

**AUDIT ENERGI
DALAM RANGKA KONSERVASI DAN
PENGARUH KENAIKAN HARGA ENERGI
PRIMER TERHADAP HARGA SEMEN
DI PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)**

TUGAS AKHIR PERPUSTAKAAN
ITS

Tgl. Tes	19-7-2000
No. Tes	H
Waktu Pengambilan	21.11.35

Oleh :

SONI WARSONO

NRP. 2291.100.016

RSE

333.7916

War

a-1

1999



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1999**



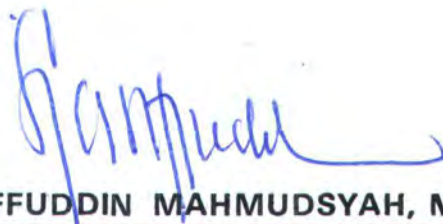
**AUDIT ENERGI
DALAM RANGKA KONSERVASI DAN
PENGARUH KENAIKAN HARGA ENERGI
PRIMER TERHADAP HARGA SEMEN
DI PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
S u r a b a y a**

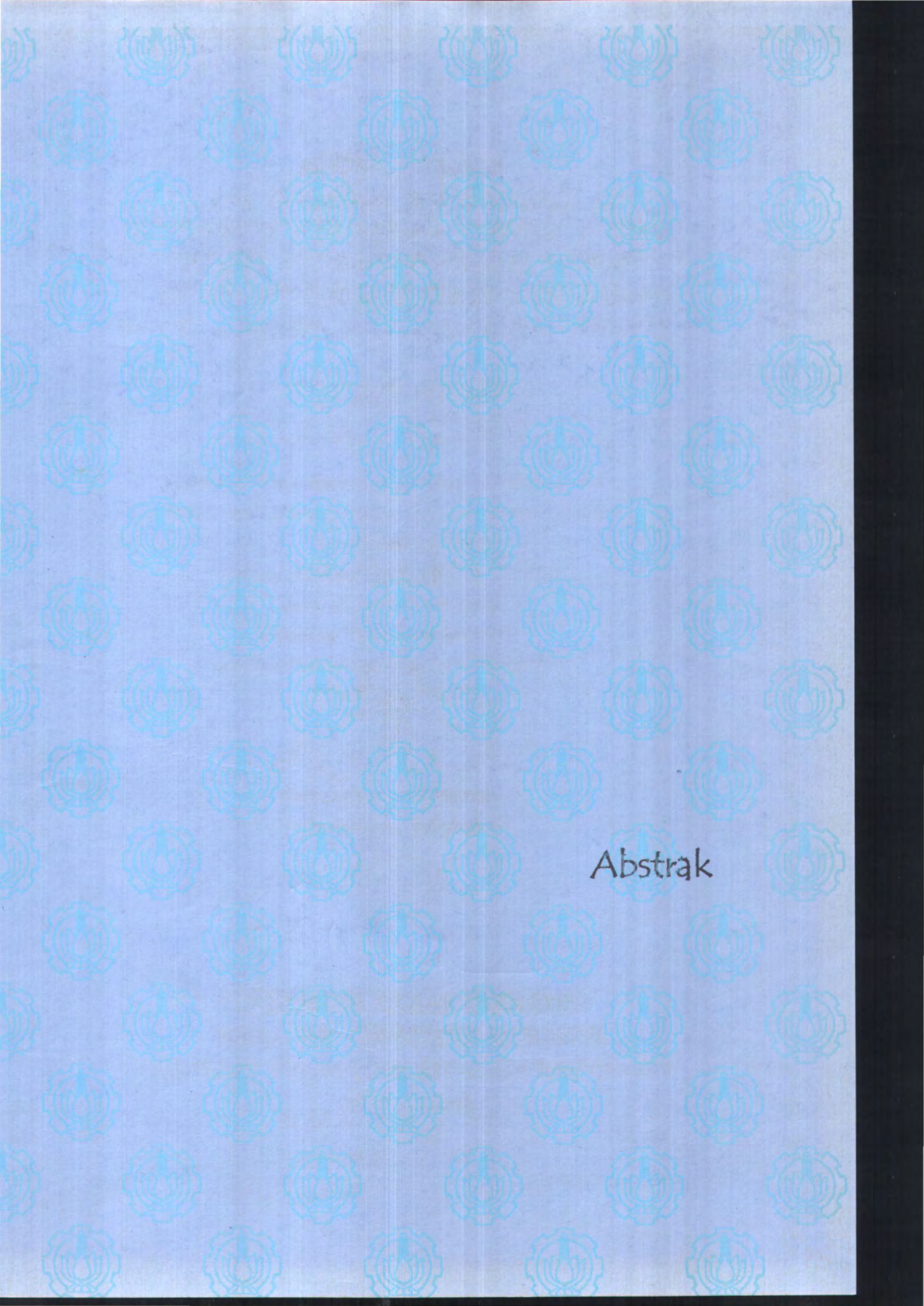
**Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing**



Ir. SYARIFFUDDIN MAHMUDSYAH, M.Eng

NIP. 130 520 749

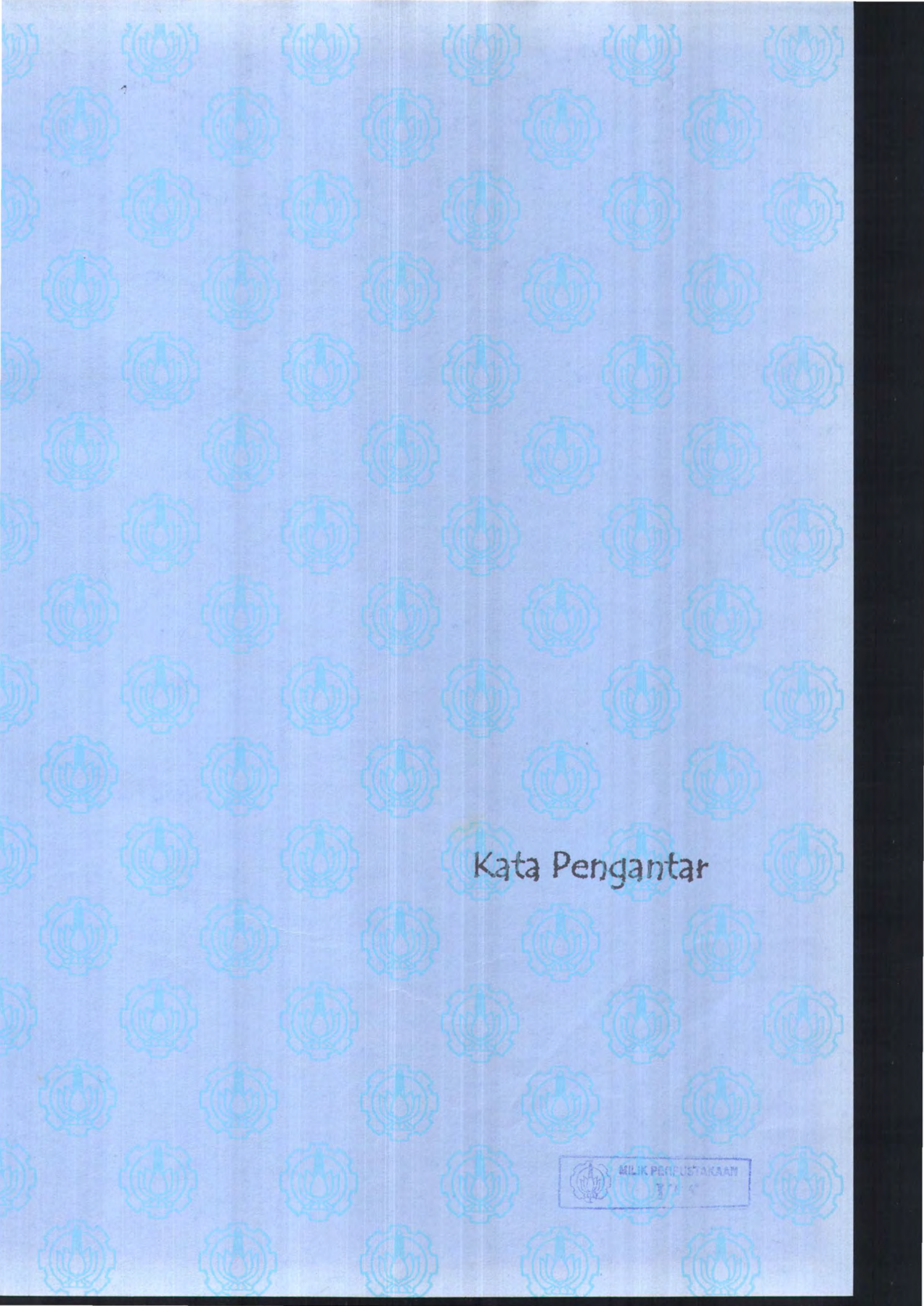
**S U R A B A Y A
Maret, 1999**



Abstrak

ABSTRAK

Konsumsi energi dunia mengalami peningkatan di berbagai sektor, terutama pada sektor industri, demikian juga yang terjadi di Indonesia. Untuk mengetahui besarnya energi yang diperlukan dalam proses produksi dan langkah-langkah yang bisa diambil untuk melakukan konservasi energi, perlu dilakukan audit energi. Dalam hal ini audit energi dilakukan pada pabrik semen PT. Semen Baturaja (Persero). Energi primer yang digunakan dalam proses produksi semen di PT Semen Baturaja saat ini adalah Industrial Diesel Oil (IDO), solar (HSD), batubara (coal) dan listrik PLN. Setelah dilakukan audit energi diketahui besarnya penggunaan tiap-tiap energi primer terhadap produk per ton semen dan juga prosentase biaya energi terhadap harga semen, sehingga bisa juga dilakukan prakiraan kenaikan harga semen apabila terjadi perubahan harga energi primer. Dalam rangka konservasi energi, dilakukan penghitungan harga semen apabila sumber energi listrik yang ada di Pabrik Baturaja saat ini (PLTD) diganti listrik PLN dan PLTD tetap digunakan hanya untuk mensuplai listrik di Unit Kiln, ini sebagai alternatif pertama; dan alternatif kedua adalah mengganti PLTD dengan PLTU. Biaya pembangkitan listrik untuk PLTU dipilih dari biaya energi batubara saja atau biaya bahan bakar beserta biaya modal untuk pembangunan pembangkit tersebut.



Kata Pengantar



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul :

AUDIT ENERGI DALAM RANGKA KONSERVASI DAN PENGARUH KENAIKAN HARGA ENERGI PRIMER TERHADAP HARGA SEMEN DI PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar sarjana pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Menyadari segala kekurangan yang ada, bahwa dalam menyelesaikan tugas akhir ini masih banyak kelemahan dan jauh dari sempurna yang disebabkan keterbatasan-keterbatasan. Namun demikian Penulis mengharapkan semoga kekurangan tersebut tidak mengurangi arti dari penulisan tugas akhir.

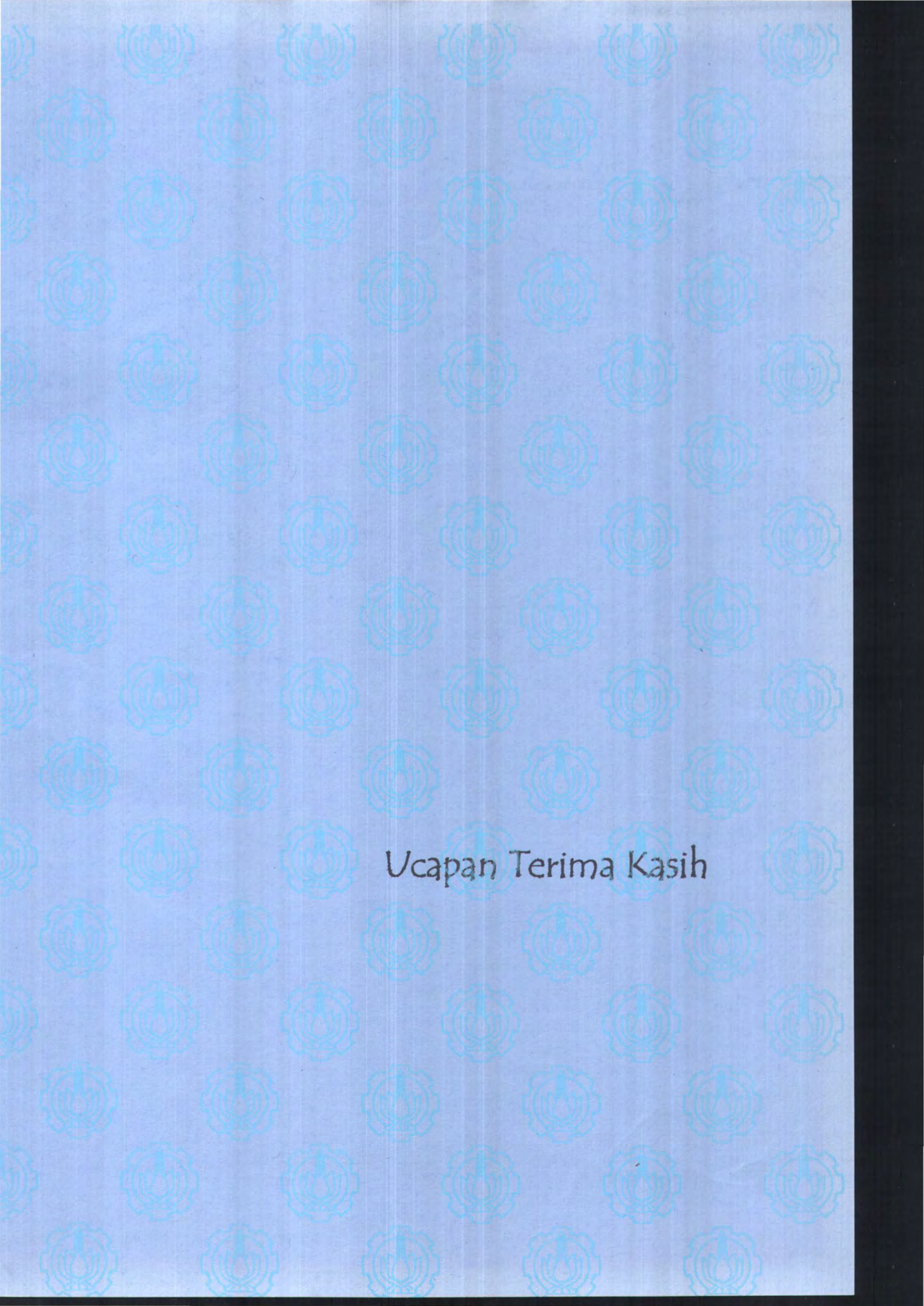
Akhir kata Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan tugas akhir ini, dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi Penulis sendiri.

Surabaya, Februari 1999

Penulis

Kupersembahkan kepada.....

Bapak, Ibu, Dik Sri Wahyuni,
Mas Agung, Mbak Trusi, dan Dua Keponakanku.



Ucapan Terima Kasih

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Ir. Syariffuddin Mahmudsyah M.Eng, selaku dosen pembimbing, yang telah banyak memberikan waktu, memberikan pengarahan, bimbingan dan gemblengan selama Penulis mengerjakan tugas akhir.
2. Ir. Azam Azman Natawijana dan seluruh staff PT. Semen Baturaja (Persero) atas kesempatan yang diberikan untuk mencari data guna pengerjaan tugas akhir.

Saya Juga Ucapkan Terima Kasih Kepada

- Ir. Nono Moelyono W., sebagai dosen wali atas segala bimbingannya.
- Novi beserta keluarga Ir. Sadino, atas dorongan dan bantuan bagi penulis dalam menyelesaikan TA.
- Teman-teman Mulyosari XI/54.
- Teman-teman Lab. Power.
- Teman sepegeadangan, Endut, Nonot, Gepenx, Made Wir, and Adi 'Botak' Cahyo.
- 'Mak Nyak' Anis, Dwi Haryanto, Devy, Carmawan.
- Keluarga Pak De Joko Palembang, Keluarga Ir. Eko Rudi Tuban.

Daftar Isi

DAFTAR ISI

	Halaman
Lembar Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Ucapan Terimakasih	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii

BAB I PENDAHULUAN.

1.1. LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2. MASALAH DAN BATASAN MASALAH	2
1.3. METODOLOGI	3
1.4. RELEVANSI	4
1.5. SISTEMATIKA PEMBAHASAN	4

BAB II AUDIT DAN KONSERVASI ENERGI

2.1. ANALISA ENERGI	6
---------------------------	---

2.1.1. Konsep Analisa Energi	6
2.1.2. Input dan Output	7
2.1.3. Energi Spesifik	9
2.1.4. Kombinasi Energi Spesifik Dari Beberapa Sub-Sistem	9
2.1.5. Sistem Industri Yang Sebenarnya	14
2.2. AUDIT DAN KONSERVASI ENERGI	15

BAB III TEKNOLOGI PRODUKSI SEMEN DAN KEBUTUHAN

ENERGI DI PT SEMEN BATURAJA

3.1. JENIS SEMEN	19
3.1.1. Semen Portland	19
3.1.2. Semen Campuran	21
3.1.3. Semen Khusus	22
3.2. PROSES PEMBUATAN SEMEN	22
3.2.1. Proses Basah	23
3.2.2. Proses Semi Basah	25
3.2.3. Proses Semi Kering	25
3.2.4. Proses Kering	28
3.3. UNSUR KIMIA SEMEN PORTLAND TIPE I	30
3.4. TAHAPAN PROSES KERING	33
3.4.1. Penyiapan Dan Penyiapan Bahan Mentah	34

3.4.2. Penggilingan Campuran Bahan Mentah	36
3.4.3. Pembakaran Dan Pendinginan Terak (Clinker)	37
3.4.4. Penyimpanan Terak (Clinker) Sebelum Kirim	39
3.4.5. Penyimpanan Terak (Clinker) Setelah Kirim Dan Penggilingan Semen	39
3.4.6. Penyimpanan Dan Pengantongan Semen	40
3.5. KEBUTUHAN ENERGI	41
3.5.1. Energi Panas	41
3.5.1.1. Batubara	44
3.5.1.2. Industrial Diesel Oil	45
3.5.2. Energi Listrik	45
3.5.3. Energi Mekanis	46
3.6. KONSUMSI ENERGI SPESIFIK	46
3.6.1. Konsumsi Energi Bahan Bakar Spesifik Pada Unit Quarry & Crusher, Unit Autogenous Mill, Unit Kiln ...	47
3.6.2. Konsumsi Energi Bahan Bakar Spesifik Pembangkit Listrik Tenaga Diesel	48
3.6.3. Konsumsi Energi Listrik Spesifik Pada Masing-Masing Unit	48
BAB IV. AUDIT DAN ANALISA SERTA KONSERVASI ENERGI	
4.1. AUDT ENERGI.....	50
4.2. PERHITUNGAN INDEKS ENERGI	55

4.2.1. Indeks Pemakaian Listrik	57
4.2.2. Indeks Pemakaian Bahan Bakar	57
4.3. ANALISA PERHITUNGAN BIAYA ENERGI	
PER TON SEMEN	64
4.4. ANALISA PERHITUNGAN BIAYA DAN HARGA	
SEMEN BARU BILA TERJADI KENAIKAN HARGA	
ENERGI PRIMER	66
4.5. IMPLEMENTASI KONSERVASI	72
4.5.1. Alternatif Satu PLN Dan PLTD	73
4.5.2. Alternatif Dua Membangun PLTU	81
4.5.2.1. Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar	84
4.5.2.2. Perhitungan Ekonomis	85
BAB V PENUTUP	
5.1. KESIMPULAN	92
5.2. SARAN-SARAN	93
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	

Daftar Gambar

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Penggunaan BBM Pada Sektor Industri Di Indonesia	2
2.1. Sistem Industri	6
2.2. Sistem Industri Dengan Pemisahan Input	7
2.3. Aliran Material Dan Energi Untuk Suatu Sistem Dengan Produk Buangan	8
2.4. Contoh Ketergantungan Aliran Sistem.....	10
2.5. Rangkaian Sistem Seri	11
2.6. Rangkaian Sistem Pararel	12
2.7. Rangkaian Dengan Sistem Umpan Balik	13
3.1. Proses Basah	24
3.2. Proses Semi Basah	26
3.3. Proses Semi Kering	27
3.4. Proses Kering	29
3.5. Tahapan Proses Kering	33
3.6. Alur Penirisan Tambang	35
4.1. Aliran Energi Dan Material Produksi Semen	51
4.2. Grafik Pengaruh Kenaikan Harga Solar Terhadap Harga Semen	63
4.3. Grafik Pengaruh Kenaikan Harga IDO Terhadap Harga Semen	64

4.4. Grafik Pengaruh Kenaikan Harga Coal Terhadap Harga Semen	65
4.5. Grafik Pengaruh Kenaikan Harga Listrik Terhadap Harga Semen	66
4.6. Aliran Energi Dan Material Dengan PLN Sebagai Sumber Listrik Utama	68
4.7. Aliran Energi Dan Material Dengan PLTU Sebagai Sumber Listrik Utama	76

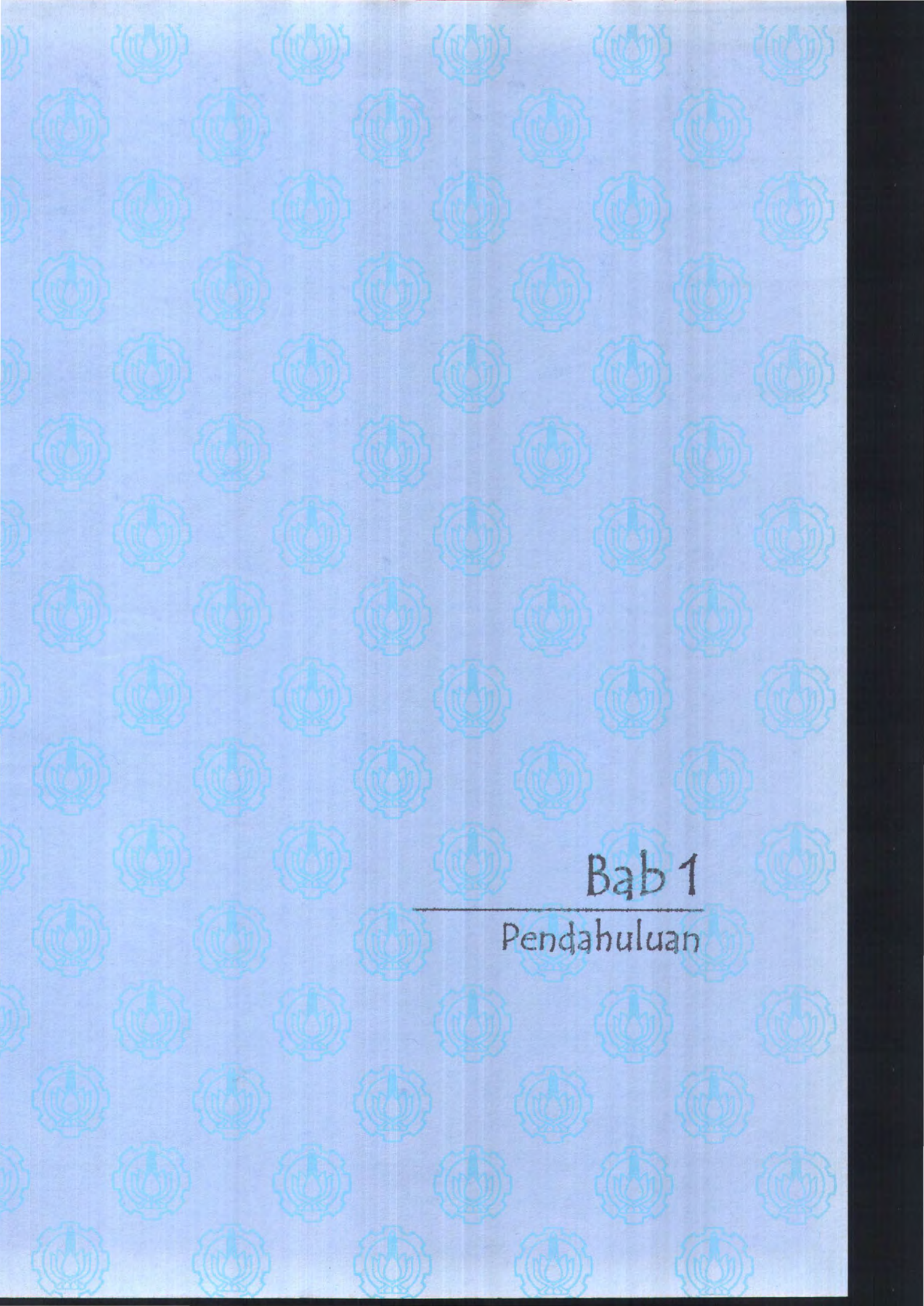
Daftar Tabel

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1. Cement Raw Material	30
3.2. Proses Pembakaran Bahan Mentah (Raw Meal) menjadi Clinker	31
3.3. Target Kimia Stock Pile	36
3.4. Target Kualitas Raw Meal	37
3.5. Target Mutu Clinker	38
3.6. Standard Kualitas Semen Baturaja	40
4.1. Biro Penyediaan Bahan Mentah.	50
4.2. Bagian Penggilingan Bahan Mentah	51
4.3. Bagian Pembakaran	51
4.4. Bagian Coal Mill	52
4.5. Laporan Bulanan Pemakaian Daya Listrik Power Station	52
4.6. Laporan Bulanan Produksi Daya Listrik Power Station	53
4.7. Pabrik Palembang	53
4.8. Pabrik Panjang	54
4.9. Pemakaian Diesel Sendiri Pabrik Panjang (Power Station)	54
4.10. Sub Proses Quarry Cruser	59
4.11. Sub Proses A. Mill	59
4.12. Sub Proses Unit Kiln	60

4.13. Sub Proses Unit Finish Mill Total	60
4.14. Sub Proses PLTD Baturaja	61
4.15. Sub Proses Total Pendukung Proses	61
4.16. Sub Proses Unit Coal Mill	62
4.17. Energi Spesifik 1	63
4.18. Energi Spesifik 2	63
4.19. Biaya Energi 1	65
4.20. Biaya Energi 2	65
4.21. Biaya Energi Naik 1	67
4.22. Biaya Energi Naik 2	67
4.23. Kenaikan Harga Semen Akibat Kenaikan Harga Solar	68
4.24. Kenaikan Harga Semen Akibat Kenaikan Harga IDO	69
4.25. Kenaikan Harga Coal Terhadap Harga Semen	70
4.26. Kenaikan Harga Listrik Terhadap Harga semen	71
4.27. Sub Proses Quarry & Cruser (1997)	74
4.28. Sub Proses Unit Autogenous Mill (1997)	74
4.29. Sub Proses Unit Kiln (1997)	75
4.30. Sub Proses Unit Finish Mill Total (1997)	75
4.31. Sub Proses PLTD Baturaja (1997)	76
4.32. Sub Proses Total Pendukung Proses (1997)	76
4.33. Sub Proses Coal Mill (1997)	77
4.34. Energi Spesifik PLN 1	79

4.35. Energi Spesifik PLN 2	79
4.36. Biaya Energi PLN 1	79
4.37. Biaya Energi PLN 2	80
4.38. Sub Proses Quarry & Cruser (1997)	82
4.39. Sub Proses Unit Autogenous Mill (1997)	82
4.40. Sub Proses Unit Kiln (1997)	82
4.41. Sub Proses Unit Finish Mill Total (1997)	83
4.42. Sub Proses Total Pendukung Proses (1997)	83
4.43. Sub Proses Coal Mill (1997)	84
4.44. Energi Spesifik PLTU 1 (1997)	88
4.45. Energi Spesifik PLTU 2 (1997)	89
4.46. Biaya Energi PLTU 1 (1997)	89
4.47. Biaya Energi PLTU 2 (1997)	90
4.48. Biaya Energi PLTU 1 Tanpa Investasi (1997)	90
4.49. Biaya Energi PLTU 2 Tanpa Investasi (1997)	91



Bab 1

Pendahuluan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Menjelang akhir abad ini energi menjadi masalah yang sangat menarik dan mengundang perhatian dari berbagai kalangan ilmu pengetahuan. Keterbatasan penemuan sumber energi yang tak dapat diperbaharui yang tidak sebanding dengan peningkatan kebutuhan energi merupakan masalah yang sangat diperhatikan. Apalagi pemakaian energi dalam dasawarsa terakhir ini meningkat pesat. Peningkatan ini terutama sebagai akibat meningkatnya kegiatan perekonomian yaitu kegiatan industri dan transportasi. Akibatnya masalah energi akan menjadi semakin peka di masa yang akan datang, bukan saja untuk bangsa Indonesia, akan tetapi juga untuk bangsa-bangsa lain di dunia. Oleh karenanya sudah selayaknya apabila masalah sumber energi merupakan hal yang strategis yang memerlukan perhatian masyarakat, ilmuwan dan pemerintah.

