

OPTIMALISASI EFISIENSI TERMIS BOILER MENGGUNAKAN SERABUT DAN CANGKANG SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKAR

Grata Patisarana¹, Mulfi Hazwi²

^{1,2}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Medan 20155

e-mail : patisanagrata@ymail.com

Abstrak

Penggunaan metode langsung (*direct method*) dalam mengevaluasi efisiensi termis boiler memiliki kelemahan karena tidak memberikan petunjuk tentang penyebab dan berbagai kehilangan yang berpengaruh didalam sistem. Untuk menjawab masalah tersebut maka peneliti menggunakan metode tidak langsung (*indirect method*). Metode ini memiliki keuntungan yaitu dapat mengetahui neraca bahan dan energi yang lengkap untuk setiap aliran, yang dapat memudahkan dalam mengidentifikasi opsi-opsi untuk meningkatkan efisiensi termis boiler. Dalam aplikasinya, metode ini harus melewati serangkaian uji eksperimen terhadap sampel yang digunakan yaitu serabut dan cangkang sawit yang hasilnya tersebut pada akhirnya digunakan untuk selanjutnya dianalisis. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pemakaian bahan bakar 75% untuk serabut (*fiber*) dan 25% untuk cangkang (*shell*) dibandingkan dengan metode langsung (*indirect method*) diperoleh selisih yang cukup signifikan melebihi 5% yang ditetapkan oleh peneliti. Selain itu diperoleh efisiensi termis tertinggi pada komposisi bahan bakar 25% serabut : 75% cangkang sebesar 89,29% dan efisiensi terendah pada komposisi bahan bakar 0% serabut : 100% cangkang sebesar 61,76%.

Kata kunci : Rasio, Serabut, Cangkang, Efisiensi Termis

1. PENDAHULUAN

Krisis energi listrik di Indonesia disebabkan karena semakin menipisnya sumber energi konvensional seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara yang tidak diimbangi dengan peningkatan pertumbuhan penduduk. Relevansi krisis energi listrik dengan krisis bahan bakar fosil tersebut terjadi karena banyak pembangkit tenaga listrik di Indonesia menggunakan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar utamanya. Solusi bagi krisis energi listrik dan bahan baku fosil seperti tersebut di atas adalah adanya sumber energi alternatif. Sumber energi alternatif tersebut harus bisa menjadi bahan bakar substitusi yang ramah lingkungan, efektif, efisien, dan dapat diakses oleh masyarakat luas. Selain itu, sumber energi alternatif tersebut idealnya berasal dari sumber energi yang bisa diperbarui. Sumber energi yang bisa diperbarui relatif tidak berpotensi habis, sebaliknya, selalu tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang lebih dari cukup, antara lain

energi air, angin, biomassa, tidal, panas bumi dan energi surya.

Salah satu potensi energi yang dapat diperbarui adalah energi biomassa limbah kelapa sawit. Selama ini, kelapa sawit banyak digunakan sebagai penghasil minyak nabati tanpa mencoba menemukan potensi yang dimiliki limbah kelapa sawit. Limbah kelapa sawit yang ditimbulkan oleh pengolahan kelapa sawit memiliki kandungan kalori yang cukup tinggi. Bila dikelola dengan baik limbah kelapa sawit dapat digunakan sebagai energi alternatif pengganti batu bara yang biasa digunakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

Indonesia memiliki potensi besar untuk memanfaatkan produk samping kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan dan berkelanjutan. Kelapa sawit di Indonesia merupakan salah satu komoditi yang mengalami pertumbuhan sangat pesat. Demikian pula halnya seperti pada PT. Perkebunan Nusantara IV Unit Usaha Kebun Gunung Bayu yang bergerak

dibidang agro industri menggunakan sumber energi biomassa limbah kelapa sawit. Sumber energi biomassa yang digunakan adalah berasal dari limbah padat pengolahan. Limbah tersebut yang akan digunakan sebagai bahan bakar ketel uap.

