitung jumlah energi listrik yang digunakan untuk membuat 1kg benang sintetik dan atau benang cotton pada pabrik pemintalan. 3. Mengukur dan menghitung jumlah energi listrik yang digunakan untuk proses dyeing finishing 1kg kain pada pabrik finishing. 4. Mengukur dan menghitung jumlah	Primer : Kuantitatif kwh/kg serat, kwh/benang, kwh/kg.kain mentah, kwh/kg.kain finished, kwh/kg.baju. Kualitatif Matahari, batu bara, minyak tanah, solar, gas LPG, listrik PLN, renewable, non



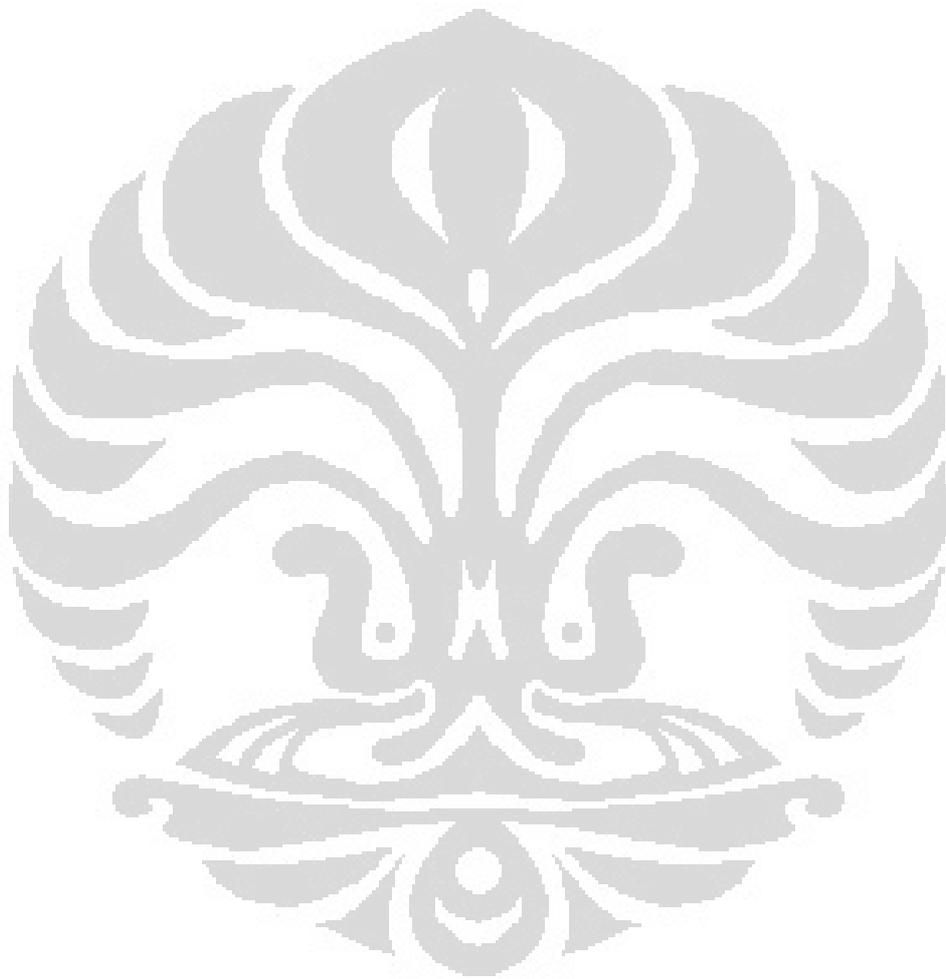
<p>9</p> <p>Pengamatan, pengukuran dan penghitungan</p>	<p>Tahap proses produksi : aspek <i>output</i>, limbah dan pencemaran;</p>	<p>Eksplorasi, pengukuran, menghitung uji dan laboratorium.</p>	<p>Di lima jenis Pabrik/ Industri Tekstil :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemintalan</li> <li>2. Pertenunan</li> <li>3. Pencelupan/ jadi</li> <li>4. Garment/ pakaian</li> <li>5. Tekstil terpadu</li> </ol>	<p>Rangkuman dari teori : Rangkuman dari teori : Acimit (2004) Desimone and Popoff (2002) Djajadiningrat, Surna. 2001 Fiksel (1996) Graedel and Allenby (1995) Gunadi (1984) Moerdoko (1976) dll</p>	<p>1. Pengamatan, pengukuran dan penghitungan hasil produksi serta limbah yang dihasilkan. 2. Mengukur kualitas bahan baku yang digunakan pada proses produksi. 3. Mengukur kualitas limbah dan pencemaran. 4. Menghitung ekofisiensi pada tahap proses produksi.</p>	<p>energi listrik yang digunakan untuk membuat 1kg pakaian pada pabrik garment.</p>	<p>renewable. Sekunder : Kuantitatif kwh/kg serat, kwh/benang, kwh/kg.kain mentah, kwh/kg.kain finished, kwh/kg.baju. Kualitatif Matahari, batu bara, minyak tanah, solar, gas LPG, listrik PLN, renewable, non renewable.</p>
<p>10</p> <p>Merumuskan formula ekofisiensi kegiatan industri/pabrik tekstil.</p>	<p>Faktor ekofisiensi</p>	<p>Studi pustaka/literatur dan hasil penelitian yang sejalan.</p>	<p>Perpustakaan dan media elektronik</p>	<p>Rangkuman dari teori : Rangkuman dari teori : Cohen (1994), Acimit (2004) Desimone and Popoff (2002) Djajadiningrat, Surna. 2001 Fiksel (1996) Graedel and Allenby (1995) Gunadi (1984) Moerdoko (1976) dll</p>	<p>Analisa kualitatif dan kuantitatif</p>	<p>Sekunder : Kuantitatif Kualitatif</p> <p>dan</p>	



No.	Tahapan Penelitian	Variabel	Metode Ambil Data	Sumber Data	Sumber Teori	Perlakuan	Kategori/Jenis Data
11	Menerapkan formula keefisiensi pabrik tekstil	Materi, energi, ekologi	Menggunakan formulasi hasil tujuan penelitian pertama, Analisa kualitatif dan kuantitatif	Di lima jenis Pabrik Industri Tekstil : 1. Permintalan 2. Pencilunan/pencelupan 3. Garment/ pakalan jadi 4. Tekstil terpadu	1. Djajadiningrat, (2001) 2. Livio Desimone & Popoff 3. Earling Lorentzen 4. Tadahiro Sekimoto 5. Charles O. Holliday and Friends 6. Joseph Fiksel dan lain-lain	1. Menghitung efisiensi produksi. 2. Membandingkan jumlah limbah yang dihasilkan dari proses produksi yang ada. 3. Menghitung output proses produksi. 4. Menghitung keefisiensi pada tahap proses produksi menggunakan formula hasil tujuan penelitian pertama. 5. Membandingkan nilai keefisiensi satu pabrik dengan pabrik lainnya.	Data primer diskrit dan kontinu
12	Expert judgment	Penentuan bobot faktor keefisiensi oleh pakar	Delphi	Pakar di Jabodetabek dan Bandung yang terdiri dari: 1. Ahli Tekstil 2. Ahli Lingkungan 3. LSM Bidang Industri dan Lingkungan	The Delphi Method and Applications (Linstone and Turoff, 2002).	1. Minta pendapat pakar menggunakan kuesioner yang telah disusun berdasarkan tujuan penelitian. 2. Menjabarkan hasil pendapat pakar dan menganalisis hasilnya. 3. Minta konfirmasi kembali kepada pakar atas hasil analisis sebagai suatu keputusan bersama mengikut metode Delphi.	Data primer dan kuantitatif kualitatif.
13	Merumuskan indeks keefisiensi	Bobot faktor keefisiensi	Expert judgment Metode Delphi Validasi menggunakan standar; SNI, Asosiasi, Internasional, PROPER dan ISO	Di lima jenis Pabrik Industri Tekstil : 1. Permintalan 2. Pencilunan/pencelupan 3. Garment/ pakalan jadi 4. Tekstil terpadu	1. The Delphi Method Techniques and Applications (Linstone and Turoff, 2002). 2. D. Samson, 1988. managerial Decision Analysis. 3. Simon French, 1988. Decision Theory.	Analisis data hasil pengukuran dan penghitungan	Data primer diskrit dan kontinu



14	Simulasi formula Ekoefisiensi	Faktor ekoefisiensi/variable bebas dan terikat	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Penelitian lapangan di pabrik-pabrik tekstil</li> <li>o Studi literatur</li> <li>o Analisa kualitatif dan kuantitatif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o 14000.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Matematika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o 1. Hines, (1990)</li> <li>o 2. Pramesti, (2005)</li> <li>o 3. Prabisto (2005)</li> <li>o 4. Supranto (1996)</li> <li>o 5. Walpole (1995)</li> <li>o 6. dan lain-lain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o PSILUI, 2007.</li> </ul>	Kuantitatif
15	Pembuatan Laporan Hasil Penelitian	-	-	-	-	-	-	-
16	Seminar Hasil Penelitian	-	-	-	-	-	-	-

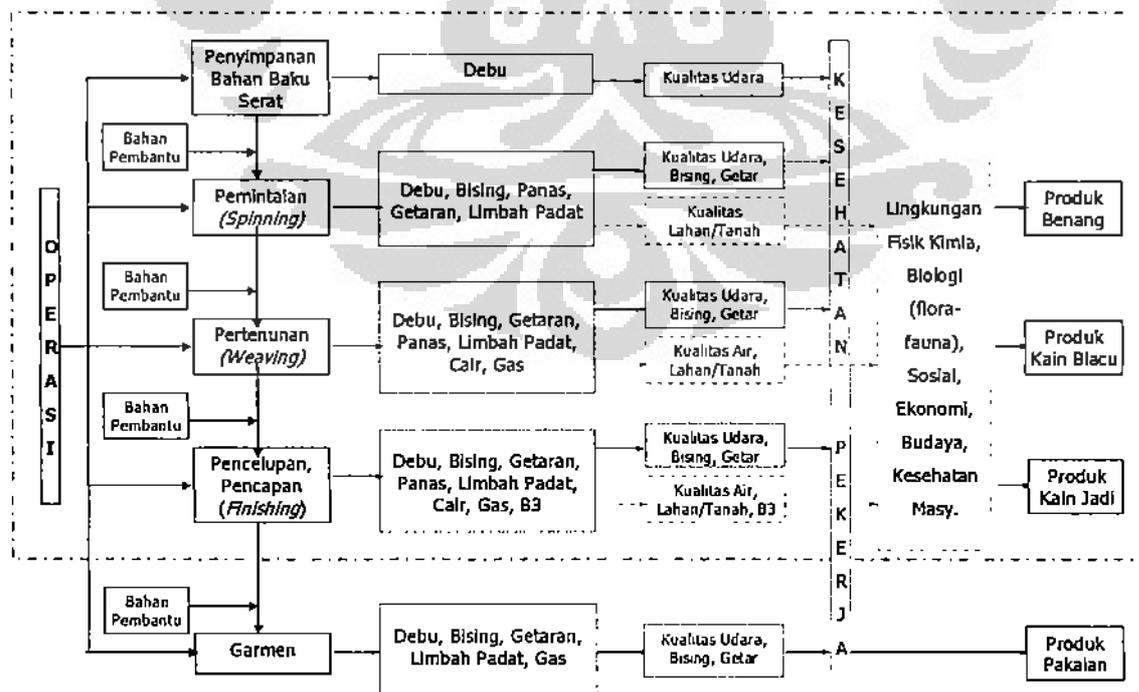


## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil penelitian ini akan dibahas tiga tujuan penelitian yaitu membuat rumusan keefisiensi, mengetahui realitas keefisiensi pabrik tekstil di wilayah studi dan merumuskan indeks keefisiensi kegiatan berbagai jenis pabrik tekstil. Jenis kegiatan pabrik tekstil yang dimaksud adalah; 1) pemintalan (*spinning*), 2) pertenunan (*weaving*), 3) penyempurnaan tekstil (*finishing*), 4) garmen dan 5) pabrik tekstil terpadu (*integrated textile mills*).

### 4.1. Fenomena Lingkungan Industri Tekstil

Fenomena lingkungan industri secara konseptual dikaji melalui konsep keefisiensi yaitu pengkajian penggunaan materi dan energi pada proses industri (Fiksel, 1996:55-82). Pengkajian fenomena kegiatan pabrik tekstil bertujuan untuk mengetahui keefisiensi yang dilihat dari aspek *input*, proses dan *output* produksi tekstil. Secara faktual hasil penelusuran pada rangkaian kegiatan proses produksi mulai dari pabrik pemintalan, pertenunan, penyempurnaan tekstil, sampai pabrik garmen terhadap lingkungannya dapat dijelaskan pada **Gambar 4.1** berikut.



**Gambar 4.1** Proses Penelusuran Kegiatan Produksi Tekstil Tahap *Input*, Proses dan *Output*

Secara konseptual sesuai Hukum Termodinamika maka pabrik-pabrik tekstil menghasilkan berbagai jenis limbah padat, cair dan gas yang dilepas ke lingkungan yang disebut sebagai entropi (*entropy*). Secara factual pabrik pemintalan dicirikan menghasilkan entropi berupa limbah padat berbentuk debu, potongan serat dan benang, serta sisa *packaging*, sedangkan pencemaran berupa bising, panas dan getaran. Pengaruh negatif yang ditimbulkan oleh kegiatan pabrik pemintalan tidak akan sampai pada lingkungan di luar pabrik, karena limbah dan pencemaran dapat dengan mudah di kelola di dalam areal ruangan pabrik. Pengaruh negatif kegiatan pabrik pemintalan ini lebih terbatas pada lingkungan kerja yaitu penerima pengaruh adalah pekerja yang mudah terpapar oleh cemaran debu serat, bising dan getaran. Cemaran debu berasal dari kegiatan pengolahan bahan baku serat yang sifatnya halus dan mudah beterbangan di ruang kerja sehingga dapat mengancam kesehatan pekerja. Sedangkan cemaran bising dan getar berasal dari aktifitas putaran mesin *spinning* dan alat produksi yang memiliki gesekan tinggi dan mengeluarkan suara bising yang bisa mencapai 100 dB(A) sehingga dapat mengancam kesehatan pekerja (Rizal, 1999 p.122).

Secara faktual pabrik pertenunan menghasilkan produk kain mentah atau blacu dengan entropi berupa limbah padat dan cair. Limbah padat berbentuk sisa potongan benang, pembungkus, potongan kain, *sludge* kanji, limbah cair berupa sisa larutan kanji, sedangkan pencemaran lingkungan berupa panas, bising, getaran dan gas. Pengaruh negatif yang ditimbulkan oleh kegiatan pabrik pertenunan ini lebih luas dibanding pengaruh kegiatan pabrik pemintalan. Pengaruh pada lingkungan kerja yaitu pekerja yang mudah terpapar oleh cemaran debu serat, bising dan getaran. Cemaran debu berasal dari kegiatan pengolahan bahan baku benang yang mempunyai serat-serat halus dan mudah beterbangan di ruang kerja sehingga dapat mengancam kesehatan pekerja. Cemaran bising dan getar berasal dari aktifitas putaran mesin *weaving* dan alat produksi yang memiliki gesekan tinggi dan mengeluarkan suara bising >100 dB(A) sehingga sehingga dapat mengancam kesehatan pekerja. Sedangkan cemaran gas uap air berasal dari aktifitas penganjarian benang sehingga dapat mengancam kesehatan pekerja. Cemaran air berasal dari aktifitas penganjarian benang apabila dilepas ke lingkungan

dan tidak dikelola sesuai baku mutu maka limbah tersebut ini dapat mengancam biota perairan dan manusia yang beraktivitas di sekitar lingkungan pabrik.

Secara factual pabrik *finishing* tekstil menghasilkan produk kain jadi dengan entropi yang khas berupa limbah cair, padat dan gas. Limbah cair *finishing* tekstil berupa sisa larutan pewarna proses pencelupan dan pencapan, larutan kimia *finishing* dan *sludge* IPAL *finishing*, limbah padat berbentuk sisa potongan kain, sisa *packaging*, sedangkan polutan berupa panas, bising, getaran dan gas. Pengaruh negatif yang ditimbulkan oleh kegiatan pabrik *finishing* tekstil ini lebih luas dibanding pengaruh kegiatan pabrik pemintalan. Pengaruh pada lingkungan kerja yaitu pekerja yang mudah terpapar oleh cemaran debu serat dari kain, bising, getaran dan gas. Cemaran debu berasal dari kegiatan pengolahan bahan baku kain yang mempunyai serat-serat halus dan mudah beterbangan di ruang kerja sehingga dapat mengancam kesehatan pekerja. Cemaran bising dan getar berasal dari aktifitas putaran mesin *finishing* tekstil dan alat produksi yang memiliki gesekan tinggi dan mengeluarkan suara bising dapat mengancam kesehatan pekerja (Rizal, 1999 p.131). Sedangkan cemaran gas uap air dan zat kimia berasal dari aktifitas *finishing* tekstil dapat mengancam kesehatan pekerja. Sedangkan cemaran air berasal dari aktifitas *finishing* tekstil adalah bersifat racun yang menurut Nawangsidi (1998:29) bila dilepas ke lingkungan tidak dikelola menurut baku mutu maka hal ini dapat mengancam biota perairan dan manusia yang beraktivitas di lingkungan pabrik.

Secara faktual pabrik garmen dicirikan menghasilkan limbah padat berupa debu, potongan kain dan benang, serta sisa *packaging*, sedangkan polutan berupa suara bising, panas dan getaran. Pengaruh negatif yang ditimbulkan oleh kegiatan pabrik garmen tidak akan sampai pada lingkungan di luar pabrik. Pengaruh negatif kegiatan pabrik garmen ini lebih terbatas pada lingkungan kerja yaitu penerima pengaruh adalah pekerja yang mudah terpapar oleh cemaran debu serat dari kain, bising dan getaran. Cemaran debu berasal dari kegiatan pengolahan bahan baku kain yang berserat halus dan mudah beterbangan di ruang kerja sehingga dapat mengancam kesehatan pekerja. Sedangkan cemaran bising dan getar berasal dari aktifitas putaran mesin garmen dan alat produksi lainnya yang memiliki gaya gesek tinggi dan mengeluarkan suara bising sehingga dapat mengancam kesehatan pekerja.

Khusus untuk proses produksi pada pabrik tekstil terpadu sebagaimana dijelaskan pada **Gambar 4.1** di atas terdapat di dalam batas garis strip-titik warna ungu terdiri atas 3 kegiatan pabrik yang dikelola secara terpadu yaitu; pemintalan, pertenunan dan *finishing*. Ciri dan karakteristik limbah dan pencemaran yang dihasilkan oleh pabrik tekstil terpadu adalah integrasi limbah dan pencemaran kegiatan pabrik *spinning*, *weaving* dan *finishing*. Limbah tersebut pada dasarnya dapat terjadi akibat adanya material produksi baik bahan utama maupun bahan pembantu yang tidak dapat dimanfaatkan secara baik dan sempurna selama proses produksi. Penyebab terjadinya limbah secara umum disebabkan oleh karena aspek manajerial, teknologi dan aspek attitude pengelola pabrik tekstil.

Konsep keefisiensi yang menganut prinsip *sustainability* ketersediaan sumberdaya alam dalam penggunaannya, maka bahan baku (material) yang digunakan untuk proses produksi tekstil dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu; golongan material yang dapat diperbarui (*renewable resources* disingkat menjadi **RR** atau **R**) dan golongan material yang tidak dapat diperbarui (*non renewable resources* disingkat menjadi **NR** atau **NRR**). Jenis material dan sifat ketersediaan material dalam sumber daya alam yang digunakan pada proses produksi pada berbagai jenis pabrik tekstil dijelaskan pada **Table 4.1** berikut.

**Tabel 4.1** Jenis Material yang Digunakan pada Proses Produksi Tekstil

No.	Jenis material	Pabrik					Sifat Material terhadap Lingkungan Hidup
		<i>Spinning</i>	<i>Weaving</i>	<i>Finishing</i>	Garmen	Terpadu	
1	<b>RR:</b> Cotton, Rayon, Rami	*	*	*	*	*	Degradable
2	<b>mbRR:</b> kertas, karton	*	*	*	*	*	Degradable
3	<b>NRR:</b> Polyester, nylon, acrylic	*	*	*	*	*	Non biodegradable
4	<b>mbNRR:</b> plastik pembungkus, tali	*	*	*	*	*	Non biodegradable
5	Logam	X	X	X	*	X	Toksik
6	Energi	*	*	*	*	*	Non renewable, panas, polutant, penting
7	Air	X	*	*	X	*	Tidak berbahaya dan penting
8	Kanji	X	*	X	X	*	Toksik
9	Zat warna	X	X	*	X	*	Toksik
10	Zat kimia	X	X	*	X	*	Toksik

Keterangan:

\* : Digunakan pada proses produksi

X : Tidak digunakan pada proses produksi

RR : Renewable Resources  
 NRR : Non Renewable Resources  
 mb : Material Bantu

Berdasarkan **Tabel 4.1** daftar jenis material yang digunakan pada proses produksi tekstil maka secara umum sifat material bahan baku yang dipakai oleh pabrik tekstil dan sifat limbah terhadap lingkungan adalah; *degradable* dan tidak, *non renewable*, panas, polutant, dan toksik. Dilihat dari proporsi penggunaan material pada proses produksi, misal penggunaan jumlah zat warna sangat sedikit dibanding penggunaan material Cotton dan lain sebagainya, sehingga yang penggunaan material yang bersifat non *degradable* diperkirakan jauh lebih besar pengaruhnya terhadap pencemaran lingkungan. Hal ini disebabkan jumlah ataupun proporsi calon limbah yang bersifat tidak terurai pada produk tekstil pascapakai jauh lebih penting diperhatikan dibanding limbah zat warna dan zat kimia yang sudah ada teknologi untuk mengelolanya.

Secara teoritis sifat dari jenis material bantu atau bahan penolong yang digunakan oleh pabrik tekstil untuk memproduksi dapat dirinci pada **Tabel 4.2** berikut.

**Tabel 4.2** Sifat Material Pembantu yang Digunakan Pabrik Tekstil

No.	Proses (pabrik)	Material (RR/NRR)	Sifat <sup>*)</sup>
1	<b>Packaging</b> (Pemintalan, Pertenunan, <i>Finishing</i> , Garmen dan Pabrik Tekstil Terpadu)	Kertas pembungkus (RR) Karton penggulung benang (RR) Karton penggulung kain (RR) Karton box (RR) Kertas label (RR) Plastic pembungkus (NRR) Plastic pengikat (NRR) plastic label (NRR)	Tidak berbahaya Tidak berbahaya Tidak berbahaya Tidak berbahaya Tidak berbahaya Tidak berbahaya Tidak berbahaya
2	<b>Penghilangan kanji</b> (Pertenunan dan Pabrik Tekstil Terpadu)	1. Air 2. Hydrochloric acid (HCl) (NRR) 3. Sulfuric acid (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) (NRR) 4. Sodium carbonate (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) (NRR) 5. Sodium hydroxide (NaOH) (NRR) 6. Sodium hypochlorite (NaOCl) (NRR) 7. Sodium chlorite (NaClO <sub>2</sub> ) (NRR) 8. Sodium bromite (NaBrO <sub>2</sub> ) (NRR) 9. Peroxymonosulfuric (H <sub>2</sub> SO <sub>5</sub> ) (NRR) 10. Potasium peroxydiphosphate (K <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ) (NRR) 11. Hydrogen peroxide (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (NRR) 12. Sodium perborate (NaBO <sub>3</sub> ·4H <sub>2</sub> O) (NRR) 13. Sodium carbonate-hydrogen peroxide (γ-Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·3H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (NRR) 14. Peracetic acid (CH <sub>3</sub> COOOH) (NRR)	Tidak berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya
3	<b>Pemasakan</b> ( <i>Finishing</i> dan Pabrik Tekstil Terpadu)	1. Air 2. Hydrochloric acid (HCl) (NRR) 3. Sodium carbonate (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) (NRR) 4. Sodium hydroxide (NaOH) (NRR)	Tidak Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya
4	<b>Pemutihan</b> ( <i>Finishing</i> dan Pabrik	1. Air 2. NaOCl (NRR)	Tidak Berbahaya Berbahaya

	Tekstil Terpadu)	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. NaClO<sub>2</sub> (NRR)</li> <li>4. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (NRR)</li> <li>5. Bis(triazinyl) stilbenes (NRR)</li> <li>6. Nonionic distryl-arenes (NRR)</li> <li>7. 1,3-diphenyl-2-pyrazolines (NRR)</li> <li>8. Bis(benzoxazoles) (NRR)</li> <li>9. Cationic azoles (NRR)</li> <li>10. Sodium silicate (NRR)</li> <li>11. Soda ash (NRR)</li> <li>12. Detergent (NRR)</li> </ol>	Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya
5	Pencelupan dan pencapan (Finishing dan Tekstil Terpadu)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Air</li> <li>2. Disperse dyestuff (NRR)</li> <li>3. Reactive dyestuff (NRR)</li> <li>4. Vat dyestuff (NRR)</li> <li>5. Disperse Vat dyestuff (NRR)</li> <li>6. NaOH (NRR)</li> <li>7. Garam Glouber (NRR)</li> <li>8. Reduktor (Sodium Hidrosulfit) (NRR)</li> <li>9. Oksidator (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (NRR)</li> <li>10. Netralisator (acetic acid) (NRR)</li> <li>11. Soaping agent (NRR)</li> <li>12. Antimigasi (NRR)</li> <li>13. Wetting agent (NRR)</li> </ol>	Tidak Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya
6	Finishing effect (Finishing dan Tekstil Terpadu)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Air</li> <li>2. Base resin (NRR)</li> <li>3. Softener (NRR)</li> <li>4. Catalyst (NRR)</li> <li>5. Optical brightening agent (NRR)</li> <li>6. Fixing agent (NRR)</li> <li>7. Dispersing agent (NRR)</li> </ol>	Tidak Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya
7	Garmen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Benang jahit (NRR dan RR)</li> <li>2. Kertas pelapis (RR)</li> <li>3. Plastic kancing dan zipper (NRR)</li> <li>4. Plastic pembungkus (poly-bag) (NRR)</li> <li>5. Plastic pengikat (NRR)</li> <li>6. Logam kancing, zipper, rivets, buckles, hook, eyes, clasps, D-rings (NRR).</li> </ol>	Tidak Berbahaya Tidak Berbahaya Tidak Berbahaya Tidak Berbahaya Tidak Berbahaya Berbahaya

Sumber : Hasil Survei, 2005

Keterangan :

<sup>7</sup> Toksikologi Material

RR : Renewable Resources

NRR : Non Renewable Resources

Berdasarkan **Tabel 4.2** daftar sifat material pembantu yang digunakan pabrik tekstil maka secara umum sifat material bahan baku pembantu yang dipakai oleh pabrik tekstil dan sifat limbah terhadap lingkungan adalah; berbahaya dan tidak berbahaya. Dilihat dari jenis pabrik tekstil yang berpotensi besar menghasilkan limbah yang berbahaya adalah pabrik pertenunan, *finishing* dan pabrik tekstil terpadu.

Hasil penelitian terhadap sifat dan karakteristik material dan limbah proses produksi tekstil secara umum serta pengaruhnya terhadap lingkungan hidup di kemudian hari dijelaskan pada **Tabel 4.3** berikut.

Dari **Tabel 4.3** daftar sifat dan karakteristik material dan limbah produksi tekstil maka secara umum sifat dan karakteristik material dan limbah pabrik tekstil

terhadap lingkungan adalah tidak dapat didegradasi oleh alam dan bersifat toksik. Mengatasi permasalahan lingkungan dalam paradigma limbah atau entropi hendaknya ditujukan ke arah alternatif pemilihan terhadap pemanfaatan sumber daya alam dan energi yang berkualitas serta menekan seminimum mungkin entropi yang akan mengganggu lingkungan sebagaimana dijelaskan oleh Nawangsidi (1998:29), Graedel (1996), Stephen Schmidheiny (1992) dan lain sebagainya sebagaimana dijelaskan pada **Tabel 2.4**.

**Tabel 4.3** Sifat dan Karakteristik Material dan Limbah Produksi Tekstil

No.	Jenis material	Sifat Material Terhadap Lingkungan Hidup	
		Bahan Baku/pembantu	Limbah
1	RR; cotton, rayon, rami	Dapat diperbarui	Dapat didegradasi oleh alam
2	mbRR: kertas, karton	Dapat diperbarui	Dapat didegradasi oleh alam
3	NRR; polyester, nylon, acrylic	Tidak dapat diperbarui	Tidak dapat didegradasi oleh alam, toksik bila dibakar
4	mbNRR; plastik pembungkus, tali	Tidak dapat diperbarui	Tidak dapat didegradasi oleh alam, toksik bila dibakar
5	Logam	Penyusutan sumberdaya	Toksik, korosif, dapat didaur ulang (recycable)
6	Energi	Tidak dapat diperbarui	panas, bising, getar, pollution
7	Air	Tidak pernah habis, recycable, kualitas cenderung menurun setiap waktu, tidak berbahaya, dibutuhkan oleh makhluk hidup.	Transportasi limbah dan pencemar, pengencer limbah, bisa bersifat toksik, recycable
8	Kanji	Sintetik, tidak dapat diperbarui	Toksik, tidak dapat didegradasi oleh alam
9	Zat warna	Sintetik, tidak dapat diperbarui	Toksik, tidak dapat didegradasi oleh alam
10	Zat kimia	Sintetik, tidak dapat diperbarui	Toksik, tidak dapat didegradasi oleh alam

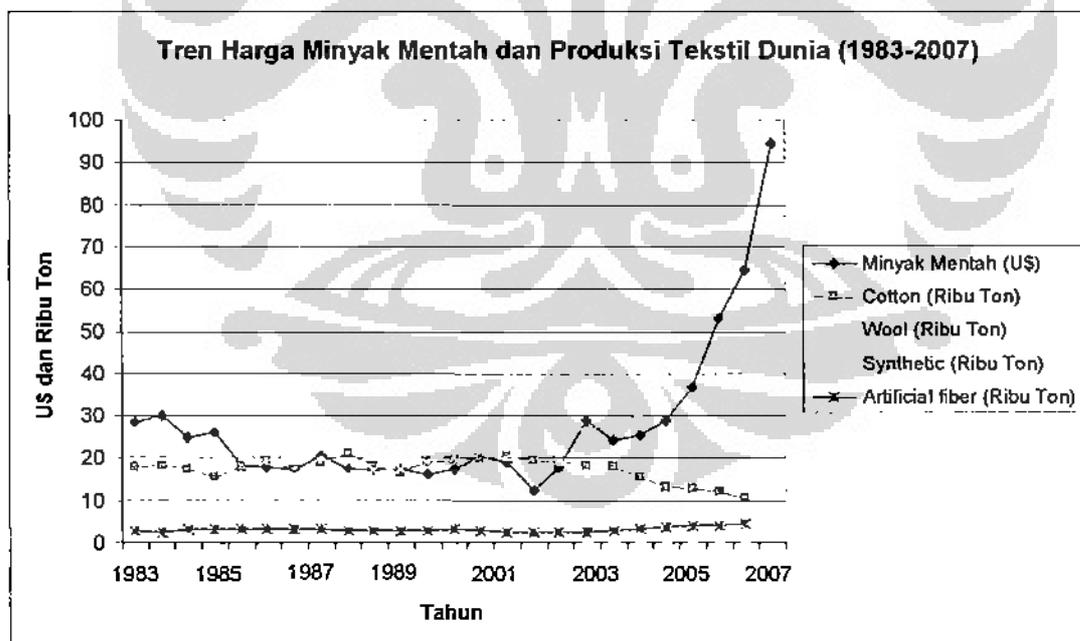
Sumber : Hasil Survai, 2005

Material dan limbah produksi tekstil tersebut pada **Tabel 4.3** yang mengandung unsur-unsur berbahaya dan beracun, apabila pada proses produksi material yang tidak dimanfaatkan secara sempurna akan menghasilkan sisa-sisa yang kemudian dibuang ke lingkungan sehingga dapat mengganggu dan bahkan bisa mematikan makhluk lain yang ada di lingkungan tersebut. Untuk itu perlu penanganan yang terencana dan ekstra hati-hati dalam pemanfaatan material bersifat toksik tersebut. Demikian pula untuk material yang bersifat korosif, karena sifat korosif yang timbul pada material peralatan logam umumnya sangat berbahaya bagi kesehatan manusia (rentan pada kulit, selaput lendir, sakit liver, ginjal maupun sistem saraf)

maupun makhluk hidup di lingkungan tersebut (Oeko-Tex Association, 2006:7). Sedangkan untuk material yang tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme tanah bila menjadi limbah yang dibuang ke lingkungan, maka material ini dapat menghambat pertumbuhan biota dalam tanah seperti gangguan terhadap akar tumbuhan, mengganggu pernafasan biota, menghambat aliran oksigen ke tanah dan lain sebagainya (Subagja, 2001:38).

Pengaruh penggunaan material tekstil terhadap faktor eksternal misalnya dapat kita lihat pada trend harga minyak bumi yang kian hari semakin mahal. Berikut ini disajikan data trend harga minyak mentah dan produksi tekstil dunia, produksi tekstil jenis RR diwakili oleh Cotton dan Wool sedangkan produksi tekstil jenis NRR diwakili oleh synthetic fiber dan artificial fiber.

Perkembangan jumlah produksi tekstil dan harga minyak mentah dunia selama dua puluh lima tahun terakhir yaitu tahun 1983-2007 sebagaimana dirinci pada **Tabel L-5.10** pada **Lampiran-5** disimulasikan dalam bentuk grafik berikut.



**Gambar 4.2.** Kecenderungan Harga Minyak Mentah dan Produksi Tekstil Dunia

Berdasarkan pada **Gambar 4.2.** tentang kecenderungan harga minyak mentah dan produksi tekstil dunia selama lebih dari dua dekade memperlihatkan bahwa dekade

pertama tahun 1983-1992 harga minyak bumi menunjukkan kecenderungan menurun dari kisaran 30U\$ ke kisaran 20U\$. Pada kurun waktu yang bersamaan jumlah produksi tekstil dunia berbahan material sintetik (*polyester, nylon, acrylic*) cenderung naik, sedangkan jumlah penggunaan material alami (*cotton*) cenderung stabil. Pada dekade kedua tahun 1993-2006 harga minyak bumi memperlihatkan kecenderungan meningkat dari kisaran 20U\$ ke kisaran 65U\$, dan bahkan pada akhir tahun 2007 mencapai harga di atas 90U\$. Pada kurun waktu yang bersamaan jumlah produksi tekstil berbahan sintetik cenderung naik sedangkan penggunaan material alami cenderung menurun. Namun kenyataan pada saat kenaikan harga minyak bumi pada akhir tahun 2007 menimbulkan gejolak pada industri tekstil khususnya pabrik pembuatan serat sintetik dimana jumlah produksinya cenderung menurun.

Keadaan tersebut di atas dapat terjadi sebagai akibat dari hubungan langsung antara bahan baku utama pabrik pembuatan serat sintetik dengan minyak bumi berupa Naptha sebagaimana dijelaskan pada **Gambar 2.7** sedangkan pabrik tekstil (*pemintalan, pertenunan, finishing* dan *garmen*) belum merasakan dampaknya kecuali untuk keperluan bahan bakar. Keadaan kenaikan produksi tekstil berbahan sintetik sebagaimana dijelaskan pada **Gambar 4.2** di atas menunjukkan hal yang sama pada kegiatan industri tekstil nasional yang diperlihatkan oleh data penggunaan material bahan baku produksi yang lebih banyak menggunakan material sintetik dibanding material alami (**Gambar 2.8** Konsumsi Serat Tekstil Dunia). Hal ini bila dikaitkan dengan lingkungan alam sebagai penyedia sumber material bahan baku tekstil maka dapat dipastikan ke depan bahwa peningkatan jumlah penggunaan material NRR pada proses produksi tekstil dapat memberikan implikasi negatif terhadap lingkungan hidup. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Acimit (2004:17) bahwa kondisi tersebut mengkhawatirkan semakin banyaknya penggunaan sumber daya minyak bumi untuk memproduksi bahan baku tekstil sintetik.

Penggunaan material NRR yang meningkat akan berakibat pada penggunaan minyak bumi untuk pembuatan bahan baku tekstil sintetik juga meningkat, pengaruhnya terhadap lingkungan hidup adalah sampah sintetik yang ditimbulkan juga semakin meningkat. Sesuai dengan teori yang diungkapkan oleh Lowe

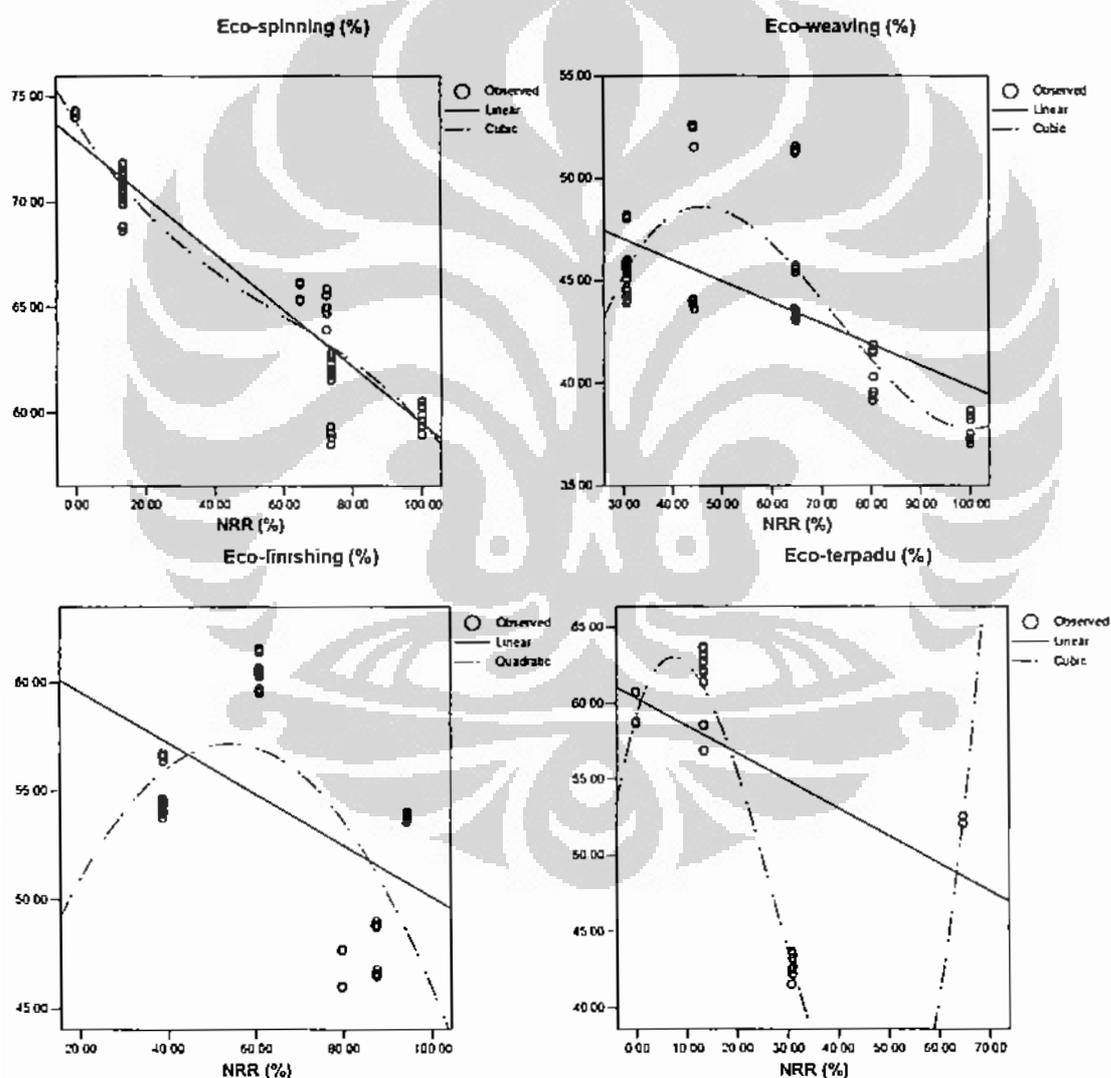
(1995:447) yaitu semakin banyak penggunaan material sintetik dalam proses produksinya, maka pabrik tekstil cenderung memiliki efisiensi ekologis yang semakin buruk. Dari hasil penghitungan nilai keefisiensi yang ditampilkan pada **Tabel L-2.1** sampai **L-2.5** ternyata pabrik tekstil yang ekoefisien adalah pabrik yang lebih banyak menggunakan material RR dibanding NRR, baik sebagai bahan baku utama maupun sebagai bahan pembantu dalam proses produksi. Disamping hal tersebut di atas maka pada **Gambar 4.2.** terlihat kecenderungan produksi tekstil menggunakan material NRR mengindikasikan permintaan konsumen yang cenderung lebih banyak memilih tekstil berbahan NRR. Seharusnya, yang terjadi adalah bahwa bila harga minyak mentah naik maka penggunaan material sintetik pasti menurun.

Mengapa masyarakat meminta tekstil bermaterial NRR, penyebabnya adalah akibat adanya interaksi antara sistem industri tekstil dengan sistem sosial dan sistem alami. Interaksi tersebut berlangsung sedemikian rupa sebagai akibat dari pola aktivitas kegiatan dalam sistem industri (sistem ekonomi) yang dapat mempengaruhi atau dipengaruhi oleh sistem pasar atau konsumen (sistem sosial) dan oleh sistem lingkungan alami sebagaimana dijelaskan pada **Gambar 1.1** mengenai Metabolisme, Interaksi Industri Tekstil dan Lingkungan Hidup. Keadaan tersebut menggambarkan permintaan konsumen dunia terhadap tekstil, dan sekaligus kondisi ini dapat menimbulkan pengaruh negatif penggunaan material tak terbarukan dan pengaruh lanjutan pada semakin banyaknya penggunaan sumber daya minyak bumi untuk memproduksi material bahan baku tekstil sintetik. Dikhawatirkan pula bahwa produk tekstil yang dipakai konsumen lebih banyak mengandung material sintetik yang sifatnya tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme tanah maka hal ini dapat pula mengancam lingkungan hidup. Lebih lanjut bahwa keadaan yang digambarkan pada **Gambar 1.1.** tentang Metabolisme, Interaksi Industri Tekstil dan Lingkungan Hidup yang mencerminkan kompleksnya permasalahan yang ditimbulkan oleh fenomena kegiatan industri tekstil terhadap lingkungan yaitu:

*Keadaan pertama,* sistem pasar tekstil dapat dipengaruhi oleh sistem sosial melalui perilaku masyarakat dalam merespon iklan dan model pakaian yang disebar oleh

industri tekstil. Dalam situasi ini, pabrik tekstil balik pula untuk merespon kebutuhan masyarakat terhadap tekstil dalam bentuk reaksi melakukan riset dan pengembangan produk.

*Keadaan kedua*, akibat hasil rekayasa produk tekstil yang dilakukan oleh industri tekstil dan dikomunikasikan melalui iklan dan mode, maka timbul pengaruh ganda yakni terhadap permintaan produk tekstil oleh masyarakat yang semakin meningkat dan terhadap aktivitas produksi yang juga semakin meningkat.



**Gambar 4.3** Simulasi Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil

Keadaan *pertama* dan *kedua* tersebut di atas akan selalu berlangsung terus menerus sehingga dikhawatirkan dapat mempengaruhi ekologi yaitu, permintaan konsumen direfleksikan oleh penggunaan material produksi tekstil sebagaimana **Gambar 4.2.** akan berpengaruh pada penggunaan sumber daya alam NRR yang lebih besar dan limbah kegiatan produksi dan produk tekstil akan mengancam keberlanjutan lingkungan. Resolusi untuk mengatasi dampak buruk keadaan pertama dan kedua tersebut di atas maka sejalan dengan pemikiran EPA (2004:6-10) adalah bahwa cara yang dapat dilakukan oleh industri untuk meningkatkan keefisiensi industri adalah menerapkan produksi bersih, sistem manajemen lingkungan yang baik, penilaian terhadap daur hidup produk, dan pengelolaan terhadap mata rantai pasokan material bahan baku, proses produksi sampai penyaluran produk ke konsumen.

Melihat realitas produksi tekstil di lokasi studi Jabodetabek Tahun 2005, maka diperoleh gambaran pengaruh penggunaan materi dan energi pada proses produksi terhadap nilai keefisiensi pada berbagai jenis pabrik sebagaimana dijelaskan pada **Gambar 4.3.** Proporsi penggunaan bahan baku material NRR berpengaruh negatif terhadap nilai keefisiensi berbagai jenis pabrik tekstil. Nilai keefisiensi yang tinggi pada pabrik *spinning* dan pabrik tekstil terpadu dimungkinkan oleh peningkatan daya guna material pada proses produksi. Pada umumnya nilai keefisiensi yang rendah akan terjadi pada seluruh jenis pabrik tekstil dimungkinkan oleh proporsi penggunaan material NRR yang lebih besar dibanding material RR, sedangkan khusus pada pabrik pertenunan dan pabrik tekstil terpadu, penurunan nilai keefisiensi dapat disebabkan oleh adanya penggunaan kanji dan air yang tidak dapat di daur ulang.

Keadaan tersebut di atas ternyata sejalan dengan konsep keefisiensi yang disampaikan Desimone (2000) Fiksel (1996), Enger and smith (1997) yang menyatakan semakin tinggi proporsi ataupun jumlah pemanfaatan bahan baku produksi yang bersifat *non renewable resources* akan berpengaruh negatif pada nilai keefisiensi. Bila ditinjau dari aspek lingkungan maka akan terjadi: (1) beban lingkungan alam yang besar untuk memproduksi NRR yang membutuhkan banyak materi dan energi disamping limbah yang terjadi; (2) beban lingkungan dari

kegiatan proses produksi pada pabrik tekstil itu sendiri; (3) pada produk tekstil pasca pakai yang umumnya berakhir menjadi sampah. Hal terakhir ini dapat terjadi oleh karena sampah tekstil sintetis tidak dapat didekomposisi oleh alam disamping belum adanya teknologi yang dapat menghancurkan sampah produk tekstil selain sistem incenerator yang memiliki banyak kelemahan. Sehingga, tesis tentang kecenderungan peningkatan jumlah penggunaan material bahan baku sintetis pada proses produksi berpengaruh negatif terhadap nilai keefisiensi pabrik tekstil adalah benar. Untuk itu kesadaran akan pentingnya ekologi industri menurut Graedel dan Allenby (1995:65) pada hakekatnya terletak pada kesadaran perlunya transformasi kerangka kontekstual dalam memahami implikasi pengelolaan industri dari model linier dan mekanistik menuju suatu sistem siklus tertutup menyerupai ekosistem kecil dalam tindakan keefisien. Model keefisiensi menempatkan produksi dan konsumsi sebagai dasar analisis terhadap suatu aktivitas industri, dan ekosistem bertindak untuk menyeimbangkan sistem produksi dan dekomposisi, dengan mendaur ulang nutrisi secara terus menerus guna menunjang siklus produksi berikutnya.

#### **4.2. Perumusan Penilaian Keefisiensi**

Perumusan penilaian efisiensi ekologi kegiatan pabrik tekstil dimaksudkan untuk mencari solusi mengatasi masalah ataupun untuk memperkecil pengaruh negatif kegiatan pabrik tekstil terhadap lingkungan. Perumusan penilaian keefisiensi pabrik tekstil didasarkan atas teori tentang efisiensi secara umum dan teori keefisiensi secara khusus. Oleh karena penilaian keefisiensi pabrik tekstil pada penelitian ini didasarkan atas pemanfaatan material dan energi pada proses produksi, sementara itu tiap jenis material produksi yang digunakan mempunyai kontribusi pencemaran yang berbeda terhadap lingkungan, maka pertimbangan aspek lingkungan yang dinilai harus diberi bobot. Pemberian bobot menggunakan sistem angka atau nilai nominal dan mengadopsi sistem *ecological fingerprint* (BASF 2000) yaitu semakin tinggi angka yang diberikan terhadap faktor keefisiensi yang diukur maka berarti pemberi bobot (peneliti maupun para pakar) semakin pro-lingkungan.

Berdasarkan atas teori keefisiensi yang dikemukakan oleh para pakar pada bagian 2 tentang Landasan Teori, maka dibuat tolok ukur bobot atas faktor keefisiensi sebagai berikut.

