

EFISIENSI ENERGI TERMAL SISTEM BOILER DI INDUSTRI

Achmad Hasan

Pusat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi
BPPT Gedung II Lantai 20 Jl MH Thamrin 8. Jakarta 10340
e-mail: a_hasan@webmail.bppt.go.id,hasan_bppt@yahoo.com

Abstract

Energy efficiency is one way to plan for optimizing the supply and use of energy needed by the industry. Supplies of gas / diesel fuel oil for boiler feed of 1.4537 million m³ per year with a calorific value of 6 tons / hour and 900 liters of diesel oil per year. Thermal energy used in the production process in industry (in case: PT.Classic Prima Carpet Industries) divided into thermal energy in the form of hot water vapor (steam) and the other in the form of natural gas. Energy is produced from 2 (two) units of gas boilers and steam boilers each with a capacity of 6 tons / hour, in which the steam boiler in a state of stand-by and operated only when production increases.

Kata kunci: energi, efisiensi, termal, boiler, penghematan, konversi, konservasi

1. PENDAHULUAN

Energi adalah salah satu komponen penting dalam menunjang produksi pada seluruh spektrum produk yang ada di suatu perusahaan atau industri. Penggunaan teknologi yang memanfaatkan energi secara efisien dan optimal dalam proses produksinya sangat berpengaruh terhadap biaya operasional. Salah satu langkah penting dalam upaya penghematan energi adalah melakukan audit energi yang merupakan suatu usaha untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai situasi pemakaian energi dari suatu sistem/fasilitas yang mengkonsumsi energi. Tujuannya adalah untuk mengetahui antara lain: neraca pemakaian energi, efisiensi peralatan konversi energi, konsumsi energi spesifik, dan sumber-sumber pemborosan energi guna mendapatkan langkah-langkah penghematan/efisiensi energi yang layak untuk dilaksanakan. Untuk itu perlu dilakukan identifikasi dan kuantifikasi konsumsi energi secara rinci dari peralatan energi utama di setiap unit proses (unit produksi) suatu perusahaan atau industri, sehingga dapat diketahui kinerja pemakaian energi dan peluang penghematan/efisiensi energi dari peralatan tersebut. (A. Herman, 2003).

Kebijakan audit energi ini tertuang dalam:

1. Inpres No.9 tahun 1982 tentang Konservasi Energi
2. Keppres No.43 tahun 1991 tentang Konservasi Energi

3. Inpres No.10 tahun 2005 tentang Penghematan Energi
4. Permen ESDM No.31 tahun 2005 tentang Tata Cara Pelaksanaan Penghematan Energi
5. Rencana Induk Konservasi Nasional (RIKEN) tahun 1995 dan Revisinya tahun 2005
6. Perpres No.5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional
7. Inpres No.1 tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel)
8. UU No.30 tahun 2007 tentang Energi

Audit energi ini adalah untuk mewujudkan penghematan energi pada industri karpet pada umumnya, khususnya di PT. Classic Prima Carpet Industries melalui langkah-langkah konservasi yang terarah, realistis, sistematis dan dapat dilaksanakan secara optimal (DESDM, 2003). Lingkup kegiatan audit energi ini adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan survei dan pengumpulan data lapangan (*on the spot data*) untuk:
 - mengetahui profil penggunaan energi di industri.
 - mengidentifikasi titik pemborosan energi.
 - mengidentifikasi peluang penghematan energi pada setiap tahapan proses produksi.
 - mengetahui kinerja efisiensi penggunaan energi (*energy performance*).
 - membuat rekomendasi langkah-langkah penghematan energi dengan kriteria: tanpa

biaya/biaya rendah, biaya sedang, dan biaya tinggi yang akan dapat ditindak lanjuti oleh pihak industri.

- b. Menganalisis dan mengkaji potensi penghematan energi dan menentukan *benchmark* intensitas konsumsinya.
- c. Menentukan prioritas penerapan konservasi energi yang layak (*feasible*) untuk dilaksanakan dan melakukan analisis tekno-ekonomi dan finansial dengan mempertimbangkan *net benefit and cost (B/C) ratio*, *net present value (NPV)*, *internal rate of return (IRR)*, *sensitivity analysis*, serta *payback period*.

