

PENINGKATAN EFISIENSI LISTRIK MELALUI AUDIT DAN KONSERVASI ENERGI DI PG WATOETOELIS

Tjahja Odinanto¹, Adhi Setyo Anggoro²

tjahjaodinanto@yahoo.com

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi adhi Tama Surabaya, Jalan Arief Rahman Hakim 100, Surabaya

Abstrak

Dewasa ini kebutuhan akan energi listrik baik untuk keperluan rumah tangga maupun keperluan untuk industri tidak dapat dielakkan lagi. Kebutuhan ini terus meningkat sejalan dengan lajunya waktu. Di sisi lain, persediaan energi semakin lama semakin menipis. Dengan banyaknya penggunaan energi listrik ini tentunya perlu dilakukan efisiensi terhadap penggunaannya. Efisiensi ini cukup penting dilakukan mengingat kondisi ekonomi negara dewasa ini yang cukup sulit. Untuk meningkatkan efisiensi pemakaian energi listrik tersebut maka diperlukan suatu audit dan konservasi energi, dimana dengan audit ini kebocoran atau pemborosan energi sistem yang ada dapat diketahui. Sehingga dapat dilakukan langkah-langkah perbaikan yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi pemakaian energi listrik. Dalam hal ini, audit energi dilakukan pada PG Watoetoelis Krian.

Kata Kunci : efisiensi, audit, konservasi

Abstract

Recently the need for electrical energy for both households or industrial purpose had become an inevitable matter. The requirement continues to increase through time. On the other side, the energy supply is getting more and more limited. The numerous uses of electrical energy had caused the requirement to implement efficiency toward its usage. The efficiency is quite important regarding the recent state economic condition which was being in quite difficult situation. In order to improve the efficiency of electrical energy usage, an energy audit and conservation were highly required, whereas through the audit, it was expected that the occurring leakage or waste of energy system could be detected. Therefore, the required improvement steps to increase the efficiency of electrical energy usage could be conducted. In this case, the energi audit was conducted on PG Watoetoelis Krian.

Keyword : efficiency, audit, conservation

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Untuk menjaga pembangunan nasional, penyediaan energi yang memadai, terjangkau dan andal merupakan faktor penting yang harus dipenuhi. Sampai saat ini, sektor industri merupakan konsumen terbesar, sehingga perkembangan dan pertumbuhannya secara langsung akan membawa tantangan besar bagi penyediaan energi.

Kenaikan harga BBM (Bahan Bakar Minyak) dan Tarif Dasar Listrik yang cukup tinggi, disertai pengurangan subsidi harga BBM untuk industri, menjadikan biaya produksi juga meningkat. Dengan semakin meningkatnya biaya produksi dan semakin meningkatnya permintaan akan gula yang terjangkau di

Indonesia serta masuknya gula import dari luar negeri dengan harga lebih murah maka, PG. Watoetoelis perlu memperhatikan efisiensi produksinya.

Salah satu langkah alternatif untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan audit dan konservasi energi. Dengan dilakukannya audit dan konservasi energi yang tepat diharapkan pemakaian energi seoptimal mungkin, sehingga dapat menekan biaya produksi tanpa mengurangi kualitas dan kuantitas produksi.

I.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pola konsumsi energi di PG. Watoetoelis.
2. Bagaimana hasil audit energi di PG. Watoetoelis.
3. Bagaimana upaya konservasi energi agar biaya pemakaian energi bisa turun.

I.3. Batasan Masalah

Pembatasan permasalahan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Audit energi dilakukan pada proses produksi PG. Watoetoelis.
2. Audit energi dilakukan terhadap pemakaian energi listrik dan bahan bakar untuk produksi dilokasi pabrik yang memiliki data operasi tersebut.

I.4. Tujuan Penelitian

Tujuan pembahasan utama dalam penulisan skripsi ini adalah untuk mempelajari dan memeriksa perkembangan tingkat kebutuhan dan suplai energi listrik di PG. Watoetoelis dalam jangka waktu tertentu, sehingga diperoleh pemakaian energi spesifik pada tiap proses produksinya serta pengaruhnya terhadap biaya produksi yang diikuti oleh usaha-usaha alternatif konservasi.

I.5. Relevansi

Dengan pelaksanaan audit dan konservasi energi ini diharapkan dapat diperoleh pengelolaan energi secara terpadu di PG. Watoetoelis yang diharapkan dapat terjadi penghematan dari hasil konservasi energi, sekaligus peningkatan efisiensi proses produksi, sehingga secara keseluruhan dapat menekan biaya produksi tanpa mengurangi kualitas dan kuantitas produksi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Tinjauan Pustaka

Energi mempunyai peran yang sangat penting dalam pembangunan nasional yang berkelanjutan, terutama untuk mendukung proses industrialisasi yang berfungsi sebagai bahan bakar dan bahan baku.

