



PROCEEDINGS

SEMINAR NASIONAL
ENERGI TERBARUKAN DAN
PRODUKSI BERSIH 2012



SENTER PROBE 2012

*Hotel Marcopolo
Bandar Lampung, 20 Juli 2012*

Diselenggarakan oleh:

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung



ISSN 0016087403

SUSUNAN PANITIA

Penanggung Jawab	: Harmen Burhanuddin, ST, MT	
Ketua	: Dr. Eng. Shirley Savetlana, M.Met	
Wakil Ketua	: Ir. Herry Wardono, MSc	
Sekretaris	: A. Yudi Eka Risano, ST, MSc	
Bendahara	: Ir. Arinal Hamni, MT	
Sie Pendanaan dan Sponsorship	: Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, MT Ahmad Yahya Teguh Panuju, ST, MT Drs. Sugiyanto, M.T. Mei Hartanto Agus Rantaujaya Dwi Andri Wibowo	[koor]
Sie Sekretariat dan Humas	: Dyan S, ST, MT Jorfri B. Sinaga, ST, MT Tarkono, S.T., M.T. Yusi Adiansyah Chikal Noviansyah	[koor]
Sie Acara dan Moderator	: Dr. Asnawi Lubis, MSc Dr. Gusri Akhiyar Dr. Yanuar Burhanuddin Dr. M. Badaruddin Lingga Aditya Rabiah Suryaningsih	[koor]
Seksi Perlengkapan	: Zulhanif, ST, MT Harnowo Supriadi, ST, MT Agus Sugiri, ST, MT Dadang Hidayat Nanang Trimono Tri Wibowo M.Todaro Galih Koritawa Purnomo Dwi Novriadi Agus Rantaujaya Rahmat Ramadhan	[koor]
Seksi Publikasi & Dokumentasi	: Ahmad Suudi, ST, MT Martinus, M.Sc. Nafrizal, S.T., M.T. Adi Nuryansyah	[koor]

Rizal Ahmad Fadlil
Cecep Tarmansyah

Seksi Konsumsi

: Novri Tanti, ST, MT
Anita Dewi
Anisa Rahman
Yayang Rusdiana
Bebi

[koor]

KATA PENGANTAR

Selamat datang di Seminar Nasional Energi Terbarukan dan Produksi Bersih (SENTER PROBE 2012). Kami sangat senang sekali mendapatkan kehormatan sebagai tuan rumah dalam seminar ini. Seminar ini bertujuan menyatukan para akademisi, peneliti, dan praktisi untuk saling bertukar informasi dan membagi pengalaman-pengalaman, ide-ide, dan hasil penelitian mereka. Seminar ini diharapkan juga dapat memberi masukan bagi berbagai pihak terutama dalam bidang energi terbarukan dan produksi bersih. Dalam seminar ini juga diharapkan dapat menyemangati dan membangun kerjasama antara pihak akademik, peneliti, dan industri.

Panitia telah menyeleksi 102 makalah untuk dipresentasikan dari seluruh wilayah Indonesia. Tiga orang keynote speaker juga akan menyampaikan kuliah umum mengenai energi terbarukan dan produksi bersih yang akan memberikan atmosfer akademik yang baik dalam seminar ini.

Kami yakin dengan dukungan dari semua pihak, seminar ini berpotensi sebagai forum utama dalam kerjasama antara peneliti, akademisi, dan industri serta dapat memberikan masukan dalam masalah-masalah krisis energi dan produksi bersih di Indonesia. Kami berharap Bapak-bapak dan Ibu-ibu akan mengalami waktu yang menyenangkan selama berkunjung di Lampung ini. Kurang lebihnya jika ada yang yang tidak berkenan atas penyelenggaraan kami, kami dari panitia SENTER PROBE 2012 memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Terima Kasih,

Salam Kami,

Dr.Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met.

DAFTAR ISI

Susunan Panitia	i
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv

A. KEYNOTE SPEECH

Produksi Bersih untuk Meningkatkan Efisiensi dan Mencegah Pencemaran

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA	1
-----------------------------------	---

B. PEMAHALAH

Pengaruh Perlakuan *Spheroidized Anneal* 810°C dan *Quench Temper* 600°C Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Perkakas Tuang Untuk Aplikasi Otomotif

Abdul Aziz	3
------------------	---

Optimalisasi Produksi Enzim Selulase oleh *Aspergillus niger* pada Limbah Berlignoselulosa

Adam	11
------------	----

Kaji Prospek Pemanfaatan Turbin Angin Kecepatan Rendah untuk Pembangkit Energi Listrik di Desa Langi Kepulauan Simeulue

Anan Niazi	14
------------------	----

Optimasi Desain Alat Pengering Ikan Air Tawar dengan Kapasitas 20 kg Memanfaatkan Energi Surya

Anhar Khalid	18
--------------------	----

Pengaruh Kualitas Briket Penyala dan Pasokan Udara terhadap Waktu Tahan Temperatur Tinggi pada Pembakaran Briket

Anton Irawan	23
--------------------	----

Kajian Awal Pengolahan Sekam Padi sebagai Bahan Bakar untuk Ketahanan Energi Nasional melalui Proses Torefaksi

Anton Irawan	28
--------------------	----

Optimasi Desain Pembangkit Listrik Tenaga Air Mikrohidro dengan Daya Nominal 12 kW dengan Memanfaatkan Arus Sungai Selatan, Propinsi Kalimantan Selatan

Budi Hartadi 32

Mechanical Design of Pressure Vessel for Three Phase Separator Using PV Elite Software

Cokorda Prapti Mahandari 36

Karakteristik Perpindahan Panas Peleburan Parafin-Al₂O₃ Sebagai Material Penyimpan Panas

Dailami 41

Analisa Proses Perlakuan Panas terhadap Kekerasan dan Mikrostruktur Bush 25 OEM & 25SH OEM

Frendy Lumban Batu 46

Kajian Potensi Penggunaan Lumpur Lapindo sebagai Perekat Briket Arang Kayu sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan

Gabriela Amanda Gita Aristia 49

Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya dan Angin dengan Kapasitas 350 W untuk Rumah Tangga

Idzani Muttaqin 53

Perancangan, Pembuatan, dan Pengujian Purwarupa Turbin Aliran Aksial Untuk Pembangkit Energi Listrik Mikro Hidro Head Rendah di Aceh

Irwansyah 60

Increasing Life-Time and Maintainability of Chain at Two Wheeled Vehicle with Using Chain Tighter

Isman Harianda 65

Pengaruh Temperatur Tuang serta Ukuran Ayakan Pasir terhadap Cacat Porositas dan *Blowhole* Coran Al-Si₇ yang Dicor dengan Metode *Evaporative*

Ivan Junaidy 70

Studi Pemanfaatan Kulit Buah Naga Sebagai Materi Sel Surya Dengan Metode *Dye Sensitized Solar Cell*