2. BAHAN DAN METODE

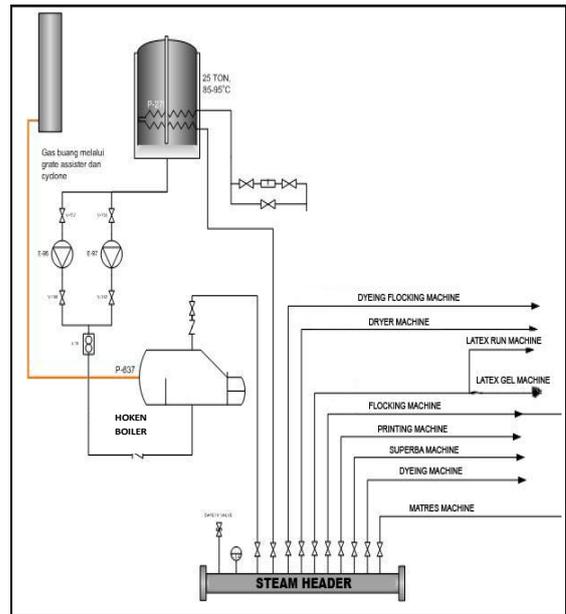
2.1. Sumber Energi

Sumber energi utama yang digunakan untuk proses produksi di PT. Classic Prima Carpet Industries adalah energi listrik (*electrical energy*) dan energi panas (*thermal energy*). Energi listrik untuk proses produksi dipasok oleh PT. PLN (Persero) dengan daya terpasang 1.730 kVA, tegangan 20 kV melalui 2 (dua) buah transformator, dan 2 (dua) unit Genset dengan kapasitas daya 550 kVA. Sedangkan energi termal yang digunakan pada proses produksi dibedakan menjadi dua yaitu energi termal dalam bentuk uap air panas (*steam*) dan yang lainnya dalam bentuk gas alam (*natural gas*). Energi tersebut dihasilkan dari 2 (dua) unit boiler yaitu boiler gas dan boiler uap yang masing-masing berkapasitas 6 ton/jam, di mana boiler uap dalam keadaan *standby* dan hanya dioperasikan bila produksi meningkat. Produksi uap yang dihasilkan oleh boiler digunakan sepenuhnya untuk mensuplai uap ke mesin-mesin pada proses produksi pembuatan karpet. *Single line diagram* sistem distribusi uap seperti diperlihatkan pada gambar 1.

2.2. Pola Penggunaan Energi

Pola penggunaan energi untuk proses produksi di PT. Classic Prima Carpet Industries, terdapat beberapa proses konversi energi seperti berikut:

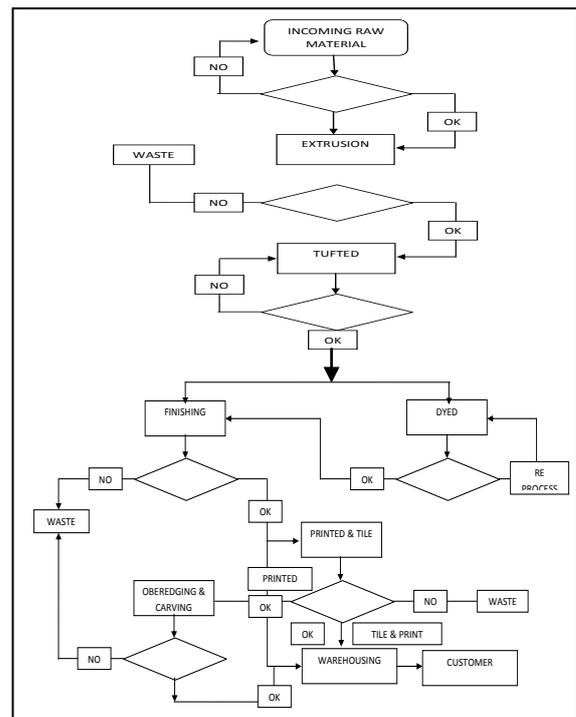
- a. Konversi energi dari bahan bakar minyak (solar) menjadi listrik pada pembangkit listrik generator set (genset).
- b. Konversi energi bahan bakar gas dan solar menjadi uap panas (*steam*) pada boiler Hoken dan Mechmar.
- c. Konversi energi listrik menjadi udara tekan (*compressed air*) yang terjadi pada *air compressor*.