**Tabel 4.4** Tolok Ukur Bobot Faktor Ekoefisiensi\*)

No.	Teori	Tolok Ukur Bobot Ekoefisien Secara Kualitatif	Referensi
1	Clapham (1973)	semakin tinggi <b>efisiensi energi</b> yang dimanfaatkan semakin tinggi nilai keefisiensi.	<i>Natural Ecosystem.</i>
2	Schmidheiny (1992)	mereduksi konsumsi <b>sumber daya alam</b> dan <b>pencemaran</b> .	<i>Financing Change: The Financial Community, Eco-Efficiency and Sustainable Development.</i>
3	WBCSD (1992)	mereduksi <b>intensitas material</b> dan <b>energi</b> dalam produksi, memaksimalkan penggunaan <b>sumber daya terbarukan</b> .	<i>Eco-Efficiency and Cleaner Production.</i>
4	Fiksel (1996)	menekan biaya produksi, meminimumkan kerugian lingkungan, menggunakan <b>material yang bersifat dapat diperbarui</b> , dan <b>limbah minimum</b> .	<i>Design for Environment, Creating Eco-Efficient Products and Processes.</i>
5	Graedel (1996)	<b>produk yang bersih lingkungan</b> , industri yang bertanggungjawab terhadap lingkungan, perusahaan/industri yang mampu mencegah polusi, dan bertanggungjawab terhadap lingkungan.	<i>Industrial Ecology</i>
6	Jan Strömblad (1996)	<b>efisiensi tinggi</b> dan pengaruh lingkungan yang minimum.	<i>How Can Industry Assist EcoEfficient Growth.</i>
7	Lowe (1996)	<b>efisiensi materi</b> dan <b>energi</b> dalam pemanfaatan, pemrosesan dan daur ulang akan memberikan keunggulan kompetitif dan manfaat ekonomi yang besar bagi industri.	<i>Industrial Ecology : A Context for Design and Decision.</i>
8	Mukerji (1998)	bertanggungjawab terhadap lingkungan hidup.	<i>Science, Technology and Industry Outlook - 1998 Highlights.</i>
9	Desimone (2000)	prinsip bersih lingkungan, <b>mereduksi dan mengeliminasi limbah</b> dan risiko pada produk dan proses, menghemat biaya dan <i>cleaner and greener solution</i> .	<i>Eco-efficiency, The Business Link to Sustainable Development.</i>
10	Waeber (2001)	<b>pemanfaatan material bahan baku secara berkelanjutan</b> dan tidak merusak alam.	<i>Blue Revolution</i>
11	Björn Stigson	<b>hemat energi</b> dan bertanggungjawab terhadap	<i>Eco-efficiency</i>

	(2002)	lingkungan.	
12	Charles (2002)	<b>dematerialisasi, hemat material</b> , peningkatan fungsi dan manfaat produk yang tinggi.	<i>Walking the Talk</i>
13	Earling Lorentzen (2002)	<b>produktivitas</b> yang tinggi dalam <b>pemanfaatan sumber daya alam</b> .	<i>Eco-efficiency</i>
14	Ed. Falkman (2002)	produksi <b>tanpa limbah, konservasi energi</b> dan sumber daya alam.	<i>Eco-efficiency</i>
15	Miller, G (2002)	<b>efisien menggunakan energi</b> .	Sustaining the Earth, An Integrated Approach
16	Sekimoto (2002)	berproduksi dengan pemanfaatan utilitas secara penuh.	<i>Eco-efficiency</i>
17	Scaltegger (2002)	menghasilkan suatu produk dengan <b>kinerja yang lebih baik</b> , dengan menggunakan <b>sedikit material dan sedikit energi</b> .	<i>Sustainability Management in Business Enterprises</i>
18	Wikipedia (2002)	melaksanakan konsep <b>produksi bersih</b> ; penggunaan <b>bahan baku produksi secara efisien</b> , mencegah pencemaran, <b>mereduksi limbah</b> , melakukan daur ulang material dan memanfaatkan kembali material sisa selama proses produksi.	<i>Eco-efficiency</i>
19	EPA (2004)	melaksanakan <b>produksi bersih, eliminasi dan reduksi polutan</b> pada proses industri, <b>mengoptimalkan penggunaan energi dan bahan baku</b> .	<i>Web site; Eco-efficiency</i>

<sup>1)</sup> Dirangkum dari Berbagai Buku/Referensi.

Merumuskan penilaian keefisiensi kegiatan suatu pabrik tekstil dilakukan dengan cara pengkajian terhadap teori-teori dan pengukuran tentang efisiensi dan keefisiensi. Faktor-faktor keefisiensi diberi bobot berdasarkan atas efisiensi penggunaan materi dan energi serta pencemaran yang diberikan oleh faktor keefisiensi tersebut. Selanjutnya setiap faktor keefisiensi yang dikalikan dengan masing-masing bobot, selanjutnya dijumlahkan dan secara kumulatif dibagi dengan total jumlah bobot. Cara merumuskan formula keefisiensi pada penelitian ini selain mengacu pada teori tentang keefisiensi sebagaimana dijelaskan pada **Tabel 4.4** maka secara filosofis juga mengadopsi teori filsafat Guba (1990:17-27) yang mengandung pernyataan dan ungkapan bahwa:

1. semua pabrik tekstil menggunakan materi dan energi untuk proses produksi dan menghasilkan produk tekstil berasal dari sumber daya alam dan lingkungan hidup.

2. semua proses-proses produksi yang mengakibatkan terjadinya transformasi materi dan energi dalam proses produksi mengikuti hukum alam yaitu hukum termodinamika II yang pada akhirnya selalu menghasilkan entropi.
3. semua produk tekstil yang dihasilkan oleh pabrik tekstil didistribusikan pada konsumen, dan setelah tekstil tidak terpakai lagi akan dibuang ke lingkungan alam yang dapat menjadi sumber pencemar pada lingkungan hidup.

Secara filosofis kegiatan pabrik tekstil tidak terlepas dari pengaruh faktor eksternal sistem sosial dan sistem alami yang bekerja berintegrasi menuju keberlanjutan ekologi dan ekonomi. Pada dasarnya terdapat tiga sistem yang bekerja secara bersama-sama yaitu: 1) subsistem pabrik tekstil (sistem lingkungan buatan), 2) subsistem pasar yang memanfaatkan tekstil (sistem sosial-ekonomi-budaya), dan 3) sistem lingkungan hidup dan sumberdaya alam (sistem alam). Konsekuensi logis akibat peningkatan permintaan dan penawaran tekstil, maka entropi (limbah dan pencemaran) dari hasil proses transformasi materi dan energi menjadi produk tekstil dalam sistem pabrik tekstil akan menekan keberadaan lingkungan alami sebagai penyedia sumberdaya. Bila interaksi ini berlangsung secara terus menerus tanpa memperhatikan kuantitas dan kualitas entropi dari aktivitas pabrik tekstil, dengan keterbatasan lingkungan untuk mengasimilasi limbah serta tidak tersedianya material bahan baku (sumberdaya) yang dipasok oleh lingkungan, maka dapat dipastikan akan terjadi keambrokan lingkungan. Untuk itu perlu diatur dan dijaga keseimbangan antara penggunaan sumberdaya oleh pabrik dengan kemampuan lingkungan sebagai penyerap limbah dan sebagai penyedia sumberdaya secara berkelanjutan.

Faktor ekoefisiensi pabrik tekstil yang dinilai dan diukur adalah keseluruhan faktor produksi yang meliputi aspek *input*, proses, *output* per satuan unit produksi tekstil dan entropi. Industri tekstil menggunakan bahan baku material dan energi berasal dari lingkungan alam ditransformasikan atau diproses menjadi produk tekstil, dengan hasil sampingan berupa limbah serta emisi (*entropy*). Kualitas material *input* dapat mempengaruhi kualitas proses produksi, kualitas produk yang dihasilkan dan kualitas entropi; apabila kualitas *input* buruk maka kualitas *output* juga ikut buruk dan limbah yang dihasilkan akan semakin banyak. Bila seluruh produk tekstil yang mengandung material dalam bentuk produk utama (tekstil) dan

produk ikutan (pembungkus) berkualitas buruk, maka seluruh produk tekstil, limbah dan emisi bahkan keseluruhan hasil-hasil proses produksi nantinya akan masuk ke dalam lingkungan sehingga berpotensi mengganggu lingkungan hidup.

Prosedur untuk mengukur faktor *input* produksi, proses produksi, *output* produksi dan memformulasikan penilaian keefisiensi kegiatan pabrik tekstil menggunakan rumus umum tentang efisiensi sebagai berikut:

#### 4.2.1. *Input* Produksi Tekstil

- Persen material RR dalam total *input* =  $RR = \frac{P}{P+Q} 100\%$ .
- Persen material bantu RR dalam total *input* =  $mbRR = \frac{P}{P+Q} 100\%$ .
- Persen material NRR dalam total *input* =  $NRR = \frac{Q}{P+Q} 100\%$ .
- Persen material bantu NRR dalam total *input* =  $mbNRR = \frac{Q}{P+Q} 100\%$ .

Keterangan:

P= *input* material bersifat RR (kg/unit produk).

Q= *input* material bersifat NRR (kg/unit produk).

#### 4.2.2. Proses dan *Output* Produksi Tekstil

- Daya guna material dalam proses produksi =  $Dgm = \frac{R}{S} 100\%$ .

Keterangan:

S= Total material *input* (kilogram)

R= Total *output* produksi (kilogram).

- Efisiensi energi listrik =  $\eta.en = \frac{U}{T} 100\%$ .

Keterangan:

T= pemakaian listrik per unit produksi (kwh).

U= kebutuhan listrik (teoritis) per unit produksi (kwh).

c. Efisiensi Penggunaan air =  $\eta_{ai} = \frac{V - W}{V} 100\%$ .

Keterangan:

V= Penggunaan air (liter/kg produk)

W= Air limbah (liter/kg produk)

d. Efisiensi Penggunaan Material Bantu (Kanji) =  $\eta_{kanji} = \frac{X - Z}{X} 100\%$ .

Keterangan:

X= Penggunaan larutan kanji (liter/kg produk)

Z= Limbah kanji (liter/kg produk)

e. Efisiensi pemanfaatan zat pewarna =  $\eta_{zw} = \frac{B}{A} 100\%$ .

Keterangan:

A= Penggunaan zat pewarna (gram/kg produk)

B= Zat warna yang menempel di kain (gram/kg produk)

f. Efisiensi pemanfaatan zat kimia =  $\eta_{zk} = \frac{D}{C} 100\%$ .

Keterangan:

C= Penggunaan zat kimia (gram/kg produk)

D= Zat kimia yang menempel di kain (gram/kg produk)

g. Persen Material Bantu (Logam) =  $Logam = \frac{E}{F} 100\%$ .

Keterangan:

E= Penggunaan logam (gr/kg produk)

F= Total berat *output* garmen (kg produk)

#### 4.2.3. Entropi Kegiatan Produksi Tekstil

a. Material Lost:

1) Limbah padat =  $mat.lost = 1 - Dgm$ .

2) Limbah cair penganjian =  $starch.waste = 1 - \eta_{kanji}$ .

3) Limbah cair *finishing* =  $wastewater = 1 - \eta_{ai}$ .

b. Energy Lost =  $Energylost = 1 - \eta_{en}$ .

#### 4.2.4. Rumus Umum Ekoefisiensi Pabrik Tekstil

Dari rumus umum tentang efisiensi tersebut di atas maka disusun Rumus Umum Ekoefisiensi Pabrik Tekstil adalah sebagai berikut;

$$\eta_{eco} = \frac{(RR \cdot B) + (mbRR \cdot B) + (NRR \cdot B) + (mbNRR \cdot B) + (Dgm \cdot B) + (Logam \cdot B) + (\eta_{en} \cdot B) + (\eta_{ai} \cdot B) + (\eta_{kanji} \cdot B) + (\eta_{zw} \cdot B) + (\eta_{zk} \cdot B)}{\sum_{i=1}^n B} = \%$$

Keterangan:

B	: Nilai Bobot Faktor Ekoefisiensi
RR	: material <i>renewable resources</i>
NRR	: material <i>non renewable resources</i>
mbRR	: material bantu <i>renewable resources</i>
mbNRR	: material bantu <i>non renewable resources</i>
Logam	: persentase penggunaan material logam pada garmen
Dgm	: daya guna material secara keseluruhan
$\eta_{en}$	: efisiensi energi
$\eta_{ai}$	: efisiensi penggunaan air
$\eta_{kanji}$	: efisiensi penggunaan air
$\eta_{zw}$	: efisiensi penggunaan zat pewarna
$\eta_{zk}$	: efisiensi penggunaan zat kimia

#### 4.2.5. Bobot Faktor Ekoefisiensi

Asumsi yang digunakan untuk menentukan besaran bobot faktor ekoefisiensi yang sekaligus dijadikan sebagai konsep teori yang diusulkan adalah:

- Semakin tinggi porsi penggunaan RR pada proses produksi atau yang terkandung pada suatu produk, maka semakin tinggi nilai ekoefisiensi proses produksi atau produk tersebut, demikian pula sebaliknya.
- Semakin tinggi porsi penggunaan NRR pada suatu proses produksi atau yang terkandung pada suatu produk, maka semakin rendah nilai ekoefisiensi proses produksi atau produk tersebut, demikian pula sebaliknya.

Alasan asumsi *point* a dan b tersebut di atas adalah:

- Disebabkan oleh karena material RR secara relatif alam mampu menyediakan sumberdaya sepanjang waktu.
- Karena umumnya sifat material RR merupakan bahan alami dan apabila menjadi sampah secara relatif akan mampu diserap lingkungan secara alami.

- 3) Disebabkan oleh karena penggunaan material NRR yang tinggi akan memberikan beban yang besar pada lingkungan hidup untuk menyerapnya pada saat produk tersebut telah berubah menjadi sampah.
  - 4) Oleh karena material NRR umumnya jumlahnya terbatas, sehingga apabila penggunaannya berlebihan akan dapat: 1) mengancam ketersediaan sumberdaya alam, 2) mengancam kelestarian lingkungan, 3) menekan kemampuan lingkungan untuk melakukan pemulihan dirinya.
- c. Semakin tinggi daya guna pemanfaatan atau daur hidup suatu produk, maka semakin tinggi nilai ecoefisiensi produk tersebut, demikian pula sebaliknya.

Alasan asumsi *point c* tersebut di atas adalah:

- 1) Karena daya guna manfaat suatu produk semakin tinggi atau tahan lama, dan atau berusia panjang, maka materi dan energi yang dibutuhkan untuk mengganti produk tersebut (apabila telah menjadi sampah) semakin sedikit sehingga dapat menghemat persediaan sumberdaya.
  - 2) Karena semakin rendah daya guna manfaat suatu produk semakin rendah atau tidak tahan lama, dan atau berusia pendek, maka materi dan energi yang dibutuhkan untuk mengganti produk tersebut (apabila telah menjadi sampah) semakin banyak sehingga terjadi pemborosan penggunaan sumberdaya dan menekan ketersediaan sumberdaya.
- d. Semakin tinggi daya guna proses produksi, maka semakin tinggi nilai ecoefisiensi proses produksi tersebut, demikian pula sebaliknya.

Alasan asumsi *point d* tersebut di atas adalah:

- 1) Karena semakin tinggi daya guna suatu proses produksi, maka semakin hemat penggunaan materi, hemat energi dan hemat waktu untuk memproduksi produk tersebut, sehingga dapat menghemat persediaan sumberdaya untuk proses produksi.

- 2) Karena semakin tidak efisien suatu proses produksi, maka semakin boros penggunaan materi, boros energi dan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi produk tersebut, sehingga dapat menekan persediaan sumberdaya untuk proses produksi.
- e. Semakin tinggi porsi penggunaan jenis sumberdaya yang bersifat *biodegradable* pada suatu proses produksi atau yang terkandung pada suatu produk, maka semakin tinggi nilai ecoefisiensi proses produksi atau produk tersebut, demikian pula sebaliknya.
  - f. Semakin tinggi porsi penggunaan sumberdaya yang bersifat *non-biodegradable* pada suatu proses produksi atau yang terkandung pada suatu produk, maka semakin tidak ecoefisien proses produksi atau produk tersebut, demikian pula sebaliknya.

Alasan asumsi *point* e dan f tersebut di atas adalah:

- 1) Disebabkan oleh karena penggunaan material yang bersifat *non-biodegradable* yang tinggi akan memberikan beban yang besar pada lingkungan hidup untuk menyerapnya pada saat produk tersebut telah berubah menjadi sampah.
- 2) Oleh karena material yang bersifat *non-biodegradable* umumnya berasal dari jenis sumber daya yang bersifat sintetik yang tidak dapat diperbarui dan umumnya jumlahnya terbatas sehingga apabila penggunaannya berlebihan akan dapat mengganggu ketersediaan sumber daya alam.

Berdasarkan atas asumsi tersebut di atas maka disusun bobot factor ecoefisiensi seperti tertuang pada **Tabel 4.5** berikut.

**Tabel 4.5** Bobot Faktor Ekoefisiensi Pabrik Tekstil

No.	Faktor Ekoefisiensi	Notasi	Bobot
1	Penggunaan material RR	B <sub>1</sub>	10
2	Penggunaan material bantu RR	B <sub>2</sub>	2
3	Penggunaan material NRR	B <sub>3</sub>	5
4	Penggunaan material bantu NRR	B <sub>4</sub>	1
5	Dayaguna materi	B <sub>5</sub>	10
6	Penggunaan material bantu logam	B <sub>6</sub>	1
7	Efisiensi penggunaan energi	B <sub>7</sub>	10
8	Efisiensi penggunaan air	B <sub>8</sub>	10
9	Efisiensi penggunaan kanji	B <sub>9</sub>	5
10	Efisiensi penggunaan zat warna	B <sub>10</sub>	5
11	Efisiensi penggunaan zat kimia	B <sub>11</sub>	10

**Tabel 4.5** tentang bobot faktor ekoefisiensi pabrik tekstil ditetapkan berdasarkan atas teori dan metodologi dasar penentuan bobot faktor ekoefisiensi sebagaimana dijelaskan dalam bab 3 point 3.8. Kisaran nilai bobot yang dipakai adalah satu sampai sepuluh. Makna besaran bobot adalah; nilai bobot mendekati nilai satu menunjukkan penggunaan faktor ekoefisiensi yang tidak pro-lingkungan dan nilai bobot mendekati nilai sepuluh menunjukkan penggunaan faktor ekoefisiensi yang pro-lingkungan. Pro-lingkungan berarti kepedulian terhadap lingkungan dan pengaruh pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh penggunaan faktor ekoefisiensi adalah kecil.

#### 4.2.6. Rumus Ekoefisiensi Untuk Tiap Jenis Pabrik Tekstil

Dari rumus umum ekoefisiensi pabrik tekstil seperti dijelaskan di atas dan memasukkan nilai bobot faktor ekoefisiensi (yang disajikan pada **Tabel 4.5**) ke dalam rumus ekoefisiensi untuk masing-masing jenis pabrik (*spinning, weaving, finishing, garmen* dan pabrik tekstil terpadu). Sehingga rumusan untuk menilai ekoefisiensi pada masing-masing jenis pabrik tekstil adalah seperti berikut;

$$a. \eta_{ecos\ spinning} = \frac{(RR * 10) + (mbRR * 2) + (NRR * 5) + (mbNRR * 1) + (Dgm * 10) + (\eta_{en} * 10)}{38} = \dots \%$$

$$b. \eta_{ecoweaving} = \frac{(RR * 10) + (mbRR * 2) + (NRR * 5) + (mbNRR * 1) + (Dgm * 10) + (\eta_{en} * 10) + (\eta_{ai} * 10) + (\eta_{kanji} * 5)}{53} = \dots\%$$

$$c. \eta_{ecofinishing} = \frac{(RR * 10) + (mbRR * 2) + (NRR * 5) + (mbNRR * 1) + (Dgm * 10) + (\eta_{en} * 10) + (\eta_{ai} * 10) + (\eta_{zw} * 5) + (\eta_{zk} * 10)}{63} = \dots\%$$

$$d. \eta_{ecogarmen} = \frac{(RR * 10) + (mbRR * 2) + (NRR * 5) + (mbNRR * 1) + (Dgm * 10) + (\eta_{en} * 10) + (Logam * 1)}{39} = \dots\%$$

$$e. \eta_{ecool\ erpadu} = \frac{(RR * 10) + (mbRR * 2) + (NRR * 5) + (mbNRR * 1) + (Dgm * 10) + (\eta_{en} * 10) + (\eta_{ai} * 10) + (\eta_{kanji} * 5) + (\eta_{zw} * 5) + (\eta_{zk} * 10)}{68} = \dots\%$$

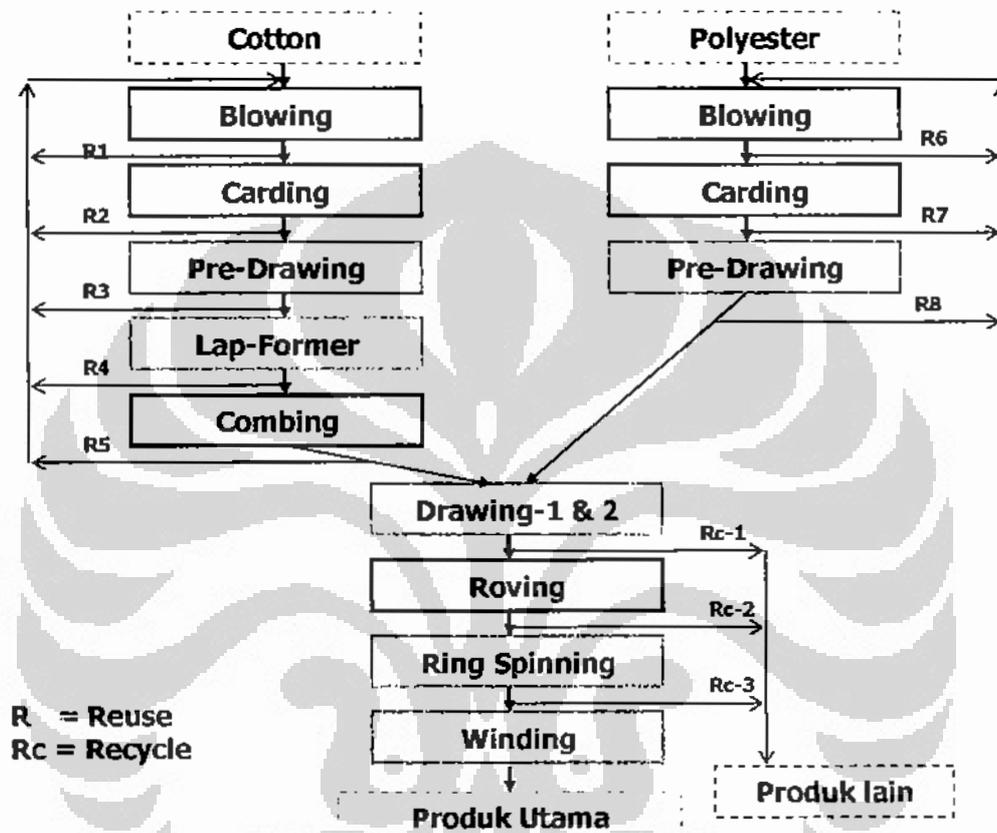
Dari rumus keefisiensi untuk lima jenis pabrik seperti tersebut di atas terdapat perbedaan jumlah faktor keefisiensi yang terlibat yaitu antara enam sampai sebelas factor. Hal ini dapat terjadi oleh karena tidak semua faktor yang terdapat pada rumus umum keefisiensi pabrik tekstil terlibat dalam kegiatan proses produksi di masing-masing pabrik. Sebagai contoh, pada pabrik pemintalan hanya terdapat enam factor yang dihitung, alasannya adalah bahwa pabrik pemintalan tidak menggunakan air, kanji, zat pewarna, zat kimia dan logam dalam proses produksi. Demikian pula untuk pabrik pertenunan hanya terdapat delapan factor yang dihitung, karena pabrik ini dalam memproduksi tidak menggunakan zat warna, zat kimia dan logam sehingga factor-faktor tersebut tidak berkontribusi mempengaruhi keefisiensi.

### 4.3. Realitas Ekoefisiensi Pabrik Tekstil

Penghitungan nilai keefisiensi pabrik tekstil menggunakan hasil formula pada sub bagian 4.2 tentang perumusan nilai keefisiensi. Berikut ini disajikan beberapa contoh hasil penghitungan nilai keefisiensi pabrik tekstil yang diteliti pada wilayah studi yang terdiri atas pabrik pemintalan, pertenunan, *finishing* tekstil, garmen dan pabrik tekstil terpadu. Hasil lengkap penghitungan nilai keefisiensi pabrik tekstil yang diteliti di wilayah studi disajikan pada **Lampiran-2**.

#### 4.3.1. Ekoefisiensi Pabrik Pemintalan

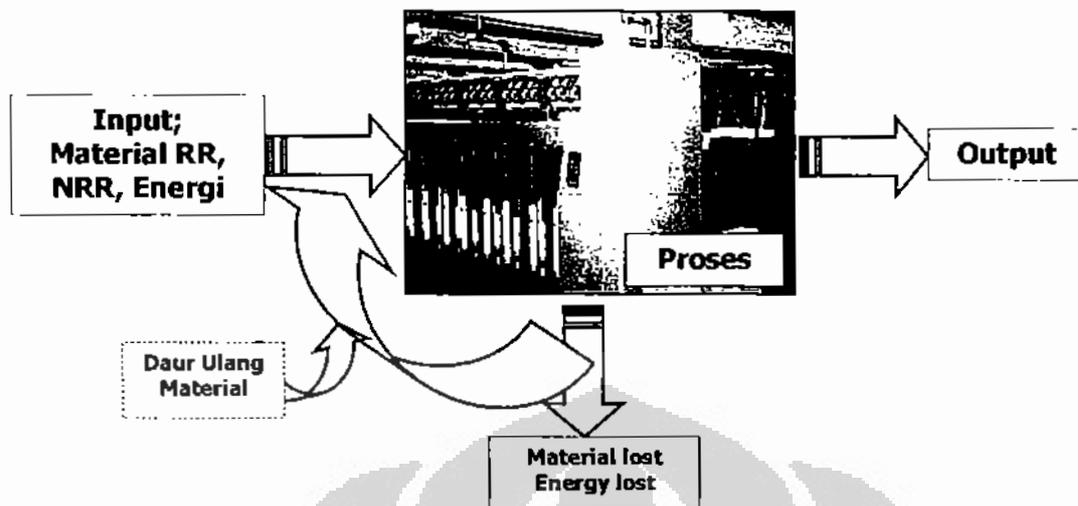
Proses produksi di pabrik pemintalan yang menjadi objek penelitian ekoefisiensi pabrik tekstil dijelaskan pada **Gambar 4.4**.



**Gambar 4.4** Bagan Alir Proses Pembuatan Benang pada Pabrik Pemintalan

Sumber: Hasil Survei, 2005

Jenis material bahan baku yang digunakan pada proses produksi di pabrik pemintalan meliputi serat (*fiber*) cotton, rayon, polyester, nylon dan acrylic. Sedangkan jenis material bantu untuk kemasan benang hasil produksi terdiri atas jenis kertas karton dan jenis plastik. Jenis sumber daya energi untuk menggerakkan proses produksi adalah energi listrik yang berasal dari perusahaan listrik negara (PLN) dan atau menggunakan generator milik perusahaan berbahan bakar solar. Bagan alir material proses produksi yang menjadi dasar pengukuran dan penghitungan nilai ekoefisiensi dijelaskan pada **Gambar 4.5**.



**Gambar 4.5** Penilaian Ekoefisiensi pada Pabrik Pemintalan

Sumber: Hasil Survei, 2005

**Gambar 4.5** memberi informasi tentang penggunaan materi dan energi pada pabrik pemintalan untuk menilai ekoefisiensi pabrik tekstil. Sebagai material *input* dalam proses pemintalan digunakan material yang bersifat dapat diperbarui berupa serat cotton atau rayon dan penggunaan material yang bersifat tidak dapat diperbarui berupa serat polyester atau nylon. Energi yang terpakai untuk memproduksi benang adalah energi bersifat tidak dapat diperbarui yang berasal dari PLN atau generator yang dimiliki oleh perusahaan. Tidak ditemukan pabrik tekstil yang menggunakan energi yang tergolong pada energi yang bersifat dapat diperbarui.

Data produksi pabrik pemintalan tahun 2005 sebagaimana disajikan pada **Lampiran-2 Tabel L.2.1** masing-masing lajur dihitung menggunakan formula eco-spinning dengan memasukkan bobot faktor ekoefisiensi sebagaimana **Tabel 4.5**. Penghitungan ekoefisiensi pabrik pemintalan menggunakan formula ekoefisiensi dengan bantuan alat hitung kalkulator program *Excel* disajikan pada **Tabel 4.6**.

**Tabel 4.6** Nilai Ekoefisiensi Pabrik *Spinning* tahun 2005

Notasi	Faktor Ekoefisiensi	Bobot	Penggunaan Materi dan Energi (*)
B <sub>1</sub>	Material RR	10	49,83 %
B <sub>2</sub>	mbRR	2	2,87 %
B <sub>3</sub>	Material NRR	5	47,25 %
B <sub>4</sub>	mbNRR	1	0,06 %
	Jumlah material		100,00%
B <sub>5</sub>	Dgm	10	93,44 %
B <sub>6</sub>	Ef.en	10	85,54 %
	<b>Jumlah Bobot</b>	<b>38</b>	-

Keterangan: (\*) Penggunaan materi dan energi pada **Tabel-1** Nilai Ekoefisiensi Pabrik Pemintalan dalam **Lampiran 2**.

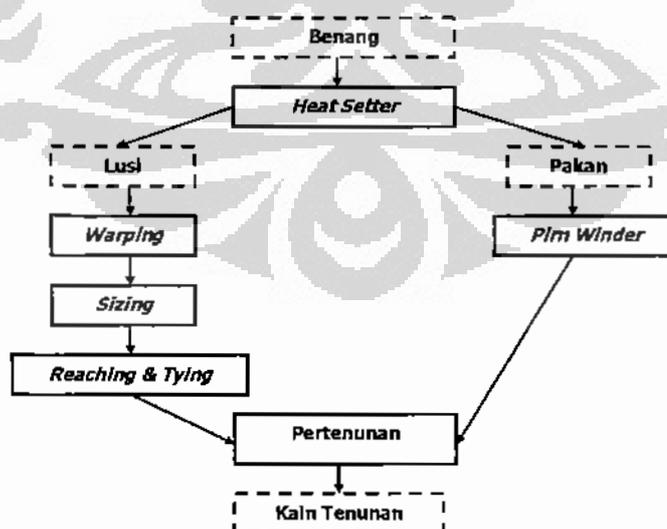
$$\eta.e \cos \text{ pinning} = \frac{(RR * B_1) + (mbRR * B_2) + (NRR * B_3) + (mbNRR * B_4) + (Dgm * B_5) + (\eta.en * B_6)}{\sum_{i=1}^6 B} = \dots\%$$

$$\eta.e \cos \text{ pinning} = \frac{(49,83 * 10) + (2,87 * 2) + (47,25 * 5) + (0,06 * 1) + (93,44 * 10) + (85,54 * 10)}{38} = 66,58\%$$

Dari hasil penghitungan nilai ekoefisiensi pabrik pemintalan pada **Tabel 4.6** yang direpresentasikan pada rumus eco-spinning dengan jumlah bobot 38 maka nilai ekofisiensi pabrik pemintalan pada tahun 2005 adalah sebesar 66,58%.

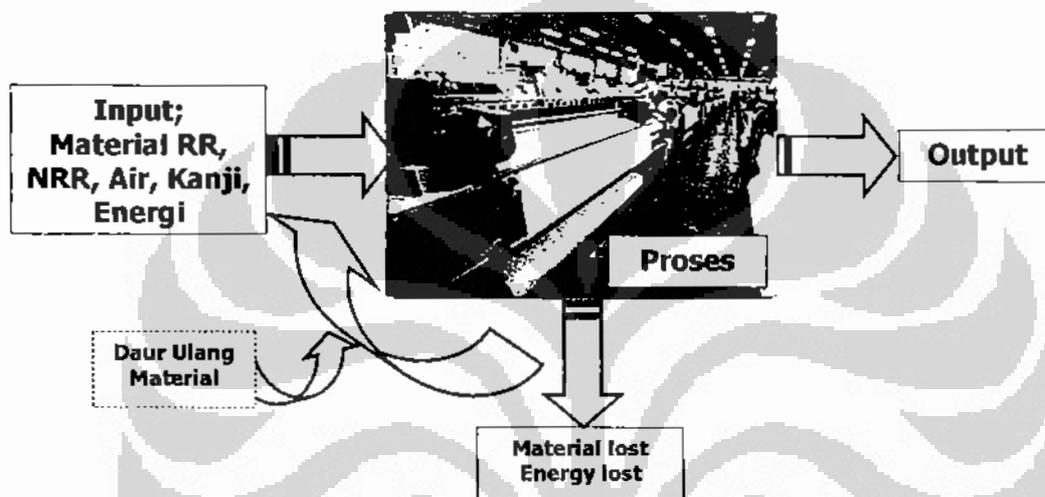
#### 4.3.2. Ekoefisiensi Pabrik Pertenunan

Alir proses produksi di pabrik pertenunan yang menjadi objek penelitian ekoefisiensi pabrik tekstil ini dijelaskan pada **Gambar 4.6**.

**Gambar 4.6** Bagan Alir Proses Pembuatan Kain pada Pabrik Pertenunan

Sumber: Hasil Survei, 2005

Jenis material bahan baku yang digunakan pada proses produksi di pabrik pertenunan ini adalah benang cotton, rayon, polyester, nylon dan atau acrylic serta benang campuran serat polyester-cotton dan rayon. Bahan pembantu dalam proses pembuatan kain adalah kanji dan air, sedangkan jenis material untuk kemasan kain mentah hasil produksi terdiri dari jenis kertas dan plastik. Jenis sumber daya energi untuk menggerakkan proses produksi adalah listrik yang berasal dari PLN dan atau generator milik perusahaan dengan bahan bakar solar.



**Gambar 4.7** Penilaian Ekoefisiensi pada Pabrik Pertenunan

Sumber: Hasil Survei, 2005

**Gambar 4.7** memberi informasi tentang penggunaan materi dan energi pada pabrik pertenunan untuk menilai ekoefisiensi pabrik tekstil. Pada proses persiapan pertenunan umumnya benang lusi diberi kanji untuk meningkatkan kekuatan benang pada proses pertenunan, jenis kanji yang digunakan adalah tapioka, terigu atau kanji sintetik.

Data produksi pabrik pertenunan tahun 2005 sebagaimana disajikan pada **Lampiran-2 Tabel L.2.2** masing-masing lajur dihitung menggunakan formula eco-weaving dengan memasukkan bobot factor ekoefisiensi sebagaimana **Tabel 4.5**. Penghitungan ekoefisiensi pabrik pertenunan menggunakan formula ekoefisiensi dengan bantuan alat hitung kalkulator program *Excel* disajikan pada **Tabel 4.7**.

**Tabel 4.7** Nilai Ekoefisiensi Pabrik *Weaving* tahun 2005

Notasi	Faktor Ekoefisiensi	Bobot	Penggunaan Materi dan Energi (*)
B <sub>1</sub>	Material RR	10	43,96 %
B <sub>2</sub>	mbRR	2	0,10 %
B <sub>3</sub>	Material NRR	5	55,81 %
B <sub>4</sub>	mbNRR	1	0,13 %
	Jumlah material		100,00%
B <sub>5</sub>	Dgm	10	37,03 %
B <sub>6</sub>	η.en	10	84,84 %
B <sub>7</sub>	η.ai	10	41,50 %
B <sub>8</sub>	η.kanji	5	0,03 %
	<b>Jumlah Bobot</b>	<b>53</b>	-

Keterangan: (\*) Penggunaan materi dan energi pada **Tabel-2** Nilai Ekoefisiensi Pabrik Pertenunan dalam **Lampiran 2**.

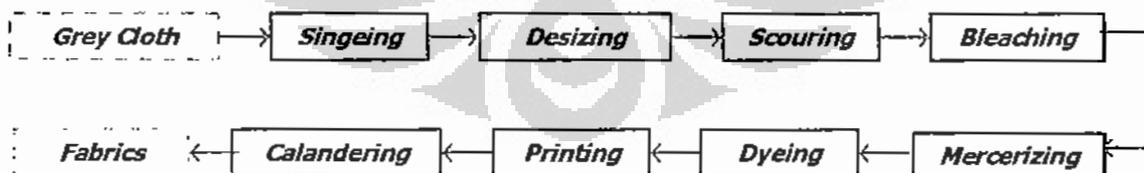
$$\eta_{ecoweaving} = \frac{(RR * B_1) + (mbRR * B_2) + (NRR * B_3) + (mbNRR * B_4) + (Dgm * B_5) + (\eta_{en} * B_6) + (\eta_{ai} * B_7) + (\eta_{kanji} * B_8)}{\sum_{i=1}^8 B_i} = \dots\%$$

$$\eta_{ecoweaving} = \frac{(43,96 * 10) + (0,10 * 2) + (55,81 * 5) + (0,13 * 1) + (37,03 * 10) + (84,84 * 10) + (41,5 * 10) + (0,03 * 5)}{53} = 44,39\%$$

Dari hasil penghitungan nilai ekoefisiensi pabrik pertenunan pada **Tabel 4.7** yang direpresentasikan pada rumus *eco-weaving* dengan jumlah bobot 53, maka nilai ekoefisiensi pabrik pertenunan pada tahun 2005 adalah sebesar 44,39%.

#### 4.3.3. Ekoefisiensi Pabrik *Finishing* Tekstil

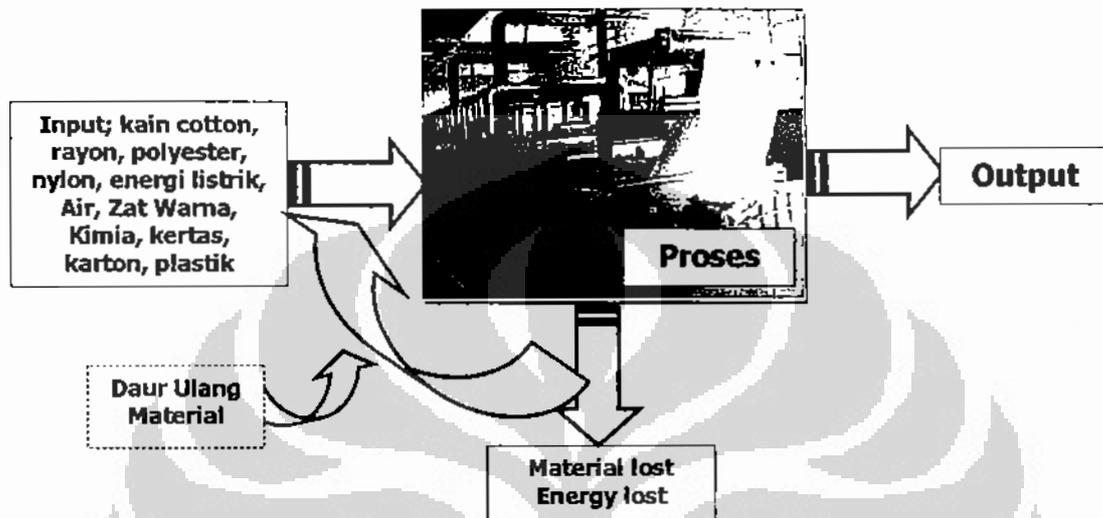
Bagan alir proses produksi di pabrik penyempurnaan tekstil yang menjadi objek penelitian ekoefisiensi pabrik tekstil ini dijelaskan pada **Gambar 4.8**.

**Gambar 4.8** Bagan Alir Proses Penyempurnaan Tekstil pada Pabrik *Finishing*

Sumber: Hasil Survei, 2005

Jenis material bahan baku yang digunakan pada proses penyempurnaan kain di pabrik ini adalah kain cotton, kain campuran polyester-cotton dan kain polyester 100%. Bahan pembantu dalam proses pembuatan kain adalah zat pewarna,

berbagai jenis zat kimia pembantu dan air, sedangkan jenis material untuk kemasan kain hasil produksi terdiri dari jenis kertas dan plastik. Jenis sumber daya energi untuk menggerakkan proses produksi adalah listrik yang berasal dari perusahaan listrik negara (PLN) dan generator milik perusahaan dengan bahan bakar solar.



**Gambar 4.9** Penilaian Ekoefisiensi pada Pabrik Penyempurnaan Tekstil

**Gambar 4.9** memberi informasi tentang penggunaan materi dan energi pada pabrik penyempurnaan kain. Material jenis *renewable resources* yang dipakai adalah kain jenis cotton dan kain jenis rayon. Sedangkan material pembantu produksi yang digunakan pada proses pencelupan seperti zat pewarna, bahan kimia dan air adalah merupakan factor spesifik yang harus diperhitungkan nilai pemanfaatannya, karena material tersebut sangat erat kaitannya dengan aspek limbah dan pencemaran pada lingkungan. Umumnya pabrik tekstil tidak memiliki standard jumlah penggunaan zat warna pada berbagai jenis tekstil dengan intensitas warna yang spesifik. Besaran jumlah zat kimia pembantu (*chemical auxiliary*) yang ditambahkan dalam proses penyempurnaan tekstil yang kemudian menjadi limbah setelah proses produksi adalah proporsional dengan jumlah penggunaan zat warna. Sehingga dengan demikian maka jumlah zat kimia pembantu yang terpakai pada proses penyempurnaan tekstil adalah sama dengan zat warna, namun seluruh zat kimia tersebut secara 100% terlepas dari kain dan menjadi limbah.

Data produksi pabrik *finishing* tahun 2005 sebagaimana disajikan pada **Lampiran-2 Tabel L.2.3** masing-masing lajur dihitung menggunakan formula *eco-finishing* dengan memasukkan bobot factor keefisiensi sebagaimana **Tabel 4.5**. Penghitungan keefisiensi pabrik *finishing* menggunakan formula keefisiensi dengan bantuan alat hitung kalkulator program *Excel* disajikan pada **Tabel 4.8**.

**Tabel 4.8** Nilai Keefisiensi Pabrik *Finishing* tahun 2005

Notasi	Faktor Keefisiensi	Bobot	Penggunaan Materi dan Energi (*)
B <sub>1</sub>	Material RR	10	30.66 %
B <sub>2</sub>	mbRR	2	2.80 %
B <sub>3</sub>	Material NRR	5	65.87 %
B <sub>4</sub>	mbNRR	1	1.27 %
	Jumlah material		100,00%
B <sub>5</sub>	Dgm	10	58.29 %
B <sub>6</sub>	η.en	10	83.54 %
B <sub>7</sub>	η.ai	10	38.36 %
B <sub>9</sub>	η.zw	5	64.47 %
B <sub>10</sub>	η.zk	10	64.47 %
	<b>Jumlah Bobot</b>	<b>63</b>	-

Keterangan: (\*) Penggunaan materi dan energi pada **Tabel-3** Nilai Keefisiensi Pabrik *Finishing* dalam **Lampiran 2**.

$$\eta_{ecofinishing} = \frac{(RR * B_1) + (mbRR * B_2) + (NRR * B_3) + (mbNRR * B_4) + (Dgm * B_5) + (\eta_{en} * B_6) + (\eta_{ai} * B_7) + (\eta_{zw} * B_9) + (\eta_{zk} * B_{10})}{\sum_{i=1}^B B_i} \dots \%$$

$$\eta_{ecofinishing} = \frac{(30,66 * 10) + (2,8 * 2) + (65,87 * 5) + (1,27 * 1) + (58,29 * 10) + (83,54 * 10) + (38,36 * 10) + (64,47 * 5) + (64,47 * 10)}{63} = 54,15\%$$

Dari hasil penghitungan nilai keefisiensi pabrik *finishing* tekstil pada **Tabel 4.8** yang direpresentasikan pada rumus *eco-finishing* dengan jumlah bobot 63, maka nilai keefisiensi pabrik *finishing* tekstil pada tahun 2005 adalah sebesar 54,15%.

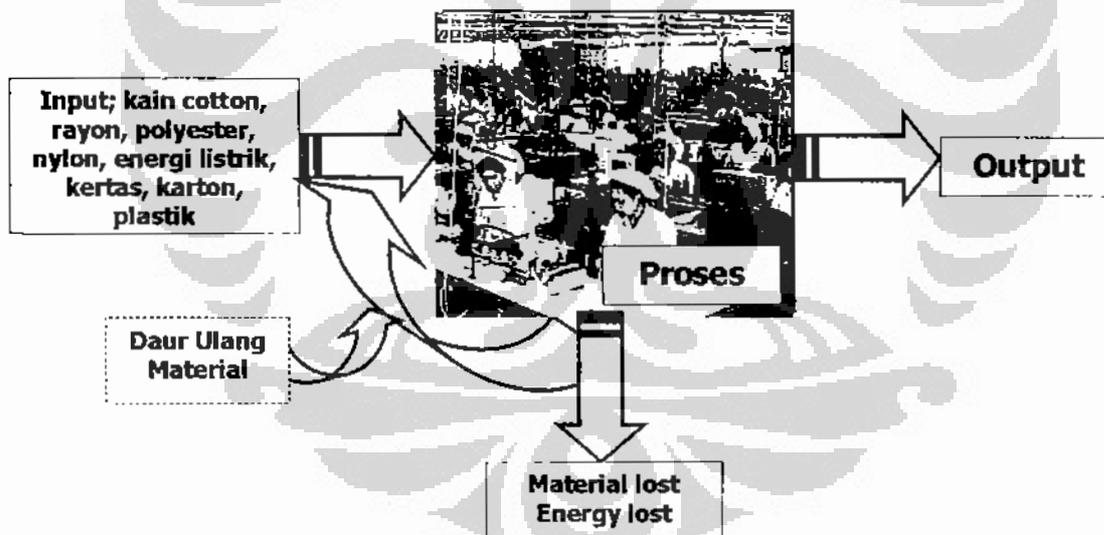
#### 4.3.4. Keefisiensi Pabrik Garmen

Bagan alir proses produksi di pabrik garmen yang menjadi objek penelitian keefisiensi pabrik tekstil ini adalah sebagaimana dijelaskan pada **Gambar 4.10**.



**Gambar 4.10** Bagan Alir Proses Pembuatan Pakaian Jadi pada Pabrik Garmen  
Sumber: Hasil Survei, 2005

Jenis material bahan baku yang digunakan pada proses pembuatan pakaian jadi ini umumnya kain cotton 100% dan kain campuran polyester-cotton. Bahan pembantu dalam proses pembuatan pakaian jadi adalah kain pelapis, kain interlining, kancing, ritsleting dan lain sebagainya, sedangkan jenis material untuk kemasan produk hasil produksi terbuat dari bahan kertas dan atau plastik. Jenis sumber daya energi untuk menggerakkan proses produksi adalah listrik yang berasal dari perusahaan listrik negara (PLN) dan generator milik perusahaan dengan bahan bakar solar.



**Gambar 4.11** Penilaian Ekoefisiensi pada Pabrik Garmen

Sumber: Hasil Survei, 2005

**Gambar 4.11** memberi informasi tentang penggunaan materi dan energi pada pabrik pembuatan pakaian jadi (garmen). Sebagai material *input* yang bersifat *renewable resources* adalah kain cotton dan karton serta kertas pelapis kemasan. Penggunaan material yang bersifat *non renewable resources* berupa kain polyester,

aksesoris berupa kancing, ritsleting dan kemasan plastik. Energi listrik yang dipakai untuk memproduksi pakaian jadi tersebut di atas umumnya berasal dari perusahaan listrik negara (PLN) ataupun berasal dari generator yang menggunakan bahan bakar solar.

Data produksi pabrik garmen tahun 2005 sebagaimana disajikan pada **Lampiran-2 Tabel L.2.4** masing-masing lajur dihitung menggunakan formula *eco*-garmen dengan memasukkan bobot factor keefisiensi sebagaimana **Tabel 4.5**. Penghitungan keefisiensi pabrik garmen menggunakan formula keefisiensi dengan bantuan alat hitung kalkulator program *Excel* disajikan pada **Tabel 4.9**.

**Tabel 4.9** Nilai Ekoefisiensi Pabrik Garmen tahun 2005

Notasi	Faktor Ekoefisiensi	Bobot	Penggunaan Materi dan Energi (*)
B <sub>1</sub>	Material RR	10	85.46 %
B <sub>2</sub>	mbRR	2	0.43 %
B <sub>3</sub>	Material NRR	5	9.67 %
B <sub>4</sub>	mbNRR	1	2.12 %
B <sub>11</sub>	Logam	1	1.79 %
	Jumlah material		100,00%
B <sub>5</sub>	Dgm	10	94.88 %
B <sub>6</sub>	η.en	10	82.94 %
	<b>Jumlah Bobot</b>	<b>39</b>	-

Keterangan: (\*) Penggunaan materi dan energi pada **Tabel-4** Nilai Ekoefisiensi Pabrik Garmen dalam **Lampiran 2**.

$$\eta_{ecogarmen} = \frac{(RR \cdot B_1) + (mbRR \cdot B_2) + (NRR \cdot B_3) + (mbNRR \cdot B_4) + (Dgm \cdot B_5) + (\eta.en \cdot B_6) + (\%Logam \cdot B_{11})}{\sum_{i=1}^n B_i} = \%$$

$$\eta_{ecogarmen} = \frac{(85.46 \cdot 10) + (0.43 \cdot 2) + (9.67 \cdot 5) + (2.12 \cdot 1) + (94.88 \cdot 10) + (82.94 \cdot 10) + (1.79 \cdot 1)}{39} = 68.87\%$$

Dari hasil penghitungan nilai keefisiensi pabrik garmen pada **Tabel 4.9** yang direpresentasikan pada rumus *eco*-garment dengan jumlah bobot 39, maka nilai keefisiensi pabrik garmen pada tahun 2005 adalah sebesar 68,87%.

#### 4.3.5. Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Terpadu

Pabrik tekstil terpadu adalah pabrik tekstil yang terdiri dari tiga pabrik yaitu pabrik pemintalan, pabrik pertenunan dan pabrik penyempurnaan tekstil.

Bentuk bahan baku yang digunakan pada proses produksi di pabrik tekstil terpadu ini adalah serat untuk pabrik pemintalan, benang untuk pabrik pertenunan dan kain mentah untuk pabrik *finishing*. Jenis material yang digunakan adalah cotton,

rayon, polyester, nylon dan atau acrylic serta campuran serat polyester-cotton dan rayon. Bahan pembantu dalam proses pembuatan kain adalah kanji dan air, sedangkan jenis material untuk kemasan kain mentah hasil produksi terdiri dari jenis kertas dan plastik. Jenis sumber daya energi untuk menggerakkan proses produksi adalah listrik yang berasal dari PLN dan atau generator milik perusahaan dengan bahan bakar solar.

Data produksi pabrik tekstil terpadu tahun 2005 sebagaimana disajikan pada **Lampiran-2 Tabel L.2.4** masing-masing lajur dihitung menggunakan formula *eco-terpadu* dengan memasukkan bobot factor keefisiensi sebagaimana **Tabel 4.5**. Penghitungan keefisiensi pabrik tekstil terpadu menggunakan formula keefisiensi dengan bantuan alat hitung kalkulator program *Excel* disajikan pada **Tabel 4.10**.

