

ANALISA NILAI KALOR BAHAN BAKAR BOILER FIBER DAN CANGKANG

Calorific Value Analysis Of Fiber and Shell Boiler Fuel

Dian Nopita, Agus Nuramal*, Nurul Iman Supadi

Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

Jl.WR.Supratman, Kandang Limun, Kec.Muara Bangkahulu, Bengkulu

*) Email: anuramal@unib.ac.id

ABSTRACT

Fiber and shell are widely use solid fuels in steam boilers. These fuels are waste products generated from palm oil processing. The purpose of this study is to analyze the heating value of fiber and shell. This study used 12 fuel samples, consisting of 3 pure fiber samples, 3 pure shell samples, 3 mixed samples with a composition of 90% fiber and 10% shell, and 3 mixed samples with a composition of 80% fiber and 20% shell, to analyze the calorific value. The weight of each sample is 1 gram. Calorific value is used to determine the high calorific value. The use of different samples produces different heating values, resulting in different high heating values. These different high heating values are then used to determine the low heating value, resulting in different low heating values. In this study, each boiler fuel has a different Low Heating Value (LHV). The highest low heating value is owned by pure fiber fuel with a value of NA (Not Available). While the smallest low heating value of boiler fuel is owned by a mixed type consisting of 90% fiber and 10% shell with a value of 179358,51 Kj/Kg.

Keywords: boiler, fiber, shell, Low Heating Value

1. Pendahuluan

Boiler adalah sebuah ketel uap yang tertutup dimana panas pembakarannya diteruskan ke air, sampai menjadi uap panas atau *steam*. Setelah itu uap panas yang bertekanan akan dimanfaatkan untuk suatu proses industri [1]. Sistem ketel uap ini terdiri dari beberapa bagian yaitu, air bahan bakar, uap panas dan *feed water*. Panas yang diberikan kepada fluida di dalam ketel berasal dari proses pembakaran dengan berbagai macam jenis bahan bakar yang dapat digunakan, seperti bahan bakar cair, bahan bakar padat, maupun bahan bakar gas.

Bejana bertekanan pada boiler umumnya menggunakan bahan baja dengan spesifikasi tertentu yang telah ditentukan dalam standard ASME terutama untuk penggunaan boiler pada industri-industri besar. Dalam sejarah tercatat berbagai macam jenis material digunakan sebagai bahan pembuatan boiler seperti tembaga, kuningan, dan besi cor. Namun bahan-bahan tersebut sudah lama ditinggalkan karena alasan ekonomis dan juga ketahanan material yang sudah tidak sesuai dengan kebutuhan industri [2].

Fiber dan cangkang adalah salah satu contoh bahan bakar padat yang digunakan pada ketel. Bahan bakar ini merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan pabrik kelapa sawit. Fiber adalah limbah padat yang berbentuk seperti rambut, serabut ini terdapat dibagian kedua dari buah kelapa sawit setelah kulit buah kelapa sawit. Sedangkan cangkang adalah limbah padat yang berwarna hitam berbentuk seperti batok kelapa dan agak bulat, terdapat pada bagian dalam pada buah kelapa sawit yang ditutupi oleh serabut. Fiber dan cangkang adalah limbah yang di manfaatkan sebagai bahan bakar pengganti solar pada *boiler*. Karena, limbah ini lebih murah dan limbah ini memiliki nilai kalor yang lebih tinggi di banding solar. Fiber dan cangkang akan menghasilkan nilai kalor yang berbeda pada *boiler*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis nilai kalor dari bahan bakar boiler yang berupa fiber dan cangkang.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Boiler

Boiler atau ketel uap adalah suatu bejana tertutup yang di dalamnya berisi air untuk dipanaskan. Energi panas dari uap air keluaran boiler tersebut selanjutnya digunakan untuk berbagai macam keperluan, seperti untuk turbin uap, pemanas ruangan, mesin uap, dan lain sebagainya. Secara proses konversi energi, boiler memiliki fungsi untuk mengkonversi energi kimia yang tersimpan di dalam bahan bakar menjadi energi panas yang tertransfer ke fluida kerja.