Gambar 1. Single line diagram sistem distribusi uap

2.3. Proses Produksi

Berbagai jenis karpet seperti *tufted carpet*, *woven carpet* dan *needle punched carpet* yang diproduksi oleh PT. Classic Prima Carpet Industries dibuat dan diolah dengan menggunakan bahan baku benang jenis BCFP dimana 50% bahan bakunya dibuat sendiri, sedangkan sisanya impor. Pada gambar 2 diperlihatkan diagram alir proses produksi.



Gambar 2. Diagram alir proses produksi

2.4. Sistem Uap

Sistem distribusi energi termal pada PT. Classic Prima Carpet Industries didukung oleh 2 unit fasilitas utama, yaitu *boiler* sebagai penghasil uap yang akan berperan sebagai penyalur energi termal ke setiap proses yang membutuhkan melalui pemipaan.



Gambar 3. Boiler PT. Classic Prima Carpet Industries

a. Sistem Kontrol Boiler

Objek utama dari kontrol *boiler* otomatis adalah menjaga tekanan *steam*, temperatur dan *level* air dalam kisaran tertentu dengan melihat volume penguapan, sehingga kualitas uap dapat dicapai secara terus-menerus.

Sistem kontrol yang digunakan pada *boiler* terdiri dari:

- Sistem kontrol pembakaran otomatis (*automatic combustion control*)
- Sistem kontrol air pengumpan otomatis (*automatic feed water control*)
- Sistem kontrol pengaman (*safety control*)

Faktor penting yang lain adalah bahwa pembakaran sempurna dapat dicapai dengan biaya rendah dan bahan bakar jenis yang rendah. Ada dua jenis sistem kontrol yakni sistem kontrol yang hanya mengontrol pembakaran (*automatic combustion control*) dan sistem kontrol *boiler* secara menyeluruh (*Automatic Boiler Control / ABC*).

b. Blowdown Boiler

Ketidakhayuan yang terkandung dalam air pengumpan (*feed water*) terkondensasi selama penguapan ion di ketel uap menjadi kotoran dan kerak, pada kasus ekstrim, menyebabkan pelapisan atau buih. Oleh karena itu diperlukan untuk melaksanakan *blowdown* pada waktu wajar sedemikian sehingga kondensasi ketidakhayuan dijaga dalam derajat keasaman pada 25°C (pH 10,5 – 11,3). *Boiler full water content* 22.400 liter, sedangkan *blowdown* dilakukan setiap 8 jam selama 2 x 1 menit untuk setiap *boiler*, volume sekali *blowdown* sekitar 5% dari *full water content* per waktu yang diperlukan atau sekitar 520 liter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengukuran

Parameter hasil pengukuran pada unit *boiler* seperti diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter hasil pengukuran boiler

SPESIFIKASI	JENIS BOILER	
	NATURAL GAS BOILER	SOLAR BOILER
	HOKEN BOILER	MECHMAR BOILER
Bahan Bakar:		
o Jenis	Natural Gas	Solar
o Tekanan bahan bakar	0,22 kg/cm ²	Stand by
Kondisi Dinding Boiler:		
o Luas Permukaan	3 x 6 m	
o Temperatur Dinding Ruang Bakar	160°C	Stand by
o Temperatur Dinding	54°C	
Kondisi Uap:		
o Laju Aliran	--	Stand by
o Temperatur	55°C	
o Tekanan	8,2 Bar	
o Kualitas Uap	Uap basah	

Dalam operasinya *boiler* gas alam yang dioperasikan untuk memproduksi uap adalah *boiler Hoken*. Sistem penggunaan uap adalah sekali pakai, dengan kata lain sepenuhnya uap yang diproduksi habis terpakai.

Air umpan ke *boiler* dijaga pada temperatur $\pm 90^\circ\text{C}$ dengan cara memanaskan air dalam tangki umpan dengan menggunakan uap dari *boiler* sendiri melalui *heat exchanger* yang terpasang di dalam tangki. Air yang digunakan untuk mengisi tangki air umpan dikondisikan untuk memenuhi persyaratan agar tidak menyebabkan terjadinya lumpur, kerak atau korosi pada *boiler*. Persyaratan air umpan *boiler* seperti terlihat pada tabel 2..