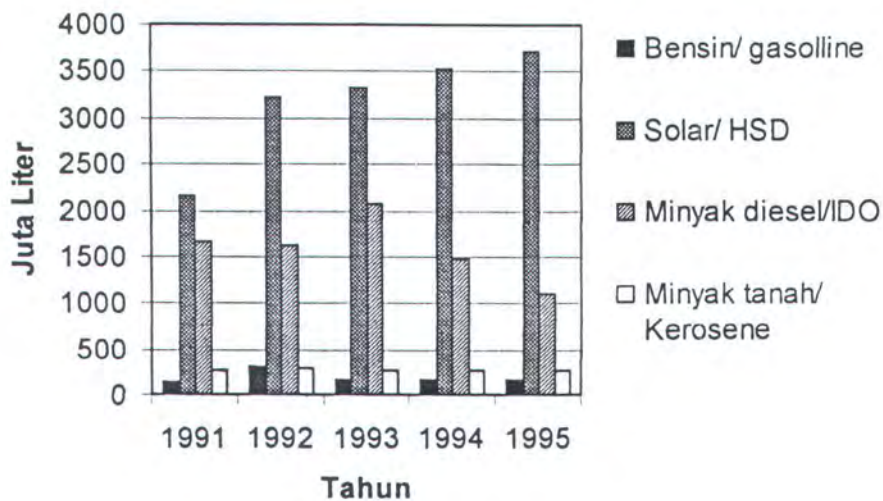
Solusi terbaik dalam mengatasi masalah tersebut salah satunya adalah konservasi energi dalam segala bentuk. Usaha ini dapat diaplikasikan dengan mengatur pemakaian energi secara menyeluruh dalam ruang lingkup yang luas, baik tingkat nasional maupun tingkat sektoral.

Bagi kalangan masyarakat yang berkecimpung dalam konversi energi optimalisasi penggunaan energi diseluruh sektor sehingga dicapainya suatu harga yang mendekati ideal harus selalu dipikirkan. Karena itu tanpa didukung usaha optimalisasi pemakaian energi semua masalah diatas tidak dapat diselesaikan.

Untuk tujuan optimalisasi pemakaian energi, audit energi yang lengkap

dan terperinci perlu dilakukan termasuk didalamnya identifikasi, definisi dan solusi persoalan. Dengan demikian dapat dipahami bahwa melaksanakan konservasi energi tidak hanya terbatas pada optimalisasi proses saja, akan tetapi juga berusaha mencari kemungkinan alternatif proses dan teknologi yang dapat mengurangi pemakaian energi.

Penggunaan BBM pada Sektor Industri di Indonesia



Gambar 1.1 Penggunaan BBM pada sektor Industri di Indonesia

1.2. Masalah dan Batasan Masalah

Dalam upaya mencapai harga produk yang murah, biaya produksi harus dibuat seminimal mungkin. Minimalisasi biaya ini bisa dicapai antara lain dengan menurunkan prosentase biaya energi. Untuk itu pendayagunaan energi secara efisien tanpa mengurangi kualitas produk semen harus dilaksanakan.

Agar tercapai suatu pembahasan yang sistematis dan sesuai dengan tujuan penulisan, maka penulisan tugas akhir ini membatasi permasalahan sebagai berikut:

1. Audit energi dilaksanakan pada tiga lokasi pabrik yaitu Kantor Pusat & Pabrik Palembang, Pabrik Baturaja Kabupaten Ogan Komering Ulu, Pabrik Panjang Kotamadya Bandar Lampung.
2. Audit energi terhadap pemakaian energi listrik, batu bara, industrial diesel oil (IDO), solar (HSD) yang dipakai dalam produksi di dalam areal ketiga lokasi pabrik di atas.
3. Pemakaian energi untuk kereta api dalam rangka pengiriman terak semen (clinker) dari Pabrik Baturaja ke Kantor Pusat & Pabrik Palembang, dan dari Pabrik Baturaja ke Pabrik Panjang diperhitungkan sebagai biaya diluar energi.

1.3. Metodologi

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pemahaman konsep audit dan konservasi energi dalam industri. Dan melakukan pemahaman keadaan umum perusahaan yang akan memudahkan dalam mencari informasi, seiring dengan itu dipelajari pula aliran proses produksi dalam sistem yang akan dianalisa.

Selanjutnya dilakukan pengumpulan data pemakaian energi untuk masing-masing jenis energi dan jumlah produksi. Data ini digunakan untuk mengetahui besarnya konsumsi energi spesifik dan ekivalennya, biaya energi pada selang waktu tertentu.

Untuk menunjang pemahaman kita terhadap besarnya indek pemakaian energi, dilakukan pengumpulan data mengenai teknologi yang digunakan. Setelah seluruh data di atas diolah, maka dilakukan analisa untuk mengetahui besar pemakaian energi, prosentase biaya energi terhadap harga produk dan besarnya pengaruh kenaikan harga energi spesifik terhadap harga produksi.

Pada akhirnya dapat ditentukan arah strategi kebijaksanaan energi yang diperlukan dalam rangka konservasi energi.

1.4. Relevansi

Yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Diperoleh besarnya energi dan prosentase biaya energi terhadap harga semen.
2. Diketahui besarnya pengaruh kenaikan harga energi primer terhadap harga semen.
3. Menganalisa alternatif konservasi yang mungkin dilakukan pada pabrik semen Baturaja.

1.5. Sistematika Pembahasan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu sebagai berikut:

Bab I: Pendahuluan.

Menjelaskan latar belakang penelitian, masalah dan batasan masalah, metodologi, relevansi dan sistematika pembahasan.

Bab II: Audit dan Konservasi Energi.

Berisi teorema, pengertian dan pendekatan yang bisa dipakai untuk mengolah data, yang pada akhirnya bisa memberi dasar usulan rencana konservasi.

Bab III: Teknologi Produksi Semen dan Kebutuhan Energi di PT. Semen Baturaja

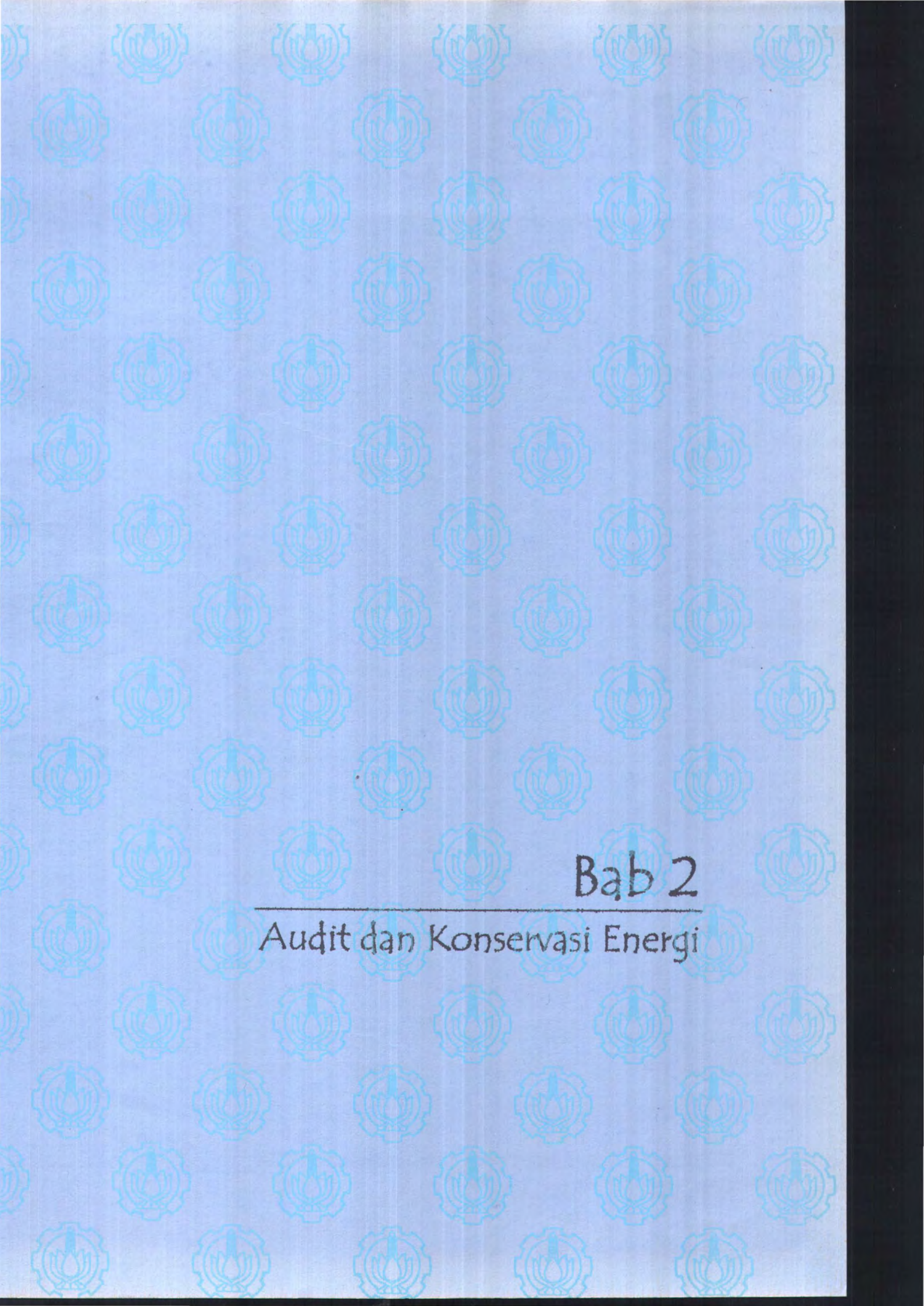
Menguraikan teknologi yang dipakai, alur proses produksi dan jenis energi yang dibutuhkan pada produksi semen.

Bab IV: Analisa Penggunaan Energi.

Mengolah data yang telah dikumpulkan, kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Selanjutnya dibuat analisa penggunaan energi, berdasarkan hasil analisa dibuat usulan rencana konservasi energi yang bisa dilakukan

Bab V: Penutup.

Merupakan kesimpulan hasil penelitian.



Bab 2

Audit dan Konservasi Energi

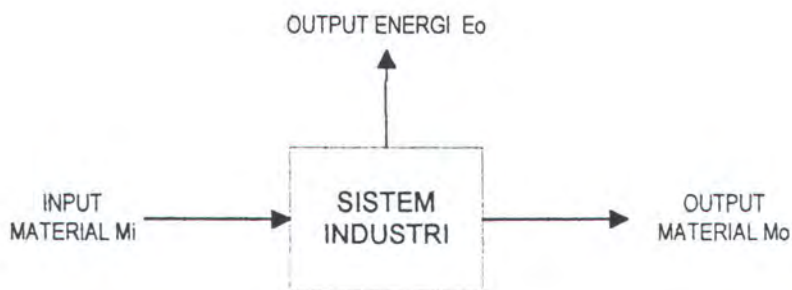
BAB II

AUDIT DAN KONSERVASI ENERGI

2.1. Analisa Energi

2.1.1. Konsep Analisa Energi

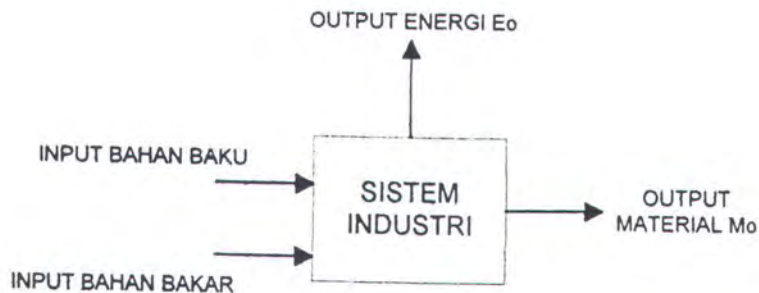
Aspek fundamental dari konsep analisa energi adalah hukum kekekalan massa dan energi, yaitu massa dan energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Jika prinsip ini diterapkan untuk suatu sistem, seperti yang ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.1 Sistem Industri

Maka berlaku $M_i = M_o$. Prinsip yang sama dapat diterapkan pada suatu rangkaian komponen yang saling berinteraksi, sehingga dapat digunakan untuk memeriksa kebenaran harga laju aliran massa yang masuk maupun yang keluar dari masing-masing komponen atau dapat pula digunakan untuk mengetahui akumulasi yang mungkin terjadi pada suatu komponen. Keluaran energi dari batas sistem pada gambar 2.1 tanpa adanya masukan energi, bukan berarti bahwa hukum kekekalan energi tidak berlaku. Keluaran energi tersebut dapat berasal dari masukan material ke sistem, misalnya jika masukan sistem adalah bahan bakar. Sehingga dengan

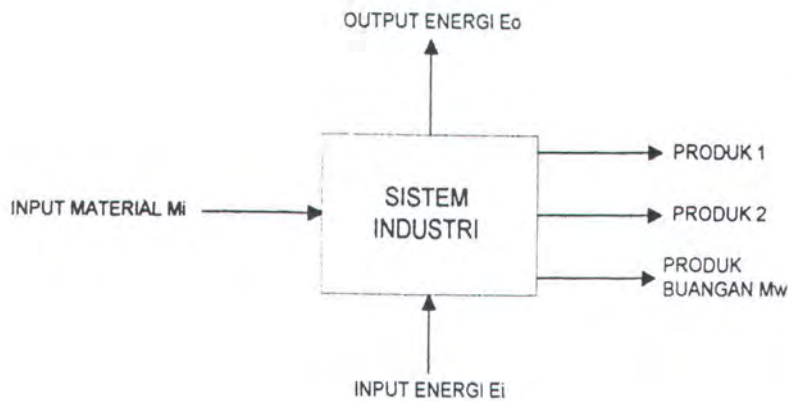
demikian masukan material kedalam suatu batas sistem dapat dibedakan antara masukan bahan baku dan masukan bahan bakar, seperti yang tertera pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Sistem Industri Dengan Pemisahan Input

2.1.2. Input dan Output

Didalam sistem industri yang sebenarnya, pembahasan ditekankan pada proses industri secara keseluruhan. Hal ini sangat diperlukan untuk mengetahui efisiensi konversi material dari sebuah proses dalam industri. Pada kenyataanya, material keluaran dari suatu proses industri terdiri lebih dari satu macam. Hal ini disebabkan karena disamping produk berguna, juga diperoleh produk buangan (waste produk). Seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Aliran Material dan Energi Untuk Suatu Sistem Dengan Produk Buangan

Penerapan hukum kekekalan massa pada gambar di atas akan memperoleh persamaan :

$$M_i = m_{g1} + m_{g2} + m_w \dots\dots\dots (2.1)$$

$$m_{g1} + m_{g2} + m_w = M_o \dots\dots\dots (2.2)$$

Sehingga untuk komponen yang menghasilkan produk buangan dapat dikatakan mempunya efisiensi konversi material, yang dinyatakan sebagai berikut :

$$C = \frac{\text{jumlah massa produk berguna}}{\text{jumlah masukan massa}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Jika persamaan (2.3) diterapkan pada kondisi seperti pada gambar 2.3 diperoleh persamaan :

$$C = \frac{m_{g1} + m_{g2}}{M_i} = \frac{m_{g1} + m_{g2}}{m_{g1} + m_{g2} + m_w} \dots\dots\dots (2.4)$$

Perhitungan numerikal yang sederhana tersebut menunjukkan dasar konversi material.

2.1.3. Energi Spesifik

Energi spesifik didefinisikan sebagai energi yang dibutuhkan untuk pembuatan satu satuan massa produk. Secara matematis dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$Es = \frac{\text{Energi masukan}}{\text{Massa keluaran total}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Persamaan 2.5 jika diterapkan ke dalam gambar 2.3 diperoleh persamaan :

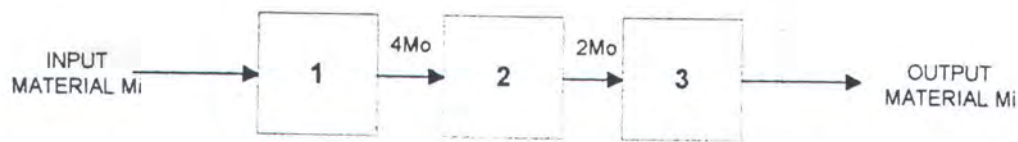
$$Es = \frac{Ei}{Mo} \dots\dots\dots (2.6)$$

2.1.4. Kombinasi Energi Spesifik Dari Beberapa Sub-Sistem

Tahap terakhir dari perhitungan pemakaian energi untuk suatu sistem, adalah penggabungan harga energi untuk masing-masing sub-sistem kedalam satu harga yang dapat menyatakan pemakaian energi untuk keseluruhan sistem. Jika sub-sistem dipandang sebagai bagian dari sistem yang lengkap, maka dapat didefinisikan konsumsi untuk masing-masing sub-sistem per unit massa produk dari sistem yaitu :

$$\varepsilon i = \frac{Ei}{m} \dots\dots\dots (2.7)$$

Sebagai contoh, untuk sistem yang ditunjukkan pada gambar 2.4 berikut ini :



Gambar 2.4 Contoh Ketergantungan Aliran Sistem

Jadi energi yang dikonsumsi masing-masing sub-sistem per unit massa produk, jika efisiensi konversi material masing-masing sub-sistem 50 % dan $M_o = 1$ adalah :

$$\varepsilon_1 = 4 \cdot E_1' \dots\dots\dots (2.8a)$$

$$\varepsilon_2 = 2 \cdot E_2' \dots\dots\dots (2.8b)$$

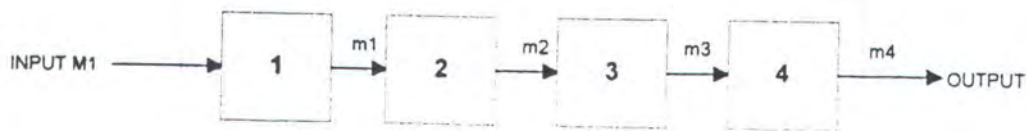
$$\varepsilon_3 = E_3' \dots\dots\dots (2.8c)$$

Konsumsi energi bagi keseluruhan sistem di atas adalah penjumlahan dari harga energi dari masing-masing sub-sistem. Energi untuk suatu sistem tidak selalu merupakan penjumlahan sederhana dari semua harga energi sub-sistem, sebab harga ini tidak lepas dari ketergantungan macam rangkaian yang ada dalam sistem yang dianalisa. Kombinasi rangkaian sub-sistem dalam suatu industri tentu banyak ragamnya, meskipun demikian macam rangkaian dapat dikelompokkan atas tiga macam, yaitu :

1. Rangkaian seri
2. Rangkaian paralel
3. Rangkaian dengan loop umpan balik

Berikut ini akan diberikan penyelesaian untuk energi yang diperlukan sistem atas ketiga macam rangkaian yang disebutkan diatas.

1. Rangkaian Seri



Gambar 2.5 Rangkaian Sistem Seri

Pada sistem ini terdapat ketergantungan antara sub-sistem 1 dengan sub-sistem 2, dan antara sub-sistem 2 dengan sub-sistem 3, dan seterusnya. Jika efisiensi konversi material suatu sistem berubah, efek dari perubahan ini akan diteruskan ke rangkaian berikutnya. Ciri khas ini menjadi lebih jelas jika energi sistem untuk rangkaian ini dihitung dari efisiensi konversi material untuk masing-masing sub-sistem. Energi sistem dapat ditulis :

$$Es' = E1' \cdot \frac{m1}{m4} + E2' \cdot \frac{m1}{m4} + E3' \cdot \frac{m3}{m4} + E4' \dots (2.9)$$

Sedangkan :

$$m1 = C1 \cdot M1 \dots (2.10a)$$

$$m2 = C2 \cdot M2 = C1 \cdot C2 \cdot M1 \dots (2.10b)$$

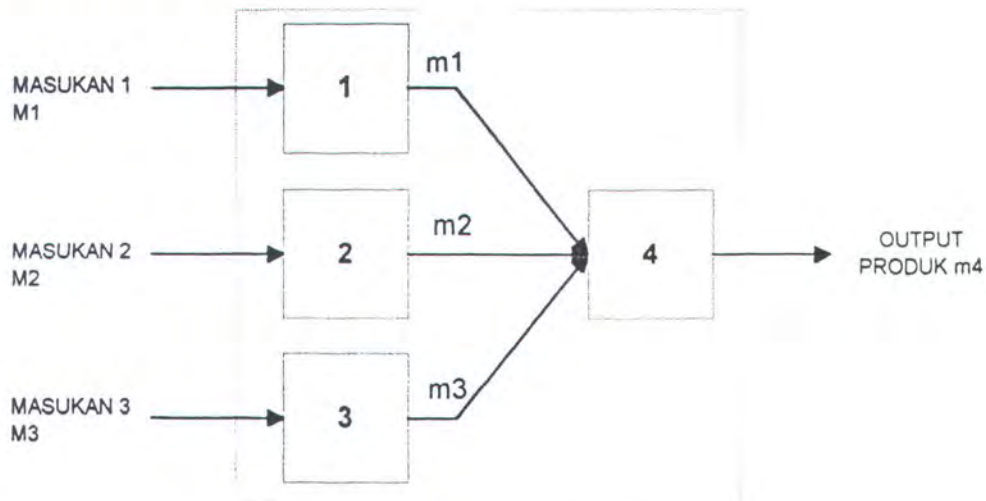
$$m3 = C3 \cdot M3 = C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot M1 \dots (2.10c)$$

$$m4 = C4 \cdot M4 = C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot C4 \cdot M1 \dots (2.10d)$$

substitusi persamaan (2.10) ke persamaan (2.9) sehingga diperoleh :

$$Es' = \frac{E1'}{C2 \cdot C3 \cdot C4} + \frac{E2'}{C3 \cdot C4} + \frac{E3'}{C4} + E4' \dots (2.11)$$

2. Rangkaian Paralel



Gambar 2.6 Rangkaian Sistem Paralel

Berdasarkan definisi dari harga energi untuk masing-masing sub-sistem, maka untuk rangkain pada gambar 2.5 diatas, energi sistem per unit E_s keluaran adalah:

$$E_s' = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4 \dots\dots\dots (2.12)$$

Atau dapat dinyatakan :

$$E_s' \cdot m_4 = E_1' \cdot m_1 + E_2' \cdot m_2 + E_3' \cdot m_3 + E_4' \cdot m_4 \dots (2.13a)$$

$$E_s' = E_1' \cdot \frac{m_1}{m_4} + E_2' \cdot \frac{m_2}{m_4} + E_3' \cdot \frac{m_3}{m_4} + E_4' \dots\dots\dots (2.13b)$$

Dari persamaan (terakhir) dapat terlihat ketergantungan energi sistem terhadap efisiensi konversi material pada sub-sistem 4, dan ketergantungan juga tampak pada sub-sistem 1, 2 dan 3 terhadap sub-sistem 4.

Jika C_i adalah efisiensi konversi material, E_i adalah konsumsi energi untuk masing-masing sub-sistem dan M_i adalah masukan massa untuk sub-sistem ke-i, maka :

$$m_1 = C_1 \cdot M_1$$

$$m2 = C2 . M2$$

$$m3 = C3 . M3$$

$$m4 = C4 . M4$$

$$M4 = C1 . M1 + C2 . M2 + C3 . M3$$

Dengan menggabungkan persamaan diatas dan menghilangkan komponen m1, m2, m3 dan m4, maka energi sistem adalah :

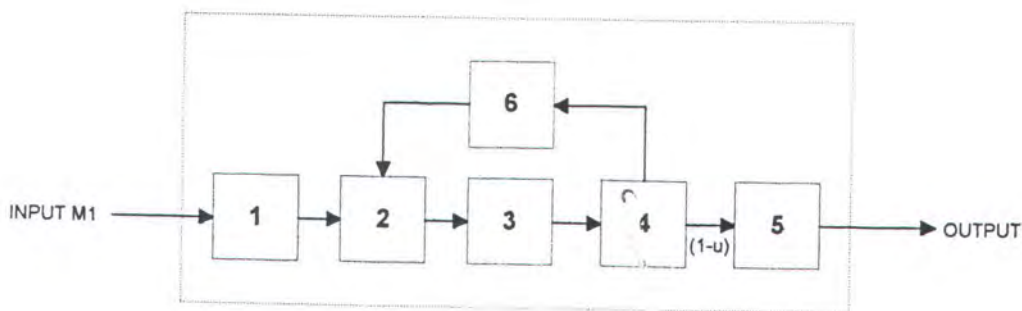
$$Es' = \frac{E1' . C1 . M1 + E2' . C2 . M2 + E3' . C3 . M3}{C4 (C1 . M1 + C2 . M2 + C3 . M3)} + E4' \dots (2.14)$$

$$f1 = \frac{C1 . M1}{C1 . M1 + C2 . M2 + C3 . M3} \dots \dots \dots (2.15)$$

dimana $f1$ adalah fraksi masukan material untuk sub-sistem 1 terhadap masukan sistem, sedemikian $f2$ untuk sub-sistem 2 dan seterusnya, maka persamaan 2.14 dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$Es' = E1' . \frac{f1}{C4} + E2' . \frac{f2}{C4} + E3' . \frac{f3}{C4} + E4 \dots \dots \dots (2.16)$$

1. Rangkaian dengan loop umpan balik



Gambar 2.7 Rangkaian Sistem dengan Umpan Balik

Anggap tidak ada material yang terbuang dari masing-masing sub-sistem, maka

konsumsi energi untuk sub-sistem 1 sampai dengan 4 adalah :

$$E1'.m + E2'.m + E3'.m + E4'.m \dots\dots\dots (2.17)$$

Pada sub-sistem 4, sebagian dari aliran massa yang melalui sub-sistem ini yaitu sebesar $(1 - u)m$, masuk ke sub-sistem 5. Konsumsi energi dari sub-sistem 5 yaitu:

$$E5' (1 - u) \dots\dots\dots (2.18)$$

sisanya sebesar $u.m$ akan melalui lintasan loop umpan balik sub-sistem 6, 2, 3, 4 dan mengkonsumsi energi sebesar :

$$(E6' + E2' + E3' + E4') . um \dots\dots\dots (2.19)$$

Kembali lagi pada sub-sistem 4, massa um dipisah menjadi $(1 - u) um$ masuk ke sub-sistem 5, mengkonsumsi energi sebesar :

$$E5' (1 - u) um \dots\dots\dots (2.20)$$

dan sisanya sebesar u^2m akan melalui lagi lintasan loop umpan balik, dan seterusnya akan berulang kembali untuk waktu yang tak terhingga, sehingga tidak aliran massa melalui lintasan umpan balik.

Energi total untuk mencapai keadaan ini ialah jumlah dari semua persamaan di atas, maka energi sistem dinyatakan sebagai berikut :

$$Es' = (E1' + E2' + E3' + E4' + E5') + \frac{u}{1-u} (E2' + E3' + E4' + E6') \dots (2.21)$$

bagian pertama dari persamaan menyatakan konsumsi energi untuk rangkaian linier untuk sub-sistem 1 sampai dengan 5, sedangkan yang kedua menyatakan semua operasi yang melibatkan lintasan umpan balik.