Agar pembangunan energi dapat terlaksana dengan baik maka disusun Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang terpadu dengan sektor lainnya dengan mempertimbangkan perubahan lingkungan strategis baik di tingkat nasional, regional dan global . Tujuan utama disusunnya KEN adalah untuk menciptakan keamanan pasokan energi (*energy security of supply*) nasional secara berkelanjutan dan pemanfaatan energi secara efisien. Untuk itu, ketergantungan terhadap satu

jenis sumber energi tertentu harus terus dikurangi dengan mengoptimalkan pemanfaatan sumber energi alternatif terutama yang dapat diperbarui dan penggunaan teknologi energi yang efisien ditingkatkan. Dalam KEN ini, pemenuhan kebutuhan energi di dalam negeri menjadi prioritas utama dan pemberdayaan daerah dalam pengelolaan energi akan ditingkatkan. (**Kebijakan Energi Nasional 2003 – 2020**, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral)

Penggunaan energi terbarukan belum besar, kecuali tenaga air, karena biaya produksinya belum kompetitif dibandingkan dengan energi konvensional. Pada umumnya harga listrik yang dibangkitkan dari PLTS, PLTB, Geothermal dan PLT energi terbarukan lainnya masih lebih tinggi daripada yang dibangkitkan dengan BBM (bersubsidi) kecuali PLTMH. Sampai dengan tahun 2007, kapasitas terpasang energi baru dan terbarukan hanya sekitar 3,0 % dari potensi yang tersedia. Kapasitas terpasang dari PLTS sebesar 8 MW, dari PLTB sebesar 0,5 MW, dari PLTMH sebesar 84 MW dan dari PLT terbarukan lainnya (biomassa) sebesar 300 MW. Sedangkan energi nuklir belum dapat dimanfaatkan meskipun sudah dapat mencapai nilai keekonomiannya, karena adanya hambatan dari aspek penerimaan masyarakat dan besarnya investasi awal yang dibutuhkan. (**Buku Putih : Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Sumber Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2025**, Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia, 2006)

II.2. Teori Penunjang

II.2.1. Pengertian Audit Energi

Audit energi merupakan kegiatan untuk mengidentifikasi titik-titik pemborosan energi yang terjadi pada suatu sistem pemanfaatan energi, merencanakan, menganalisis dan merekomendasikan langkah langkah dalam meningkatkan efisiensi energi. (**Program Kemitraan Konservasi Energi**, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2005)

Ada beberapa bentuk audit energi yang dapat dilakukan, antara lain :

1. *Walking Audit*

Audit versi mini yang dilakukan secara sederhana, yaitu tanpa perhitungan merinci dan hanya melakukan analisa sederhana dari pengamatan. Audit seperti ini kerap dilakukan oleh orang-orang pada bagian perawatan dan penghematan yang tidak memerlukan investasi besar. Audit ini jarang dilakukan oleh orang-orang yang profesional dalam bidang audit energi.

2. *Preliminary Audit*

Audit hanya dilakukan di bagian-bagian yang vital dari sebuah sistem dengan analisa dan perhitungan yang jelas dan lebih merinci. Termasuk di dalam audit ini identifikasi sistem, analisa kondisi aktual, perhitungan konsumsi energi, perhitungan pemborosan energi dan pemberian saran-saran.

3. *Detailed Audit*

Audit dilakukan secara menyeluruh terhadap semua aspek konsumsi energi dan meneliti semua kemungkinan penghematan yang dapat dilakukan. Pelaksanaannya diawali dengan analisa biaya audit energi, identifikasi sistem/gedung, analisa kondisi aktual, dan perhitungan seluruh konsumsi energi. Energi yang dianalisa termasuk energi primer yaitu listrik dan bahan bakar, juga energi sekunder yaitu penggunaan air, telepon dan sebagainya. Selain itu, juga dilakukan perhitungan pemborosan energi, kesempatan-kesempatan konservasi energi dan pemberian saran-saran penghematan beserta dampak dari saran-saran tersebut.

4. *Energy Management Plant dan Implementation Action*

Audit energi menjadi bagian dari usaha manajemen energi. Audit ini digambarkan mirip dengan detailed audit yang dilakukan secara berkesinambungan dalam jangka waktu panjang. Langkah pertama dalam audit ini adalah membentuk sebuah departemen manajemen energi. Kemudian hasil dari audit yang dilakukan menjadi bekal dari departemen tersebut untuk menindak lanjuti secara terpadu.

(Digital Collections, Petra Christian University Library, 2006)

II.2.2. Pengertian Konservasi Energi

Konservasi energi adalah penggunaan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan. (**Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional**). Landasan pemikiran pada konservasi energi merupakan pemanfaatan sumber-sumber daya energi dengan daya guna yang lebih tinggi dengan mempergunakan cara-cara yang mempunyai kelayakan teknis, dapat dibenarkan secara ekonomis, tidak mengganggu lingkungan, dan dapat diterima oleh masyarakat. (**Energi : sumberdaya, inovasi, tenaga listrik, potensi ekonomi**, Abdul Kadir, 1995)

II.2.3. Manfaat Konservasi Energi

Berikut diberikan manfaat konservasi energi yang dapat diperoleh melalui pelaksanaan program konservasi energi :

- Bagi pemerintah, dapat mengurangi beban subsidi untuk listrik (jangka pendek) serta dapat menghemat cadangan energi nasional, terutama energi fosil (jangka panjang).
- Bagi industri dan bangunan, dapat menekan biaya energi sekaligus dapat meningkatkan daya saing.
- Bagi penyedia energi, dapat memberikan pelayanan kepada masyarakat dengan lebih baik (antara lain tidak perlu lagi melakukan pemadaman) serta dapat menunda pembangunan pembangkit baru yang memerlukan investasi cukup besar.
- Bagi pelaksana audit energi, membuka lapangan pekerjaan.
- Bagi lembaga finansial, memperoleh keuntungan dari dana yang dipinjamkan untuk investasi penghematan energi.

II.2.4. Unsur Keberhasilan Konservasi Energi

Unsur keberhasilan konservasi energi sebagai pilar manajemen energi nasional serta menjamin keberlanjutan gerakan konservasi energi adalah :

1. Membentuk Pusat Konservasi Energi Nasional
2. Menyiapkan Undang-Undang Konservasi Energi
3. Meningkatkan kedudukan Konservasi Energi dalam pengelolaan energi nasional.