**Tabel 4.10** Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Terpadu tahun 2005

Notasi	Faktor Ekoefisiensi	Bobot	Penggunaan Materi dan Energi (*)
B <sub>1</sub>	Material RR	10	74,36 %
B <sub>2</sub>	mbRR	2	2,91 %
B <sub>3</sub>	Material NRR	5	22,66 %
B <sub>4</sub>	mbNRR	1	0,07 %
	Jumlah material		100,00%
B <sub>5</sub>	Dqm	10	83,11 %
B <sub>6</sub>	η.en	10	86,25 %
B <sub>7</sub>	η.ai	10	36,56 %
B <sub>8</sub>	η.kanji	5	0,03 %
B <sub>9</sub>	η.zw	5	60,22 %
B <sub>10</sub>	η.zk	10	60,22 %
	Jumlah Bobot	68	-

Keterangan: (\*) Penggunaan materi dan energi pada **Tabel-4** Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Terpadu dalam **Lampiran 2**.

$$\eta_{eco\ terpadu} = \frac{(RR \cdot B_1) + (mbRR \cdot B_2) + (NRR \cdot B_3) + (mbNRR \cdot B_4) + (Dqm \cdot B_5) + (\eta_{en} \cdot B_6) + (\eta_{ai} \cdot B_7) + (\eta_{kanji} \cdot B_8) + (\eta_{zw} \cdot B_9) + (\eta_{zk} \cdot B_{10})}{\sum_{i=1}^{10} B_i} = \epsilon_0$$

$$\eta_{eco\ terpadu} = \frac{(74,36 \cdot 10) + (2,91 \cdot 2) + (22,66 \cdot 5) + (0,07 \cdot 1) + (83,11 \cdot 10) + (86,25 \cdot 10) + (36,56 \cdot 10) + (0,03 \cdot 5) + (60,22 \cdot 5) + (60,22 \cdot 10)}{68} = 56,25\%$$

Dari hasil penghitungan nilai keefisiensi pabrik tekstil terpadu pada **Tabel 4.10** yang direpresentasikan pada rumus *eco-terpadu* dengan jumlah bobot 68, maka nilai ekofisiensi pabrik tekstil terpadu pada tahun 2005 adalah sebesar 56,25%.

Berdasarkan hasil penghitungan sebagaimana disajikan pada **Tabel L.2.6 dan L.2.7** pada **Lampiran-2** diperoleh rata-rata nilai keefisiensi pabrik tekstil yaitu; pabrik garmen 68,87%, pabrik pemintalan 66,58%, pabrik tekstil terpadu 56,25%,

pabrik tekstil (*finishing*) 54,15%, dan pabrik pertenunan 44,39%. Dengan demikian maka hipotesis pertama yang menyatakan bahwa "nilai  $\eta_{\text{ecospinning}} > \eta_{\text{ecogarmen}} > \eta_{\text{ecoweaving}} > \eta_{\text{ecofinishing}}$ " adalah tidak benar karena ternyata hasil penelitian yang disajikan pada **Tabel L.2.7** menunjukkan nilai  $\eta_{\text{ecogarmen}} > \eta_{\text{ecospinning}} > \eta_{\text{ecofinishing}} > \eta_{\text{ecoweaving}}$ . Selanjutnya pada hipotesis kedua yang menyatakan bahwa "kegiatan pabrik tekstil terpadu lebih ekoeisien dibanding pabrik tekstil yang dikelola secara tidak terpadu" ternyata terbukti benar karena ekoeisiensi kegiatan pabrik tekstil terpadu sebesar 56,25% lebih tinggi dibanding ekoeisiensi kegiatan pabrik tekstil tidak terpadu yaitu sebesar 54,28%. Berdasarkan penghitungan nilai rata-rata ekoeisiensi keseluruhan pabrik dengan penggunaan bobot yang diberikan oleh ahli (*expert judgment*), maka *benchmark* nilai ekoeisiensi kegiatan pabrik tekstil secara umum adalah nilai maksimum 74,39% dan nilai minimum 43,57% (hasil lengkap penghitungan pada **Lampiran-4**).

#### 4.4. Perumusan Indeks Ekoeisiensi

Indeks ekoeisiensi diperlukan untuk menilai ekoeisiensi suatu pabrik tekstil tertentu yang dihitung menggunakan formula ekoeisiensi apakah berada pada kondisi baik ataukah buruk. Indeks ekoeisiensi dapat dipakai oleh manajemen pabrik tekstil untuk dijadikan acuan dalam upaya memperbaiki kinerja lingkungan pabrik tekstil secara berkelanjutan.

Indeks ekoeisiensi pabrik tekstil dirumuskan dengan cara *expert judgment*, metode Delphi, melakukan validasi menggunakan standar SNI, Asosiasi, Internaional, PROPER dan ISO 14001. Untuk validasi rumusan ekoeisiensi maka digunakan indeks ekoeisiensi yang dihitung menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI), standar asosiasi tekstil, dan standar internasional seperti Oeko-Tex. Sedangkan untuk validasi indeks ekoeisiensi maka digunakan metode PROPER dan ISO 14001. Indeks ekoeisiensi diperlukan untuk membahas kondisi kinerja lingkungan pabrik tekstil di wilayah studi apakah kondisi ekoeisiensi suatu pabrik dalam keadaan baik ataukah buruk menurut kondisi standar industri dan lingkungan yang ada. Metode *expert judgment* ditujukan untuk meminta pendapat kepada para ahli lingkungan, ahli bidang industri tekstil dan lembaga swadaya masyarakat atas penggunaan

material dan energi oleh industri tekstil (**Lampiran-1**). Hasil penilaian pakar berupa bobot atas manfaat dan risiko lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan pabrik tekstil dijadikan sebagai bobot untuk melakukan *benchmarking* terhadap nilai keefisiensi pabrik tekstil.

*Benchmark* unsur-unsur keefisiensi (**Lampiran-4**) dimaksudkan untuk menentukan patokan atau batas perkiraan nilai bobot yang diinginkan atau yang ingin dicapai guna dimasukkan ke dalam formula keefisiensi. Batas perkiraan bobot maksimum dan minimum yang diberikan oleh pakar dan dipakai pada formulasi keefisiensi bertujuan untuk menentukan kondisi ideal dan harapan nilai keefisiensi yang sesuai dengan kondisi lingkungan yang ada. Berikut ini disajikan hasil analisis terhadap angket yang diajukan kepada para pakar (ahli tekstil, ahli lingkungan, dan LSM bidang industri dan lingkungan).

**Tabel 4.11** Deskripsi Data Jawaban Responden (Ahli Tekstil, Ahli Lingkungan dan LSM) Dalam Memberikan Bobot Atas Penggunaan Sumber Daya Pada Pabrik Tekstil Tahun 2007

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Material RR	30	9.2667	.86834	8.00	10.00
Material Bantu RR	30	2.5333	.50742	2.00	3.00
Material NRR	30	3.1333	1.10589	1.00	5.00
Material Bantu NRR	30	1.5667	.56832	.00	2.00
Daya Guna Material	30	8.2667	1.04826	7.00	10.00
Material Logam	30	3.1667	.94989	1.00	4.00
Efisiensi Energi	30	8.5333	1.19578	6.00	10.00
Efisiensi Air	30	8.6000	.96847	6.00	10.00
Efisiensi Kanji	30	2.8333	1.05318	1.00	4.00
Efisiensi Zat Warna	30	3.8667	1.00801	2.00	5.00
Efisiensi Zat Kimia	30	3.8667	1.00801	2.00	5.00

**Tabel 4.12** Uji Kesamaan Pendapat Ahli (metode *Kendall's W Test*) Dalam Memberikan Bobot Atas Penggunaan Sumber Daya Pada Pabrik Tekstil Tahun 2007

N	30
Kendall's W <sup>a</sup>	.860
Chi-Square	257.960
df	10
Asymp. Sig.	.000

a. Kendall's Coefficient of Concordance

## Analisis Statistik

### Hipotesis

1.  $H_0$  = Tidak ada kesamaan pendapat di antara para ahli tekstil dan ahli lingkungan dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada pabrik tekstil.
2.  $H_a$  = Ada kesamaan pendapat di antara para ahli tekstil dan ahli lingkungan dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada pabrik tekstil.

Pengambilan Keputusan, membandingkan Angka Statistik Hitung dengan Angka Statistik Tabel:

1. Jika Angka Statistik Hitung > Angka Statistik Tabel, maka hipotesis  $H_0$  ditolak.
2. Jika Angka Statistik Hitung < Angka Statistik Tabel, maka hipotesis  $H_0$  diterima.

Dari **Tabel 12** tentang uji kesamaan pendapat para ahli tekstil dan ahli lingkungan (metode **Kendall's W**) dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada pabrik tekstil, diperoleh angka statistik hitung Kendall's W sebesar 0,860.

Angka statistik hitung diperoleh dengan cara penghitungan metode *Chi-Square* adalah sebagai berikut;

$$\chi^2 = [m(n-1)] * W$$

dimana; m adalah jumlah responden sebanyak 30 orang dan n adalah 11 (atribut), maka:

$$\chi^2 = [30 * (11 - 1)] * 0,860 = 258,00$$

Jadi, angka statistik hitung adalah sebesar 258,00.

Angka statistik tabel diperoleh dengan cara melihat tabel *Chi-Square* dengan df (derajat kebebasan) =  $k - 1 = 11 - 1 = 10$  dan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) = 5%, maka didapatkan angka statistik tabel = 18,31.

Keputusan, oleh karena angka statistik hitung > angka statistik tabel, maka  $H_0$  ditolak. Dengan demikian maka terdapat kesamaan pendapat di antara para ahli tekstil, ahli lingkungan dan LSM dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada pabrik tekstil.

Berdasarkan Probabilitas:

1. Jika Probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak
2. Jika Probabilitas > 0,05,  $H_0$  diterima

Keputusan, oleh karena angka probabilitas  $(0,000) < 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak. Dengan demikian maka terdapat kesamaan pendapat di antara para ahli tekstil, ahli lingkungan dan LSM dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada pabrik tekstil.

Berdasarkan **Tabel 4.11** tentang bobot maksimum dan minimum faktor keefisiensi yang diberikan oleh pakar untuk dijadikan *benchmark* bobot faktor keefisiensi. *Benchmarking* bobot faktor keefisiensi tersebut selanjutnya digunakan untuk menilai status keefisiensi pabrik tekstil.

Kisaran nilai bobot minimum yang diberikan pakar adalah satu sampai delapan, dimana nilai bobot mendekati nilai satu berarti penggunaan atau pemanfaatan jenis, sifat dan karakteristik material dan energi pada proses produksi memiliki risiko pencemaran yang sangat besar terhadap lingkungan. Sedangkan nilai bobot mendekati nilai delapan berarti penggunaan jenis, sifat dan karakteristik material dan energi pada proses produksi memiliki potensi risiko pencemaran yang sangat kecil terhadap lingkungan

Hasil penghitungan keefisiensi dengan menggunakan bobot maksimum yang diberikan oleh Pakar (**Tabel 4.11**) adalah sebagai berikut:

### 1. Ekoefisiensi *Spinning*

$$eco - spinning = \frac{(49,83 * 10) + (2,87 * 3) + (47,25 * 5) + (0,06 * 2) + (93,44 * 10) + (85,54 * 10)}{40} = 63,33\%$$

### 2. Ekoefisiensi *Weaving*

$$eco - weaving = \frac{(43,96 * 10) + (0,1 * 3) + (55,81 * 5) + (0,13 * 2) + (37,03 * 10) + (84,84 * 10) + (41,5 * 10) + (0,03 * 4)}{54} = 43,57\%$$

### 3. Ekoefisiensi *Finishing*

$$eco - finishing = \frac{(30,66 * 10) + (2,8 * 3) + (65,87 * 5) + (1,27 * 2) + (58,29 * 10) + (83,54 * 10) + (38,36 * 10) + (64,47 * 5) + (64,47 * 5)}{60} = 51,55\%$$

### 4. Ekoefisiensi *Garmen*

$$eco - garmen = \frac{(85,46 * 10) + (0,43 * 3) + (9,67 * 5) + (2,12 * 2) + (94,88 * 10) + (82,94 * 4) + (1,79 * 10)}{44} = 50,16\%$$

## 5. Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Terpadu

$$eco - terpadu = \frac{(74,36 * 10) + (2,91 * 3) + (22,66 * 5) + (0,07 * 2) + (83,11 * 10) + (86,25 * 10) + (36,56 * 10) + (0,03 * 4) + (60,22 * 5) + (60,22 * 5)}{64} = 55,11\%$$

Hasil penghitungan ekoefisiensi menggunakan bobot minimum yang diberikan oleh Pakar (**Tabel 4.11**):

### 1. Ekoefisiensi *Spinning*

$$eco - spinning = \frac{(49,83 * 8) + (2,87 * 2) + (47,25 * 1) + (0,06 * 1) + (93,44 * 7) + (85,54 * 6)}{24} = 67,46\%$$

### 2. Ekoefisiensi *Weaving*

$$eco - weaving = \frac{(43,96 * 8) + (0,1 * 2) + (55,81 * 1) + (0,13 * 1) + (37,03 * 7) + (84,84 * 6) + (41,5 * 6) + (0,03 * 1)}{31} = 45,97\%$$

### 3. Ekoefisiensi *Finishing*

$$eco - finishing = \frac{(30,66 * 8) + (2,8 * 2) + (65,87 * 1) + (1,27 * 1) + (58,29 * 7) + (83,54 * 6) + (38,36 * 6) + (64,47 * 2) + (64,47 * 2)}{34} = 50,45\%$$

### 4. Ekoefisiensi *Garmen*

$$eco - garmen = \frac{(85,46 * 8) + (0,43 * 2) + (9,67 * 1) + (2,12 * 1) + (94,88 * 7) + (82,94 * 6) + (1,79 * 1)}{25} = 74,39\%$$

## 5. Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Terpadu

$$eco - terpadu = \frac{(74,36 * 8) + (2,91 * 2) + (22,66 * 1) + (0,07 * 1) + (83,11 * 7) + (86,25 * 6) + (36,56 * 6) + (0,03 * 1) + (60,22 * 2) + (60,22 * 2)}{35} = 62,37\%$$

Berdasarkan hasil penghitungan nilai ekoefisiensi yang mengacu pada nilai bobot maksimum dan minimum (**Tabel 4.11**) yang diberikan oleh para pakar maka *benchmark* nilai ekoefisiensi pabrik tekstil adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.13** *Benchmark* Nilai Ekoefisiensi Berdasarkan Pendapat Pakar

No.	Jenis Pabrik Tekstil	<i>Benchmark Ekoefisiensi</i>	
		Bobot Minimum <sup>***</sup> )	Bobot Maksimum <sup>**</sup> )
1	Pemintalan	67,46	63,33
2	Pertenunan	45,97	43,57
3	<i>Finishing</i>	50,45	51,55
4	Garmen	74,39	50,16
5	Terpadu	62,37	55,11

Dari **Tabel 4.13** nilai ekoefisiensi maksimum dan minimum yang menggunakan bobot faktor ekoefisiensi yang diberikan oleh pakar dapat dijadikan patok duga (*benchmarking*) nilai ekoefisiensi kegiatan pabrik tekstil dimanapun wilayah beroperasinya. Nilai ekoefisiensi minimum hasil pembobotan oleh pakar dijadikan patok atau batas minimum nilai ekoefisiensi pabrik tekstil yang dikategorikan tidak ekoefisien, dan nilai ekoefisiensi maksimum hasil pembobotan oleh pakar dijadikan batas ideal yang harus dicapai oleh pabrik tekstil untuk dapat dikategorikan sebagai industri yang ekoefisien, berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Selain menggunakan *benchmark* nilai ekoefisiensi sebagaimana **Tabel 4.13**, maka kondisi ideal efisiensi ekologi kegiatan pabrik tekstil dapat pula dikaji melalui standar penggunaan material dan energi pada proses produksi, baik standar yang ditetapkan oleh pabrik tekstil itu sendiri, standard asosiasi, standard nasional Indonesia (SNI) maupun standard internasional. Sebagai contoh; proporsi campuran material antara serat polyester dan serat cotton untuk pemasaran di Indonesia ditetapkan oleh SNI sebesar 65/35. standard penggunaan energi untuk pabrik pemintalan antara 90 – 95% dan lain sebagainya. Berikut ini adalah kondisi ideal penggunaan material bahan baku produksi tekstil yang diadopsi dari berbagai sumber di pabrik tekstil wilayah Jabodetabek.

Kondisi ideal penggunaan materi dan energi pada pabrik pemintalan (berdasarkan standar asosiasi pabrik tekstil) adalah; RR sebesar 65%, mbRR sebesar 1%, NRR sebesar 35%, mbNRR sebesar 0,05%, Dgm sebesar 95% dan  $\eta_{en}$  sebesar 95%. Dengan menggunakan kondisi ideal penggunaan materi dan energi pada pabrik pemintalan tersebut di atas dan bobot faktor ekoefisiensi yang ditetapkan penulis sebagaimana **Tabel 4.5**, maka nilai ekoefisiensi yang ideal untuk kegiatan pabrik pemintalan adalah sebesar 71,76%.

$$\eta.e \text{ cos pinning} = \frac{(65 * 10) + (1 * 2) + (35 * 5) + (0,05 * 1) + (95 * 10) + (95 * 10)}{38} = 71,76 \%$$

Jika dibandingkan dengan eksisting efisiensi ekologi pabrik pemintalan yang hanya mencapai rata-rata 66,58% (berdasarkan pembobotan factor keefisiensi oleh peneliti), maka hal ini berarti kondisi eksisting pabrik pemintalan di wilayah studi masih relatif buruk dibanding keadaan ideal. Untuk memperbaiki tingkat efisiensi ekologi kegiatan pabrik pemintalan yang diharapkan untuk dapat dikembangkan di masa mendatang adalah dengan melakukan peningkatan penggunaan material RR, menekan penggunaan NRR, meningkatkan Dgm dan meningkatkan  $\eta.en$ .

Kondisi ideal penggunaan materi dan energi pada pabrik pertenunan adalah; RR sebesar 65%, mbRR sebesar 1%, NRR sebesar 35%, mbNRR sebesar 0,5%, Dgm sebesar 95%,  $\eta.en$  sebesar 95%,  $\eta.kanji$  sebesar 80%, dan  $\eta.ai$  sebesar 90%.

Dengan menggunakan kondisi ideal penggunaan materi dan energi pada pabrik pertenunan tersebut di atas dan bobot faktor keefisiensi sebagaimana **Tabel 4.5**, maka nilai keefisiensi yang ideal untuk kegiatan pabrik pertenunan adalah sebesar 75,99%.

$$\eta.ecoweaving = \frac{(65 * 10) + (1 * 2) + (35 * 5) + (0,5 * 1) + (95 * 10) + (95 * 10) + (80 * 5) + (90 * 10)}{53} = 75,99 \%$$

Jika dibandingkan dengan eksisting efisiensi ekologi pabrik pertenunan yang hanya mencapai rata-rata 44,39% (berdasarkan pembobotan factor keefisiensi oleh peneliti), maka hal ini berarti kondisi eksisting pabrik pertenunan di wilayah studi adalah sangat buruk dibanding keadaan ideal. Sehingga untuk memperbaiki tingkat efisiensi ekologi kegiatan pabrik pertenunan yang diharapkan untuk dapat dikembangkan di masa mendatang adalah dengan melakukan; peningkatan penggunaan material RR, menekan penggunaan NRR, meningkatkan Dgm, meningkatkan  $\eta.en$  dan meningkatkan  $\eta.ai$  dan  $\eta.kanji$ .

Kondisi ideal penggunaan materi dan energi pada pabrik *finishing* adalah; RR sebesar 65%, mbRR sebesar 1%, NRR sebesar 35%, mbNRR sebesar 0,5%, Dgm sebesar 95%,  $\eta.en$  sebesar 95%,  $\eta.ai$  sebesar 90%,  $\eta.zw$  sebesar 75%,  $\eta.zk$  sebesar 75%,.

Dengan menggunakan kondisi ideal penggunaan materi dan energi pada pabrik *finishing* tersebut di atas dan bobot faktor keefisiensi sebagaimana **Tabel 4.5**, maka nilai keefisiensi yang ideal untuk kegiatan pabrik *finishing* adalah sebesar 75,43%.

$$\eta_{ecofinishing} = \frac{(65 \cdot 10) + (1 \cdot 2) + (35 \cdot 5) + (0,5 \cdot 1) + (95 \cdot 10) + (95 \cdot 10) + (90 \cdot 10) + (75 \cdot 5) + (75 \cdot 10)}{63} = 75,43\%$$

Jika dibandingkan dengan eksisting efisiensi ekologi pabrik *finishing* yang hanya mencapai rata-rata 54,15% (berdasarkan pembobotan factor keefisiensi oleh peneliti), maka hal ini berarti kondisi eksisting pabrik *finishing* di wilayah studi sangat buruk dibanding keadaan ideal. Untuk memperbaiki tingkat efisiensi ekologi kegiatan pabrik *finishing* yang diharapkan untuk dapat dikembangkan di masa mendatang adalah dengan melakukan; peningkatan penggunaan material RR, menekan penggunaan NRR, meningkatkan Dgm, meningkatkan  $\eta_{en}$ , meningkatkan  $\eta_{ai}$ ,  $\eta_{zw}$  dan  $\eta_{zk}$ .

Kondisi ideal penggunaan materi dan energi pada pabrik garmen adalah; RR sebesar 65%, mbRR sebesar 2%, NRR sebesar 35%, mbNRR sebesar 1%, Dgm sebesar 85%, logam sebesar 0% dan  $\eta_{en}$  sebesar 90%. Dengan menggunakan kondisi ideal penggunaan materi dan energi pada pabrik garmen tersebut di atas dan bobot faktor keefisiensi sebagaimana **Tabel 4.5**, maka nilai keefisiensi yang ideal untuk kegiatan pabrik garmen adalah sebesar 66,15%.

$$\eta_{ecogarmen} = \frac{(65 \cdot 10) + (2 \cdot 2) + (35 \cdot 5) + (1 \cdot 1) + (0 \cdot 1) + (85 \cdot 10) + (90 \cdot 10)}{39} = 66,15\%$$

Jika dibandingkan dengan eksisting efisiensi ekologi pabrik garmen yang mencapai rata-rata 68,87%, maka hal ini berarti kondisi eksisting pabrik garmen di wilayah studi relatif lebih baik dibanding keadaan ideal. Untuk lebih memperbaiki tingkat efisiensi ekologi kegiatan pabrik garmen di masa mendatang maka perlu tetap dilakukan; peningkatan penggunaan material RR, menekan penggunaan NRR, meningkatkan Dgm dan meningkatkan  $\eta_{en}$ .

Kondisi ideal penggunaan materi dan energi pada pabrik tekstil terpadu adalah; RR sebesar 65%, mbRR sebesar 1%, NRR sebesar 35%, mbNRR sebesar 0,05%, Dgm sebesar 95%,  $\eta_{en}$  sebesar 95%,  $\eta_{kanji}$  sebesar 80%,  $\eta_{ai}$  sebesar 90%,  $\eta_{zw}$  sebesar 75%,  $\eta_{zk}$  sebesar 75%. Dengan menggunakan kondisi ideal penggunaan

materi dan energi pada pabrik tekstil terpadu tersebut di atas dan bobot faktor ekofisiensi sebagaimana **Tabel 4.5**, maka nilai ekofisiensi yang ideal untuk kegiatan pabrik tekstil terpadu adalah sebesar 75,76%.

$$\eta_{ecoterpadu} = \frac{(65 \cdot 10) + (1 \cdot 2) + (35 \cdot 5) + (0,05 \cdot 1) + (95 \cdot 10) + (95 \cdot 10) + (80 \cdot 5) + (90 \cdot 10) + (75 \cdot 5) + (75 \cdot 10)}{68} = 75,76\%$$

Jika dibandingkan dengan eksisting efisiensi ekologi pabrik tekstil terpadu yang hanya mencapai rata-rata 56,25%, hal ini berarti kondisi eksisting pabrik tekstil terpadu di wilayah studi sangat buruk dibanding keadaan ideal. Untuk memperbaiki tingkat efisiensi ekologi kegiatan pabrik tekstil terpadu yang diharapkan untuk dapat dikembangkan di masa mendatang adalah dengan melakukan; peningkatan penggunaan material RR, menekan penggunaan NRR, meningkatkan Dgm, meningkatkan  $\eta_{en}$ , meningkatkan  $\eta_{kanji}$ ,  $\eta_{ai}$ ,  $\eta_{zw}$  dan  $\eta_{zk}$ .

Berdasarkan bobot gabungan antara modulus bobot pakar dan bobot yang diberikan peneliti (Table L-4.2) maka nilai ekofisiensi berdasarkan penggunaan material standar sesuai SNI adalah sebagai berikut:

$$\eta_{ecospinning} = \frac{(65 \cdot 10) + (1 \cdot 2,5) + (35 \cdot 4) + (0,05 \cdot 1,5) + (95 \cdot 9) + (95 \cdot 9)}{36} = 69,51\%$$

$$\eta_{ecoweaving} = \frac{(65 \cdot 10) + (1 \cdot 2,5) + (35 \cdot 4) + (0,5 \cdot 1,5) + (95 \cdot 9) + (95 \cdot 9) + (80 \cdot 9) + (90 \cdot 4,5)}{49,5} = 73,29\%$$

$$\eta_{ecofinishing} = \frac{(65 \cdot 10) + (1 \cdot 2,5) + (35 \cdot 4) + (0,5 \cdot 1,5) + (95 \cdot 9) + (95 \cdot 9) + (90 \cdot 9) + (75 \cdot 4,5) + (75 \cdot 7)}{56,5} = 73,90\%$$

$$\eta_{ecogarmen} = \frac{(65 \cdot 10) + (2 \cdot 2,5) + (35 \cdot 4) + (1 \cdot 1,5) + (0 \cdot 2,5) + (85 \cdot 9) + (90 \cdot 9)}{38,5} = 61,59\%$$

$$eco-terpadu = \frac{(65 \cdot 10) + (1 \cdot 2,5) + (35 \cdot 4) + (0,05 \cdot 1,5) + (95 \cdot 9) + (95 \cdot 9) + (80 \cdot 9) + (90 \cdot 4,5) + (75 \cdot 4,5) + (75 \cdot 7)}{61} = 73,61\%$$

Untuk memperoleh standar nilai ecoefisiensi yang dapat diakui secara ilmiah maka diperlukan indeks yang dapat memprediksi kondisi ecoefisiensi kegiatan pabrik tekstil yang dihitung menggunakan formula ecoefisiensi di atas. Untuk memperoleh indeks ecoefisiensi tersebut maka digunakan berbagai standar penggunaan materi dan energi yang dipakai oleh industri tekstil seperti Standar Nasional Indonesia (SNI), standar asosiasi industri dan standar internasional oekotex serta bobot faktor ecoefisiensi yang diberikan oleh Pakar yang merepresentasikan keterlibatan aspek sosial dalam perumusan formula ecoefisiensi hingga menghasilkan *benchmark* nilai ecoefisiensi sebagaimana dituangkan pada **Tabel 4.14**.

**Tabel 4.14** *Benchmark* Nilai Ecoefisiensi Berdasarkan Pendapat Pakar dan Peneliti

No.	Jenis Pabrik Tekstil	Ekoefisiensi dengan Bobot		
		Minimum <sup>**)</sup>	Maksimum <sup>**)</sup>	Gabungan <sup>*)</sup>
1	Pemintalan	67,46	63,33	69,51
2	Pertununan	45,97	43,57	73,29
3	<i>Finishing</i>	50,45	51,55	73,90
4	Garmen	74,39	50,16	61,59
5	Terpadu	62,37	55,11	73,61

<sup>\*)</sup> Menggunakan bobot factor ecoefisiensi gabungan modus pakar dan peneliti

<sup>\*\*)</sup> Menggunakan bobot factor ecoefisiensi yang diberikan pakar

**Tabel 4.14** tentang *benchmarking* ecoefisiensi, maka implementasi standar oekotex dan dilibatkan dalam penentuan indeks ecoefisiensi pada dasarnya tidak hanya bermaksud untuk melindungi lingkungan secara umum tetapi juga untuk memperhatikan aspek sosial lingkungan yaitu melindungi kesehatan manusia dari pengaruh penggunaan zat kimia berbahaya pada tekstil yang terbukti dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti iritasi kulit, penyakit liver dan bahkan dapat merusak sistem saraf ([www.oeko-tex.com](http://www.oeko-tex.com)).

*Benchmarking* nilai ecoefisiensi ditetapkan berdasarkan penggunaan formula ecoefisiensi yang mengaplikasikan standar penggunaan materi dan energi yang dipakai oleh industri tekstil dan bobot faktor ecoefisiensi yang diberikan oleh pakar industri tekstil, lingkungan dan LSM sebagaimana **Tabel 4.19** tetetapkan empat kategori/status ecoefisiensi yang diberlakukan secara umum yaitu: (1) ecoefisiensi dengan status sangat baik, (2) ecoefisiensi dengan status baik dan (3) ecoefisiensi

dengan status cukup baik, dan 4) ekoefisiensi dengan status kurang baik sebagaimana ditampilkan pada **Tabel 4.15**.

**Tabel 4.15** Kategori/Status dan Indeks Ekoefisiensi

No.	Kategori/Status	Indeks Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil				
		Pemintalan	Pertenenan	Finishing	Garmen	Terpadu
1	Sangat Baik	>69,51	>73,29	>73,90	>74,39	>73,61
2	Baik	67,46 – 69,51	45,97 – 73,29	51,55 – 73,90	61,59 – 74,39	62,37 – 73,61
2	Sedang	63,33 – 67,46	43,57 – 45,97	50,45 – 51,55	50,16 – 61,59	55,11 – 62,37
3	Kurang Baik	<63,33	<43,57	<50,45	<50,16	<55,11

Indeks dan status ekoefisiensi pabrik tekstil seperti disajikan pada **Tabel 4.15** menggambarkan: (1) indeks ekoefisiensi minimum dan terendah pada kegiatan pabrik pertenenan dapat disebabkan oleh faktor material kanji yang melekat pada benang lusi yang dibutuhkan untuk meningkatkan efisiensi produksi pertenenan pada kenyataannya di lapangan tidak dapat diolah (*recycle, reuse, recovery*) di pabrik pertenenan maupun di pabrik *finishing*, (2) indeks ekoefisiensi minimum pabrik garmen lebih rendah dibanding pabrik *finishing*, hal ini disebabkan oleh karena faktor jumlah berat limbah garmen lebih besar dibanding limbah cair dan sludge pabrik *finishing*, (3) rentang nilai ekoefisiensi antara kategori sangat baik, baik, sedang dan kurang baik yang tidak sama disebabkan oleh faktor ekoefisiensi yang terlibat dan faktor bobot hasil *benchmarking* yang tidak sama sebagaimana **Tabel 4.14**; (4) ekoefisiensi yang rendah memberi implikasi pada lingkungan sosial kesehatan masyarakat sebagai akibat banyaknya limbah pencemaran yang dikeluarkan oleh pabrik yang inekoefisien.

Untuk validasi nilai indeks ekoefisiensi sebagaimana disajikan pada **Tabel 4.15** maka digunakan metode PROPER dan ISO 14001 sebagaimana disajikan pada **Lampiran-5** dalam **Tabel L-5.12** dan **Tabel L-5.13**.

Secara konseptual perbedaan antara ekoefisiensi, PROPER dan ISO 14001 adalah; penilaian metode ekoefisiensi berpijak pada perbaikan tingkat efisiensi penggunaan materi dan energi pada proses produksi, penilaian PROPER berpijak pada pentaatan terhadap 1) peraturan perundangan bidang lingkungan (*regulatory based*), 2) kebijakan ekonomi-pasar (*market/economic based*), dan 3) sasaran hasil akhir (*result oriented*), sedangkan ISO 14001 lebih menekankan pada proses perbaikan dalam perusahaan (*continous improvement*).

Syarat keberlakuan formula dan indeks keefisiensi kegiatan pabrik tekstil tersebut di atas meliputi: 1) pabrik tekstil menggunakan energi hanya bersumber dari energi listrik (PLN dan atau Generator yang menggunakan BBM), 2) formula keefisiensi tidak melibatkan faktor tenaga kerja yang sesungguhnya terlibat langsung dalam proses produksi tekstil, 3) formula keefisiensi tidak mencakup pabrik tekstil yang memproduksi material bahan baku sintetis (*man made fiber plant*), pabrik kaos dan pabrik tekstil *non woven*, 4) formula dan indeks keefisiensi tidak membahas aspek biaya pengolahan limbah dan biaya pengobatan manusia yang terkena penyakit oleh dampak kegiatan pabrik tekstil.

#### **4.5. Aspek Ekonomi Dalam Ekoefisiensi**

Penelitian ini terbatas pada aspek biaya ekonomi atas penggunaan material dan energi, dan tidak membahas aspek biaya pengolahan limbah serta tidak membahas biaya pemulihan kesehatan manusia dan lingkungan yang terkena dampak pencemaran kegiatan pabrik tekstil. Berdasarkan terminologi keefisiensi yang dikemukakan pada bagian akhir sub bab 2.7 tentang teori yaitu: keefisiensi merupakan tindakan efisien secara ekonomi dan efisien secara ekologi. Efisien secara ekologi dapat dihitung dari nisbah antara besaran atau jumlah sumber daya alam yang menimbulkan manfaat secara ekologi dengan besaran atau jumlah sumber daya alam yang diambil dari alam. Manfaat ekologi dapat dihitung dan diukur dari faktor keberlanjutan sumber daya alam dan lingkungan atau dengan cara menghitung besaran pengaruh pencemaran yang ditimbulkan oleh akibat penggunaan sumber daya alam itu sendiri. Contoh kasus pada kegiatan pabrik tekstil misalnya; manfaat ekologi dapat dihitung dan diukur dari besaran pengaruh pencemaran yang ditimbulkan oleh akibat penggunaan material cotton dibanding penggunaan material polyester terhadap lingkungan, dimana sampah material sintetis polyester memberikan dampak negatif lebih besar (karena tidak dapat didegradasi oleh mikro organisme tanah) dibanding material cotton yang sampahnya dapat dilumat oleh mikro organisme tanah. Efisien secara ekonomi dapat dihitung dari nisbah antara nilai sumber daya alam yang menimbulkan

manfaat secara ekonomi dengan nilai sumber daya alam yang diambil dari alam. Contoh kasus pada kegiatan pabrik tekstil misalnya; nilai atau harga dari efisiensi penggunaan material cotton pada proses produksi dengan nilai atau harga material cotton yang diambil dari petani.

Dari penjelasan seperti tersebut di atas maka untuk menghitung nilai ekonomi dalam keefisiensi dapat dihitung menggunakan formula keefisiensi untuk tiap jenis kegiatan pabrik tekstil. Mengaplikasikan formula keefisiensi menjadi efisiensi ekonomi adalah dengan memasukkan harga-harga yang berlaku untuk masing-masing faktor (harga material RR, mbRR, NRR, mbNRR, Dgm, dan  $\eta.en$ ) ke dalam formula keefisiensi. Oleh karena pada formula keefisiensi terdapat bobot pada masing-masing faktor keefisiensi yang tidak mempertimbangkan aspek ekonomi (dan hanya memberi bobot faktor sumber daya alam), maka nilai keefisiensi secara ekonomi adalah nilai efisiensi yang dihitung tanpa melibatkan bobot yang diberikan pada masing-masing faktor keefisiensi. Sedangkan nilai keefisiensi secara ekologi adalah nilai efisiensi yang dihitung dengan melibatkan nilai bobot pada setiap faktor keefisiensi yang mempertimbangkan aspek keberlanjutan sumber daya alam dan aspek pencemaran lingkungan yang ditimbulkan. Berikut ini dikemukakan hasil pembahasan aspek ekonomi dan aspek ekologi dari hasil penghitungan keefisiensi kegiatan masing-masing pabrik tekstil pada tahun 2005.

#### 4.5.1. Kegiatan Pabrik Pemintalan

Nilai ekonomi pada keefisiensi kegiatan pabrik pemintalan (*spinning*) sebagaimana pada **Tabel L.2.7. (Lampiran-2)** tentang *summary* keefisiensi pabrik tekstil pada tahun 2005 sebesar 66,58% adalah berasal dari hasil penghitungan sebagai berikut:

$$\eta.e \cos \text{ pimming} = \frac{(49.83*10)+(2.87*2)+(47.25*5)+(0.06*1)+(93.44*10)+(85.54*10)}{38} = 66.58\%$$

Makna nilai keefisiensi pabrik pemintalan sebesar 66,58% adalah efisiensi keberlanjutan ekologi sebesar 66,58%, sedangkan 33,42%nya adalah tidak

berkelanjutan. Berkelanjutan artinya keterpulihan sumber daya alam dan ataupun kemampuan alam melakukan penyerapan pencemaran hanya sebesar 66,58%, dan yang tidak terpulihkan adalah sebesar 33,42%.

Semakin tinggi nilai ekofisiensi pabrik pemintalan maka keberlanjutan ekologi terkait pemanfaatan materi dan energi semakin tinggi (terjamin sebesar 66,58%) sedangkan pencemaran yang ditimbulkan oleh pabrik semakin kecil akibat entropi atau limbah dan pencemaran kecil (entropi sebesar 33,42%). Sedangkan ekofisiensi dari sudut pandang ekonomi adalah "nilai manfaat" produk benang yang dijual kepada konsumen, yaitu semakin tinggi nilai ekofisiensi pabrik pemintalan maka nilai produk benang semakin tinggi.

Nilai ekonomi dalam nilai ekofisiensi pabrik pemintalan sebesar 66,58% dapat dihitung menggunakan rumus ekofisiensi dengan memasukkan harga atau nilai material dan energi pada faktor ekofisiensi pabrik pemintalan menggantikan nilai bobot ekofisiensi.

**Tabel 4.16** Penghitungan Nilai Ekonomi atas Ekofisiensi Pabrik Pemintalan, 2005

No. [1]	Faktor [2]	Harga Satuan <sup>*)</sup> [3]	Pemakaian [4]	Nilai (Rp) [5]
1	RR	Rp.13.000/kg	49.83%	6.477,-
2	mbRR	Rp.10.000/kg	2.87%	287,-
3	NRR	Rp.12.000/kg	47.25%	5.670,-
4	mbNRR	Rp.8.000/kg	0.06%	4,-
<b>Jumlah Input</b>			<b>100,00%</b>	
5	Dgm	(Rp.13.000 + Rp.10.000 + Rp.12.000 + Rp.8.000) = 43.000,-	93.44%	40.179,-
6	$\eta_{en}$	Rp.800/kwh * 4,76 kwh/kg produk	85.54%	3.257,-
<b>Jumlah Nilai Rupiah</b>				<b>55.874,-</b>

<sup>\*)</sup> Harga satuan materi dan energi yang berlaku pada bulan Januari 2005

Dari **Tabel 4.16** diperoleh nilai atau harga produk benang yang ekofisien adalah sebesar Rp.55.874,-/kg *input*, sehingga dengan demikian pada nilai ekofisiensi pabrik pemintalan sebesar 66,58% maka nilai ekonominya adalah sebesar Rp. 55.874,-.

Biaya entropi (limbah dan pencemaran) dalam nilai ekofisiensi pabrik pemintalan dapat dihitung menggunakan rumus entropi sebagai berikut:

1. Biaya material lost berupa limbah padat =  $mat_{lost} = 1 - Dgm = (1 - 93.44\%) \times Rp43.000,- = Rp. 2.820,-$
2.  $Energy_{lost} = 1 - \eta_{en} = (1 - 85.54\%) \times Rp. 800,-/kwh \times 4,76 kwh) = Rp. 550,-$

Jadi, biaya entropi proses pemintalan adalah = Rp. 2.820,- + Rp. 550,- = Rp. 3.370,-/kg *input*.

#### 4.5.2. Kegiatan Pabrik Pertenunan

Nilai ekonomi pada keefisiensi kegiatan pabrik pertenunan (*weaving*) sebagaimana pada **Tabel L.2.7. (Lampiran-2)** tentang *summary* keefisiensi pabrik tekstil pada tahun 2005 adalah sebesar 44,39% berasal dari hasil penghitungan sebagai berikut:

$$\eta_{ecoweaving} = \frac{(43,96 * 10) + (0,10 * 2) + (55,81 * 5) + (0,13 * 1) + (37,03 * 10) + (84,84 * 10) + (41,5 * 10) + (0,03 * 5)}{53} = 44,39\%$$

Makna nilai keefisiensi pabrik pertenunan 44,39% adalah efisiensi keberlanjutan ekologi sebesar 44,39%, sedangkan 55,61%nya adalah tidak berkelanjutan. Berkelanjutan artinya keterpulihan sumber daya alam dan ataupun kemampuan alam melakukan penyerapan pencemaran hanya sebesar 44,39%, dan yang tidak terpulihkan adalah sebesar 55,61%.

Semakin tinggi nilai keefisiensi pabrik pertenunan maka keberlanjutan ekologi terkait pemanfaatan materi dan energi semakin tinggi (terjamin sebesar 44,39%) sedangkan pencemaran yang ditimbulkan oleh pabrik semakin kecil akibat entropi atau limbah dan pencemaran kecil (entropi sebesar 55,61%). Sedangkan keefisiensi dari sudut pandang ekonomi adalah "nilai manfaat" produk kain yang dijual kepada konsumen, yaitu semakin tinggi nilai keefisiensi pabrik pertenunan maka nilai produk kain semakin tinggi.

Nilai ekonomi dalam nilai keefisiensi pabrik pertenunan sebesar 44,39% dapat dihitung menggunakan rumus keefisiensi dengan memasukkan harga atau nilai material dan energi pada faktor keefisiensi pabrik pertenunan menggantikan nilai bobot keefisiensi.

**Tabel 4.17** Penghitungan Nilai Ekonomi atas Ekoefisiensi Pabrik Pertenunan, 2005

No.	Faktor	Harga Satuan <sup>1)</sup>	Pemakaian	Nilai (Rp)
[1]	[2]	[3]	[4]	[6]
1	RR	Rp.23.000/kg	43,96%	10.110,-
2	mbRR	Rp.10.000/kg	0,10%	10,-
3	NRR	Rp.22.000/kg	55,81%	12.278,-
4	mbNRR	Rp.8.000/kg	0,13%	10,-
5	Kanji	Rp.6.000/kg	0,03%	2,-
Jumlah Input			100,00%	
6	Air	Rp. 10,-/ltr * 4ltr/kg produk	41,5%	16,-
7	Dgm	(Rp.23.000 + Rp.10.000 + Rp.22.000 + Rp.8.000 + Rp.6.000,-) = 69.000,-	37,03%	25.550,-
8	Ef.en	Rp.800/kwh * 7,80 kwh/kg produk	84,84%	5.294,-
Jumlah Nilai Rupiah				53.270,-

<sup>1)</sup> Harga satuan materi dan energi yang berlaku pada bulan Januari 2005

Berdasarkan **Tabel 4.17** diperoleh nilai atau harga produk kain yang ekoefisien adalah sebesar Rp. 53.270,-/kg *input*, sehingga dengan demikian pada nilai ekoefisiensi pabrik pertenunan sebesar 44,39% maka nilai ekonominya adalah sebesar Rp. 53.270,-.

Biaya entropi (limbah dan pencemaran) dalam nilai ekoefisiensi pabrik pertenunan dapat dihitung menggunakan rumus entropi sebagai berikut:

1. Biaya material lost berupa limbah padat =  $mat.lost = 1 - Dgm = (1 - 37,03\%) \times Rp69.000,- = Rp. 43.449,-$ .
  2. Biaya material lost berupa air limbah =  $Air.lim.bah = 1 - Ef.ai = (1 - 41,5\%) \times Rp.10,- * 4ltr/kg \text{ produk} = Rp. 24,-$
  3.  $Energylost = 1 - \eta.en = (1 - 84,84\%) \times Rp. 800,-/kwh \times 4,8 \text{ kwh} = Rp. 582,-$
- Jadi, biaya entropi proses pertenunan adalah = Rp. 43.449,- + Rp. 24,- + Rp. 582,- = Rp. 44.055,-/kg *input*.

#### 4.5.3. Kegiatan Pabrik Penyempurnaan Tekstil

Nilai ekonomi pada ekoefisiensi kegiatan pabrik penyempurnaan tekstil (*finishing*) sebagaimana pada **Tabel L.2.7. (Lampiran-2)** tentang *summary* ekoefisiensi pabrik tekstil pada tahun 2005 adalah sebesar 54,15% berasal dari hasil penghitungan sebagai berikut:

$$\eta_{ecofinishing} = \frac{(30,66 * 10) + (2,8 * 2) + (65,87 * 5) + (1,27 * 1) + (58,29 * 10) + (83,54 * 10) + (38,36 * 10) + (64,47 * 5) + (64,17 * 10)}{63} = 54,15\%$$

Makna nilai keefisiensi pabrik *finishing* 54,15% adalah efisiensi keberlanjutan ekologi sebesar 54,15%, sedangkan 45,85%nya adalah tidak berkelanjutan. Berkelanjutan artinya keterpulihan sumber daya alam dan ataupun kemampuan alam melakukan penyerapan pencemaran hanya sebesar 54,15%, dan yang tidak terpulihkan adalah sebesar 45,85%.

Semakin tinggi nilai keefisiensi pabrik *finishing* maka keberlanjutan ekologi terkait pemanfaatan materi dan energi semakin tinggi (terjamin sebesar 54,15%) sedangkan pencemaran yang ditimbulkan oleh pabrik semakin kecil akibat entropi atau limbah dan pencemaran kecil (entropi sebesar 45,85%). Sedangkan keefisiensi dari sudut pandang ekonomi adalah "nilai manfaat" produk kain yang dijual kepada konsumen, yaitu semakin tinggi nilai keefisiensi pabrik *finishing* maka nilai produk kain semakin tinggi.

Nilai ekonomi dalam nilai keefisiensi pabrik *finishing* sebesar 54,15% dapat dihitung menggunakan rumus keefisiensi dengan memasukkan harga atau nilai material dan energi pada faktor keefisiensi pabrik *finishing* menggantikan nilai bobot keefisiensi.

**Tabel L-4.18** Penghitungan Nilai Ekonomi Keefisiensi Pabrik *Finishing*, 2005

No.	Faktor	Harga Satuan <sup>1)</sup>	Pemakaian	Nilai (Rp)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
1	RR	Rp.33.000/kg	30.66%	10.117,-
2	mbRR	Rp.10.000/kg	2.80%	280,-
3	NRR	Rp.32.000/kg	65.87%	21.078,-
4	mbNRR	Rp.8.000/kg	1.27%	101,-
Jumlah Input			100%	
5	Zat warna	Rp.1.000/mg	64.47%	644,-
6	Zat kimia	Rp.1.000/mg	64.47%	644,-
7	Air	Rp. 10,-/ltr * 24ltr/kg produk	38.36%	92,-
8	Dgm	(Rp.33.000 + Rp.10.000 + Rp.32.000 + Rp.8.000 + Rp.1.000,- + Rp.1.000,-) = 85.000,-	58.29%	49.546,-
9	Ef.en	Rp.800/kwh * 9,22 kwh/kg produk	83.54%	6.161,-
Jumlah Nilai Rupiah				88.663,-

<sup>1)</sup> Harga satuan materi dan energi yang berlaku pada bulan Januari 2005

Biaya entropi (limbah dan pencemaran) dalam nilai keefisiensi pabrik *finishing* tekstil dapat dihitung menggunakan rumus entropi sebagai berikut:

1. Biaya material lost berupa limbah padat =  $mat\ lost = 1 - Dgm = (1 - 58.29\%) \times Rp.85.000,- = Rp. 35.453,-$

2. Biaya material lost berupa air limbah =  $Air.lim.bah = 1 - Ef.ai = (1 - 38.36\%)$   
 x Rp.10,- \* 24lt/kg produk = Rp. 148,-

3.  $Energylost = 1 - Ef.en = (1 - 83,54\%) \times Rp. 800,-/kwh \times 9,22 kwh) = Rp.$   
 1.214,-

Jadi, biaya entropi proses *finishing* adalah = Rp. 35.453,- + Rp. 148,- + Rp. 1.214,-  
 = Rp. 36.815,- per kilogram kain.

#### 4.5.4. Kegiatan Pabrik Garmen

Nilai ekonomi pada keefisiensi kegiatan pabrik garmen sebagaimana pada **Tabel L.2.7. (Lampiran-2)** tentang *summary* keefisiensi pabrik tekstil pada tahun 2005 adalah sebesar 68,87% berasal dari hasil penghitungan sebagai berikut:

$$\eta_{ecogarmen} = \frac{(85,46 * 10) + (0,43 * 2) + (9,67 * 5) + (2,12 * 1) + (94,88 * 10) + (82,94 * 10) + (1,79 * 1)}{39} = 68,87\%$$

Makna nilai keefisiensi pabrik garmen 68,87% adalah efisiensi keberlanjutan ekologi sebesar 68,87%, sedangkan 31,13%nya adalah tidak berkelanjutan. Berkelanjutan artinya keterpulihan sumber daya alam dan ataupun kemampuan alam melakukan penyerapan pencemaran hanya sebesar 68,87%, dan yang tidak terpulihkan adalah sebesar 31,13%.

Semakin tinggi nilai keefisiensi pabrik garmen maka keberlanjutan ekologi terkait pemanfaatan materi dan energi semakin tinggi (terjamin sebesar 68,87%) sedangkan pencemaran yang ditimbulkan oleh pabrik semakin kecil akibat entropi atau limbah dan pencemaran kecil (entropi sebesar 31,13%). Sedangkan keefisiensi dari sudut pandang ekonomi adalah "nilai manfaat" produk garmen yang dijual kepada konsumen, yaitu semakin tinggi nilai keefisiensi pabrik garmen maka nilai produk garmen semakin tinggi.

Nilai ekonomi dalam nilai keefisiensi pabrik garmen sebesar 68,87% dapat dihitung menggunakan rumus keefisiensi dengan memasukkan harga atau nilai material dan energi pada faktor keefisiensi pabrik garmen menggantikan nilai bobot keefisiensi.

**Tabel L-4.19** Penghitungan Nilai Ekonomi Ekoefisiensi Garmen, 2005

No.	Faktor	Harga Satuan <sup>1)</sup>	Pemakaian	Nilai (Rp)
[1]	[2]	[3]	[4]	[6]
1	RR	Rp.53.000/kg	85,46%	45.293,-
2	mbRR	Rp.10.000/kg	0,43%	43,-
3	NRR	Rp.52.000/kg	9,67%	5.028,-
4	mbNRR	Rp.8.000/kg	2,12%	169,-
5	Logam	Rp.26.000/kg	1,79%	709,-
Jumlah <i>Input</i>			100,00%	
6	Dgm	(Rp.53.000 + Rp.10.000 + Rp.52.000 + Rp.8.000 + Rp.26.000,-) = 149.000,-	94,88%	141.371,-
7	Ef.en	Rp.800/kwh * 6,1 kwh/kg produk	82,94%	4.047,-
Jumlah Nilai Rupiah				196.660,-

<sup>1)</sup> Harga satuan materi dan energi yang berlaku pada bulan Januari 2005

Biaya entropi (limbah dan pencemaran) dalam nilai ekoefisiensi pabrik garmen dapat dihitung menggunakan rumus entropi sebagai berikut:

1. Biaya material lost berupa limbah padat =  $mat.lost = 1 - Dgm = (1 - 94,88\%) \times Rp.149.000,- = Rp. 7.628,-$
  2.  $Energylost = 1 - Ef.en = (1 - 82,94\%) \times Rp. 800,-/kwh \times 6,1 kwh = Rp. 832,-$
- Jadi, biaya entropi proses produksi pada pabrik garmen adalah = Rp. 7.628,- + Rp. 832,- = Rp. 8.460,- per kilogram garmen.