2.1.5. Sistem Industri yang Sebenarnya

Kerumitan dalam industri yang sebenarnya akan mempersulit penentuan

batas sistem. Oleh karena itu dalam penentuan batas sistem harus diingat tiga hal, yaitu :

1. Setiap proses dalam industri dapat ditetapkan sebagai suatu sistem yang mengubah material secara fisik atau kimia.
2. Sistem yang menjelaskan suatu proses industri dapat dibatasi oleh input dan output material dan energi, serta oleh fungsi dari sistem yang melaksanakan proses tersebut.
3. Suatu proses industri bagaimanapun rumitnya dapat dibagi menjadi beberapa rangkaian komponen yang satu sama lainnya dihubungkan oleh aliran material.

Dalam kenyataannya, mata rantai aliran material dari suatu proses ke proses yang lainnya dapat terjadi secara berkesinambungan atau dapat terjadi secara sesaat, sehingga dalam analisa perlu dicantumkan periode waktu yang menjadi patokan dalam pengumpulan data operasi.

2.2. Audit dan Konservasi Energi

Konservasi Energi adalah penggunaan energi secara bijaksana yang dicapai dengan cara penganeekaragaman pemakaian sumber energi yang bertujuan menghasilkan efisiensi dan efektifitas penggunaan energi yang tinggi. Efisiensi penggunaan energi bukan berarti bekerja tanpa menggunakan energi, tetapi mengurangi atau menghilangkan pemborosan penggunaan energi diseluruh unit kerja pabrik sehingga untuk menghasilkan barang yang sama diperlukan jumlah energi yang lebih sedikit. Setelah melalui konservasi energi, akan diperoleh suatu sistem yang efisien dan handal, yaitu penggunaan energi secara tepat, berdaya

guna dan ekonomis.

Pelaksanaan konservasi energi dapat dikelompokkan dalam tiga jenis usaha¹, yaitu:

1. Penataan (Housekeeping)

Menyangkut perbaikan-perbaikan prosedur operasi dari proses dan peralatan yang ada. Yang relatif tidak memerlukan investasi, sangat efektif dan dapat dilakukan dalam jangka waktu singkat (kurang dari 6 bulan). Efisiensi yang bisa diperoleh dari usaha ini adalah penghematan energi berkisar 5-10%.

2. Modifikasi dengan investasi sedang (retrofitting)

Menyangkut modifikasi dari peralatan atau pabrik termasuk perbaikan-perbaikan isolasi dari pipa dan tangki, mengadakan penambahan peralatan untuk pengontrolan yang lebih baik, dan lain-lain. Penghematan dapat dicapai dalam jangka waktu yang tidak lama (kurang dari 1 tahun). Efisiensi energi yang bisa diperoleh berkisar 7-15%.

3. Modifikasi dengan investasi besar

Menyangkut perubahan-perubahan yang besar atau modifikasi menyeluruh dari plan dengan pemakaian teknologi efisiensi penggunaan yang terbaru, dimana penghematan dicapai dalam jangka waktu yang lebih lama (lebih dari 2 tahun). Efisiensi energi yang bisa dicapai berkisar 20-30%.

Contohnya, konversi dari proses basah ke proses kering pada industri semen.

Untuk tujuan optimalisasi pemakaian energi, audit energi yang lengkap dan terperinci perlu dilakukan termasuk didalamnya identifikasi, definisi dan solusi persoalan. Secara garis besar program konservasi energi dapat dibagi dalam

¹ Direktorat Jendral Listrik Pengembangan Energi, Audit Energi Sektor Industri (Jakarta : Departemen Pertambangan Dan Energi, 1995), p.6.

4 tahap, yaitu :

1. Audit energi pendahuluan; dalam tahap ini dilakukan analisa karakteristik pemakaian energi secara makro. Hasil dari analisa ini harus dapat menunjukkan kondisi operasi dari suatu sistem audit energi terperinci.
2. Energi audit terperinci; hasil dari audit energi ini memungkinkan untuk meletakkan dasar analisa ekonomi dari alternatif langkah-langkah yang dapat ditempuh dalam program konservasi energi.
3. Evaluasi dan implementasi; dari hasil yang diperoleh tahap sebelumnya, maka pada tahap ini cara yang tepat untuk menaikkan efisiensi proses telah ditentukan, bersama dengan penilaian aspek ekonomi dan perencanaan detail implementasi.
4. Pelaksanaan program teknik; yaitu berupa pemasangan perangkat keras dan perangkat lunak.

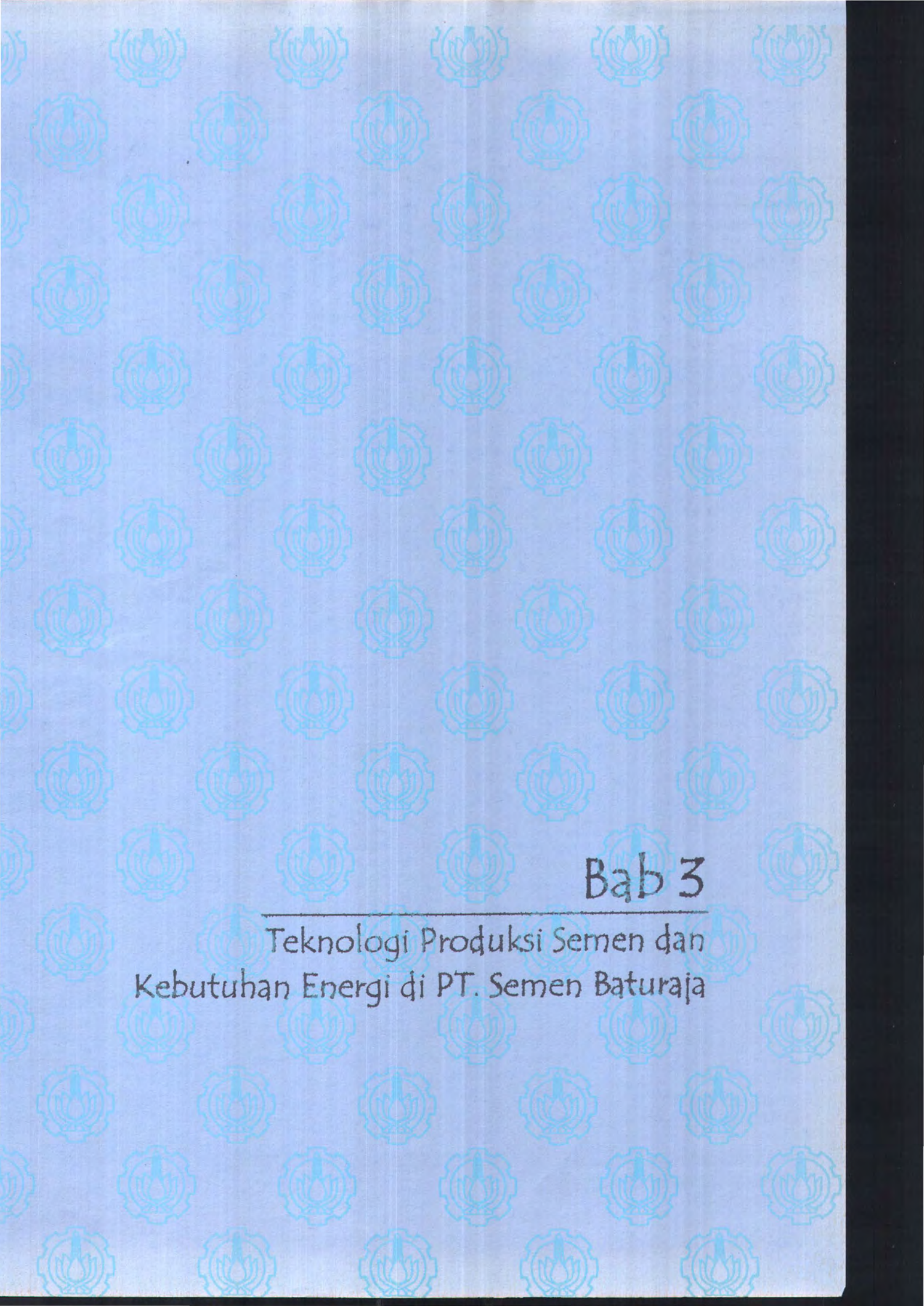
Dengan demikian dapat dipahami bahwa melaksanakan konservasi energi tidak hanya terbatas pada manajemen dan optimalisasi proses saja, akan tetapi juga berusaha mencari kemungkinan alternatif proses dan teknologi yang dapat mengurangi pemakaian energi.

Salah satu aspek yang sangat penting dalam konservasi energi adalah analisa karakteristik pemakaian energi. Dalam menganalisa pemakaian energi dari suatu sistem pada dasarnya terdiri dari 4 tahap, yaitu :

1. Mengetahui proses dan fungsi komponen yang ada dalam sistem.
2. Mengumpulkan data operasi, masukan dan keluaran tiap komponen yang ada didalam batas fisik dari sistem yang dianalisa, untuk besarnya massa, energi, temperatur, komposisi kimia. Dengan data ini diharapkan kondisi operasi dari

sistem yang dianalisa dapat diamati

3. Analisa energi dari sistem dengan melibatkan massa dan energi. Melalui neraca energi, konsumsi energi spesifik (indek energi) dan efisiensi proses dapat diamati.
4. Penyajian hasil analisa.



Bab 3

Teknologi Produksi Semen dan
Kebutuhan Energi di PT. Semen Baturaja

BAB III

TEKNOLOGI PRODUKSI SEMEN DAN KEBUTUHAN ENERGI DI PT. SEMEN BATURAJA

3.1. Jenis Semen

Semen adalah hasil ikatan antara senyawa-senyawa seperti batu kapur, tanah liat, pasir silika dan pasir besi yang bersifat hidrolis dengan bahan tambahan (additive) seperti gipsum sebagai bahan pengendali proses pembekuan semen (retarder). Ada beberapa jenis semen yaitu :

1. Semen Portland
2. Semen Campur
3. Semen Khusus

3.1.1. Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis , dinamakan demikian karena daya rekat semen akan bertambah dan mencapai maksimum setelah ditambah air. Semen ini dihasilkan dengan cara menggiling terak semen (clinker) portland yang terutama terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan diberi bahan tambahan berupa satu atau lebih senyawa kalsium sulfat. Semen portland ini dapat diklasifikasikan dalam lima tipe, yaitu

- Semen Portland tipe I, yaitu semen portland yang digunakan untuk penggunaan umum seperti pengerasan jalan, gedung, jembatan dan jenis konstruksi lainnya yang tidak ada kemungkinan mendapat serangan sulfat dari tanah dan timbulnya panas hidrasi yang tinggi. Dengan syarat kimia :



C_3S 48 – 52 %, C_3A 10 – 15 %

- Semen Portland tipe II, yaitu semen portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang, dipergunakan untuk bangunan tepi laut, bendungan, dam, bangunan irigasi atau beton yang membutuhkan panas hidrasi yang rendah. Dengan syarat kimia :

C_3S sedang, C_3A maksimal 8%, Alkali rendah

- Semen Portland tipe III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahanan permulaan setelah pengikatan terjadi. Sifat terpentingnya adalah nilai pengembangan kekuatannya cepat. Dipergunakan untuk bangunan yang memerlukan kekuatan tekan yang sangat kuat seperti jembatan dan pondasi berat. Dengan syarat kimia :

C_3S nya tinggi dan butiran semennya sangat halus.

- Semen Portland tipe IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah. Dipergunakan untuk kebutuhan pengecoran yang tidak menimbulkan panas, pengecoran dengan penyemprotan (setting time lama). Dengan syarat kimia :

C_3S dan C_3A rendah

- Semen Portland tipe V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat, dipakai dalam bangunan suasana asam, tangki bahan kimia dan untuk pipa-pipa di bawah tanah. Dengan syarat kimia :

C_3S rendah.

3.1.2. Semen Campuran

- Semen Portland Pozoland dibuat dengan cara menggiling bersama-sama terak semen portland dengan pozoland (trass) atau dengan mencampur butiran halus, hidrasi kapur dengan pozoland sampai homogen.

Sifat semen portland pozoland adalah panas hidrasi rendah, tahan sulfat dan air laut, kekuatannya kurang. Semen ini dipakai untuk bangunan di tepi laut, untuk pembetonan yang besar dan luas(dam), irigasi dan sejenisnya.

- Semen Portland Terak Tanur diperoleh dengan cara menggiling terak semen portland dengan terak tanur (slag). Slag adalah bahan non metal hasil samping pengecoran besi dalam tanur tinggi yang mengandung campuran kapur silika, alumina atau kalsium silikat dan kalsium alumina silikat. Semen ini mempunyai sifat :

- Kehalusan lebih tinggi daripada semem portland tipe I.
- Kecepatan hidrasi dan panas hidrasi lebih rendah daripada semen portland tipe I.
- Kekuatan tekan awal rendah.
- Ketahan terhadap sulfat lebih baik (untuk slag $\geq 60\%$).
- Dipakai untuk gedung – gedung (yang menggunakan beton bertulang) bangunan air dan beton pratekan.

- Semen Masonry yaitu semen yang diperoleh dengan cara menggiling terak semen portland dengan kapur halus. Sifat semen ini adalah penyerapan airnya baik, daya plastisitasnya tinggi, kekuatan tekannya rendah.

3.1.3. Semen Khusus

- Semen Oil Well diperoleh dengan mencampur semen portland dengan bahan retarder khusus seperti campuran gum arabic dengan asam borat, casein, lignin, gula atau organic hidroxide acid.

Dipergunakan untuk :

1. Melindungi ruangan antara oil well casing dengan karang atau tanah disekelilingnya.
2. Pelindung oil well casing dari penyerangan air yang bersifat korosif.
3. Menyangga oil well casing sehingga mengurangi tegangan dalam pipa baja.
4. Menyumbat aliran air masuk ke dalam sumur minyak.

Sifat semen oil well yaitu tegangan tarik kecil, pengeringan lambat, tahan terhadap tekanan dan suhu tinggi .

- Semen Portland Putih yaitu semen yang berwarna putih yang dibuat dari bahan mentah yang mengandung oksida mangan yang sangat rendah dibawah 1%. Dipergunakan untuk luluhan traso, bangunan arsitektur, dekorasi.
- Semen Super Sulfat yaitu semen yang dibuat dari blast furnace slag yang mengandung alumina tinggi, clinker semen portland sampai 5% dan lebih dari 3% kalsium sulfat.

3.2. Proses Pembuatan Semen

Dalam proses pembuatan semen ada beberapa jenis proses yang pada dasarnya tidak jauh berbeda yaitu :

1. Proses basah

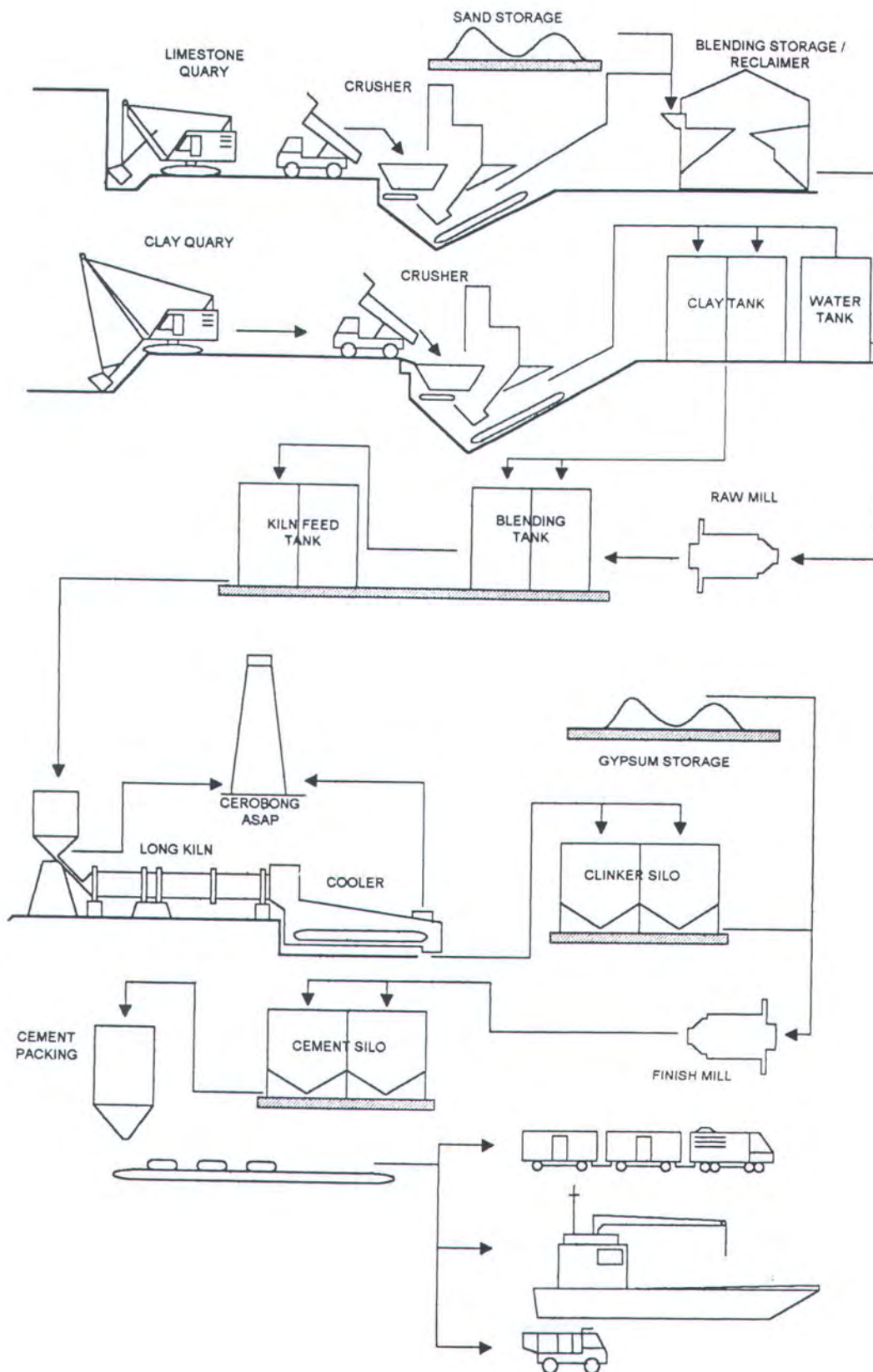
2. Proses semi basah
3. Proses semi kering
4. Proses kering

Perbedaan proses diatas terutama pada tanur semen (kiln).

3.2.1. Proses Basah

Pada proses ini material digiling sambil ditambah air sehingga menjadi luluhan (slurry) dengan kadar air 25 – 40 %. Selama proses penggilingan terjadi pula proses pencampuran (mixing) sehingga luluhan menjadi homogen dan memenuhi syarat komposisi, serta siap diumpankan ke kiln untuk dibakar. Kiln untuk proses basah mempunyai ukuran yang sangat panjang dan banyak memerlukan supporting roller.

Karena harus mengeringkan kadar air yang cukup tinggi dari luluhan maka proses ini memerlukan jumlah panas yang tinggi selama pembakaran yang berarti membutuhkan bahan bakar yang banyak atau boros energi (1500 – 1900 Kcal/kg terak), akibatnya kiln yang digunakan harus sangat panjang dan membutuhkan tempat yang luas. Dan rata-rata kapasitas produksi kiln rendah. Keuntungan proses ini adalah pencampuran dan koreksi komposisi umpan kiln lebih mudah karena bentuknya luluhan, sehingga deposit yang tidak homogen tidak terlalu berpengaruh dalam proses. Raw material yang sticky dan plastis tidak menimbulkan problem. Kadar alkali klorida dan sulfat tidak menimbulkan gangguan penyempitan dalam saluran atau pipa. Proses baik digunakan jika kadar air raw material cukup tinggi. Dan fluktuasi kadar air tidak terlalu pada proses.



Gambar 3.1 Proses Basah

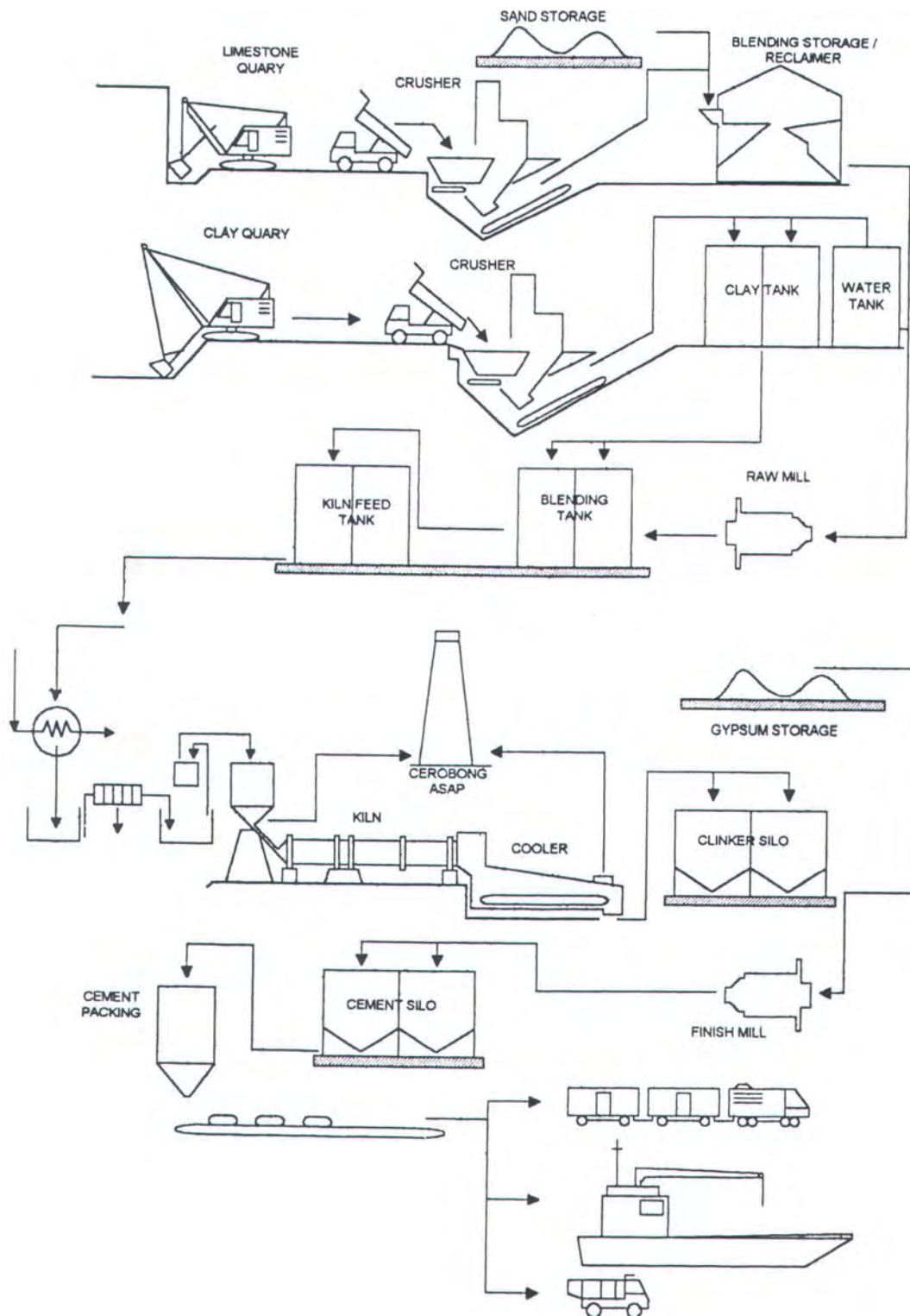
Karena harus mengeringkan kadar air yang cukup tinggi dari luluhan maka proses ini memerlukan jumlah panas yang tinggi selama pembakaran yang berarti membutuhkan bahan bakar yang banyak atau boros energi (1500 – 1900 Kcal/kg terak), akibatnya kiln yang digunakan harus sangat panjang dan membutuhkan tempat yang luas. Dan rata-rata kapasitas produksi kiln rendah. Keuntungan proses ini adalah pencampuran dan koreksi komposisi umpan kiln lebih mudah karena bentuknya luluhan, sehingga deposit yang tidak homogen tidak terlalu berpengaruh dalam proses. Raw material yang sticky dan plastis tidak menimbulkan problem. Kadar alkali klorida dan sulfat tidak menimbulkan gangguan penyempitan dalam saluran atau pipa. Proses baik digunakan jika kadar air raw material cukup tinggi. Dan fluktuasi kadar air tidak terlalu pada proses.

3.2.2. Proses Semi Basah

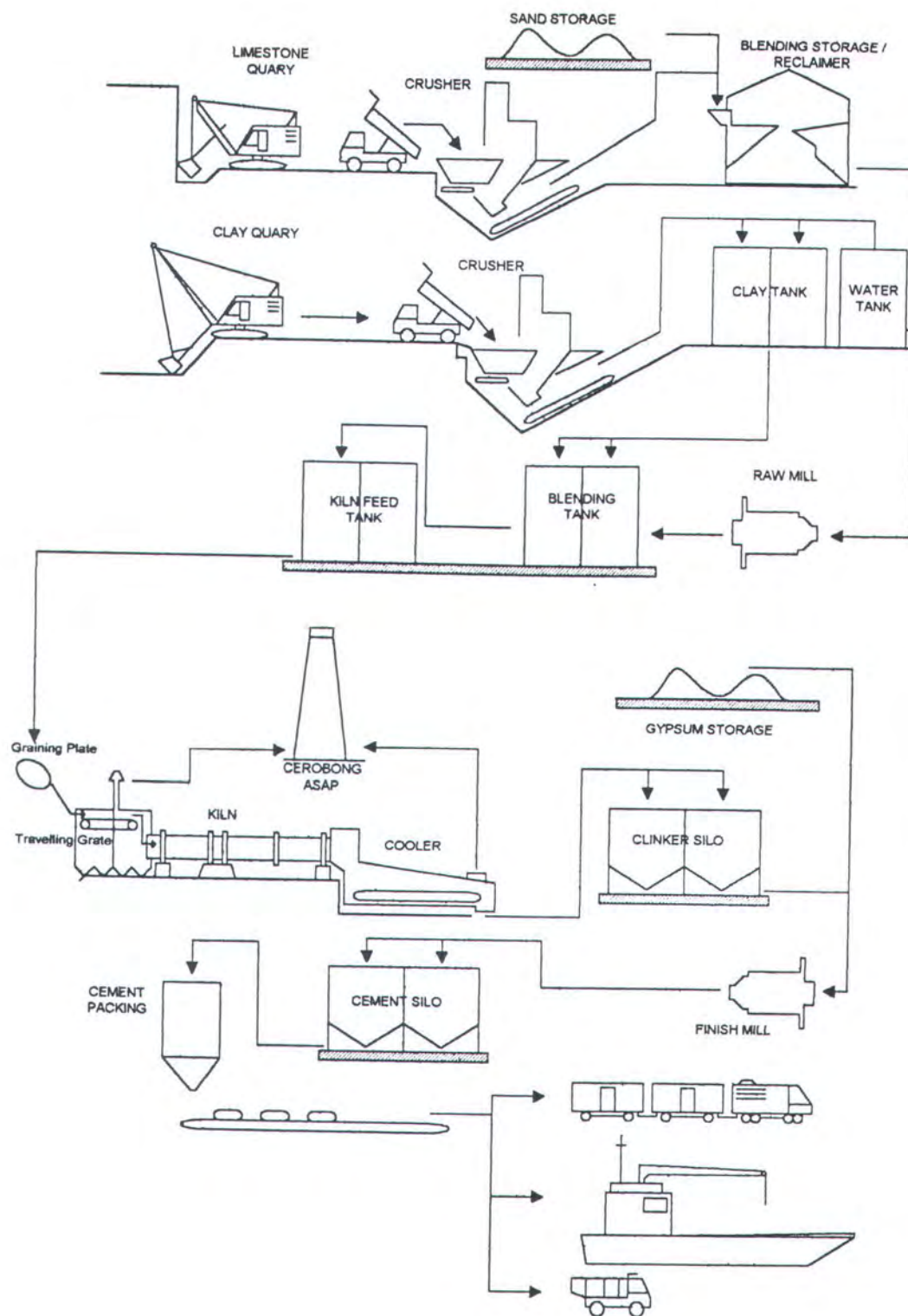
Umpan tanur berupa nodule (granula) atau pellet (cake) dengan kadar air 15 – 25 % dibuat dengan bantuan filter press. Konsumsi panas pada proses ini 1000 – 1200 Kcal/kg terak.