(**Konservasi Energi Pasca InPres 10/2005**, Hanan Nugroho, 2005)

II.2.5. Hambatan Konservasi Energi

II.2.5.1. Hambatan Finansial/Ekonomi

Beberapa jenis teknologi energi baru terbarukan masih relatif mahal dan belum dapat bersaing dengan teknologi energi komersial, karena pada umumnya pengembangan energi terbarukan masih dalam skala kecil sehingga biaya investasi per satuannya menjadi tinggi.

II.2.5.2. Hambatan Teknis

Kendala yang bersifat teknis yang ditemui dalam pelaksanaan konservasi energi berdasarkan pengalaman dalam melaksanakan konservasi energi dilapangan adalah :

1. Muatan impor yang masih dominan pada beberapa teknologi energi terbarukan seperti photovoltaik, gasifikasi dan kogenerasi biomasa, bahan bakar berbasis tumbuh-tumbuhan (bio-diesel dan bio-etanol), dan

konverter untuk tenaga angin, menyebabkan harga energi terbarukan yang dihasilkan menjadi relatif mahal, selain itu pada beberapa kasus kerusakan membutuhkan waktu yang relatif lama karena menunggu pengiriman (impor).

2. Kurang atau minimnya tenaga trampil, dalam program penyediaan energi yang membutuhkan kemampuan teknis dalam mengoperasikan alat, memperbaiki dan perawatan lainnya.

II.2.5.3. Hambatan Informasi dan Pengetahuan

Kendala yang lain yang sering timbul adalah minimnya penyebaran informasi tentang EBT (Energi Baru dan Terbarukan) menyebabkan sebagian besar masyarakat masih belum memiliki pengetahuan yang memadai mengenai EBT. Terbatasnya pengetahuan ini, terutama masalah keuntungan bagi lingkungan, menyebabkan masyarakat menganggap EBT adalah alternatif energi yang lebih mahal daripada harga energi konvensional yang harganya disubsidi.

II.2.6. Konsumsi Energi Spesifik

Efisiensi penggunaan energi suatu pabrik dapat dilihat dari besarnya pemakaian energi untuk menghasilkan satu satuan produksi. 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 boros adalah industri dengan energi spesifik yang tinggi. Besarnya energi spesifik mempunyai hubungan langsung dengan penentuan indeks dari penggunaan energi, yang diolah atau dianalisa setiap periode waktu tertentu. Dengan penetapan indeks ini akan dapat diperoleh informasi penggunaan energi dan sebagai upaya untuk perencanaan penggunaan efisiensi penggunaan bahan bakar dan listrik.

II.2.7. Konservasi Energi Biomassa Menjadi Energi Listrik

II.2.7.1. Teknologi Konversi Biomassa

Teknologi konversi termal biomassa meliputi :

1. Pembakaran Langsung
Berbagai plant atau pabrik banyak mengadopsi mekanisme pembakaran langsung ini untuk menghasilkan uap. Uap panas akan dialirkan dalam turbin yang dihubungkan dengan generator, sehingga setiap putaran generator akan menghasilkan energi listrik.
2. Gasifikasi

Gasifikasi adalah suatu proses konversi untuk merubah material baik cair maupun padat menjadi bahan bakar gas dengan menggunakan temperatur tinggi. Proses gasifikasi menghasilkan produk bahan bakar cair yang bersih dan efisien daripada pembakaran secara langsung, yaitu hidrogen dan karbon monoksida.

3. Pirolisis

Pirolisis merupakan suatu proses pembakaran biomassa tanpa melibatkan oksigen pada temperatur tinggi. Produk yang dihasilkan dari pirolisis adalah minyak, arang dan gas sintetik atau syngas. Minyak dapat dipergunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik melalui mesin pembakaran dalam atau internal combustion engine seperti motor bensin maupun motor diesel. Sedangkan Syngas dapat menghasilkan energi listrik melalui turbin gas.

4. Co-firing

Co-firing merupakan proses pembakaran langsung dengan mengkombinasikan bahan bakar antara batubara dengan biomassa untuk menghasilkan energi.

(Energi Berkelanjutan Itu Bernama Biomassa, Pambudi. A. Nugroho, 2008)

II.2.7.2. Kogenerasi Sebagai Alternatif Konversi Energi

Kogenerasi didefinisikan sebagai suatu sistem yang dapat menghasilkan tenaga dan energi panas secara simultan dari satu sumber bahan bakar dalam suatu instalasi daya.

Efisiensi dari pembangkit kogenerasi adalah :

$$\eta_{co} = \frac{E + \Delta H_s}{Q_A}$$

dimana E = energi listrik yang dibangkitkan

ΔH_s = energi kalor proses

Q_A = kalor input instalasi daya sebagai bahan bakar

Bila dibandingkan dengan pembangkit listrik dan pembangkit uap secara terpisah, kalor yang ditambahkan per satuan energi tersebut adalah

$$\frac{\ell}{\eta_\ell} + \frac{(1-\ell)}{\eta_h}$$

Dimana ℓ = fraksi listrik dari keseluruhan keluaran energi

$$= \frac{E}{(E + \Delta H_s)}$$

η_ℓ = efisiensi pembangkit listrik

η_h = efisiensi pembangkit uap (panas)

(Instalasi Pembangkit Daya, M.M El dan Wakil, 1992)

II.2.7.3. Jenis Kogenerasi

Dilihat dari urutan penggunaan energi dan skema pengoperasiannya, sistem kogenerasi biasanya diklasifikasikan menjadi :

- Siklus Atas (Topping Cycle)
Bahan bakar utama mula-mula digunakan untuk memproduksi energi listrik, baru kemudian menghasilkan energi termal.
- Siklus Bawah (Bottoming Cycle)
Bahan bakar utama digunakan untuk memproduksi energi termal bersuhu tinggi untuk kebutuhan proses yang ada, kemudian panas yang terbuang dari proses tersebut dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik.