Jennis Fitria 73

Mendukung Penyediaan Energi dengan Pemanfaatan Sumber-Sumber Terbarukan untuk Mendukung Pembangunan di Sulawesi Tenggara

Ridway Balaka 77

Perancangan Mesin Conveyer Belt Berbasis PLC

Sulis Yulianto 84

The Constraint Of Introduction Of Nuclear Power Plant In Indonesia

Tjipta Suhaemi 89

Evaluasi Resiko *Overpressure* Ketel Uap pada Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Pabrik Gula Kebon Agung, Malang, Jawa Timur

Wahyunanto Agung Nugroho 93

Penerapan Briket Kokas Lokal Hasil Penelitian Guna Bahan Bakar Dalam Proses Pengecoran Logam

Dwi Aries Himawanto 99

Perbandingan Perjalanan Menggunakan Sepeda Motor dan *Park & Ride* untuk Sistem Transportasi Pedesaan Jawa Timur

Ibnu Hisyam 105

Pengolahan Limbah Cair Industri Gula dengan Menggunakan Bioreaktor Anaerob Membran

Rahmayetty 109

Pengaruh Ukuran dan Jarak Nozel terhadap Perubahan Putaran Turbin Pelton

Rr. Sri Poernomo Sari 113

Benefit Cost Analsis of Using Landfill Gas for Bus (Case Study of Pancoran Mas Landfill, Depok)

Farizal 118

Pengaruh Sudut Belokan *T-Junction* terhadap Efisiensi Pemisahan *Kerosene-Water* dengan Diameter Sama

Kemas Ridhuan 122

Percepatan Penerapan Teknologi Biogas Berbahan Kotoran Hewan Untuk Meningkatkan Pertumbuhan UMKM Di Kabupaten Pamekasan	
Hozairi	126
The Effect of Harvesting Period and Volume of <i>Tetraselmis Chuii</i> to Absorb CO₂ in Bubble Photobioreactor	
Aprilla Ayu Ramasari	132
Synthesis Bioplastic from <i>Gracilaria coronopifolia</i> Seaweed as Edible Film	
Asih Isnaini	136
Synthesis Bioplastic From <i>Gracilaria Coronopifolia</i> Seaweed And Gelatine As <i>Edible Film</i>	
Meylina	141
Influence Washing Biodiesel With Spray Washing Method To Biodiesel Quality From Refined Palm Oil (RPO)	
Jemmy Ignatius	147
Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi Pada <i>Pretreatment</i> Minyak Goreng Bekas Dalam Menghasilkan Biodiesel	
Riska Aprilliani	153
Pemanfaatan Bentonit Alam Teraktivasi Pada <i>Pretreatment</i> Minyak Goreng Bekas Sebagai Bahan Baku Biodiesel	
Dian Wulan Sari	157
Decomposition Anaerobic of Mixed Waste Liquid Industry Using Reactor UASB Series	
Vincentia Harlistriani	161
Nonlinear Finite Element Analysis of Pressurized LPG Toroidal Tank with Non-Radial Nozzle	
Asnawi Lubis	166
Pemotongan Plat Baja Semiotomatis dengan Oksi-Asetilen pada Ketebalan Plat 2,4,6,8 dan 10 mm	
M. Yunus	171
Transesterification Refined Palm Oil (RPO) to Biodiesel with Continuous Microwave Biodiesel Reactor (CMBR)	
Syamsidar	178

Influences of Thickness and Concentration of Sulphur Powder on Surface Briquette Made Of Woody Biomass To Ignition Behavior

Nia Kurniati 182

Pemanfaatan Serbuk Besi Dari Sisa Hasil Proses Permesinan Untuk Meningkatkan Sifat Mekanik Pada Aluminium Yang Dicor Ulang (*Al Remelting*)

Zulhanif 185

Rancang Bangun *Secondary Cabin Roof* Untuk Membantu Meringankan Kerja AC Mobil

Ahmad Su'udi 189

Penentuan Waktu Optimal Penyerapan Gas CO₂ Pada Berbagai Konsentrasi Dan Salinitas Menggunakan *Nannochloropsis Oculata* Dalam Fotobioreaktor

Subiyantoro 194

Anaerobic Digestion of Mix Industrial Waste Water Using Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactor in Series with Variation of COD

Kurniadi 198

The Comparison of Furfural Yield in Hydrolysis Reaction Used Various Catalyst

Suharto 203

Pengaruh Konsentrasi CO₂ Input dan Salinitas Media Kultur terhadap Penyerapan CO₂ pada Mikroalga *Nannochloropsis oculata*

Widya Wahyuningsih 208

Pengaruh Ketebalan Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Aliran Silang (*Cross Flow*) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh)

Agus Sugiri 212

Aplikasi Arang Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Udara Pembakaran Untuk Meningkatkan Prestasi Sepeda Motor Bensin 4-Langkah

Herry Wardono 218

Determination of Optimum Number of Microalgae Biomass *Nannochloropsis oculata* with a Variation of CO₂ Concentration and Type Photobioreactor

Indri Febrian Esa Tika 222

Drying Curcuma (<i>Curcuma domestica</i>) using Vacuum Dryer	
Doni Purnama	226
Study of Effects of Biomass' Composition to Quality of Bio-oil from Pyrolysis	
Alfian Yuandika Putra	230
Review The Effects of Temperature, Particle Size, and Heating Rate on Pyrolysis of Durian Skin to Yield Bio-oil	
Astri Ayu Cahyani	233
Perancangan Tungku Pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Untuk Kapasitas Daya 160 Kw	
Imron Rosyadi	237
Studi Awal Kelayakan Ekonomi Pabrik Torefaksi Sampah Perkotaan menjadi Bahan Bakar Padat Setara Batubara Skala Pilot Berkapasitas 25 Ton per Jam	
Amrul	242
Effect of Cassava Powder Filler to Physical and Mechanical Properties of Bioplastic Based on The Sorgum Starch	
Yuli Darni	247
Produktivitas Etanol dari Molases dengan Proses Fermentasi pada Kondisi Penambahan Aliran Udara atau Gas Nitrogen	
Aji Alriandi	253
Studi Aplikasi <i>Bio-dryer</i> untuk Meningkatkan Produktivitas, Kualitas dan Pendapatan Petani Onggok	
Indra Mamad Gandidi	260
Umur Pahat dan Kekasaran Permukaan Sewaktu Pemesinan Ti-6%Al-4%V ELI pada Kecepatan Tinggi	
Gusri Akhyar Ibrahim	267
Keausan Excessive Roda Rel Kereta Api Babaranjang Jalur Tajungenim ke Tarahan	
I Made Parwata	273
Kajian Eksperimental Pengaruh Berat Dan Bentuk Katup Buang Terhadap Unjuk Kerja Model Pompa Tanpa Motor (<i>Hydraulic Ram Pump</i>)	
Tumpal Ojahan R	278