3.2.3. Proses Semi Kering

Umpan tanur pada proses ini berupa tepung kering, lalu disemprot dengan alat granulator (Pelletizer) disemprot dengan air untuk dibentuk menjadi granula (nodule) dengan kadar air 10 – 12 % dan ukurannya 10 – 12 mm. Proses ini bisa menggunakan tanur tegak (shaft kiln) atau long rotary kiln. Konsumsi panas berkisar 1000 Kcal/kg terak.



Gambar 3.2 Proses Semi Basah



Gambar 3.3 Proses Semi Kering

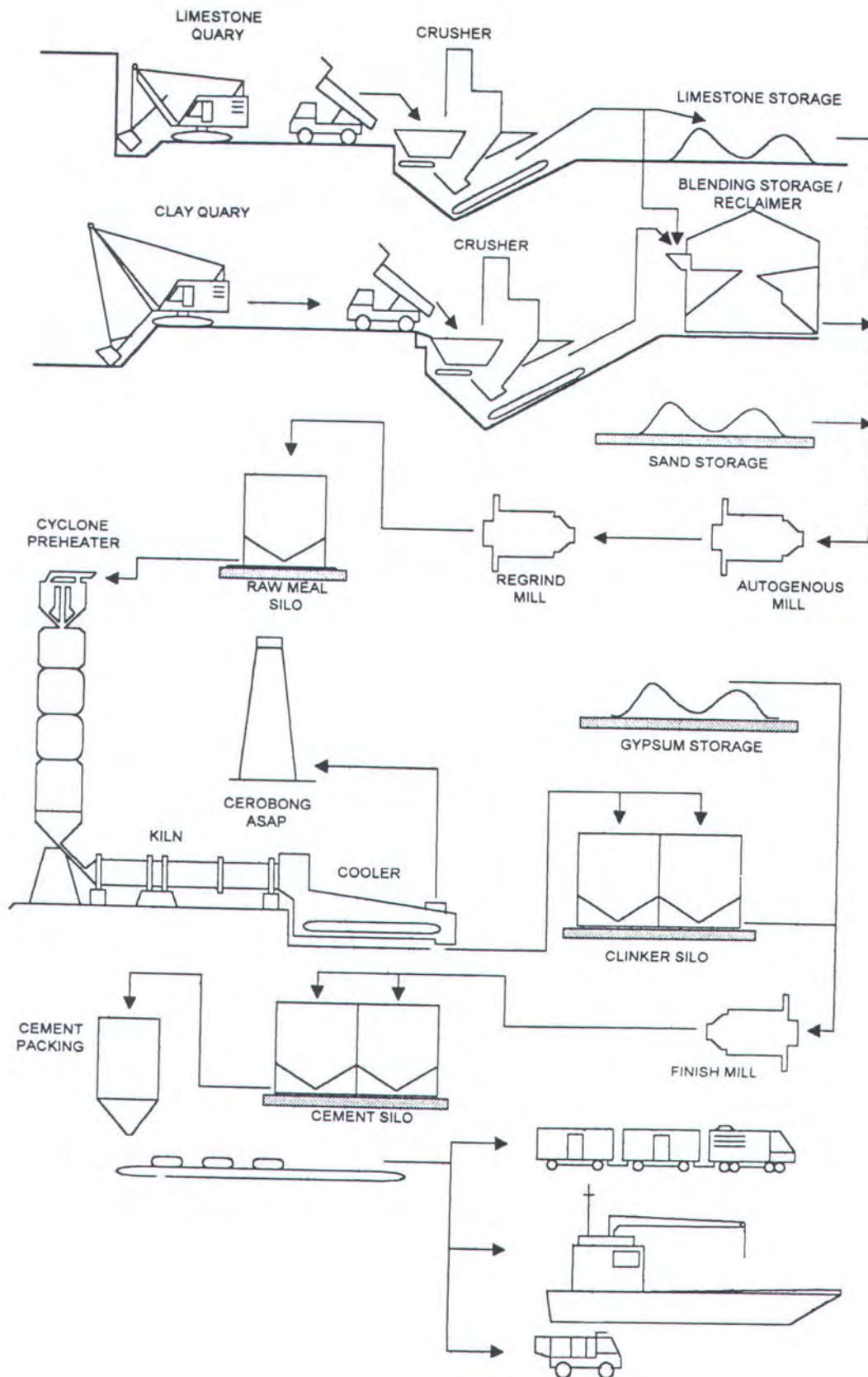
3.2.4. Proses Kering

Untuk mengurangi tingginya biaya menghilangkan air pada proses basah, terutama untuk proses menghilangkan kadar air yang sampai 40%, maka digunakan prinsip preblending dari raw material dan homogenisasi umpan tanur (raw mix) dalam keadaan kering (kadar air 0,5 – 1 %), maka sistem pembakaran menjadi sistem kering. Hal ini dilaksanakan dengan pemasangan pemanasan diluar kiln (preheater), dimana material dipanaskan dengan jalan mensuspensikan kedalam aliran udara panas. Sehingga konsumsi panas berkisar dibawah 1000 Kcal/kg terak.

Keuntungan sistem ini yaitu kiln yang digunakan relatif lebih pendek, kebutuhan panas lebih rendah, dan rata-rata kapasitas produksi kiln menjadi lebih besar.

Sedangkan kerugian proses ini adalah fluktuasi kadar air sangat mengganggu proses produksi karena lengketnya material menyebabkan penyumbatan pada chute, dan impuritis yang berupa alkali clorida dan sulfate dapat menyebabkan penyempitan pada pipa-pipa saluran.

Semen yang dibuat di PT. Semen Baturaja (Persero) ada 1 jenis yaitu Portland tipe I , dengan memakai proses kering.



Gambar 3.4 Proses Kering

3.3. Unsur Kimia Semen Portland Tipe I

Semen portland terutama terdiri oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO_2), oksida alumina (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3). Komposisi kimia material dasar semen (cement raw material)² setelah pembakaran mempunyai limitasi sebagai berikut :

Tabel 3.1 Cement Raw Material

Oksida	Komposisi (% berat)
CaO	60 – 69
SiO_2	17 – 24
Al_2O_3	4 – 8
Fe_2O_3	1 – 8
MgO	< 5
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	< 0,2
SO_3	1 – 3

Oksida utama semen di atas akan membentuk senyawa-senyawa yang disebut :

- Tri Kalsium Silikat, $(\text{CaO})_3.\text{SiO}_2$ disingkat C3S
- Di Kalsium Silikat, $(\text{CaO})_2.\text{SiO}_2$ disingkat C2S
- Tri Kalsium Aluminat, $(\text{CaO})_2.\text{Al}_2\text{O}_3$ disingkat C3A
- Tetra Kalsium Alumino Ferrite, $(\text{CaO})_4.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$ disingkat C4AF

Komposisi senyawa tersebut diatas pada semen portland yaitu :

- C3S bervariasi 35 – 55 % dan rata-rata 45 %

² Labahn, Otto, Cement Engineers Handbook, BAUVERLAG GMBH WIESBADEN AND BERLIN 1980, hal. 110

- C2S bervariasi 15 – 35 % dan rata-rata 25 %
- C3A bervariasi 7 – 15 %
- C4AF bervariasi 5 – 8 % dan rata-rata 8 %

Perubahan kimia yang terjadi karena proses pembakaran bahan mentah (raw meal) menjadi clinker semen portland³ yaitu :

Tabel 3.2 Proses Pembakaran Bahan Mentah (Raw Meal) menjadi Clinker

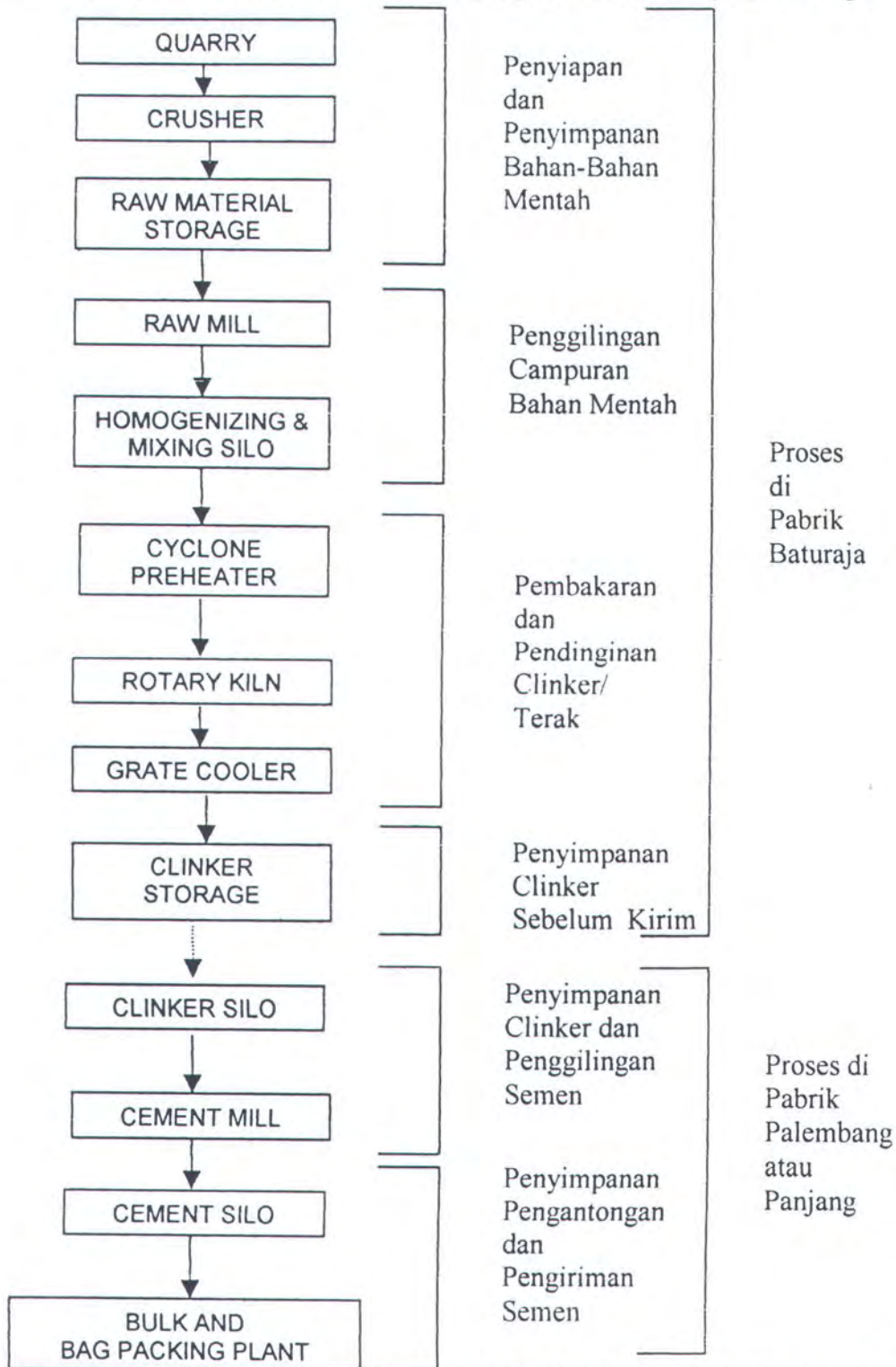
TEMPERATUR °C	PROSES	PERUBAHAN KIMIA
< 200	Penguapan air bebas	
100 – 400	Penguapan air terserap	
400 – 750	Dekomposisi tanah, contohnya pembentukan metakaolinite	$\text{Al}_4(\text{OH})_8.\text{Si}_4\text{O}_{10} \rightarrow 2(\text{Al}_2\text{O}_3 . \text{SiO})_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
600 – 900	Dekomposisi metakaolinite dan campuran yang lain dan pembentukan campuran oksida reaktif	$\text{Al}_2\text{O}_3 . \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$
600 – 1000	Perubahan kapur oleh $\text{CaO}.\text{SiO}_2$ dan $\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ sehingga terbentuk $(\text{CaO})_4.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ $3 \text{CaO} + 2 \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 2(\text{CaO} . 2 \text{SiO}_2) + \text{CaO} . \text{Al}_2\text{O}_3$
800 – 1300	Perubahan kapur oleh $\text{CaO}.\text{SiO}_2$ dan $\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}.\text{SiO}_3 + \text{CaO} \rightarrow (\text{CaO})_2.\text{SiO}_3$

³ Ibid., hal 120

	sehingga	terbentuk	$2\text{CaO} + \text{SiO}_3 \rightarrow (\text{CaO})_2.\text{SiO}_3$
	$(\text{CaO})_4.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$		$\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO} \rightarrow$
			$(\text{CaO})_3.\text{Al}_2\text{O}_3$
			$(\text{CaO})_3.\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{CaO} +$
			$\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow$
			$(\text{CaO})_4.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$
1250 – 1450	Perubahan lanjut	kapur	$(\text{CaO})_2.\text{SiO}_3 + \text{CaO} \rightarrow$
	oleh $(\text{CaO})_2.\text{SiO}_3$		$(\text{CaO})_3.\text{SiO}_3$

3.4. Tahapan Proses Kering

Tahapan pembuatan semen dapat dikelompokkan menurut proses sebagai berikut :



Gambar 3.5 Tahapan Proses Kering

3.4.1. Penyiapan dan Penyimpanan Bahan-Bahan Mentah

Pada tahap awal proses produksi semen ini bahan mentah yang perlu disiapkan terdiri dari :

1. Bahan mentah utama yaitu batu kapur (*limestone*) dan tanah liat (*clay*).
2. Bahan koreksi yaitu pasir silika (*silica sand*) dan pasir besi (*iron sand*).

Untuk itu dilakukan penambangan bahan-bahan tersebut, akan tetapi bahan yang bisa dipenuhi sendiri adalah bahan mentah utama saja, sedangkan bahan koreksi diperoleh dengan cara membeli.

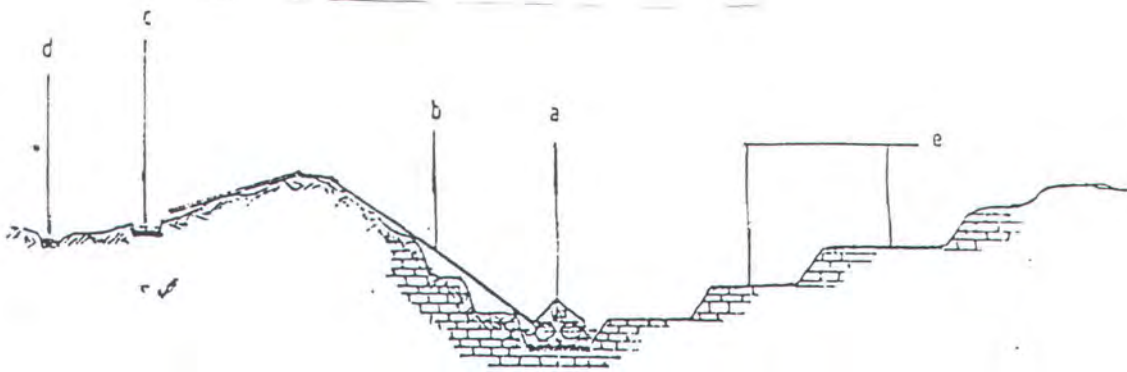
Penambangan batu kapur (*limestone*) dan tanah liat (*clay*) dilakukan dilakukan pada tempat yang berbeda tetapi letaknya tidak terlalu berjauhan.

Peralatan yang diperlukan dalam proses penambangan meliputi driling (pembor), pompa tambang, bulldoser, back hoe, hydraulic shovel, motor grader, wheel loader, hydraulic dump truck.

Metoda penambangan yang dilakukan untuk kedua bahan utama semen tidak berbeda, yaitu dengan metoda penambangan terbuka (*open pit*) yang mana penambangan dilakukan relatif dekat dengan permukaan bumi dan tempat kerjanya berhubungan langsung dengan udara luar. Karena letak deposit pada daerah yang relatif mendatar, jadi tempat kerja digali ke arah bawah sehingga membentuk cekungan (*pit*), ini disebut metoda penambangan *Pit Type Quarry*.

Metoda penambangan ini mengakibatkan terbentuk daerah cekungan yang dalam hingga dibawah tinggi permukaan air sungai yang ada disekitar areal penambangan yaitu Sungai Ogan dan Sungai Kemana, akibatnya terjadi perembesan air sungai menuju areal penambangan. Dan apabila terjadi hujan, airnya akan menggenangi daerah penambangan. Untuk itu dibuat kolam

penampungan air (bak penampung), yang berfungsi menampung air rembesan sungai dan air hujan, sehingga bahan tambang tidak bercampur air, dapat diambil dan kadar airnya dapat berkurang. Air dari kolam setiap saat harus dipompa dan dibuang ke Sungai Kemana, untuk itu diperlukan pompa tambang yang memakai energi listrik. Seperti ditunjukkan gambar 3.6.



Keterangan :

- a. posisi pompa tambang (berada di sump)
- b. pipa out let
- c. bak penampung
- d. sungai Kemana
- e. permukaan lantai benih.

Gambar 3.6 Alur Penirisan Tambang

Untuk mengambil deposit bahan tambang, pertama kali dilakukan peledakan dengan memakai ANFO (Amonium Nitrat Fuel Oil) untuk memperoleh batu kapur dan tanah liat dengan ukuran tertentu. Dengan memakai dump truck batu kapur diangkut ke limestone crusher. Disini batu kapur dihancurkan menjadi berukuran diameter antara 0 – 80 mm. Dengan memakai belt conveyor batu kapur diletakkan di stock pile dan limestone silo. Sedangkan untuk tanah liat setelah diangkut dump truck akan diproses di clay crusher yang berjenis roller crusher.

Dengan belt conveyor yang sama dengan belt conveyor untuk batu kapur, tanah liat diletakkan di stock pile yang sama dengan batu kapur dengan tujuan agar kedua bahan tersebut bercampur menjadi *raw mix*. Stock pile tersebut lebih dikenal dengan nama *blending storage*. Target kimia stock pile⁴ yaitu :

Tabel 3.3 Target Kimia Stock Pile

Komposisi	Prosentase (%)
LSF	96 – 98
SM	2,5 – 3,4
AM	2,4 – 4,9
RCO ₃	75 – 77
H ₂ O	Maksimum : 16
Ukuran Diameter Partikel	Maksimum : 80 mm

3.4.2. Penggilingan Campuran Bahan Mentah

Raw mix dari blending storage sebelum diumpankan ke Autogenous Mill akan dikoreksi dengan memakai batu kapur yang berasal limestone storage, pasir silika dan pasir besi. Material di dalam Autogenous Mill mengalami proses penghancuran dengan memakai ball mill yang berukuran diameter 50 mm sampai 100 mm dan proses pengeringan dengan memakai sumber panas dari exhaust gas kiln atau hot gas furnace. Selanjutnya diproses di Re grind Mill untuk menghasilkan ukuran yang lebih kecil, yang dikenal dengan nama Raw Meal dan

⁴ Agoes Pramoesinto, Ir., PENGENDALIAN PROSES PEMBUATAN SEMEN (PT. Semen Baturaja (Persero), Baturaja, 1996), hal. 6

disimpan dalam Raw Meal Silo. Dengan mempergunakan perhitungan modulus-modulus target kualitas Raw Meal⁵ yang diinginkan adalah :

Tabel 3.4 Target Kualitas Raw Meal

Komposisi	Prosentase (%)
LSF	96 – 98
SM	2,2 – 2,4
AM	1,5 – 1,8
RCO3	76,7 – 77,3
H ₂ O	Maksimum : 1
Kehalusan (R 90 micron)	8 – 12

3.4.3. Pembakaran Dan Pendinginan Terak (Clinker)

Proses dimulai dengan mengeluarkan raw meal dari raw meal silo untuk mengalami pemanasan awal dan pra-kalsinasi didalam Cyclone Preheater. Tipe cyclone yang dipakai 4th Stages Suspension Preheater, oleh karenanya terjadi empat kali pemanasan, diawali pada cyclone nomor satu berturut-turut sampai nomor empat dengan memakai sumber panas yaitu gas panas dari Rotary Kiln. Suhu gas panas berkisar 1100 – 1200 °C, keluar dari kiln masuk cyclone nomor empat dan menghasilkan raw meal yang bersuhu 810 – 830 °C, gas keluar dari cyclone nomor empat masuk cyclone nomor tiga dengan suhu berkisar 820–840°C dan menghasilkan raw meal yang bersuhu 680 – 710 °C, gas keluar dari cyclone nomor tiga masuk ke cyclone nomor dua dengan suhu 690 – 720 °C dan

⁵ Ibid., hal. 7

menghasilkan raw meal dengan suhu 520 – 540 °C, gas keluar dari cyclone nomor dua masuk cyclone nomor satu dan menghasilkan raw meal dengan suhu 310-330°C.

Raw meal keluaran cyclone preheater yang bersuhu 810 – 830 °C dan mempunyai kadar air 0,5 – 1 %, diumpankan dan dibakar dengan suhu 1450 °C pada Rotary Kiln. Bahan bakar kiln yang dipakai adalah batu bara dan Industrial Diesel Oil (IDO).

Untuk menghasilkan clinker yang baik ,yang berbentuk bulat- bulat dan porius, maka clinker mengalami proses pendinginan secara mendadak dari temperatur 1250 °C menjadi 90 - 150 °C, yang dikenal dengan Queching. Alat pendingin yang dipakai adalah Clinker Cooler tipe Grate Cooler yang memakai energi listrik dengan media pendingin utama udara dan air sebagai media bantu. Dipergunakan kipas angin atau blower untuk menghembuskan udara yang mendinginkan clinker. Target mutu clinker⁶ yang dihasilkan :

Tabel 3.5 Target Mutu Clinker

Komposisi Mineral	Prosentase (%)
LSF	93 – 95
SM	2,3 – 2,5 %
AM	1,5 – 1,7 %
FcaO	0,5 – 1,5 %
(CAO) ₃ .SiO ₃ = (C3S)	57 – 63 %
(CAO) ₂ .SiO ₃ = (C2S)	12 – 18 %
(CAO) ₃ .Al ₂ O ₃ = (C3A)	7 – 9 %

⁶ Ibid., hal. 9

$(\text{CAO})_4.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3 = (\text{C4AF})$	9 – 11 %
Liquid Phase (LP)	22 – 26 %
Burning Factor (BF)	116 – 120
Minimum Burning Temperatur (MBT)	1400 – 1450 deg.C
Liter/Weight (L/W)	1250 – 1350 gr/l

3.4.4. Penyimpanan Terak (Clinker) Sebelum Kirim

Clinker yang dihasilkan masuk ke chain conveyor ,dilanjutkan dengan bucket elevator dimasukkan ke Clinker Silo, yang berjumlah dua buah dengan kapasitas masing-masing 8500 ton. Clinker dari silo dengan memakai conveyor dipindahkan ke gerbong-gerbong kereta dan siap dikirim ke Pabrik Palembang dan Pabrik Panjang.

3.4.5. Penyimpanan Terak (Clinker) Setelah Kirim Dan Penggilingan Semen

Clinker dalam gerbong yang diterima dari Pabrik Baturaja dibongkar dan dikirim ke bin clinker untuk siap digiling jika pabrik beroperasi. Apabila pabrik sedang berhenti beroperasi clinker dikirim ke clinker silo.

Clinker dari silo dikeluarkan dan dikirim ke bin clinker untuk selanjutnya dihancurkan dan dicampur dengan gipsum di Cement / Finish Mill, dengan perbandingan komposisi 95 % clinker dan 5 % gipsum.

3.4.6. Penyimpanan dan Pengantongan Semen

Semen yang dihasilkan dengan bucket elevator disimpan di Cement Silo. Cement silo di Palembang berjumlah dua buah dan berkapasitas 5000 ton. Selanjutnya semen siap dipacking di Rotary Packer dan siap dipasarkan, atau semen siap dipasarkan secara langsung dengan sistem curah. Standar kualitas Semen Baturaja⁷ adalah sebagai berikut :

Tabel 3.6 Standar Kualitas Semen Baturaja

URAIAN	BESAR
SYARAT-SYARAT KIMIA :	
1. MgO, % maksimum	1,5
2. SO ₃ , % maksimum	3,0
3. Loss On Ignition, % maksimum	1,5
4. Insoluble Residue, % maksimum	0,5
5. Alkali sebagai Na ₂ O, % maksimum	0,6
6. C ₃ S, %	56 – 62
7. C ₂ S, %	12 – 20
8. C ₃ A, %	8 – 11
9. C ₄ AF, %	9 – 11
SYARAT- SYARAT FISIKA	
1. Kehalusan :	
- Residue 90 mikron, % maksimum	10
- Blaine, m ² /kg	320

⁷ Ibid., hal. 11

2. Waktu pengikatan dengan alat Vicat :	
- Awal, menit, minimum	110
- Akhir, menit, maksimum	350
3. Kekekalan :	
Pemuaian dengan alat Autoclave, % , maksimum	0,1
4. Kuat tekan :	
01 hari, kg/cm ² , minimum	-
03 hari, kg/cm ² , minimum	180
07 hari, kg/cm ² , minimum	260
28 hari, kg/cm ² , minimum	350
5. Pengikatan semu :	
Penetrasi akhir, % minimum	70

3.5. Kebutuhan Energi

Energi yang dipergunakan dalam produksi semen di Baturaja semen adalah energi listrik, energi panas dan energi mekanis. Energi listrik diperoleh dari PLN dan pembangkit milik sendiri yang berjenis PLTD. Energi panas diperoleh dari pembakaran batu bara dan Industrial Diesel Oil (IDO), dipergunakan untuk proses pengeringan dan pembakaran. Sedangkan energi mekanis diperoleh dari Solar (HSD) dan merupakan hasil perubahan energi listrik.

3.5.1. Energi Panas

Energi panas dalam proses produksi semen dipergunakan selama proses di Pabrik Baturaja, yaitu untuk :

1. Menguapkan air yang terdapat dalam bahan mentah (raw meal) dan batu bara.
2. Proses pembakaran bahan mentah (raw meal) menjadi clinker.

Energi panas yang lain adalah merupakan energi yang terbuang yang disebabkan karena :

1. Konveksi, radiasi panas dan kebocoran panas.
2. Panas yang terbuang lewat debu, sisa gas buang yang dibuang pada elektrosatatic precipitator.
3. Panas sisa pada peralatan pembakaran seperti kiln, cyclone preheater dan clinker.
4. Tidak sempurnanya proses pembakaran.

Untuk memenuhi kebutuhan energi panas diperoleh dari batu bara dan Industrial Diesel Oil (IDO).

Batu bara terdiri dari senyawa :

- Combustible Material, yaitu bahan yang dapat dibakar atau dioksidasi oleh oksigen dari udara yang pada umumnya terdiri dari:
 1. Fixed carbon
 2. Hidrokarbon compound
 3. Sulfur
 4. Nitrogen
 5. Phospor dsb.
- Non Combustible Material, yaitu bahan-bahan yang tidak dapat dibakar atau dioksidasi oleh oksigen. Berupa bahan padat dan gas, bahan padatnya yaitu

abu (ash) yang mengandung SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO dan alkali, sedangkan gas mengandung CO_2 , H_2O .