Pemanfaatan biomassa serabut dan cangkang sawit secara optimal sangat berguna dalam hal peningkatan efisiensi termis suatu ketel uap (*boiler*). Efisiensi termis boiler didefinisikan sebagai persen energi (panas) masuk yang digunakan secara efektif pada uap yang dihasilkan. Terdapat dua metode pengkajian efisiensi boiler, yaitu dengan menggunakan metode langsung (*direct method*) dan metode tidak langsung (*indirect method*).

Dari data sekunder yang diperoleh, ketel uap yang digunakan yaitu Takuma Water Tube Boiler Model N.600 SA, dengan pemakaian bahan bakar 75% untuk serabut (*fiber*) dan 25% untuk cangkang (*shell*), efisiensi boiler yang didapat sebesar 73% dihitung menggunakan metode langsung (*direct method*). Yang menjadikan kelemahan dalam mengevaluasi efisiensi boiler menggunakan metode langsung adalah metode tersebut tidak memberikan petunjuk tentang penyebab dan berbagai kehilangan yang berpengaruh didalam sistem. Hal ini mendorong peneliti untuk meneliti fenomena tersebut menggunakan metode tidak langsung (*indirect method*).

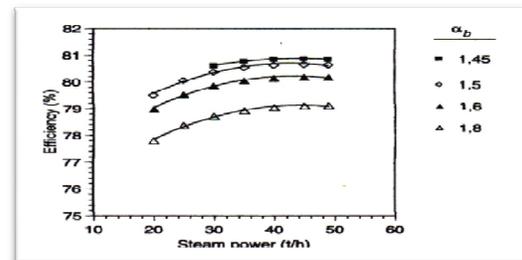
2. KAJIAN PUSTAKA

Dalam bagian ini diuraikan mengenai penelitian sebelumnya yang telah dilakukan baik didalam negeri maupun diluar negeri. Penelitian tersebut berasal dari jurnal penelitian ilmiah yang diterbitkan sesuai dengan kajian ilmu yang dibahas dalam penelitian yang dilakukan peneliti. Beberapa jurnal penelitian yang telah dipublikasikan antara lain ;

a. *Dalimunthe (2006)* dalam jurnalnya mengutarakan bahwa tingkat efisiensi pembakaran gas alam cair pada boiler menggunakan metode tak langsung sebesar 71%. Dibandingkan dengan tingkat

efisiensi boiler diatas 80%, maka boiler tersebut kurang efisien. Ketidakefisienan boiler, kemungkinan disebabkan oleh eksekusi udara yang cukup besar serta kehilangan panas oleh gas buang, untuk itu efisiensi boiler perlu ditingkatkan lagi hingga mencapai tingkat efisiensinya [1]

b. *J. Barroso et al. (2003)* dalam jurnalnya menyimpulkan tingkat efisiensi termal ampas tebu pada boiler yang dihitung menggunakan metode tak langsung dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 1. Grafik laju aliran massa uap untuk empat rasio stoikiometrik (α_b) terhadap efisiensi termis boiler

Untuk semua boiler yang dianalisis, nilai optimal dari rasio stoikiometrik ini berkisar antara 1,5 dan 1,55, untuk seluruh kisaran laju aliran massa uap, kontras dengan rasio stoikiometrik yang digunakan sebelum penelitian ini yaitu 1,8. Hasil ini sangat menyederhanakan pengambilan keputusan oleh insinyur dan operator boiler, yang sekarang dapat dengan mudah mengontrol boiler untuk kinerja yang optimal [2]

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di dua tempat, yaitu di Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin USU dan Laboratorium Konversi Energi PTKI (Pendidikan Teknologi Kimia Industri) Medan. Alasan yang menjadi pertimbangan mengapa penelitian dilakukan di dua tempat tersebut

dikarenakan adanya kekurangan peralatan laboratorium penunjang kegiatan penelitian guna memperoleh data-data yang diinginkan.