#### 4.5.5. Kegiatan Pabrik Tekstil Terpadu

Nilai ekonomi pada ekoefisiensi kegiatan pabrik tekstil terpadu sebagaimana pada **Tabel L.2.7. (Lampiran-2)** tentang *summary* ekoefisiensi pabrik tekstil pada tahun 2005 adalah sebesar 56,25% berasal dari hasil penghitungan sebagai berikut:

$$\eta_{ecol\ terpadu} = \frac{(74,36 * 10) + (2,91 * 2) + (22,66 * 5) + (0,07 * 1) + (83,11 * 10) + (86,25 * 10) + (36,56 * 10) + (0,03 * 5) + (60,22 * 5) + (60,22 * 10)}{68} = 56,25\%$$

Makna nilai ekoefisiensi pabrik tekstil terpadu 56,25% adalah efisiensi keberlanjutan ekologi sebesar 56,25%, sedangkan 43,75%nya adalah tidak berkelanjutan. Berkelanjutan artinya keterpulihan sumber daya alam dan ataupun kemampuan alam melakukan penyerapan pencemaran hanya sebesar 56,25%, dan yang tidak terpulihkan 43,75%.

Semakin tinggi nilai keefisiensi pabrik tekstil terpadu maka keberlanjutan ekologi terkait pemanfaatan materi dan energi semakin tinggi (terjamin sebesar 56,25%) sedangkan pencemaran yang ditimbulkan oleh pabrik semakin kecil akibat entropi atau limbah dan pencemaran kecil (entropi sebesar 43,75%). Sedangkan keefisiensi dari sudut pandang ekonomi adalah "nilai manfaat" produk kain yang dijual kepada konsumen, yaitu semakin tinggi nilai keefisiensi pabrik tekstil terpadu maka nilai produk kain semakin tinggi.

Nilai ekonomi dalam nilai keefisiensi pabrik tekstil terpadu sebesar 56,25% dapat dihitung menggunakan rumus keefisiensi dengan memasukkan harga atau nilai material dan energi pada faktor keefisiensi pabrik tekstil terpadu menggantikan nilai bobot keefisiensi.

**Tabel 4.20** Penghitungan Nilai Ekonomi atas Keefisiensi Pabrik Terpadu, 2005

No. [1]	Faktor [2]	Harga Satuan <sup>1)</sup> [3]	Pemakaian [4]	Nilai (Rp) [6]
1	RR	Rp.33.000/kg	74,36%	24.538,-
2	mbRR	Rp.10.000/kg	2,91%	291,-
3	NRR	Rp.32.000/kg	22,65%	7.251,-
4	mbNRR	Rp.8.000/kg	0,07%	6,-
5	Kanji	Rp.6.000/kg	0,03%	2,-
Jumlah <i>Input</i>			100,00%	
6	Zat warna	Rp.1.000/mg	60,22%	602,-
7	Zat kimia	Rp.1.000/mg	60,22%	602,-
8	Air	Rp. 10,-/ltr * 28ltr/kg produk	36,56%	102,-
9	Dgm	(Rp.33.000 + Rp.10.000 + Rp.32.000 + Rp.8.000 + Rp.6.000,- + Rp.1.000,- + Rp.1.000) = 91.000,-	83,11%	75.630,-
10	Ef.en	Rp.800/kwh * 14,34 kwh/kg produk	86,25%	9.894,-
Jumlah Nilai Rupiah				118.816,-

<sup>1)</sup> Harga satuan materi dan energi yang berlaku pada bulan Januari 2005

Dari **Tabel 4.20** diperoleh harga produk kain yang keefisien adalah sebesar Rp. 118.816,-/kg *input*, sehingga dengan demikian pada nilai keefisiensi kegiatan pabrik tekstil terpadu sebesar 56,25% maka nilai ekonominya adalah sebesar Rp. 118.816,-.

Biaya entropi (limbah dan pencemaran) dalam nilai keefisiensi pabrik tekstil terpadu dapat dihitung menggunakan rumus entropi sebagai berikut:

1. Biaya material lost berupa limbah padat =  $mat.lost = 1 - Dgm = (1 - 83,11\%) \times Rp91.000,- = Rp. 15.369,-$ .

2. Biaya material lost berupa air limbah =  $Air.lim.bah = 1 - Ef.ai = (1 - 36.56\%)$   
 $\times Rp.10,- * 28lt/kg \text{ produk} = Rp. 177,-$

3.  $Energylost = 1 - \eta.en = (1 - 86.25\%) \times Rp. 800,-/kwh \times 14,34 \text{ kwh} = Rp. 1.577,-$

Jadi, biaya entropi proses tekstil pada pabrik tekstil terpadu adalah =  $Rp. 15.369,-$   
 $+ Rp. 177,- + Rp. 1.577,- = Rp. 17.123,-/kg \text{ input}$

Berdasarkan hasil penghitungan biaya ekonomi dan biaya entropi pada berbagai kegiatan pabrik tekstil seperti tersebut di atas maka berikut ini disajikan tabulasi nilai keefisiensi, biaya ekonomi dan biaya entropi berdasarkan jenis kegiatan pabrik tekstil.

**Tabel 4.21** Kompilasi Nilai Keefisiensi, Biaya Ekonomi dan Biaya Entropi

No.	Jenis Pabrik Tekstil	Keefisiensi (%)	Biaya Ekonomi (Rp/kg produk)	Entropi (%)		Biaya Entropi (Rp/kg produk)
				Material lost	Energy lost	
1	Garmen	68,87	196.660	Padat 5,22	17,06	8.460
2	Pemintalan ( <i>spinning</i> )	66,58	55.874	Padat 6,56	14,46	3.370
3	Tekstil Terpadu	56,25	118.816	Padat 26,89 Cair 63,44	13,75	17.123
4	Penyempumaan ( <i>finishing</i> )	54,15	88.663	Padat 41,71 Cair 61,64	16,46	36.815
5	Pertenunan ( <i>weaving</i> )	44,39	53.270	Padat 62,97 Cair 58,50	15,16	44.055

Dari **Tabel 4.21** hasil perhitungan aspek ekonomi pada nilai keefisiensi kegiatan pabrik tekstil terungkap bahwa: perbedaan tingkat keefisiensi dan biaya yang ditimbulkan pada tiap jenis pabrik tekstil adalah karena perbedaan komponen *input*, proses dan *output* produksi serta harga tiap komponen sumber daya alam yang digunakan oleh berbagai jenis pabrik tidaklah sama. Sebagai contoh misalnya harga material plastik pembungkus tidak sama dengan harga material cotton pada berat material yang sama. Aspek lain misalnya harga cotton dalam bentuk material serat pada pabrik pemintalan tidak sama dengan harga cotton dalam bentuk benang pada pabrik pemintalan, dan tidak sama pula pada harga cotton dalam bentuk kain di pabrik pertenunan.

Keterkaitan antara aspek ekonomi dengan masalah pencemaran lingkungan maka secara umum pencemaran lingkungan oleh kegiatan pabrik tekstil dapat disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor internal dan eksternal. Secara khusus faktor internal

penyebab timbulnya pencemaran tersebut antara lain karena aspek teknologi dan manajerial, sedangkan faktor eksternal dapat disebabkan oleh aspek sosial ekonomi dan kelembagaan. Masalah pencemaran dalam aspek ekonomi dapat menimbulkan biaya ekonomi yang tinggi bagi perusahaan untuk mengelolanya, dan atau menimbulkan biaya eksternal bagi perusahaan yang tidak mengelolanya dengan baik. Untuk itu diperlukan pengaturan agar konsep keefisiensi dapat diaplikasikan dengan mudah bagi pengusaha pabrik tekstil. Pengelolaan lingkungan industri melalui *command and control* dalam bentuk peraturan perundangan yang terkait dengan keefisiensi secara umum telah berjalan meskipun tidak secara spesifik membahas masalah keefisiensi industri. Peraturan tersebut tertuang dalam program Prokasih (Kep Men LH. No. 35A/1995 tentang Program Penilaian Kinerja Perusahaan/Kegiatan Usaha Dalam Pengendalian Pencemaran Dalam Lingkup Kegiatan Prokasih) dan Proper (Kep Men LH. No. 127/2002 tentang Pelaksanaan Proper) dan lain sebagainya. Namun peraturan tersebut belum berjalan efektif dan harus dibarengi dengan penerapan instrumen ekonomi seperti keringanan pajak impor kapas, bebaskan bea masuk teknologi tekstil yang ramah lingkungan dan lain sebagainya (Djajadiningrat, S. 2001:17-23) dan Graedel (1996:293). Diharapkan dengan penerapan instrumen ekonomi yang bersifat insentif seperti tersebut di atas maka penerapan konsep keefisiensi akan dapat terlaksana secara baik.

Ditinjau dari aspek teknologi, bagaimana dapat diciptakan teknologi produksi yang bersih lingkungan seperti kegiatan pertenunan yang mengharuskan benang lusi dikantong namun kemudian setelah jadi kain, kantongnya harus dilepas dari kain menjadi limbah yang tidak pernah didaur ulang. Bagaimana upaya menggunakan teknologi tekstil dengan minimum limbah dan pencemaran. Dilihat dari aspek produksi menyangkut *material content of product* dan masalah pemakaian *harmful/material toxic*. Sedangkan pada aspek *material content of product* melihat kandungan *material renewable resources* dan *material non-renewable resources* pada produk yang dihasilkan industri.

Ditinjau dari aspek sosial; bagaimana upaya agar proses produksi tekstil tidak mengeluarkan pencemaran yang dapat mengancam keselamatan dan kesehatan masyarakat di sekitar pabrik melalui internalisasi masalah eksternal yang ditimbulkan pabrik. Terkait dengan aspek sosial dan kesehatan masyarakat,

diketahui bahwa pabrik tekstil *finishing* tidak sedikit memakai *material toxic*, seperti material mengandung B3; formalin, air raksa, timbal, cadmium dan lain sebagainya. Hal ini perlu diperhatikan untuk menyelamatkan lingkungan kehidupan secara umum dan secara khusus melindungi keselamatan dan kesehatan manusia dari pengaruh kegiatan pabrik tekstil.

Ditinjau dari aspek manajerial, bagaimana upaya pengelola pabrik tekstil dapat mengelola material dan energi pada proses produksi hingga menghasilkan *output* yang berhasil guna dengan tingkat entropi yang minimum.

Ditinjau dari aspek kelembagaan, di eropa sudah ada lembaga yang menerapkan ecotex standard dalam eco-label yaitu:

1. Eco-labelling yang disponsori pihak pemerintah: Blue Angel (Jerman), Eco Mark (Jepang), Environmental Choice (Canada), White Swan (Nordic Countries), Eco-Mark (India), dan Green Label (Singapore).
2. Eco-labelling yang disponsori pihak swasta: Oeko-Tex (textiles and clothing)(Jerman),
3. Green Seal (Amerika Serikat), Bra Miljöval (Swedia), Britta Steilmann Collection (Jerman).

Di Indonesia telah ada kerjasama antara pemerintah Indonesia (KLH) dengan Jerman (GTZ) pada tahun 1999 yang menghasilkan kesepakatan penerapan "Oeko-tex standard" pada produk tekstil Indonesia yang akan dipasarkan khusus di Jerman (KLH-GTZ, 1999). Namun implikasi kerjasama tersebut belum sepenuhnya ditanggapi oleh pengelola industri tekstil yang menurut Asosiasi Pertekstilan Indonesia terbentur masalah kelembagaan yang mengakibatkan para pengusaha tidak memahami dan bahkan ada yang tidak mengetahui tentang standar tersebut. Pada hal itu konsumen Eropa, Amerika dan Canada melalui media internet pada berbagai tulisan mengingatkan pentingnya penerapan standar eco-tex dan masyarakat eropa yang *green consumerism* menghendaki TPT yang bebas dari aspek pencemaran lingkungan dan menghendaki penggunaan sumberdaya tekstil yang berkelanjutan (INA, 2006:36).

Dari uraian tersebut di atas maka setiap pabrik tekstil yang akan melakukan ekspor; diperlukan suatu kelembagaan yang dapat mengawasi dan membina industri tekstil menjadi industri yang bertanggungjawab terhadap lingkungan sebelum produknya ditolak oleh konsumen negara tersebut di atas. Berkaitan

dengan faktor eksternal yang dapat mempengaruhi keefisiensi kegiatan industri tekstil maka diimbau kepada pihak pemerintah untuk membuat dan menerapkan peraturan perundangan yang dapat memaksa dan mengontrol kegiatan pabrik tekstil yang melepaskan entropi ke lingkungan yang melebihi baku mutu. Perlu diterapkan instrumen pasar seperti: (1) kewajiban pemenuhan standard oeko-text, eco-label yang dapat menekan pabrik tekstil untuk mematuhi kehendak konsumen yang menginginkan produk ramah lingkungan, (2) memberikan insentif dalam bentuk keringanan pajak impor teknologi ramah lingkungan, impor material kapas dan rami, (3) menaikkan pajak impor material sintetis atau material perusak lingkungan, (4) kemudahan mendapatkan informasi untuk melakukan ekspor, (5) menghilangkan pungutan-pungutan liar di luar pajak dan retribusi untuk kegiatan ekspor.

#### 4.6. Aspek Sosial dan Budaya

Perkiraan masa depan keberadaan sumber daya alam dan penggunaannya terkait dengan aspek lingkungan sosial budaya masyarakat konsumen sebagaimana dijelaskan pada **Gambar 1.1** dan eksistensi kegiatan pabrik tekstil selama ini yang mengkonsumsi sumber daya alam sebagaimana dijelaskan **Gambar 4.2**, maka secara spesifik keterkaitan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Apabila jumlah konsumsi tekstil dengan material bersifat *non renewable resources* semakin besar, maka dapat berpengaruh pada kelangkaan sumber daya alam, peningkatan jumlah sampah tekstil anorganik, meningkatnya pencemaran terhadap tanah, air dan udara. Kondisi ini sejalan dengan teori yang dikemukakan Budianto (2002), bahwa pengaruh sekunder yang timbul adalah biaya ekonomi tinggi untuk mengolah sampah dan limbah serta biaya untuk mengobati berbagai penyakit yang ditimbulkan. Konsumsi material tekstil sintetis dunia yang mencapai 65% (28,7 juta ton/tahun) akan berpeluang menjadi sampah yang sulit dilumat oleh ekosistem bumi. Solusinya adalah dengan cara mengubah sistem produksi dan konsumsi dari material sintetis ke arah pemanfaatan material alami seperti cotton, rayon, rami, wol dan sutera.

2. Apabila jumlah konsumsi energi yang bersifat *non renewable resources* (listrik PLN/Disel) semakin besar, berpengaruh negatif pada kelangkaan sumber daya alam (penggunaan batubara, minyak disel untuk pembangkit tenaga listrik) dan meningkatnya pencemaran udara. Solusinya adalah dengan cara merubah penggunaan sumber daya energi ke arah pemanfaatan energi terbarukan sebagaimana disarankan oleh DeSimone dan Popoff (2000) melalui perencanaan dan instrumen kebijakan sistem interaksi industri yang dikembangkan Graedel dan Allenby (1995:64).
3. Paradigma konsumsi tekstil yang dipengaruhi oleh budaya, model pakaian, gaya dan pola hidup konsumtif dalam memilih pakaian. Apabila konsumsi tekstil tidak didasari atas sifat-sifat material yang terkandung dalam produk tekstil (seperti memilih material tekstil yang bersifat *non biodegradable* ataupun *non renewable resources*), maka dapat berpengaruh pada kelangkaan sumber daya alam khususnya material dasarnya minyak bumi dan meningkatkan pencemaran lingkungan. Solusinya adalah dengan cara mengarahkan konsumen untuk mengkonsumsi tekstil yang terbuat dari material alami.
4. Paradigma pembangunan ilmu dan teknologi tekstil yang ada selama ini lebih bertumpu pada paradigma Cartesian (Keraf, 2002:56) yang memandang sikap perilaku manusia yang eksploitatif dan manipulatif hanya memikirkan bagaimana memproduksi barang secara cepat untuk memenuhi kebutuhan manusia sehingga mengabaikan aspek lingkungan hidup. Solusinya adalah ilmu pengetahuan tekstil, aspek sosial pendidikan tekstil dan teknologi tekstil harus diarahkan kepada konsumsi dan pemilihan bahan tekstil yang bersifat *renewable resources* ataupun bersifat *biodegradable* dan pemilihan teknologi tekstil yang ramah lingkungan (terutama di bidang pertenunan dan *finishing* tekstil). Solusi yang diajukan tersebut di atas sejalan dengan paradigma norma lingkungan yang dikembangkan para filsuf, moralis dan preservasionis (Nawangsi, 1998:29).
5. Hukum termodinamika mengenai kekekalan massa dan energi memberikan implikasi bahwasanya bahan atau materi yang diambil dari lingkungan alam untuk diproduksi menjadi barang dan jasa akan dikembali ke lingkungan alam dalam bentuk yang sudah terdegradasi. Sesuai teori yang dikemukakan

Graedel (1996), maka siklus materi dan aliran energi akan memberikan basis bagi upaya mentransformasikan sistem pabrik tekstil dalam menggunakan material yang dapat terdegradasi oleh alam menuju siklus tertutup dengan meminimumkan disipasi atau pemborosan bahan dan energi. Disamping itu pula paradigma ekologis yang ditawarkan oleh Djajadiningrat, A. (2000) dapat dikembangkan untuk memandu transformasi sistem pabrik tekstil menuju interaksi yang berkelanjutan dengan sistem lingkungan alami.

#### **4.7. Aspek Eksternalitas Dalam Ekoefisiensi**

Eksternalitas merupakan tindakan untuk menginternalisasikan biaya pencemaran lingkungan ke dalam biaya produksi yang ditimbulkan oleh entropi kegiatan pabrik tekstil (Djajadiningrat S.,1997:33). Melalui upaya eksternalitas diharapkan pemilik pabrik tekstil setidaknya dapat mempertanggungjawabkan secara ekonomi pencemaran yang dilakukan meskipun belum sepenuhnya menjamin keselamatan lingkungan hidup. Pada penelitian ekoefisiensi kegiatan pabrik tekstil ini tidak mengkaji aspek eksternal secara spesifik dalam formula maupun indeks ekoefisiensi yang dihasilkan. Sehingga nilai ekoefisiensi yang dihasilkan belum memperhitungkan aspek eksternal dari pengaruh kegiatan pabrik tekstil.

Faktor-faktor eksternal yang perlu dikaji lebih lanjut meliputi tiga hal yaitu: biaya pengolahan limbah, biaya kesehatan manusia yang akan terkena dampak negatif limbah yang dibuang ke lingkungan, dan biaya pemulihan kerusakan lingkungan.

Berdasarkan kajian teoretis tentang ekoefisiensi sebagaimana dijelaskan pada **Tabel 2.4** tentang teori yang mendasari penetapan tolok ukur ekoefisiensi, maka internalisasi faktor-faktor eksternal ke dalam ekoefisiensi dapat dilakukan dengan tiga cara: 1) memasukkan biaya pengolahan limbah yang dihasilkan oleh pabrik tekstil, 2) biaya pemulihan kesehatan manusia yang terkena penyakit akibat pencemaran yang dilakukan pabrik tekstil, dan 3) biaya kerusakan lingkungan yang ditimbulkan oleh akibat pembuangan limbah tekstil ke lingkungan.

Biaya eksternal tersebut di atas hanya dimungkinkan dapat diterapkan pada pabrik tekstil yang menggunakan air untuk proses produksi seperti pabrik pertenunan, pabrik *finishing* tekstil dan pabrik tekstil terpadu. Sedangkan pabrik pemintalan dan garmen tidak memiliki limbah cair produksi yang harus diolah di instalasi pengolahan air limbah, sehingga biaya eksternal pada pabrik ini tidak perlu dihitung menggunakan cara tersebut di atas.

#### 4.8. Implikasi Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan sebagaimana dijelaskan pada bagian terdahulu maka formula yang dapat digunakan untuk menilai ekofisiensi pabrik tekstil adalah:

##### **Pabrik Pemintalan:**

$$\eta_{ecos\ spinning} = \frac{(RR * 10) + (mbRR * 2) + (NRR * 5) + (mbNRR * 1) + (Dgm * 10) + (\eta_{en} * 10)}{38} = \dots\%$$

Faktor yang tidak berpengaruh pada ekofisiensi pabrik pemintalan adalah: air, kanji, zat warna, zat kimia dan logam.

##### **Pabrik Pertenunan:**

$$\eta_{ecoweaving} = \frac{(RR * 10) + (mbRR * 2) + (NRR * 5) + (mbNRR * 1) + (Dgm * 10) + (\eta_{en} * 10) + (\eta_{ai} * 10) + (\eta_{Kanj} * 5)}{53} = \dots\%$$

Pada pabrik pertenunan ini faktor yang tidak berpengaruh pada nilai ekofisiensi pabrik pertenunan adalah: zat warna, zat kimia dan logam.

##### **Pabrik *Finishing*:**

$$\eta_{ecofinishing} = \frac{(RR * 10) + (mbRR * 2) + (NRR * 5) + (mbNRR * 1) + (Dgm * 10) + (\eta_{en} * 10) + (\eta_{ai} * 10) + (\eta_{zw} * 5) + (\eta_{zk} * 10)}{63} = \dots\%$$

Pada kegiatan pabrik *finishing* tekstil ini, faktor yang tidak berpengaruh pada keefisiensi pabrik *finishing* tekstil adalah kanji dan logam.

### **Pabrik Garmen:**

$$\eta_{ecogarmen} = \frac{(RR*10) + (mbRR*2) + (NRR*5) + (mbNRR*1) + (Dgm*10) + (\eta_{en}*10) + (Logam*1)}{39} = \dots\%$$

Faktor yang tidak berpengaruh pada penilaian keefisiensi kegiatan pabrik garmen adalah air, kanji, zat warna dan zat kimia.

### **Pabrik Tekstil Terpadu:**

$$\eta_{ecoterpadu} = \frac{(RR*10) + (mbRR*2) + (NRR*5) + (mbNRR*1) + (Dgm*10) + (\eta_{en}*10) + (\eta_{ai}*10) + (\eta_{Kauji*5}) + (\eta_{zw*5}) + (\eta_{k*10})}{68} = \dots\%$$

Faktor yang tidak berpengaruh pada penilaian keefisiensi pabrik tekstil terpadu adalah logam.

Formula keefisiensi tersebut di atas merupakan implikasi praktis hasil penelitian yang dapat diterapkan dan diaplikasikan secara praktis pada setiap pabrik tekstil, baik pabrik di dalam maupun di luar wilayah Jabodetabek, baik pabrik skala kecil, sedang maupun pabrik skala besar. Formula yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengukur kinerja lingkungan pabrik tekstil dan sebagai alternatif dalam strategi mewujudkan pembangunan berkelanjutan di bidang industri tekstil.

Rumusan tersebut di atas sangat mudah diterapkan pada pabrik tekstil karena komponen atau faktor keefisiensi terdapat di semua jenis pabrik tekstil dan dengan mudah dapat diukur oleh manajemen pabrik tekstil.

Implikasi hasil penelitian memberikan alternatif cara mengatasi masalah keefisiensi pada pabrik tekstil dengan menerapkan dan mengembangkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Untuk mendapatkan nilai keefisiensi yang tinggi maka seluruh pabrik tekstil harus; 1) meningkatkan porsi penggunaan sumber daya yang bersifat

*renewable resources* dalam proses produksinya, 2) meningkatkan pola pemanfaatan material yang dapat didaur ulang.

- b. Upaya memaksimalkan penggunaan bahan baku alami yang mengandung selulosa seperti kapas, rami, jute, rayon, ataupun bahan yang mengandung protein seperti wol, sutera yang bersifat dapat didegradasi oleh mikroorganisme tanah.
- c. Upaya meminimumkan jumlah produksi yang menggunakan material bahan baku tekstil jenis sintetis seperti, polyester, nylon, akrilik, vinil dan lain sebagainya.
- d. Upaya memaksimalkan penggunaan zat pewarna alami yang banyak terdapat di tanah Indonesia yang secara keilmuan dapat digunakan untuk proses pencelupan tekstil.
- e. Upaya meminimumkan jumlah penggunaan material bahan pembantu produksi tekstil seperti zat-zat kimia toksik dan material sintetis.
- f. Upaya menghemat penggunaan energi pada proses produksi tekstil dan mengupayakan penggunaan energi yang bersumber dari energi yang dapat diperbarui.
- g. Upaya mencari teknologi proses pencelupan kain yang menggunakan jumlah air dan energi minimum.
- h. Upaya untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas industri dan proses-proses produksi tekstil.
- i. Upaya mencari cara daur ulang yang baik dan tepat untuk limbah dan sampah produk tekstil.
- j. Upaya menciptakan material bahan baku tekstil sintetis yang bersifat *biodegradable* melalui pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
- k. Upaya memberikan pembelajaran kepada konsumen untuk membeli dan memilih tekstil yang mengandung material dan proses produksi yang ramah lingkungan, serta produk tekstil yang minimum memiliki sampah pembungkus.

#### 4.9. Implikasi Keilmuan

1. Konsep keefisiensi berupa rumus keefisiensi pabrik tekstil dapat dipakai untuk mengukur kinerja lingkungan pabrik tekstil di dalam memanfaatkan materi bahan baku dan energi (sumberdaya alam) untuk menghasilkan *output* tekstil yang bermanfaat dengan hasil entropi yang seminimum mungkin. Nilai konsep keefisiensi pabrik tekstil bermakna sebagai proses kerja pabrik yang efisien secara ekologi dan efisien secara ekonomi. Efisien dan efektif dalam penggunaan materi dan energi maka pabrik tekstil tidak akan menimbulkan persoalan terhadap lingkungannya. Pelaksanaan konsep keefisiensi pada industri tekstil merupakan salah satu alternatif dalam strategi mewujudkan pembangunan berkelanjutan.
2. Status keefisiensi pada industri tekstil dapat ditetapkan menggunakan indeks keefisiensi untuk setiap jenis kegiatan pada pabrik tekstil, dan dapat digunakan sebagai alat penilaian kinerja eksisting maupun prediksi untuk penerapan strategi kegiatan pabrik tekstil yang baik di kemudian hari.
3. Dengan melaksanakan konsep keefisiensi pada industri tekstil maka industri telah merespon kebutuhan publik dan ekologi sebagaimana dikemukakan oleh Graedel (1996:293), yaitu; produk bersih lingkungan, mengikuti regulasi di bidang lingkungan, mampu mencegah polusi dan bertanggungjawab terhadap lingkungan.
4. Konsep dasar ilmu lingkungan berupa; interaksi, saling ketergantungan, harmonisasi, manfaat dan keberlanjutan (ekonomi dan ekologi) dapat diintegrasikan ke dalam rumusan keefisiensi pabrik tekstil. *Interaksi* yang terjadi antara subsistem *input*, subsistem proses dan teknologi, subsistem *output* serta subsistem limbah dan pencemaran (*entropy*) selama adanya pasokan material bahan baku dari luar sistem industri tekstil secara kontinyu membentuk produk tekstil. Interaksi yang terkendali dan dinamika yang stabil akan menciptakan keseimbangan dan kestabilan lingkungan hidup. *Saling ketergantungan* antara pabrik tekstil dengan alam sebagai penyedia *input* produksi tekstil; alam tidak dapat menyediakan materi dan energi bila pabrik memproduksi dengan menghasilkan banyak entropi. *Keanekaan*; masih eksisnya

keanekaan di lingkungan industri tekstil mengindikasikan pabrik beroperasi secara ekoefisien. *Keseimbangan*; ekosistem akan terpelihara secara baik jika terdapat keseimbangan antara jumlah dan jenis komponen lingkungan yang terdapat pada lingkungan pabrik tekstil. *Harmonisasi* antara kegiatan pabrik tekstil dengan alam akan berjalan baik bila kegiatan pabrik tidak menimbulkan kerusakan pada lingkungannya dengan melepas entropi sembarangan. *Azas manfaat*, bagaimana pabrik tekstil dapat memberikan manfaat baik kepada masyarakat lingkungannya, karyawan, pengusaha, konsumen dengan menciptakan proses produksi yang bersih lingkungan. *Azas keberlanjutan*, bagaimana aktivitas pabrik dapat berjalan secara berkesinambungan dengan tidak adanya protes atau penolakan oleh lingkungan dan ketersediaan sumberdaya alam yang berkelanjutan (material *input* produksi tidak habis pakai).



## 5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

### 5.1. Kesimpulan

#### 1. Rumusan Ekoefisiensi Pabrik Tekstil

Secara umum dapat disimpulkan bahwa formula ekoefisiensi pabrik tekstil yang disusun atas dasar penggunaan material dan energi *input*, proses dan *output* produksi serta entropi (limbah dan pencemar) melalui kajian metabolisme industri, dapat digunakan untuk menilai kinerja pabrik tekstil yang membuktikan kecenderungan pabrik tekstil terpadu lebih ekoefisien dibandingkan dengan pabrik tekstil tidak terpadu. Formula ekoefisiensi yang digunakan adalah dalam bentuk persamaan:

$$\eta_{eco} = \frac{(RR \cdot B) + (mbRR \cdot B) + (NRR \cdot B) + (mbNRR \cdot B) + (Dgn \cdot D) + (\eta_{en} \cdot B) + (\eta_{ai} \cdot B) + (\eta_{Karji} \cdot B) + (\eta_{zw} \cdot B) + (\eta_{zk} \cdot B) + (Logan \cdot B)}{\sum_{i=1}^n B} \%$$

Entropi dari kegiatan pabrik yang tidak ekoefisien berimplikasi pada: (1) aspek ekonomi karena adanya *material-lost* dan *energy-lost* yang menjadi limbah dan tidak dimanfaatkan secara ekonomi, dan (2) aspek sosial kesehatan lingkungan karena adanya *material-lost* dan *energy-lost* yang menjadi bahan pencemar.

#### 2. Realitas Nilai Ekoefisiensi

Secara berurutan nilai ekoefisiensi pabrik garmen lebih tinggi dibanding nilai ekoefisiensi pabrik pemintalan, pabrik tekstil terpadu, pabrik penyempurnaan tekstil dan pertenunan. Ekoefisiensi pabrik pertenunan lebih rendah dibanding pabrik lainnya dapat disebabkan oleh faktor penggunaan material kanji pada benang lusi yang pada kenyataannya saat menjadi kain kanji tersebut dilepas dari kain dan menjadi limbah yang tidak didaur ulang.

### 3. Indeks Ekoefisiensi

Indeks ekoefisiensi dapat digunakan untuk menilai kinerja lingkungan pabrik tekstil dan dapat dipakai untuk menentukan status atau posisi ekoefisiensi yang dicapai oleh masing-masing jenis pabrik tekstil yang diteliti.

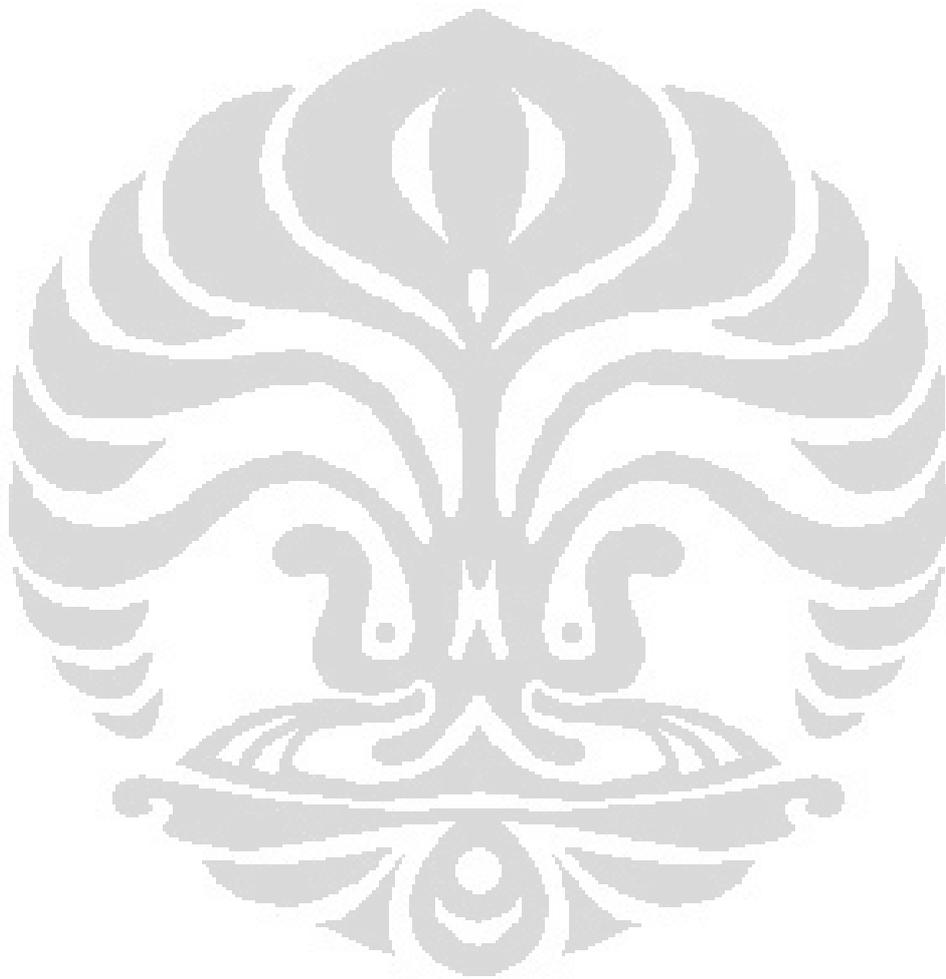
Formula ekoefisiensi dan indeks ekoefisiensi kegiatan industri tekstil tersebut di atas merupakan pendekatan yang dapat digunakan untuk menilai maupun memprediksi penerapan strategi kegiatan pabrik tekstil di masa mendatang menuju ekoefisien berdasarkan jenis kegiatannya.

### 5.2. Rekomendasi

1. Formula dan indeks ekoefisiensi hendaknya diterapkan secara praktis untuk mengukur kinerja lingkungan pabrik tekstil, untuk dijadikan dasar dalam penyusunan strategi mewujudkan pembangunan berkelanjutan.
2. Diperlukan peraturan perundangan: untuk mengendalikan entropi kegiatan pabrik tekstil.
3. Perlu diterapkan instrumen ekonomi seperti: keringanan pajak, kewajiban pemenuhan standar *Oeko-text*, *eco-label* yang dapat menekan pabrik tekstil untuk mematuhi kehendak konsumen yang menginginkan produk ramah lingkungan.
4. Untuk mengatasi masalah ekoefisiensi pada pabrik tekstil, agar diterapkan dan dikembangkan hal-hal:
  - a. meningkatkan porsi penggunaan sumber daya yang bersifat *renewable resources* dalam proses produksi, seperti: kapas, rami, jute, rayon, wol, sutera yang bersifat dapat didegradasi oleh mikroorganisme tanah;
  - b. meningkatkan pola pemanfaatan material yang dapat didaur ulang;

- c. meminimumkan jumlah produksi yang menggunakan material tekstil jenis sintetik, seperti: polyester, nylon, akrilik; dan
  - d. memaksimumkan penggunaan zat pewarna alami serta meminimumkan jumlah penggunaan material bahan pembantu produksi seperti: zat kimia toksik dan bahan pembungkus.
5. Memperbaiki paradigma ilmu pengetahuan tekstil, pendidikan tekstil, konsumsi dan teknologi tekstil ke arah konsumsi atau pemilihan tekstil berbahan material terbarukan dan pemilihan teknologi tekstil yang ramah lingkungan terutama pabrik pertenunan dan *finishing* tekstil.
  6. Perlu adanya penelitian yang lebih luas mencakup aspek eksternalitas dalam menilai, mengukur dan menghitung keefisiensi pabrik tekstil.





## DAFTAR PUSTAKA

- Acimit Foundation, 2006. *The Italian Textile Machinery Industry, today: Characteristics, Raw Materials and Technologies*. Milano. Italy: v + 143 hlm.
- API, 2006. *Fact and Figure of Textile Industries in Indonesia 2000-2005*. Asosiasi Pertekstilan Indonesia, Jakarta: tp. 24 hlm.
- Atkins, M.H. 1979. *Case Studies in Pollutant Control Measures in The Textile Dyeing and Finishing Industries*. Mc Grawhill Ny.
- BASF, 2000. *The BASF Ecoefficiency Analysis*. In Dialog. BASF Aktiengesellschaft 67056 Ludwigshafen Germany, November 2000.
- Bellini, Pietro, et al. 2001. *Finishing Textile, Reference Book of Textile Technology*, Publisher by ACIMIT Foundation Italy: v + 168 hlm.
- Bhineka Karya Manunggal, PT. 2004. *Production and Planning Control*, Laporan Akhir Tahun 2004. Bekasi. tp. 203 hlm.
- Budianto, V. Irmayanti. 2002. *Realitas dan Obyektivitas; Refleksi Kritis atas Cara Kerja Ilmiah*. Penerbit Wedatama Widya Sastra Jakarta.
- Bapedal-GTZ, 1999. *GAP Analisis Mengenai Standard Standard Öko-Tex 100 Untuk Industri Tekstil dan Garmen*, Buku Pedoman. Bapedal-GTZ, Kerjasama Pemerintah Indonesia-Jerman di Bidang Lingkungan "PROYEK PRODUKSIH". Jakarta 1999.
- BPLHD Jakarta. 2006. *Storet Pemantauan Air Sungai di Propinsi DKI Jakarta Tahun 2005*.
- Carissoni, Ezio et al. 2002. *Spinning Technology, Reference Book of Textile Technology*, Publisher by ACIMIT Foundation Italy: vii + 201 hlm.
- Chang, Peter M.K., 2003. *Pengendalian Mutu Terpadu untuk Industri Tekstil dan Konveksi*. Pradnya Paramita. Jakarta: xii + 488
- Clapham, W.B. 1973. *Natural Ecosystem*. McMillan Publishing Co., Inc. New York: viii + 248 hlm.
- Cohen, Allen C. and Arthur Price. 1994. *Fabric Science*. 6<sup>th</sup> Edition. J.J. Pizzuto's Fairchild Publications. New York: xxiv + 344 hlm.
- D. Samson, 1988. *Managerial Decision Analysis*. Illionis.
- Dachlan, R.E. et al. 1975. *Teknologi Pertenunan*. ITT. Bandung: xiii + 244 hlm.
- Davis, Mackenzie L, et al. 1998. *Introduction to Environmental Engineering*. 3<sup>rd</sup> Edition. McGraw-Hill. Boston: xvi + 919 hlm.
- Denton, D. Keith. 1994. *Enviro-Management*. Prentice Hall, Englewood, New Jersey: xvii + 322 hlm.
- Deperindag. 2006. *Industri Tekstil Dalam Angka 2005/2006*. Deperindag, Jakarta: 14 hlm.
- DeSimone and Popoff, 2000. *Eco-efficiency, The Business Link to Suistainable Development*. The MIT Press Cambridge: xv + 280 hlm.

- Djajadiningrat, Aziz., 2000. *Ekologi Industri sebagai Konsep Teknologi Pengelolaan Lingkungan*. Jurnal Ekologi & Pembangunan UNPAD: 9 hlm.
- Djajadiningrat, Suma T., 2001. *Pemikiran Tantangan dan Permasalahan Lingkungan*. Penerbit Studio Tekno Ekonomi ITB-Bandung: xix + 375 hlm.
- 1997. *Pengantar Ekonomi Lingkungan*. Penerbit PT. Pustaka LP3ES Jakarta: ix + 117 hlm.
- 1998. *Konsep Produksi Bersih Dalam Industri Kaitannya dengan ISO 14000 Serta Strategi Implementasinya*. Jurnal Ekonomi Lingkungan, Edisi VII Desember 1998.
- Djufri, dkk. 1976. *Teknologi Pengelantangan Pencelupan dan Pencapan*. Penerbit ITT. Bandung: xix + 275 hlm.
- Enger, Eldon D. et al. 1998. *Environmental Science, A Study of Interrelationships*. 6<sup>th</sup> Edition. McGraw-Hill. Boston: xxi + 456 hlm.
- Environment Protection Authority (EPA), 2004. *Eco-efficiency and the private sector, contributions and benefits*, EPA Information, EPA 355/04. March 2004: 20 hlm.
- Fiksel, Joseph. 1996. *Design for Environment, Creating Eco-Efficient Products and Processes*. McGraw-Hill. New York: xviii + 513 hlm.
- Gaspersz, V. 1992. *Teknik dan Analisis dalam Penelitian Percobaan*. Buku-1 dan 2. Penerbit Tarsito, Bandung: vi + 718 hlm.
- Graedel & Allenby. 1995. *Industrial Ecology*. AT&T Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey: xix + 412 hlm.
- Grieg-Gran, Maryanne. 1997. *Towards a Sustainable Paper Cycle*. Journal of Industrial Ecology. Volume I, Number 3. School of Forestry and Environmental Studies, Published by MIT Press.
- Grover, et al. 1969. *Handbook of Textile Testing and Quality Control*, Willey Eastern Private, Publishers, New Delhi: xxi + 742 hlm.
- Guba, Egon G., 1990. *The Alternative Paradigm Dialog*. Newbury Park-London. Sage Publications.
- Gunadi, 1984. *Pengantar Teknologi Tekstil*. LP.YPK.UPN Jakarta: v + 198 hlm.
- Hadi, Sudharto P., 2000. *Manusia dan Lingkungan*. Cetakan I, Badan Penerbit Universitas Diponegoro: viii + 201 hlm.
- Hanson Industri Utama, PT. 2004. *Production and Planning Control*, Laporan Akhir Tahun 2004. Bekasi. tp. 203 hlm.
- Hardjasoemantri, Koesnadi. 2002. *Hukum Tata Lingkungan*, Edisi ketujuh Cetakan ketujuh belas, Gajah Mada University Press: xxv + 525 hlm.
- Hines, William W., et al. 1990. *Probabilita dan Statistik dalam Rekayasa dan Manajemen*. Edisi kedua, Penerbit UI Press, Jakarta: xvii + 712 hlm.
- Ho Shin, Myoung. 2002. *Handbook on Environment Statistics*. Development Indicators and Policy Research Division Economics and Research Development, Asian Development Bank, April 2002.

- Indobauhinia Apparutama, PT. 2004. *Production and Planning Control*, Laporan Akhir Tahun 2004. Tangerang. tp. 86 hlm.
- Indonesian-Netherlands Association (INA), 2006. *Sustainability in the Textile Industry*. Indonesian Benelux Chamber of Commerce, INA-2006. 108 hlm.
- Jan Strömblad, (1996). *How Can Industry Assist EcoEfficient Growth?*. Stockholm Environment Institute. Renewable Energy for Development. Journal; SEI, September 1996, Vol. 9, No. 2. 9 hlm.
- Johanes, dkk. (2003) *Kompetensi Matematika*. Tabel Logarirma dan Tabel Antilogaritma, Kurikulum Berbasis Kompetensi. Penerbit: Yudhistira Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2002. *Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tekstil*, Buku Panduan, Kantor KLH. Jakarta: ix + 151 hlm.
- KLH & GTZ, 2007. *Panduan Penerapan Eko-efisiensi Usaha Kecil dan Menengah Sektor Batik*, Buku Panduan, Kantor KLH. Jakarta : viii + 137 hlm.
- Keraf, A. Sonny, 2002. *Etika Lingkungan*, Penerbit Buku Kompas, Jakarta: xxii + 322 hlm.
- Kulkarni, S.V., et al. 1986. *Textile Dyeing Operations, Chemistry, Equipment, Procedures and Environmental Aspects*. Noyes Publications, New Jersey: xi + 387 hlm.
- Kristanto, Philip., 2002. *Ekologi Industri*. LPPM Universitas Kristen Petra. Penerbit ANDI Yogyakarta: viii + 352 hlm.
- Linstone and Turoff, 2002. *The Delphi Method Techniques and Applications*. New Jersey Institute of Technology- University of Southern California: iii + 618 hlm.
- Lowe, Ernest. 1996. *Industrial Ecology. A Context for Design and Decision*. McGraw-Hill. New York.
- Lucky Abadi, PT. 2005. *Textiles Production and Planning Control*, Laporan Akhir Tahun 2005. Depok. tp. 224 hlm.
- Magnoliatama, Istana, PT. 2004. *Garment Production and Planning Control*, Laporan Akhir Tahun 2004. Tangerang. tp. 103 hlm.
- Miller, G. Tyler. 2002. *Sustaining the Earth, An Integrated Approach*. 5<sup>th</sup>. Edition. Brooks/Cole, Thomson Learning. Australia: viii + 385 hlm + G13 + index 116.
- Moerdoko, et al. 1976. *Pengantar Teknologi Tekstil*, Penerbit ITT. Bandung: xii + 263 hlm.
- Moustafa, S. Moussa. 2006. *Process Analysis of Textile Manufacture*, UNESCO. IHE-Delft Netherlands, 79 hlm.
- Mukerji, Sitoo., et al. 1998. "Science, Technology and Industry Outlook ~ 1998 Highlights", OECD Paper presented at the XII Latin American Congress on Spirit Entrepreneurship, November 9, 10 & 11, San Jose, Costa Rica. 1998.
- Nawangsi, Hesti D., et al. 1998. *Ekologi Industri*. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta: ix + 111 hlm.
- Pawitro, et al. 1975. *Teknologi Pemintalan*. ITT. Bandung: vii + 213 hlm.

- Perkasa, Busana, PT. 2004. *Garment Production and Planning Control*, Laporan Akhir Tahun 2004. Bogor. tp. 92 hlm.
- Perman, Roger., et al. 2003. *Natural Resources and Environmental Economics*. Third Edition. Pearson Addison Wesley. New York.
- Pertamina-Talisman (Ogan Komering) Ltd, O.K.Block *Crude Oil Price*, 2005.
- Pramesti. Getut, 2005. *Mahir Menggunakan SPSS 13.0 dalam Rancangan Percobaan*. Alex Media Computindo. Jakarta: xii + 326.
- , 2005. *Panduan Aplikasi Statistik dengan Menggunakan SPSS Versi 12.0*. Elex Media Computindo. Jakarta: viii + 177.
- Pratisto, Arif. 2005. *Cara Mudah Mengatasi Masalah Statistik dan Rancangan Percobaan dengan SPSS 12*. Penerbit Elex Media Computindo. Jakarta : ix + 281.
- PSILUI, 2007. *Pedoman Penulisan Disertasi*, tp. Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Indonesia.
- Ratnaningsih, M. 2000. *Determination of Pollution Charge and its Impact on Textile Industry in Indonesia, dalam Suparmoko*, *Ekonomika Lingkungan*, BPFY Yogyakarta.
- Reda Rizal. 1999. *Hubungan Lingkungan Fisik Ruang Kerja dengan Produktivitas Pekerja*. Tesis, Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Indonesia. Jakarta. Tesis: xviii + 135.
- , 2002. *Potensi dan Produksi Tekstil Sebagai Limbah Padat*. *Jurnal Lingkungan & Pembangunan*, Volume 22, Nomor 2-4; 2002. Universitas Indonesia.
- , 2004. *Kompromi Budaya terhadap Lingkungan Hidup Pendekatan Ecological Wisdom*. Bina Widya, Majalah Ilmiah UPN "Veteran" Jakarta. Volume 15, Nomor 2 Juli 2004.
- , 2005. *Ecolabel Pada Tekstil dan Produk Tekstil*. Bina Widya, Majalah Ilmiah UPN "Veteran" Jakarta. Volume 16, Nomor 1 April 2005.
- Reda dan Suyud, 2006. *Ekologi*. Penerbit Universitas Terbuka, 2006.
- Salim E., 2003. "Asia the Challenge of Sustainability", paper discuss the outcome of WSSD, Johannesburg, South Africa, 2002, and its implication on Asia Development, tp. 11 hlm.
- Sanders, D. H. 1990. *Statistics A Fresh Approach*. 4<sup>th</sup>. Edition McGraw-Hill International Editions, New York: xxiii + 704 hlm.
- Sarwono, S.W., 1995. *Psikologi Lingkungan*, Penerbit; Gramedia Widiasarana Indonesia Jakarta: viii + 151 hlm.
- Scaltegger, S., 2002. *Sustainability Management in Business Enterprises; Concepts and Instrument for Sustainable Organization Development*. The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Bonn Germany.
- Schmidheiny, S, Zorraquin, FJL 1998, *Financing Change: The Financial Community, Eco- Efficiency and Sustainable Development*, MIT Press, USA.