Sedangkan IDO hanya mengandung combustible material.

Kandungan senyawa non combustible material dalam bahan bakar umumnya tidak dikehendaki, karena akan menurunkan nilai bakar atau menurunkan suhu output bahan bakar yang pada operasi pembakaran semen justru dikehendaki suhu output setinggi mungkin, untuk mendapatkan kondisi operasi pembakaran yang efisien. Disamping itu dalam operasi pembakaran dibutuhkan kondisi suhu pembakaran yang stabil, terutama pada rotary kiln. Makin stabil suhu pembakaran di kiln maka umur dari batu tahan api (brick lining) makin panjang. Hal ini berarti faktor waktu kerja dari kiln makin panjang.

Untuk mendapatkan kondisi tersebut dibutuhkan kualitas bahan bakar yang stabil dan baik serta peralatan pembakar (gun burner) dengan keakuratan yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa operasi pembakaran tidak hanya membutuhkan kalori bakar, tetapi juga membutuhkan faktor pengaturan teknis yang baik untuk mendapatkan produktivitas yang tinggi.

Operasi pembakaran pada tanur putar merupakan langkah yang paling penting dalam industri semen baik ditinjau secara teknis maupun ekonomis. Operasi pembakaran di rotary kiln menentukan operasi di unit-unit lain serta memerlukan pemakaian energi panas yang paling besar dari produksi semen. Sedangkan produktivitas rotary kiln ditentukan oleh hari kerja kiln yang mana hari kerja tersebut ditentukan oleh ketahanan batu tahan api (brick lining).

Pemakaian bahan bakar yang mempunyai mutu yang bervariasi dalam operasi pembakaran di rotary kiln dapat menghasilkan produktivitas yang

berfluktuasi bila dibandingkan dengan bahan bakar yang mempunyai mutu relatif sama.

3.5.1.1. Batubara

Suplai batubara untuk memenuhi kebutuhan Pabrik Baturaja berasal dari Perum Tambang Batubara PT. Bukit Asam (Persero) dengan daerah penambangan Air Laya yang mempunyai calorifix value 6700 K Calori/kg dan harganya Rp 67.000/ton. Apabila kalori yang terkandung tidak seperti di atas maka harga ditentukan dengan memakai perhitungan :

$$\text{Harga Satuan FOR} = \frac{\text{Nilai kalori yang sebenarnya}}{6700 \text{ kkalori/kg}} \times \frac{\text{harga satuan FOR}}{\text{sesuai perjanjian}}$$

dimana FOR = free on rail di train loading station Tanjung Enim, Sumatera Selatan.

Persyaratan kualitas batu bara dari penambangan Air Laya yang diperlukan dalam proses pembakaran untuk produksi semen yaitu :

1. Nilai bakar atau calorifix value yaitu 6600 – 6800 K Calori/kg
2. Volatile matters yaitu 35 – 40 %
3. Total moisture, maksimum 18 %
4. Kadar abu atau ash content, maksimum 10 %
5. Kadar sulfur, maksimum 1 %
6. Kadar fixed carbon 45 – 55 %
7. Inherent moisture 7 – 10 %
8. Hard grove index 55 – 65
9. Ukuran grain 0 – 50 mm

3.5.1.2. Industrial Diesel Oil (IDO)

Kalor bahan bakar net dari IDO lebih besar dibandingkan dengan net kalor batu bara yaitu sekitar 10.857 kkalori/kg, berat jenis 0,847 , kinematic viscosity 4,70 est. Suplainya diperoleh dari Pertamina dan diangkut memakai rangkaian tangki bahan bakar milik PJKA. IDO dipakai untuk bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dan pembakaran di rotary kiln bersama-sama dengan batu bara.

3.5.2. Energi Listrik

Energi listrik diubah sebagian besar menjadi energi mekanis untuk menggerakkan motor dan sebagian kecil berubah menjadi energi panas yang terbuang. Energi mekanis tersebut sebagian besar digunakan untuk menggerakkan mesin penghancur (mill) yaitu clay crusher, limestone crusher, raw meal crusher, coal mill. Selain itu juga digunakan untuk menggerakkan motor peralatan transport, kipas pendingin, instrumentasi, sistem kontrol dan penerangan. Kebutuhan energi listrik diperoleh dari :

- Pabrik Baturaja : dari Pembangkit Tenaga Diesel (PLTD) milik sendiri sebesar 4 x 4.5 MVA, 6.3 KV, 50 Hz, pf 0.8 sebagai generator utama dan 2 x 250 KVA, 380/220 V, 50 Hz, pf 0.8 untuk keadaan darurat.
- Pabrik Palembang : dari PLN sebesar 5.000 KVA, 3 ϕ , 11,5 KV, 50 Hz
- Pabrik Panjang : dari PLN sebesar dan Pembangkit Tenaga Diesel (PLTD) milik sendiri sebesar 2 x 5 MVA dan 1 x 5 MVA untuk keperluan darurat (sistem emergency)

3.5.3. Energi Mekanis

Merupakan energi yang dipakai sebagai pendukung proses di Unit Quarry & Crusher , Unit Autogenous Mill , digunakan untuk menggerakkan dump truck, bulldoser dan kereta diesel. Dengan memakai bahan bakar solar.

3.6. Konsumsi Energi Spesifik

Efisiensi penggunaan energi suatu pabrik dapat dilihat dari besarnya pemakaian energi untuk menghasilkan satu satuan produk. Perbandingan jumlah energi yang digunakan untuk menghasilkan satu satuan produk disebut *energi spesifik*. Industri yang hemat energi adalah industri dengan energi spesifik yang rendah, sebaliknya industri yang boros energi adalah industri dengan pemakaian energi spesifik yang tinggi.

Setiap perubahan dari efisiensi energi berarti pemborosan atau penghematan energi namun perlu diingat bahwa industri yang sejenis tidak selalu sama dalam pemakaian energi spesifik. Perbedaan ini dapat terjadi misalnya karena alur proses yang digunakan sedikit berbeda atau faktor yang lain. Untuk itu bagi industri perlu ditetapkan pemakaian energi spesifiknya masing-masing yang disesuaikan dengan kondisi dan alur proses pabrik.

Besarnya energi spesifik mempunyai hubungan langsung dengan penentuan indeks penggunaan energi, yang dianalisa setiap periode waktu tertentu. Dengan penetapan indeks ini dapat diperoleh informasi tentang pola penggunaan energi dan sebagai upaya perencanaan penggunaan energi di masa yang akan datang.

Penentuan indeks ini meliputi:

1. Energi bahan bakar spesifik Unit Quarry & Crusher, Unit A. Mill, Unit Kiln
2. Energi bahan bakar spesifik untuk Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
3. Konsumsi energi listrik spesifik pada masing-masing unit

3.6.1. Konsumsi Energi Bahan Bakar Spesifik pada Unit Quarry & Crusher, Unit Autogenous Mill, Unit Kiln

Penentuan konsumsi bahan bakar spesifik pada Unit Quarry & Crusher, Unit A. Mill, Unit Kiln dibuat dalam periode waktu satu bulan, kemudian data tersebut digunakan untuk menyusun informasi statistik selama periode satu tahun.

Rumusan yang dipakai untuk memperhitungkan yaitu :

$$HV1 = \frac{SQ.HVS}{MBL}$$

$$HV2 = \frac{SA.HVS}{RM}$$

$$HV3 = \frac{U.V}{A}$$

$$SHC = \frac{X.Y}{A}$$

Keterangan :

HV 1 = Heating Value atau nilai panas Quarry & Crusher (kcal/kg Raw mix)

HV 2 = Heating Value atau nilai panas Autogenous Mill (kcal/kg Raw Meal)

HV 3 = Heating Value atau nilai panas Kiln (kcal/kg clinker)

SA = Penggunaan solar di Autogenous Mill (liter)

SQ = Penggunaan solar di Quarry & Crusher (liter)

HVS = Heating value solar (kcal/liter)

SHC = Specific Heat Consumption atau konsumsi panas spesifik Kiln (kcal/kg clinker)

U = besar konsumsi batu bara (kg)

V = nilai panas pembakaran batu bara (kcal/kg)

X = besar konsumsi IDO (liter)

Y = nilai panas pembakaran IDO (kcal/liter)

A = besarnya produksi terak (kg)

3.6.2. Konsumsi Energi Bahan Bakar Spesifik Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

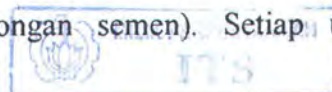
Penentuan energi bahan bakar spesifik untuk Pembangkit Listrik Tenaga Diesel juga dilakukan berdasarkan periode waktu satu bulan. Rumusan yang dipakai :

$$EPL = \frac{\text{Liter IDO}}{KWh}$$

EPL = Energi Pembangkitan Listrik (liter / KWh)

3.6.3. Konsumsi Energi Listrik Spesifik Pada Masing-Masing Unit

Perhitungan besarnya konsumsi energi listrik spesifik berdasarkan kebutuhan energi listrik masing-masing unit. Yaitu Unit Quarry&Crusher (penambangan, penyiapan dan penyimpanan bahan mentah), Unit Autogenous Mill (penggilingan campuran bahan mentah), Unit Kiln (pembakaran dan pendinginan terak/clinker, penyimpanan clinker sebelum kirim), Unit Coal Mill (penggilingan batubara) dan Unit Finish Mill (penyimpanan clinker dan penggilingan semen, penyimpanan dan pengantongan semen). Setiap unit



menghasilkan produk masing-masing yang akan digunakan untuk perhitungan indeks pemakaian listrik per satuan produk. Analisa perhitungan dilakukan dalam periode satu bulan.

Perhitungan konsumsi energi spesifik masing-masing unit memakai persamaan :

$$\text{Unit Quarry \& Crusher} = \frac{\text{Pemakaian Listrik Quarry \& Crusher}}{\text{Produk Raw Material}}$$

$$\text{Unit Autogenous Mill} = \frac{\text{Pemakaian Listrik Autogenous Mill}}{\text{Produk Raw Meal}}$$

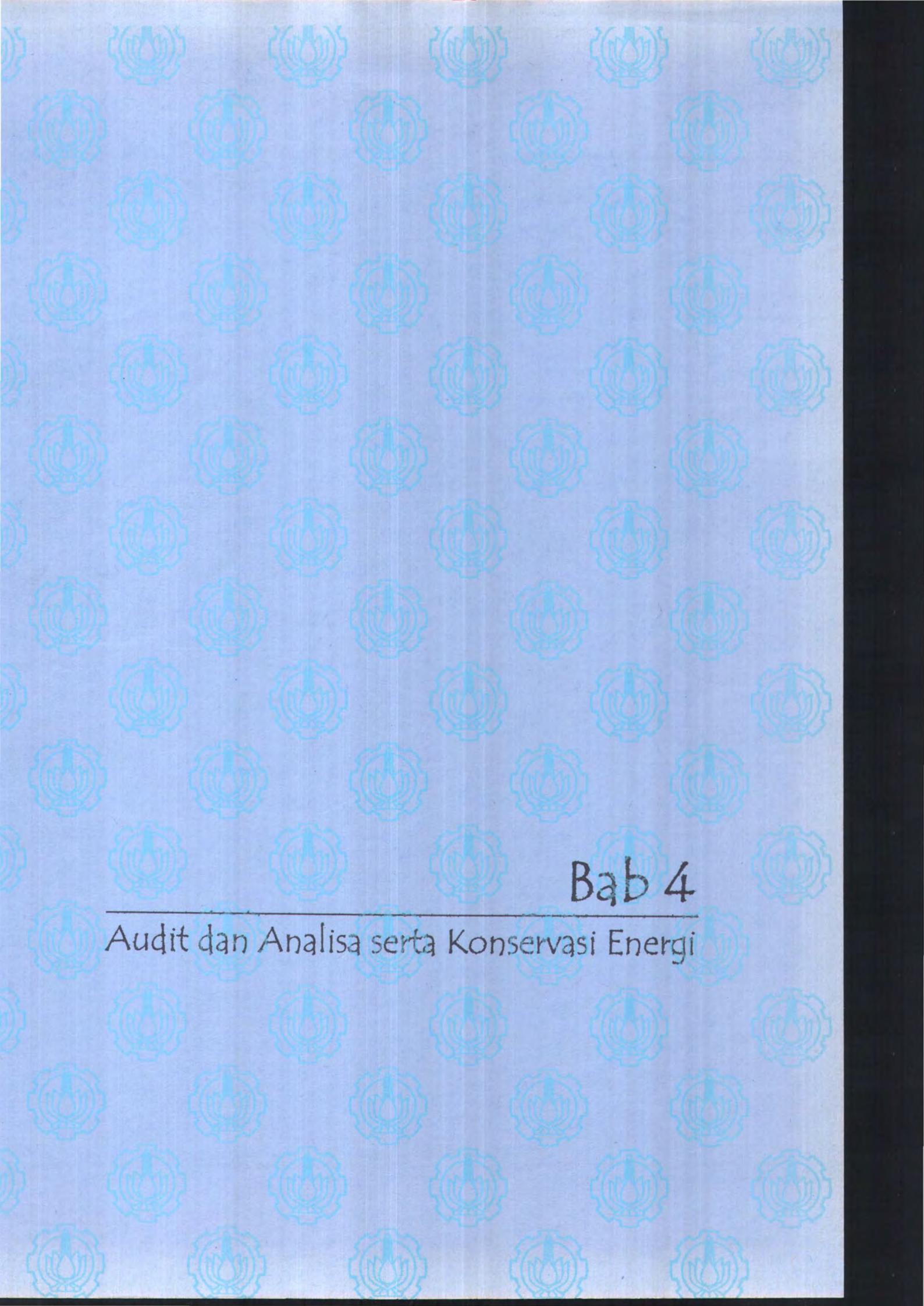
$$\text{Unit Kiln} = \frac{\text{Pemakaian Listrik Kiln}}{\text{Produk Clinker}}$$

$$\text{Unit Coal Mill} = \frac{\text{Pemakaian Listrik Coal Mill}}{\text{Produk Coal}}$$

$$\text{Unit Finishing Mill} = \frac{\text{Pemakaian Listrik Finishing Mill}}{\text{Produk Semen}}$$

Total konsumsi energi listrik spesifik

$$= \text{Unit Quarry\&Crusher} + \text{Unit Autogenous Mill} + \text{Unit Kiln} + \text{Unit Coal Mill} + \text{Unit Finish Mill (kwh/ton semen)}$$



Bab 4

Audit dan Analisa serta Konservasi Energi

BAB IV

AUDIT DAN ANALISA SERTA KONSERVASI ENERGI

4.1. Audit Energi

Sebagai langkah awal maka dilakukan pengumpulan data sekunder tentang penggunaan energi untuk tahun 1997 di Pabrik Baturaja, Pabrik Palembang dan Pabrik Panjang. Data tersebut kemudian diperiksa ulang (dilakukan prosedur penelusuran) dengan membandingkan dengan data yang ada di lapangan atau departemen yang bersangkutan (dokumen sumber). Tujuan prosedur penelusuran untuk menentukan kebenaran catatan akuntansi⁸. Penelusuran (*vouching*) ini menghasilkan bukti dokumenter yang kita sebut *Data Mentah*, yang mana data dipisahkan berdasarkan departemen. Dengan perincian sebagai berikut :

- Pabrik Baturaja :
 - Biro Penyediaan Bahan Mentah

Tabel 4.1. Biro Penyediaan Bahan Mentah

BULAN	SOLAR (HSD) liter	Mix Bed ton	Batu Kapur Storage ton	TOTAL CRUSHER KWh
JANUARI	38795	59649	3870	118580
PEBRUARI	44640	90292	7900	157000
MARET	54730	91910	10330	157970
APRIL	52640	79133	3490	160160
MEI	46060	67706	3450	140500
JUNI	44160	75037	11740	144360
JULI	52360	98272	11430	190680
AGUSTUS	46490	94053	9280	178970
SEPTEMBER	32825	44477		101660
OKTOBER	40610	96280	11140	165930
NOPEMBER	35990	63638	8810	134910
DESEMBER	50775	107848	11800	191980

⁸ Abdul Halim, Drs., MBA, Akt., Auditing I, (Yogyakarta : UPP AMP YKPN, 1997) , p. 153.

- Biro Produksi

Bagian Penggilingan Bahan Mentah

Tabel 4.2. Bagian Penggilingan Bahan Mentah

BULAN	RAW MIX PAKAI (ton)	PRODK. RAW MEAL (ton)
JANUARI	53881.40	56705.40
PEBRUARI	80269.40	84132.10
MARET	88056.00	88517.60
APRIL	72590.90	69275.10
MEI	60643.60	60113.10
JUNI	71874.60	79906.80
JULI	80312.30	87523.90
AGUSTUS	90242.40	92462.00
SEPTEMBER	40346.30	38923.00
OKTOBER	83913.50	89904.50
NOPEMBER	62184.30	66735.70
DESEMBER	82879.00	90562.00

Bagian Pembakaran

Tabel 4.3. Bagian Pembakaran

BULAN	RAW MEAL PAKAI (ton)	CLINKER PRODK. (ton)	IDO (liter)	RAW COAL (ton)
JANUARI	56657.70	34589.60	1010800	4109.21
PEBRUARI	82532.00	50385.80	993600	6627.00
MARET	88460.10	54004.90	791700	7805.66
APRIL	70275.90	42903.48	1368300	5680.95
MEI	62177.70	37959.50	1445300	5009.40
JUNI	77017.40	47019.20	1115800	5978.58
JULI	89023.90	54349.10	389100	7909.14
AGUSTUS	91937.00	56127.60	1524000	6219.82
SEPTEMBER	39224.80	23946.77	294400	2302.20
OKTOBER	87580.00	53467.65	451900	5346.70
NOPEMBER	68385.70	41749.51	1079500	4222.21
DESEMBER	90003.00	54946.89	1418000	5773.20

Bagian Coal Mill

Tabel 4.4. Bagian Coal Mill

BULAN	RAW COAL (ton)
JANUARI	4109.21
PEBRUARI	6627.00
MARET	7805.66
APRIL	5680.95
MEI	5009.40
JUNI	5978.58
JULI	7909.14
AGUSTUS	6219.82
SEPTEMBER	2302.20
OKTOBER	5346.70
NOPEMBER	4222.21
DESEMBER	5773.20

Bagian Utility

Laporan Bulanan Pemakaian Daya Listrik Power Station

Tabel 4.5. Laporan Bulanan Pemakaian Daya Listrik Power Station ,

BULAN	SUB TOTAL CRUSH ER KWh	SUB TOTAL MILL KWh	SUB TOTAL KILN KWh	COAL MILL TRAFO KWh	VILAGE & W. INTAKE KWh	AUXL. TRAFO KWh	POWER STATIO N KWh
JANUARI	118580	1523072	1065660	321370	321370	154610	75070
PEBRUARI	157000	2255903	1421940	478250	138340	174940	90290
MARET	157970	2400244	1527520	516440	170840	192730	102020
APRIL	160160	1914129	1295250	416090	177100	176650	89830
MEI	140500	1827145	1217680	427750	223730	171490	92680
JUNI	144360	1976960	1334180	425310	181180	162120	91310
JULI	190680	2137241	1524430	524960	133590	177580	101430
AGUSTUS	178970	2299891	1545990	507150	150650	167610	105590
SEPTEMBER	101660	1276850	825060	295040	162410	128200	76640
OKTOBER	165930	2431117	1455600	552090	164510	184710	113830
NOPEMBER	134910	1978675	1296540	436500	157190	177400	105260
DESEMBER	191980	2431117	1542130	534260	185460	191160	108530

Laporan Bulanan Pemakaian Daya Listrik Power Station

Tabel 4.6. Laporan Bulanan Pemakaian Daya Listrik Power Station

BULAN	PRODKS. KWh	IDO TOTAL liter
JANUARI	3676900.00	949262.00
PEBRUARI	5001220.00	1296280.00
MARET	5403980.00	1394294.00
APRIL	4529740.00	1154755.00
MEI	4415470.00	1133044.00
JUNI	4571290.00	1181957.00
JULI	5130500.00	1313421.00
AGUSTUS	5294960.00	1365710.00
SEPTEMBER	3101400.00	802129.00
OKTOBER	5559070.00	1416203.00
NOPEMBER	4592770.00	1185167.00
DESEMBER	5564540.00	1436935.00

□ Pabrik Palembang

Tabel 4.7. Pabrik Palembang

BULAN	CLINKER PAKAI ton	PRODK. MILL ton	PRODK. SEMEN ton	MILL MOTOR KWh	MILL TRAFO KWh	AUXL. TRAFO KWh
JANUARI	32069.62	33463.28	39355.25	1000460.00	321190.00	68310.00
PEBRUARI	24635.50	25707.44	26026.50	771300.00	245080.00	61520.00
MARET	28224.24	29427.12	32488.75	838800.00	256360.00	76260.00
APRIL	33252.52	34610.28	34595.76	1028110.00	321330.00	75320.00
MEI	33040.82	34402.29	36092.25	972640.00	287096.00	73170.00
JUNI	34442.16	35890.56	38183.25	762400.00	222360.00	57140.00
JULI	38096.70	39739.32	40998.40	1113970.00	332880.00	78870.00
AGUSTUS	37752.80	39355.33	40940.25	1120960.00	342950.00	80130.00
SEPTEMBER	35687.00	37231.27	38011.60	1101640.00	333190.00	86930.00
OKTOBER	33167.82	34762.854	35993.75	992520.00	345920.00	84138.00
NOPEMBER	36364.43	38057.02	37160.50	1063540.00	339370.00	78880.00
DESEMBER	38820.00	29978.07	39247.55	1123620.00	319450.00	74095.00

□ Pabrik Panjang

Tabel 4.8. Pabrik Panjang

BULAN	CLINKER PAKAI ton	PRODK. SEMEN ton	MILL MOTOR KWh	MILL TRAFO KWh	AUXL. TRAFO KWh
JANUARI	16416340.00	17231802.00	506673.00	193745.00	56682.00
PEBRUARI	19722400.00	20687367.00	623699.00	221654.00	48647.00
MARET	12554280.00	13167498.00	386407.00	163723.00	52770.00
APRIL	8951630.00	9389052.00	278119.00	132890.00	49991.00
MEI	19408890.00	20373831.00	549539.00	208566.00	56695.00
JUNI	16592790.00	17438380.00	483551.00	198382.00	54867.00
JULI	27605590.00	28983329.00	793992.00	284193.00	64985.00
AGUSTUS	24970700.00	25861145.00	751042.00	272885.00	64073.00
SEPTEMBER	16711930.00	17275227.00	502254.00	215773.00	56373.00
OKTOBER	16754830.00	17302006.00	527901.00	221385.00	64414.00
NOPEMBER	10978090.00	11362331.00	367511.00	172997.00	56392.00
DESEMBER	12215880.00	12688784.00	399404.00	173146.00	52650.00

Pemakaian Diesel Sendiri (Power Station)

Tabel 4.9. Pemakaian Diesel Sendiri Pabrik Panjang (Power Station)

BULAN	SOLAR (HSD) liter	LISTRIK PRODK. KWh
JANUARI	15773.00	50570.00
PEBRUARI	356.00	800.00
MARET	2699.00	6100.00
APRIL	1235.00	3400.00
MEI	14019.00	46400.00
JUNI	6152.00	20400.00
JULI	3726.00	12300.00
AGUSTUS	140.00	400.00
SEPTEMBER	3221.00	587.00
OKTOBER	3916.00	10500.00
NOPEMBER	1982.00	6500.00
DESEMBER	873.00	2400.00

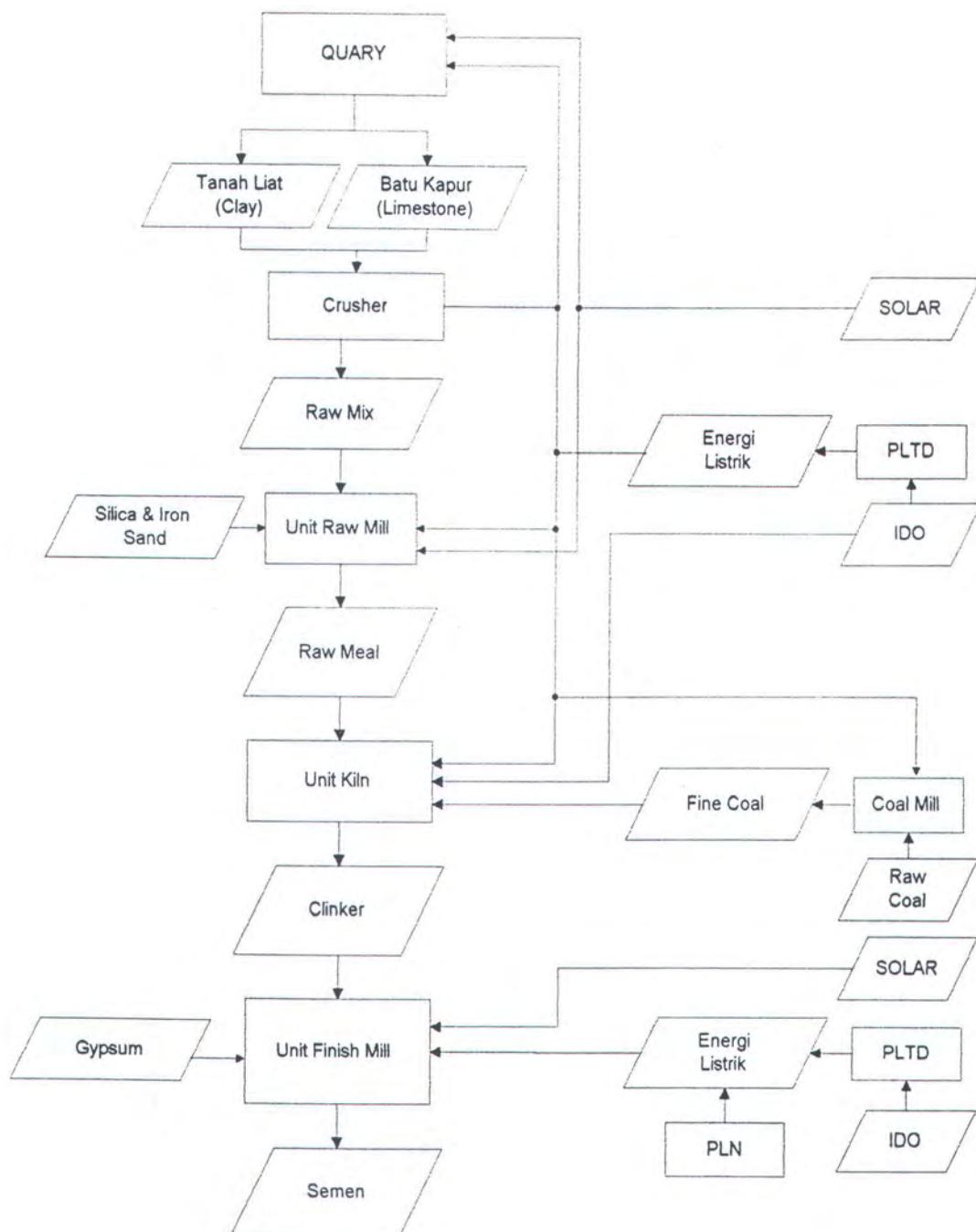
Data yang telah diperoleh di atas kemudian dibuatkan tabel baru, sesuai dengan proses aliran energi dan material.

4.2. Perhitungan Indeks Energi

Dalam menentukan tingkat pemakaian energi suatu industri untuk setiap satuan produk, analisa perhitungan indeks pemakaian energi listrik spesifik dan energi bahan bakar spesifik sangat diperlukan, hal ini dipergunakan menentukan harga energi tiap satuan produk.