Investigasi Reduksi *Particulate Matter* Emisi Gas Buang Motor Diesel dengan Metode Penerapan Spray Air Laut

Agung Sudrajad 284

Manufaktur Ramah Lingkungan: Suatu Tinjauan Pemesinan Paduan Magnesium Menggunakan Termografi

Yanuar Burhanuddin 289

Kaji Eksperimen untuk Distribusi Tegangan Geser Lapisan Adesif pada Sambungan Pipa Komposit

Jamiatul Akmal 295

Pemanfaatan Serabut Kelapa sebagai Reinforcement pada Pembuatan Rem Komposit

Agus Triono 300

Mechanical Properties of Coconut Shell Particles Reinforced Polyester Composite

Shirley Savetlana 305

Potensi Penggunaan Pembangkit Kogenerasi Di Industri *Garment*

Harmen 309

Pengaruh Waktu Proses *Hard Chrome Electroplating* terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan Baja Karbon Rendah

Harnowo Supriadi 318

Studi Eksperimental Pengaruh Kecepatan Putar Pahat Terhadap *Surface Roughness* pada Pemesinan Bubut Kering Dengan *Actively Driven Rotary Tool*

Suryadiwansa Harun 322

POTENSI PENGGUNAAN PEMBANGKIT KOGENERASI DI INDUSTRI GARMENT

Harmen

Jurusan Teknik Mesin,

FT Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35148

Email: harmenbur@unila.ac.id

Abstrak

Industri merupakan salah satu pengguna energi terbesar. Konsumsi energi final sektor industri berdasarkan data tahun 2009 adalah sebesar 295.633.887.000 setara barel minyak atau sekitar 31,18% dari total konsumsi energi final Indonesia pada tahun tersebut. Komponen biaya energi suatu industri berkisar antara 10% - 30% dari total biaya produksi. Fluktuatifnya harga energi di pasar global menambah ketidakpastian dalam hal perencanaan biaya produksi dan pentingnya untuk melakukan kegiatan efisiensi energi. Efisiensi dapat dicapai dengan beberapa cara, antara lain dengan perilaku pemakaian yang efisien, perawatan yang baik, penggunaan peralatan yang hemat energi, dan pemanfaatan kembali energi yang terbuang. Besarnya penghematan yang dapat dilakukan sangat tergantung pada bentuk usaha yang dapat dilakukan. Selain penghematan dalam hal biaya energi, efisiensi energi juga dapat meningkatkan daya saing produk suatu industri.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan potensi penghematan pemakaian bahan bakar melalui penggunaan pembangkit kogenerasi di suatu industri garment.

Kajian ini dimulai dengan perhitungan penggunaan energi listrik dan konsumsi steam. Dari karakteristik atau pola pemakaian listrik dan steam selanjutnya dilakukan penentuan kapasitas dan jenis sistem pembangkit kogenerasi yang akan digunakan. Selanjutnya dilakukan perhitungan potensi penghematan pemakaian bahan bakar yang digunakan.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa penggunaan sistem pembangkit kogenerasi cukup potensial. Profil dari konsumsi steam dan listrik secara garis besar memberikan informasi umum tentang tingkat potensinya. Berdasarkan tingkat konsumsi steam dan listrik untuk periode satu tahun diketahui penggunaan sistem kogenerasi akan dapat menghemat 858.48 ton batubara atau setara dengan penghematan sebesar Rp 558,012,256,-. Karena adanya pengurangan jumlah batubara yang dibakar, maka besarnya CO₂ yang diemisikan juga akan berkurang sebesar 1,324 ton.

Keywords: *Kogenerasi, efisiensi energi, emisi CO₂, industri garment*

1. Latar Belakang

Industri merupakan salah satu pengguna energi terbesar. Konsumsi energi final sektor industri berdasarkan data tahun 2009 adalah sebesar 295.633.887.000 setara barel minyak atau sekitar 31,18% dari total konsumsi energi final Indonesia dari total konsumsi energi final Indonesia pada tahun tersebut [ESDM, 2010]. Komponen biaya energi suatu industri berkisar antara 10% - 30% dari total biaya produksi [BPS, 2007]. Fluktuatifnya harga energi di pasar global menambah ketidakpastian dalam hal perencanaan biaya produksi dan pentingnya untuk melakukan kegiatan efisiensi energi.

Efisiensi energi adalah suatu usaha untuk menggunakan lebih sedikit energi dalam menjalankan suatu proses dengan kinerja yang sama. Hal tersebut dapat dicapai dengan beberapa cara, antara lain dengan perilaku pemakaian yang efisien, perawatan yang baik, penggunaan peralatan yang hemat energi,

dan pemanfaatan kembali energi yang terbuang. Besarnya penghematan yang dapat dilakukan sangat tergantung pada bentuk usaha yang dapat dilakukan. Selain penghematan dalam hal biaya energi, efisiensi energi juga dapat meningkatkan daya saing produk suatu industri.

Kajian awal atau audit energi merupakan langkah pertama yang harus dilakukan untuk menentukan ketidakefisienan yang ada, untuk penyusunan target penghematan, dan penentuan potensi penghematan yang akan dapat dicapai. Setelah audit dilakukan, target yang rasional ditentukan baru kemudian dilanjutkan dengan penyusunan rencana aksi dan pengimplementasiannya.

Dalam suatu industri *garment*, jenis energi yang dominan yang digunakan untuk kegiatan produksi adalah energi listrik sebagai penggerak motor listrik yang digunakan untuk berbagai keperluan seperti mesin pemotong, mesin jahit, mesin pengering, dan lain-lain. Selain energi listrik, industri ini juga