- Sevilla, C. G. 1993. *Pengantar Metode Penelitian*. Penerbit UI-Press. Jakarta: xi + 315 hlm.
- Shinta Budhrani Industries, PT. 2004. *Akunting dan PPC*, Laporan Produksi Tekstil Akhir Tahun 2004. Bekasi. tp. 135 hlm.
- Simanjuntak, P.J, 1998. *Pengantar Ekonomi Sumberdaya Manusia*. Edisi Kedua Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta: xi + 165 hlm.
- Simon French. 1988. *Decision Theory*, John Wiley & Sons.
- Stephan Schmidheiny (1992) *A Global Business Perspective on Development and the Environment*. Stephan with the Business Council for Sustainable Development (BCSD). Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment. Cambridge, Mass. The MIT Press.
- Subagja, Yusuf., et al. 2001. *Ekologi*. Penerbit Universitas Terbuka, 2001.
- Suparmoko, 1999. *Metode Penelitian Praktis*. Edisi 4. Penerbit BPFE Yogyakarta.
- 1995. *Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Edisi Kedua Cetakan Kedua. Penerbit BPFE-Yogyakarta.
- 2000. *Metode Pengumpulan Data*. Edisi Satu. Penerbit BPFE-Yogyakarta.
- 2002. *Penilaian Ekonomi, Sumberdaya Alam dan Lingkungan; (Konsep dan Metode Penghitungan)*. Penerbit LPPEM-Wacana Mulia Jakarta: viii + 66 hlm.
- 2000. *Ekonomika Lingkungan*. Edisi Pertama. Penerbit BPFE-Yogyakarta.
- Supranto, J. 1996. Statistik, Teori dan Aplikasi. Edisi ke V Jilid 2. Penerbit Erlangga Jakarta: viii + 462 hlm.
- Tjiptono, 2003. *Total Quality Management*. Edisi Revisi. Penerbit ANDI Yogyakarta: xiv + 415 hlm.
- Vaitilingam, Romesh. 1993. *Industrial Initiatives for Enviromental Conservation*. First published by Pitman Publishing, London.
- Walpole, Ronald E. 1995. *Pengantar Statistika*, Edisi ke-3, PT.Gramedia, Jakarta: xv + 512 hlm. 1995.
- WBCSD, (2002). *Eco-Efficiency and Cleaner Production*. Charting the Course to Sustainability The World Business Council for Sustainable Development. United Nations Development Programme.
- Wie, Thee Kian. 1997. *Pengembangan Kemampuan Teknologi Industri di Indonesia*. UI-PRESS Jakarta: xiii + 219 hlm. 1997.
- Weisz, Helga. 2007. *Material Use Across World Regions: Inevitable Pasts and Possible Futures*. Journal of Industrial Ecology, April 15, 2007.

## Internet Sources

- Acimid, 2007. *Textile Fibre World Production*. This document was downloaded from [www.acimid.com](http://www.acimid.com)
- Blue Revolution, April 2005.; "Science, Technology and Industry Outlook – 1998 Highlights", OECD. <http://www.textileindustries.Com/bnrrdrhtm>. [www.oecd.org/news\\_and\\_events](http://www.oecd.org/news_and_events).
- EPA web site: [www.epa.sa.gov.au/pub.html](http://www.epa.sa.gov.au/pub.html)
- Hans Petter Graver (2003). *A discussion of the Nordic Swan Scheme and its Success*, <http://www.epa.gov/opptintr/environmental-labeling/docs/nordic-pdf>
- Hyvärinen, Antero. (2004). *Eco-labelling and Environmentally Friendly Products and Production Methods, Affecting the International Trade in Textiles and Clothing*. [http://www.intracen.org/textilesandclothing/atc\\_ecolabelling.htm](http://www.intracen.org/textilesandclothing/atc_ecolabelling.htm) #ITC and ecolabelling#ITC and ecolabelling.
- Moustafa, (2006) *Process Analysis of Textile Manufacture*, UNESCO. IHE-Delft Netherlands. © *e-textile toolbox*. This document was downloaded from [www.e-textile.org](http://www.e-textile.org)
- Oeko-Tex Association at <http://www.oeko-tex.com>
- Oeko-Tex Association. 2006. *Oeko-Tex Informations*. Gotthardtstrasse 61.CH-8027 Zuerich. This document was downloaded from: [info@oeko-tex.com](mailto:info@oeko-tex.com)
- Oilnergy, 2007. *Crude Oil Price*. This document was downloaded from [www.oilnergy.com](http://www.oilnergy.com)
- Sharma, Ashok. 2005. *Cleantech*. Cleantech International Foundation, India. This document was downloaded from [cleantechfoundation@vsnl.net](mailto:cleantechfoundation@vsnl.net)
- Stephan Schmidheiny and Federico J. L. Zorraquin, May 7, 2006 "Bridges to Sustainability" Eco-efficiency and the Financial Markets, World Business Council for Sustainable Development. Sources: <http://www.undp.org/ppp/library/files/book1/schmidh1#top#top>.
- Waeber, As Peter., 2001. *Blue Revolution*, April 2001. <http://www.textileindustries.Com/bnrrdrhtm>.
- Weisz, Helga. 2007. *Material and Energy Flow Studies ("Industrial Metabolism")*. <http://www.mitpressjournals.org/jie>
- Wikipedia, (2002) *Eco-Efficiency*, the free encyclopedia. This document was downloaded from <http://en.wikipedia.org/wiki/Eco-efficiency#searchInput#searchInput>.
- Murray Turoff and Harold A. Linstone, (2002) <http://www.is.njit.edu/edu/pubs/delphibook/index.html#toc>

**Kuesioner Untuk Pabrik Tekstil**

Pertanyaan Penelitian : Eco-Efficiency PT. ....

*Spinning :*

1. Berapa ton/bulan penggunaan bahan baku (pada pabrik *spinning* I+II+III) :
  - a. Cotton = ..... ton/bulan
  - b. Polyester = ..... Ton/bulan
  - c. Rayon = ..... Ton/bulan
  - d. Jenis serat lainnya ..... (jika ada) = ..... Ton/bulan
2. Berapa kwh diperlukan untuk memproduksi 1 kg benang T/C (65/35) (Ne benang = Ne.....?)
3. Berapa % rata-rata efisiensi produksi pada proses *spinning* (blowing s/d winding).
4. Berapa % rata-rata waste cotton yang tidak termanfaatkan (termasuk debu/flies).
5. Berapa % rata-rata waste polyester yang tidak termanfaatkan (termasuk debu/flies dan plastic fiber).
6. Berapa % rata-rata waste rayon yang tidak termanfaatkan (termasuk debu/flies).
7. Berapa % material recyclable (cotton + Polyester + Rayon + dll) ?
8. Berapa % rata-rata waste serat lainnya (jika ada) yang tidak termanfaatkan menjadi benang.
9. Berapa kg/bulan rata-rata waste benang yang terdapat pada pabrik *spinning* I,II,III :
  - a. Benang polyester 100%
  - b. Benang cotton 100%
  - c. Benang Polyester/Cotton (65/35)
  - d. Benang Rayon/Cotton
10. Berapa efisiensi penggunaan energi listrik (%) : proses pemintalan benang P/C 65/35 ?.
11. Berapa efisiensi penggunaan energi listrik (%) : proses pemintalan khusus pada "Jet *Spinning*" ?.
12. Berapa efisiensi penggunaan energi listrik (%) : proses pemintalan khusus pada "Rotor *Spinning*" ?.
13. Kualitas benang hasil ring *spinning* (rata-rata) untuk produk T/C ?
  - a. U%
  - b. Strength
14. Usia mesin (rata-rata) blowing sampai *spinning* dan winding berapa tahun ?
15. Mohon peneliti diizinkan/diperkenankan untuk memotret (photo) beberapa objek di bagian produksi guna keperluan dokumentasi penelitian proses produksi dan pengelolaan waste (fiber waste & yarn waste) pada proses produksi.

*Weaving :*

1. Berapa ton/bulan penggunaan bahan baku (pada pabrik *weaving*) :
  - a. Benang Cotton 100% = ..... ton/bulan
  - b. Benang Polyester 100% = ..... ton/bulan
  - c. Benang Rayon 100% = ..... ton/bulan
  - d. Benang P/C 65/35 = ..... ton/bulan
  - e. Benang Polyester/Rayon = ..... ton/bulan
  - f. Jenis serat lainnya ..... (jika ada) = ..... ton/bulan
2. Berapa ton/bulan hasil produksi kain (rata-rata) untuk jenis :
  - a. Kain Cotton 100% = ..... ton/bulan
  - b. Kain Polyester 100% = ..... ton/bulan
  - c. Kain Rayon 100% = ..... ton/bulan
  - d. Kain P/C 65/35 = ..... ton/bulan
  - e. Kain Polyester/Rayon = ..... ton/bulan
  - f. Jenis kain lainnya ..... (jika ada) = ..... ton/bulan
3. Berapa meter produksi kain (rata-rata) setiap bulannya untuk seluruh jenis kain.
4. Berapa % rata-rata efisiensi produksi pada proses pertenunan ?

5. Berapa kwh diperlukan untuk menenun 1 meter kain T/C (65/35).
6. Berapa kg/bulan "waste benang" yang tidak menjadi kain pada proses pertenunan ?
7. Berapa % efisiensi penggunaan energi listrik untuk proses pertenunan kain P/C 65/35 pada:
  - a. Shuttle-loom = ..... %
  - b. Shuttleless-loom = .....%
8. Berapa liter penggunaan air untuk proses penganjian benang lusi (liter/kg benang lusi) ?
9. Kualitas kain P/C rata-rata ?
  - a. Cacat arah lusi
  - b. Cacat arah pakan
  - c. Strength arah lusi
  - d. Strength arah lebar kain
10. Usia mesin tenun (rata-rata) berapa tahun ?
11. Mohon peneliti diizinkan/diperkenakan untuk memotret (photo) beberapa objek di bagian produksi guna keperluan dokumentasi penelitian proses produksi dan pengelolaan waste (yarn waste & fabric waste) pada proses produksi *weaving*.

#### Dyeing Finishing :

1. Berapa meter produksi kain finishing (rata-rata) setiap bulan untuk :
  - a. Kain Cotton 100%
  - b. Kain T/C
  - c. Kain Polyester 100%.
2. Berapa % rata-rata efisiensi produksi pada proses dyeing-finishing.
3. Berapa % rata-rata "zat warna" yang terserap pada tiap kilogram kain (atau tiap m<sup>2</sup> kain) :
  - a. Untuk kain T/C-65/35 (kondisi kain tidak luntur lagi setelah pencucian)
  - b. Untuk kain polyester 100% (kondisi kain tidak luntur lagi setelah pencucian)
  - c. Untuk kain cotton 100% (kondisi kain tidak luntur lagi setelah pencucian)
4. Dari hasil pencelupan seperti pertanyaan tersebut di atas, berapa konsentrasi zat warna pada bak pencelupan kain (konsentrasi awal pencelupan) :
  - a. Untuk kain T/C-65/35
  - b. Untuk kain polyester 100%
  - c. Untuk kain cotton 100%
5. Berapa liter konsumsi air rata-rata untuk mencelup tiap meter kain (atau tiap kilogram kain) :
  - a. Kain T/C-65/35 = ..... liter/kg kain (atau liter/meter kain)
  - b. Kain polyester 100% = ..... liter/kg kain (atau liter/meter kain)
  - c. Kain cotton 100% = ..... liter/kg kain (atau liter/meter kain)
6. Mohon diberikan keterangan konstruksi kain T/C (65/35) tersebut di atas.
7. Berapa % rata-rata jumlah air "sisa larutan pencelupan & pencucian" yang dapat digunakan kembali (reuse/recycle) ?.
8. Berapa % efisiensi penggunaan energi listrik untuk proses dyeing-finishing kain T/C ?.
9. Berapa % produk kain finish (finished fabric) yang berubah menjadi kain grade-B dan kain grade-C ?.
10. Mohon data jenis dan jumlah penggunaan zat kimia pembantu pada proses dyeing-finishing :
  - a. Untuk kain T/C-65/35
  - b. Untuk kain polyester 100%
  - c. Untuk kain cotton 100%
12. Berapa ton/bulan hasil produksi kain finished (rata-rata) untuk jenis :
  - a. Kain Cotton 100% = ..... ton/bulan
  - b. Kain Polyester 100% = ..... Ton/bulan
  - c. Kain Rayon 100% = ..... Ton/bulan
  - d. Kain P/C 65/35 = ..... Ton/bulan
  - e. Kain Polyester/Rayon = ..... Ton/bulan

13. Kualitas kain P/C dengan ukuran grade ?
  - a. Grade A = ..... persen
  - b. Grade B = ..... persen
  - c. Grade C = ..... persen
14. Usia mesin finishing (rata-rata) berapa tahun ?
15. Mohon peneliti diizinkan/diperkenakan untuk memotret (photo) beberapa objek di bagian produksi guna keperluan dokumentasi penelitian proses produksi dan pengelolaan waste (fabric waste & waste water) pada proses finishing.

#### Waste Water Treatment (WWT) :

1. Berapa rupiah rata-rata biaya pengolahan limbah cair untuk tiap kilogram kain TC, atau untuk tiap m<sup>2</sup> kain (PC=65/35) di WWT/instalasi pengolah air limbah (IPAL) ?
2. Berapa % air limbah Scouring-Bleaching yang dapat digunakan kembali (reuse/recycle) pada setiap proses WWT/IPAL ?
3. Berapa % air limbah dyeing-finishing yang dapat digunakan kembali (reuse/recycle) pada setiap proses WWT/IPAL ?
4. Sludge atau sisa hasil pengolahan limbah dikirim kemana ?, apakah menggunakan transporter khusus ?. mohon peneliti diperkenankan/ diberikan copy berita acara transporter tersebut.
5. Mohon peneliti diizinkan/diperkenakan untuk memotret (photo) beberapa objek di bagian produksi guna keperluan dokumentasi penelitian proses pengelolaan waste (waste water treatment).

#### PPT :

1. Berapa meter kubik/bulan total penggunaan air untuk proses produksi secara keseluruhan ?
2. Berapa meter kubik/bulan total penggunaan air untuk proses Dyeing Finishing ?
3. Berapa meter kubik/bulan total penggunaan "air tanah" untuk PT. .... ?
4. Berapa meter kubik/bulan total penggunaan air dari "PDAM" untuk PT. .... ?
5. Berapa meter kubik/bulan total penggunaan air dari "Sungai" untuk PT. .... ?
6. Berapa % rata-rata jumlah air yang dapat didaur ulang (reuse/recycle) untuk keseluruhan kebutuhan PT. .... ?

#### Department Listrik :

1. Berapa Kwh/bulan energi yang digunakan untuk proses produksi berasal dari listrik PLN ?.
2. Berapa Kwh/bulan energi yang digunakan untuk proses produksi berasal dari generator/genset sendiri ?.
3. Berapa Kwh/bulan energi yang digunakan untuk kegiatan non-produksi ?.

#### Bagian Teknik :

1. Berapa liter/bulan (rata-rata) penggunaan sumber energi/bahan bakar untuk :
  - a. Solar = .....liter/bulan
  - b. Bensin = .....liter/bulan
  - c. minyak tanah = .....liter/bulan
  - d. dan bahan bakar jenis lainnya = .....liter/bulan
2. Berapa % efisiensi (rata-rata) manfaat sumber energi/bahan bakar untuk :
  - a. Solar = .....%
  - b. Bensin = .....%
  - c. minyak tanah = .....%
  - d. dan bahan bakar jenis lainnya = .....%

## PPC :

1. Berapa ton/bulan penggunaan serat (fiber) yang masuk pabrik PT. .... :
  - a. Cotton = ..... ton/bulan
  - b. Polyester = ..... ton/bulan
  - c. Rayon = ..... ton/bulan
2. Berapa ton/bulan penggunaan benang (import dari pabrik luar PT. ....) yang masuk ke pabrik pertenunan PT. .... :
  - a. Benang Cotton 100% = ..... ton/bulan
  - b. Benang Polyester 100% = ..... ton/bulan
  - c. Benang Rayon 100% = ..... ton/bulan
  - d. Benang P/C = ..... ton/bulan
  - e. Benang P/R = ..... ton/bulan
3. Berapa ton/bulan penggunaan kain grey (import dari pabrik luar PT. ....) yang masuk ke pabrik dyeing-finishing PT. .... :
  - a. Kain grey Cotton 100% = ..... ton/bulan
  - b. Kain grey Polyester 100% = ..... ton/bulan
  - c. Kain grey Rayon 100% = ..... ton/bulan
  - d. Kain grey P/C = ..... ton/bulan
  - e. Kain grey P/R = ..... ton/bulan
4. Berapa ton/bulan rata-rata produksi Pabrik *Spinning* = ..... ton/bulan
5. Berapa % efisiensi rata-rata produksi Pabrik *Spinning* = ..... %
6. Berapa ton/bulan rata-rata produksi Pabrik *Weaving* = ..... ton/bulan
7. Berapa % efisiensi rata-rata produksi Pabrik *Weaving* = ..... %
8. Berapa ton/bulan rata-rata produksi Pabrik *Dyeing-Finishing* = ..... ton/bulan
9. Berapa % efisiensi rata-rata produksi Pabrik *Dyeing-Finishing* = ..... %
10. Berapa kwh rata-rata diperlukan untuk memproduksi 1 kg benang T/C (65/35).
11. Berapa % rata-rata waste cotton yang tidak termanfaatkan (termasuk debu/flies).
12. Berapa % rata-rata waste polyester yang tidak termanfaatkan menjadi benang (termasuk plastic fiber di carding).
13. Berapa efisiensi penggunaan energi listrik (%) : proses pemintalan benang P/C 65/35 ?.
14. Data trend permintaan konsumen terhadap produk kain T/C-65/35 (tiga tahun terakhir).
15. Keuntungan/laba perusahaan untuk tiap m<sup>2</sup> kain T/C-65/35.
16. Mohon data jenis dan jumlah penggunaan zat kimia pembantu pada proses dyeing-finishing (per bulan produksi).
17. Mohon daftar dan alamat kosumen (pabrik garment) yang menjadi buyer produk kain finishing (finished fabric) PT. ...., khususnya untuk kain T/C 65/35.

## Manajemen PT. ....

1. Berapa rupiah pajak lingkungan/retribusi lingkungan per m<sup>2</sup> kain (PC=65/35) atau tiap kilogram kain yang dibayarkan PT. .... kepada pemerintah ?, mohon diperkenankan peneliti diberi copy kwitansi pembayaran pajak/retribusi tersebut.
2. Mohon peneliti diizinkan/diperkenankan untuk meng-copy dokumen UKL dan UPL PT. .... (terbitan tahun terakhir).
3. Mohon peneliti diberikan copy peta "plant lay out" keseluruhan pabrik.
4. Keluhan apa saja (bidang produk) yang paling dominan disampaikan konsumen kepada PT. .... selama ini (pada lima tahun terakhir) ?
5. Keluhan apa saja (bidang lingkungan hidup) yang paling dominan disampaikan masyarakat lingkungan sekitar pabrik kepada PT. .... selama ini (pada lima tahun terakhir) ?
6. Keluhan PT. .... terhadap lingkungan yang ada saat ini apa saja (pada lima tahun terakhir) ?
7. Ke negara-negara manakah tujuan ekspor sebagian produk PT. .... ?
8. Berapa persen kira-kira jumlah produk ekspor dari jumlah total produksi ?

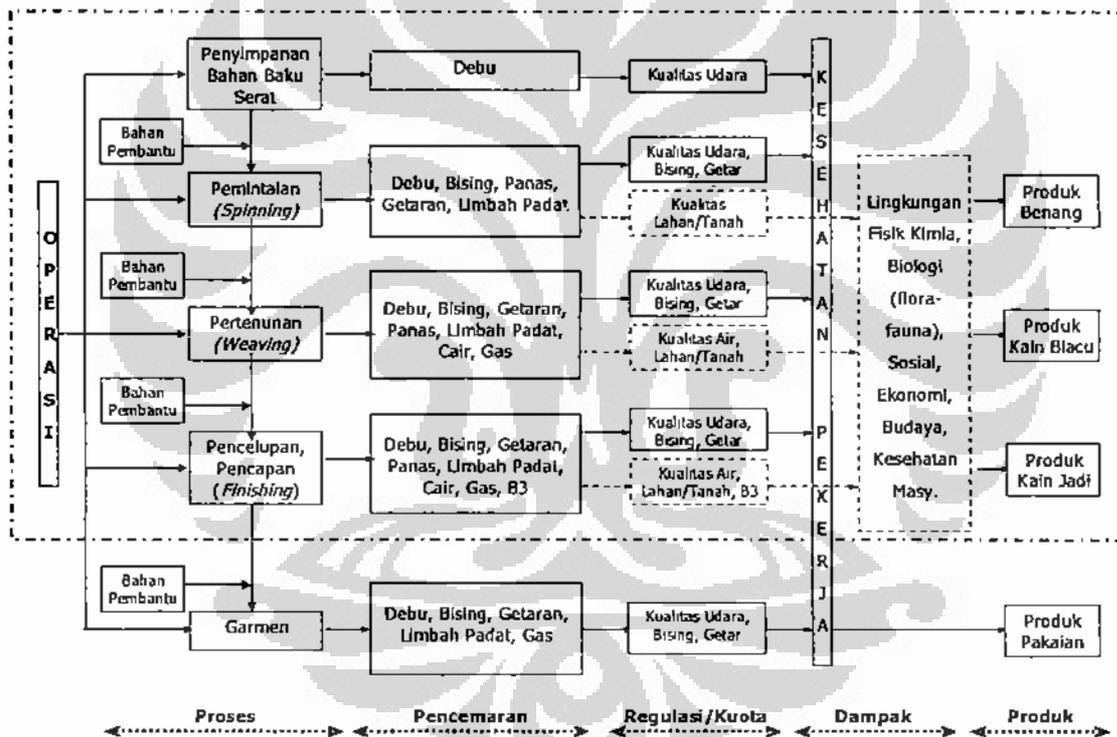
### Kuesioner Untuk Pakar

#### A. Angket Untuk Menilai Ekoefisiensi Kegiatan Industri Tekstil

##### A.1. Pengantar untuk Responden

Industri tekstil adalah industri manufaktur yang memproduksi berbagai jenis tekstil dan produk tekstil. Jenis industri/pabrik tekstil antara lain adalah; pabrik pemintalan (*spinning*) memproduksi benang, pabrik pertenunan (*weaving*) memproduksi kain mentah, pabrik penyempurnaan tekstil (*finishing*) mengolah kain mentah menjadi kain jadi, pabrik garmen memproduksi pakaian jadi dan pabrik tekstil terpadu (*integrated textile mills*) memproduksi benang, kain mentah dan kain jadi.

Hasil proses identifikasi dampak kegiatan pengoperasian pabrik/produksi tekstil terhadap lingkungan mulai dari pabrik pembuatan benang/pemintalan sampai pabrik pembuatan pakaian/garmen dapat dijelaskan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Proses Identifikasi Kegiatan Produksi Tekstil dan Pencemaran Lingkungan

Dalam proses produksi tekstil, pabrik-pabrik tekstil menghasilkan berbagai jenis limbah padat, cair dan gas yang dilepas ke lingkungan (*entropy*). Pabrik pemintalan (*spinning*) dicirikan menghasilkan entropy berupa limbah padat berupa debu, potongan serat dan benang, serta sisa *packaging*, sedangkan pencemaran berupa bising, panas dan getaran. Pabrik pertenunan (*weaving*) menghasilkan produk kain mentah/blacu dengan limbah berupa limbah padat dan cair. Limbah padat berbentuk sisa potongan benang, pembungkus, potongan kain, *sludge* kanji, limbah cair berupa sisa larutan kanji, sedangkan pencemaran lingkungan berupa panas, bising, getaran dan gas. Pabrik pertenunan (*weaving*) menghasilkan produk kain mentah/blacu dengan limbah berupa limbah padat dan cair. Limbah padat berbentuk sisa potongan benang, pembungkus, potongan kain, *sludge*

kanji, limbah cair berupa sisa larutan kanji, sedangkan polutan berupa panas, bising, getaran dan gas. Pabrik pencelupan-pencapan (*finishing*) menghasilkan produk kain jadi dengan limbah berupa limbah padat, cair dan gas. Limbah padat berbentuk sisa potongan kain, sisa *packaging*, *sludge finishing*, limbah cair berupa sisa larutan pencelupan, sedangkan polutan berupa panas, bising, getaran dan gas. Pabrik garmen dicirikan menghasilkan limbah padat berupa debu, potongan kain dan benang, serta sisa *packaging*, sedangkan polutan berupa suara bising, panas dan getaran.

Khusus untuk proses produksi pada pabrik tekstil terpadu dijelaskan pada Gambar 1 di atas terdapat di dalam batas garis strip-titik warna ungu yang terdiri atas 3 kegiatan pabrik yang dikelola secara terpadu yaitu; pemintalan, pertenunan dan *finishing*. Ciri dan karakteristik limbah dan pencemaran yang dihasilkan oleh pabrik tekstil terpadu adalah integrasi dampak kegiatan pabrik *spinning*, *weaving* dan *finishing*.

Berdasarkan prinsip *sustainability* ketersediaan sumberdaya alam, maka pada dasarnya bahan baku (material) yang digunakan untuk proses produksi tekstil dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu; golongan material yang dapat diperbarui (*renewable resources* disingkat menjadi RR atau R) dan golongan material yang tidak dapat diperbarui (*non renewable resources* disingkat menjadi NR atau NRR). Jenis material dan sifat ketersediaan material dalam sumber daya alam (SDA) yang digunakan pada proses produksi pada berbagai jenis pabrik tekstil dijelaskan pada Table-1 berikut.

Tabel L-1.1 Jenis Material yang Digunakan pada Proses Produksi Tekstil

No.	Jenis material	Pabrik					Sifat Material & Limbah thd LH
		<i>Spinning</i>	<i>Weaving</i>	<i>Finishing</i>	Garmen	Terpadu	
1	RR: Cotton, Rayon, Rami	*	*	*	*	*	Degradable
2	mbRR: kertas, karton	*	*	*	*	*	Degradable
3	NRR: Polyester, nylon, acrylic	*	*	*	*	*	Non degradable
4	mbNRR: plastik pembungkus, tali	*	*	*	*	*	Non degradable
5	Energi	*	*	*	*	*	Non renewable, panas, polutant, penting
6	Air	X	*	*	X	*	Tidak berbahaya dan penting
7	Kanji	X	*	X	X	*	Toksik
8	Zat warna	X	X	*	X	*	Toksik
9	Zat kimia	X	X	*	X	*	Toksik
10	Logam	X	X	X	X	*	Toksik

Keterangan:

- \* : Digunakan/dipakai pada proses produksi
- X : tidak digunakan
- RR : *Renewable Resources*
- NRR : *Non Renewable Resources*
- mb : Material Bantu

Secara teoritis sifat jenis material bantu atau bahan penolong yang digunakan oleh pabrik tekstil untuk memproduksi dapat dirinci pada tabel berikut.

Tabel L-1.2 Sifat Material Pembantu yang Digunakan Pabrik Tekstil

No.	Proses (pabrik)	Material (RR/NRR)	Sifat
1	Packaging (Pemintalan, Pertenunan, <i>Finishing</i> , Garmen dan Pabrik Tekstil Terpadu)	1. Kertas pembungkus (RR) 2. Karton penggulung benang (RR) 3. Karton penggulung kain (RR) 4. Karton box (RR) 5. Kertas label (RR) 6. Plastic pembungkus (NRR) 7. Plastic pengikat (NRR) 8. plastic label (NRR)	Tidak berbahaya Tidak berbahaya Tidak berbahaya Tidak berbahaya Tidak berbahaya Tidak berbahaya Tidak berbahaya
2	Penghilangan kanji (Pertenunan dan Pabrik Tekstil Terpadu)	1. Air 2. Hydrochloric acid (HCl) (NRR) 3. Sulfuric acid (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) (NRR) 4. Sodium carbonate (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) (NRR) 5. Sodium hydroxide (NaOH) (NRR) 6. Sodium hypochlorite (NaOCl) (NRR) 7. Sodium chlorite (NaClO <sub>2</sub> ) (NRR) 8. Sodium bromite (NaBrO <sub>2</sub> ) (NRR) 9. Peroxymonosulfuric (H <sub>2</sub> SO <sub>5</sub> ) (NRR) 10. Potasium peroxydiphosphate (K <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ) (NRR) 11. Hydrogen peroxide (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (NRR) 12. Sodium perborate (NaBO <sub>3</sub> ·4H <sub>2</sub> O) (NRR) 13. Sodium carbonate-hydrogen peroxide (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·3H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (NRR) 14. Peracetic acid (CH <sub>3</sub> COOOH) (NRR)	Tidak berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya
3	Pemasakan ( <i>Finishing</i> dan Pabrik Tekstil Terpadu)	1. Air 2. Hydrochloric acid (HCl) (NRR) 3. Sodium carbonate (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) (NRR) 4. Sodium hydroxide (NaOH) (NRR)	Tidak Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya
4	Pemutihan ( <i>Finishing</i> dan Pabrik Tekstil Terpadu)	1. Air 2. NaOCl (NRR) 3. NaClO <sub>2</sub> (NRR) 4. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (NRR) 5. Bis(triazinyl) stilbenes (NRR) 6. Nonionic distryl-arenes (NRR) 7. 1,3-diphenyl-2-pyrazolines (NRR) 8. Bis(benzoxazoles) (NRR) 9. Cationic azoles (NRR) 10. Sodium silicate (NRR) 11. Soda ash (NRR) 12. Detergent (NRR)	Tidak Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya
5	Pencelupan dan pencapan ( <i>Finishing</i> dan Pabrik Tekstil Terpadu)	1. Air 2. Disperse dyestuff (NRR) 3. Reactive dyestuff (NRR) 4. Vat dyestuff (NRR) 5. Disperse Vat dyestuff (NRR)	Tidak Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya

		6. NaOH (NRR) 7. Garam Glouber (NRR) 8. Reduktor (Sodium Hidrosulfit) (NRR) 9. Oksidator (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) (NRR) 10. Netralisator (acetic acid) (NRR) 11. Soaping agent (NRR) 12. Antimigasi (NRR) 13. Wetting agent (NRR)	Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya
6	Finishing effect (Finishing dan Tekstil Terpadu)	1. Air 2. Base resin (NRR) 3. Softener (NRR) 4. Catalyst (NRR) 5. Optical brightening agent (NRR) 6. Fixing agent (NRR) 7. Dispersing agent (NRR)	Tidak Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya Berbahaya
7	Garmen	1. Benang jahit (NRR dan RR) 2. Kertas pelapis (RR) 3. Plastic kancing dan zipper (NRR) 4. Plastic pembungkus (poly-bag) (NRR) 5. Plastic pengikat (NRR) 6. Logam kancing, zipper, rivets, buckles, hook, eyes, clasps, D-rings (NRR).	Tidak Berbahaya Tidak Berbahaya Tidak Berbahaya Tidak Berbahaya Tidak Berbahaya Berbahaya

Sumber : Hasil Survei, 2005

Keterangan :

RR : *Renewable Resources*

NRR : *Non Renewable Resources*

Hasil penelitian penulis terhadap sifat/karakteristik material dan limbah proses produksi tekstil serta pengaruhnya terhadap Lingkungan Hidup di kemudian hari dijelaskan pada tabel 3 berikut.

Tabel L-1.3 Sifat/Karakteristik Material dan Limbah Produksi Tekstil

No.	Jenis material	Sifat Material Terhadap Lingkungan Hidup	
		Bahan Baku/pembantu	Limbah
1	RR: Cotton, Rayon, Rami	Dapat diperbarui	Dapat didegradasi oleh alam
2	mbRR: kertas, karton	Dapat diperbarui	Dapat didegradasi oleh alam
3	NRR: Polyester, nylon, acrylic	Tidak dapat diperbarui	Tidak dapat didegradasi oleh alam, toksik bila dibakar
4	mbNRR: plastik pembungkus, tali	Tidak dapat diperbarui	Tidak dapat didegradasi oleh alam, toksik bila dibakar
5	Energi	Tidak dapat diperbarui	panas, bising, getar, pollution
6	Air	Tidak pernah habis, recycable, kualitas cenderung menurun setiap waktu, tidak berbahaya, dibutuhkan oleh makhluk hidup.	Transportasi limbah dan pencemar, pengencer limbah, bisa bersifat toksik, recycable

7	Kanji	Sintetik, tidak dapat diperbarui	Toksik, tidak dapat didegradasi oleh alam
8	Zat warna	Sintetik, tidak dapat diperbarui	Toksik, tidak dapat didegradasi oleh alam
9	Zat kimia	Sintetik, tidak dapat diperbarui	Toksik, tidak dapat didegradasi oleh alam
10	Logam	Penyusutan sumberdaya	Toksik, korosif, dapat didaur ulang (recycable)

Sumber : Hasil Survei, 2005

Hasil penelitian penulis terhadap jumlah penggunaan (*material content*) dan efisiensi pemanfaatan material serta penggunaan energi pada proses produksi tekstil adalah sebagai berikut.

1. Rata-rata penggunaan energi listrik pada proses produksi *spinning* 4,06 kwh/kg benang, dengan efisiensi rata-rata 85,54%.
2. Rata-rata penggunaan energi listrik pada proses produksi *weaving* 2,31 kwh/kg kain, dengan efisiensi rata-rata 84,83%.
3. Rata-rata penggunaan energi listrik pada proses produksi *finishing* 0,89 kwh/kg kain, dengan efisiensi rata-rata 79,5%.
4. Rata-rata penggunaan energi listrik pada proses produksi garmen 0,63 kwh/kg produk, dengan efisiensi rata-rata 82,81%.
5. Range kuantitas kandungan logam dalam produk garment antara 0,31 – 10,42% per unit berat produk dengan rata-rata kandungan logam sebesar 4,12% per unit berat produk garmen.
6. Rata-rata penggunaan energi listrik pada proses produksi tekstil terpadu 2,24 kwh/kg produk, dengan efisiensi rata-rata 86,24%.
7. Rata-rata penggunaan kanji pada proses produksi *weaving* 0,026 gr/kg produk, dengan efisiensi rata-rata 2,64%.
8. Rata-rata penggunaan kanji pada proses produksi tekstil terpadu 0,025 gr/kg produk, dengan efisiensi rata-rata 2,50%.
9. Air limbah pabrik pertenunan 5,85 lt/kg produk dengan efisiensi 41,5%
10. Air limbah pabrik *finishing* 24,5 lt/kg produk dengan efisiensi 36,55%
11. Air limbah pabrik tekstil terpadu 20,3 lt/kg produk dengan efisiensi 38,35%
12. limbah zat warna pada pabrik *finishing* 39,79% dengan efisiensi 60,21%
13. limbah zat warna pada pabrik tekstil terpadu 35,6% dengan efisiensi 64,4%
14. limbah zat kimia pada pabrik *finishing* 39,79% dengan efisiensi 60,21%
15. limbah zat kimia pada pabrik tekstil terpadu 35,6% dengan efisiensi 64,4%

#### A.2. Permohonan kepada Responden

Kepada Bapak/Ibu pakar lingkungan dan pakar industri tekstil yang terhormat, bersama ini penulis mohon Bapak/Ibu menjawab pertanyaan pada angket/daftar pertanyaan terkait dengan masalah lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan pabrik/industri tekstil. Dalam angket ini ada 11 (sebelas) pertanyaan yang membutuhkan jawaban dari Bapak/Ibu berupa pemberian nilai bobot sebagaimana Tabel 4 di bawah.

Yang ingin diketahui dari Bapak/Ibu sebagai Pakar Lingkungan/Pakar Industri Tekstil/Pemerhati Lingkungan adalah pemberian bobot sesuai statement point berikut;

1. Bobot/peringkat kepentingan yang pro-lingkungan atas penggunaan jenis dan sifat sumber daya alam oleh pabrik/industri tekstil (penggunaan SDA *sustainable*).

- ❖ Nilai bobot 1 sampai 10. Semakin tinggi bobot yang diberikan, maka penggunaan SDA semakin pro-lingkungan (*sustainable*).
- II. Bobot/peringkat kepentingan yang pro-lingkungan atas limbah/pencemaran yang diakibatkan oleh penggunaan jenis dan sifat sumber daya alam oleh pabrik/industri tekstil (keberlanjutan lingkungan dari pengaruh pencemaran).
- ❖ Nilai bobot 1 sampai 10. Semakin tinggi bobot yang diberikan, maka semakin pro-lingkungan (lingkungan tidak tercemar dan *sustainable*).

Pertanyaan;

Mohon Tabel 15 di bawah ini diberi nilai bobot berdasarkan kepentingan lingkungan sebagaimana yang diinginkan *statement point* I dan II di atas.

Tabel L-1.4 Daftar Pertanyaan dan Kolom Nilai bobot

No.	Jenis/Bentuk dan Kandungan/Penggunaan Sumber Daya Alam Pada Proses Produksi Tekstil	Nilai Bobot: 1 sampai 10
1	A Jika pabrik berproduksi menggunakan bahan baku utama sebesar <35% jenis material <i>renewable</i> (seperti; cotton, rami, wol, sutera dan lain sebagainya).	
	B Jika pabrik berproduksi menggunakan bahan baku utama sebesar 35 – 45% jenis material <i>renewable</i> (seperti; cotton, rami, wol, sutera dan lain sebagainya).	
	C Jika pabrik berproduksi menggunakan bahan baku utama sebesar 46 – 55% jenis material <i>renewable</i> (seperti; cotton, rami, wol, sutera dan lain sebagainya).	
	D Jika pabrik berproduksi menggunakan bahan baku utama sebesar >55% jenis material <i>renewable</i> (seperti; cotton, rami, wol, sutera dan lain sebagainya).	
	E Semakin tinggi persentase kandungan/penggunaan jenis material <i>renewable</i> dalam produk tekstil (seperti; cotton, rami, wol, sutera dan lain sebagainya).	
2	A Jika pabrik berproduksi menggunakan bahan pembantu sebesar <1% jenis material <i>renewable</i> (seperti; kertas dan karton untuk pembungkus produk).	
	B Jika pabrik berproduksi menggunakan bahan pembantu sebesar 1-2% jenis material <i>renewable</i> (seperti; kertas dan karton untuk pembungkus produk).	
	C Jika pabrik berproduksi menggunakan bahan pembantu sebesar 2-3% jenis material <i>renewable</i> (seperti; kertas dan karton untuk pembungkus produk).	

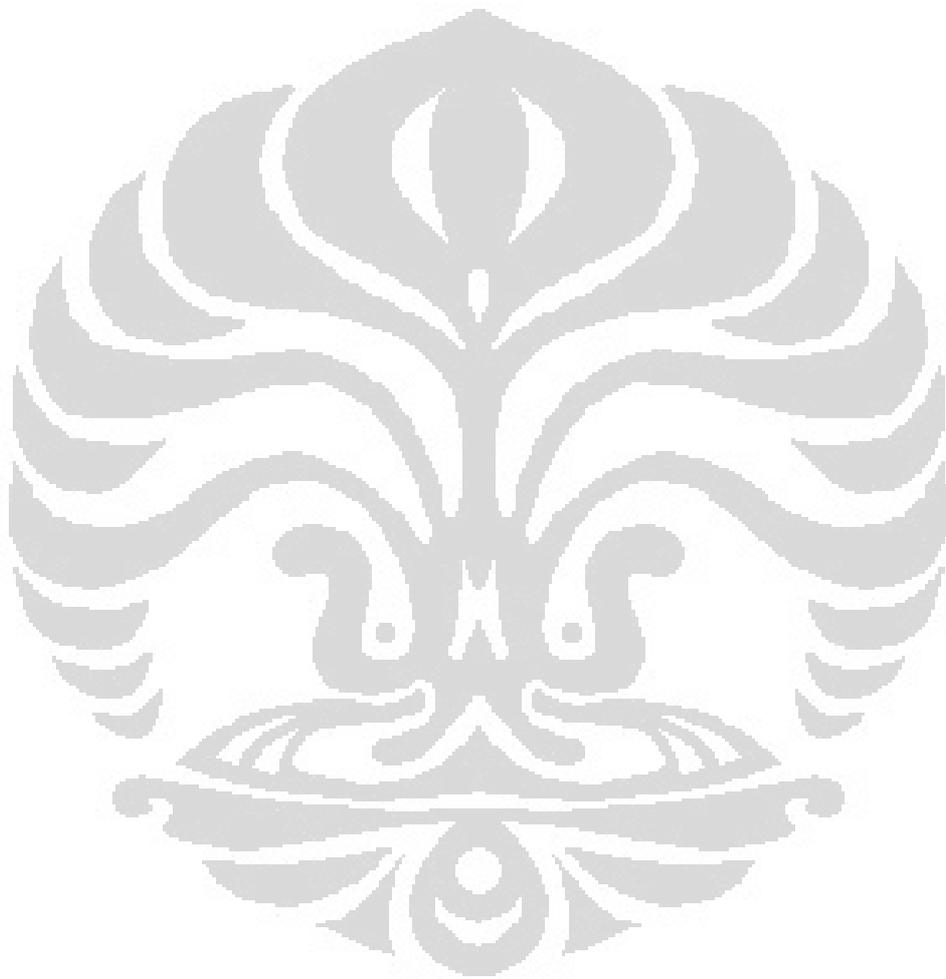
	D	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan pembantu sebesar >3% jenis material <i>renewable</i> (seperti; kertas dan karton untuk pembungkus produk).	
	E	Semakin tinggi persentase kandungan/penggunaan jenis material bantu <i>renewable</i> dalam produk tekstil (seperti; kertas dan karton untuk pembungkus produk).	
3	A	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan baku utama sebesar <35% jenis material non <i>renewable</i> (seperti; polyester, nylon, dan bahan sintetik lainnya).	
	B	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan baku utama sebesar 35 – 45% jenis material non <i>renewable</i> (seperti; polyester, nylon, dan bahan sintetik lainnya).	
	C	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan baku utama sebesar 46 – 55% jenis material non <i>renewable</i> (seperti; polyester, nylon, dan bahan sintetik lainnya).	
	D	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan baku utama sebesar >55% jenis material non <i>renewable</i> (seperti; polyester, nylon, dan bahan sintetik lainnya).	
	E	Semakin tinggi persentase kandungan jenis material non <i>renewable</i> dalam produk tekstil (seperti; polyester, nylon, dan bahan sintetik lainnya).	
4	A	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan pembantu sebesar <1% jenis material non <i>renewable</i> (seperti; plastik pembungkus dan tali).	
	B	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan pembantu sebesar 1-2% jenis material non <i>renewable</i> (seperti; plastik pembungkus dan tali).	
	C	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan pembantu sebesar 2-3% jenis material non <i>renewable</i> (seperti; plastik pembungkus dan tali).	
	D	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan pembantu sebesar >3% jenis material non <i>renewable</i> (seperti; plastik pembungkus dan tali).	
	E	Semakin tinggi persentase kandungan/penggunaan jenis material bantu non <i>renewable</i> dalam produk tekstil (seperti; plastik pembungkus dan tali).	
5	A	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan pembantu jenis logam sebesar <1% jenis material non <i>renewable</i> (seperti; kancing, ritsliting dan lain sebagainya).	
	B	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan pembantu jenis logam sebesar 1-2% jenis material non <i>renewable</i> (seperti; kancing, ritsliting dan lain sebagainya).	
	C	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan pembantu jenis logam sebesar 2-3% jenis material non <i>renewable</i> (seperti; kancing, ritsliting dan lain sebagainya).	

	D	Jika pabrik memproduksi menggunakan bahan pembantu jenis logam sebesar >3% jenis material non <i>renewable</i> (seperti; kancing, ritsleting dan lain sebagainya).	
	E	Semakin tinggi persentase kandungan/penggunaan material bantu logam dalam produk tekstil (seperti kancing, ritsleting dan lain sebagainya).	
6	A	Efisiensi penggunaan material pada proses produksi sebesar <40%.	
	B	Efisiensi penggunaan material pada proses produksi sebesar 40-60%.	
	C	Efisiensi penggunaan material pada proses produksi sebesar 61-80%.	
	D	Efisiensi penggunaan material pada proses produksi sebesar >80%.	
	E	Semakin tinggi efisiensi penggunaan material pada proses produksi	
7	A	Efisiensi penggunaan energi dalam proses produksi sebesar <80%.	
	B	Efisiensi penggunaan energi dalam proses produksi sebesar 80-82%.	
	C	Efisiensi penggunaan energi dalam proses produksi sebesar 83-85%.	
	D	Efisiensi penggunaan energi dalam proses produksi sebesar >85%.	
	E	Semakin tinggi efisiensi penggunaan energi dalam proses produksi.	
8	A	Efisiensi penggunaan air dalam proses produksi sebesar <30%.	
	B	Efisiensi penggunaan air dalam proses produksi sebesar 30-35%.	
	C	Efisiensi penggunaan air dalam proses produksi sebesar 36-40%.	
	D	Efisiensi penggunaan air dalam proses produksi sebesar >40%.	
	E	Semakin tinggi efisiensi penggunaan air dalam proses produksi.	
9	A	Efisiensi penggunaan kanji dalam proses produksi sebesar <2,0%.	
	B	Efisiensi penggunaan kanji dalam proses produksi sebesar 2,0-2,5%.	
	C	Efisiensi penggunaan kanji dalam proses produksi sebesar 2,6-3,0%.	
	D	Efisiensi penggunaan kanji dalam proses produksi sebesar >3,0%.	
	E	Semakin tinggi efisiensi penggunaan kanji dalam proses produksi.	
10	A	Efisiensi penggunaan zat warna dalam proses produksi <40%	
	B	Efisiensi penggunaan zat warna dalam proses produksi 41-50%	
	C	Efisiensi penggunaan zat warna dalam proses produksi 51-60%	

	D	Efisiensi penggunaan zat warna dalam proses produksi >60%	
	E	Semakin tinggi efisiensi penggunaan zat warna dalam proses produksi	
11	A	Efisiensi penggunaan zat kimia dalam proses produksi <40%	
	B	Efisiensi penggunaan zat kimia dalam proses produksi 41-50%	
	C	Efisiensi penggunaan zat kimia dalam proses produksi 51-60%	
	D	Efisiensi penggunaan zat kimia dalam proses produksi >60%	
	E	Semakin tinggi efisiensi penggunaan zat kimia dalam proses produksi	

Terima kasih atas partisipasi Bapak/Ibu/Saudara dalam menjawab Angket ini, semoga hasil angket ini dapat bermanfaat bagi peneliti dalam memperkaya khasanah ilmu pengetahuan lingkungan. Amin ! Ya Rabbal 'Alamin.