Penentuan indeks penggunaan listrik dan bahan bakar tergantung dari jenis proses dan spesifikasi peralatan yang dipakai. Perhitungan indeks tersebut dihitung setiap periode waktu tertentu sesuai dengan kondisi pemakaian energi. Dari indeks ini pada akhirnya dapat dihitung besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk memproduksi semen berdasarkan jenis bahan bakar maupun listrik.

Dengan berdasarkan pada aliran energi dan material yang terjadi selama proses produksi semen, dapat ditentukan rumusan yang digunakan menghitung indeks energi .



Gambar 4.1 Aliran Energi dan Material Produksi Semen

4.2.1. Indek Pemakaian Listrik

Perhitungan besarnya indek pemakaian listrik spesifik (KWh / ton semen) masing-masing unit proses diperoleh dari besarnya pemakaian listrik (KWh) pada unit tertentu dibagi dengan besarnya produk yang dihasilkan, hasilnya kemudian dijumlahkan, kemudian hasilnya dikonversikan dalam ton semen.

Energi listrik yang digunakan berasal dari dua macam sumber yaitu PLN dan pembangkit sendiri yaitu PLTD. Untuk yang berasal dari PLN digunakan untuk mendukung keseluruhan proses di Panjang dan Palembang. Sedangkan PLTD digunakan untuk mendukung keseluruhan proses di Baturaja dan Panjang sebagai pembangkit cadangan, dihitung sebagai penggunaan energi bahan bakar.

Untuk perhitungan indek pemakaian listrik PLN pada tiap unit proses untuk bulan Desember tahun 1997 diperoleh data :

- | | | | |
|-------------------------------------|------------------|---|----------------|
| a. Pemakaian untuk pabrik Panjang : | Unit Finish Mill | = | 572.550 KWh |
| | Sarana Pendukung | = | 52.650 KWh |
| | Produksi Semen | = | 12.688,784 ton |
| b. Untuk pabrik Palembang : | Unit Finish Mill | = | 1.443.070 KWh |
| | Sarana Pendukung | = | 75.800 KWh |
| | Produksi Semen | = | 39.099 ton |

4.2.2. Indek Pemakaian Bahan Bakar

Kebutuhan energi bahan bakar yang digunakan pada seluruh proses berasal dari batubara (Coal), industrial diesel oil (IDO), dan solar (HSD). Bahan bakar tersebut digunakan untuk proses pembakaran pada kiln (tanur putar), proses

pengangkutan material yang memakai dump truck, bulldoser dan kereta api, pembangkitan listrik di PLTD.

Pemakaian bahan bakar dan produk dari tiap-tiap unit proses pada bulan Desember 1997 diperoleh data sebagai berikut :

a. Pabrik Baturaja :

- Sub proses Unit Quarry dan Crusher : solar 50.775 liter, listrik PLTD 191.980 KWh, raw mix + batu kapur 119.648 ton
- Sub proses Autogenous Mill : solar = 5.940 liter, listrik PLTD = 2.431.117 KWh, raw mix dipakai = 82.879 ton produksi raw meal = 90.562 ton
- Sub proses Unit Kiln : IDO = 1.418.000 liter, listrik PLTD = 1.542.130 KWh, batubara = 5.773,2 ton, raw meal yang dipakai 90.003 ton, klinker yang diproduksi = 54.946,89 ton
- Sub proses Unit Coal Mill : listrik PLTD 534.260 KWh, batubara = 5.773,2 ton

b. Pabrik Panjang :

Penggunaan solar = 873 liter

c. Pabrik Palembang :

Penggunaan solar = 1696 liter

Dari data hasil audit, dengan berdasarkan aliran energi dan material kemudian dibuatkan tabel baru yang berisi penggunaan energi listrik dan energi bahan bakar untuk tahun 1997 seperti sebagai berikut ini :

Tabel 4.10. Sub Proses Quarry & Crusher

SUB PROSES QUARY & CRUSHER (1997)

BULAN	SOLAR (liter) A	LISTRIK PLTD (kwh) B	RAW MIX+BATU KAPUR (ton) C
JANUARI	38795	118580	63519
PEBRUARI	44640	157000	98192
MARET	54730	157970	102240
APRIL	52640	160160	82623
MEI	46060	140500	71156
JUNI	44160	144360	86777
JULI	52360	190680	109702
AGUSTUS	46490	178970	103333
SEPTEMBER	32825	101660	44477
OKTOBER	40610	165930	107420
NOPEMBER	35990	134910	72448
DESEMBER	50775	191980	119648

Tabel 4.11. Sub Proses Unit A. Mill

SUB PROSES UNIT AUTOGENOUS MILL (1997)

BULAN	SOLAR (liter) E	LISTRIK PLTD (kwh) F	RAW MIX PAKAI (ton) D	PRODUKSI RAW MEAL (ton) G
JANUARI	5150	1523072	53881,40	56705,40
PEBRUARI	5665	2255903	80269,40	84132,10
MARET	5545	2400244	88056,00	88517,60
APRIL	4780	1914129	72590,90	69275,10
MEI	5585	1827145	60643,60	60113,10
JUNI	6835	1976960	71874,60	79906,80
JULI	5555	2137241	80312,30	87523,90
AGUSTUS	4455	2299891	90242,40	92462,00
SEPTEMBER	1820	1276850	40346,30	38923,00
OKTOBER	5440	2431117	83913,50	89904,50
NOPEMBER	4595	1978675	62184,30	66735,70
DESEMBER	5940	2431117	82879,00	90562,00

Tabel 4.12. Sub Proses Unit Kiln

SUB PROSES UNIT KILN (1997)

BULAN	IDO (liter) I	LISTRIK PLTD (kwh) J	BATUBARA (ton) K	RAW MEAL PAKAI (ton) H	CLINKER PROD. (ton) L
JANUARI	1010800	1066660	4109,21	56657,70	34589,60
PEBRUARI	993600	1421940	6627,00	82532,00	50385,80
MARET	791700	1527520	7805,66	88460,10	54004,90
APRIL	1368300	1296250	5680,95	70275,90	42903,48
MEI	1445300	1217680	5009,40	62177,70	37969,50
JUNI	1115800	1334180	5978,58	77017,40	47019,20
JULI	389100	1524430	7909,14	89023,90	54349,10
AGUSTUS	1524000	1545980	6219,82	91937,00	56127,60
SEPTEMBER	294400	825060	2302,20	39224,80	23946,77
OKTOBER	451900	1455600	5346,70	87580,00	53467,65
NOPEMBER	1079500	1296540	4222,21	68385,70	41749,51
DESEMBER	1418000	1542130	5773,20	90003,00	54946,89

Tabel 4.13. Sub Proses Unit Finish Mill Total

SUB PROSES UNIT FINISH MILL TOTAL (1997)

BULAN	SOLAR (liter) N	LISTRIK PLN (kwh) P	TOTAL CLINKER (ton) M	TOTAL SEMEN (ton) T
JANUARI	18173	2022068	48485,960	50695,082
PEBRUARI	2556	1861733	44357,900	46394,807
MARET	4439	1645290	40778,520	42594,618
APRIL	4001	1760449	42204,150	43999,332
MEI	16199	2017841	52449,710	54776,121
JUNI	7252	1665713	51034,950	53328,940
JULI	6436	2524965	65702,290	68722,649
AGUSTUS	2540	2487837	62723,500	65216,475
SEPTEMBER	5121	2153044	52398,930	54506,497
OKTOBER	5516	2087726	49922,650	52064,856
NOPEMBER	4102	1943418	47342,520	51419,351
DESEMBER	2693	2015620	51035,880	42666,854

Tabel 4.14. Sub Proses PLTD Baturaja

BULAN	IDO (liter) Q	LISTRIK PRODK.(kwh) R	IDO/LISTRIK PRODK. S
JANUARI	949262	3676900	0,258169110
PEBRUARI	1296280	5001220	0,259192757
MARET	1394294	5403980	0,258012428
APRIL	1154755	4529740	0,254927435
MEI	1133044	4415470	0,256607790
JUNI	1181957	4571290	0,258560931
JULI	1313421	5130500	0,256002534
AGUSTUS	1365710	5294960	0,257926405
SEPTEMBER	802129	3101400	0,258634488
OKTOBER	1416203	5559070	0,254755382
NOPEMBER	1185167	4592770	0,258050588
DESEMBER	1436935	5564540	0,258230689

Tabel 4.15. Sub Proses Total Pendukung Proses

BULAN	LISTRIK PLTD BTRJ (kwh) U	LISTRIK PLN (kwh) V
JANUARI	648218	124992
PEBRUARI	688127	110167
MARET	801826	129030
APRIL	744111	125311
MEI	802395	129865
JUNI	690480	112007
JULI	753189	143855
AGUSTUS	762959	144203
SEPTEMBER	602790	143303
OKTOBER	839845	148552
NOPEMBER	746145	135272
DESEMBER	865053	126745

Tabel 4.16. Sub Proses Unit Coal Mill

BULAN	LISTRIK PLTD (kwh) W	BATUBARA (ton) K
JANUARI	321370	4109,21
PEBRUARI	478250	6627,00
MARET	516440	7805,66
APRIL	416090	5680,95
MEI	427750	5009,40
JUNI	425310	5978,58
JULI	524960	7909,14
AGUSTUS	507150	6219,82
SEPTEMBER	295040	2302,20
OKTOBER	552090	5346,70
NOPEMBER	436500	4222,21
DESEMBER	534260	5773,20

Untuk menganalisa penggunaan energi spesifik untuk masing-masing bahan bakar dan listik maka data dihitung dengan menggunakan rumusan dibawah ini :

$$Es \text{ SOLAR} = \frac{(A \times \frac{D}{C}) + (E \times \frac{H}{G}) + N}{T} \times 9195.88 \text{ (K.Cal / ton Semen)} \dots\dots (4.1)$$

$$Es \text{ COAL} = \frac{(K \times \frac{M}{L})}{T} \times 67.10^5 \text{ (K.Cal / ton Semen)} \dots\dots\dots (4.2)$$

$$Es \text{ IDO PLTD} = \frac{(B \times \frac{D}{C}) + (f \times \frac{H}{G}) + ((J + W + U) \times \frac{M}{L})}{T} \times S \times 9.10^3 \text{ (K.Cal / ton Semen)} \dots\dots\dots (4.3)$$

$$Es \text{ IDO Bakar} = \frac{(I \times \frac{M}{L})}{T} \times 9.10^3 \text{ (K.Cal / ton Semen)} \dots\dots\dots (4.4)$$

$$Es \text{ IDO TOTAL} = Es \text{ IDO PLTD} + Es \text{ IDO Bakar} \text{ (K.Cal / ton Semen)} \dots\dots (4.5)$$

$$Es \text{ LISTRIK PLN} = \frac{P + V}{T} \text{ (KWh / ton Semen)} \dots\dots\dots (4.6)$$

$$Es \text{ Bahan Bakar } TOTAL = Es \text{ IDO} + Es \text{ COAL} + Es \text{ SOLAR (K.Cal / ton Semen)}$$

..... (4.7)

Hasil perhitungan ditampilkan sebagai berikut ini :

Tabel 4.17. Energi Spesifik 1

BULAN 1997	Es SOLAR (K.Cal/Ton Semen)	Es COAL (K.Cal/Ton Semen)	Es LISTRIK PLN (KWh/Ton Semen)
JANUARI	10199,417	761268,340	42,352
PEBRUARI	8841,182	842529,702	42,503
MARET	12331,285	927103,026	41,656
APRIL	11515,610	850966,227	42,859
MEI	10279,539	846626,480	39,209
JUNI	8693,609	815271,676	33,335
JULI	6746,602	932163,995	38,835
AGUSTUS	6707,656	714083,684	40,359
SEPTEMBER	6197,042	619220,116	42,130
OKTOBER	7513,344	642425,072	42,952
NOPEMBER	7100,323	623861,278	40,426
DESEMBER	9433,139	842041,071	50,211

Tabel 4.18. Energi Spesifik 2

BULAN 1997	Es IDO PLTD (K.Cal/Ton Semen)	Es IDO Bakar (K.Cal/Ton Semen)	Es IDO TOTAL (K.Cal/Ton Semen)	Es B.BAKAR TOTAL (K.Cal/Ton Semen)
JANUARI	205117,096	251543,079	456660,175	1228127,932
PEBRUARI	232294,270	169686,597	401980,867	1253351,750
MARET	255331,652	126312,613	381644,265	1321078,576
APRIL	234544,334	275321,667	509866,002	1372347,839
MEI	227331,971	328119,353	555451,323	1412357,342
JUNI	204401,041	204389,402	408790,443	1232755,728
JULI	191150,272	61601,601	252751,873	1191662,470
AGUSTUS	198978,284	235030,361	434008,644	1154799,984
SEPTEMBER	219884,619	106367,149	326251,768	951668,926
OKTOBER	227083,816	72936,801	300020,617	949959,033
NOPEMBER	223788,920	214258,744	438047,664	1069009,264
DESEMBER	287666,919	277818,147	565485,066	1416959,276

4.3. Analisa Perhitungan Biaya Energi Per Ton Semen

Dari data yang telah diproses diatas, data proses kembali dengan memakai rumusan dan konstanta sebagai berikut :

1 sak semen 50 kg = Rp 13 160,-

1 ton semen dalam ukuran sak = Rp 263 200,-

1 liter solar Rp 380,-

1 liter IDO Rp 365,-

1 ton Coal Rp 67 000,-

Harga Tarip Listrik rata-rata per KWh adalah :

Tarip listrik Waktu Beban Puncak : Rp 142 /KWh (4 jam)

Tarip listrik Luar Waktu Beban Puncak : Rp 117,5 /KWh (20 jam)

$$\text{Harga rata-rata} = \text{Rp} \frac{(142 \times 4) + (117,5 \times 20)}{24}$$

$$= \text{Rp} 121,584 /\text{KWh}$$

Biaya Solar per Ton Semen :

$$\text{Rp Solar} = \frac{Es \text{ Solar}}{9195.88} \times \text{Rp} 380,- \dots\dots\dots (4.8)$$

Biaya IDO per Ton Semen :

$$\text{Rp IDO} = \frac{Es \text{ IDO}}{9000} \times \text{Rp} 365,- \dots\dots\dots (4.9)$$

Biaya Coal per Ton Semen :

$$\text{Rp Coal} = \frac{Es \text{ Coal}}{6700000} \times \text{Rp} 67000,- \dots\dots\dots (4.10)$$

Biaya listrik PLN per Ton Semen :

$$\text{Rp Listrik PLN} = \text{Es Listrik} \times \text{Rp } 121,584,- \dots\dots\dots (4.11)$$

Biaya Energi Total per ton semen :

$$= \text{Rp Solar} + \text{Rp IDO} + \text{Rp Coal} + \text{Rp Listrik PLN} \dots\dots\dots (4.12)$$

Hasil dari perhitungan di atas ditampilkan sebagai berikut :

Tabel 4.19. Biaya Energi 1

BULAN 1997	Biaya SOLAR (Rp./Ton Semen)	Biaya IDO (Rp./Ton Semen)	Biaya COAL (Rp./Ton Semen)	Biaya LISTRIK PLN (Rp./Ton Semen)
JANUARI	421,469	18520,107	7612,683	5149,378
PEBRUARI	365,343	16302,557	8425,297	5167,636
MARET	509,564	15477,795	9271,030	5064,699
APRIL	475,858	20677,899	8509,662	5210,948
MEI	424,780	22526,637	8466,265	4767,163
JUNI	359,245	16578,724	8152,717	4053,002
JULI	278,789	10250,493	9321,640	4721,672
AGUSTUS	277,179	17601,462	7140,837	4906,950
SEPTEMBER	256,079	13231,322	6192,201	5122,308
OKTOBER	310,473	12167,503	6424,251	5222,249
NOPEMBER	293,406	17765,266	6238,613	4915,182
DESEMBER	389,804	22933,561	8420,411	6104,910

Tabel 4.20. Biaya Energi 2

BULAN 1997	Biaya ENERGI TOTAL (Rp./Ton Semen)	Biaya ENERGI TOTAL/Harga SEMEN (%)
JANUARI	31703,638	12,045
PEBRUARI	30260,834	11,497
MARET	30323,088	11,521
APRIL	34874,367	13,250
MEI	36184,844	13,748
JUNI	29143,687	11,073
JULI	24572,593	9,336
AGUSTUS	29926,428	11,370
SEPTEMBER	24801,910	9,423
OKTOBER	24124,475	9,166
NOPEMBER	29212,466	11,099
DESEMBER	37848,686	14,380

Dari perhitungan prosentase biaya energi total rata-rata sebesar 11,49 % (Rp 30.248,085), biaya non energi sebesar Rp. 232.951,915

4.4. Analisa Perhitungan Biaya Dan Harga Semen Baru Bila Terjadi Kenaikan Harga Energi Primer

Dari data Pemakaian Energi Spesifik yang telah diproses diatas, data proses kembali untuk mendapatkan biaya yang baru dengan memakai rumusan dan konstanta sebagai berikut :

1 liter solar Rp 600,-

1 liter IDO Rp 500,-

1 ton Coal Rp 100 000,-

Harga Tarif Listrik rata-rata per KWh Rp 140,-/ KWh

Biaya Solar per Ton Semen :

$$\text{Rp Solar} = \frac{Es \text{ Solar}}{9195.88} \times \text{Rp}600,- \dots\dots\dots (4.13)$$

Biaya IDO per Ton Semen :

$$\text{Rp IDO} = \frac{Es \text{ IDO}}{9000} \times \text{Rp}500,- \dots\dots\dots (4.14)$$

Biaya Coal per Ton Semen :

$$\text{Rp Coal} = \frac{Es \text{ Coal}}{6700000} \times \text{Rp}100000,- \dots\dots\dots (4.15)$$

Biaya listrik PLN per Ton Semen :

$$\text{Rp Listrik PLN} = Es \text{ Listrik} \times \text{Rp} 140,- \dots\dots\dots (4.16)$$

Biaya Energi Total per ton semen :

$$= \text{Rp Solar} + \text{Rp IDO} + \text{Rp Coal} + \text{Rp Listrik PLN} \dots\dots (4.17)$$



Tabel 4.21. Biaya Energi Naik 1

BULAN 1997	Biaya SOLAR (Rp./Ton Semen)	Biaya IDO (Rp./Ton Semen)	Biaya COAL (Rp./Ton Semen)	Biaya LISTRIK PLN (Rp./Ton Semen)	Biaya ENERGI TOTAL (Rp./Ton Semen)
JANUARI	665,477	25370,010	11362,214	5929,340	43327,042
PEBRUARI	576,857	22332,270	12575,070	5950,364	41434,562
MARET	804,575	21202,459	13837,359	5831,835	41676,228
APRIL	751,355	28325,889	12700,988	6000,237	47778,469
MEI	670,705	30858,407	12636,216	5489,232	49654,560
JUNI	567,228	22710,580	12168,234	4666,899	40112,942
JULI	440,193	14041,771	13912,895	5436,851	33831,710
AGUSTUS	437,652	24111,591	10657,965	5650,192	40857,401
SEPTEMBER	404,336	18125,098	9242,091	5898,170	33669,695
OKTOBER	490,220	16667,812	9588,434	6013,249	32759,715
NOPEMBER	463,272	24335,981	9311,362	5659,671	39770,286
DESEMBER	615,480	31415,837	12567,777	7029,604	51628,699

Tabel 4.22. Biaya Energi Naik 2

BULAN 1997	Biaya ENERGI TOTAL/Harga SEMEN (%)
JANUARI	15,794
PEBRUARI	15,104
MARET	15,192
APRIL	17,417
MEI	18,100
JUNI	14,622
JULI	12,333
AGUSTUS	14,894
SEPTEMBER	12,274
OKTOBER	11,942
NOPEMBER	14,497
DESEMBER	18,820

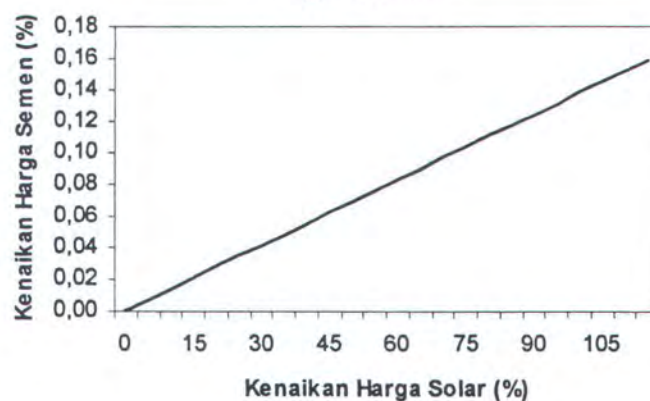
Dari hasil perhitungan, didapat prosentase kenaikan biaya energi total rata-rata sebesar kenaikan 36,7859 % (Rp. 41 375,109), harga semen sebesar 4.23% sehingga harga semen per tonnya menjadi Rp. 274.327,024

Sedangkan untuk kenaikan harga energi primer secara tunggal akan menyebabkan kenaikan harga semen seperti ditunjukkan seperti tabel berikut ini :

Tabel 4.23. Kenaikan Harga Semen Akibat Naiknya Harga Solar

Kenaikan Harga Solar (%)	Kenaikan Harga Semen (%)	Harga Solar per Liter (Rp.)	Harga Semen per Ton (Rp.)
0	0,00	380,00	263200,00
5	0,01	399,00	263218,17
10	0,01	418,00	263236,35
15	0,02	437,00	263254,52
20	0,03	456,00	263272,70
25	0,03	475,00	263290,87
30	0,04	494,00	263309,05
35	0,05	513,00	263327,22
40	0,06	532,00	263345,40
45	0,06	551,00	263363,57
50	0,07	570,00	263381,75
55	0,08	589,00	263399,92
60	0,08	608,00	263418,10
65	0,09	627,00	263436,27
70	0,10	646,00	263454,45
75	0,10	665,00	263472,62
80	0,11	684,00	263490,80
85	0,12	703,00	263508,97
90	0,12	722,00	263527,15
95	0,13	741,00	263545,32
100	0,14	760,00	263563,50
105	0,15	779,00	263581,67
110	0,15	798,00	263599,85
115	0,16	817,00	263618,02

Pengaruh Kenaikan Harga Solar Terhadap Harga Semen

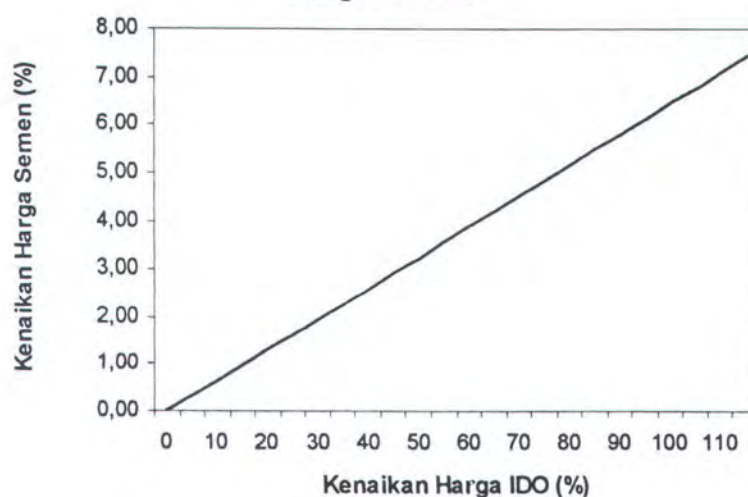


Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Kenaikan Harga Solar Terhadap Harga Semen

Tabel 4.24. Kenaikan Harga Semen Akibat Naiknya Harga IDO

Kenaikan Harga IDO (%)	Kenaikan Harga Semen (%)	Harga IDO per Liter (Rp.)	Harga Semen per Ton (Rp.)
0	0,00	365,00	263200,00
5	0,32	383,25	264050,14
10	0,65	401,50	264900,28
15	0,97	419,75	265750,42
20	1,29	438,00	266600,56
25	1,62	456,25	267450,69
30	1,94	474,50	268300,83
35	2,26	492,75	269150,97
40	2,58	511,00	270001,11
45	2,91	529,25	270851,25
50	3,23	547,50	271701,39
55	3,55	565,75	272551,53
60	3,88	584,00	273401,67
65	4,20	602,25	274251,81
70	4,52	620,50	275101,94
75	4,85	638,75	275952,08
80	5,17	657,00	276802,22
85	5,49	675,25	277652,36
90	5,81	693,50	278502,50
95	6,14	711,75	279352,64
100	6,46	730,00	280202,78
105	6,78	748,25	281052,92
110	7,11	766,50	281903,05
115	7,43	784,75	282753,19

Pengaruh Kenaikan Harga IDO Terhadap Harga Semen

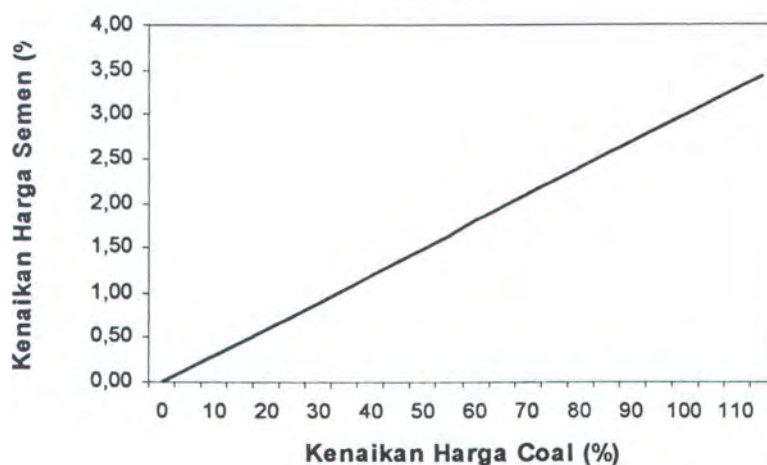


Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Kenaikan Harga IDO Terhadap Harga Semen

Tabel 4.25. Kenaikan Harga Coal Terhadap Harga Semen

Kenaikan Harga Coal (%)	Kenaikan Harga Semen (%)	Harga Coal per Ton (Rp.)	Harga Semen per Ton (Rp.)
0	0,00	67000,00	263200,00
5	0,15	70350,00	263592,40
10	0,30	73700,00	263984,80
15	0,45	77050,00	264377,20
20	0,60	80400,00	264769,59
25	0,75	83750,00	265161,99
30	0,89	87100,00	265554,39
35	1,04	90450,00	265946,79
40	1,19	93800,00	266339,19
45	1,34	97150,00	266731,59
50	1,49	100500,00	267123,98
55	1,64	103850,00	267516,38
60	1,79	107200,00	267908,78
65	1,94	110550,00	268301,18
70	2,09	113900,00	268693,58
75	2,24	117250,00	269085,98
80	2,39	120600,00	269478,37
85	2,53	123950,00	269870,77
90	2,68	127300,00	270263,17
95	2,83	130650,00	270655,57
100	2,98	134000,00	271047,97
105	3,13	137350,00	271440,37
110	3,28	140700,00	271832,76
115	3,43	144050,00	272225,16

