

PERHITUNGAN EFISIENSI DAN KONVERSI DARI BAHAN BAKAR SOLAR KE GAS PADA BOILER EBARA HKL 1800 KA

¹Eflita Yohana* dan ²Askhabulyamin

¹Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Mahasiswa Jurusan Teknik mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

*E-mail: efnan2003@yahoo.com

ABSTRAK

Boiler atau ketel uap adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan steam. Steam diperoleh dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan bahan bakar. Umumnya boiler memakai bahan bakar cair (residu, solar), padat (batu bara), atau gas. Sedangkan bahan bakar pada boiler EBARA HKL 1800 KA di PT. INDOMOBIL SUZUKI INTERNATIONAL Tambun I. Menggunakan minyak solar (HSD). Operasional boiler membutuhkan bahan bakar yang cukup banyak sehingga biaya yang dikeluarkan untuk membelinya menjadi tidak sedikit. Apalagi ditambah dengan adanya kenaikan harga bahan bakar minyak dunia. Biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan bakar menjadi lebih besar. Sehingga perlu dipikirkan usaha penghematan biaya operasi. Salah satu alternatif cara penghematan adalah dengan penggantian bahan bakar dari minyak solar (HSD) menjadi natural gas (LNG). Dalam paper ini akan dibahas perbandingan perhitungan biaya yang diperlukan oleh boiler berbahan bakar solar dengan boiler berbahan bakar gas untuk menghasilkan steam output yang sama. Dari perhitungan, kebutuhan bahan bakar yang dikeluarkan untuk boiler dan LNG masing-masing adalah 260,79 kg/jam = 0,265 m³/jam dan 21 m³/jam. Sedangkan untuk biaya yang dikeluarkan Rp 1.319.797,00/jam dan Rp 27.300,00/jam. Sehingga akan didapat penghematan sebesar Rp 1.292.497,00/jam untuk pembelian bahan bakar.

Kata Kunci: Boiler, efisiensi, solar (HSD), natural gas (LNG), steam output

PENDAHULUAN

Boiler atau ketel uap adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan *steam*. *Steam* diperoleh dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan bahan bakar. Umumnya *boiler* memakai bahan bakar cair (residu, solar), padat (batu bara), atau gas. Sedangkan bahan bakar pada boiler EBARA HKL 1800 KA di PT. INDOMOBIL SUZUKI INTERNATIONAL Tambun I. Menggunakan minyak solar (HSD).

Operasional boiler membutuhkan bahan bakar yang cukup banyak. Sehingga biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan bakar tersebut menjadi sangat tinggi. Sehingga usaha – usaha penghematan biaya operasional perlu dilakukan untuk meminimalkan pengeluaran.

Berbagai usaha dilakukan untuk menghemat biaya pembelian bahan bakar, diantaranya dengan penambahan komponen untuk memperbesar efisiensi boiler dan penggantian bahan bakar dari minyak solar (HSD) menjadi natural gas (LNG). Dengan anggapan efisiensi yang sama, akan dibahas perbandingan perhitungan biaya yang diperlukan oleh boiler berbahan bakar solar dengan boiler berbahan bakar gas untuk menghasilkan steam output yang sama [1].

MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dan tujuan dari kerja praktek ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung efisiensi dari boiler EBARA HKL 1800 KA.
2. Menganalisa keuntungan konversi bahan bakar boiler dari bahan bakar solar ke bahan bakar gas.

PROSEDUR OPERASI

1. Pemeriksaan Sebelum Start – Up
 - Memeriksa keberadaan air pada feedwater tank dan softwater tank.
 - Memastikan katup delivery disebelah feedwater pump terbuka.
 - Membuka katup masuk dari feedwater pump.
 - Membuka katup sumber gas.
2. Start – Up
 - Nyalakan sumber tenaga pada control panel sehingga boiler sedang dalam pengisian air.
 - Ketika level air mencapai diatas level normal tekan tombol start. Sehingga proses pembakaran dalam boiler berlangsung.
 - Dalam boiler ebara hkl 1800 ka ini, terdapat check valve yang akan membuka sendiri ketika

tekanan sudah mencapai 7 kgf/cm². Sehingga tidak diperlukan membuka dan menutup katup secara manual.

3. Pengoperasian Sehari – Hari Setelah Start – Up

Melakukan blow - off dengan membuka katup blow - off untuk mengeluarkan sebagian sehingga air didalam boiler. Blow - off dilakukan agar impurity air akibat penguapan didalam boiler dapat dibuang. Karena dapat menimbulkan kerak dan menghambat perpindahan panas.

4. Stop

- Mematikan boiler dengan menekan tombol off
- Mematikan sumber energy
- Menutup katup sumber gas.
- Menutup katup supply uap utama dan katup feedwater.
- Melakukan complete blow – off dengan mambuka katup blow – off untuk mengeluarkan air pada tube [2].