Reda Rizal.  
Hp. 0813-1121-6843

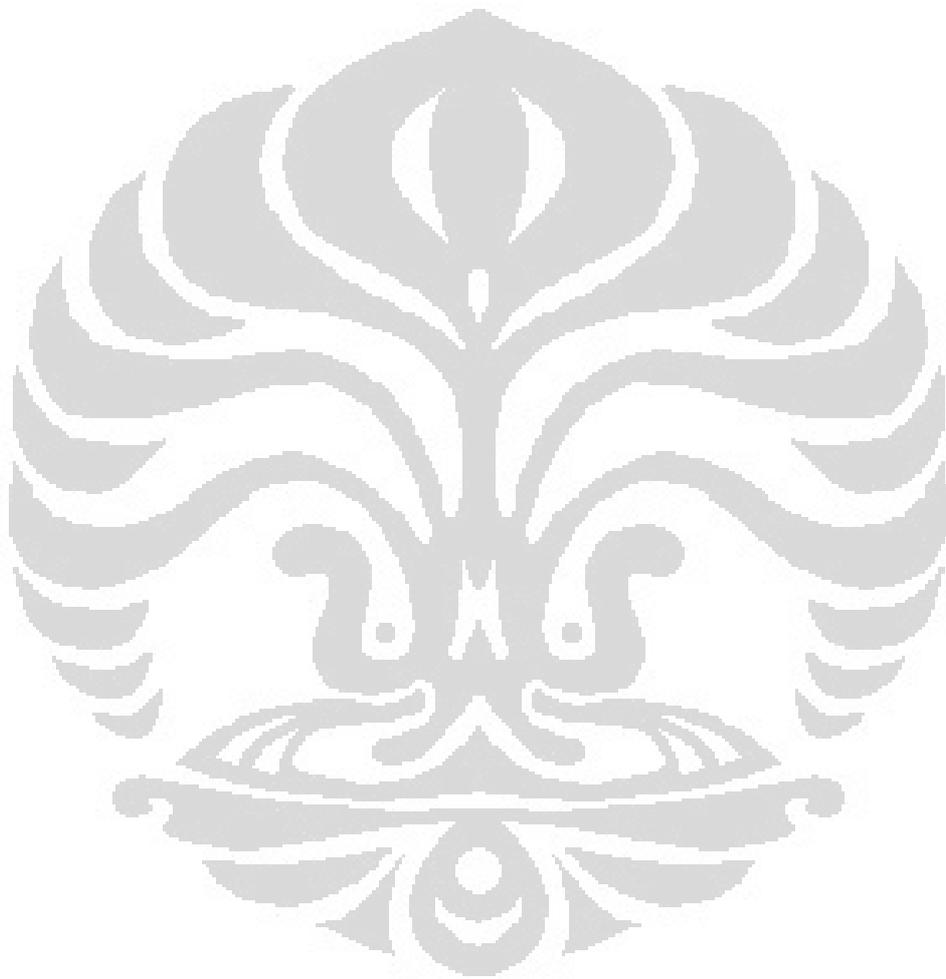


## Hasil Penghitungan Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Di Jabodetabek, 2005

**Tabel L.2.1.** Nilai Ekoefisiensi Pabrik Pemintalan (*spinning*)

(Dalam Satuan %)

No.	Material RR (RR)	Material Bantu RR (mbRR)	Material NRR (NRR)	Material Bantu NRR (mbNRR)	Daya Guna Material (Dgm)	Efisiensi Energi (Ef.en)	Ekoefisiensi *
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	Y
1	82.45	4.12	13.47	0.05	81.73	89.70	68.80
2	81.81	4.13	13.46	0.05	81.73	89.70	68.63
3	82.52	4.03	13.36	0.05	81.73	89.70	68.80
4	82.49	4.11	13.47	0.05	81.73	89.70	68.81
5	82.62	4.12	13.58	0.05	81.73	89.70	68.86
6	82.38	4.11	13.47	0.05	81.73	89.70	68.78
7	82.45	4.12	13.47	0.05	93.13	89.70	71.80
8	81.81	4.13	13.46	0.05	93.13	89.70	71.63
9	82.52	4.03	13.36	0.05	93.13	89.70	71.80
10	82.49	4.11	13.47	0.05	93.13	89.70	71.81
11	82.62	4.12	13.58	0.05	93.13	89.70	71.86
12	82.38	4.11	13.47	0.05	93.13	89.70	71.78
13	0.00	0.02	99.99	0.01	92.01	83.30	59.29
14	0.00	0.02	99.98	0.01	92.01	82.00	58.95
15	0.00	0.02	99.98	0.01	92.01	84.50	59.61
16	0.00	0.01	99.99	0.01	92.01	83.70	59.40
17	0.00	0.02	99.99	0.01	92.01	82.00	58.95
18	0.00	0.01	99.99	0.01	92.01	84.30	59.55
19	0.00	0.02	99.99	0.01	95.64	83.30	60.25
20	0.00	0.02	99.98	0.01	95.64	82.00	59.90
21	0.00	0.02	99.98	0.01	95.64	82.00	59.90
22	0.00	0.01	99.99	0.01	95.64	84.30	60.51
23	0.00	0.02	99.99	0.01	95.64	84.50	60.56
24	0.00	0.01	99.99	0.01	95.64	83.70	60.35
25	34.86	0.32	64.78	0.04	91.66	89.50	65.39
26	34.87	0.29	64.77	0.06	91.66	89.40	65.36
27	34.89	0.32	64.79	0.05	91.66	89.10	65.29
28	34.85	0.33	64.73	0.06	91.66	89.55	65.39
29	34.86	0.31	64.75	0.06	91.66	89.33	65.34
30	34.88	0.31	64.78	0.05	91.66	89.10	65.29
31	34.87	0.31	64.78	0.06	94.72	89.50	66.20
32	34.86	0.29	64.77	0.04	94.72	89.40	66.17
33	34.89	0.32	64.79	0.05	94.72	89.33	66.16
34	34.85	0.33	64.73	0.06	94.72	89.10	66.08
35	34.86	0.31	64.75	0.05	94.72	89.10	66.08
36	34.88	0.30	64.78	0.06	94.72	89.55	66.21
37	82.42	4.10	13.51	0.06	98.36	83.00	71.41
38	82.26	4.14	13.42	0.04	98.36	82.50	71.23
39	82.29	4.15	13.39	0.06	98.36	83.10	71.39
40	82.45	4.05	13.47	0.04	98.36	81.90	71.12
41	82.45	4.09	13.45	0.05	98.36	82.70	71.33
42	82.38	4.05	13.55	0.05	98.36	83.00	71.40
43	82.42	4.10	13.51	0.06	95.04	83.00	70.54
44	82.26	4.14	13.42	0.04	95.04	82.50	70.35
45	82.29	4.15	13.39	0.06	95.04	82.70	70.41
46	82.45	4.05	13.47	0.04	95.04	83.00	70.54
47	82.45	4.09	13.45	0.05	95.04	83.10	70.56
48	82.38	4.05	13.55	0.05	95.04	81.90	70.24
49	22.03	4.10	73.75	0.15	81.73	82.00	58.81
50	22.12	4.15	73.78	0.13	81.73	82.50	58.97
51	21.98	4.25	73.73	0.16	81.73	83.00	59.06
52	22.05	3.98	73.65	0.15	81.73	84.00	59.32
53	21.88	3.99	73.69	0.13	81.73	81.00	58.49
54	22.12	4.15	73.79	0.14	81.73	82.50	58.97
55	22.03	4.10	73.75	0.15	93.13	82.00	61.81

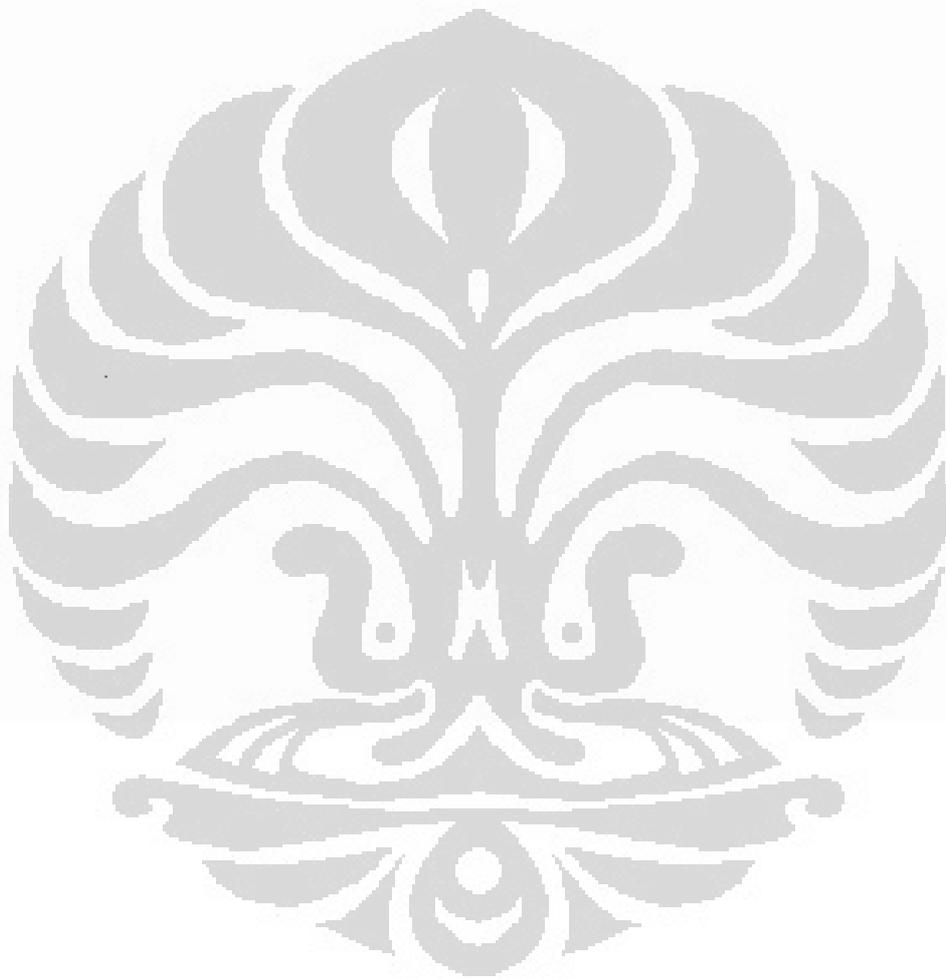


56	22.12	4.15	73.78	0.13	93.13	82.50	61.97
57	21.98	4.25	73.73	0.16	93.13	81.00	61.54
58	22.05	3.98	73.65	0.15	93.13	82.50	61.93
59	21.88	3.99	73.69	0.13	93.13	83.00	62.02
60	22.12	4.15	73.79	0.14	93.13	84.00	62.37
61	82.40	4.12	13.51	0.06	92.01	84.50	70.13
62	82.35	4.08	13.40	0.05	92.01	85.50	70.36
63	82.42	4.16	13.49	0.04	92.01	83.50	69.87
64	82.33	4.10	13.48	0.06	92.01	84.00	69.98
65	82.38	4.02	13.47	0.06	92.01	85.00	70.25
66	82.39	4.11	13.49	0.05	92.01	84.50	70.12
67	82.41	4.12	13.50	0.05	95.64	84.50	71.09
68	82.34	4.08	13.41	0.06	95.64	85.50	71.32
69	82.42	4.16	13.49	0.06	95.64	85.00	71.22
70	82.33	4.11	13.48	0.04	95.64	84.50	71.06
71	82.38	4.01	13.47	0.06	95.64	83.50	70.81
72	82.39	4.11	13.49	0.05	95.64	84.00	70.95
73	22.05	4.09	73.79	0.05	91.66	84.00	61.95
74	22.12	3.79	73.85	0.04	91.66	84.20	62.02
75	21.97	4.26	73.88	0.05	91.66	83.60	61.85
76	22.16	4.13	73.75	0.06	91.66	82.50	61.59
77	21.89	4.12	73.69	0.05	91.66	83.40	61.74
78	22.11	4.21	73.75	0.04	91.66	83.90	61.95
79	22.05	4.09	73.79	0.05	94.72	84.00	62.76
80	22.12	3.79	73.85	0.05	94.72	84.20	62.82
81	21.97	4.26	73.88	0.05	94.72	83.40	62.60
82	22.16	4.13	73.75	0.05	94.72	83.90	62.76
83	21.89	4.12	73.69	0.05	94.72	83.60	62.60
84	22.11	4.21	73.75	0.06	94.72	82.50	62.38
85	27.25	0.24	72.36	0.04	98.36	84.50	64.83
86	27.12	0.22	72.76	0.04	98.36	88.30	65.84
87	27.18	0.25	72.45	0.04	98.36	87.36	65.57
88	27.24	0.24	72.58	0.04	98.36	88.30	65.85
89	27.19	0.23	72.62	0.04	98.36	88.40	65.87
90	27.25	0.24	72.56	0.04	98.36	87.30	65.59
91	27.12	0.22	72.36	0.04	95.04	84.50	63.92
92	27.18	0.25	72.76	0.04	95.04	88.30	64.99
93	27.24	0.24	72.45	0.04	95.04	88.40	64.99
94	27.19	0.23	72.58	0.04	95.04	87.30	64.70
95	27.11	0.22	72.62	0.04	95.04	87.36	64.70
96	27.25	0.24	72.56	0.04	95.04	88.30	64.98
97	95.25	4.75	0.00	0.05	98.70	86.25	73.99
98	95.15	4.82	0.00	0.07	98.70	87.00	74.16
99	95.35	4.79	0.00	0.05	98.70	86.87	74.18
100	95.18	4.71	0.00	0.05	98.70	86.50	74.03
101	95.29	4.62	0.00	0.06	98.70	86.90	74.16
102	94.98	4.74	0.00	0.06	98.70	87.70	74.30
103	95.25	4.75	0.00	0.05	98.70	86.25	73.99
104	95.15	4.82	0.00	0.07	98.70	87.00	74.16
105	95.35	4.79	0.00	0.05	98.70	86.90	74.19
106	95.18	4.71	0.00	0.05	98.70	87.70	74.35
107	95.29	4.62	0.00	0.06	98.70	86.87	74.16
108	94.98	4.74	0.00	0.06	98.70	86.50	73.98
Rata2	49.83	2.87	47.25	0.06	93.44	85.54	66.58

Sumber : Hasil Survei, 2005

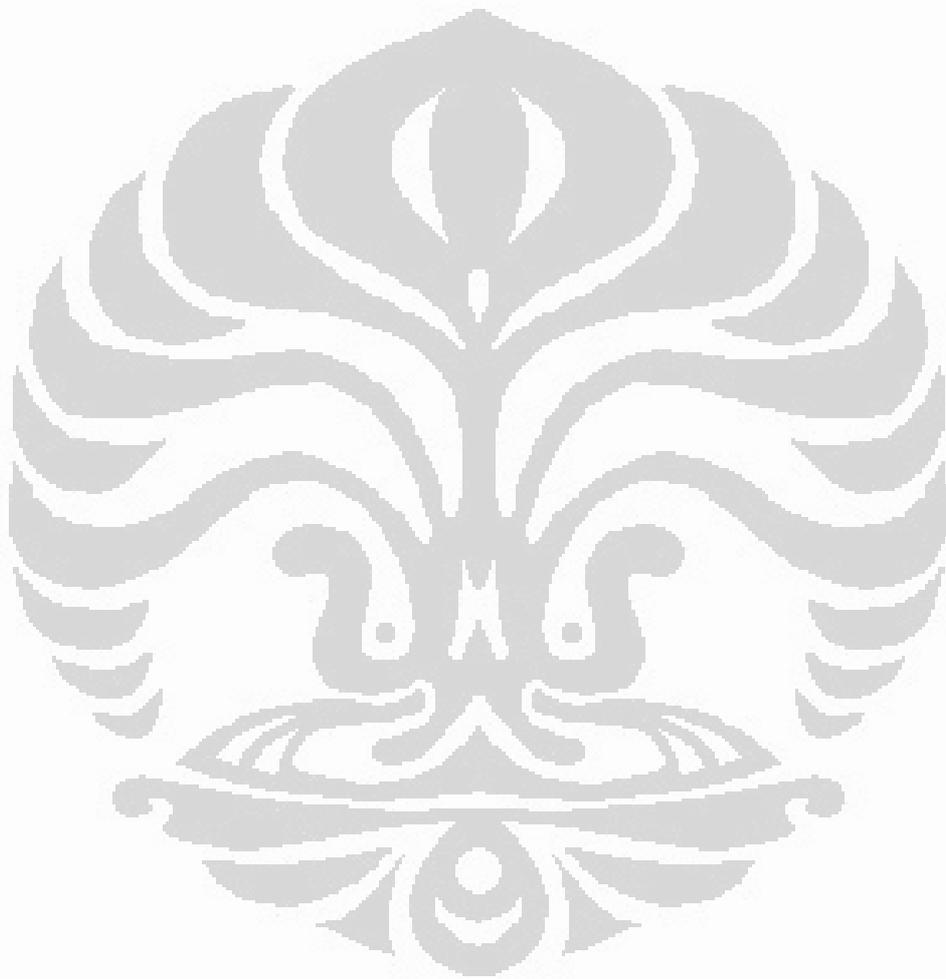
Keterangan : \* dihitung menggunakan rumus:

$$\eta_{ecos\ pimming} = \frac{(RR * 10) + (mbRR * 2) + (NRR * 5) + (mbNRR * 1) + (Dgm * 10) + (\eta_{en} * 10)}{100} = \dots\%$$

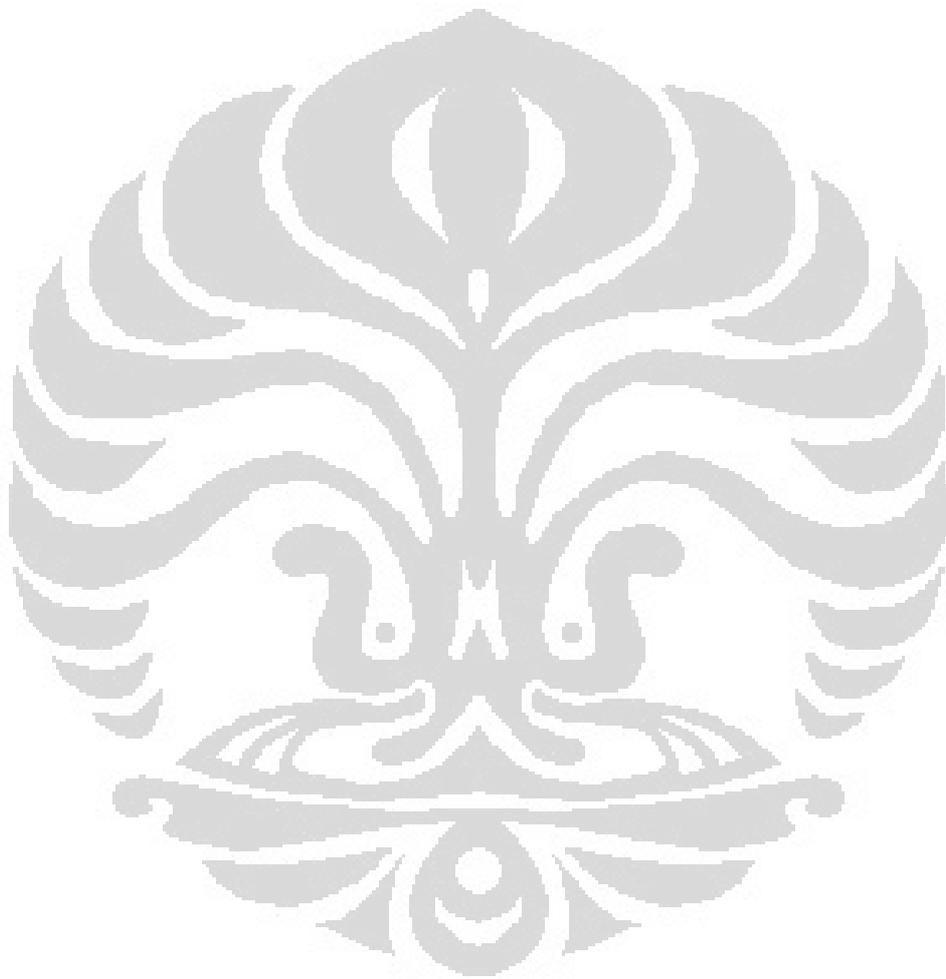


Tabel L.2.2. Nilai Ekoefisiensi Pabrik Pertenunan (*weaving*)

No.	Material RR (RR)		Material Bantu RR (mbRR)		Material NRR (NRR)		Material Bantu NRR (mbNRR)		Daya Guna Material (Dgm)		Efisiensi Energi (Ef.en)		Efisiensi Air (Ef.ai)		Efisiensi Kanji (Ef.kanji)		Ekoefisiensi (%)	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>	X <sub>16</sub>	X <sub>17</sub>	Y
1	69.42	0.11	30.82	0.16	25.32	82.16	41.00	0.02	44.03									
2	69.04	0.13	30.77	0.18	25.32	85.00	41.00	0.02	44.49									
3	68.73	0.14	30.93	0.19	25.32	84.39	41.00	0.02	44.33									
4	67.58	0.12	30.85	0.12	25.32	84.39	41.00	0.02	44.11									
5	68.94	0.11	30.66	0.18	25.32	86.00	41.00	0.02	44.65									
6	69.92	0.12	30.61	0.17	25.32	84.39	41.00	0.02	44.53									
7	69.42	0.11	30.82	0.16	32.26	82.16	41.50	0.03	45.43									
8	69.04	0.13	30.77	0.18	32.26	85.00	41.50	0.03	45.90									
9	68.73	0.14	30.93	0.19	32.26	86.00	41.50	0.03	46.04									
10	67.58	0.12	30.85	0.12	32.26	84.39	41.50	0.03	45.51									
11	68.94	0.11	30.66	0.18	32.26	84.39	41.50	0.03	45.75									
12	69.92	0.12	30.61	0.17	32.26	84.39	41.50	0.03	45.93									
13	0.00	0.00	100.00	0.00	31.34	81.00	41.00	0.02	38.37									
14	0.00	0.00	100.00	0.00	31.34	82.50	41.00	0.02	38.65									
15	0.00	0.00	100.00	0.00	31.34	81.50	41.00	0.02	38.46									
16	0.00	0.00	100.00	0.00	31.34	80.10	41.00	0.02	38.20									
17	0.00	0.00	100.00	0.00	31.34	81.25	41.00	0.02	38.42									
18	0.00	0.00	100.00	0.00	31.34	81.15	41.00	0.02	38.40									
19	0.00	0.00	100.00	0.00	24.74	81.00	41.50	0.03	37.22									
20	0.00	0.00	100.00	0.00	24.74	82.50	41.50	0.03	37.50									
21	0.00	0.00	100.00	0.00	24.74	81.25	41.50	0.03	37.27									
22	0.00	0.00	100.00	0.00	24.74	81.15	41.50	0.03	37.25									
23	0.00	0.00	100.00	0.00	24.74	81.50	41.50	0.03	37.31									
24	0.00	0.00	100.00	0.00	24.74	80.10	41.50	0.03	37.05									
25	34.89	0.15	64.81	0.15	31.33	87.00	43.50	0.02	43.24									
26	34.85	0.17	64.82	0.16	31.33	88.00	43.50	0.02	43.42									
27	34.91	0.15	64.85	0.16	31.33	87.50	43.50	0.02	43.34									
28	34.87	0.16	64.79	0.14	31.33	87.10	43.50	0.02	43.25									
29	34.79	0.16	64.78	0.16	31.33	86.80	43.50	0.02	43.18									
30	34.95	0.16	64.75	0.15	31.33	86.20	43.50	0.02	43.10									
31	34.89	0.15	64.81	0.15	43.67	87.00	43.50	0.03	45.57									
32	34.65	0.17	64.82	0.16	43.67	88.00	43.50	0.03	45.75									
33	34.91	0.15	64.85	0.16	43.67	86.80	43.50	0.03	45.54									
34	34.87	0.16	64.79	0.14	43.67	86.20	43.50	0.03	45.41									
35	34.79	0.16	64.78	0.16	43.67	87.50	43.50	0.03	45.64									
36	34.95	0.16	64.75	0.15	43.67	87.10	43.50	0.03	45.60									



37	55.54	0.15	44.43	0.13	33.01	83.00	37.50	0.02	43.64
38	55.58	0.09	44.05	0.16	33.01	85.15	37.50	0.02	44.02
39	55.42	0.11	44.26	0.14	33.01	84.10	37.50	0.02	43.81
40	55.39	0.09	44.11	0.17	33.01	84.65	37.50	0.02	43.90
41	55.57	0.08	44.22	0.16	33.01	84.45	37.50	0.02	43.90
42	55.71	0.10	44.21	0.15	33.01	85.35	37.50	0.02	44.10
43	55.71	0.15	44.43	0.13	74.55	83.00	37.50	0.03	51.52
44	55.58	0.09	44.05	0.16	74.55	85.15	41.50	0.03	52.61
45	55.42	0.11	44.26	0.14	74.55	84.45	41.50	0.03	52.47
46	55.39	0.09	44.11	0.17	74.55	85.35	41.50	0.03	52.62
47	55.57	0.08	44.22	0.16	74.55	84.10	41.50	0.03	52.43
48	55.54	0.10	44.21	0.15	74.55	84.65	41.50	0.03	52.53
49	68.94	0.10	30.79	0.17	25.32	82.00	41.50	0.02	44.00
50	68.85	0.13	30.78	0.18	25.32	82.42	41.50	0.02	44.06
51	68.87	0.11	30.69	0.16	25.32	81.50	41.50	0.02	43.88
52	68.98	0.12	30.68	0.17	25.32	83.20	41.50	0.02	44.22
53	68.99	0.13	30.77	0.18	25.32	81.90	41.50	0.02	43.99
54	68.99	0.13	30.88	0.18	25.32	83.50	41.50	0.02	44.30
55	68.94	0.11	30.79	0.17	32.26	82.00	41.50	0.03	45.31
56	68.85	0.13	30.78	0.18	32.26	82.42	43.00	0.03	45.66
57	68.87	0.10	30.69	0.16	32.26	81.90	43.00	0.03	45.55
58	68.98	0.12	30.68	0.17	32.26	83.50	43.00	0.03	45.87
59	68.99	0.13	30.77	0.18	32.26	81.50	43.00	0.03	45.51
60	68.99	0.13	30.88	0.18	32.26	83.20	43.00	0.03	45.84
61	19.61	0.04	80.41	0.05	31.34	86.00	43.00	0.02	41.54
62	19.55	0.02	80.45	0.06	31.34	87.70	43.00	0.02	41.86
63	19.62	0.03	80.31	0.04	31.34	87.70	43.00	0.02	41.86
64	19.48	0.03	80.29	0.06	31.34	86.70	43.00	0.02	41.64
65	19.58	0.04	80.34	0.06	31.34	86.50	43.00	0.02	41.63
66	19.61	0.03	80.26	0.05	31.34	85.60	43.00	0.02	41.45
67	19.61	0.04	80.41	0.05	24.74	86.00	43.00	0.03	40.30
68	19.55	0.02	80.45	0.06	24.74	87.70	37.50	0.03	39.57
69	19.62	0.03	80.31	0.04	24.74	86.50	37.50	0.03	39.35
70	19.48	0.03	80.29	0.06	24.74	85.60	37.50	0.03	39.15
71	19.58	0.04	80.34	0.06	24.74	87.70	37.50	0.03	39.57
72	19.61	0.03	80.26	0.05	24.74	86.70	37.50	0.03	39.38
73	68.98	0.12	30.81	0.16	31.33	85.50	37.50	0.02	45.05
74	68.94	0.13	30.69	0.18	31.33	86.00	37.50	0.02	45.13
75	68.89	0.14	30.76	0.17	31.33	85.00	41.50	0.02	45.69
76	68.91	0.11	30.78	0.18	31.33	86.00	41.50	0.02	45.88
77	68.95	0.12	30.81	0.17	31.33	85.00	41.50	0.02	45.70
78	68.96	0.12	30.72	0.17	31.33	85.50	41.50	0.02	45.79

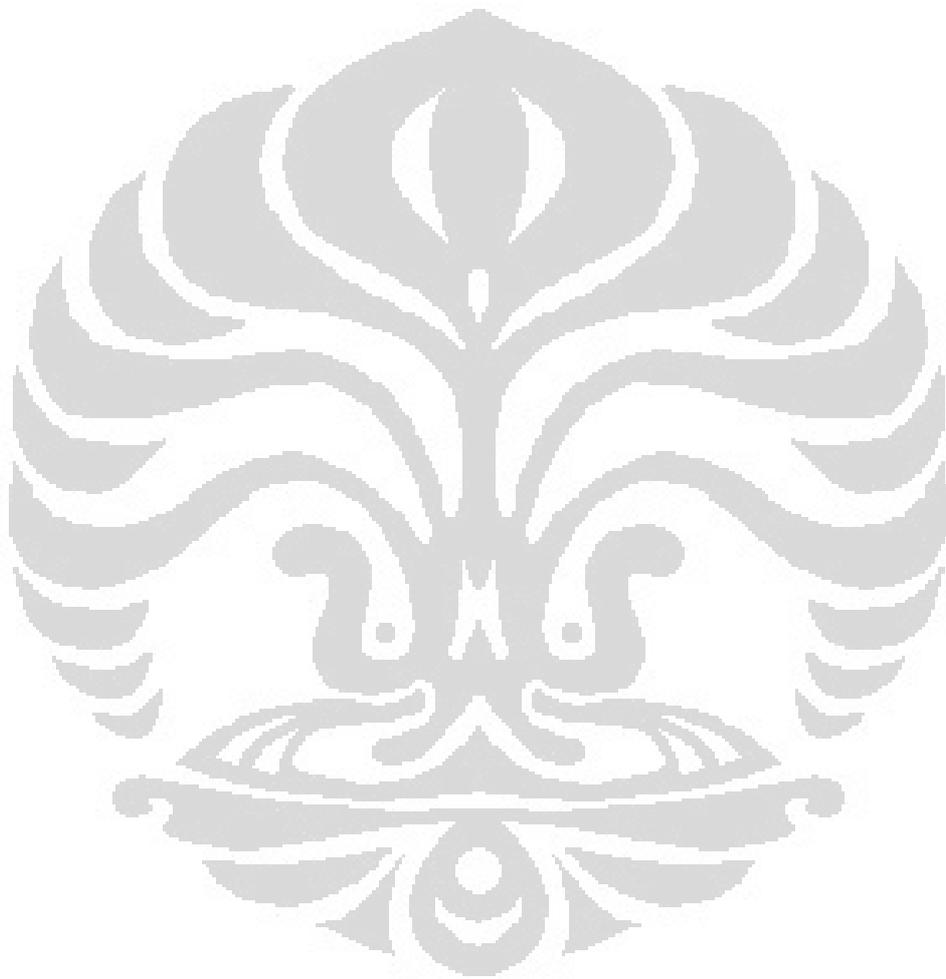


79	68.98	0.12	30.80	0.16	43.67	85.50	41.50	0.03	48.13
80	68.94	0.13	30.70	0.18	43.67	86.00	41.50	0.03	48.21
81	68.89	0.14	30.76	0.17	43.67	85.00	41.50	0.03	48.02
82	68.91	0.11	30.78	0.18	43.67	85.50	41.50	0.03	48.12
83	68.95	0.12	30.81	0.17	43.67	85.00	41.50	0.03	48.03
84	68.96	0.12	30.72	0.17	43.67	86.00	41.50	0.03	48.22
85	34.95	0.13	64.81	0.18	33.01	86.00	41.50	0.02	43.00
86	34.96	0.12	64.85	0.15	33.01	87.00	41.50	0.02	43.20
87	34.86	0.11	64.95	0.17	33.01	86.50	43.50	0.02	43.47
88	34.88	0.14	64.84	0.19	33.01	86.89	43.50	0.02	43.54
89	34.97	0.11	64.83	0.16	33.01	87.10	43.50	0.02	43.59
90	34.75	0.12	64.55	0.17	33.01	87.85	43.50	0.02	43.67
91	34.95	0.13	64.81	0.18	74.55	86.00	43.50	0.03	51.22
92	34.96	0.12	64.85	0.15	74.55	87.00	43.50	0.03	51.41
93	34.86	0.11	64.95	0.17	74.55	87.10	43.50	0.03	51.42
94	34.88	0.14	64.84	0.19	74.55	87.85	43.50	0.03	51.56
95	34.97	0.11	64.83	0.16	74.55	86.50	43.50	0.03	51.32
96	34.75	0.12	64.55	0.17	74.55	86.89	43.50	0.03	51.32
Rata2	43.96	0.10	55.81	0.13	37.03	84.84	41.50	0.03	44.39

Sumber : Hasil Survei, 2005

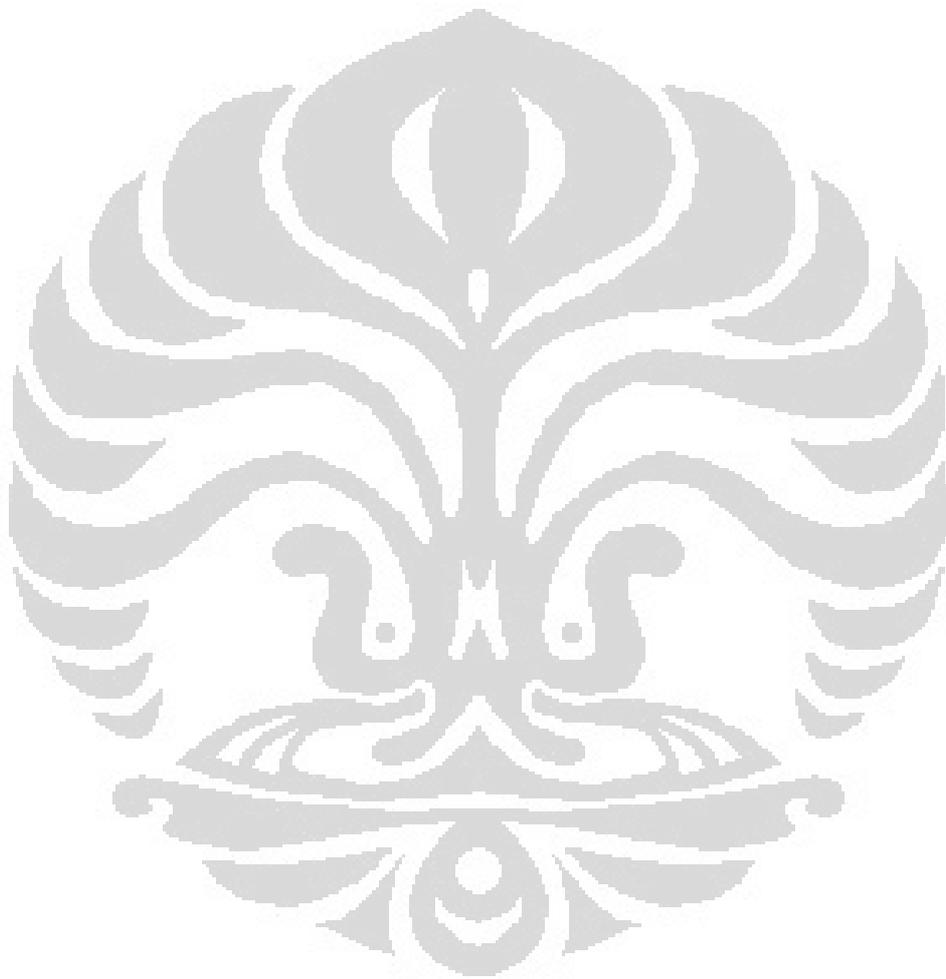
Keterangan: \* dihitung menggunakan rumus:

$$\eta_{\text{reco weaving}} = \frac{(RR * 10) + (mbRR * 2) + (NRR * 5) + (mbNRR * 1) + (Dgm * 10) + (\eta_{en} * 10) + (\eta_{ai} * 10) + (\eta_{kanji} * 5)}{53} = \dots \%$$

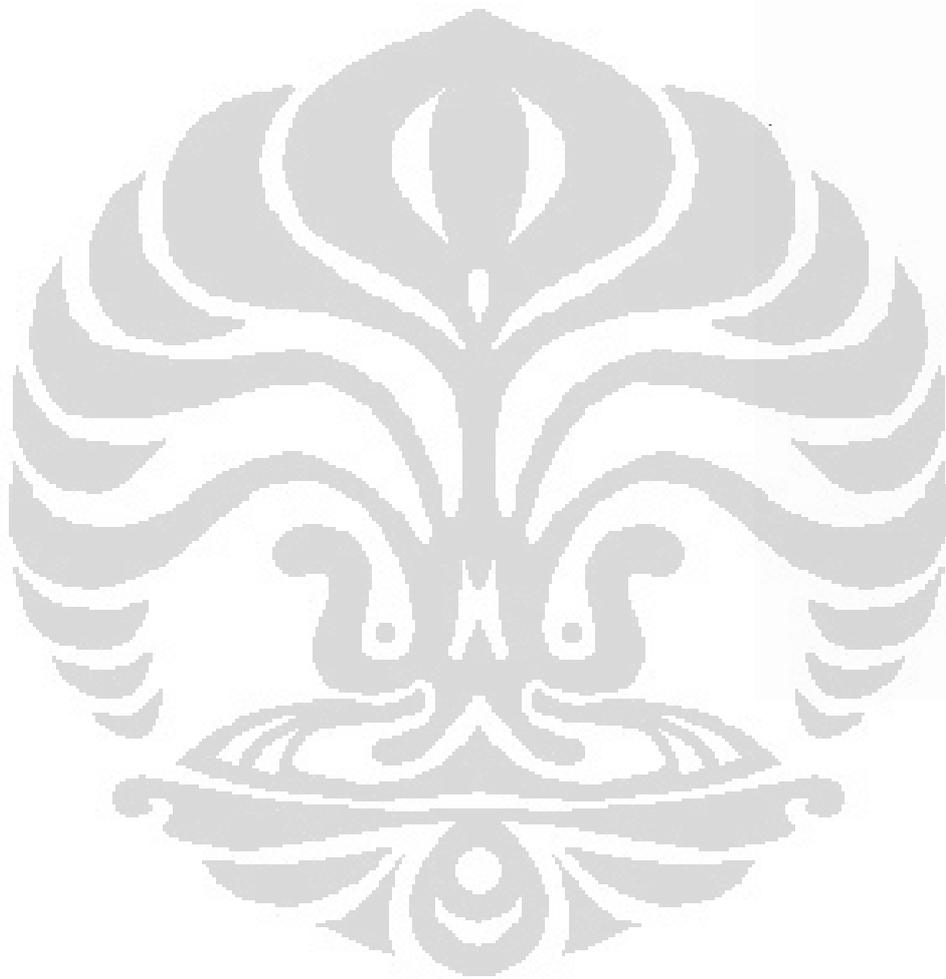


Tabel L.2.3. Nilai Ekoefisiensi Pabrik Penyempurnaan Tekstil (*finishing*)

No.	(Dalam Satuan %)										
	Materi RR (RR)	Materi Bantu RR (mbRR)	Materi NRR (NRR)	Materi Bantu NRR (mbNRR)	Daya Guna Material (Dgm)	Efisiensi Energi (Ef.en)	Efisiensi Air (Ef.ai)	Pemanfaatan Zat Warna (Ef.zw)	Pemanfaatan Kimia (Ef.ck)	Ekoefisiensi *	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	Y
1	61.04	0.38	38.72	0.05	52.90	83.00	42.00	56.00	56.00	54.35	
2	60.92	0.37	38.74	0.05	52.90	85.15	42.00	56.00	56.00	54.67	
3	60.83	0.36	38.81	0.05	52.90	84.10	42.00	56.00	56.00	54.49	
4	60.77	0.38	38.94	0.05	52.90	84.65	42.00	56.00	56.00	54.58	
5	60.71	0.39	38.85	0.05	52.90	84.45	42.00	56.00	56.00	54.53	
6	60.34	0.36	38.79	0.05	52.90	85.35	42.00	56.00	56.00	54.61	
7	61.04	0.38	38.72	0.05	52.09	83.00	42.00	56.00	56.00	54.22	
8	60.92	0.37	38.74	0.05	52.09	85.15	42.00	56.00	56.00	54.54	
9	60.83	0.36	38.81	0.05	52.09	84.45	42.00	56.00	56.00	54.42	
10	60.77	0.38	38.94	0.05	52.09	85.35	42.00	56.00	56.00	54.57	
11	60.71	0.39	38.85	0.05	52.09	84.10	42.00	56.00	56.00	54.35	
12	60.34	0.36	38.79	0.05	52.09	84.65	42.00	56.00	56.00	54.37	
13	8.32	3.52	87.54	0.53	68.44	81.00	41.50	42.00	42.00	48.70	
14	8.21	3.71	87.21	0.54	68.44	82.00	41.50	42.00	42.00	48.82	
15	8.31	3.68	87.77	0.55	68.44	81.87	41.50	42.00	42.00	48.86	
16	8.31	3.54	87.62	0.50	68.44	81.50	41.50	42.00	42.00	48.78	
17	8.41	3.74	87.56	0.54	68.44	81.87	41.50	42.00	42.00	48.86	
18	8.24	3.64	87.55	0.54	68.44	83.00	41.50	42.00	42.00	49.01	
19	8.32	3.52	87.54	0.53	54.24	81.00	41.50	42.00	42.00	46.44	
20	8.21	3.71	87.21	0.54	54.24	82.00	41.50	42.00	42.00	46.56	
21	8.31	3.68	87.77	0.55	54.24	81.87	41.50	42.00	42.00	46.60	
22	8.31	3.54	87.62	0.50	54.24	83.00	41.50	42.00	42.00	46.76	
23	8.41	3.74	87.56	0.54	54.24	81.87	41.50	42.00	42.00	46.60	
24	8.24	3.64	87.55	0.54	54.24	81.50	41.50	42.00	42.00	46.51	
25	32.85	5.46	60.95	4.95	64.94	83.90	43.00	83.00	83.00	60.52	
26	32.81	5.45	60.87	4.85	64.94	85.00	43.00	83.00	83.00	60.68	
27	32.79	5.47	60.85	4.89	64.94	84.50	43.00	83.00	83.00	60.59	
28	32.82	5.38	60.99	5.09	64.94	83.70	43.00	83.00	83.00	60.48	
29	32.85	5.39	61.05	4.99	64.94	84.40	43.00	83.00	83.00	60.60	
30	32.75	5.58	60.94	4.98	64.94	84.30	43.00	83.00	83.00	60.57	
31	32.85	5.46	60.95	4.95	63.60	83.90	43.00	83.00	83.00	60.30	
32	32.81	5.45	60.87	4.85	63.60	85.00	43.00	83.00	83.00	60.46	
33	32.79	5.47	60.85	4.89	63.60	84.40	43.00	83.00	83.00	60.36	
34	32.82	5.38	60.99	5.09	63.60	84.30	43.00	83.00	83.00	60.37	
35	32.85	5.39	61.05	4.99	63.60	84.50	43.00	83.00	83.00	60.41	
36	32.75	5.58	60.94	4.98	63.60	83.70	43.00	83.00	83.00	60.26	



37	0.00	3.19	94.41	2.39	51.81	81.00	37.50	80.30	80.30	53.78
38	0.00	3.21	94.52	2.41	51.81	81.50	37.50	80.30	80.30	53.87
39	0.00	3.15	94.44	2.35	51.81	79.80	37.50	80.30	80.30	53.59
40	0.00	3.19	94.35	2.42	51.81	79.50	37.50	80.30	80.30	53.54
41	0.00	3.19	94.39	2.38	51.81	79.70	37.50	80.30	80.30	53.58
42	0.00	3.23	94.37	2.40	51.81	80.30	37.50	80.30	80.30	53.67
43	0.00	3.19	94.41	2.39	52.90	81.00	37.50	80.30	80.30	53.96
44	0.00	3.21	94.52	2.41	52.90	81.50	37.50	80.30	80.30	54.05
45	0.00	3.15	94.44	2.35	52.90	79.70	37.50	80.30	80.30	53.75
46	0.00	3.19	94.35	2.42	52.90	80.30	37.50	80.30	80.30	53.84
47	0.00	3.19	94.39	2.38	52.90	79.80	37.50	80.30	80.30	53.77
48	0.00	3.23	94.37	2.40	52.90	79.50	37.50	80.30	80.30	53.72
49	60.80	0.38	38.79	0.05	52.09	82.00	35.50	60.00	60.00	53.95
50	60.70	0.36	38.84	0.04	52.09	82.23	35.50	60.00	60.00	53.97
51	60.79	0.39	38.79	0.05	52.09	83.35	35.50	60.00	60.00	54.16
52	60.76	0.37	38.81	0.05	52.09	82.70	35.50	60.00	60.00	54.05
53	60.77	0.35	38.82	0.05	52.09	82.10	35.50	60.00	60.00	53.96
54	60.78	0.36	38.71	0.05	52.09	81.00	35.50	60.00	60.00	53.78
55	60.81	0.38	38.79	0.06	58.44	82.00	35.50	60.00	60.00	56.54
56	60.69	0.36	38.84	0.04	58.44	82.23	35.50	60.00	60.00	56.56
57	60.79	0.39	38.79	0.05	58.44	82.10	35.50	60.00	60.00	56.56
58	60.76	0.37	38.81	0.06	58.44	81.00	35.50	60.00	60.00	56.38
59	60.77	0.35	38.82	0.06	58.44	83.35	35.50	60.00	60.00	56.75
60	60.78	0.36	38.71	0.05	58.44	82.70	35.50	60.00	60.00	56.64
61	19.21	1.12	79.71	0.17	54.24	88.81	27.50	40.00	40.00	46.01
62	19.24	1.10	79.71	0.15	54.24	88.80	27.50	40.00	40.00	46.01
63	19.11	0.98	79.58	0.15	54.24	88.95	27.50	40.00	40.00	46.00
64	19.08	1.04	79.62	0.15	54.24	88.70	27.50	40.00	40.00	45.96
65	19.02	1.08	79.65	0.16	54.24	88.60	27.50	40.00	40.00	45.94
66	19.13	1.16	79.47	0.17	54.24	89.00	27.50	40.00	40.00	46.01
67	19.21	1.11	79.71	0.17	54.94	88.81	27.50	40.00	40.00	47.71
68	19.24	1.11	79.71	0.15	54.94	88.80	27.50	40.00	40.00	47.71
69	19.11	0.98	79.58	0.15	54.94	88.60	27.50	40.00	40.00	47.64
70	19.08	1.04	79.62	0.15	54.94	89.00	27.50	40.00	40.00	47.71
71	19.02	1.08	79.65	0.16	54.94	88.95	27.50	40.00	40.00	47.69
72	19.13	1.16	79.47	0.17	54.94	88.70	27.50	40.00	40.00	47.66
73	32.85	5.45	60.95	0.81	63.60	82.00	41.50	90.00	90.00	61.36
74	32.75	5.51	60.96	0.78	63.60	83.50	41.50	90.00	90.00	61.59
75	32.83	5.58	60.92	0.75	63.60	83.10	41.50	90.00	90.00	61.54
76	32.78	5.35	60.88	0.75	63.60	82.60	41.50	90.00	90.00	61.44
77	32.86	5.46	60.97	0.81	63.60	82.83	41.50	90.00	90.00	61.50
78	32.81	5.43	60.96	0.77	63.60	82.93	41.50	90.00	90.00	61.51

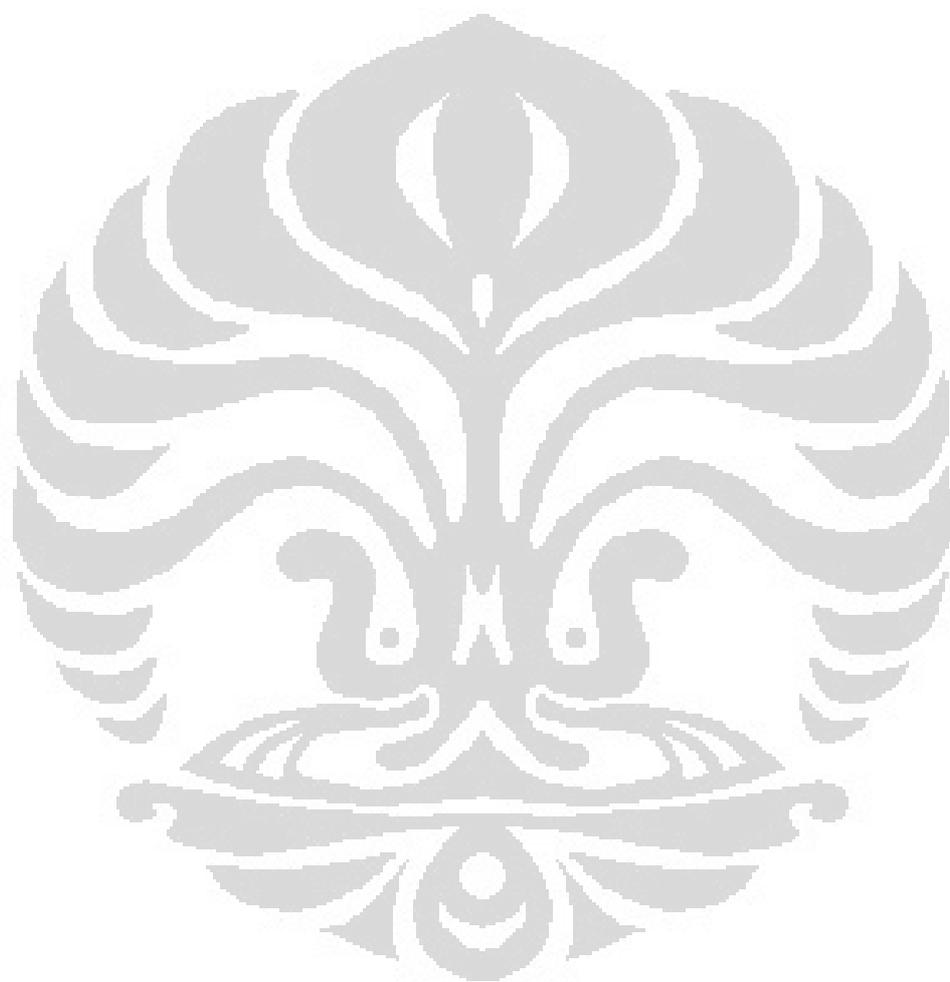


79	32.95	5.45	60.95	0.81	51.81	82.00	41.50	90.00	90.00	59.49
80	32.75	5.51	60.96	0.78	51.81	83.50	41.50	90.00	90.00	59.72
81	32.83	5.56	60.92	0.75	51.81	82.83	41.50	90.00	90.00	59.62
82	32.78	5.35	60.88	0.75	51.81	82.93	41.50	90.00	90.00	59.62
83	32.86	5.46	60.97	0.81	51.81	83.10	41.50	90.00	90.00	59.67
84	32.81	5.43	60.96	0.77	51.81	82.60	41.50	90.00	90.00	59.58
Rata2	30.66	2.80	65.87	1.27	58.29	83.54	38.36	64.47	64.47	54.15

Sumber : Hasil Survei, 2005

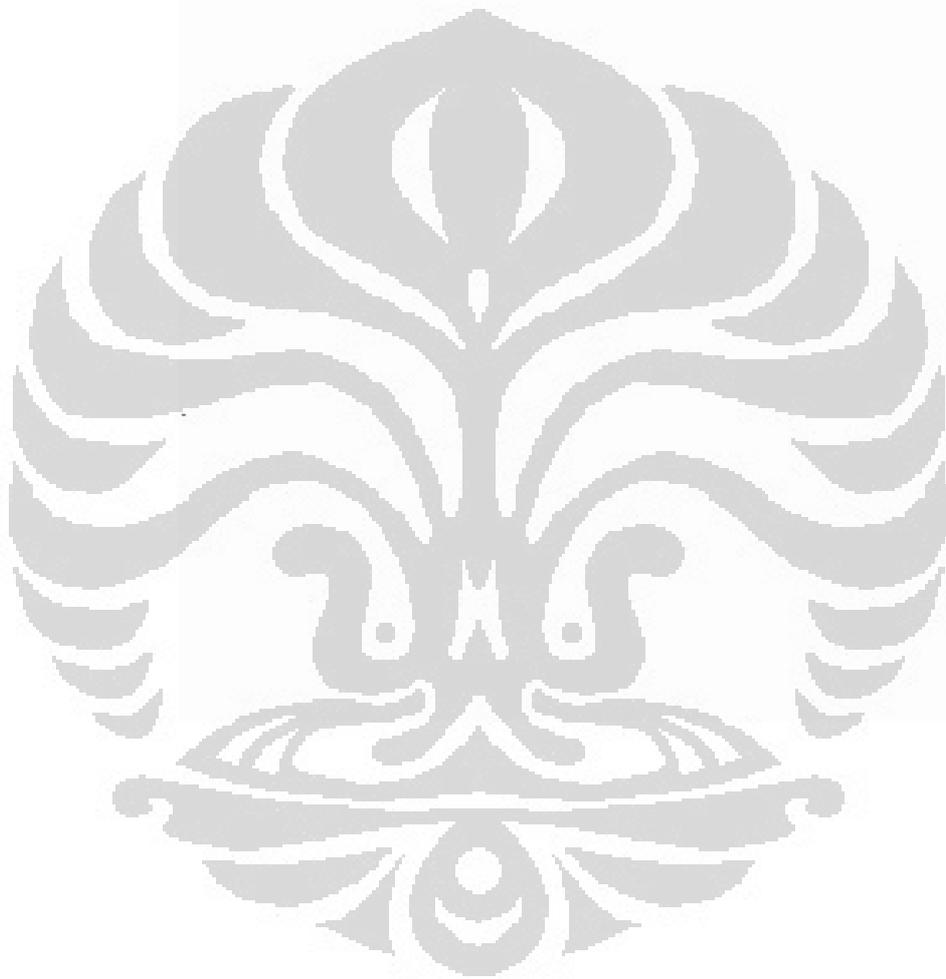
Keterangan: \* dihitung menggunakan rumus:

$$\eta_{ecofinishing} = \frac{(RR * 10) + (mbRR * 2) + (NRR * 5) + (mbNRR * 1) + (Dgm * 10) + (\eta_{en} * 10) + (\eta_{ai} * 10) + (\eta_{zw} * 5) + (\eta_{zk} * 10)}{63} = \dots \%$$



Tabel L.2.4. Nilai Ekoefisiensi Pabrik Pakaian Jadi (*garment*)