Pengaruh Kenaikan Harga Coal Terhadap Harga Semen

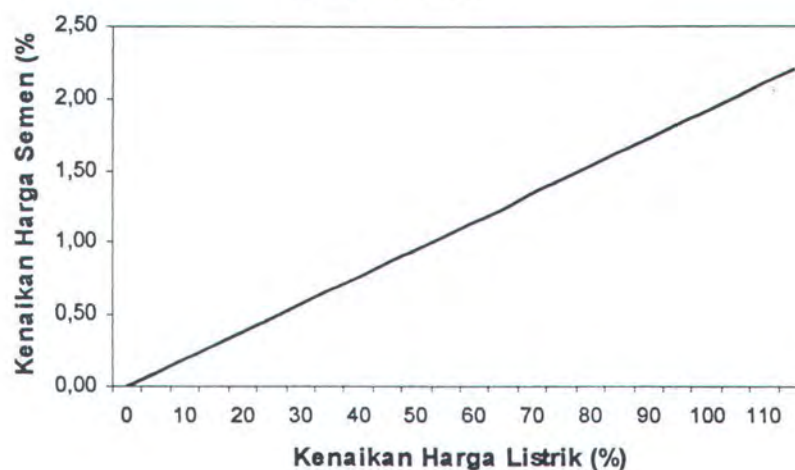


Gambar 4.4 Grafik Kenaikan Harga Coal Terhadap Harga Semen

Tabel 4.26. Kenaikan Harga Listrik Terhadap Harga Semen

Kenaikan Harga Listrik (%)	Kenaikan Harga Semen (%)	Harga Listrik per KWh (Rp.)	Harga Semen per Ton (Rp.)
0	0,00	121,58	263200,00
5	0,10	127,66	263451,69
10	0,19	133,74	263703,38
15	0,29	139,82	263955,08
20	0,38	145,90	264206,77
25	0,48	151,98	264458,46
30	0,57	158,06	264710,15
35	0,67	164,14	264961,84
40	0,77	170,22	265213,54
45	0,86	176,30	265465,23
50	0,96	182,38	265716,92
55	1,05	188,46	265968,61
60	1,15	194,53	266220,30
65	1,24	200,61	266472,00
70	1,34	206,69	266723,69
75	1,43	212,77	266975,38
80	1,53	218,85	267227,07
85	1,63	224,93	267478,77
90	1,72	231,01	267730,46
95	1,82	237,09	267982,15
100	1,91	243,17	268233,84
105	2,01	249,25	268485,53
110	2,10	255,33	268737,23
115	2,20	261,41	268988,92

Pengaruh Kenaikan Harga Listrik Terhadap Harga Semen



Gambar 4.5 Grafik Kenaikan Harga Listrik Terhadap Harga Semen

4.5. Implementasi Konservasi

Dari penelusuran keadaan di lapangan diketahui bahwa usia pakai PLTD yang ada di Pabrik Baturaja telah berusia 18 tahun. Dengan usia ekonomis PLTD rata-rata 20 tahun maka sudah saatnya pembangkit tersebut dicarikan alternatif penggantinya. Maka dilakukan pemilihan dari beberapa alternatif yang mungkin yaitu :

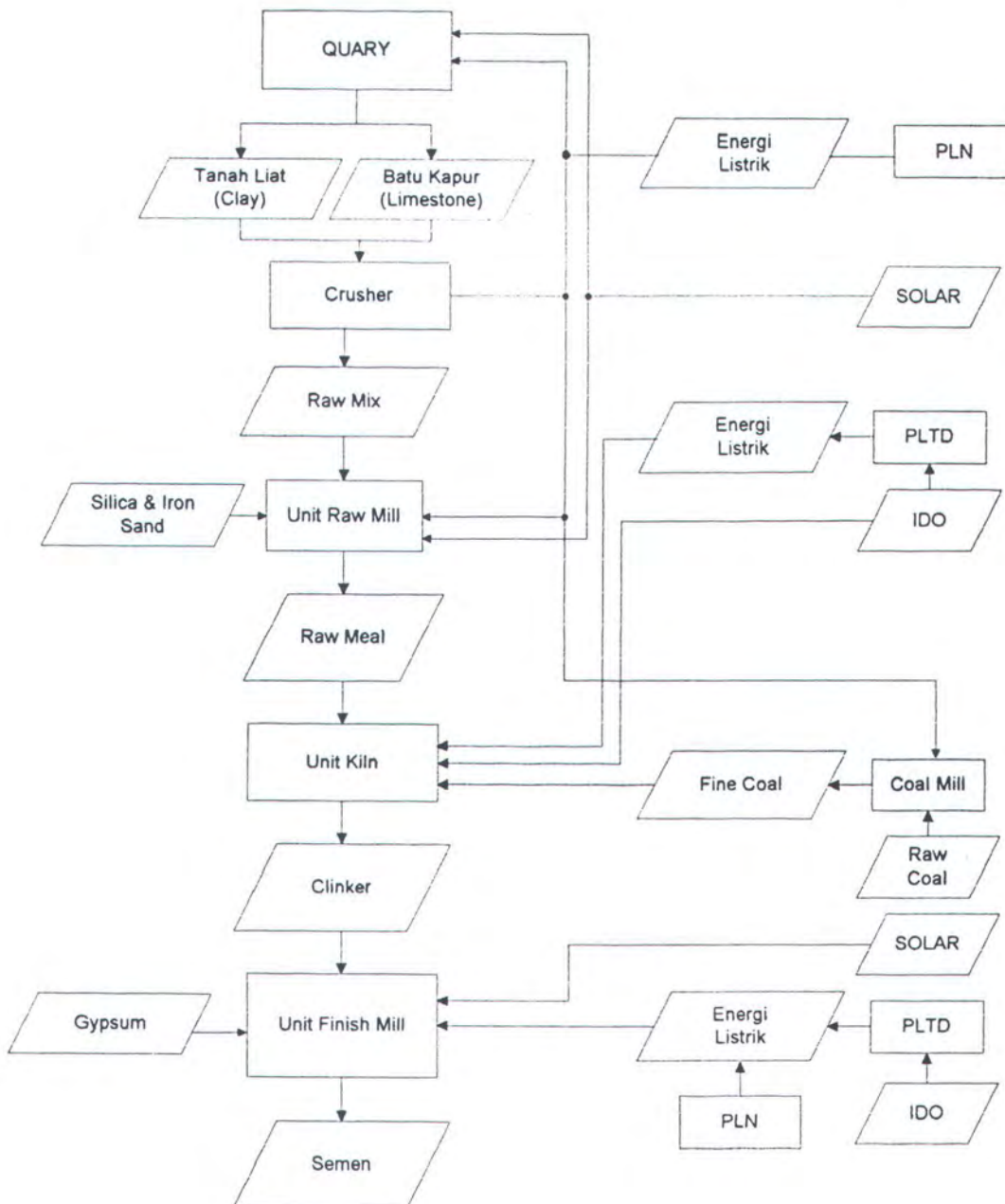
1. Alternatif I : PLN dan PLTD

Pada proses produksi semen ada sebuah unit yang tidak boleh mengalami pemadaman pengoperasian secara mendadak yaitu Unit Kiln. Sehingga Unit Kiln dayanya akan dipasok dari PLTD untuk menjaga kontinuitas pelayanan daya, sedangkan unit lain dipasok oleh PLN. Dengan memakai data Rekaman Mutu daya total pembangkitan listrik tertinggi yang pernah terjadi di bulan Desember 1997 adalah $64\,030\text{ KWh} / 8\text{ jam} = 8.045\text{ MW}$ (100 %) yaitu pada tanggal 8. Dan pada tanggal 28 Desember 1997 diketahui daya tertinggi yang dibutuhkan Unit Kiln yaitu $20\,550\text{ KWh} / 8\text{ jam} = 2,56875\text{ MW}$ (32 %) yang berarti bisa daya dipasok oleh satu atau dua generator yang ada . Sedangkan sisa daya 5,4706 MW dipasok oleh PLN.

2. Alternatif II : Membangun PLTU

Dengan besar $2 \times 10\text{ MW}$. Berdasarkan rata-rata daya yang dipergunakan 7,5 MW

4.5.1. Alternatif Satu PLN dan PLTD



Gambar 4.2 Aliran Energi dan Material dengan PLN Sebagai Sumber Listrik Utama

Dari alternatif ini akan diperoleh konsumsi energi seperti berikut ini :

Tabel 4.27. Sub Proses Quarry & Crusher (1997)

BULAN	SOLAR (liter) A	LISTRIK PLN (kwh) B	RAW MIX+BATU KAPUR (ton) C
JANUARI	38795	118580	63519
PEBRUARI	44640	157000	98192
MARET	54730	157970	102240
APRIL	52640	160160	82623
MEI	46060	140500	71156
JUNI	44160	144360	86777
JULI	52360	190680	109702
AGUSTUS	46490	178970	103333
SEPTEMBER	32825	101660	44477
OKTOBER	40610	165930	107420
NOPEMBER	35990	134910	72448
DESEMBER	50775	191980	119648

Tabel 4.28. Sub Proses Unit Autogenous Mill (1997)

BULAN	SOLAR (liter) E	LISTRIK PLN (kwh) F	RAW MIX PAKAI (ton) D	PRODUKSI RAW MEAL (ton) G
JANUARI	5150	1523072	53881,40	56705,40
PEBRUARI	5665	2255903	80269,40	84132,10
MARET	5545	2400244	88056,00	88517,60
APRIL	4780	1914129	72590,90	69275,10
MEI	5585	1827145	60643,60	60113,10
JUNI	6835	1976960	71874,60	79906,80
JULI	5555	2137241	80312,30	87523,90
AGUSTUS	4455	2299891	90242,40	92462,00
SEPTEMBER	1820	1276850	40346,30	38923,00
OKTOBER	5440	2431117	83913,50	89904,50
NOPEMBER	4595	1978675	62184,30	66735,70
DESEMBER	5940	2431117	82879,00	90562,00

Tabel 4.29. Sub Proses Unit Kiln (1997)

BULAN	IDO (liter) I	LISTRIK PLTD (kwh) J	BATUBARA (ton) K	RAW MEAL PAKAI (ton) H	CLINKER PRODK.(ton) L
JANUARI	1010800	1065660	4109,21	56657,70	34589,60
PEBRUARI	993600	1421940	6627,00	82532,00	50385,80
MARET	791700	1527520	7805,66	88460,10	54004,90
APRIL	1368300	1295250	5680,95	70275,90	42903,48
MEI	1445300	1217680	5009,40	62177,70	37959,50
JUNI	1115800	1334180	5978,58	77017,40	47019,20
JULI	389100	1524430	7909,14	89023,90	54349,10
AGUSTUS	1524000	1545990	6219,82	91937,00	56127,60
SEPTEMBER	294400	825060	2302,20	39224,80	23946,77
OKTOBER	451900	1455600	5346,70	87580,00	53467,65
NOPEMBER	1079500	1296540	4222,21	68385,70	41749,51
DESEMBER	1418000	1542130	5773,20	90003,00	54946,89

Tabel 4.30. Sub Proses Unit Finish Mill Total (1997)

BULAN	SOLAR (liter) N	LISTRIK PLN (kwh) P	TOTAL CLINKER (ton) M	TOTAL SEMEN (ton) T
JANUARI	18173	2022068	48485,960	50695,082
PEBRUARI	2556	1861733	44357,900	46394,807
MARET	4439	1645290	40778,520	42594,618
APRIL	4001	1760449	42204,150	43999,332
MEI	16199	2017841	52449,710	54776,121
JUNI	7252	1665713	51034,950	53328,940
JULI	6436	2524965	65702,290	68722,649
AGUSTUS	2540	2487837	62723,500	65216,475
SEPTEMBER	5121	2153044	52398,930	54506,497
OKTOBER	5516	2087726	49922,650	52064,856
NOPEMBER	4102	1943418	47342,520	51419,351
DESEMBER	2693	2015620	51035,880	42666,854

Tabel 4.31. Sub Proses PLTD Baturaja (1997)

BULAN	IDO (liter) Q	LISTRIK PRODK.(kwh) R	IDO/LISTRIK PRODK. S
JANUARI	275120,49	1065660	0,258169110
PEBRUARI	368556,55	1421940	0,259192757
MARET	394119,14	1527520	0,258012428
APRIL	330194,76	1295250	0,254927435
MEI	312466,17	1217680	0,256607790
JUNI	344966,82	1334180	0,258560931
JULI	390257,94	1524430	0,256002534
AGUSTUS	398751,64	1545990	0,257926405
SEPTEMBER	213388,97	825060	0,258634488
OKTOBER	370821,93	1455600	0,254755382
NOPEMBER	334572,91	1296540	0,258050588
DESEMBER	398225,29	1542130	0,258230689

Tabel 4.32. Sub Proses Total Pendukung Proses (1997)

BULAN	LISTRIK PLN BTRJ (kwh) U	LISTRIK PLN (kwh) V
JANUARI	648218	124992
PEBRUARI	688127	110167
MARET	801826	129030
APRIL	744111	125311
MEI	802395	129865
JUNI	690480	112007
JULI	753189	143855
AGUSTUS	762959	144203
SEPTEMBER	602790	143303
OKTOBER	839845	148552
NOPEMBER	746145	135272
DESEMBER	865053	126745

Tabel 4.33. Sub Proses Unit Coal Mill (1997)

BULAN	LISTRIK PLN (kwh) W	BATUBARA (ton) K
JANUARI	321370	4109,21
PEBRUARI	478250	6627,00
MARET	516440	7805,66
APRIL	416090	5680,95
MEI	427750	5009,40
JUNI	425310	5978,58
JULI	524960	7909,14
AGUSTUS	507150	6219,82
SEPTEMBER	295040	2302,20
OKTOBER	552090	5346,70
NOPEMBER	436500	4222,21
DESEMBER	534260	5773,20

Data diatas selanjutnya dianalisa dengan memakai rumus dan konstanta sebagai berikut :

1 liter solar Rp 600,-

1 liter IDO Rp 500,-

1 ton Coal Rp 100 000,-

$$Es \text{ SOLAR} = \frac{(A \times \frac{D}{C}) + (E \times \frac{H}{G}) + N}{T} \times 9195.88 \text{ (K.Cal / ton Semen) } \dots (4.18)$$

$$Es \text{ COAL} = \frac{(K \times \frac{M}{L})}{T} \times 67.10^5 \text{ (K.Cal / ton Semen) } \dots (4.19)$$

$$Es \text{ IDO PLTD} = \frac{J \times \frac{M}{L}}{T} \times S \times 9.10^3 \text{ (K.Cal / ton Semen) } \dots (4.20)$$

$$Es \text{ IDO Bakar} = \frac{(I \times \frac{M}{L})}{T} \times 9.10^3 \text{ (K.Cal / ton Semen) } \dots (4.21)$$

$$Es \text{ IDO TOTAL} = Es \text{ IDO PLTD} + Es \text{ IDO Bakar (K.Cal / ton Semen) } \dots (4.22)$$

$$Es \text{ LISTRIK PLN} = \frac{(B \times \frac{D}{C}) + (F \times \frac{H}{G}) + ((W + U) \times \frac{M}{L}) + P + V}{T} \text{ (KWh/ton Semen)}$$

..... (4.23)

$$Es \text{ Bahan Bakar TOTAL} = Es \text{ IDO} + Es \text{ COAL} + Es \text{ SOLAR (K.Cal/ton Semen)}$$

..... (4.24)

Harga Tarip Listrik rata-rata per KWh Rp 140,-/ KWh

Biaya Solar per Ton Semen :

$$Rp \text{ Solar} = \frac{Es \text{ Solar}}{9195.88} \times Rp 600,- \text{ (4.25)}$$

Biaya IDO per Ton Semen :

$$Rp \text{ IDO} = \frac{Es \text{ IDO}}{9000} \times Rp 500,- \text{ (4.26)}$$

Biaya Coal per Ton Semen :

$$Rp \text{ Coal} = \frac{Es \text{ Coal}}{6700000} \times Rp 100000,- \text{ (4.27)}$$

Biaya listrik PLN per Ton Semen :

$$Rp \text{ Listrik PLN} = Es \text{ Listrik} \times Rp 140,- \text{ (4.28)}$$

Biaya Energi Total per ton semen :

$$= Rp \text{ Solar} + Rp \text{ IDO} + Rp \text{ Coal} + Rp \text{ Listrik PLN} \text{ (4.29)}$$

Sehingga diperoleh :

Tabel 4.34. Energi Spesifik PLN 1

BULAN 1997	Es SOLAR (K.Cal/Ton Semen)	Es COAL (K.Cal/Ton Semen)	Es LISTRIK PLN (KWh/Ton Semen)
JANUARI	10199,417	761268,340	101,165
PEBRUARI	8841,182	842529,702	115,101
MARET	12331,285	927103,026	124,534
APRIL	11515,610	850966,227	116,128
MEI	10279,539	846626,480	106,927
JUNI	8693,609	815271,676	94,017
JULI	6746,602	932163,995	94,982
AGUSTUS	6707,656	714083,684	99,584
SEPTEMBER	6197,042	619220,116	103,472
OKTOBER	7513,344	642425,072	115,890
NOPEMBER	7100,323	623861,278	108,192
DESEMBER	9433,139	842041,071	140,417

Tabel 4.35. Energi Spesifik PLN 2

BULAN 1997	Es IDO PLTD (K.Cal/Ton Semen)	Es IDO Bakar (K.Cal/Ton Semen)	Es IDO TOTAL (K.Cal/Ton Semen)	Es B. BAKAR TOTAL (K.Cal/Ton Semen)
JANUARI	68465,231	251543,079	320008,310	1091476,067
PEBRUARI	62941,935	169686,597	232628,531	1083999,415
MARET	62880,155	126312,613	189192,769	1128627,079
APRIL	66439,942	275321,667	341761,609	1204243,446
MEI	70937,659	328119,353	399057,012	1255963,030
JUNI	63190,144	204389,402	267579,546	1091544,830
JULI	61784,924	61601,601	123386,525	1062297,122
AGUSTUS	61495,238	235030,361	296525,599	1017316,939
SEPTEMBER	77097,746	106367,149	183464,895	808882,053
OKTOBER	59850,776	72936,801	132787,577	782725,994
NOPEMBER	66405,902	214258,744	280664,646	911626,247
DESEMBER	78021,307	277818,147	355839,453	1207313,663

Tabel 4.36. Biaya Energi PLN 1

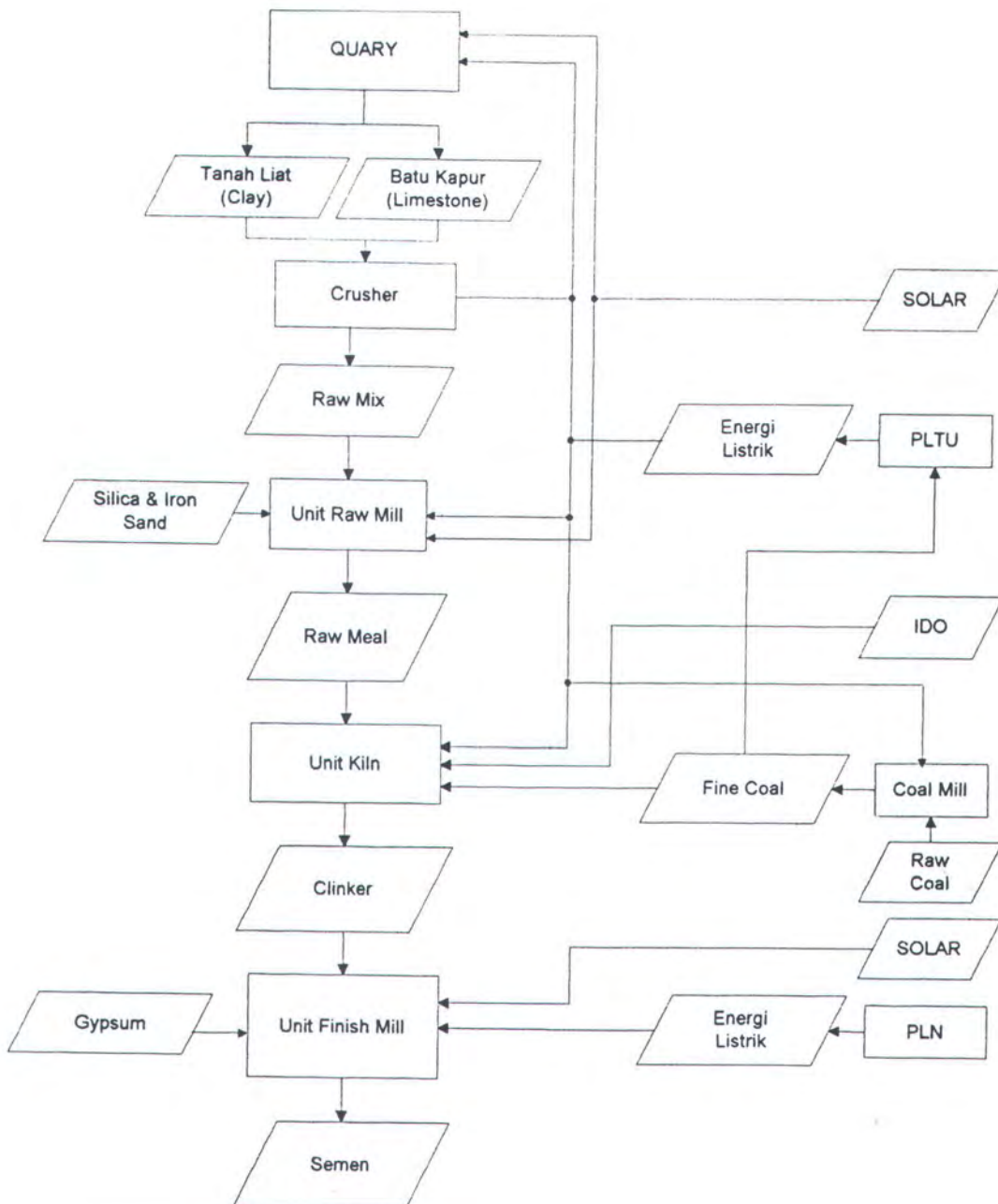
BULAN 1997	Biaya SOLAR (Rp./Ton Semen)	Biaya IDO (Rp./Ton Semen)	Biaya COAL (Rp./Ton Semen)	Biaya LISTRIK PLN (Rp./Ton Semen)
JANUARI	665,477	17778,239	11362,214	14163,074
PEBRUARI	576,857	12923,807	12575,070	16114,111
MARET	804,575	10510,709	13837,359	17434,726
APRIL	751,355	18986,756	12700,988	16257,890
MEI	670,705	22169,834	12636,216	14969,850
JUNI	567,228	14865,530	12168,234	13162,436
JULI	440,193	6854,807	13912,895	13297,515
AGUSTUS	437,652	16473,644	10657,965	13941,802
SEPTEMBER	404,336	10192,494	9242,091	14486,078
OKTOBER	490,220	7377,088	9588,434	16224,624
NOPEMBER	463,272	15592,480	9311,362	15146,881
DESEMBER	615,480	19768,859	12567,777	19658,444

Tabel 4.37. Biaya Energi PLN 2

BULAN 1997	Biaya ENERGI TOTAL (Rp./Ton Semen)	Biaya ENERGI TOTAL/Harga SEMEN (%)
JANUARI	43969,005	15,983
PEBRUARI	42189,846	15,336
MARET	42587,368	15,481
APRIL	48696,989	17,701
MEI	50446,605	18,337
JUNI	40763,429	14,818
JULI	34505,410	12,543
AGUSTUS	41511,064	15,089
SEPTEMBER	34324,999	12,477
OKTOBER	33680,366	12,243
NOPEMBER	40513,996	14,727
DESEMBER	52610,560	19,124

Sehingga diperoleh peningkatan biaya energi sebesar 1,8723 %. Dari Rp 41375,11 menjadi Rp. 42.149,97 dan harga semen meningkat sebesar 0,2825 %, menjadi Rp. 275.101,885 dari Rp. 274.327,02

4.5.2. Alternatif Dua Membangun PLTU



Gambar 4.7 Aliran Energi dan Material dengan PLTU Sebagai Sumber Listrik Utama

Besarnya tiap-tiap energi yang terpakai apabila dibangun PLTU adalah sebagai berikut :

Tabel 4.38. Sub Proses Quarry & Crusher (1997)

BULAN	SOLAR (liter) A	LISTRIK PLTU (kwh) B	RAW MIX+BATU KAPUR (ton) C
JANUARI	38795	118580	63519
PEBRUARI	44640	157000	98192
MARET	54730	157970	102240
APRIL	52640	160160	82623
MEI	46060	140500	71156
JUNI	44160	144360	86777
JULI	52360	190680	109702
AGUSTUS	46490	178970	103333
SEPTEMBER	32825	101660	44477
OKTOBER	40610	165930	107420
NOPEMBER	35990	134910	72448
DESEMBER	50775	191980	119648

Tabel 4.39. Sub Proses Unit Autogenous Mill (1997)

BULAN	SOLAR (liter) E	LISTRIK PLTU (kwh) F	RAW MIX PAKAI (ton) D	PRODUKSI RAW MEAL (ton) G
JANUARI	5150	1523072	53881,40	56705,40
PEBRUARI	5665	2255903	80269,40	84132,10
MARET	5545	2400244	88056,00	88517,60
APRIL	4780	1914129	72590,90	69275,10
MEI	5585	1827145	60643,60	60113,10
JUNI	6835	1976960	71874,60	79906,80
JULI	5555	2137241	80312,30	87523,90
AGUSTUS	4455	2299891	90242,40	92462,00
SEPTEMBER	1820	1276850	40346,30	38923,00
OKTOBER	5440	2431117	83913,50	89904,50
NOPEMBER	4595	1978675	62184,30	66735,70
DESEMBER	5940	2431117	82879,00	90562,00

Tabel 4.40. Sub Proses Unit Kiln (1997)

BULAN	IDO (liter) I	LISTRIK PLTU (kwh) J	BATUBARA (ton) K	RAW MEAL PAKAI (ton) H	CLINKER PRODK.(ton) L
JANUARI	1010800	1065660	4109,21	56657,70	34589,60
PEBRUARI	993600	1421940	6627,00	82532,00	50385,80
MARET	791700	1527520	7805,66	88460,10	54004,90
APRIL	1368300	1295250	5680,95	70275,90	42903,48
MEI	1445300	1217680	5009,40	62177,70	37959,50
JUNI	1115800	1334180	5978,58	77017,40	47019,20
JULI	389100	1524430	7909,14	89023,90	54349,10
AGUSTUS	1524000	1545990	6219,82	91937,00	56127,60
SEPTEMBER	294400	825060	2302,20	39224,80	23946,77
OKTOBER	451900	1455600	5346,70	87580,00	53467,65
NOPEMBER	1079500	1296540	4222,21	68385,70	41749,51
DESEMBER	1418000	1542130	5773,20	90003,00	54946,89

Tabel 4.41. Sub Proses Unit Finish Mill Total (1997)

BULAN	SOLAR (liter) N	LISTRIK PLN (kwh) P	TOTAL CLINKER (ton) M	TOTAL SEMEN (ton) T
JANUARI	18173	2022068	48485,960	50695,082
PEBRUARI	2556	1861733	44357,900	46394,807
MARET	4439	1645290	40778,520	42594,618
APRIL	4001	1760449	42204,150	43999,332
MEI	16199	2017841	52449,710	54776,121
JUNI	7252	1665713	51034,950	53328,940
JULI	6436	2524965	65702,290	68722,649
AGUSTUS	2540	2487837	62723,500	65216,475
SEPTEMBER	5121	2153044	52398,930	54506,497
OKTOBER	5516	2087726	49922,650	52064,856
NOPEMBER	4102	1943418	47342,520	51419,351
DESEMBER	2693	2015620	51035,880	42666,854

Tabel 4.42. Sub Proses Total Pendukung Proses (1997)

BULAN	LISTRIK PLTU BTRJ (kwh) U	LISTRIK PLN (kwh) V
JANUARI	648218	124992
PEBRUARI	688127	110167
MARET	801826	129030
APRIL	744111	125311
MEI	802395	129865
JUNI	690480	112007
JULI	753189	143855
AGUSTUS	762959	144203
SEPTEMBER	602790	143303
OKTOBER	839845	148552
NOPEMBER	746145	135272
DESEMBER	865053	126745

Tabel 4.43. Sub Proses Unit Coal Mill (1997)

BULAN	LISTRIK PLTU (kwh) W	BATUBARA (ton) K
JANUARI	321370	4109,21
PEBRUARI	478250	6627,00
MARET	516440	7805,66
APRIL	416090	5680,95
MEI	427750	5009,40
JUNI	425310	5978,58
JULI	524960	7909,14
AGUSTUS	507150	6219,82
SEPTEMBER	295040	2302,20
OKTOBER	552090	5346,70
NOPEMBER	436500	4222,21
DESEMBER	534260	5773,20

4.5.2.1. Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar

Dengan memakai rumusan :

$$KB = \frac{P \times n \times j \times ACF \times K_j}{TE \times CV \times (1 - MC)} \dots\dots\dots (4.30)$$

dimana :

KB = Kebutuhan Batubara per hari (kg / hari)

P = Daya PLTU (KW)

N = Banyaknya unit

j = jam / hari

ACF = Annual Capacity Factor (%)

K_j = K cal/ KWh

TE = Termal Effisiensi (%)

CV = Calorific Value

MC = Moisture of Coal (%)

Apabila diambil ansumsi untuk PLTU kecil dengan kapasitas 2 x 10 MW dengan nilai kalori batubara 6700 K cal/kg, sama seperti jenis batubara untuk bahan bakar Kiln. Moisture of Coal 18 %, efisiensi termal 35 %, kapasitas tahunan 75 %, maka banyaknya batubara yang dibutuhkan :

$$= \frac{10\,000 \times 2 \times 24 \times 0,75 \times 860}{0,35 \times 6700 \times (1 - 0,18)}$$

$$= 161,00068126 \text{ ton / hari}$$

4.5.2.2. Perhitungan Ekonomis

Dengan memakai biaya pembangkitan tahunan⁹ yang dibagi menjadi tiga komponen pokok, yaitu :

- Biaya modal (Capital Cost, Cc)
- Biaya bahan bakar (Fuel Cost, Fc)
- Biaya operasi dan pemeliharaan (O&M)

Persamaan biaya pembangkitan dengan metode pembangkitan tahunan dapat disederhanakan sebagai berikut :

$$k1 = \frac{(fs.P) + (O \& M)}{m.To} + 860 \cdot \frac{Ui}{\eta} \dots\dots\dots (4.31)$$

dimana : k1 = biaya pembangkitan (mills/KWh)

fs = faktor pengembalian modal (desimal)

P = biaya modal (\$/KWh)

O&M = biaya operasi dan perawatan per tahun (\$/KW)

m = faktor manfaat

⁹

Calculating Cost Of Electricity Generation (Jakarta : Energi & Listrik Volume V No.4, Desember 1995) p.3.