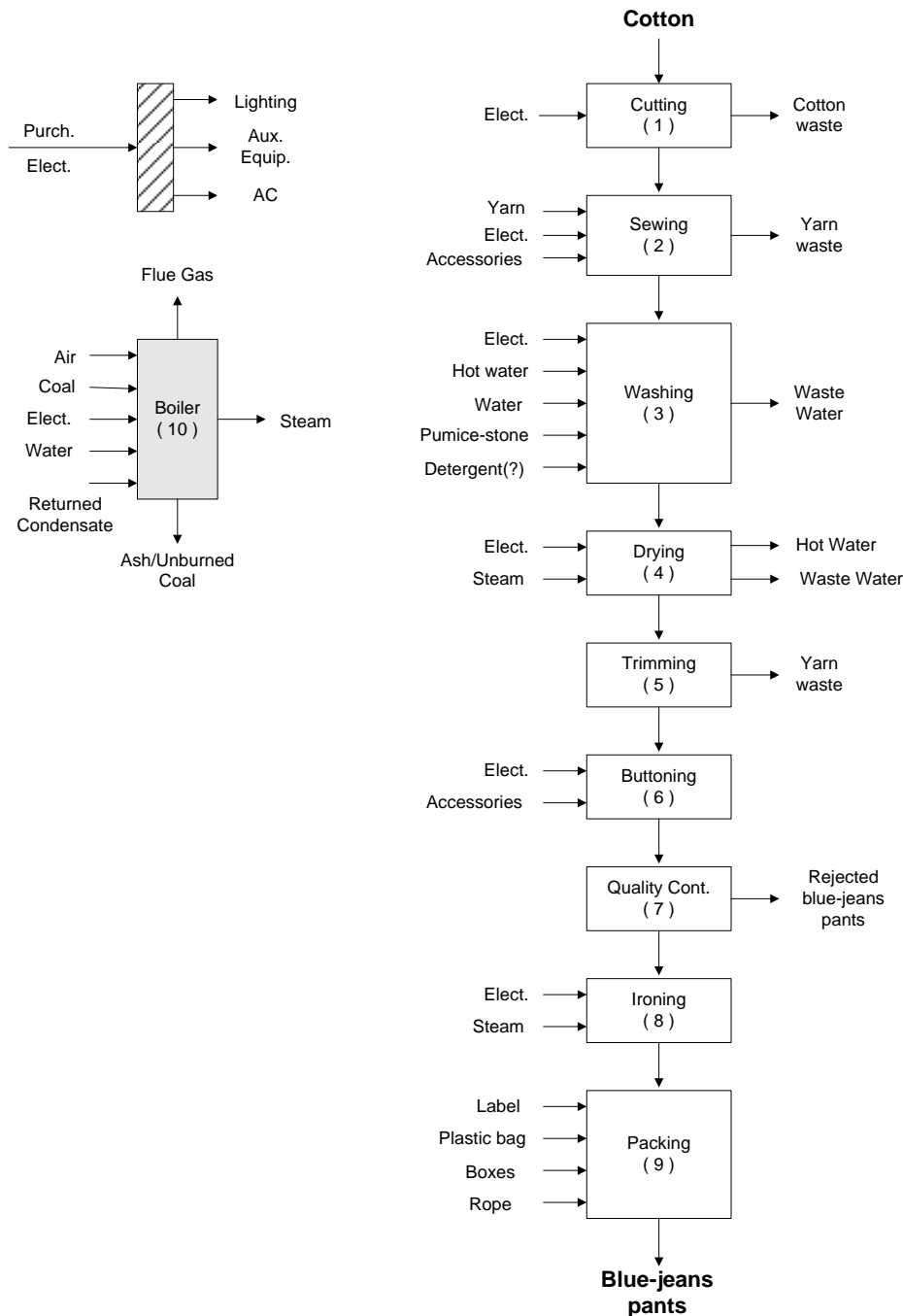
menggunakan uap air/steam untuk proses pencucian kain dan setrika (*ironing*). Dimana *steam* ini diperoleh melalui proses penguapan air dari suatu *steam boiler* berbahan bakar batubara.

Dengan adanya penggunaan listrik dan *steam* secara bersamaan, maka industri ini memiliki potensi untuk menggunakan sistem pembangkit kogenerasi yang merupakan sistem pembangkit yang terbukti paling

efisien saat ini dengan efisiensi total dapat mencapai 85%, [Boyce,2002; Harlock, 1997].

2. Diagram Alir Proses

Diagram alir proses pembuatan garment (celana blue jeans) beserta sumber energinya diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir proses pembuatan celana *blue-jeans* dan sumber energinya

Banyaknya kain yang diperlukan pada proses pemotongan (*cutting*) diketahui dari bagian gudang. Untuk bulan Agustus 2008 jumlah kain yang di keluarkan adalah seperti tabel 1.

Tabel 1 Jenis dan jumlah kain yang dikeluarkan dari bagian gudang periode Agustus 2008

No.	Material	Quantity, yard
1	Factory woven cotton	1,830.0
2	Corduroy cotton	32,521.0
3	Denim cotton	99,942.8
4	Spandex cotton	720.0
5	Polyester 70% cotton	6,595.0
6	Denim cotton (local)	10,211.0
7	Denim cotton SSQ	6,299.0
	Total	158,118.8

Banyaknya kain yang dibutuhkan per celana tergantung pada ukuran celana yang akan dibuat. Sebagai estimasi disini digunakan bahwa untuk memproduksi satu celana dibutuhkan 1,5 yard kain dasar. Mengacu pada angka ini maka setelah proses pemotongan dihasilkan kain ptongan untuk sekitar 105,412 celana. Kain sisa dan jumlah energi listrik yang digunakan tidak terhitung. Untuk energi listrik tidak bisa dihitung karena proses pemotongan tidak berjalan secara kontinu. Sebagai gambaran pada proses ini digunakan 9 unit alat potong dengan daya 1,4 kW per alatnya.

Dari bagian pemotongan, selanjutnya kain akan dilanjutkan ke proses penjahitan (*sewing*). Ada 40 mesin jahit per line produksi. Pada PT SAMA terdapat 16 line produksi. Pada tiap line terdapat 2 jenis mesin jahit dengan daya listrik yang berbeda yaitu mesin dengan daya 250 watt dan 400 watt. Tiap line jumlah kedua jenis mesin ini tidak sama. Dari informasi yang diperoleh pada bagian ini, untuk periode Agustus 2008 dihasilkan 133,578 potong celana. Jumlah ini berbeda dengan jumlah estimasi diatas dan bila banyaknya kain dasar yang dikeluarkan dari bagian gudang dibagi dengan jumlah celana yang dihasilkan ini didapatkan angka 1.184 yard/celana. Melihat perbedaan ini, perlu dilakukan klarifikasi.

Setelah melewati proses ini kemudian celana akan masuk ke bagian pencucian. Ada tiga proses pada bagian ini yaitu, pencucian (*washing*), pemerasan kain (*pressing*) dan pengeringan (*drying*). Bagian ini mengkonsumsi banyak energi, baik itu energi listrik, steam maupun air. Steam digunakan sebagai pemanas udara pada proses *drying* dan dicampur dengan air

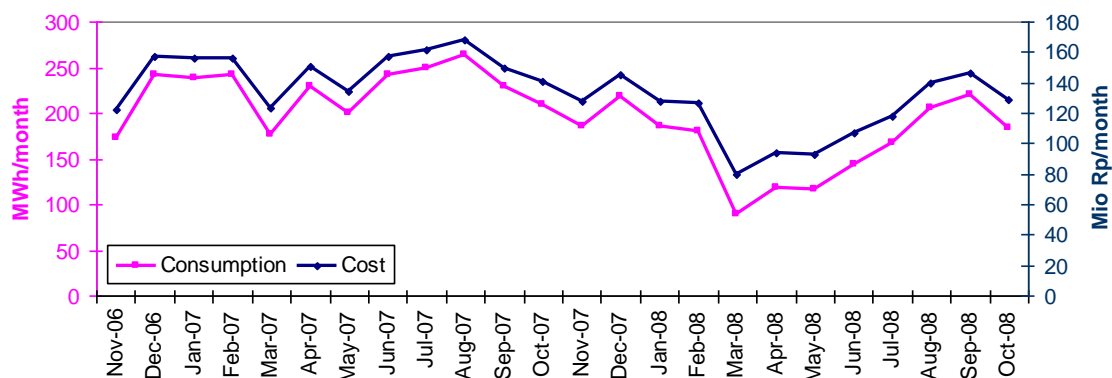
untuk proses pencucian. Temperatur ruang pengering adalah sekitar 60 – 75°C dan temperatur air pencucian adalah sekitar 40°C. Steam dari mesin pengering akan kembali ke boiler, tapi pada mesin pencuci akan dibuang.