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi dari penelitian ini adalah limbah biomassa kelapa sawit. Sampel yang diambil dari limbah biomassa kelapa sawit yaitu berupa serabut dan cangkang sawit. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*, dimana didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan tertentu dikarenakan jumlahnya secara kuantitatif cukup besar.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk :

- a. Variabel bebas, dilakukan dengan menggunakan skala rasio (skala perbandingan). Berikut ini adalah tabel yang berisikan setiap elemen atau anggota dari populasi yang diambil sebagai sampel beserta skala rasio yang akan diuji :

Tabel 1: Tabel sampel beserta rasio

Sampel	Rasio (%)					
Serabut	-	25	40	60	75	100
Cangkang	100	75	60	40	25	-

- b. Variabel kontrol, dilakukan dengan menggunakan metode tidak langsung (*indirect method*) atau juga dikenal dengan metode kehilangan panas (*heat loss*). Standar acuan untuk uji boiler dengan menggunakan metode tidak langsung adalah *British Standard, BS 845:1987* dan *USA Standard ASME PTC-4-1 Power Test Code Steam Generating Units* [3]. Berikut adalah tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menggunakan metode tidak langsung :

- Tahap I : Menghitung kebutuhan udara teoritis

$$\left[\frac{(11,43 \times C) + \left\{ 34,5 \times \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) \right\} + (4,32 \times S)}{100 \text{ kg/kg bahan bakar}} \right]$$

- Tahap II : Menghitung persen kelebihan udara yang dipasok (EA)

$$\frac{\text{persen } O_2 \times 100}{21 - \text{persen } O_2}$$

- Tahap III : Menghitung massa udara sebenarnya yang dipasok/kg bahan bakar (AAS)

$$\left(1 + \frac{EA}{100} \right) \times \text{udara teoritis}$$

- Tahap IV : Memperkirakan seluruh kehilangan panas

1. Persentase kehilangan panas yang diakibatkan oleh gas buang yang kering

$$L_1 = \frac{m \times C_{p_{fg}} \times (T_{fg} - T_a) \times 100}{GCV_{fuel}}$$

2. Persentase kehilangan panas karena penguapan air yang terbentuk karena adanya H₂ dalam bahan bakar

$$L_2 = \frac{9 \times H_2 \{ 584 + C_{p_{ss}} (T_{fg} - T_a) \}}{GCV_{fuel}}$$

3. Persentase kehilangan panas karena penguapan kadar air dalam bahan bakar

$$L_3 = \frac{M \{ 584 + C_{p_{ss}} (T_{fg} - T_a) \}}{GCV_{fuel}}$$

4. Persentase kehilangan panas karena kadar air dalam udara

$$L_4 = \frac{AAS \times \text{kelembaban udara} \times C_{p_{ss}} (T_{fg} - T_a) \times 100}{GCV_{fuel}}$$

5. Persentase kehilangan panas karena bahan bakar yang tidak terbakar dalam abu terbang/*fly ash*

$$L_5 = \frac{\text{total abu terkumpul per kg bahan bakar yang terbakar} \times GCV_{fa}}{GCV_{fuel}}$$

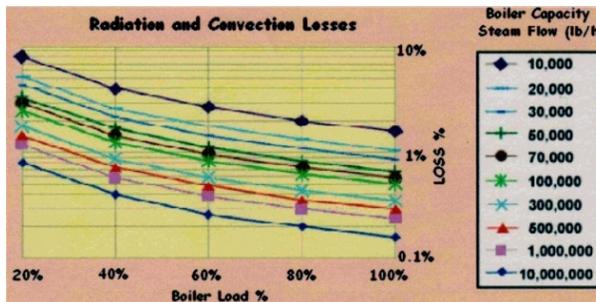
6. Persentase kehilangan panas karena bahan bakar yang tidak terbakar dalam abu bawah/*bottom ash*

$$= \frac{L_6}{GCV_{fuel}} \times GCV_{ba}$$

total abu terkumpul per kg bahan bakar yang terbakar × GCV_{ba}

7. Persentase kehilangan panas karena radiasi dan koveksi serta kehilangan lain yang tidak terhitung

Pada umumnya kehilangan akibat radiasi dan konveksi lebih rendah untuk boiler yang lebih besar dan lebih tinggi untuk boiler yang lebih kecil. Nilai kerugian radiasi dan konveksi biasanya ditentukan dari grafik standar *American Boiler Manufacturers Association (ABMA)* [4] yang ditampilkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. Grafik yang menunjukkan kehilangan radiasi dan konveksi sesuai dengan laju aliran massa uap yang dihasilkan boiler