Dilihat dari penggerak mula yang digunakan, kogenerasi pada umumnya dikelompokkan menjadi :

- kogenerasi jenis turbin uap
- kogenerasi jenis turbin gas
- kogenerasi jenis kombinasi turbin uap dan turbin gas
- kogenerasi jenis mesin torak

(Teknologi Kogenerasi, Achmad Hasan, 2006)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Identifikasi Sistem

Sebelum melaksanakan audit energi diperlukan identifikasi sistem dimana audit tersebut dilakukan. Sebagai langkah pertama dilakukan secara visual pada fasilitas (peralatan-peralatan dan sistem yang terpasang) yang ada serta mengetahui alir dari proses produksi, guna mengetahui apakah tindakan-tindakan seperti pemeliharaan dan operasi perlu dilakukan dalam usaha mengurangi kebocoran energi.

III.2.1. Proses Produksi Gula

Pada intinya di pabrik gula Watoetoelis proses pembuatannya dapat dibagi dalam beberapa tingkatan :

- Stasiun Gilingan
- Stasiun Pemurnian
- Stasiun Penguapan
- Stasiun Masakan
- Stasiun Pemutaran
- Stasiun Penyelesaian dan Gudang

III.2.2. Sistem Tenaga Listrik

III.1.2.1. PLN

Listrik dari PLN dibutuhkan pada saat kapasitas daya dari generator kurang dan proses produksi pabrik telah selesai. Pada saat produksi apabila dari ketiga generator terjadi gangguan dan mengakibatkan kapasitas daya listrik berkurang, maka kebutuhan energi listrik dapat disuplai dari PLN. Kapasitas daya dari PLN adalah 475 kVA dengan rating tegangan 20 kV yang masuk trafo 20 kV/380 V pada panel switchgear.

III.1.2.2. Genset (PLTD)

Genset pada pabrik gula Watoetoelis ada satu buah yang sifatnya adalah standby. Genset mempunyai kapasitas daya 450 kVA dengan rating tegangan 380 V.

III.2.3. Aliran Energi

III.1.3.1. Distribusi Listrik

Energi listrik yang digunakan dalam proses produksi ini diambil dari 3 sumber, yaitu dari Generator yang digerakkan dengan turbin uap, PLTD, PLN.

Nama	Rating Tegangan (V)	Kapasitas (kVA)
Generator I	380	1875
Generator II	380	1875
Genset	380	450
PLN	380	475

III.1.3.2. Distribusi Uap

Uap yang dihasilkan dari boiler (uap kering) disalurkan untuk menggerakkan turbin generator dan proses pabrikasi. Uap kering yang telah dibebani dengan turbin generator mengalami penurunan suhu maupun tekanan (uap basah). Setelah dipakai oleh turbin generator, uap basah tadi dicampur dengan uap kering dari boiler dan dipakai untuk proses pabrikasi. Selanjutnya uap bekas proses pabrikasi seluruhnya dikembalikan lagi ke boiler.

III.2. Analisa Kondisi Aktual

III.2.4. Data Konsumsi Tebu

Bulan	Tebu (ton)		
	Tahun 2005	Tahun 2006	Tahun 2007
[1]	[2]	[3]	[4]
Januari	---	---	---
Pebruari	---	---	---
Maret	---	---	---
April	---	---	---
Mei	18937.80	15288.30	32357.70
Juni	56702.20	56658.60	63732.20
Juli	65180.60	71519.60	68939.00
Agustus	63596.80	75435.50	66311.40
September	57152.20	58802.90	60107.70
Oktober	53391.00	45832.80	47085.40
Nopember	36191.10	15620.90	51095.30
Desember	18287.40	---	31152.70

Bulan	Gula (ton)		
	Tahun 2005	Tahun 2006	Tahun 2007
[1]	[2]	[3]	[4]
Januari	---	---	---
Pebruari	---	---	---
Maret	---	---	---
April	---	---	---
Mei	575.10	798.50	1795.00
Juni	3188.40	3946.20	4108.50
Juli	3908.00	5511.00	4568.60
Agustus	4166.90	6164.50	4682.00
September	3988.10	4681.50	4148.60
Oktober	3441.20	3461.80	3358.40
Nopember	1507.10	1207.50	3649.50
Desember	912.00	---	1727.00

III.2.5. Data Konsumsi Residu

Bulan	Residu (liter)		
	Tahun 2005	Tahun 2006	Tahun 2007
[1]	[2]	[3]	[4]
Januari	---	---	---
Pebruari	---	---	---
Maret	---	---	---
April	---	---	---
Mei	130125.19	26025.04	105860.80
Juni	209762.73	33219.23	135069.01
Juli	172101.05	19518.78	247762.55
Agustus	225270.48	14866.45	153701.63
September	119747.82	101593.26	96859.31
Oktober	72758.17	27727.39	154307.95
Nopember	153270.21	34525.15	364688.66
Desember	214916.44	---	25185.52