Bejana bertekanan pada boiler umumnya menggunakan bahan baja dengan spesifikasi tertentu yang telah ditentukan dalam standard ASME terutama untuk penggunaan boiler pada industri-industri besar. Dalam sejarah tercatat berbagai macam jenis material digunakan sebagai bahan pembuatan boiler seperti tembaga,

kuningan, dan besi cor. Namun bahan-bahan tersebut sudah lama ditinggalkan karena alasan ekonomis dan juga ketahanan material yang sudah tidak sesuai dengan kebutuhan industri. [3]

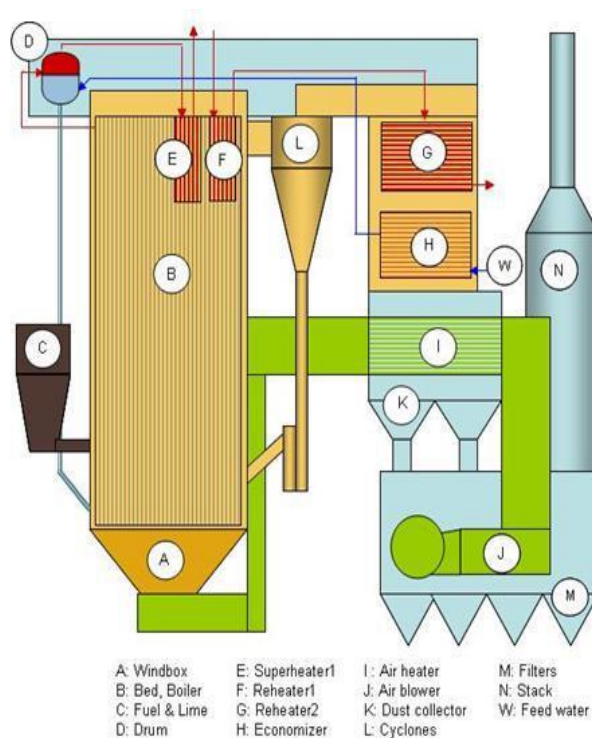
Panas yang diberikan kepada fluida di dalam boiler berasal dari proses pembakaran dengan berbagai macam jenis bahan bakar yang dapat digunakan, seperti kayu, batubara, solar/minyak bumi, dan gas. Dengan adanya kemajuan teknologi, energi nuklir pun juga digunakan sebagai sumber panas pada boiler. Adapun gambar Boiler dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Boiler

2.1.1 Prinsip Kerja Boiler

Boiler atau ketel uap adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar. Prinsip Kerja Boiler dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Prinsip kerja Boiler

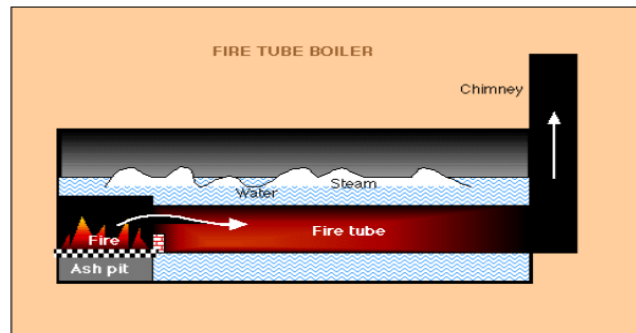
Uap yang dihasilkan boiler adalah uap *superheat* dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan. Boiler yang konstruksinya terdiri dari pipa-pipa berisi air disebut dengan *water tube boiler*.

2.1.2 Tipe Boiler

Secara umum, boiler digolongkan menjadi dua tipe :

1. Boiler Pipa Api (*Fire Tube Boiler*)

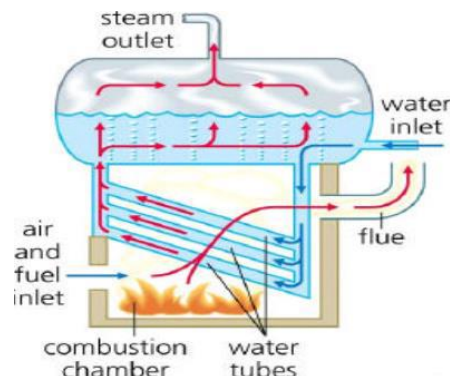
Pada boiler pipa api, api dan gas panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar mengalir melalui pipa-pipa yang dikelilingi oleh air yang berfungsi sebagai penyerap panas. Panas dihantarkan melalui dinding-dinding pipa dari gas-gas panas ke air disekelilingnya. Boiler pipa api dapat menggunakan bahan bakar minyak, gas, dan bahan bakar padat Boiler Pipa Api dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Boiler Pipa Api