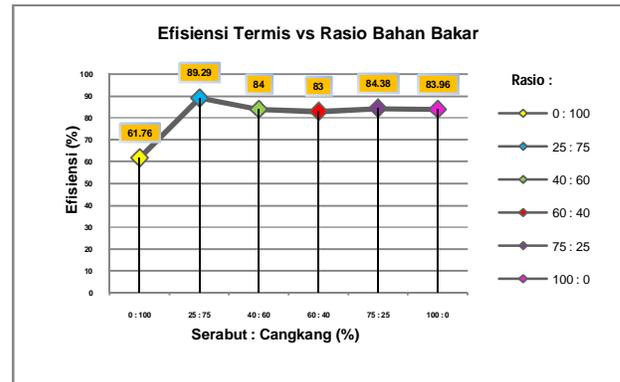
- c. Variabel terikat, dalam hal ini adalah efisiensi termis boiler, dapat dihitung dengan mengurangi bagian kehilangan panas dari 100, dengan demikian dapat dituliskan kedalam persamaan :

$$\eta_{th}(\%) = 100 - \sum L_i$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan yang dilakukan menggunakan metode tidak langsung (*indirect method*) atau juga dikenal dengan metode kehilangan panas (*heat loss*) dengan standar

acuan untuk uji boiler adalah *British Standard, BS 845:1987* dan *USA Standard ASME PTC-4-1 Power Test Code Steam Generating Units*, maka dapat dilihat perbedaan nilai efisiensi termis yang mampu dicapai dari setiap variasi komposisi bahan bakar yang diuji pada grafik dibawah ini ;



Gambar 3. Grafik variasi komposisi bahan bakar serabut dan cangkang sawit terhadap efisiensi termis boiler

Tampak bahwa terdapat selisih yang cukup tajam antara rasio 100% cangkang dan rasio 100% serabut terhadap efisiensi termis boiler, yaitu : 61,76% dan 83,96%. Kemungkinan hal ini disebabkan ;

- Pembakaran pada cangkang sawit relatif lambat dikarenakan cangkang sawit mengandung unsur karbon yang tinggi yaitu sekitar 45,74% dibandingkan dengan serabut sawit yaitu sekitar 44,97%
- Pembakaran pada cangkang sawit termasuk pembakaran yang tidak sempurna. Hal ini menyebabkan perpindahan panas berkurang dan panas hilang karena eksep udara tinggi (O_2 tinggi)

Pada grafik diatas dapat dilihat adanya peningkatan efisiensi termis boiler apabila dilakukan penambahan rasio cangkang terhadap serabut walau selisihnya sedikit, dan puncaknya didapat dari campuran 25% serabut : 75% cangkang.

5. KESIMPULAN

- a. Laju peningkatan efisiensi termis boiler terjadi apabila dilakukan penambahan rasio pada cangkang sawit, dan mengalami penurunan apabila dilakukan penambahan rasio pada serabut sawit walaupun selisihnya tidak terlalu besar
- b. Komposisi bahan bakar yang memiliki efisiensi termis tertinggi diperoleh dari rasio bahan bakar 25% serabut : 75% cangkang, sedangkan bahan bakar yang memiliki efisiensi termis terendah diperoleh dari rasio bahan bakar 0% serabut : 100% cangkang
- c. Besarnya selisih efisiensi termis boiler yang dikaji menggunakan metode tidak langsung bila dibandingkan dengan hasil dari data sekunder yang didapat menggunakan metode langsung pada pemakaian bahan bakar 75% untuk serabut (*fiber*) dan 25% untuk cangkang (*shell*) adalah melebihi dari 5%, yaitu : 11,38%

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dalimunthe, Darmansyah. (2006). "Konservasi Energi di Kilang Gas Alam Cair/ LNG Melalui Peningkatan Efisiensi Pembakaran pada Boiler." *Jurnal Teknologi Proses* (ISSN 1412-7814). Hlm. 156-162.
- [2] Barroso, J. et al. (2003). "On the optimization of boiler efficiency using bagasse as fuel." Spain: University of Zaragoza
- [3] UNEP. (2006). "Peralatan Energi Panas: Tungku dan Refraktori." Diambil dari: www.energyefficiencyasia.org
- [4] www.PDHcenter.com