III.2.6. Data Pemakaian Listrik

Bulan	Listrik (kWh)		
	Tahun 2005	Tahun 2006	Tahun 2007
[1]	[2]	[3]	[4]
Januari	---	---	---
Pebruari	---	---	---
Maret	---	---	---
April	---	---	---
Mei	109233.34	109970.50	316847.33
Juni	461844.20	566318.50	543917.75
Juli	518464.62	654008.15	548814.93
Agustus	545540.23	709555.00	600448.16
September	515774.32	597217.13	547057.27
Oktober	460794.35	460916.76	462463.65
Nopember	263289.40	160171.57	467448.21
Desember	162774.92	---	314876.74

III.2.7. Hasil Produksi Gula

III.2.8. Hasil Produksi Bagasse

Bulan	Bagasse (ton)		
	Tahun 2005	Tahun 2006	Tahun 2007
[1]	[2]	[3]	[4]
Januari	---	---	---
Pebruari	---	---	---
Maret	---	---	---
April	---	---	---
Mei	7499.37	6038.59	12678.65
Juni	22283.96	22314.72	24791.18
Juli	25485.62	28174.43	26879.13
Agustus	24754.13	30174.2	25963.7
September	22947.99	23521.16	23715.31
Oktober	20768.56	18011.36	18196.5
Nopember	14535.35	6169.16	19927.17
Desember	7186.76	---	12149.55

III.3. Analisa Data

III.3.1. Indeks Konsumsi Tebu

Besar indeks konsumsi tebu untuk memproduksi per-ton gula adalah membagi besar konsumsi tebu (ton) dengan hasil produksi gula (ton).

$$\text{Indeks Konsumsi Tebu} = \frac{\text{Tebu(ton)}}{\text{Gula(ton)}}$$

III.3.2. Indeks Pemakaian Listrik

Besar indeks pemakaian listrik dinyatakan dalam energi spesifik (Es) dimana membagi besar konsumsi listrik (kWh) dengan hasil produksi gula (ton).

$$Es = \frac{\text{Konsumsi Listrik}(kWh)}{\text{Gula}(ton)}$$

III.3.3. Indeks Pemakaian Bahan Bakar

Besar indeks pemakaian pemakaian bahan bakar adalah membagi besar residu (liter) dengan hasil produksi gula (ton).

$$\text{Indeks Pemakaian Residu} = \frac{\text{Re sidu}(liter)}{\text{Gula}(ton)}$$

III.3.4. Energi Spesifik (Es) Bahan Bakar

$$Es = \frac{\text{Re sidu}(liter)}{\text{Gula}(ton)} \times HHV_{residu}$$

$HHV_{residu} = 9025$ kcal/liter

III.3.5. Potensi Energi Listrik Bagasse

Potensi energi listrik (MWh) dari bagasse selama produksi :

$$= \text{Kandungan Energi Bagasse} \times \text{Bagasse}$$

Dimana kandungan energi bagasse sebesar 0,333 MWh (*sumber BPS*).

III.3.6. Daya Listrik Bagasse

Daya listrik bagasse diperoleh dengan cara :

$$\frac{\text{Potensi Energi Listrik}(MWh)}{\text{Operasi Kerja}(jam)}$$

Dimana operasi kerja pembangkit diasumsikan 1 tahun atau selama $365 \times 24 = 8760$ jam/tahun.

III.3.7. Daya Terbangkit Bagasse

Daya terbangkit bagasse diperoleh dengan cara :

$$= \text{Daya Listrik Bagasse}(W) \times \text{efisiensi pembangkitan energi biomassa}(\%)$$

Asumsi efisiensi pembangkitan energi biomassa adalah sebesar 30%.

III.3.8. Konsumsi Listrik setelah Konservasi

Konsumsi listrik setelah konservasi diperoleh dengan cara konsumsi listrik awal (kWh) dikurangi kWh bagasse.

$$= \text{Konsumsi Listrik Awal}(kWh) - kWh \text{ Bagasse}$$

Dimana, kWh Bagasse didapat dengan cara :

$$= \text{Daya Terbangkit Bagasse}(W) \times \text{Operasi}$$

Kerja(jam)

Asumsi operasi kerja per bulan sebesar 30 x 24 = 720 jam/bulan.

III.3.9. Energi Spesifik setelah Konservasi

Energi Spesifik (Es) baru atau energi spesifik setelah konservasi diperoleh dengan cara :

$$Es = \frac{\text{Konsumsi Listrik Baru}(kWh)}{\text{Gula}(ton)}$$

III.3.10. Kebutuhan Batubara

$$\text{Batubara}(kg) = \frac{\text{Konsumsi Listrik}(kWh) \times 860,42}{HHV_{batubara}(kcal/kg)}$$

Dimana,

- 1 kWh = 860,42 kcal
- $HHV_{batubara} = 6986$ kcal/kg

III.3.11. Biaya Rekening Listrik

Adapun perincian biaya rekening listrik PLN dalam rupiah adalah sebagai berikut :

$$= \text{Rp. } 1300 /_{kW} \times \text{Konsumsi Listrik} \times \text{Hari tidak giling}(jam)$$

III.3.12. Perhitungan Penghematan Biaya Energi

Penghematan biaya energi per tahun sebagai berikut :

$$= \text{Harga Listrik}(Rp) - \text{Harga Batubara}(Rp)$$

Asumsi harga batubara per ton = US\$70 (US\$ 1 = Rp. 11000.00).