2. Boiler Pipa Air (*Water Tube Boiler*)

Pada boiler pipa air, air berada di dalam pipa-pipa yang dikelilingi oleh api dan gas-gas panas yang berada di luar pipa, sehingga pembentukan uap terjadi di dalam pipa-pipa. Pada dinding dapur boiler pipa air, hampir semuanya tertutup oleh pipa-pipa air. Pipa-pipa air ini berfungsi sebagai permukaan perpindahan panas, dan sebagai pendingin dinding dapur boiler sehingga akan memperpanjang usia pakainya, boiler pipa air dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Boiler Pipa Air

2.2 Bahan Bakar Boiler

Agar kualitas uap yang dihasilkan dari ketel uap sesuai dengan yang diinginkan atau dibutuhkan maka dibutuhkan sejumlah panas untuk menguapkan air tersebut, dimana panas tersebut diperoleh dari pembakaran bahan bakar di ruang bakar ketel. Adapun alasan mengapa digunakan cangkang dan fiber sebagai bahan bakar adalah :

1. Bahan bakar cangkang dan fiber cukup tersedia dan mudah diperoleh dipabrik.
2. Cangkang dan fiber merupakan limbah dari pabrik kelapa sawit apabila tidakdigunakan.
3. Nilai kalor bahan bakar memenuhi persyaratan untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan.
4. Sisa pembakaran bahan bakar dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman kelapa sawit.
5. Harga lebih ekonomis.

Cangkang adalah sejenis bahan bakar padat yang berwarna hitam berbentuk seperti batok kelapa dan agak bulat, terdapat pada bagian dalam pada buah kelapa sawit yang diselubungi oleh serabut. Pada bahan bakar cangkang ini terdapat berbagai unsur kimia antara lain :

Carbon (C), Hidrogen (H₂), Nitrogen (N₂), Oksigen (O₂) dan Abu. Dimana unsur kimia yang terkandung pada cangkang mempunyai persentase (%) yang berbeda jumlahnya, bahan bakar cangkang ini setelah mengalami proses pembakaran akan berubah menjadi arang, kemudian arang tersebut dengan adanya udara pada dapur

akan terbang sebagai ukuran partikel kecil yang dinamakan partikel pijar. Apabila pemakaian cangkang ini terlalu banyak dari fiber akan menghambat proses pembakaran akibat penumpukan arang dan nyala api kurang sempurna, dan jika cangkang digunakan sedikit, panas yang dihasilkan akan rendah, karena cangkang apabila dibakar akan mengeluarkan panas yang besar. Cangkang dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Cangkang kelapa sawit

Fiber adalah bahan bakar padat yang berbentuk seperti rambut, apabila telah mengalami proses pengolahan berwarna coklat muda, serabut ini terdapat dibagian kedua dari buah kelapa sawit setelah kulit buah kelapa sawit, didalam serabut dan daging buah sawitlah minyak CPO terkandung. Panas yang dihasilkan fiber jumlahnya lebih kecil dari yang dihasilkan oleh cangkang, oleh karena itu perbandingan lebih besar fiber dari pada cangkang. Disamping fiber lebih cepat habis menjadi abu apabila dibakar, pemakaian fiber yang berlebihan akan berdampak buruk pada proses pembakaran karena dapat menghambat proses perambatan panas pada pipa *water wall*, akibat abu hasil pembakaran beterbangan dalam ruang dapur dan menutupi pipa *water wall*, disamping mempersulit pembuangan dari pintu *ekspansion door* (pintu keluar untuk abu dan arang) akibat terjadinya penumpukan yang berlebihan.



Gambar 6. Fiber kelapa sawit

2.3 Nilai kalor (*Heating Value*)

Nilai kalor merupakan energi kalor yang dilepaskan bahan bakar pada waktu terjadinya oksidasi unsur-unsur kimia yang ada pada bahan bakar tersebut. Bahan bakar adalah zat kimia yang apabila direaksikan dengan oksigen (O₂) akan menghasilkan sejumlah kalor. Bahan bakar dapat berwujud gas, cair, maupun padat. Selain itu, bahan bakar merupakan suatu senyawa yang tersusun atas beberapa unsur seperti karbon (C), hidrogen (H), belerang (S), dan nitrogen (N).

Kualitas bahan bakar ditentukan oleh kemampuan bahan bakar untuk menghasilkan energi. Kemampuan bahan bakar untuk menghasilkan energi ini sangat ditentukan oleh nilai bahan bakar yang didefinisikan sebagai jumlah energi yang dihasilkan pada proses pembakaran per satuan massa atau persatuan volume bahan bakar.