PERUMUSAN

Efisiensi Ketel

Efisiensi ketel uap dinyatakan sebagai perbandingan panas sebenarnya yang digunakan untuk memanaskan air dan pembentukan uap terhadap panas hasil pembakaran bahan bakar di dalam dapur.

Umumnya disebut efisiensi termis, secara matematis dapat ditulis:

Efisiensi ketel (η).

$$\eta = \frac{\text{panassebenarnyayangdihasilkan}}{\text{panashasilpembakaran}} \times 100\% \quad [3]$$

Neraca Panas

Untuk mengetahui kinerja sebuah ketel tidak cukup hanya dengan mengetahui efisiensinya saja. Dengan mengetahui efisiensi ketel saja kita hanya dapat menyatakan bahwa ketel yang dievaluasi masih dapat bekerja dengan baik atau tidak, atau dapat juga dikatakan jika ketel mengalami penurunan efisiensi, masih dalam batas kewajaran atau tidak. Jadi jelas bahwa efisiensi hanya menunjukkan kemampuan untuk menyerap panas dari hasil pembakaran.

Metode yang digunakan dalam perhitungan efisiensi ketel uap adalah metode langsung (*direct method*) dan metode tak langsung (*indirect method*).

Metode langsung adalah cara yang digunakan untuk menghitung efisiensi dengan menghitung besarnya *superheated steam* yang dihasilkan dibandingkan dengan panas hasil pembakaran dari

bahan bakar. Efisiensi dengan metode ini juga dikenal dengan thermal efisiensi ketel uap, dengan rumus :

$$\eta_k = \left[\frac{W_s \times (H - h_{f1})}{W_f \times HHV} \right] \times 100\%$$

Metode tak langsung adalah cara yang digunakan untuk menghitung besarnya prosentase panas yang tidak bermanfaat. Metode ini sangat efektif digunakan dalam usaha untuk menemukan potensi penghematan energi ketel uap berdasarkan neraca panas. Untuk menghitung efisiensi dengan metode ini, kita harus menghitung besarnya panas yang masuk dan panas yang keluar pada suatu ketel uap.

Panas Masuk

- Panas hasil pembakaran bahan bakar (Q_p)

Panas dari hasil pembakaran bahan bakar, besarnya sesuai dengan nilai kalor bahan bakar

$$Q_p = W_f \times HHV$$

- Panas sensible bahan bakar (Q_f)

$$Q_f = (1 - W) \times C_{pf} \times \Delta t_f \times W_f$$

- Panas sensible air karena kelembaban bahan bakar (Q_w)

Besarnya sangat tergantung dari besarnya kandungan air dalam bahan bakar.

$$Q_w = W \times C_{pwf} \times \Delta t_f \times W_f$$

- Panas sensible udara pembakaran (Q_{A1})

Dihitung menurut panas jenis udara dan suhu udara masuk.

$$Q_{A1} = W_A \times C_{pa} \times \Delta t_a$$

- Panas sensible air karena kelembaban udara (Q_{ma})

Besarnya sesuai dengan besar kandungan air dalam udara kering dan suhu udara masuk

$$Q_{ma} = W_A \times C_{pwa} \times \Delta t_a \times M_A$$

- Panas sensible air umpan (Q_{fw})

Besarnya sangat tergantung dari besar suhu dari air umpan

$$Q_{fw} = W_w \times h_{f1}$$

Panas Keluar

- Panas yang terbawa oleh hasil uap

Besarnya panas yang terbawa oleh uap produk tergantung pada kondisi akhir uap.

$$Q'_s = W_s \times H$$

- Panas yang terbawa oleh gas asap

$$Q'_{fg} = W_{FG} \times C_{pa} \times \Delta t_{FG}$$

- Panas yang terbawa uap air dalam gas asap karena kelembaban udara dalam pembakaran

Besarnya sangat tergantung dari besar kandungan air dalam udara kering

$$Q'_{ma} = W_A \times M_A \times H'_{sup}$$

- Panas yang terbawa oleh uap air dalam gas asap karena kelembaban bahan bakar.