BAB IV AUDIT DAN KONSERVASI ENERGI DI PG WATOETOELIS

IV.1. Audit Energi

IV.1.1. Kebutuhan Tebu

Berdasarkan data dapat dilihat besar konsumsi tebu dan hasil produksi gula bulan Mei masa produksi 2005, yaitu konsumsi tebu 18937.80 ton dan hasil produksi gula 575.10 ton. Sehingga dapat dihitung besar indeks konsumsi tebu untuk memproduksi per-ton gula.

$$\begin{aligned} \text{Indeks Konsumsi Tebu} &= \frac{\text{Tebu}(ton)}{\text{Gula}(ton)} \\ &= \frac{18937.80}{575.10} \\ &= \text{tonTebu} / \text{tonGula} \end{aligned}$$

$$= 32.93$$

Dengan cara perhitungan yang sama, hasil perhitungan indeks konsumsi tebu selanjutnya dapat dilihat dalam tabel 4.1.

IV.1.2. Kebutuhan Listrik

Berdasarkan data dapat dihitung besar indeks pemakaian. Dalam tabel 4.2 total konsumsi listrik bulan Mei masa produksi 2005 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= \text{Giling} + \text{Murni} + \text{P.uapan} + \text{Masak} + \text{Puteran} + \text{Finish} + \text{Lain} \\ &= 20792.56 + 6930.86 + 5390.67 + 8471.05 + \\ &\quad 15401.90 + 20022.47 + 32223.83 \\ &= 109233.34 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Jadi diketahui energi spesifiknya atau Es sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_s &= \frac{\text{Konsumsi Listrik (kWh)}}{\text{Gula (ton)}} = \frac{109233.34}{575.10} \\ &= 189.94 \text{ kWh/ton} \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama, hasil perhitungan energi spesifik (Es) selanjutnya dapat dilihat dalam tabel 4.5, tabel 4.6 dan tabel 4.7.

IV.1.3. Kebutuhan Bahan Bakar

Berdasarkan data dapat diketahui pemakaian bahan bakar residu dan hasil produksi gula bulan Mei masa produksi 2005 yaitu sebesar 130125.19 liter dan 575.10 ton. Dengan demikian dapat dihitung besar indeks pemakaian bahan bakar residu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Indeks Pemakaian Residu} &= \frac{\text{Residu (liter)}}{\text{Gula (ton)}} \\ &= \frac{130125.19}{575.10} \\ &= 226.27 \text{ liter/ton} \end{aligned}$$

Serta dapat dihitung juga energi spesifik (Es) bahan bakar residu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_s &= \frac{\text{Residu (liter)}}{\text{Gula (ton)}} \times \text{HHV}_{\text{residu}} \\ &= \frac{130125.19}{575.10} \times 9025 \\ &= 2042044.52 \text{ kcal/ton} \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama, hasil perhitungan indeks pemakaian residu dan energi

spesifik selanjutnya dapat dilihat dalam tabel 4.8, tabel 4.9 dan tabel 4.10.

IV.2. Program Konservasi Energi

IV.2.1. Potensi Daya Terbangkit Bagasse

Berdasarkan data dapat diketahui besar hasil produksi bagasse bulan Mei masa produksi 2005 yaitu sebesar 7499.37 ton. Kandungan energi listrik yang terbangkit dari bagasse sisa produksi sebesar 0.333 MWh. Maka dapat dihitung besar potensi energi listrik dari bagasse sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= \text{Kandungan Energi Bagasse} \times \text{Bagasse} \\ &= 0.333 \times 7499.37 \\ &= 2497.29021 \text{ MWh} \end{aligned}$$

Dengan demikian dapat dihitung besar daya listrik dari bagasse sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Potensi Energi Listrik (MWh)}}{\text{Operasi Kerja (jam)}} \\ &= \frac{2497.29021}{8760} \\ &= 0.2850788 \text{ MW} \end{aligned}$$

Dimana operasi kerja pembangkit diasumsikan 1 tahun atau selama $365 \times 24 = 8760$ jam/tahun.

Sehingga dapat diperoleh daya terbangkit dari bagasse sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= \text{Daya Listrik Bagasse (MW)} \times \text{efisiensi} \\ &\quad \text{pembangkitan energi biomassa (\%)} \\ &= 0.2850788 \times 30\% \\ &= 0.08552364 \text{ MW} \\ &= 85.523637 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dimana asumsi efisiensi pembangkitan energi biomassa adalah sebesar 30%.

Dengan cara perhitungan yang sama, hasil perhitungan potensi daya terbangkit dari bagasse selanjutnya dapat dilihat dalam tabel 4.11, tabel 4.12 dan tabel 4.13.

IV.2.2. Konsumsi Listrik Setelah Konservasi

Berdasarkan data dapat diketahui besar daya terbangkit bahan bakar biomassa bulan Mei masa produksi 2005 yaitu sebesar 85.523637 kW. Maka dapat dihitung besar kWh bagasse sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= \text{Daya Terbangkit Bagasse (kW)} \times \text{Operasi Kerja (jam)} \\ &= 85.523637 \times 720 \\ &= 61577.01864 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Dimana operasi kerja per bulan diasumsikan sebesar 30 x 24 = 720 jam/bulan.