Tabel 2. Persyaratan air umpan boiler

KOMPOSISI KIMIA	KANDUNGAN
pH	10,5 – 11,3
p-alkalinity	300 - 600 ppm CaCO ₃
m-alkalinity	500 – 800 ppm CaCO ₃
TDS	500 – 800 ppm CaCO ₃
Clorine ion CL ⁻	Maksimum 800
Phosphate iron PO ₄	20 – 40 ppm

Sumber: Perry's Chemical Eng.Handbook,6 Edt.

3.2. Analisis Data Potensi Penghematan/ Efisiensi Energi

Berdasarkan parameter hasil pengukuran dan investigasi lapangan pada sistem boiler, ada beberapa peluang potensi penghematan/

efisiensi yang bisa dilakukan seperti dijelaskan berikut ini. (JICA and ECCJ, 2002).

- a. Terdapat sebagian pipa distribusi ke unit pengguna uap yang tidak terisolasi. Kerugian pada pipa distribusi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

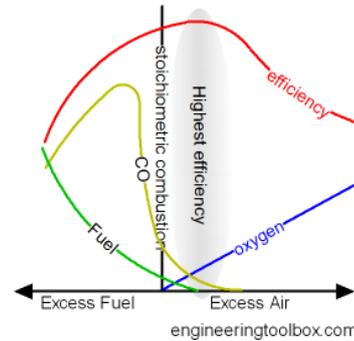
$$Q = \frac{2\pi L K \Delta T}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \text{ Watt}$$

- b. Pemanasan udara pembakaran ini dapat menghemat bahan bakar seperti yang tampak pada gambar 4, setiap kenaikan temperatur udara pembakaran sebanyak 37,5°C akan memberikan penghematan bahan bakar sebanyak 1%.



Gambar 4. Grafik pengaruh pemanasan udara terhadap penghematan bahan bakar

- c. Kegunaan *air preheater* adalah menyerap panas gas buang *boiler* untuk meningkatkan efisiensi termal *boiler* dengan menurunkan kerugian panas di sisi gas buang. Sebagai konsekwensinya, gas buang yang dilepaskan ke cerobong asap pada temperatur yg lebih rendah yang juga sebagai kontrol dalam memenuhi aturan emisi gas buang.
- d. Pengaturan udara lebih (*excess air*) adalah cara terpenting dalam optimasi efisiensi *boiler*. Dalam pembakaran, udara yang diperlukan untuk pembakaran dialirkan dalam jumlah sedikit lebih banyak dari perhitungan. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa bahan bakar bisa terbakar seluruhnya (aspek keamanan dan keselamatan). Terlalu sedikit udara akan menyebabkan pembakaran tidak sempurna yang akan menghasilkan gas CO yang sangat berbahaya, sementara terlalu banyak udara akan menurunkan efisiensi *boiler* dan memboroskan energi seperti diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara efisiensi dan konsentrasi O₂

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Potret Penggunaan Energi Termal

Potret penggunaan energi yang digunakan pada PT. Classic Prima Carpet Industries adalah sebagai berikut:

- Kebutuhan gas/solar untuk umpan ke *boiler* adalah 1.453.700 m³ (*boiler gas*) per tahun dengan nilai kalor 6 ton/jam dan 900 liter per tahun (*boiler solar*).
- Monitoring bisa dilakukan dengan cara mengukur temperatur gas buang di cerobong dan konsentrasi O₂ atau CO₂ di dalam gas buang yang merupakan indikator utama tentang efisiensi pembakaran.
- efisiensi *boiler* dapat dinaikkan 1% untuk setiap penurunan 15% udara lebih.
- Perlunya pengukuran atau monitoring jumlah udara lebih (*excess air*) yang masuk ke dalam *boiler* secara periodik. Monitoring bisa dilakukan dengan cara mengukur temperatur gas buang di cerobong dan konsentrasi O₂ atau CO₂ di dalam gas buang yang merupakan indikator utama tentang efisiensi pembakaran.