Untuk menghitung jumlah energi yang diperlukan pada bagian ini juga sulit untuk dilakukan dalam waktu yang singkat karena keterbatasan instrumen ukur yang terpasang. Tapi sebagai estimasi bagian ini beroperasi dalam dua shift (16 jam kerja), menggunakan 34 unit mesin pengering 8.46 kW, 27 unit dengan daya 7.4 kW, mesin extractor 5 kW 6 unit, 2.2 kW 4 unit, dan 3 unit mesin steppel 0.5 HP. Untuk perhitungan balans massa dan energi yang rinci, perlu dilakukan pengukuran terhadap air dan steam yang digunakan, pencatatan jumlah mesin yang digunakan berserta lamanya waktu penggunaan, jumlah celana yang dicuci dan kuantitas bahan tambahan yang digunakan.

Proses kemudian dilanjutkan dengan pemasangan aksesoris seperti kancing, paku, dan lain-lain. Disini digunakan mesin sebanyak 16 unit dengan daya mesin 200 watt. Data jumlah aksesoris yang diperlukan bisa didapat dari bagian gudang. Dengan mengetahui jumlah aksesoris yang digunakan per celananya, maka banyaknya aksesoris yang terbuang dapat diketahui. Pada proses selanjutnya, yaitu penyetrikaan (*ironning*) digunakan 20 unit setrika dengan daya 1 kW dilengkapi dengan blower 2.2 kW. Setelah melalui proses cek kualitas selanjutnya celana siap untuk di *packing*.

3. Pasokan dan Kebutuhan Energi Listrik

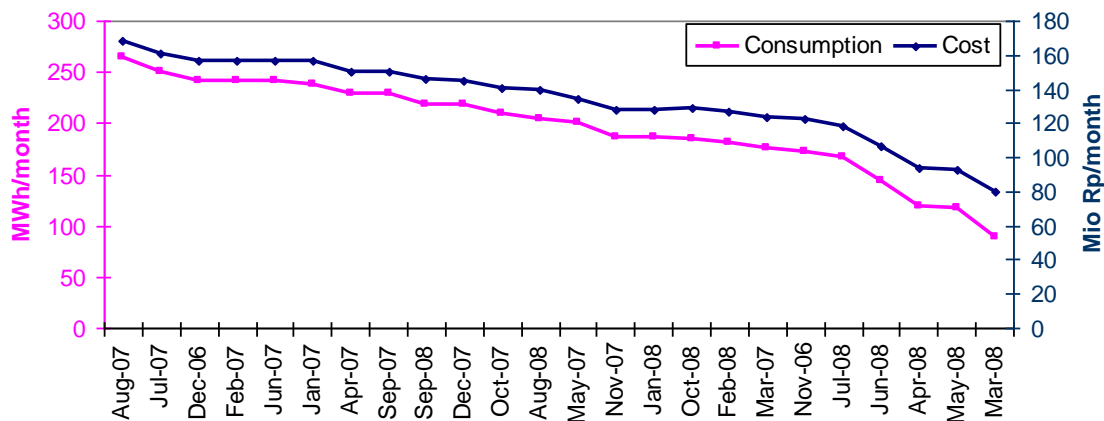
Daya listrik terpasang pada industri ini adalah sebesar 1,110 kVA. Seluruh daya listrik dipasok dari PLN tanpa adanya unit pembangkit cadangan. Besar konsumsi dan biaya perbulan untuk periode Nopember 2006 – Oktober 2008 adalah seperti diperlihatkan dalam gambar 2. Terlihat bahwa setiap bulanya pemakaian tidak ada yang sama. Ini juga mengindikasikan bahwa kapasitas produksi juga tidak konstan.



Gambar 2 Konsumsi dan biaya listrik

Pada gambar 3 dicoba untuk mengurutkan pemakaian dari yang tertinggi yaitu yang terjadi pada rekening bulan Agustus 2007 atau untuk pemakaian listrik bulan Juli 2007 ke yang terendah yaitu untuk pemakaian listrik bulan Februari 2008. Bila jumlah pemakaian listrik perbulan ini dibagi dengan jam operation pabrik dalam bulan yang bersangkutan maka akan didapat jumlah pemakaian perjamnya. Nilainya berkisar antara 750 – 250 kWh. Nilai ini jauh dari kapasitas terpasang 1,110 kVA. Dicoba untuk mengambil satu sampel pada saat jam kerja dengan mencatat kWh meter. Didapat nilai pemakaian pada

saat tersebut sebesar 470 kWh dan bila dibagi dengan faktor beban ($\cos \phi$) 0.85 diperoleh harga 523 kWh. Jika memang pemakaian maksimum tidak pernah mendekati nilai kapasitas terpasang, maka penurunan daya listrik akan mengurangi biaya beban perbulannya. Untuk saat ini dengan kapasitas terpasang 1,110 kVA setiap bulan akan dikenakan biaya beban Rp 32,745,000,-. Bila misalnya, diturunkan beban hingga kapasitas terpasang hanya 690 kVA maka biaya beban yang dibayar turun menjadi Rp 20,355,000,- atau penghematan sebesar Rp 12,390,000,- perbulannya.