Berdasarkan data dapat diketahui konsumsi listrik bulan Mei masa produksi 2005 yaitu sebesar 109233.34 kWh. Maka didapat konsumsi listrik setelah konservasi atau konsumsi listrik baru sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Konsumsi Listrik Awal (kWh)} - \text{kWh Bagasse} \\
 &= 109233.34 - 61577.02 \\
 &= 47656.32 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data dapat diketahui hasil produksi gula bulan Mei masa produksi 2005 yaitu sebesar 575.10 ton. Maka energi spesifik (Es) baru atau energi spesifik setelah konservasi diperoleh dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Es &= \frac{\text{Konsumsi Listrik Baru (kWh)}}{\text{Gula (ton)}} \\
 &= \frac{47656.32}{575.10} \\
 &= 82.87 \text{ kWh/ton}
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama, hasil perhitungan kWh bagasse, konsumsi listrik baru serta energi spesifik baru yang selanjutnya dapat dilihat dalam tabel 4.14, tabel 4.15 dan tabel 4.16.

IV.2.3. Pemanfaatan Bahan Bakar Batubara

Pada tahun 2005 rata-rata kebutuhan listrik untuk diluar produksi adalah sebesar 177200.06 kWh/bulan. Sehingga total kebutuhan diluar masa produksi adalah sebesar 708800.24 kWh. Begitu pula untuk tahun 2006 dan 2007 yang sebesar 950295.95 kWh dan 887103.92 kWh. Dengan demikian kebutuhan akan batubara sebagai bahan bakar, dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

- Pada tahun 2005

$$\begin{aligned}
 \text{Batubara} &= \frac{\text{Konsumsi Listrik (kWh)} \times 860.42}{\text{HHV}_{\text{batubara}} (\text{kcal/kg})} \\
 &= \frac{708800.24 \times 860.42}{6986} \\
 &= 87298.2970 \text{ kg} \\
 &= 87.2983 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan batubara pada tahun 2005 sebesar 87.2983 ton.

- Pada tahun 2006

$$\begin{aligned}
 \text{Batubara} &= \frac{\text{Konsumsi Listrik (kWh)} \times 860.42}{\text{HHV}_{\text{batubara}} (\text{kcal/kg})} \\
 &= \frac{950295.95 \times 860.42}{6986} \\
 &= 117041.7465 \text{ kg} \\
 &= 117.0417 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan batubara pada tahun 2006 sebesar 117.0417 ton.

- Pada tahun 2007

$$\begin{aligned}
 \text{Batubara} &= \frac{\text{Konsumsi Listrik (kWh)} \times 860.42}{\text{HHV}_{\text{batubara}} (\text{kcal/kg})} \\
 &= \frac{950295.95 \times 860.42}{6986} \\
 &= 109258.7969 \text{ kg} \\
 &= 109.2588 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan batubara pada tahun 2007 sebesar 109.2588 ton.

Dimana,

- 1 kWh = 860,42 kcal
- HHV_{batubara} = 6986 kcal/kg

Dengan diasumsikan harga batubara per ton yaitu sebesar US\$70 (US\$ 1 = Rp. 11000.00), maka didapatkan biaya atau harga batubara yang dibutuhkan sebagai bahan bakar pembangkit.

Tabel 4.20. Kebutuhan Batubara untuk Konservasi

Tahun	Listrik (kWh)	Batubara (Ton)	Harga (Rp.)
[1]	[2]	[3]	[4]
2005	708800.24	87.29829695	67219688.65
2006	950295.95	117.0417465	90122144.83
2007	887103.92	109.2587969	84129273.58

Adapun perincian biaya rekening listrik PLN dalam rupiah adalah sebagai berikut :

- Pada tahun 2005
Konsumsi listrik tahun 2005 yaitu sebesar 708800.24 kWh atau sebesar 196.89 kW per jam. Sedangkan total hari tidak giling adalah 153 hari atau sebesar 153 hari x 24 jam/hari = 3672 jam.

Maka biaya rekening listrik dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp. } 1300/\text{kWh} \times \text{Konsumsi Listrik (kW/jam)} \\
 &\quad \times \text{Hari tidak giling (jam)} \\
 &= 1300 \times 196.89 \times 3672
 \end{aligned}$$

= Rp. 939874104

Jadi biaya rekening listrik PLN pada tahun 2005 sebesar Rp. 939874104.

- Pada tahun 2006
Konsumsi listrik tahun 2006 yaitu sebesar 950295.95 kWh atau sebesar 263.97 kW per jam. Sedangkan total hari tidak giling adalah 184 hari atau sebesar 184 hari x 24 $\frac{\text{jam}}{\text{hari}}$ = 4416 jam.
Maka biaya rekening listrik dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 1300/\text{kW} \times \text{Konsumsi Listrik} \left(\frac{\text{kW}}{\text{jam}} \right) \\ &\quad \times \text{Hari tidak giling}(\text{jam}) \\ &= 1300 \times 263.97 \times 4416 \\ &= \text{Rp. } 1515398976 \end{aligned}$$

Jadi biaya rekening listrik PLN pada tahun 2006 sebesar Rp. 1515398976.

- Pada tahun 2007
Konsumsi listrik tahun 2007 yaitu sebesar 887103.92 kWh atau sebesar 246.42 kW per jam. Sedangkan total hari tidak giling adalah 137 hari atau sebesar 137 hari x 24 $\frac{\text{jam}}{\text{hari}}$ = 3288 jam.
Maka biaya rekening listrik dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 1300/\text{kW} \times \text{Konsumsi Listrik} \left(\frac{\text{kW}}{\text{jam}} \right) \\ &\quad \times \text{Hari tidak giling}(\text{jam}) \\ &= 1300 \times 246.42 \times 3288 \\ &= \text{Rp. } 1053297648 \end{aligned}$$

Jadi biaya rekening listrik PLN pada tahun 2007 sebesar Rp. 1053297648.