Besarnya tergantung dari kandungan air dalam bahan bakar dan suhu gas asap. Uap air dalam gas asap dianggap sebagai uap lewat jenuh pada, $1,033 \text{ kg/Cm}^3$ dan suhu t_{FG}

$$Q'_{w} = W \times W_f \times H'_{sup}$$

- Panas yang terbawa oleh uap air dalam gas asap karena adanya hidrogen didalam bahan bakar.

$$Q'_{H} = 9 H_2 \times H'_{sup}$$

- Panas yang terbawa oleh *blow down*

$$Q'_{BD} = W_b \times h_{f2}$$

- Panas yang hilang melalui dinding

$$Q'_{wall} = (Panas \text{ masuk} - Panas \text{ keluar})$$

$$Q'_{wall} = Q_p + Q_f + Q_w + Q_{Al} + Q_{Ma} + Q_{fw} - Q'_s + Q'_{fg} + Q'_{MA} + Q'_w + Q'_{BD} + Q'_H \text{ kcal/kg}$$

Perhitungan Efisiensi Boiler dengan Metode Tidak Langsung

$$\eta_k = (1 - \text{total kehilangan panas} / \text{total panas yang digunakan}) \times 100 \%$$

Dimana :

$$\text{Total kehilangan panas} = Q'_{fg} + Q'_{MA} + Q'_w + Q'_H + Q'_B + Q'_{wall}$$

$$\text{total panas yang digunakan} = Q_p + Q_f + Q_w + Q_{Al} + Q_{Ma} + Q_{fw} \text{ [4].}$$

Perhitungan Konversi Bahan Bakar Dari Solar Ke Gas

- Bahan bakar yang diperlukan dengan *natural gas* (W_g) untuk *output steam* (W_s) yang sama

$$W_g = \frac{W_s H - h_{f1}}{NHV_{NG} \cdot \eta_k}$$

- Perhitungan biaya bahan bakar per jam

$$\text{Biaya solar} = W_f \times \text{Harga solar}$$

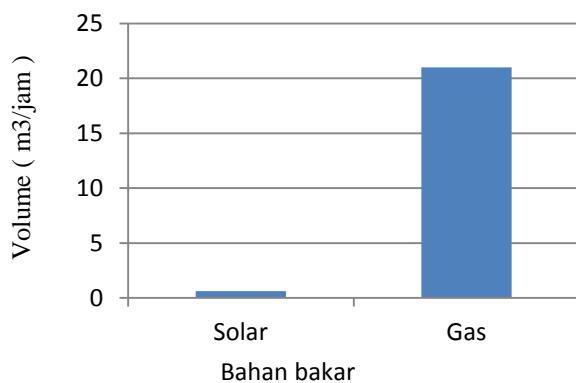
$$\text{Biaya natural gas} = W_g \times \text{Harga natural gas}$$

Kebutuhan data untuk perhitungan

- Air Umpan Ketel
 - Suhu (t_1) = 31°C
 - Volume spesifik = $780,1925 \text{ m}^3/\text{kg}$
 - Tekanan = 25 kgf/cm^2
 - Jumlah berat pemakaian air umpan (W_w) = $\frac{2,971 \text{ m}^3/\text{jam}}{780,1925 \text{ m}^3/\text{kg}} = 0,00381 \text{ kg/jam}$
 - Enthalpy (h_{f1}) pada suhu 31° adalah $131,6 \text{ kJ/kg}$ $31,43 \text{ kcal/kg}$
- *Blow down*
 - Banyaknya *blow down* (W_b) = $1,944 \text{ kg/jam}$
- Produksi uap
 - Tekanan operasi = 7 bar
 - Suhu = 145°C
 - Temperatur saturasi = 165°C
 - Jumlah produksi uap (W_s) = $2479 \text{ ton/bulan} = \frac{2479,10^3 \text{ kg}}{735 \text{ hour}} = 3385 \text{ kg/jam}$
 - Enthalpy produksi uap (H) = $2742 \text{ kJ/kg} = 655 \text{ kcal/kg}$
 - Enthalpy air ketel uap (h_{f2}) didapat dari “*steam table*” pada kondisi tersebut adalah $610,65 \text{ kJ/kg} = 145,39 \text{ kcal/kg}$
- Pemakaian Bahan Bakar Solar (HSD)
 - Suhu = 102°C
 - Densitas solar (ρ_{solar}) = $0,985 \text{ kg/liter}$
 - Pemakaian bahan bakar bulan Juli 2009 (W_f) =
 - HHV = $10173,73 \text{ kcal/kg}$ bahan bakar
 - Harga solar = $\text{Rp } 5.000,00 / \text{liter} = \text{Rp } 5.000.000,00 / \text{m}^3$
- LNG
 - Nilai kalor natural gas (HHV_{NG}) = $165716,89 \text{ kcal/m}^3$
 - Harga natural gas = $\text{Rp } 1.200,00 / \text{m}^3$
- Gas asap
 - Suhu (t_{fg}) = 220°C
 - $H'_{sup} = 691,923 \text{ kcal/kg}$
- Udara masuk
 - Suhu (t_a) = 32°C
 - Ratio kelembaban (M_a) pada pembacaan “*psikometri chart*” didapat $0,021 \text{ kg}$ kandungan air/kg udara kering
 - Kebutuhan udara sebenarnya (W_A) = $5008,15 \text{ kg}$
 - Berat gas asap hasil pembakaran (W_{FG}) = $4973,36 \text{ kg}$