4.2. Potensi Penghematan/Efisiensi Energi

Terdapat beberapa penghematan energi yang diidentifikasi pada PT. Classic Prima Carpet Industries, antara lain:

- Untuk mengontrol *excess air* diperlukan *combustion analyzer* atau *Orsat* untuk mengukur konsentrasi O₂ atau CO₂. Dengan pengadaan alat ukur *Orsat* untuk mengukur konsentrasi O₂ dan CO₂ akan memberikan penghematan bahan bakar sekitar 5% per tahun atau Rp. 5.400.000,- per bulan. Penghematan dalam kWh dapat diperoleh dengan menggunakan konversi sebesar Rp. 439,-/kWh. Dengan demikian penghematan dapat diperoleh sebesar 12.300 kWh per bulan atau 147.600 kWh per tahun atau setara dengan Rp. 64.796.400,- per tahun.

Dengan nilai investasi sekitar Rp. 5.000.000.- maka akan diperoleh *Pay Back Period* (PBP) 0,08 tahun.

- b. Memasang *flowmeter* pada jalur suplai pipa uap dan suplai pipa minyak panas, pemasangan alat ini akan sangat membantu dalam memonitor performansi *boiler*. Pengamatan dalam pengontrolan penggunaan uap akan memberikan keuntungan berupa penghematan dengan mengantisipasi akibat dari operasi *boiler* yang tidak terkontrol dengan baik atau pemakaian uap yang diluar kebiasaan normal. Pemasangan *flowmeter* akan memberikan penghematan sekitar 2% atau Rp. 2.100.000,- per bulan. Apabila nilai penghematan ini dikonversi ke dalam kWh dengan menggunakan faktor konversi Rp. 439,-/kWh, maka diperoleh penghematan sebesar 4783 kWh per bulan atau 57.396 kWh per tahun atau Rp. 25.196.844,- per tahun. Dengan nilai investasi sekitar Rp. 50.000.000.-, maka akan diperoleh *Pay Back Period* (PBP) 2 tahun.
- c. Pengukuran atau monitoring jumlah udara lebih (*excess air*) yang masuk ke *boiler* secara periodik.
- d. Melakukan perawatan dan pemeliharaan secara berkala.

4.3. Ringkasan Rekomendasi

Dari hasil pengamatan lapangan, pengumpulan dan analisis data yang dilakukan serta kalkulasi terhadap beberapa peralatan pengguna energi utama, terdapat banyak peluang penghematan/konservasi energi yang dapat dilakukan. Dalam waktu yang relatif singkat, analisis peluang konservasi energi tidaklah dapat dilakukan pada semua peralatan dan proses. Untuk itu improvisasi dan usaha internal haruslah dilakukan dengan berkesinambungan, sehingga proses optimal dan penggunaan energi yang efisien dapat dilakukan sendiri oleh perusahaan.

Tabel 1. Ringkasan Potensi Penghematan Energi

No.	Langkah-Langkah Penghematan Energi	Konsumsi Energi Termal		Potensi Penghematan Energi				Biaya Implementasi			
		kWh/thn	Rp/thn	kWh/thn	% kWh	Rp/thn	%	Tanpa Biaya	Biaya	PBP (thn)	
1	Pengadaan alat ukur Orsat (Combustion Analyzer)	147.6	22,678,740	51.66	100	22,678,740	100		5,000,000		0,08
2	Pemasangan <i>flowmeter</i> pada jalur suplai pipa uap dan suplai pipa minyak	57.396	8,818,895	20.089	100	8,818,895	100		50,000,000		2
	Total	204.996	31,497,635	71.749		31,497,635			55,000,000		

Tabel 1 merupakan ringkasan peluang konservasi energi yang dapat dilakukan dan perkiraan nilai penghematan energi dan biaya serta nilai investasi yang diperlukan.

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa total konsumsi energi termal per tahun sebesar 204.996 kWh atau setara dengan Rp. 31.497.635,- dan potensi penghematan energi termal per tahun sebesar 71.749 kWh atau setara dengan Rp. 31.497.635,-. Didapat total penghematan per tahun sebesar 35%.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakoren, 1998. *Kebijaksanaan Umum Bidang Energi (KUBE)*. Badan Koordinasi Energi Nasional, Jakarta.
- DESDM, 2003. *Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Herman A, et al., 2003. *Hasil Audit Energi Direct Reduction Plant*, UPT-LSDE, Puspipstek, Serpong, Tangerang, 2003.
- JICA and ECCJ., 2002. *Energy Efficiency and Conservation*, Textbook, Page 2 of 5, Japan.
- Perry and Green., *Perry's Chemical Engineers Handbook*, 6th Edition.