Sehingga penghematan biaya energi per tahun yang bisa didapat saat tidak memproduksi atau tidak dalam waktu giling sebagai berikut :

- Tahun 2005
= Rp. Harga listrik – Rp. Harga batubara
= Rp. 939874104 – Rp. 67219688.65
= Rp. 872654415.35
- Tahun 2006
= Rp. Harga listrik – Rp. Harga batubara
= Rp. 1515398976 – Rp. 90122144.83
= Rp. 1425276831.17
- Tahun 2007
= Rp. Harga listrik – Rp. Harga batubara
= Rp. 1053297648 – Rp. 84129273.58
= Rp. 969168374.42

BAB V PENUTUP

V.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Dari audit dapat diketahui kebutuhan tebu rata-rata untuk memproduksi satu ton gula adalah sebesar 19.57 ton untuk tahun 2005, 13.92 ton pada tahun 2006 dan 15.42 ton di tahun 2007. Indeks konsumsi tebu ini masih cukup tinggi. Begitu pula juga dengan indeks konsumsi listrik rata-rata untuk memproduksi satu ton gula yang masih sebesar 151.85 kWh/ton pada tahun 2005, 129.77 kWh/ton pada tahun 2006 dan 142.16 kWh/ton untuk tahun 2007. Sedangkan indeks konsumsi residu rata-rata untuk memproduksi satu ton gula pada tahun 2005, 2006 dan 2007 adalah sebesar 97.33 liter/ton, 15.04 liter/ton dan 45.34 liter/ton. Bila dibandingkan dengan kebutuhan energi industri sejenis diluar negeri yang hanya 30 kWh/ton tentunya energi spesifik di PG. Watoetoelis dapat dikatakan cukup boros.
2. Dari usaha konservasi yang dilakukan, yaitu pemanfaatan bagasse sebagai bahan bakar pada masa produksi atau masa giling, didapatkan penurunan kebutuhan energi listrik rata-rata dari 151.85 kWh/ton turun menjadi 88.41 kWh/ton untuk tahun 2005. Pada tahun 2006 dari 129.77 kWh/ton turun menjadi 84.54 kWh/ton. Dan pada tahun 2007 dari 142.16 kWh/ton turun menjadi 92.73 kWh/ton. Sedangkan bila dilakukan penggunaan batubara sebagai bahan bakar pada saat pabrik tidak ada produksi atau tidak giling, maka penghematan yang didapat adalah sebesar Rp. 872654415.35 untuk tahun 2005, Rp. 1425276831.17 untuk tahun 2006 dan Rp. 969168374.42 untuk tahun 2007.

V.2. Saran – saran

Dari hasil audit yang dilakukan penulis dapat memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Dengan harga gula nasional yang masih kalah murah dengan gula import diharapkan tiap tahunnya dilakukan konservasi energi untuk menambah efisiensi pabrik.
2. Disarankan agar pemeliharaan alat dilakukan secara periodik dan sesuai penjadwalannya. Diharapkan nantinya dapat mengurangi masalah yang timbul.
3. Pemanfaatan bagasse sebagai bahan bakar lebih maksimal hendaknya dapat dijadikan pertimbangan untuk mendapatkan penghematan energi.

4. Pada peralihan bahan bakar harus diupayakan peningkatan perawatan dan pemeliharaan pada peralatan serta cara penyimpanan terhadap bahan bakar batubara.

- Listrik dan Transportasi, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, 2008
- [14] Yusgiantoro. Purnomo, Penyediaan Energi Untuk Memacu Pertumbuhan Industri, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, 2008

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Kebijakan Energi Nasional (KEN) 2003 – 2020
- [2] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Program Kemitraan Konservasi Energi, 2005
- [3] Hasan. Achmad, Teknologi Kogenerasi, Pusat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi, Deputi Teknologi Informasi, Energi, dan Material, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2006
- [4] Kadir. Abdul, Energi : sumberdaya, inovasi, tenaga listrik, potensi ekonomi, Edisi Kedua, Universitas Indonesia (UI-Press) , 1995, Jakarta
- [5] Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia, 2006, Indonesia 2005 – 2025 Buku Putih : Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Sumber Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2025, Jakarta
- [6] M.M El dan Wakil, 1992, Instalasi Pembangkit Daya, Penerbit Erlangga, Jakarta
- [7] Nugroho. Hanan, Konservasi Energi Pasca InPres 10/2005: Apa Yang Dibutuhkan Untuk Membuat Upaya Ini Berlanjut?, Perencana Senior Bidang Energi & Pertambangan di BAPPENAS (www.bappenas.go.id) , 2005
- [8] Pambudi. A. Nugroho, Energi Berkelanjutan Itu Bernama Biomassa (www.NetSains.com) , 2008
- [9] Partowidagdo. Wijajono, Hindarto. Dicky E, Indriyanto. Asclepias Rachmi S, Arsegianto, 2000, Agenda 21 Sektor Energi : Meningkatkan Kualitas Hidup Manusia Indonesia Melalui Pembangunan Sektor Energi yang Berkelanjutan
- [10] Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional
- [11] Petra Christian University Library, 2006, Digital Collections (<http://svl.petra.ac.id/files/processingdc>)
- [12] Salim. Nasrullah, Community Based Bio-energy for Poverty Alleviation: An Introduction Jatropa to Replace Kerosene, LEAD Associate Project - COHORT XII, 2009
- [13] Yusgiantoro. Purnomo, Pengembangan Energi Baru Terbarukan Untuk Pembangkit Tenaga