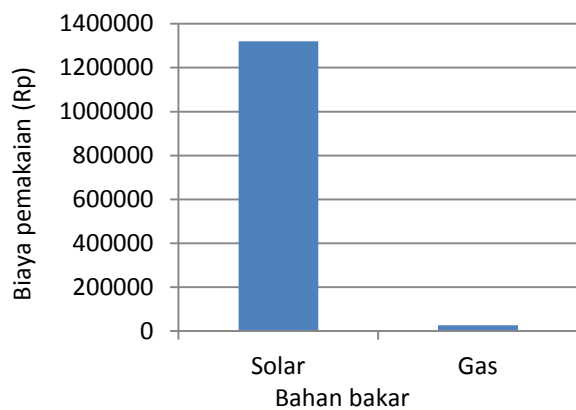
HASIL DAN PEMBAHASAN

- Kebutuhan volume gas tiap jamnya lebih besar dari volume solar. Hal disebabkan massa jenis dari gas sangat kecil.



Grafik perbandingan kebutuhan bahan bakar solar dengan gas (m³/jam)

- Biaya yang dikeluarkan untuk pemakaian bahan bakar gas jauh lebih kecil dari solar hal ini karena harga solar yang murah.



Grafik perbandingan biaya pemakaian bahan bakar solar dengan gas (Rp/jam)

Boiler berbahan bakar minyak solar membutuhkan bahan bakar (W_f) sebanyak 260,79 kg/jam = $0,265 \frac{m^3}{h}$. Biaya yang dikeluarkan tiap jam = Rp 1.319.797,00 / jam. Efisiensi yang didapatkan dari perhitungan dengan metode secara langsung dari boiler dengan bahan bakar solar adalah 79,6 % sedangkan dengan metode tidak langsung didapat efisiensi sebesar 60,2 %. Dengan mengasumsikan efisiensi yang sama jika bahan bakar diganti dengan gas (60,2 %), untuk menghasilkan steam output yang sama didapat konsumsi bahan bakar (W_{f2}) = $21 \frac{m^3}{h}$. Biaya yang dikeluarkan tiap jam = Rp 27.300,00 / jam.

KESIMPULAN

Dari analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam dalam paper ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk menghasilkan steam out put yang sama, konsumsi bahan bakar untuk solar sebanyak 260,79 kg/jam = $0,265 \frac{m^3}{h}$, dan untuk LNG 21 $\frac{m^3}{h}$.
2. Untuk menghasilkan *steam output* yang sama biaya yang dikeluarkan untuk bahan bakar dari solar dan LNG masing – masing sejumlah Rp 1.319.797,00 / jam dan Rp 27.300,00 / jam.
3. Terdapat penghematan yang cukup signifikan untuk pembelian bahan bakar jika dikonversi ke LNG adalah sebesar Rp 1.292.497,00 / jam.

UCAPAN TERIMA KASIH

PT. INDOMOBIL SUZUKI INTERNASIONAL yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk melakukan kerja praktek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonym. 2006. "Boiler dan Pemanas Fluida Termis". Jakarta : UNEP.
- [2] Anonym "EBARA Steam Boilers. Oil-Fired Water Tube Boiler Series HKL (E) and SW (E) Models."
- [3] Departemen Tenaga Kerja. 2000. " Bahan Pelatihan Operator Ketel Uap". Jakarta: BINA PRIMA.
- [4] Karjono SA. Ir. "Ketel Uap dan Sistem Tenaga Uap"

NOMENKLATUR

- η_k = Efisiensi ketel
 W_s = Jumlah *steam*, kg/jam
 H = Enthalpy *superheated steam*, k.cal/kg
 h_{f1} = Enthalpy air umpan ketel, k.cal/kg
 W_F = Jumlah bahan bakar, kg/jam
 HHV = Nilai kalori bahan bakar, k.cal/kg
 W = kandungan air dalam bahan bakar
 C_{pf} = panas jenis bahan bakar (kcal/kgK)
 T_f = suhu bahan bakar saat memasuki dapur (K)
 W_A = jumlah udara sebenarnya yang digunakan dalam pembakaran (kg/kg bahan bakar)
 C_{pa} = panas jenis rata-rata gas asap kering, umumnya dianggap sebagai panas jenis udara, yakni $0,24 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$
 t_{at} = suhu udara saat memasuki *air heater* ($^{\circ}\text{C}$)
 M_A = berat air di dalam udara / kg udara kering (kg/kg udara kering)
 W_W = Jumlah berat pemakaian air umpan (kg/jam)
 H = Enthalpy produksi uap
 H^{sup} = enthalphy uap air pada suhu (t_{FG}) 220°C
 NHV_{NG} = Net Heat Value Natural Gas