Gambar 3 Pola pemakaian listrik per bulan

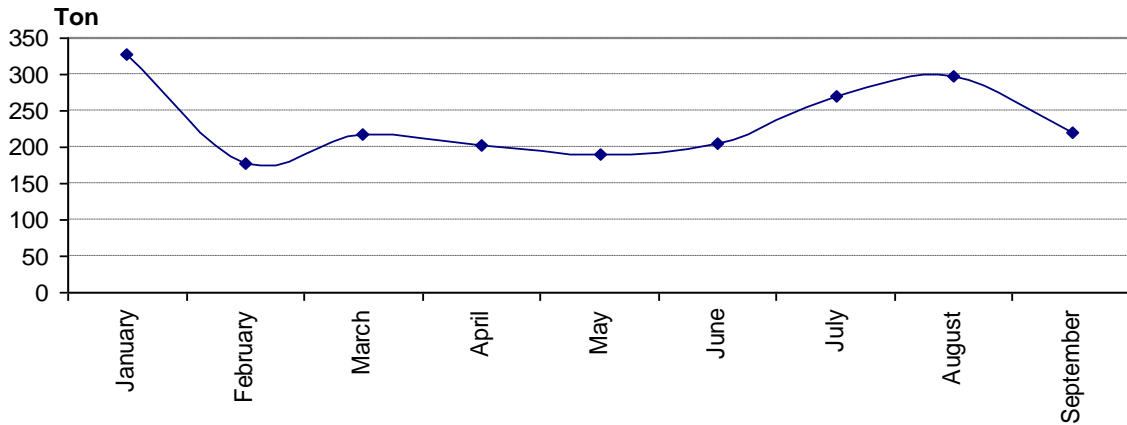
4. Analisa Energi pada Unit Boiler

Boiler yang digunakan merupakan boiler berbahan bakar batubara dengan kapasitas 15 m³ air umpan per harinya. Tekanan operasional boiler adalah 6 bar yang terukur pada pressure gauge atau 7 bar absolut dengan temperatur steam 120°C. Jam operational boiler

mengikuti jam kerja pada bagian pencucian, karena sebagian besar steam yang dihasilkan digunakan untuk keperluan dibagian ini yaitu rata-rata 16 jam per hari. Data yang tersedia hanya data jumlah batubara yang digunakan per jam. Sehingga analisa dilakukan berdasarkan atas data ini. Informasi tambahan yang lain adalah temperatur air umpan sebesar 40°C.

Gambar 4 – 6 menampilkan pola pemakaian batubara per bulan, hari, dan jam. Untuk periode Januari – September 2008 pemakaian tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 328.65 ton dan terendah terjadi pada bulan February sebesar 178.5 ton. Perbedaan ini selain karena perbedaan kapasitas produksi juga

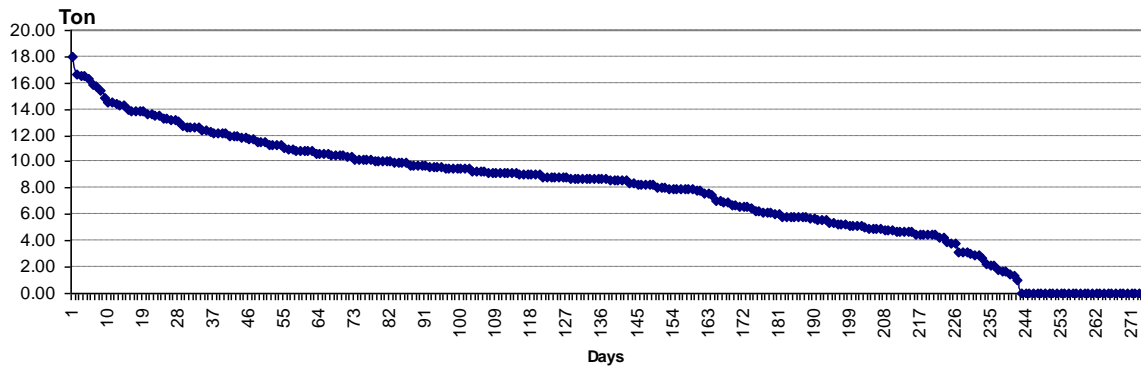
disebabkan oleh perbedaan jam kerja. Berdasarkan data harian untuk kedua bulan tersebut diperoleh jumlah hari operasional boiler untuk bulan Januari sebanyak 27 hari dan untuk bulan February sebanyak 23hari.



Gambar 4 Jumlah pemakaian batubara per bulan

Pemakaian batubara per hari sangat fluktuatif. Selain disebabkan perbedaan jam operasional boiler ini juga bisa disebabkan oleh perbedaan beban pada bagian pencucian dan pengeringan. Untuk mengetahui karakteristik beban harian dilakukan pengurutan

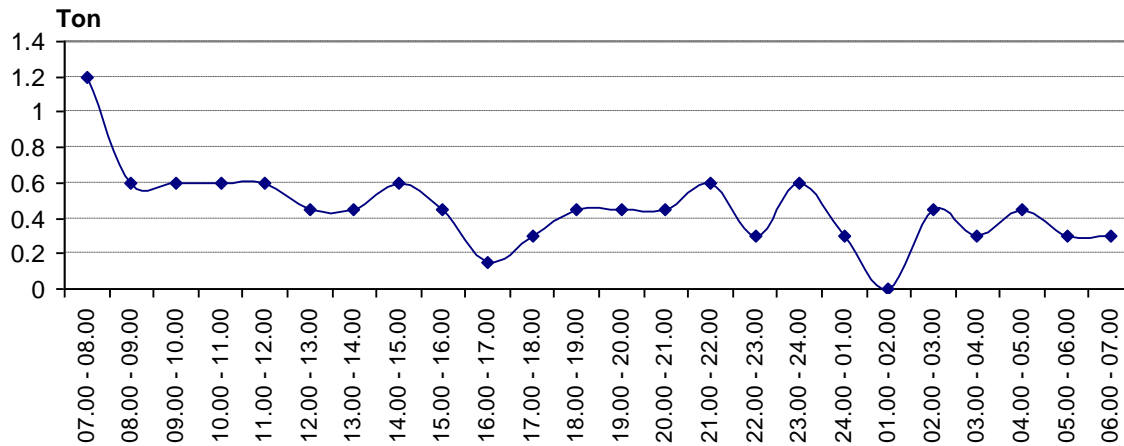
pemakaian dari terbesar sampai terkecil dan hasilnya disajikan pada gambar 5. Konsumsi terbesar terjadi pada tanggal 17 Januari 2008 yaitu sebesar 18 ton. Bila diasumsikan boiler beroperasi selama 24 jam, maka perjamnya konsumsi batubara adalah 0.75 ton.



Gambar 5 karakteristik pemakaian harian batubara

Sebenarnya konsumsi batu bara perjamnya juga tidaklah konstan. Ini terlihat pada gambar 6. Dimana pada saat start (jam 07.00 – 08.00) konsumsi batubara tinggi sebanyak 1.2 ton, setelah itu turun dan berfluktuatif mengikuti pola pemakaian steam pada

bagian pencucian. Pola pemakaian per jam ini diambil berdasarkan data pada tanggal 18 Juni 2008. Pada kondisi ini jumlah pemakaian yang sering sama adalah sebanyak 0.6 ton.



Gambar 6 pola pemakaian batubara per jam (data pada Rabu, 18 Juni 2008)

Untuk kemudahan analisa dan karena keterbatasan data, akan diambil kondisi saat boiler mulai hidupkan. Pada kondisi ini diketahui dalam satu jam pemakaian batu bara adalah 1.2 ton, sebanyak 4 ton air akan dipanaskan dari temperatur ruang 25°C sampai temperatur 120°C.