No.	Material RR (RR)		Material Bantu RR (mbRR)		Material NRR (NRR)		Material Bantu NRR (mbNRR)		Daya Guna Material (Dgm)		Efisiensi Energi (Ef.en)		Logam		Ekoefisiensi *	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>	Y
1	81.02	0.58	12.92	2.75	95.22	79.80	2.73	79.80	95.22	2.73	79.80	2.73	2.73	67.48		
2	81.12	0.57	12.93	2.73	95.22	78.72	2.74	78.72	95.22	2.74	78.72	2.74	2.74	67.23		
3	80.95	0.56	12.91	2.76	95.22	78.82	2.74	78.82	95.22	2.72	78.82	2.72	2.72	67.21		
4	81.11	0.59	12.95	2.74	95.22	79.90	2.77	79.90	95.22	2.75	79.90	2.75	2.75	67.53		
5	81.10	0.57	12.89	2.77	95.22	80.20	2.74	80.20	95.22	2.71	80.20	2.71	2.71	67.60		
6	80.82	0.61	12.93	2.74	95.22	80.13	2.75	80.13	95.22	2.72	80.13	2.72	2.72	67.51		
7	81.02	0.58	12.92	2.75	94.52	79.80	2.73	79.80	94.52	2.73	79.80	2.73	2.73	67.30		
8	81.12	0.57	12.93	2.73	94.52	78.72	2.74	78.72	94.52	2.74	78.72	2.74	2.74	67.05		
9	80.95	0.56	12.91	2.76	94.52	80.20	2.74	80.20	94.52	2.72	80.20	2.72	2.72	67.38		
10	81.11	0.59	12.95	2.74	94.52	80.13	2.75	80.13	94.52	2.75	80.13	2.75	2.75	67.41		
11	81.10	0.57	12.89	2.77	94.52	78.82	2.71	78.82	94.52	2.71	78.82	2.71	2.71	67.06		
12	80.82	0.60	12.93	2.74	94.52	79.90	2.72	79.90	94.52	2.72	79.90	2.72	2.72	67.27		
13	90.92	0.21	4.86	1.11	95.88	82.30	1.41	82.30	95.88	1.41	82.30	1.41	1.41	69.70		
14	90.81	0.23	4.81	1.10	95.88	82.70	1.35	82.70	95.88	1.35	82.70	1.35	1.35	69.77		
15	90.79	0.21	4.83	1.03	95.88	82.80	1.35	82.80	95.88	1.35	82.80	1.35	1.35	69.79		
16	90.83	0.22	4.84	1.06	95.88	82.85	1.39	82.85	95.88	1.39	82.85	1.39	1.39	69.81		
17	90.86	0.24	4.88	1.09	95.88	82.35	1.42	82.35	95.88	1.42	82.35	1.42	1.42	69.70		
18	90.92	0.23	4.78	1.13	95.88	82.60	1.39	82.60	95.88	1.39	82.60	1.39	1.39	69.77		
19	90.92	0.21	4.86	1.12	94.03	82.30	1.41	82.30	94.03	1.41	82.30	1.41	1.41	69.22		
20	90.81	0.23	4.81	1.09	94.03	82.70	1.35	82.70	94.03	1.35	82.70	1.35	1.35	69.29		
21	90.79	0.21	4.83	1.03	94.03	82.35	1.35	82.35	94.03	1.35	82.35	1.35	1.35	69.20		
22	90.83	0.22	4.84	1.06	94.03	82.60	1.39	82.60	94.03	1.39	82.60	1.39	1.39	69.27		
23	90.86	0.24	4.88	1.09	94.03	82.80	1.42	82.80	94.03	1.42	82.80	1.42	1.42	69.34		
24	90.92	0.23	4.78	1.13	94.03	82.85	1.39	82.85	94.03	1.39	82.85	1.39	1.39	69.36		
25	80.95	0.56	13.05	2.92	94.52	86.50	2.24	86.50	94.52	2.24	86.50	2.24	2.24	69.01		
26	80.98	0.58	12.95	2.91	94.52	86.70	2.23	86.70	94.52	2.23	86.70	2.23	2.23	69.05		
27	80.92	0.57	12.81	2.85	94.52	86.70	2.28	86.70	94.52	2.28	86.70	2.28	2.28	69.02		
28	81.28	0.56	12.89	2.87	94.52	86.60	2.25	86.60	94.52	2.25	86.60	2.25	2.25	69.09		
29	81.09	0.58	12.83	2.87	94.52	86.85	2.28	86.85	94.52	2.28	86.85	2.28	2.28	69.10		
30	81.29	0.57	12.83	2.88	94.52	86.85	2.24	86.85	94.52	2.24	86.85	2.24	2.24	69.15		
31	80.95	0.56	13.05	2.92	95.12	86.50	2.24	86.50	95.12	2.24	86.50	2.24	2.24	69.16		
32	80.98	0.58	12.95	2.91	95.12	86.70	2.23	86.70	95.12	2.23	86.70	2.23	2.23	69.21		
33	80.92	0.57	12.81	2.85	95.12	86.85	2.28	86.85	95.12	2.28	86.85	2.28	2.28	69.21		
34	81.28	0.56	12.89	2.87	95.12	86.85	2.25	86.85	95.12	2.25	86.85	2.25	2.25	69.31		
35	81.09	0.58	12.83	2.87	95.12	86.70	2.28	86.70	95.12	2.28	86.70	2.28	2.28	69.22		
36	81.29	0.57	12.83	2.88	95.12	86.60	2.24	86.60	95.12	2.24	86.60	2.24	2.24	69.24		



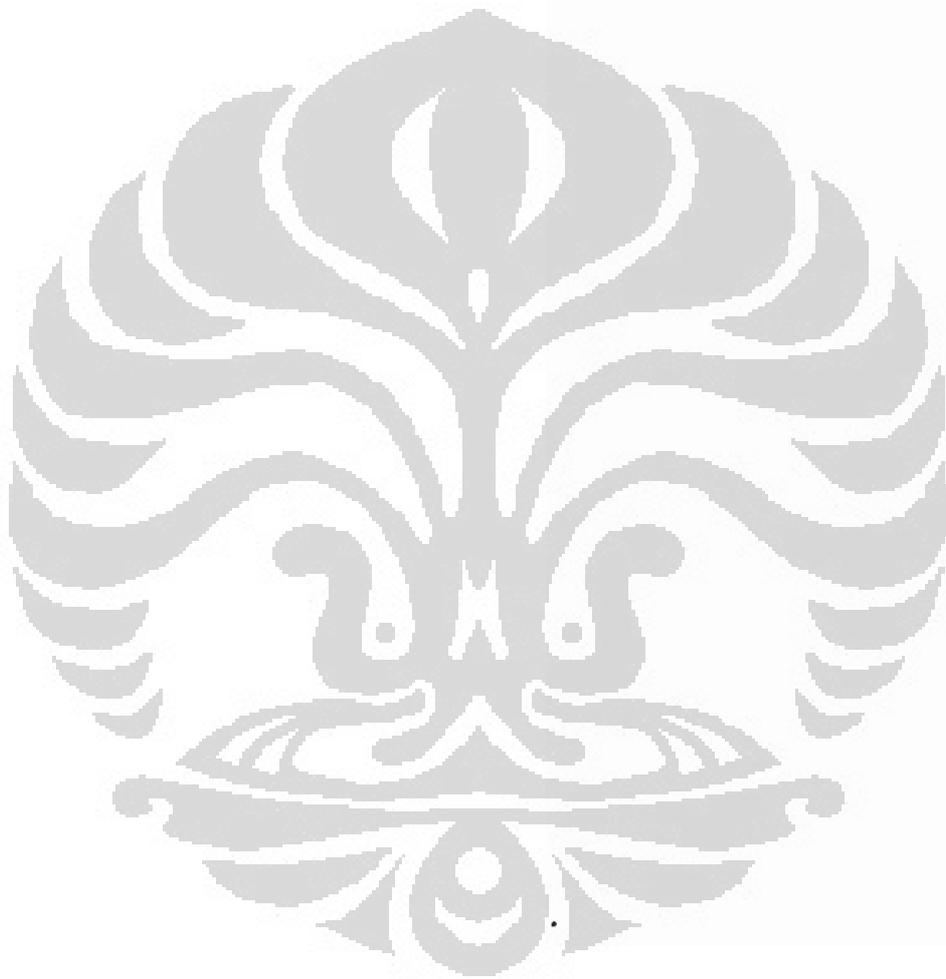
37	97.72	0.07	1.55	0.33	95.22	82.06	0.34	70.73
38	97.74	0.07	1.52	0.31	95.22	82.40	0.33	70.82
39	97.81	0.07	1.57	0.34	95.22	81.73	0.35	70.67
40	97.65	0.07	1.56	0.32	95.22	83.10	0.34	70.98
41	97.68	0.07	1.51	0.35	95.22	81.18	0.31	70.49
42	97.74	0.07	1.57	0.32	95.22	82.14	0.33	70.76
43	97.72	0.07	1.55	0.33	94.52	82.06	0.34	70.55
44	97.74	0.07	1.52	0.31	94.52	82.40	0.33	70.64
45	97.81	0.07	1.57	0.34	94.52	81.18	0.35	70.35
46	97.65	0.07	1.56	0.32	94.52	82.14	0.34	70.56
47	97.68	0.07	1.51	0.35	94.52	81.73	0.31	70.45
48	97.74	0.07	1.57	0.32	94.52	83.10	0.33	70.83
49	81.06	0.59	12.98	2.96	95.88	84.00	1.37	68.71
50	80.94	0.57	12.88	2.88	95.88	83.80	1.38	68.62
51	81.12	0.56	12.95	2.95	95.88	83.30	1.39	68.54
52	81.11	0.60	12.97	2.91	95.88	83.60	1.29	68.62
53	81.01	0.56	12.92	2.93	95.88	83.90	1.36	68.66
54	80.81	0.58	12.83	2.85	95.88	84.20	1.37	68.68
55	81.06	0.59	12.98	2.96	94.03	84.00	1.37	68.24
56	80.94	0.57	12.88	2.88	94.03	83.80	1.38	68.14
57	81.12	0.55	12.95	2.95	94.03	83.90	1.39	68.22
58	81.11	0.61	12.97	2.91	94.03	84.20	1.29	68.30
59	81.01	0.56	12.92	2.93	94.03	83.30	1.36	68.04
60	80.81	0.58	12.83	2.85	94.03	83.60	1.37	68.05
61	81.21	0.57	12.95	2.73	94.52	82.60	2.72	68.07
62	81.09	0.59	12.85	2.75	94.52	83.50	2.71	68.26
63	80.53	0.55	12.75	2.77	94.52	82.93	2.74	67.95
64	81.25	0.49	12.89	2.77	94.52	82.00	2.68	67.91
65	81.35	0.56	12.92	2.71	94.52	82.83	2.74	68.16
66	81.12	0.64	12.95	2.67	94.52	83.10	2.65	68.17
67	81.21	0.57	12.95	2.73	95.12	82.60	2.72	68.22
68	81.09	0.59	12.85	2.75	95.12	83.50	2.71	68.41
69	80.53	0.55	12.75	2.77	95.12	82.83	2.74	68.08
70	81.25	0.49	12.89	2.77	95.12	83.10	2.68	68.35
71	81.35	0.56	12.92	2.71	95.12	82.93	2.74	68.34
72	81.12	0.64	12.95	2.67	95.12	82.00	2.65	68.04
Rata2	85.46	0.43	9.67	2.12	94.88	82.94	1.79	68.87

Sumber : Hasil Survei, 2005

Keterangan : \* dihitung menggunakan rumus:

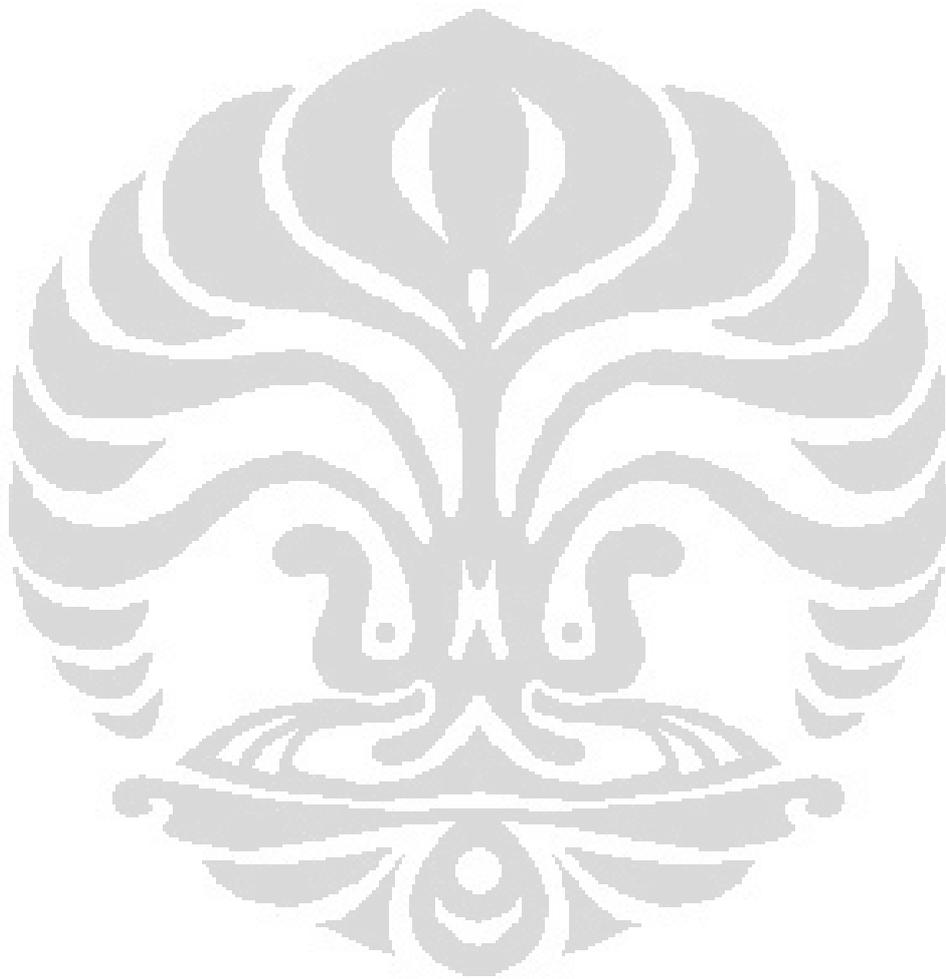
$$\eta_{ecogarmen} = \frac{(RR * 10) + (mbRR * 2) + (NRR * 5) + (mbNRR * 1) + (Dgm * 10) + (\eta_{en} * 10) + (Logam * 1)}{39} = \dots \%$$

39



Tabel L.2.5. Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Terpadu (*integrated textile mills*)

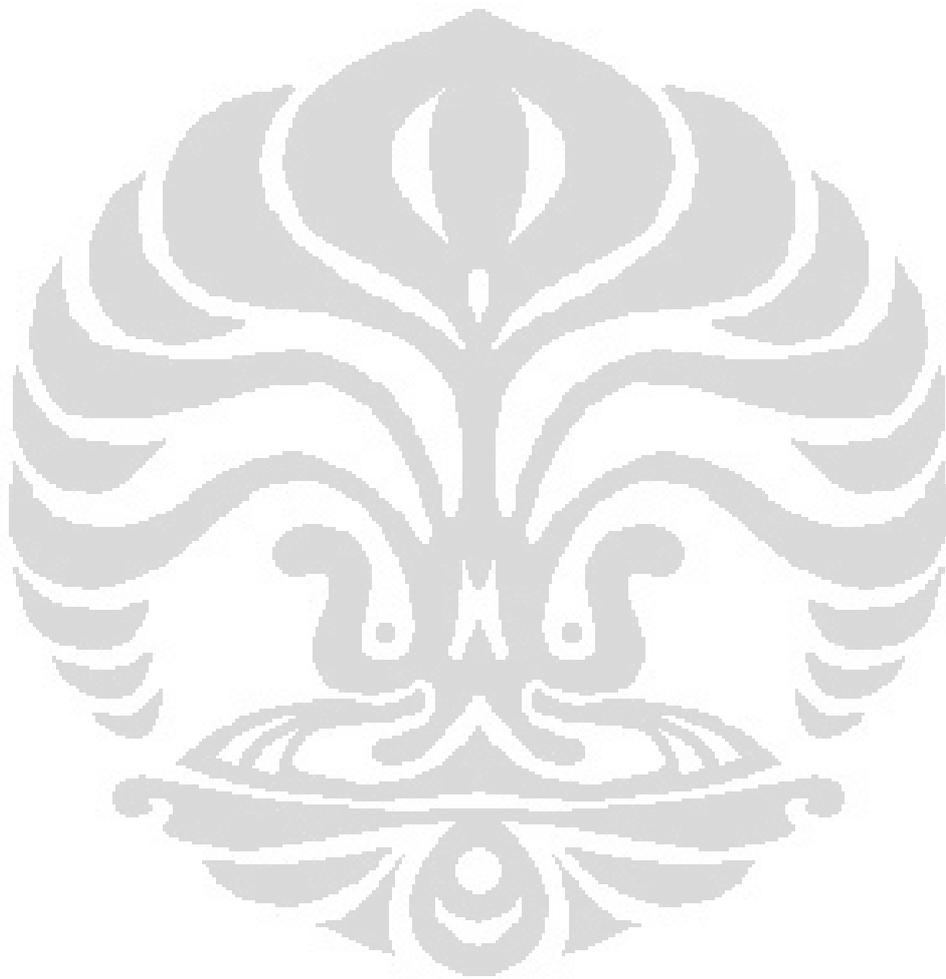
No.	Material RR (RR)		Material Bantu RR (mbRR)		Material NRR (NRR)		Material Bantu NRR (mbNRR)		Daya Guna Material (Dgm)		Efisiensi Energi (Ef.en)		Efisiensi Air (Ef.al)		Efisiensi Kanji (Ef.Kanji)		Pemanfaatan Zat Warna (Ef.zw)		Pemanfaatan Kimia (Ef.zk)		Ekoefisiensi *	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>	X <sub>16</sub>	X <sub>17</sub>	X <sub>18</sub>	X <sub>19</sub>	X <sub>20</sub>	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>
1	82.45	4.12	13.47	0.05	81.73	89.70	41.50	0.02	56.00	56.00	56.91											
2	81.81	4.13	13.46	0.05	81.73	89.70	41.50	0.02	56.00	56.00	56.81											
3	82.52	4.03	13.36	0.05	81.73	89.70	41.50	0.02	56.00	56.00	56.90											
4	82.49	4.11	13.47	0.05	81.73	89.70	41.50	0.02	56.00	56.00	56.91											
5	82.62	4.12	13.58	0.05	81.73	89.70	41.50	0.02	56.00	56.00	56.94											
6	82.38	4.11	13.47	0.05	81.73	89.70	41.50	0.02	56.00	56.00	56.89											
7	82.45	4.12	13.47	0.05	93.13	89.70	41.50	0.03	56.00	56.00	58.58											
8	81.81	4.13	13.46	0.05	93.13	89.70	41.50	0.03	56.00	56.00	58.49											
9	82.52	4.03	13.36	0.05	93.13	89.70	41.50	0.03	56.00	56.00	58.58											
10	82.49	4.11	13.47	0.05	93.13	89.70	41.50	0.03	56.00	56.00	58.59											
11	82.62	4.12	13.58	0.05	93.13	89.70	41.50	0.03	56.00	56.00	58.62											
12	82.38	4.11	13.47	0.05	93.13	89.70	41.50	0.03	56.00	56.00	58.57											
13	34.86	0.32	64.78	0.04	91.66	89.50	43.00	0.02	42.00	42.00	52.13											
14	34.87	0.29	64.77	0.06	91.66	89.40	43.00	0.02	42.00	42.00	52.12											
15	34.89	0.32	64.79	0.05	91.66	89.10	43.00	0.02	42.00	42.00	52.08											
16	34.85	0.33	64.73	0.06	91.66	89.55	43.00	0.02	42.00	42.00	52.13											
17	34.86	0.31	64.75	0.06	91.66	89.33	43.00	0.02	42.00	42.00	52.10											
18	34.88	0.31	64.78	0.05	91.66	89.10	43.00	0.02	42.00	42.00	52.07											
19	34.87	0.31	64.78	0.06	94.72	89.50	43.00	0.03	42.00	42.00	52.58											
20	34.86	0.29	64.77	0.04	94.72	89.40	43.00	0.03	42.00	42.00	52.57											
21	34.89	0.32	64.79	0.05	94.72	89.33	43.00	0.03	42.00	42.00	52.56											
22	34.85	0.33	64.73	0.06	94.72	89.10	43.00	0.03	42.00	42.00	52.52											
23	34.86	0.31	64.75	0.05	94.72	89.10	43.00	0.03	42.00	42.00	52.52											
24	34.88	0.30	64.78	0.06	94.72	89.55	43.00	0.03	42.00	42.00	52.59											
25	82.42	4.10	13.51	0.06	98.36	83.00	37.50	0.02	83.00	83.00	63.73											
26	82.26	4.14	13.42	0.04	98.36	82.50	37.50	0.02	83.00	83.00	63.63											
27	82.29	4.15	13.39	0.06	98.36	83.10	37.50	0.02	83.00	83.00	63.72											
28	82.45	4.05	13.47	0.04	98.36	81.90	37.50	0.02	83.00	83.00	63.57											
29	82.45	4.09	13.45	0.05	98.36	82.70	37.50	0.02	83.00	83.00	63.69											
30	82.38	4.05	13.55	0.05	98.36	83.00	37.50	0.02	83.00	83.00	63.73											
31	82.42	4.10	13.51	0.06	95.04	83.00	37.50	0.03	83.00	83.00	63.24											
32	82.26	4.14	13.42	0.04	95.04	82.50	37.50	0.03	83.00	83.00	63.14											
33	82.29	4.15	13.39	0.06	95.04	82.70	37.50	0.03	83.00	83.00	63.17											



34	82.45	4.05	13.47	0.04	95.04	83.00	37.50	0.03	83.00	83.00	63.24
35	82.45	4.09	13.45	0.05	95.04	83.10	37.50	0.03	83.00	83.00	63.26
36	82.38	4.05	13.55	0.05	95.04	81.90	37.50	0.03	83.00	83.00	63.08
37	82.40	4.12	13.51	0.06	92.01	84.50	35.50	0.02	80.30	80.30	62.13
38	82.35	4.08	13.40	0.05	92.01	85.50	35.50	0.02	80.30	80.30	62.26
39	82.42	4.16	13.49	0.04	92.01	83.50	35.50	0.02	80.30	80.30	61.98
40	82.33	4.10	13.48	0.06	92.01	84.00	35.50	0.02	80.30	80.30	62.04
41	82.38	4.02	13.47	0.06	92.01	85.00	35.50	0.02	80.30	80.30	62.19
42	82.39	4.11	13.49	0.05	92.01	84.50	35.50	0.02	80.30	80.30	62.12
43	82.41	4.12	13.50	0.05	95.64	84.50	35.50	0.03	80.30	80.30	62.66
44	82.34	4.08	13.41	0.06	95.64	85.50	35.50	0.03	80.30	80.30	62.79
45	82.42	4.16	13.49	0.06	95.64	85.00	35.50	0.03	80.30	80.30	62.74
46	82.33	4.11	13.48	0.04	95.64	84.50	35.50	0.03	80.30	80.30	62.65
47	82.38	4.01	13.47	0.05	95.64	83.50	27.50	0.03	80.30	80.30	61.33
48	82.39	4.11	13.49	0.05	95.64	84.00	27.50	0.03	80.30	80.30	61.41
49	95.25	4.75	0.00	0.05	98.70	86.25	27.50	0.02	60.00	60.00	58.63
50	95.15	4.82	0.00	0.07	98.70	87.00	27.50	0.02	60.00	60.00	58.73
51	95.35	4.79	0.00	0.05	98.70	86.87	27.50	0.02	60.00	60.00	58.73
52	95.18	4.71	0.00	0.05	98.70	86.50	27.50	0.02	60.00	60.00	58.65
53	95.29	4.62	0.00	0.06	98.70	86.90	27.50	0.02	60.00	60.00	58.73
54	94.98	4.74	0.00	0.06	98.70	87.70	27.50	0.02	60.00	60.00	58.80
55	95.25	4.75	0.00	0.05	98.70	86.25	27.50	0.03	60.00	60.00	58.63
56	95.15	4.82	0.00	0.07	98.70	87.00	27.50	0.03	60.00	60.00	58.73
57	95.35	4.79	0.00	0.05	98.70	86.90	27.50	0.03	60.00	60.00	58.74
58	95.18	4.71	0.00	0.05	98.70	87.70	27.50	0.03	60.00	60.00	58.83
59	95.29	4.62	0.00	0.06	98.70	86.87	41.50	0.03	60.00	60.78	60.68
60	94.98	4.74	0.00	0.06	98.70	86.50	41.50	0.03	60.00	60.00	60.68
61	69.42	0.11	30.82	0.16	25.32	82.16	41.50	0.02	40.00	40.00	43.21
62	69.04	0.13	30.77	0.18	25.32	85.00	41.50	0.02	40.00	40.00	43.57
63	68.73	0.14	30.93	0.19	25.32	84.39	41.50	0.02	40.00	40.00	43.45
64	67.58	0.12	30.85	0.12	25.32	84.39	41.50	0.02	40.00	40.00	43.27
65	68.94	0.11	30.66	0.18	25.32	86.00	41.50	0.02	40.00	40.00	43.70
66	69.92	0.12	30.61	0.17	25.32	84.39	27.50	0.02	40.00	40.00	41.54
67	69.42	0.11	30.82	0.16	32.26	82.16	27.50	0.03	40.00	40.00	42.18
68	69.04	0.13	30.77	0.18	32.26	85.00	27.50	0.03	40.00	40.00	42.54
69	68.73	0.14	30.93	0.19	32.26	86.00	27.50	0.03	40.00	40.00	42.65
70	67.58	0.12	30.85	0.12	32.26	84.39	27.50	0.03	40.00	40.00	42.24
71	68.94	0.11	30.66	0.18	32.26	84.39	27.50	0.03	40.00	40.00	42.42
72	69.92	0.12	30.61	0.17	32.26	84.39	27.50	0.03	40.00	40.00	42.56
Rata2	74.36	2.91	22.66	0.07	83.11	86.25	36.56	0.03	60.22	60.22	56.25

Sumber : Hasil Survei, 2005

Keterangan: \* dihitung menggunakan rumus:

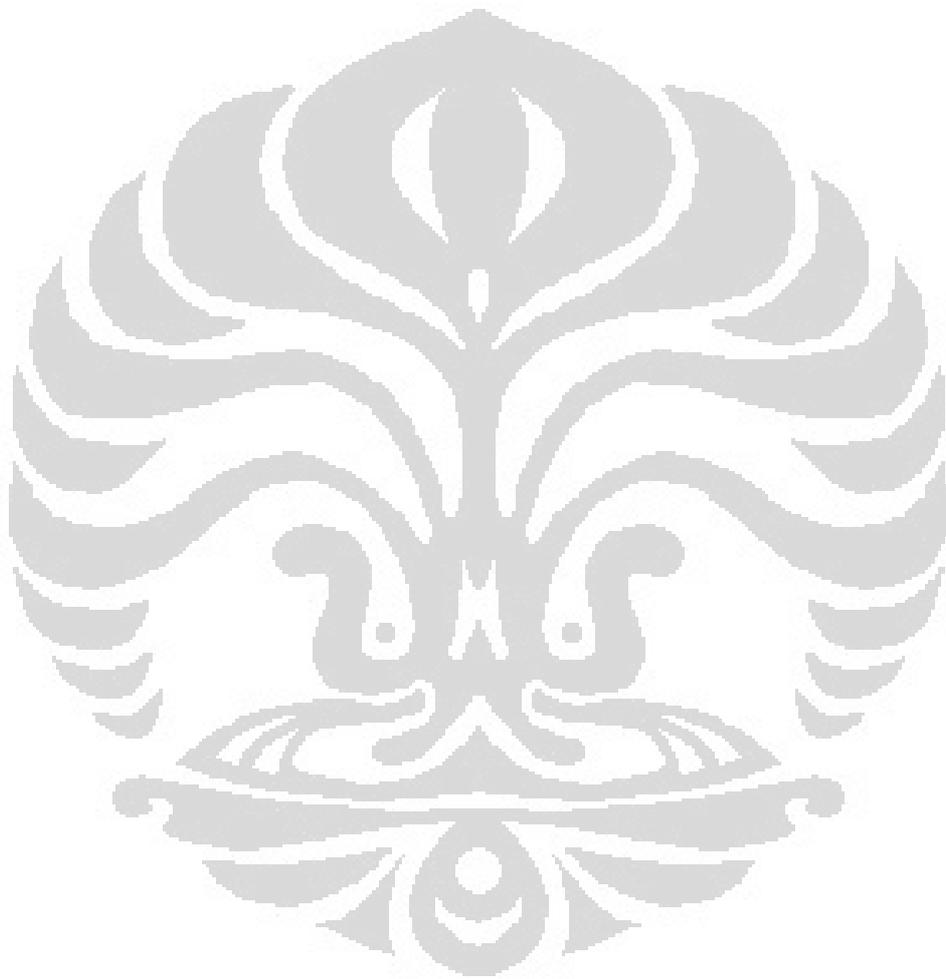


$$\eta_{eco\ terpadu} = \frac{(RR*10) + (mbRR*2) + (NRR*5) + (mbNRR*1) + (Dgm*10) + (\eta_{en}*10) + (\eta_{ai}*10) + (\eta_{kanji}*5) + (\eta_{zw}*5) + (\eta_{zk}*10)}{68} = \dots \%$$

68

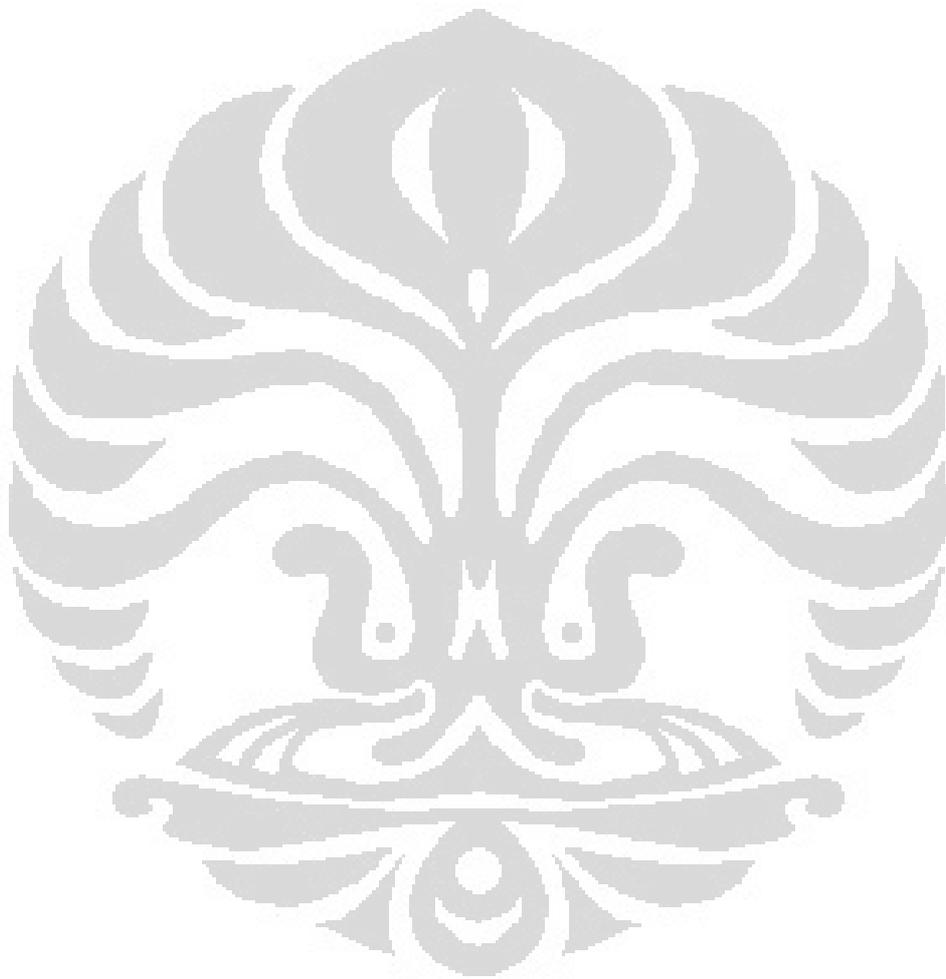
Tabel L.2.6. Perbandingan Nilai Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Terpadu dan Non Terpadu

No.	Eco-spinning	Eco-weaving	Eco-finishing	Eko-non terpadu	Eko-terpadu
1	68.80	44.03	54.35	55.73	56.91
2	68.63	44.49	54.67	55.93	56.81
3	68.80	44.33	54.49	55.88	56.90
4	68.81	44.11	54.58	55.83	56.91
5	68.86	44.65	54.53	56.01	56.94
6	68.78	44.53	54.61	55.97	56.89
7	71.80	45.43	54.22	57.15	58.58
8	71.63	45.90	54.54	57.36	58.49
9	71.80	46.04	54.42	57.42	58.58
10	71.81	45.51	54.57	57.30	58.59
11	71.86	45.75	54.35	57.32	58.62
12	71.78	45.93	54.37	57.36	58.57
13	59.29	38.37	48.70	48.79	52.13
14	58.95	38.65	48.82	48.81	52.12
15	59.61	38.46	48.86	48.98	52.08
16	59.40	38.20	48.78	48.79	52.13
17	58.95	38.42	48.86	48.74	52.10
18	59.55	38.40	49.01	48.99	52.07
19	60.25	37.22	46.44	47.97	52.58
20	59.90	37.50	46.56	47.99	52.57
21	59.90	37.27	46.60	47.92	52.56
22	60.51	37.25	46.76	48.17	52.52
23	60.56	37.31	46.60	48.16	52.52
24	60.35	37.05	46.51	47.97	52.59
25	65.39	43.24	60.52	56.38	63.73
26	65.36	43.42	60.68	56.49	63.63
27	65.29	43.34	60.59	56.41	63.72
28	65.39	43.25	60.48	56.38	63.57
29	65.34	43.18	60.60	56.37	63.69
30	65.29	43.10	60.57	56.32	63.73
31	66.20	45.57	60.30	57.36	63.24
32	66.17	45.75	60.46	57.46	63.14
33	66.16	45.54	60.36	57.35	63.17
34	66.08	45.41	60.37	57.29	63.24
35	66.08	45.64	60.41	57.38	63.26



36	66.21	45.60	60.26	57.36	63.08
37	71.41	43.64	53.78	56.28	62.13
38	71.23	44.02	53.87	56.37	62.26
39	71.39	43.81	53.59	56.27	61.98
40	71.12	43.90	53.54	56.19	62.04
41	71.33	43.90	53.58	56.27	62.19
42	71.40	44.10	53.67	56.39	62.12
43	70.54	51.52	53.96	58.67	62.66
44	70.35	52.61	54.05	59.00	62.79
45	70.41	52.47	53.75	58.88	62.74
46	70.54	52.62	53.84	59.00	62.65
47	70.56	52.43	53.77	58.92	61.33
48	70.24	52.53	53.72	58.83	61.41
49	58.81	44.00	53.95	52.25	58.63
50	58.97	44.06	53.97	52.33	58.73
51	59.06	43.88	54.16	52.37	58.73
52	59.32	44.22	54.05	52.53	58.65
53	58.49	43.99	53.96	52.15	58.73
54	58.97	44.30	53.78	52.35	58.80
55	61.81	45.31	56.54	54.55	58.63
56	61.97	45.66	56.56	54.73	58.73
57	61.54	45.55	56.56	54.55	58.74
58	61.93	45.87	56.38	54.73	58.83
59	62.02	45.51	56.75	54.76	60.78
60	62.37	45.84	56.64	54.95	60.68
61	70.13	41.54	46.01	52.56	43.21
62	70.36	41.86	46.01	52.74	43.57
63	69.87	41.86	46.00	52.58	43.45
64	69.98	41.64	45.96	52.53	43.27
65	70.25	41.63	45.94	52.60	43.70
66	70.12	41.45	46.01	52.53	41.54
67	71.09	40.30	47.71	53.03	42.18
68	71.32	39.57	47.71	52.87	42.54
69	71.22	39.35	47.64	52.74	42.65
70	71.06	39.15	47.71	52.64	42.24
71	70.81	39.57	47.69	52.69	42.42
72	70.95	39.38	47.66	52.66	42.56
		Rata2		54.29	56.25

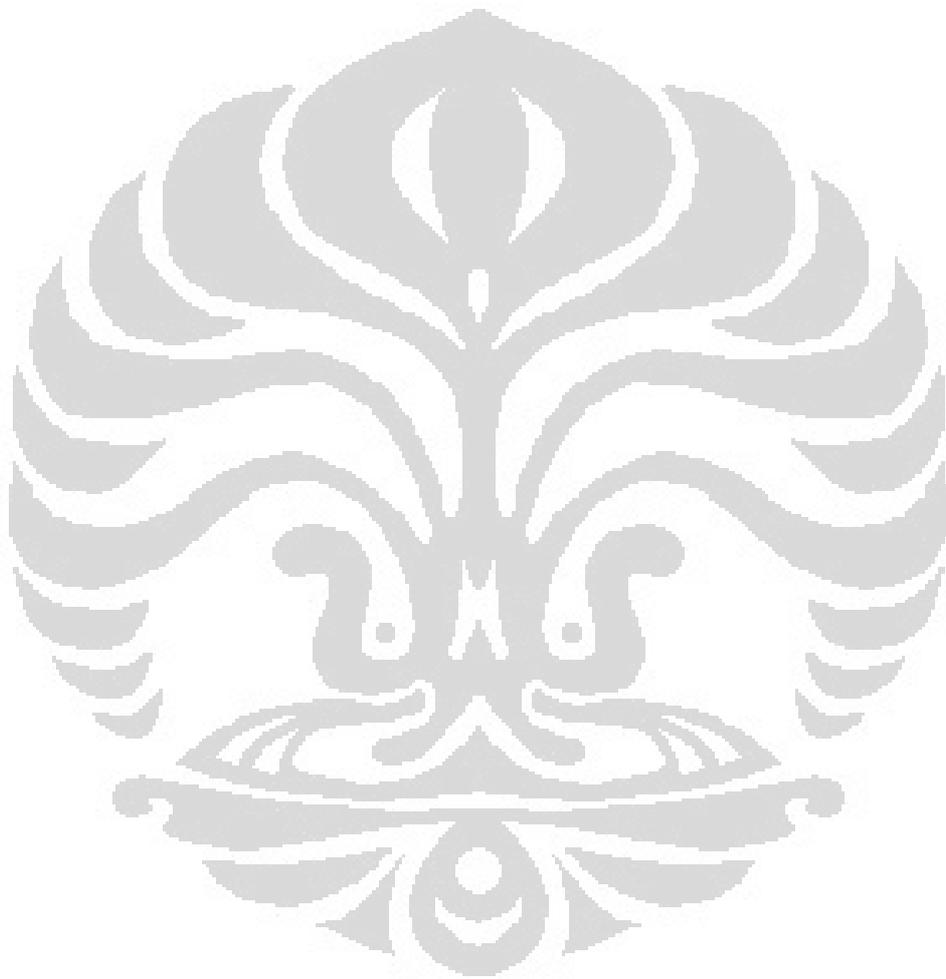
Sumber : Hasil Survei, 2005



Tabel L.2.7. Summary Efisiensi Pabrik Tekstil, Tahun 2005

Bulan	Pabrik Pemintalan (spinning)										Pabrik Pertenunan (weaving)										Pabrik Finishing										Pabrik Garmen										Pabrik Tekstil Terpadu					
	A <sub>s</sub>	B <sub>s</sub>	C <sub>s</sub>	D <sub>s</sub>	E <sub>s</sub>	F <sub>s</sub>	G <sub>s</sub>	H <sub>s</sub>	I <sub>s</sub>	A <sub>w</sub>	B <sub>w</sub>	C <sub>w</sub>	D <sub>w</sub>	E <sub>w</sub>	F <sub>w</sub>	G <sub>w</sub>	H <sub>w</sub>	A <sub>f</sub>	B <sub>f</sub>	C <sub>f</sub>	D <sub>f</sub>	E <sub>f</sub>	F <sub>f</sub>	G <sub>f</sub>	A <sub>g</sub>	B <sub>g</sub>	C <sub>g</sub>	D <sub>g</sub>	E <sub>g</sub>	F <sub>g</sub>	A <sub>t</sub>	B <sub>t</sub>	C <sub>t</sub>	D <sub>t</sub>	E <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>										
Jan	68.80	59.29	65.39	71.41	58.81	70.13	61.95	64.83	73.99	44.03	38.37	43.24	43.64	44.00	41.54	45.05	43.00	54.35	48.70	60.52	53.78	53.95	46.01	61.36	67.48	69.70	69.01	70.73	66.71	68.07	56.91	52.13	63.73	62.13	58.63	43.21										
Feb	68.63	58.95	65.36	71.23	58.97	70.36	62.02	65.84	74.16	44.49	38.65	43.42	44.02	44.06	41.86	45.13	43.20	54.67	48.82	60.68	53.87	53.97	46.01	61.59	67.23	69.77	69.05	70.82	68.62	68.26	56.81	52.12	63.63	62.26	58.73	43.57										
Mar	68.80	59.61	65.29	71.39	59.06	69.87	61.85	65.57	74.18	44.33	38.46	43.34	43.81	43.88	41.86	45.69	43.47	54.49	48.86	60.59	53.59	54.16	46.00	61.54	67.21	69.79	69.02	70.67	68.54	67.95	56.90	52.08	63.72	61.98	58.73	43.45										
Apr	68.81	59.40	65.39	71.12	59.32	69.98	61.59	65.85	74.03	44.11	38.20	43.25	43.90	44.22	41.64	45.88	43.54	54.58	48.78	60.48	53.54	54.05	45.96	61.44	67.53	69.81	69.09	70.98	68.62	67.91	56.91	52.13	63.57	62.04	58.65	43.27										
Mei	68.86	58.95	65.34	71.33	58.49	70.25	61.74	65.87	74.16	44.65	38.42	43.18	43.90	43.99	41.63	45.70	43.59	54.53	48.86	60.60	53.58	53.96	45.94	61.50	67.60	69.70	69.10	70.49	68.66	68.16	56.94	52.10	63.69	62.19	58.73	43.70										
Jun	68.78	59.55	65.29	71.40	58.97	70.12	61.95	65.59	74.30	44.53	38.40	43.10	44.10	44.30	41.45	45.79	43.67	54.61	49.01	60.57	53.67	53.78	46.01	61.51	67.51	69.77	69.15	70.76	68.68	68.17	56.89	52.07	63.73	62.12	58.80	41.54										
Jul	71.80	60.25	66.20	70.54	61.81	71.09	62.76	63.92	73.99	45.43	37.22	45.57	51.52	45.31	40.30	48.13	51.22	54.22	46.44	60.30	53.96	56.54	47.71	59.49	67.30	69.22	69.16	70.55	68.24	68.22	58.58	52.58	63.24	62.56	58.63	42.18										
Agu	71.63	59.90	66.17	70.35	61.97	71.32	62.82	64.99	74.16	45.90	37.50	45.75	52.61	45.66	39.57	48.21	51.41	54.54	46.56	60.46	54.05	54.05	56.56	47.71	59.72	67.05	69.29	69.21	70.64	68.14	68.41	58.49	52.57	63.14	62.79	58.73	42.54									
Sep	71.80	59.90	66.16	70.41	61.54	71.22	62.60	64.99	74.19	46.04	37.27	45.54	52.47	45.55	39.35	48.02	51.42	54.42	46.60	60.36	53.75	56.56	47.64	59.62	67.38	69.20	69.21	70.35	68.22	68.08	58.58	52.56	63.17	62.74	58.74	42.65										
Okt	71.81	60.51	66.08	70.54	61.93	71.06	62.76	64.70	74.35	45.51	37.25	45.41	52.62	45.87	39.15	48.12	51.56	54.57	46.76	60.37	53.84	56.38	47.71	59.62	67.41	69.27	69.31	70.56	68.30	68.35	58.59	52.52	63.24	62.65	58.83	42.24										
Nov	71.86	60.56	66.08	70.56	62.02	70.81	62.60	64.70	74.16	45.75	37.31	45.64	52.43	45.51	39.57	48.03	51.32	54.35	46.60	60.41	53.77	56.75	47.69	59.67	67.06	69.34	69.22	70.45	68.04	68.34	58.62	52.52	63.26	61.33	60.78	42.42										
Des	71.78	60.35	66.21	70.24	62.37	70.95	62.38	64.98	73.98	45.93	37.05	45.60	52.53	45.84	39.38	48.22	51.32	54.37	46.51	60.26	53.72	56.64	47.66	59.58	67.27	69.36	69.24	70.83	68.05	68.04	58.57	52.59	63.08	61.41	60.68	42.56										
Rata2	70.28	59.77	65.75	70.88	60.44	70.60	62.25	65.15	74.14	45.06	37.84	44.42	48.13	44.85	40.61	46.83	47.39	54.48	47.71	60.47	53.76	55.28	46.84	60.55	67.34	69.52	69.15	70.65	68.40	68.16	57.73	52.33	63.43	62.19	59.05	42.78										
Rata2	66,58										44,39										54,15										68,87										56,25					

Sumber: Hasil Survei, 2005



Tabel L-3.1. Nama dan Alamat Pabrik Tekstil Sampel Penelitian di Jabodetabek

No.	Nama Perusahaan	Jenis Pabrik	Alamat
1	PT. Century Textile (*)	1. Pemintalan 2. Pertenunan 3. <i>Finishing</i>	Jl. Raya Bogor Ciracas, Jakarta Timur.
2	PT. SCTI (*)	4. Pemintalan 5. Pertenunan 6. Penyempurnaan	Jl. Raya Bogor Ciracas Jakarta Timur
3	PT. Istana M.	7. Garmen	Jl. Kapuk Indah Jakarta Utara.
4	PT. Busana Perkasa	8. Garmen	Jl. Raya Kedung Halang Bogor.
5	PT. Jacolintex	9. Garmen	Jl. Musyawarah, Pangkalan Jati, Depok
6	PT. Buana Kualitasindo	10. Garmen	Jl. Anggrek Jagakarsa, Depok.
7	PT. Lucky Abadi (*)	11. Pemintalan 12. Pertenunan 13. <i>Finishing</i>	Jl. Raya Bogor Cimanggis Depok.
8	PT. Argopantes (*)	14. Pemintalan 15. Pertenunan 16. <i>Finishing</i>	Jl. MH. Thamrin - Cikokol, Tangerang.
9	PT. Actem	17. Pemintalan	Jl. M. Toha Pasar Baru Tangerang.
10	PT. ISTEM (*)	18. Pemintalan 19. Pertenunan 20. <i>Finishing</i>	Jl. Moh Toha, Pasar Baru Tangerang.
11	PT. Budi Texindo	21. Peminan	Jl. Pamarayan Tangerang.
12	PT. Indobauhinia	22. Garmen	Jl. Imam Bonjol Bojong Larang Tangerang.
13	PT. Kumatex	23. Pemintalan 24. Pertenunan	Jl. MH. Thamrin - Cikokol, Tangerang
14	PT. Shinta Budhrani	25. Pertenunan 26. Penyempurnaan	HOS. Cokroaminoto, Bekasi.
15	PT. Bhineka Karya (*)	27. Pemintalan 28. Pertenunan 29. <i>Finishing</i>	Desa walahar, Bekasi Timur.
16	PT. Hanson Industri	30. Garmen	Jl. Raya Bekasi.

Keterangan

(\*) = Pabrik Tekstil Terpadu (*Integrated Textile Mills*)

**Tabel L-3.1.** Jenis Tumbuhan Penghasil Bahan Warna Alami Untuk Tekstil

No.	Nama Latin	Nama Tumbuhan	Warna yang dihasilkan	Bagian Tumbuhan yang Mengandung Pewarna	Budidaya
1	<i>Ananas comosus</i>	Nanas	Merah untuk Batik	Buah	Tunas
2	<i>Areca catechu</i>	Pinang	Merah anggur	Biji, buah muda	Biji
3	<i>Arenga Pinnata (wurmb) merr</i>	Aren	Cokelat	Nira	Biji
4	<i>Barberusfortunei lindl</i>	Soga	Kuning untuk Batik	Akar dan batang	Biji
5	<i>Curcuma Domestica Val.</i>	Kunyit	Kuning	Rimpang	Tunas muda
6	<i>Curcuma longa</i>	Bayam merah	Merah agar-agar	Daun	Biji
7	-	Jarak	Hujau pada batik	Daun	Biji
8	<i>Iresine herbstii hook</i>	Merah		Daun	-
9	<i>Rinicus communis</i>	Jati	Cokelat merah	Daun muda	-
10	<i>Tectona grand linn</i>	Jati	Cokelat merah	Daun muda	-
11	<input type="checkbox"/> <i>Thea Assamica</i> <input type="checkbox"/> <i>Thea Hibride</i> <input type="checkbox"/> <i>Thea Sinensis</i>	Teh	Cokelat	Daun	Tanaman perdu
12	<i>Psidium guajava Linn</i>	Jambu Biji	Abu-abu kecoklatan	Daun	Tanaman perdu
13	<i>Cocos Nucifera L.</i>	Ekstrak Sabut Kelapa	Jingga sampai cokelat	Serabut kulit	Tunas
14	<i>Caesalpinia Ceace</i>	Ekstrak Kayu Secang	Cokelat tua dan merah	Kayu	Tanaman perdu
15	<i>Artocarpus Integra</i>	Ekstrak kayu Nangka	Coklat kekuningan, kuning muda, warna kulit	Kayu	-
16	<i>Morinda Citrifolia Linn</i>	Ekstrak Kulit Akar Mengkudu	Cokelat muda merah, warna kulit.	Akar	Tanaman perdu

Sumber : [http://www.plh-smk.or.id/jasa\\_pewarna.html](http://www.plh-smk.or.id/jasa_pewarna.html), dan berbagai sumber lainnya.

### Benchmark Unsur-unsur Ekoefisiensi

Benchmark unsur-unsur ekoefisiensi menggunakan bobot maksimum dan minimum yang diberikan oleh pakar melalui proses permintaan pendapat pakar (*expert judgment*). Berikut ini disajikan hasil angket yang diajukan kepada para pakar (sebanyak 30 pakar yang terdiri dari ahli tekstil, ahli lingkungan, dan LSM bidang industri dan lingkungan).

#### 1. Analisa dan Pembahasan Jawaban Angket

Jawaban pertanyaan angket yang diberikan oleh pakar industri tekstil, pakar lingkungan dan LSM industri dan lingkungan terhadap jenis dan bentuk penggunaan sumber daya alam pada pabrik tekstil (kuesioner pada Lampiran-1) dimasukkan ke dalam tabulasi berikut.