T_o = Jam kalender dalam setahun (8760 jam/setahun)

U_i = biaya bahan bakar (\$/ KWh)

η = efisiensi pembangkit termal (desimal)

- Dalam perhitungan biaya modal (Capital Cost) tergantung pada tingkat suku bunga (discount rate) dan umur ekonomis, yang dirumuskan :

$$C_c = \frac{f_s \cdot P}{m \cdot T_o} \dots\dots\dots (4.32)$$

$$m \cdot T_o = AF \cdot 8760 \dots\dots\dots (4.33)$$

$$f_s = \frac{i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots\dots\dots (4.34)$$

dimana : i = discount rate (% / tahun)

n = tahun

AF = Availability Faktor

- Biaya O&M

Biaya O&M (operasi dan perawatan) terdiri dari dua komponen, yaitu biaya tetap yang bergantung jenis bahan bakar, kapasitas pembangkit dan teknologi yang digunakan. Dan biaya variabel berhubungan dengan pengoperasian pembangkit, desain dan pemeliharaan.

$$G_s = \frac{O \& M}{(m \cdot T_o)} \dots\dots\dots (4.35)$$

dimana : G_s = biaya operasi dan perawatan

- Biaya Bahan Bakar

Biaya bahan bakar merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi besarnya biaya pembangkitan. Unsur biaya bahan bakar dinyatakan dalam dolar per KWh. Persamaan yang dipakai adalah sebagai berikut :

$$Fc = \frac{860.U_i}{\eta} \dots\dots\dots (4.36)$$

dimana Fc = Fuel cost (\$ / KWh)

▪ Umur Ekonomis dan Discount Rate

Semakin besar umur ekonomis maka akan semakin kecil unsur biaya modal per tahunnya. Semakin besar discount rate, maka unsur biaya modal per tahunnya akan membesar.

▪ Faktor Manfaat

Menunjukkan besar kegunaan suatu pembangkit, yang mempengaruhi jam operasi tahunan dari pembangkit tersebut. Semakin besar faktor manfaat suatu pembangkit, maka semakin besar pula jam operasi tahunan dari pembangkit itu. Yang dirumuskan dengan persamaan:

$$AF = 1 - (FO + \frac{SO}{52}) \dots\dots\dots (4.37)$$

dimana : AF = Availability Faktor

FO = Forced Outage (%)

SO = Scheduled Outage (minggu)

Dengan memakai rumusan di atas dan parameter sebagai berikut :

1. Kapasitas = 2 x 10 MW
2. Effisiensi = 35 %
3. Biaya kapital Total =US\$ 1400/KW
4. Biaya O&M per tahun = US\$ 5,29/KW
5. Biaya bahan bakar = US\$ 4/ 10⁶ K Cal
6. Discount rate = 12 %
7. Umur ekonomis = 25 tahun

8. Faktor manfaat = 82,3 %

- Biaya modal :

$$Cc = (0,1275 \times 1400) / (0,823 \times 8760)$$

$$= \text{US\$ } 0,024759067 / \text{KWh}$$

- Biaya O&M :

$$Gs = 5,29 / (0,823 \times 8760)$$

$$= \text{US\$ } 0,00073375611 / \text{KWh}$$

- Biaya bahan bakar :

$$Fc = 860 \times 4.10^{-6} / 0,35$$

$$= \text{US\$ } 0,009828571429 / \text{KWh}$$

$$= \text{Rp } 98,2857,- / \text{KWh} \text{ (US\$ } 1 = \text{Rp } 10.000,-)$$

- Biaya Energi Total :

$$\text{Cost} = Cc + Fc + Gs$$

$$= \text{US\$ } 0,03521394 / \text{KWh} \text{ (US\$ } 1 = \text{Rp } 10.000,-)$$

$$= \text{Rp } 353,2194,- / \text{KWh}$$

Tabel 4.44. Energi Spesifik PLTU 1 (1997)

BULAN 1997	Es SOLAR (K.Cal/Ton Semen)	Es COAL (K.Cal/Ton Semen)	Es LISTRIK PLN (KWh/Ton Semen)	Es LISTRIK PLTU (KWh/Ton Semen)
JANUARI	10199,417	761268,340	42,352	88,279
PEBRUARI	8841,182	842529,702	42,503	99,580
MARET	12331,285	927103,026	41,656	109,957
APRIL	11515,610	850966,227	42,859	102,227
MEI	10279,539	846626,480	39,209	98,435
JUNI	8693,609	815271,676	33,335	87,837
JULI	6746,602	932163,995	38,835	82,964
AGUSTUS	6707,656	714083,684	40,359	85,717
SEPTEMBER	6197,042	619220,116	42,130	94,464
OKTOBER	7513,344	642425,072	42,952	99,042
NOPEMBER	7100,323	623861,278	40,426	96,359
DESEMBER	9433,139	842041,071	50,211	123,777

Tabel 4.45. Energi Spesifik PLTU 2 (1997)

BULAN 1997	Es IDO Bakar (K.Cal/Ton Semen)	Es B. BAKAR TOTAL (K.Cal/Ton Semen)
JANUARI	251543,079	1023010,836
PEBRUARI	169686,597	1021057,480
MARET	126312,613	1065746,924
APRIL	275321,667	1137803,505
MEI	328119,353	1185025,371
JUNI	204389,402	1028354,686
JULI	61601,601	1000512,198
AGUSTUS	235030,361	955821,701
SEPTEMBER	106367,149	731784,307
OKTOBER	72936,801	722875,218
NOPEMBER	214258,744	845220,344
DESEMBER	277818,147	1129292,357

Dengan memperhitungkan biaya investasi pembangunan PLTU diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.46. Biaya Energi PLTU 1 (1997)

BULAN 1997	Biaya SOLAR (Rp/Ton Semen)	Biaya IDO (Rp/Ton Semen)	Biaya COAL (Rp/Ton Semen)	Biaya LISTRIK PLN (Rp/Ton Semen)	Biaya Listrik PLTU (Rp/Ton Semen)
JANUARI	665,477	13974,615	11362,214	5929,340	31181,21
PEBRUARI	576,857	9427,033	12575,070	5950,364	35173,13
MARET	804,575	7017,367	13837,359	5831,835	38838,23
APRIL	751,355	15295,648	12700,988	6000,237	36108,03
MEI	670,705	18228,853	12636,216	5489,232	34768,51
JUNI	567,228	11354,967	12168,234	4666,899	31025,27
JULI	440,193	3422,311	13912,895	5436,851	29303,94
AGUSTUS	437,652	13057,242	10657,965	5650,192	30276,47
SEPTEMBER	404,336	5909,286	9242,091	5898,170	33365,97
OKTOBER	490,220	4052,045	9588,434	6013,249	34983,09
NOPEMBER	463,272	11903,264	9311,362	5659,671	34035,26
DESEMBER	615,480	15434,341	12567,777	7029,604	43719,73

Tabel 4.47. Biaya Energi PLTU 2 (1997)

BULAN 1997	Biaya ENERGI TOTAL (Rp./Ton Semen)	Biaya ENERGI TOTAL/Harga SEMEN (%)
JANUARI	63112,859	23,979
PEBRUARI	63702,456	24,203
MARET	66329,366	25,201
APRIL	70856,256	26,921
MEI	71793,516	27,277
JUNI	59782,601	22,714
JULI	52516,193	19,953
AGUSTUS	60079,524	22,827
SEPTEMBER	54819,858	20,828
OKTOBER	55127,041	20,945
NOPEMBER	61372,833	23,318
DESEMBER	79366,933	30,155

Dari perhitungan yang telah dilakukan didapat harga per ton semen akan naik sebesar 7,97 % yaitu menjadi Rp. 296.190,202 apabila biaya investasi PLTU ikut diperhitungkan.

Apabila biaya bahan bakar PLTU saja yang diperhitungkan, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

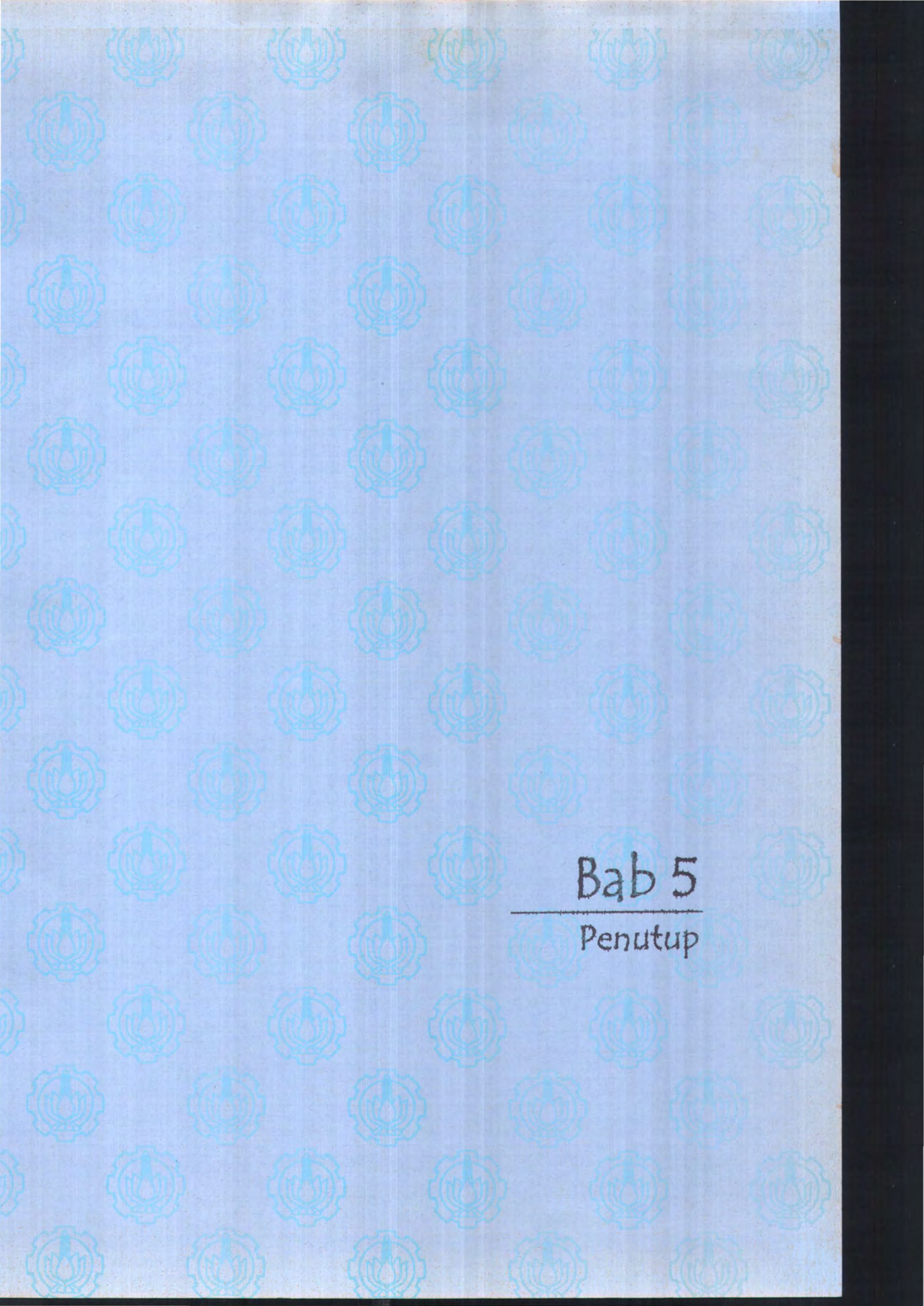
Tabel 4.48. Biaya Energi PLTU 1 Tanpa Investasi (1997)

BULAN 1997	Biaya SOLAR (Rp./Ton Semen)	Biaya IDO (Rp./Ton Semen)	Biaya COAL (Rp./Ton Semen)	Biaya LISTRIK PLN (Rp./Ton Semen)	Biaya Listrik PLTU (Rp./Ton Semen)
JANUARI	665,477	13974,615	11362,214	5929,340	8676,52
PEBRUARI	576,857	9427,033	12575,070	5950,364	9787,31
MARET	804,575	7017,367	13837,359	5831,835	10807,17
APRIL	751,355	15295,648	12700,968	6000,237	10047,46
MEI	670,705	18228,853	12636,216	5489,232	9574,72
JUN	557,228	11354,967	12168,234	4666,899	8633,12
JULI	440,193	3422,311	13912,895	5436,851	8154,15
AGUSTUS	437,652	13057,242	10657,965	5650,192	8424,76
SEPTEMBER	404,336	5609,286	9242,091	5898,170	9284,45
OKTOBER	490,220	4052,045	9588,434	6013,249	9734,43
NOPEMBER	463,272	11903,264	9311,362	5659,671	9470,69
DESEMBER	615,480	15434,341	12567,777	7029,604	12165,50

Tabel 4.49. Biaya Energi PLTU 2 Tanpa Investasi (1997)

BULAN 1997	Biaya ENERGI TOTAL (Rp./Ton Semen)	Biaya ENERGI TOTAL/Harga SEMEN (%)
JANUARI	40608,164	15,429
PEBRUARI	38316,637	14,558
MARET	38298,303	14,551
APRIL	44795,686	17,020
MEI	46699,728	17,743
JUNI	37390,454	14,206
JULI	31366,396	11,917
AGUSTUS	38227,815	14,524
SEPTEMBER	30738,335	11,679
OKTOBER	29878,380	11,352
NOPEMBER	36808,257	13,985
DESEMBER	47812,701	18,166

Dari perhitungan di atas diperoleh penurunan harga jual sebesar 1.08% yaitu menjadi Rp. 271.363,653 apabila hanya memperhitungkan biaya bahan bakar PLTU, yaitu batubara.



Bab 5

Penutup

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Energi primer yang digunakan dalam proses produksi semen di PT. Semen Baturaja saat ini adalah Industrial Diesel Oil (IDO), solar (HSD), batubara (coal) dan listrik PLN. Setelah dilakukan audit energi diketahui besarnya penggunaan tiap-tiap energi primer terhadap produk per ton semen, berturut-turut 419246.56 Kcal, 8796.56 Kcal, 78479.72 Kcal dan 41.40 KWh. Prosentase biaya energi terhadap harga semen adalah sebesar 11.49 % dengan harga IDO Rp. 365,00 per liter; Solar Rp. 380,00 per liter; Batubara Rp. 67.000,00 per ton; tarif listrik PLN rata-rata Rp. 121,584 per KWh dan harga per ton semen Rp. 263.200,00.
2. Kenaikan harga tiap-tiap energi primer maupun beberapa energi primer sekaligus akan diikuti dengan naiknya harga semen dimana kenaikannya tidak berbanding langsung. Untuk kenaikan harga IDO 36.99% (dari Rp. 365,00 menjadi Rp. 500,00), harga semen akan naik sebesar 2.39% (Rp. 269.488,65); Untuk kenaikan harga solar 57.895% (dari Rp. 380,00 menjadi Rp. 600,00), harga semen akan naik sebesar 0.08% (Rp. 263.410,45); Untuk kenaikan harga batubara 49.254% (dari Rp. 67.000,00 menjadi Rp. 100.000,00), harga semen akan naik sebesar 1.47% (Rp. 267.065,44); Untuk kenaikan harga listrik PLN 15.147% (dari Rp. 121,584 menjadi Rp. 140,00), harga semen akan naik sebesar 0.29% (Rp. 263.962,48). Apabila seluruh energi primer

tersebut mengalami kenaikan harga sebesar sama seperti di atas secara bersamaan, maka harga semen akan naik sebesar 4.23% (Rp. 274.327,024).

3. Sebagai langkah pelaksanaan konservasi energi, dianalisa dua alternatif yang dapat digunakan, yaitu sebagai Alternatif pertama adalah dengan menggunakan listrik PLN sebagai sumber utama selain tetap menggunakan PLTD yang telah ada hanya sebagai sumber listrik di Unit Kiln, diperoleh harga semen akan naik sebesar 0.28% (Rp. 275.101,885). Alternatif kedua dengan membangun PLTU sebagai pengganti PLTD yang ada saat ini, dimana harga semen akan naik sebesar 7.97% (Rp. 296.190,202) jika biaya investasi pembangunan PLTU ikut diperhitungkan. Apabila hanya harga batubara sebagai bahan bakar PLTU saja yang diperhitungkan, maka harga semen akan menurun sebesar 1.08% (Rp. 271.363,653).

5.2. SARAN-SARAN

1. Dengan mempertimbangkan usia ekonomis PLTD yang hampir habis, maka sebagai pengganti sebaiknya dibangun PLTU Batubara. Karena biaya pembangkitan listrik PLTU (Rp 98,2857/KWh) lebih murah dibandingkan PLTD secara umum (Rp /KWh).
2. Dengan adanya rencana pembangunan PLTU Cerenti dan sistem interkoneksi Sumatera, serta sistem interkoneksi Sumatera-Malaysia maka perlu dipertimbangkan pemakaian dengan memanfaatkan sistem tenaga listrik tersebut.

3. Perlunya dihitung produktivitas jumlah pegawai per ton semen, yang terkait juga dengan aspek pendidikan dan pelatihan pegawai tersebut. Diperoleh dengan cara menghitung KWh/ton semen, untuk per pegawai.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdul Halim,Drs., MBA, Akt., Auditing I (Dasar-Dasar Audit Laporan Keuangan), UPP AMP YKPN, Yogyakarta, 1997.
2. Agoes Pramoesinto, Ir., Pengendalian Proses Pembuatan Semen, PT Semen Baturaja (Persero), Baturaja, 1996.
3. Callaghan, Paul W. O', Energy Management, McGraw-Hill International (UK) Limited, 1993.
4. Direktorat Jendral Listrik Pengembangan Energi Departemen Pertambangan Dan Energi, Audit Energi Sektor Industri, Jakarta, 1995.
5. Ketut Arsha Putra, Ir., Teknologi Semen, Kursus Eselon IV-Penggilingan Clinker, Lembaga Semen & Beton Indonesia Asosiasi Semen Indonesia, 1994.
6. Labahn, Otto, Cement Engineer Handbook, Bauverlage GMBH Weisbaden And Berlin, 1980.
7. Orchard, D.F., B.Sc. , Ph.D; , Concrete Technology Volume I, Properties Of Materials, 3rd, Applied Sciece Publisher Ltd., London, 1973.

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kabupaten Madiun pada tanggal 24 Juli 1972 dengan nama lengkap SONI WARSONO putra dari Bapak Marma Rahardja dan Ibu Mamiek Soekarmi, dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara.

Riwayat pendidikan yang pernah ditempuh oleh Penulis adalah :

- | | |
|--|------------|
| 1. TK Siwi Peni, Kelurahan Krajan, Caruban, Kab. Madiun | Lulus 1979 |
| 2. SDN Bangunsari II, Kec. Mejayan, Caruban, Kab. Madiun | Lulus 1985 |
| 3. SMPN 1 Caruban, Kab. Madiun | Lulus 1988 |
| 4. SMAN 2 Kodya Madiun | Lulus 1991 |
| 5. Teknik Elektro FTI-ITS Surabaya | Masuk 1991 |

Selama menjadi mahasiswa Penulis aktif pada kegiatan kemahasiswaan di Unit Kegiatan Aeromodelling dan aktif sebagai asisten di Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga.

17 DEC 1997

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO ITS

EL 1799 TUGAS AKHIR - 6 SKS

Nama Mahasiswa : Soni Warsono
Nomor Pokok : 2291 100 016
Bidang Studi : Teknik Sistem Tenaga
Tugas Diberikan : Desember 1997
Tugas Diselesaikan :
Dosen Pembimbing : Ir. Syarifuddin Mahmudsyah, M.Eng
Judul Tugas Akhir :

AUDIT ENERGI DALAM RANGKA KONSERVASI
DAN PENGARUH KENAIKAN HARGA ENERGI PRIMER TERHADAP HARGA SEMEN
DI PABRIK SEMEN PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)

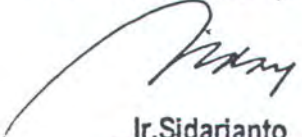
Seiring dengan peningkatan pelaksanaan pembangunan nasional maka kebutuhan terhadap semen guna pembangunan perumahan, perkantoran, jembatan dan infrastruktur lainnya juga semakin meningkat.

Mengingat cadangan sumber energi yang semakin lama semakin berkurang dan harga energi primer yang semakin mahal. Sedangkan dalam industri semen energi primer mempunyai andil yang besar terhadap biaya produksi, akibatnya setiap perubahan harga energi yang dipakai dalam pelaksanaan produksi maka berakibat besar dalam harga produknya. Sehingga dalam penggunaan energi harus efisien, ini mempunyai tujuan agar diperoleh harga semen yang semurah mungkin tanpa menurunkan kualitasnya produk.

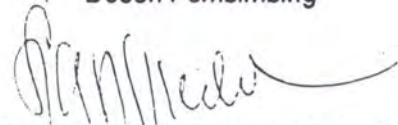
Untuk melaksanakan tujuan di atas maka perlu dilaksanakan audit energi. Yang mana prinsip audit energi adalah pengumpulan dan evaluasi data secara sistematis yang dihubungkan dengan konsumsi energinya. Audit energi di pabrik semen PT. Semen Baturaja (Persero) ini selain dalam rangka konservasi energi juga melihat seberapa jauh pengaruh kenaikan harga energi yang dipakai dalam proses produksi terhadap harga jual semen.

Surabaya, Desember 1997

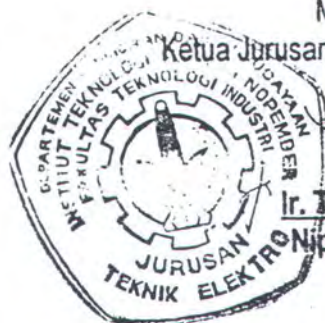
Menyetujui
Ketua Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga

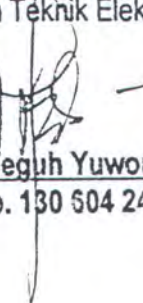

Ir. Sidarjanto
Nip. 130 532 009

Menyetujui
Dosen Pembimbing


Ir. Syarifuddin Mahmudsyah, M.Eng
Nip. 130 520 749

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro FTI - ITS




Ir. Teguh Yuwono
Nip. 130 504 244

USULAN TUGAS AKHIR

A. JUDUL TUGAS AKHIR : **AUDIT ENERGI DALAM RANGKA KONSERVASI DAN PENGARUH KENAIKAN HARGA ENERGI PRIMER TERHADAP HARGA SEMEN DI PABRIK SEMEN PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)**

B. RUANG LINGKUP :
- Manajemen Sistem Energi
- Pembangkit Tenaga Listrik
- Perlengkapan Pembangkit Tenaga Listrik
- Manajemen Industri

C. LATAR BELAKANG : Dalam industri semen, energi merupakan faktor yang menentukan tinggi rendahnya biaya produksi. Sedangkan semakin lama harga energi primer semakin mahal dan tentunya berakibat naiknya biaya produksi. Naiknya biaya produksi harus ditekan dan penggunaan energi harus efisien agar mendapatkan harga produk yang kompetitif baik di pasaran nasional maupun internasional.

D. TUJUAN : Mempelajari dan mendata ulang konsumsi energi pada industri semen di PT. Semen Baturaja (Persero) sehingga dapat diketahui pemakaian energi spesifik pada tiap peralatan dan proses, serta pengaruhnya terhadap ongkos produksi, yang diikuti dengan usaha untuk memperbaikinya.

E. PENELAAHAN STUDI : Energi yang digunakan dalam pembuatan semen banyak memakai energi panas dan energi listrik. Banyak faktor yang menyebabkan tidak efisiennya penggunaan energi tersebut, yang mana setiap industri memiliki problem pemborosan yang berbeda tergantung pada jenis peralatan, panjang-pendeknya proses produksi, cara mengoperasikan peralatan, cara pemanfaatan buangan energi maupun peralatan yang tidak efisien dalam mengkonsumsi energi.

Untuk melakukan pemecahan problem yang ada dapat dilakukan melalui penghematan energi yang terdiri dari menyelidiki neraca energi dan aliran energi, melakukan pengukuran efisiensi dari peralatan yang dipakai. Dalam menyusun neraca energi perlu diperhatikan input energi dalam masing-masing proses di peralatan dan dibandingkan dengan outputnya.

F. RELEVANSI : Diharapkan dengan dilakukan Audit Energi dapat diketahui pada sektor mana pemborosan energi terjadi dan kemungkinan untuk mengatasi serta menghitung dampak kenaikan harga energi primer terhadap harga produk.

G. LANGKAH-LANGKAH :
 1. Studi Literatur
 2. Pengumpulan Data
 3. Analisa Data
 4. Penyusunan Laporan Akhir

H. TINJAUAN PUSTAKA : The rotary kiln is with the cement is burn t at 1300- 1500 C is a long cylinder rotating on its axis and inclined so that the materials fed in at the upper end travel slowly to the lower end. Here the fuel pulverised coal, oil or natural gas is blowm in by an air blast and ignited.....[1]. The first step an energi-conservation effort should be an survey of usage and the cost . The primary energi source in a plant include electricity and the direct combution of fuels.....[2]

I. JADWAL KEGIATAN :

KEGIATAN	BULAN					
	I	II	III	IV	V	VI
1. Studi Literatur						
2. Pengumpulan Data						
3. Analisa Data						
4. Penyusunan Laporan Akhir						

K. DAFTAR PUSTAKA

1. F.M. LEA, The Chemistry Of Cement An Concentre, 3rd ed., New York, 1970.
2. F.G. Shinsky, Destilation Control for Productivity And Energy Conservation, 2nd ed., Massachuset