Energi untuk penguapan air, E_b

$$E_b = M_w \cdot (h_v - h_w) = \frac{4}{3.6} \cdot (504.1369 - 105.4836) = 443.33 \text{ kW}$$

Energi pembakaran bahan bakar batubara, E_c

$$E_c = M_c \cdot CV_c = \frac{1.2}{3.6} \cdot 4,200 \cdot 4.1868 = 5,861.52 \text{ kW}$$

Efisiensi boiler, η_b

$$\eta_b = \frac{E_b}{E_c} \cdot 100\% = 7.56\%$$

Nilai efisiensi yang diperoleh ini sangat kecil sekali. Diprediksi selain karena kemungkinan nilai kalor dari batubara yang sangat rendah juga batubara telah tercampur dengan material yang bukan bersifat bahan bakar seperti tanah dan kerikil (dalam pengamatan menunjukkan indikasi kearah ini). Sebagai gambaran, nilai kalor batubara CV = 4,200 kJ/kg yang dipergunakan dalam perhitungan adalah nilai kalor dari batubara kualitas rendah tipe ICI-4 dengan harga US \$ 48.83 atau Rp 454,119,- per ton (1 US \$ = Rp 9,300,-, Sumber PT. Coalindo Energi, 8-8-2008). Jadi dirasakan sangat perlu sekali untuk melakukan tes kandungan dan nilai kalor batubara.

Dalam tabel 2 diberikan selisih biaya yang dikeluarkan akibat rendahnya nilai kalor batubara. Acuan harga batubara yang digunakan adalah Rp 650,000,- per ton.

Tabel 2 selisih harga yang harus dibayar akibat rendahnya nilai kalor batubara.

Bulan	Quantity, ton	Biaya, Rp	Energi, MJ	Kenaikan Biaya (utk berbagai nilai kalor BB), Rp				
				3,500 kcal/kg	3,000 kcal/kg	2,500 kcal/kg	3,500 kcal/kg	2,000 kcal/kg
January	328.65	213,622,500	5,779,178.79	10,681,635	42,725,083	85,449,680	145,264,116	234,985,770
February	178.50	116,025,000	3,138,851.10	5,801,527	23,205,317	46,410,369	78,897,443	127,628,054

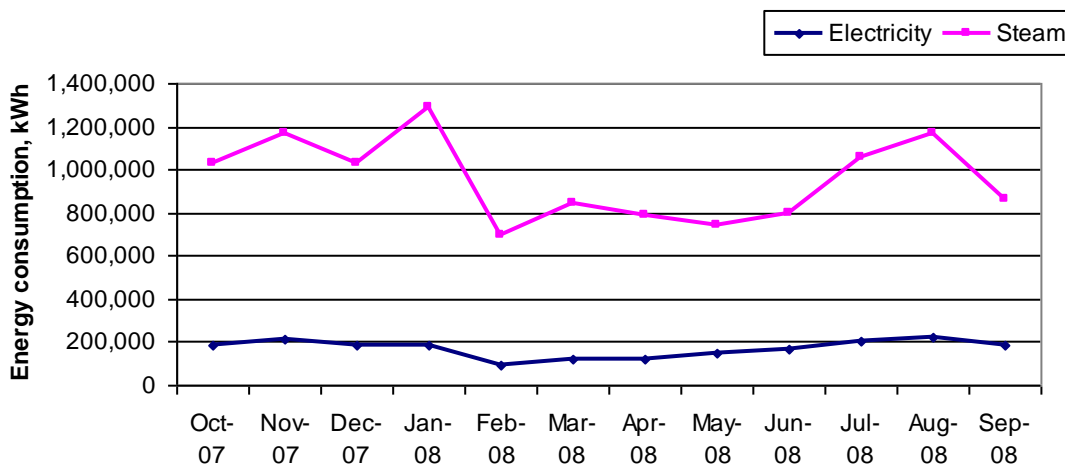
March	216.45	140,692,500	3,806,186.67	7,034,961	28,138,884	56,277,448	95,671,438	154,762,422
April	201.30	130,845,000	3,539,779.98	6,542,563	26,169,357	52,338,417	88,975,100	143,930,125
May	190.80	124,020,000	3,355,141.68	6,201,296	24,804,339	49,608,395	84,334,074	136,422,592
June	205.00	133,250,000	3,604,843.00	6,662,818	26,650,364	53,300,424	90,610,509	146,575,637
July	271.05	176,182,500	4,766,305.83	8,809,546	35,236,981	70,473,561	119,804,773	193,801,592
August	297.90	193,635,000	5,238,452.34	9,682,212	38,727,529	77,454,617	131,672,540	212,999,425
September	220.95	143,617,500	3,885,317.37	7,181,218	28,723,892	57,447,457	97,660,449	157,979,936

Pada bulan September pemakaian batubara adalah sebanyak 220.95 ton dengan biaya Rp 143,617,500. Nilai energi dari batubara ini adalah 3,885,317.37 MJ. Jika diperoleh batubara dengan kualitas yang lebih rendah seperti batubara dengan nilai kalor 3,500 kcal/kg, maka diperlukan lebih banyak batubara untuk mendapatkan nilai energi yang sama. Sehingga biaya pembelian juga akan meningkat sebanyak yang ditunjukkan dalam tabel 2 diatas.

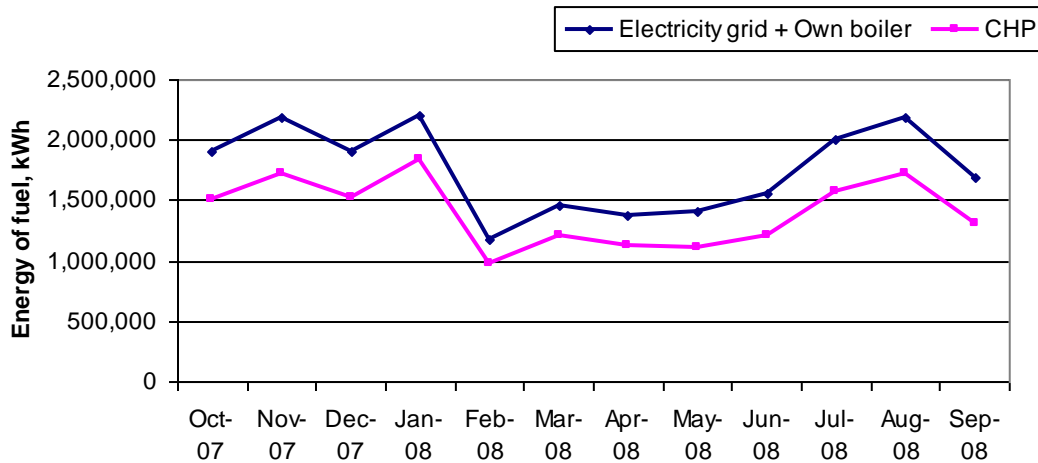
5. Potensi penggunaan sistem pembangkit kogenerasi