**Tabel L-4.1** Tabulasi Jawaban Angket Pemberian Bobot

No. Responden	Keahlian Responden	Nilai Bobot Jenis/Bentuk Penggunaan SDA										
		RR	mbRR	NRR	mbNRR	dgm	logam	efen	efair	efkanjl	efzw	efzk
1	Lingkungan	10.00	3.00	2.00	1.00	10.00	4.00	10.00	10.00	4.00	5.00	5.00
2	Lingkungan	10.00	2.00	1.00	1.00	10.00	4.00	10.00	10.00	4.00	5.00	5.00
3	Lingkungan	8.00	3.00	2.00	2.00	8.00	3.00	9.00	8.00	1.00	2.00	2.00
4	Tekstil	9.00	2.00	3.00	2.00	8.00	1.00	8.00	8.00	2.00	3.00	3.00
5	Tekstil	10.00	3.00	4.00	2.00	9.00	3.00	7.00	8.00	2.00	4.00	4.00
6	Tekstil	10.00	3.00	5.00	2.00	10.00	3.00	10.00	10.00	3.00	4.00	4.00
7	Tekstil	10.00	3.00	4.00	2.00	8.00	4.00	8.00	8.00	3.00	4.00	4.00
8	Lingkungan	10.00	3.00	2.00	2.00	9.00	4.00	10.00	8.00	4.00	5.00	5.00
9	Tekstil	10.00	2.00	3.00	2.00	8.00	4.00	10.00	10.00	2.00	4.00	4.00
10	LSM	10.00	2.00	1.00	1.00	10.00	4.00	10.00	10.00	4.00	5.00	5.00
11	Lingkungan	8.00	3.00	2.00	2.00	8.00	3.00	9.00	8.00	1.00	3.00	3.00
12	Lingkungan	9.00	2.00	3.00	1.00	8.00	2.00	8.00	8.00	4.00	3.00	3.00
13	Lingkungan	10.00	3.00	3.00	2.00	9.00	1.00	7.00	6.00	1.00	4.00	4.00
14	Lingkungan	10.00	3.00	5.00	2.00	10.00	4.00	10.00	10.00	2.00	4.00	4.00
15	Lingkungan	10.00	3.00	3.00	2.00	8.00	4.00	8.00	9.00	2.00	4.00	4.00
16	LSM	9.00	2.00	2.00	1.00	8.00	3.00	6.00	9.00	1.00	3.00	3.00
17	LSM	10.00	2.00	5.00	2.00	10.00	4.00	10.00	10.00	2.00	4.00	4.00
18	LSM	8.00	3.00	5.00	1.00	7.00	3.00	8.00	8.00	3.00	3.00	3.00
19	Lingkungan	8.00	2.00	3.00	1.00	7.00	3.00	8.00	9.00	2.00	2.00	2.00
20	Lingkungan	9.00	2.00	4.00	1.00	8.00	3.00	8.00	9.00	3.00	5.00	5.00
21	Tekstil	8.00	2.00	3.00	2.00	8.00	2.00	7.00	9.00	4.00	4.00	4.00
22	Tekstil	10.00	3.00	3.00	2.00	8.00	4.00	7.00	8.00	4.00	5.00	5.00
23	Tekstil	10.00	3.00	4.00	2.00	8.00	2.00	9.00	8.00	3.00	4.00	4.00
24	Tekstil	8.00	2.00	4.00	2.00	7.00	4.00	8.00	9.00	3.00	4.00	4.00
25	Tekstil	10.00	3.00	3.00	1.00	7.00	4.00	9.00	8.00	3.00	4.00	4.00
26	Tekstil	9.00	2.00	2.00	1.00	7.00	2.00	8.00	8.00	3.00	2.00	2.00
27	Tekstil	8.00	2.00	3.00	2.00	8.00	3.00	7.00	8.00	4.00	5.00	5.00
28	Tekstil	8.00	2.00	4.00	2.00	8.00	4.00	10.00	8.00	3.00	2.00	2.00
29	Tekstil	9.00	3.00	3.00	1.00	7.00	2.00	8.00	8.00	4.00	5.00	5.00

30	Tekstil	10.00	3.00	3.00	1.00	7.00	4.00	9.00	8.00	4.00	5.00	5.00
----	---------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Keterangan:

- RR : Persentase kandungan/penggunaan bahan baku utama dalam produk jenis *renewable*  
 mbRR : Persentase kandungan/penggunaan bahan baku pembantu dalam produk jenis *renewable*  
 NRR : Persentase kandungan/penggunaan bahan baku utama dalam produk jenis non *renewable*  
 mbNRR : Persentase kandungan/penggunaan bahan baku pembantu dalam produk jenis non *renewable*  
 dgm : Persentase kandungan/penggunaan bahan baku pembantu berupa material logam dalam produk garmen  
 logam : Efisiensi penggunaan material bahan baku utama dan bahan pembantu pada proses produksi  
 $\eta_{en}$  : Efisiensi penggunaan energi  
 $\eta_{ai}$  : Efisiensi penggunaan air  
 $\eta_{kanji}$  : Efisiensi penggunaan kanji  
 $\eta_{zw}$  : Efisiensi penggunaan zat warna  
 $\eta_{zk}$  : Efisiensi penggunaan zat kimia

**Tabel L-4.2** Modus Bobot dari Pakar dan Bobot Peneliti

No.	Aspek Penggunaan Sumber Daya	Bobot		
		Modus Pakar <sup>*)</sup>	Peneliti <sup>**)</sup>	Gabungan <sup>***)</sup>
1	RR	10	10	10
2	mbRR	3	2	2,5
3	NRR	3	5	4
4	mbNRR	2	1	1,5
5	Dgm	8	10	9
6	Logam	4	1	2,5
7	Ef.en	8	10	9
8	Ef.air	8	10	9
9	Ef.kanji	4	5	4,5
10	Ef.zw	4	5	4,5
11	Ef.zk	4	10	7

Keterangan:

<sup>\*)</sup> Berasal dari Modus pada Tabel L-4.1

<sup>\*\*)</sup> Berasal dari Tabel 4.6

<sup>\*\*\*)</sup> Berasal dari gabungan (Bobot Pakar + Bobot Peneliti)/2

**Tabel L-4.3** Deskripsi Data Jawaban Responder (Ahli Tekstil, Ahli Lingkungan dan LSM) Dalam Memberikan Bobot Atas Penggunaan Sumber Daya Pada Industri/Pabrik Tekstil Tahun 2007

## Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Material RR	30	9.2667	.86834	8.00	10.00
Material Bantu RR	30	2.5333	.50742	2.00	3.00
Material NRR	30	3.1333	1.10589	1.00	5.00
Material Bantu NRR	30	1.5667	.56832	1.00	2.00
Daya Guna Material	30	8.2667	1.04826	7.00	10.00
Material Logam	30	3.1667	.94989	1.00	4.00
Efisiensi Energi	30	8.5333	1.19578	6.00	10.00
Efisiensi Air	30	8.6000	.96847	6.00	10.00
Efisiensi Kanji	30	2.8333	1.05318	1.00	4.00
Efisiensi Zat Warna	30	3.8667	1.00801	2.00	5.00
Efisiensi Zat Kimia	30	3.8667	1.00801	2.00	5.00

**Tabel L-4.4** Rata-rata Peringkat Pendapat Para Ahli Tekstil, Ahli Lingkungan dan LSM (Kendall's W Test) Dalam Memberikan Bobot Atas Penggunaan Sumber Daya Pada Pabrik Tekstil Tahun 2007

## Ranks

	Mean Rank
Material RR	10.20
Material Bantu RR	3.10
Material NRR	4.37
Material Bantu NRR	1.58
Daya Guna Material	8.92
Material Logam	4.30
Efisiensi Energi	9.38
Efisiensi Air	9.50
Efisiensi Kanji	3.48
Efisiensi Zat Warna	5.58
Efisiensi Zat Kimia	5.58

**Tabel L-4.5** Uji Kesamaan Pendapat (Kendall's W Test) Dalam Memberikan Bobot Atas Penggunaan Sumber Daya Pada Pabrik Tekstil Tahun 2007

## Test Statistics

N	30
Kendall's W <sup>a</sup>	.860
Chi-Square	257.960
df	10
Asymp. Sig.	.000

a. Kendall's Coefficient of Concordance

## 2. Analisis Statistik

Hipotesis

$H_0$  = Tidak ada kesamaan pendapat di antara para ahli tekstil, ahli lingkungan dan LSM dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada industri/pabrik tekstil.

$H_a$  = Ada kesamaan pendapat di antara para ahli tekstil, ahli lingkungan dan LSM dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada industri/pabrik tekstil.

Pengambilan Keputusan:

Dengan membandingkan Angka Statistik Hitung dengan Angka Statistik Tabel;

- Jika Angka Statistik Hitung > Angka Statistik Tabel, maka hipotesis  $H_0$  ditolak.
- Jika Angka Statistik Hitung < Angka Statistik Tabel, maka hipotesis  $H_0$  diterima.

Dari Tabel 34 tentang uji kesamaan pendapat para ahli tekstil, ahli lingkungan dan LSM (metode Kendall's W) dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada industri/pabrik tekstil, diperoleh angka statistik hitung Kendall's W sebesar 0,860.

Angka statistik hitung diperoleh dengan cara penghitungan metode Chi-Square adalah sebagai berikut;

$$\chi^2 = [m(n-1)] * W$$

dimana; m adalah jumlah responden sebanyak 30 orang dan n adalah 11 (atribut), maka:

$$\chi^2 = [30 * (11-1)] * 0,860 = 258,00$$

Jadi, angka statistik hitung adalah sebesar 258 atau pada tabel L-5.20 angka statistik hitung adalah sebesar 257,96.

Angka statistik tabel diperoleh dengan cara melihat tabel Chi-Square dengan df (derajat kebebasan) =  $k - 1 = 11 - 1 = 10$  dan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) = 5%, maka didapatkan angka statistik tabel = 18,31.

## 3. Keputusan

Oleh karena angka statistik hitung > angka statistik tabel, maka  $H_0$  ditolak. Dengan demikian maka terdapat/ada kesamaan pendapat di antara para ahli tekstil dan ahli lingkungan dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada industri/pabrik tekstil.

Berdasarkan Probabilitas:

- Jika Probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak
- Jika Probabilitas > 0,05,  $H_0$  diterima

Oleh karena angka probabilitas (0,000) < 0,05, maka  $H_0$  ditolak. Dengan demikian maka terdapat kesamaan pendapat di antara para ahli tekstil, ahli lingkungan dan LSM dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada pabrik tekstil.

#### 4. Simulasi Nilai Ekoefisiensi Menggunakan Bobot yang Diberikan Pakar

##### 4.1. Simulasi dengan Bobot Minimum yang Diberikan oleh Pakar

Tabel L-4.6 Bobot Minimum Faktor Ekoefisiensi (Pakar)

No.	Faktor Ekoefisiensi	Notasi	Nilai Bobot Ekoefisiensi				
			Spinning	Weaving	Finishing	Garmen	Terpadu
1	Penggunaan material RR	$B_1$	8	8	8	8	8
2	Penggunaan material bantu RR	$B_2$	2	2	2	2	2
3	Penggunaan material NRR	$B_3$	1	1	1	1	1
4	Penggunaan material bantu NRR	$B_4$	1	1	1	1	1
5	Dayaguna materi	$B_5$	7	7	7	7	7
6	Penggunaan material bantu logam	$B_6$				1	
7	Efisiensi penggunaan energi	$B_7$	6	6	6	6	6
8	Efisiensi penggunaan air	$B_8$		6	6		6
9	Efisiensi penggunaan kanji	$B_9$		1			1
10	Efisiensi penggunaan zat warna	$B_{10}$			2		2
11	Efisiensi penggunaan zat kimia	$B_{11}$			2		2
$\sum_{i=1}^{11} B_i$			24	31	34	25	35

$$eco\ efficiency = \frac{(RR * B) + (mRR * B) + (NRR * B) + (mNRR * B) + (Dgm * B) + (Logam * B) + (Efcn * B) + (Efa) * B + (Efk) * B + (Efw) * B + (Efk) * B}{\sum_{i=1}^{11} B_i} = \%$$

Spinning:

$$eco - spinning = \frac{(49,83 * 8) + (2,87 * 2) + (47,25 * 1) + (0,06 * 1) + (93,44 * 7) + (85,54 * 6)}{24} = 67,46\%$$

Weaving:

$$eco - weaving = \frac{(43,96 * 8) + (0,1 * 2) + (55,81 * 1) + (0,13 * 1) + (37,03 * 7) + (84,84 * 6) + (41,5 * 6) + (0,03 * 1)}{31} = 45,97\%$$

Finishing:

$$eco - finishing = \frac{(30,66 * 8) + (2,8 * 2) + (65,87 * 1) + (1,27 * 1) + (58,29 * 7) + (83,54 * 6) + (38,36 * 6) + (64,47 * 2) + (64,17 * 2)}{34} = 50,45\%$$

Garment:

$$eco - garmen = \frac{(85,46 * 8) + (0,43 * 2) + (9,67 * 1) + (2,12 * 1) + (94,88 * 7) + (82,94 * 6) + (1,79 * 1)}{25} = 74,39\%$$

Terpadu:

$$eco\ terpadu = \frac{(74,36 * 8) + (2,91 * 2) + (22,66 * 1) + (0,07 * 1) + (83,11 * 7) + (86,25 * 6) + (36,56 * 6) + (0,03 * 1) + (60,22 * 2) + (60,22 * 2)}{35} = 62,37\%$$

## 4.2. Simulasi dengan Bobot Maksimum yang Diberikan oleh Pakar

**Tabel L-4.7** Bobot Maksimum Faktor Ekoefisiensi (Pakar)

No.	Faktor Ekoefisiensi	Notasi	Nilai Bobot Ekoefisiensi				
			Spinning	Weaving	Finishing	Garmen	Terpadu
1	Penggunaan material RR	B <sub>1</sub>	10	10	10	10	10
2	Penggunaan material bantu RR	B <sub>2</sub>	3	3	3	3	3
3	Penggunaan material NRR	B <sub>3</sub>	5	5	5	5	5
4	Penggunaan material bantu NRR	B <sub>4</sub>	2	2	2	2	2
5	Dayaguna materi	B <sub>5</sub>	10	10	10	10	10
6	Penggunaan material bantu logam	B <sub>6</sub>				4	
7	Efisiensi penggunaan energi	B <sub>7</sub>	10	10	10	10	10
8	Efisiensi penggunaan air	B <sub>8</sub>		10	10		10
9	Efisiensi penggunaan kanji	B <sub>9</sub>		4			4
10	Efisiensi penggunaan zat warna	B <sub>10</sub>			5		5
11	Efisiensi penggunaan zat kimia	B <sub>11</sub>			5		5
$\sum_{i=1}^n B_i$			40	54	60	44	64

Spinning:

$$eco - spinning = \frac{(49,83 * 10) + (2,87 * 3) + (47,25 * 5) + (0,06 * 2) + (93,44 * 10) + (85,54 * 10)}{40} = 63,33\%$$

Weaving:

$$eco - weaving = \frac{(43,96 * 10) + (0,1 * 3) + (55,81 * 5) + (0,13 * 2) + (37,03 * 10) + (84,84 * 10) + (41,5 * 10) + (0,03 * 4)}{54} = 43,57\%$$

Finishing:

$$eco - finishing = \frac{(30,66 * 10) + (2,8 * 3) + (65,87 * 5) + (1,27 * 2) + (58,29 * 10) + (83,54 * 10) + (38,36 * 10) + (64,47 * 5) + (64,47 * 5)}{60} = 51,55\%$$

Garment:

$$eco - garmen = \frac{(85,46 * 10) + (0,43 * 3) + (9,67 * 5) + (2,12 * 2) + (94,88 * 10) + (82,94 * 4) + (1,79 * 10)}{44} = 50,16\%$$

Terpadu:

$$eco - terpadu = \frac{(74,36 * 10) + (2,91 * 3) + (22,66 * 5) + (0,07 * 2) + (83,11 * 10) + (86,25 * 10) + (36,56 * 10) + (0,03 * 4) + (60,22 * 5) + (60,22 * 5)}{64} = 55,11\%$$

Berdasarkan hasil penghitungan nilai ekoefisiensi yang mengacu pada nilai bobot maksimum dan minimum yang diberikan oleh para pakar maka *benchmark* ekoefisiensi pabrik tekstil adalah sebagai berikut.

**Tabel L-4.8** *Benchmark* Nilai Ekoefisiensi Dengan Pembobotan Oleh Pakar

No.	Jenis Pabrik Tekstil	Bobot Minimum	Bobot Maksimum
1	Pemintalan	67,46	63,33
2	Pertenunan	45,97	43,57
3	Finishing	50,45	51,55
4	Garmen	74,39	50,16
5	Terpadu	62,37	55,11

## 4.3. Hasil Simulasi Pemberian Bobot Yang Dipakai Peneliti

**Tabel L-4.9** Bobot Faktor Ekoefisiensi (Peneliti)

No.	Faktor Ekoefisiensi	Notasi	Nilai Bobot Ekoefisiensi				
			Spinning	Weaving	Finishing	Garmen	Terpadu
1	Penggunaan material RR	B <sub>1</sub>	10	10	10	10	10
2	Penggunaan material bantu RR	B <sub>2</sub>	2	2	2	2	2
3	Penggunaan material NRR	B <sub>3</sub>	5	5	5	5	5
4	Penggunaan material bantu NRR	B <sub>4</sub>	1	1	1	1	1
5	Dayaguna materi	B <sub>5</sub>	10	10	10	10	10
6	Penggunaan material bantu logam	B <sub>6</sub>				1	
7	Efisiensi penggunaan energi	B <sub>7</sub>	10	10	10	10	10
8	Efisiensi penggunaan air	B <sub>8</sub>		10	10		10
9	Efisiensi penggunaan kanji	B <sub>9</sub>		5			5
10	Efisiensi penggunaan zat warna	B <sub>10</sub>			5		5
11	Efisiensi penggunaan zat kimia	B <sub>11</sub>			10		10
$\sum_{i=1}^{11} B$			38	53	63	39	68

**5. Perbandingan Antara Bobot dari Pakar dan Bobot dari Peneliti**

Untuk mengetahui keselarasan atau kesesuaian antara bobot yang diberikan pakar terhadap penggunaan materi dan energi pada pabrik tekstil dengan bobot yang diberikan oleh peneliti, maka berikut ini disajikan analisis statistik metode Kendall's (uji konkordansi).

**Tabel L-4.10** Deskripsi Data Bobot dari Pakar dan Bobot dari Peneliti

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Bobot Pakar	11	5.9809	2.97310	1.58	10.00
Bobot Peneliti	11	6.2727	3.84944	1.00	10.00

**Tabel L-4.11** Uji Kesamaan Pendapat (*Kendall's W Test*) Antara Pakar dan Peneliti Dalam Memberikan Bobot Atas Penggunaan Sumber Daya Pada Pabrik Tekstil

Test Statistics	
N	11
Kendall's W <sup>a</sup>	.036
Chi-Square	.400
df	1
Asymp. Sig.	.527

a. Kendall's Coefficient of Concordance

### Analisis Statistik

#### Hipotesis

$H_0$  = Tidak ada kesamaan pendapat di antara pakar dan peneliti dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada pabrik tekstil.

$H_a$  = Ada kesamaan pendapat di antara pakar dan peneliti dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada pabrik tekstil.

#### Pengambilan Keputusan:

##### Berdasarkan Probabilitas:

- Jika Probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak
- Jika Probabilitas > 0,05,  $H_0$  diterima

#### Keputusan:

Oleh karena angka probabilitas (0,527) > 0,05, maka  $H_0$  diterima. Dengan demikian maka tidak terdapat kesamaan pendapat di antara pakar dan peneliti dalam memberikan bobot atas penggunaan sumber daya pada pabrik tekstil.

## Kondisi Ideal Ekoefisiensi

Kondisi ideal nilai ekoefisiensi dapat ditinjau dari standar penggunaan material dan energi pada proses produksi, baik standard yang ditetapkan oleh pabrik tekstil itu sendiri, standard asosiasi maupun standard nasional industri (SNI) dan standard internasional. Sebagai contoh; proporsi campuran antara serat polyester dan serat cotton untuk pemasaran di Indonesia ditetapkan oleh SNI sebesar 65/35. standard penggunaan energi untuk pabrik pemintalan antara 90 – 95% dan lain sebagainya. Berikut ini adalah kondisi ideal penggunaan material bahan baku dan energi untuk produksi tekstil yang diadopsi dari berbagai sumber di pabrik tekstil di wilayah Jabodetabek.

**Tabel L-4.12** Standar Penggunaan Material Bahan Baku dan Energi

Jenis Pabrik	Standard Penggunaan Material Bahan Baku dan Energi (dalam %)											
	RR <sup>*)</sup>	mbRR <sup>**)</sup>	NRR <sup>*)</sup>	mbNRR <sup>**)</sup>	dgm <sup>*)</sup>	logam <sup>*)</sup>	efen <sup>*)</sup>	efair <sup>*)</sup>	efkanji <sup>*)</sup>	efzw <sup>*)</sup>	efzk <sup>*)</sup>	
Spinning	65	1	35	0,05	95	0	95	0	0	0	0	
Weaving	65	1	35	0,5	95	0	95	90	80	0	0	
Finishing	65	1	35	0,5	95	0	95	90	0	75	75	
Garmen	65	2	35	1	85	0	90	0	0	0	0	
Terpadu	65	1	35	0,05	95	0	95	90	80	75	75	

Sumber: <sup>\*)</sup> Standar Nasional Indonesia (1995)

<sup>\*\*)</sup> Standar Asosiasi Pabrik Tekstil (2007)

Data pada table **L-4.12** mengenai standard penggunaan material bahan baku dan energi dimasukkan ke dalam formula ekoefisiensi pabrik tekstil menggunakan bobot factor ekoefisiensi pada **Tabel 4.6** sehingga menghasilkan nilai ekoefisiensi sebagai berikut:

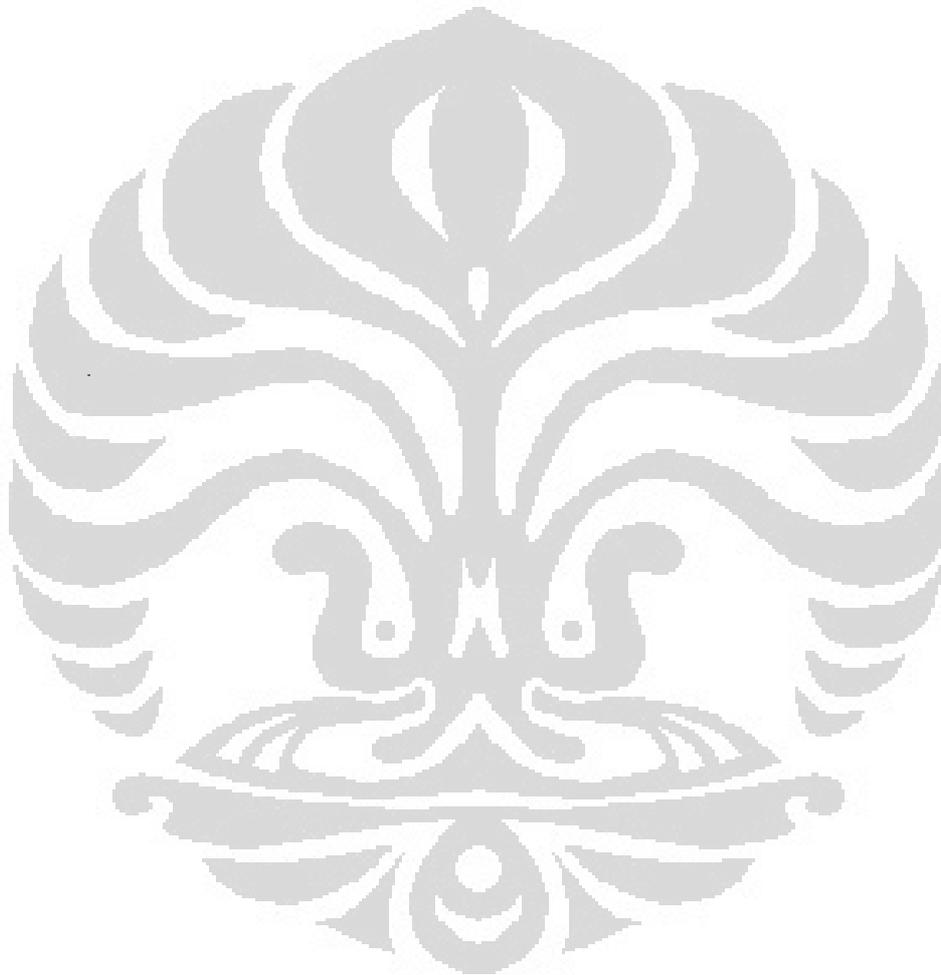
$$eco_{spinning} = \frac{(65 * 10) + (1 * 2) + (35 * 5) + (0,05 * 1) + (95 * 10) + (95 * 10)}{38} = 71,76\%$$

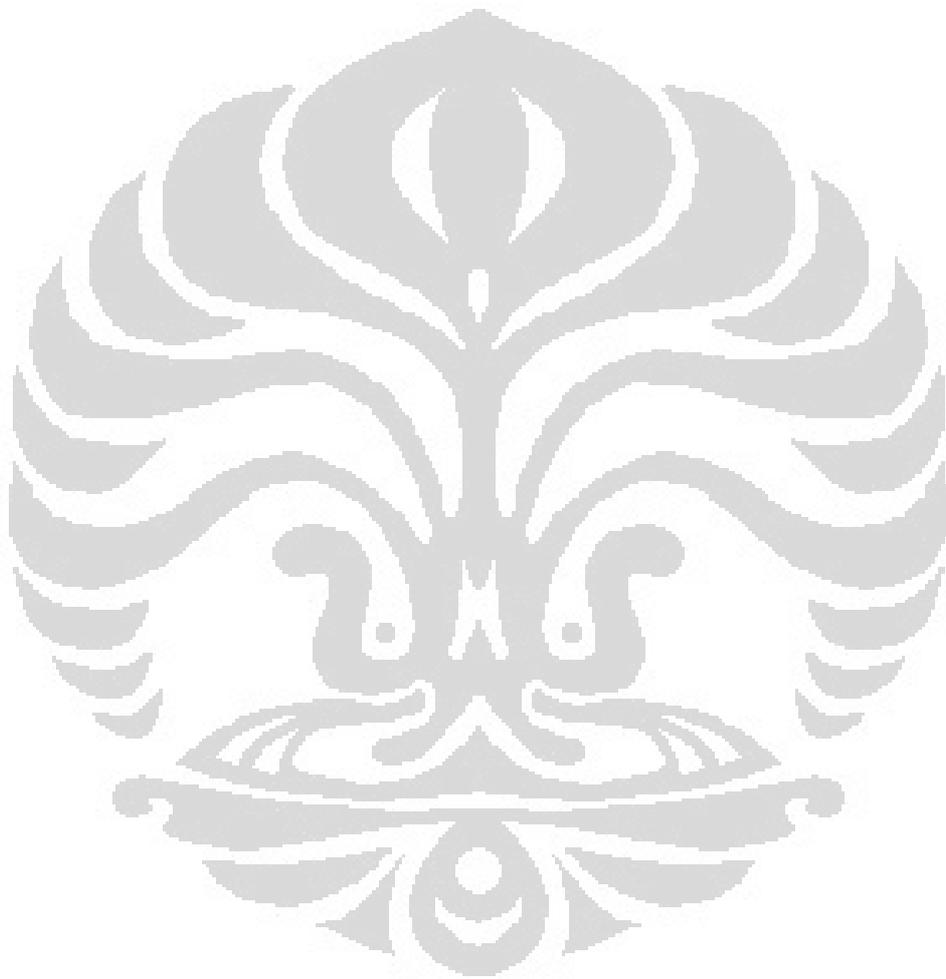
$$eco - weaving = \frac{(65 * 10) + (1 * 2) + (35 * 5) + (0,5 * 1) + (95 * 10) + (95 * 10) + (80 * 5) + (90 * 10)}{53} = 75,99\%$$

$$eco - finishing = \frac{(65 * 10) + (1 * 2) + (35 * 5) + (0,5 * 1) + (95 * 10) + (95 * 10) + (90 * 10) + (75 * 5) + (75 * 10)}{63} = 75,43\%$$

$$eco - garmen = \frac{(65 * 10) + (2 * 2) + (35 * 5) + (1 * 1) + (0 * 1) + (85 * 10) + (90 * 10)}{39} = 66,15\%$$

$$eco - terpadu = \frac{(65 * 10) + (1 * 2) + (35 * 5) + (0,05 * 1) + (95 * 10) + (95 * 10) + (80 * 5) + (90 * 10) + (75 * 5) + (75 * 10)}{68} = 75,76\%$$





## I. Volume Produksi Tekstil Sintetik Indonesia



Sumber:

1. Departemen perindustrian, 2006
2. Asosiasi Pertekstilan Indonesia, 2007
3. Wie, 2002

## II. Pencemaran Oleh Kegiatan Pabrik Tekstil di Jawa Barat Tahun 2005



**BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN HIDUP DAERAH (BPLHD)  
PROVINSI JAWA BARAT**

Jl. Naripan 25, Tlp. 022 423 1570, 420 4871, Fax 022 423 1570  
Kotak Pos 1117, Kode Pos 40111, E-Mail : bplhdjabar@bdg.centrin.net.id

**STATUS MUTU AIR LIMBAH**

NAMA PERUSAHAAN : PT. SINAR MAKIN MULYA  
 ALAMAT : Jl. Baros No. 9  
 KECAMATAN : Cimahi Selatan  
 KAB/KOTA : Kota Cimahi  
 KODE POS :  
 PROPINSI : Prov. Jawa Barat  
 GPS :  
 TELEPON : 022-6629672/ 022-6629675  
 KONTAK : Tono/Agusnandi  
 JENIS INDUSTRI : INDUSTRI TEKSTIL PENYELUPAN (DYING)  
 DAS : CITARUM  
 PERIODE : Tahun 2005

KODE	PARAMETER	SATUAN	KADAR	BAKUMUTU KADAR	BEBAN	BAKUMUTU BEBAN
P002	Zat Padat Tesuspensi (TSS)	mg/L	97.583	Tidak Memenuhi BM	4.974	Tidak Memenuhi BM
P004	pH	-	7.9	Memenuhi BM		
P005	BOD	mg/L	168.2	Tidak Memenuhi BM	8.574	Tidak Memenuhi BM
P006	COD	mg/L	499.633	Tidak Memenuhi BM	25.469	Tidak Memenuhi BM
P009	Ammonia Total (NH3-N)	mg/L	5.363	Tidak Memenuhi BM	0.273	Tidak Memenuhi BM
P017	Sulfida (S)	mg/L	0.451	Tidak Memenuhi BM	0.023	Tidak Memenuhi BM
P019	Minyak dan Lemak	mg/L	8	Tidak Memenuhi BM	0.408	Tidak Memenuhi BM
P024	Phenol Total	mg/L	0.593	Tidak Memenuhi BM	0.03	Tidak Memenuhi BM
P033	Kromium Total (Cr)	mg/l	0.02	Memenuhi BM	0.001	Memenuhi BM
	DEBIT	m3/ton	50.976	Tidak Memenuhi BM		

### III. Harga Minyak Mentah dan Material Produksi Tekstil Dunia

**Tabel L-5.1** Harga Minyak Mentah dan Jumlah Produksi Tekstil Dunia (1983-2007)

No.	Tahun	Harga Minyak Mentah Dunia* (US\$/barrel)	Material Produksi Tekstil Dunia** (thousand tons)			
			Cotton	Wool	Synthetic Fiber	Artificial Fiber
1	1983	28.34	17.875	1.741	12.259	2.950
2	1984	29.93	18.281	1.934	12.126	2.531
3	1985	25.07	17.383	1.744	13.145	3.223
4	1986	25.95	15.339	1.789	13.684	3.184
5	1987	18.04	17.670	1.832	14.475	3.231
6	1988	17.62	19.366	1.886	15.244	3.286
7	1989	17.49	17.431	1.955	15.718	3.284
8	1990	20.56	18.997	1.927	16.006	3.145
9	1991	17.43	20.793	1.735	16.381	2.897
10	1992	17.51	18.101	1.674	17.046	2.737
11	1993	17.48	16.673	1.633	17.249	2.752
12	1994	16.06	18.982	1.544	19.125	2.863
13	1995	17.40	19.230	1.465	20.159	3.040
14	1996	20.33	19.604	1.448	21.289	2.802
15	1997	19.05	20.018	1.440	24.884	2.314
16	1998	12.33	19.308	1.405	25.635	2.185
17	1999	17.60	18.886	1.391	26.057	2.213
18	2000	28.83	18.263	1.362	26.880	2.431
19	2001	23.99	17.847	1.004	27.769	2.818
20	2002	25.11	15.542	1.013	30.426	3.046
21	2003	29.04	13.001	0.978	32.901	3.558
22	2004	36.58	12.679	0.962	34.426	3.972
23	2005	53.07	11.930	0.933	39.624	4.032
24	2006	64,23	10.112	0.899	41.149	4.155
25	2007	94,50	-	-	-	-

Sumber: \* *Crude Oil Price, 2008. [www.oilenergy.com](http://www.oilenergy.com)*

\*\* *Textile fibre world production (thousand tons), 2007. [www.acimid.com](http://www.acimid.com)*

## IV. PROPER Pabrik Tekstil Tahun 2005

Tabel L-5.2 Daftar Pabrik Tekstil Hasil Penilaian PROPER Tahun 2005

No.	Nama dan Alamat Pabrik Tekstil	Peringkat
1	PT. Nippon Shokubai Indonesia, Tbk (Cilegon-Banten)	Hijau
2	<b>PT. Centex (Ciracas-Jakarta Timur)</b>	<b>Biru<sup>*)</sup></b>
3	PT. Adetex-1 (Arjasari-Bandung)	Biru
4	PT. Daliatex Kusuma (Dayeuh Kolot-Bandung)	Biru
5	PT. Indorama Synthetic, Tbk (Batujajar-Bandung)	Biru
6	PT. Indorama Synthetic, Tbk (Purwakara-Jawa Barat)	Biru
7	PT. Polyfin Canggih (Sumedang-Jawa Barat)	Biru
8	PT. Bintang Agung (Ujung Berung-Bandung)	Biru
9	<b>PT. Bhineka Karya Manunggal (Bekasi Jawa Barat)</b>	<b>Biru<sup>*)</sup></b>
10	PT. Unitex (Bogor)	Biru
11	PT. Apac Inti Corpora (Semarang)	Biru
12	PT. Sri Rezeki Isman Textile (Sukoharjo-Jawa Tengah)	Biru
13	PT. Mermaid Textile (Mojokerto-Jawa Timur)	Biru
14	PT. Primatexco (Batang-Jawa Timur)	Biru
15	PT. Indobharat Rayon (Purwakarta)	Biru
16	PT. Insan Sandang Internusa (Sumedang-Jawa Barat)	Merah
17	PT. Wiska (Sumedang-Jawa Barat)	Merah
18	PT. Grandtex (Cicadas Bandung)	Merah
19	PT. Pismatex (Pekalongan Jabar)	Merah
20	PT. Tiga Manunggal Synthetic Industry (Salatiga-Jateng)	Merah
21	PT. Danliris (Sukoharjo-Jateng)	Merah
22	PT. Tyfbuntex (Sukoharjo-Jateng)	Merah
23	<b>PT. Argo Pantex (Tangerang)</b>	<b>Merah<sup>*)</sup></b>
24	<b>PT. SCTI (Ciracas Jakarta Timur)</b>	<b>Merah<sup>*)</sup></b>
25	PT. Vinytex (Kalideres Jakarta Barat)	Merah
26	PT. Pulau Mas Textile (Marga Asih-Bandung)	Merah
27	PT. Union Textile (Bale Endah-Bandung)	Merah
28	PT. Kanebo Tomen Sandang Mill (Bojong Pameungpeuk Bandung)	Merah
29	PT. Panca Mega Adimulia (Bekasi)	Merah
30	PT. Duniatex (Karanganyar-Jateng)	Merah
31	PT. Medarindotex (Sleman-Yogyakarta)	Merah
32	PT. Texfibre (Jatiluhur-Purwakarta)	Hitam
33	PT. Indaci (Purwakarta)	Hitam
34	PT. Prodomo (Bandung)	Hitam
35	PT. Kahatex (Sumedang-Jabar)	Hitam
36	PT. Kewalram Indonesia (Sumedang-Jabar)	Hitam
37	PT. Naintex (Bandung)	Hitam
38	PT. Damatex (Salatiga-Jateng)	Hitam
39	PT. Batamtex (Ungaran-Jateng)	Hitam
40	PT. Jogjatex (Yogyakarta)	Hitam

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup, 2005

<sup>\*)</sup> Pabrik tekstil yang menjadi sampel penelitian

## V. Status Ekoefisiensi Pabrik Tekstil Sampel, PROPER dan ISO 14001

Tabel L-5.3 Pabrik Tekstil Sampel, Status Ekoefisiensi, PROPER dan ISO 14001

No.	Nama Perusahaan	Jenis Pabrik	Ekoefisiensi	ISO 14001	PROPER <sup>*)</sup>
1	PT. Century Textile	1. Pemintalan 2. Pertenunan 3. Finishing	74,72 46,82 60,35	Sertifikat	Biru
2	PT. SCTI	4. Pemintalan 5. Pertenunan 6. Finishing	58,94 37,24 46,76	Sertifikat	Merah
3	PT. Istana Magnoliatama	7. Garmen	68,33	Sertifikat	-
4	PT. Busana Perkasa	8. Garmen	70,54	Sertifikat	-
5	PT. Jacolintex	9. Garmen	70,38	Sertifikat	-
6	PT. Buana Kualitasindo	10. Garmen	62,43	Sertifikat	-
7	PT. Lucky Abadi	11. Pemintalan 12. Pertenunan 13. Finishing	72,61 51,25 58,32	Sertifikat	-
8	PT. Argopantes	14. Pemintalan 15. Pertenunan 16. Finishing	70,37 45,13 54,37	Sertifikat	Merah
9	PT. Actem	17. Pemintalan		Sertifikat	-
10	PT. ISTEM	18. Pemintalan 19. Pertenunan 20. Finishing	53,82 36,12 45,63	Sertifikat	-
11	PT. Budi Texindo Prakarsa	21. Peminan	75,42	Sertifikat	-
12	PT. Indobauhinia Apparutama	22. Garmen	68,47	Sertifikat	-
13	PT. Kumatex	23. Pemintalan 24. Pertenunan	71,13 48,90	Sertifikat	-
14	PT. Shinta Budhrani Industries	25. Pertenunan 26. Finishing	47,30 52,41	Sertifikat	-
15	PT. Bhineka Karya Manunggal	27. Pemintalan 28. Pertenunan 29. Finishing	74,63 50,36 59,61	Sertifikat	Biru
16	PT. Hanson Industri Utama	30. Garmen	70,64	Sertifikat	-

Sumber: \*) Kementerian Lingkungan Hidup, 2005

Tabel L-5.4 Perbedaan antara Ekoefisiensi, PROPER dan ISO 14001

	EKOEFISIENSI	PROPER	ISO 14001
Dasar hukum	-	Peraturan pengelolaan LH	Peraturan lokal/nasional dan peraturan lainnya yang relevan
Prinsip dasar	Perbaikan tingkat efisiensi pemanfaatan materi dan energi proses produksi	Pentaatan terhadap peraturan	Perbaikan terus menerus (continuous improvement)
Metode penilaian	Menggunakan rumus ekoefisiensi	Result oriented (end of pipe)	Output oriented (pemenuhan terhadap komitmen perusahaan)
Sifat keikutsertaan	Sukarela	Wajib	Sukarela
Waktu Pelaksanaan	Tergantung waktu penilaian (bulanan, triwulan, semester atau tahunan)	Tahunan	Tergantung waktu pengawasan (triwulan, semester atau tahunan)
Sertifikasi	-	Pemerintah	Institusi independent dalam bidang sertifikasi (Sucofindo, dll)
Liability	Permintaan pasar	Hasil penilaian diumumkan terbuka ke seluruh stakeholders	Permintaan pasar
Driving force	Kompetitor dan konsumen	Pihak luar/instansi yang bertanggung jawab dalam bidang lingkungan	Kompetitor dan konsumen
Stakeholders	Konsumen lokal/internasional	LSM, lembaga hukum, lembaga pembiayaan, konsumen lokal/internasional, pemda, perguruan tinggi	Konsumen lokal/internasional
Institusi penentu kriteria	Pakar	Nasional (KLH)	Internasional (ISO)
Penanggung biaya penilaian	Perusahaan peserta	Pemerintah	Perusahaan peserta
Hasil penilaian	Sistem peringkat berdasarkan indeks ekoefisiensi: 1. Sangat Baik 2. Baik 3. Sedang 4. Kurang Baik	Sistem peringkat : 1. Emas (insentif) 2. Hijau (insentif) 3. Biru (insentif) 4. Merah (disinsentif) 5. Hitam (disinsentif)	Sertifikat
Komitmen Manajemen	❖ Dari manajemen puncak sampai level pekerja terbawah ❖ Pemenuhan terhadap kebijakan lingkungan perusahaan	❖ Dari manajemen puncak sampai level pekerja terbawah ❖ Pemenuhan terhadap peraturan	❖ Dari manajemen puncak sampai level pekerja terbawah ❖ Pemenuhan terhadap kebijakan lingkungan perusahaan

## VI. Standards

**Tabel L-5.5** Standard of Wastes Generated During Textiles Manufacturing, 2006

Process	Emission	Waste Water	Solid Waste
Fiber preparation	Little or none	Little or none	Fiber waste and packaging waste
Yarn spinning	Little or none	Little or none	Packaging wastes; sized yarn; fiber waste; cleaning and processing waste
Slashing/sizing	VOCs	BOD; COD; metals; cleaning waste, size	Fiber lint; yarn waste; packaging waste; un-used starch-based sizes
weaving	Little or none	Little or none	Packaging waste; yarn and fabric scrap, off-spec fabric; used oil.
knitting	Little or none	Little or none	Packaging waste; yarn and fabric scrap, off-spec fabric; used oil.
tafting	Little or none	Little or none	Packaging waste; yarn and fabric scrap, off-spec fabric; used oil.
Desizing	VOCs from glycol ethers	BOD from sizes lubricants; biocides; anti-static compounds	Packaging waste; fiber lint; yarn waste; cleaning and maintenance materials
Scouring	VOCs from glycol ethers and scouring solvents	Disinfectants, insecticide residues; NaOH; detergents, oils; knitting lubricants; spin finishes; spent solvents	Little or none
Bleaching	Little or none	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , stabilizers; high pH	Little or none, even if little, the impact could be considerable
Singeing	Small amounts of exhaust gases from the burners exhaustic which components	Little or none	Little or none
Mercerising	Little or none	High pH; NaOH	Little or none
Heatsetting	Volatilisation of spin finish agents-synthetic fiber manufacture	Little or none	Little or none
Dyeing	VOCs	Metals; salt; surfactants; organic processing assistants; cationic materials; color; BOD; COD; sulphide; acidity/ alkalinity; spent solvents	Little or none
Printing	Solvents, acetic acid - drying and curing oven emissions combustion; gases	Suspended solids; urea; solvents; color; metals; heat; BOD; foam	Little or none
finishing	VOCs; contaminants in purchased chemicals; formaldehyde vapors; combustion gases	COD; suspended solids; toxic materials; spent solvents	Fabric scraps and trimmings; packaging waste

Sumber : © e-textile toolbox. This document was downloaded from [www.e-textile.org](http://www.e-textile.org)

**Tabel L-5.6** The Wastes Generated During Textiles Manufacturing

Process	Sources	Pollutants
Energy Production	Emissions from boiler	Particulates, nitrous oxides (Nox) sulphur dioxide (SO <sub>2</sub> )
Coating, drying and curing	Emission from high temperature ovens	Volatile organic components (VOCs)
Cotton handling activities	Emissions from preparation, carding, combing, and fabrics manufacturing	Particulates
Sizing	Emission from using sizing compounds (gums, PVA)	Nitrogen oxides, sulphur oxide, carbon monoxide
Bleaching	Emission from using chlorine compound	Chlorine, chlorine dioxide
Dyeing	❖ Disperse dyeing using carriers ❖ Sulphur dyeing, ❖ Anilin Dyeing	❖ Carriers ❖ H <sub>2</sub> S ❖ Aniline vapors
Printing	Emission	Hydrocarbons, ammonia
Finishing	Resin finishing Heat setting of synthetic fabrics	❖ Formaldehyde ❖ Carriers-low molecular weight ❖ Polymers - lubricating oils
Chemical storage	Emissions from storage tanks for commodity and chemicals	Volatile organic components (VOCs)
Waste water treatment	Emissions from treatment tanks and vessels	Volatile organic components, toxic emissions

Sumber : © e-textile toolbox. This document was downloaded from [www.e-textile.org](http://www.e-textile.org)

**Tabel L-5.7** Average Water Usage for Various Types of Process

Processing, subcategory	Water Usage (liter/kg)			BOD (mg/liter)	COD (mg/liter)
	Minimum	Medium	Maximum		
Wool scouring	4.2	11.7	77.6	<b>2,270</b>	<b>7,030</b>
Wool finishing	110.9	283.6	657.2	170	590
Low water use processing	0.8	9.2	140.1	293	692
Woven fabric finishing :					
❖ Simple processing	12.5	78.4	275.2	270	900
❖ Complex processing	10.8	86.7	276.9	350	1,060
❖ Complex processing plus desizing	5.0	113.4	507.9	420	<b>1,240</b>
Knit fabric finishing :					
❖ Simple processing	8.3	135.9	392.8	210	870
❖ Complex processing	20.0	83.4	377.8	270	790
❖ Hosiery processing	5.8	69.2	289.4	320	1,370
Carpet finishing	8.3	46.7	162.6	440	<b>1,190</b>
Stock and yarn finishing	3.3	100.1	557.1	180	680
Non woven finishing	2.5	40.0	82.6	180	<b>2,360</b>
Felted fabric finishing	33.4	212.7	930.7	200	550

Sumber : © e-textile toolbox. This document was downloaded from [www.e-textile.org](http://www.e-textile.org)

**Tabel L-5.8** Average Water Consumption for Various Types of Fabric

Processing subcategory	Water consumption (m <sup>3</sup> /ton fibre material)		
	Minimum	Medium	Maximum
Wool	111	285	659
Woven	5	114	508
Knit	20	84	377
Carpet	8.3	47	163
Stock/yarn	3.3	100	558
Nonwoven	2.5	40	83
Felted fabric finished	33	213	933

Sumber : © e-textile toolbox. This document was downloaded from [www.e-textile.org](http://www.e-textile.org)

**Tabel L-5.9** Sources and Types of Solid Waste Pollution in Textile Manufacturing

Sources	Type of Solid Waste
Mechanical Operations of Cotton and Synthetics: ❖ Yarn preparation ❖ Knitting ❖ Weaving	❖ Fiber and yarns ❖ Fiber and yarns ❖ Fiber, yarns and cloth scraps
Dyeing and Finishing of Woven Fabrics: ❖ Sizing, desizing, mercerizing, beaching, washing and chemical finishing ❖ Mechanical finishing ❖ Dyeing and/or printing ❖ Dyeing and/or printing (applied finish)	❖ cloth scraps ❖ flock ❖ dye containers ❖ chemical containers
Dyeing and Finishing of Knitted Fabrics	Clothe scraps, dye and chemical containers
Dyeing and Finishing of Carpets ❖ Tufting ❖ Selvage trim ❖ Ruff and shear ❖ Dyeing, printing and finishing	❖ Yarns and sweepings ❖ Selvage ❖ Flock ❖ Dye and chemical containers
Dyeing and Finishing of Yarn and Stock	Yarns, dye and chemical containers
Wool fabrication : ❖ wool scouring ❖ wool fabric dyeing and finishing	❖ Dirt, wool, vegetable matter, waxes ❖ Flocks, seams, fabric, fibers, dye and chemical containers
Packaging	❖ Paper, cartons, plastic sheets, rope
Workshops	❖ Scrap metal, oily rags
Domestic	❖ Paper, sheets, general domestic wastes
Wastewater treatment	❖ Fiber, wasted sludge and retained sludge

Sumber : © e-textile toolbox. This document was downloaded from [www.e-textile.org](http://www.e-textile.org)

Tabel L-5.10 The Main Operating Condition in Textiles Manufacturing

Process	Conditions
Sizing	Size formulation depends on the type of yarn. Size concentration is governed by the yarn count (8-15%). Temperature ranges from 80-90 °C. Drying at 100-130 °C
Singeing	Direct or indirect flames are used to remove fuzzy fibers, followed by quenching
Desizing	Desize formulation depends on the nature of the sizing agents, i.e. enzymatic or oxidative treatments are used for starch sized fabrics, whilst CMC, CMS or acrylate sizes can be removed by hot water (80-90 °C). PVA can be removed by using hot water in the presence or absence of peroxygens
Scouring	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Kier boiling: NaOH 30g/l, wetting agent (2g/l), temperature 120 °C, time (12 hours).</li> <li>❖ Continuous scouring: NaOH 30-50g/l, wetting agent (2g/l), temperature 90 °C</li> </ul>
Bleaching	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Hypochlorite bleaching: 1.5-2g active chlorine/1,2g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/l, room temperature, time (2 hours).</li> <li>❖ Peroxide bleaching: 10-16g H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/l (100%), 2.5g NaOH/l, 2-5g Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>/l, 4 g organic stabilizer/l, 2g non-ionic wetting agent/l, temperature 90-95 °C, time (45-60 min)</li> </ul>
mercerization	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 20-30% NaOH, 1-2g non-ionic wetting agent/l, temperature 18 °C, time (20-40 seconds).</li> </ul>
Dyeing	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ A range of different dyestuff classes can be used for 100% cellulose fibers (e.g. direct, reactive, sulphur, vat, indigo). Dye bath formulation and dyeing conditions depend on the class used.</li> </ul>
Printing	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ The same classes of dyestuffs used in dyeing can also be used in printing. Pigments can also be used</li> </ul>
Finishing	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Soft finishing: By using different types of softening agents (e.g. cationic, non-ionic, silicone elastomers) different types of application (exhaustion or padding techniques) can be used. Exhaustion formulation - 2-4% softening agent at 40-50 °C for 15-20 minutes at pH 6.</li> <li>❖ Resin finishing: Using N-methylol finishing agents in the presence of an acid catalyst using the padding technique</li> </ul>

Sumber : © e-textile toolbox. This document was downloaded from [www.e-textile.org](http://www.e-textile.org)