Jika merujuk pada rasio antara konsumsi steam dan konsumsi listrik, 5.7 (dihitung berdasarkan energi

yang terkandung pada batubara dengan CV = 4,200 kcal/kg dan efisiensi boiler 80%), jumlah jam kerja (16 – 24 jam per hari), dan demand yang cukup konstan, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem pembangkit kogenerasi cukup potensial. Profil dari konsumsi steam dan listrik juga dapat dilihat pada gambar 7. Secara garis besar gambar 8 dan tabel L-1 yang diberikan dalam lampiran memberikan informasi umum tentang tingkat potensinya. Berdasarkan tingkat konsumsi steam dan listrik untuk periode Oktober 2007 – September 2008 penggunaan sistem kogenerasi akan dapat menghemat 858.48 ton batubara atau setara dengan penghematan sebesar Rp 558,012,256,-. Karena adanya pengurangan jumlah batubara yang dibakar, maka besarnya CO₂ yang diemisikan juga akan berkurang sebesar 1,324 ton.



Gambar 7 Profil konsumsi listrik dan steam



Gambar 8 Perbandingan nilai energi bahan bakar yang antara sistem 'konvensional' (listrik dari PLN dan steam dibangkitkan sendiri) dengan sistem kogenerasi

6. Kesimpulan

1. Terdapat potensi untuk melakukan penghematan pembayaran rekening listrik yaitu dari segi pengurangan biaya beban bila dilakukan penurunan daya dari 1,110 ke 690 kVA. Potensi pengurangannya sebesar Rp 12,390,000,- perbulannya.
2. Dengan mengetahui balance massa dan energi dari suatu mesin produksi, langkah pengoptimalan suatu mesin dapat dilakukan sehingga kinerja mesin dan operator dapat ditingkatkan.
3. Nilai kalor dan mutu batubara yang digunakan sangat rendah sekali, sehingga biaya yang dikeluarkan menjadi sangat tinggi.
4. Penggunaan sistem pembangkit kogenerasi cukup potensial dengan penggerak motor diesel atau gas atau sistem dual fuel.
5. Berdasarkan estimasi yang telah dilakukan, potensi penghematan energi adalah sebesar 4.194 MWh per tahunnya, dengan potensi *cost saving* 558 juta rupiah pertahunnya dan *CO₂ reduction* sebesar 1.324 ton per tahun.

Daftar Pustaka

- Boyce, M.P., 2002, *Handbook for Cogeneration and Combined Cycle Power Plants*. New York: ASME Press. p. 567
- BPS, 2007: *Jawa Tengah Dalam Angka 2006*. Semarang. Title translation: *Statistics of Jawa Tengah Province 2006*.
- European Commission, 2001, *A Guide to Cogeneration*, 2nd Edition. The European Association for the Promotion of Cogeneration. Available online at <http://www.cogen.org/projects/educogen.html>
- Horlock, J.H., 1997, *Cogeneration - Combined Heat and Power (CHP): Thermodynamics and Economics*. Florida: Krieger Publishing Co. p. 226.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2010, *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*, Jakarta. Tersedia online pada: <http://www.esdm.go.id/publikasi/buku.html>
- PT. Coalindo Energi, 2008, *Coal Prices*, tersedia online pada: <http://www.coalindoenergy.com/>. Tanggal di akses 10 Nopember 2008.
- Unescap, 2002, *Overview of cogeneration and Its Status in Asia*, available online at www.unescap.org/esd/energy/publications/Cogen.pdf

Appendix 1 Preliminary method for calculate primary energy saving and CO₂ reduction of CHP power plant.

Month	Electricity from PLN			Steam from own boiler, eff = 80%			Total useful energy, kWh	Total fuel energy, kWh	Total eff.	CHP eff = 80% Fuel for CHP plant, kWh	
	Energy, kWh	Cost, Rp	Fuel energy, kWh	Coal, ton	Cost, Rp	Coal energy, kWh					Steam energy, kWh
Oct-07	185,600	127,412,540	618,667	262,43	170,576,978	1,281,847	1,025,477	1,211,077	1,900,513	63.72%	1,513,847
Nov-07	217,600	144,725,295	725,333	298,08	193,754,896	1,456,023	1,164,819	1,382,419	2,181,367	63.37%	1,728,023
Dec-07	185,600	128,133,905	618,667	263,91	171,542,725	1,289,104	1,031,283	1,216,883	1,907,771	63.79%	1,521,104
Jan-08	180,800	126,691,175	602,667	328,65	213,622,500	1,605,324	1,284,259	1,465,059	2,207,990	66.35%	1,831,324
Feb-08	89,600	79,802,460	298,667	178,50	116,025,000	871,901	697,521	787,121	1,170,568	67.24%	983,901
Mar-08	118,400	93,508,390	394,667	216,45	140,692,500	1,057,272	845,817	964,217	1,451,938	66.41%	1,205,272
Apr-08	116,800	92,787,030	389,333	201,30	130,845,000	983,270	786,616	903,416	1,372,603	65.82%	1,129,270
May-08	144,000	106,492,960	480,000	190,80	124,020,000	931,982	745,585	889,585	1,411,982	63.00%	1,111,982
Jun-08	166,400	118,034,800	554,667	205,00	133,250,000	1,001,343	801,074	967,474	1,556,010	62.18%	1,209,343
Jul-08	204,800	139,675,740	662,667	271,05	176,182,500	1,323,971	1,059,177	1,263,977	2,006,637	62.99%	1,579,971
Aug-08	219,200	146,168,025	730,667	297,90	193,636,000	1,455,122	1,164,098	1,383,298	2,185,789	63.29%	1,729,122
Sep-08	184,000	128,855,270	613,333	220,95	143,617,500	1,079,252	863,402	1,047,402	1,692,586	61.88%	1,309,252
Total	2,012,800	1,432,287,590	6,709,333	2,935	1,907,764,599	14,336,411	11,469,129	13,481,929	21,045,744		16,852,411
Note:											
Energy of coal, kWh/ton		4,884.60			=(4,200 kcal/kg) - very low quality				5.70		
Coal price, Rp/ton		650,000									
Total electricity eff.		30.00%									
Energy saving, kWh/y		4,193,333									
Fuel coal saving, ton/y		868.48									
Cost saving, Rp/y		558,012,256									
CO₂ reduction, ton/y		1,324									
Carbon content coeff., g/kWh	86.97521428				http://sesec.fsu.edu/documents/lectures/fall2006/EML4550HW2ans.pdf						