Nilai pembakaran ditentukan oleh komposisi kandungan unsur di dalam bahan bakar. Dikenal dua jenis pembakaran [3] yaitu:

1. Nilai Kalor Pembakaran Tinggi

Nilai kalor pembakaran tinggi atau juga dikenal dengan istilah *High Heating Value* (HHV) adalah nilai pembakaran dimana panas pengembunan air dari proses pembakaran ikut diperhitungkan sebagai panas dari proses pembakaran. Dirumuskan dengan:

$$\text{HHV} = (T_2 - T_1 - 0,05) \times C_v \dots\dots\dots (1)$$

2. Nilai Kalor Pembakaran Rendah

Nilai kalor pembakaran rendah atau juga dikenal dengan istilah *Low Heating Value* (LHV) adalah nilai pembakaran dimana panas pengembunan uap air dari hasil pembakaran tidak ikut dihitung sebagai panas dari proses pembakaran. Dirumuskan dengan:

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 3240 \text{ kJ/kg} \dots\dots\dots (2)$$

2.4 Kebutuhan Udara Pembakaran

Kebutuhan udara pembakaran didefinisikan sebagai kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk pembakaran 1 kg bahan bakar secara sempurna yang meliputi :

a. Kebutuhan udara teoritis (U_t) :

$$U_t = 11,5 C + 34,5 (H - O/8) + 4,32 S \text{ kg/kgBB} \dots\dots\dots (3)$$

b. Kebutuhan udara pembakaran sebenarnya/aktual (U_s) :

$$U_s = U_t (1 + \alpha) \text{ kg/kgBB} \dots\dots\dots (4)$$

2.5 Gas Asap

Reaksi pembakaran akan menghasilkan gas baru, udara lebih dari sejumlah energi. Senyawa-senyawa yang merupakan hasil dari reaksi pembakaran disebut gas asap.

a. Berat gas asap teoritis (G_t) $G_t = U_t + (1 - A) \text{ kg/kgBB}$

Dimana A = kandungan abu dalam bahan bakar (ash) Gas asap yang terjadi terdiri dari:

- Hasil reaksi atas pembakaran unsur-unsur bahan bakar dengan O_2 dari udara seperti CO_2 , H_2O , SO_2
- Unsur N_2 dari udara yang tidak ikut bereaksi
- Sisa kelebihan udara

Dari reaksi pembakaran sebelumnya diketahui:

1 kg C menghasilkan 3,66 kg CO_2

1 kg S menghasilkan 1,996 kg SO_2

1 kg H menghasilkan 8,9836 kg H_2O

Maka untuk menghitung berat gas asap pembakaran perlu dihitung dulu masing-masing komponen gas asap tersebut [2]

Berat CO_2 = 3,66 C kg/kg, Berat SO_2 = 2 S kg/kg, Berat H_2O = 9 H₂ kg/kg, Berat N_2 = 77% U_s kg/kg, Berat O_2 = 23% 20% U_t

Dari perhitungan di atas maka akan didapatkan jumlah gas asap: Berat gas asap (G_s) = W CO_2 + W SO_2 + W H_2O + W N_2 + W O_2

b. Berat gas asap sebenarnya (G_s) $G_s = U_s + (1 - A) \text{ kg/kgBB}$

Untuk menentukan komposisi dari gas asap didapatkan: Kadar gas = (W gas tersebut / W total gas) x 100%

2.6 Volume Gas Asap

Jumlah oksigen adalah 21% jumlah udara pembakaran. Jadi: $V(O_2) = 21\% (V_a)_{act}$; belum termasuk oksigen yang terkandung dalam bahan bakar. Oksigen yang terdapat dalam bahan bakar tergantung persentasenya. Dengan demikian maka volume gas asap basah adalah :

Parameter yang dipantau untuk perhitungan efisiensi boiler dengan metode langsung adalah :

- Jumlah steam yang dihasilkan per jam (W_s) dalam kg uap/jam
- Jumlah bahan bakar yang digunakan perjam (W_f) dalam kg/jam
- Tekanan kerja (dalam kg/cm²) dan suhu lewat panas ($^{\circ}C$), jika ada
- Suhu air umpan ($^{\circ}C$)
- Jenis bahan bakar dan nilai panas kalor bahan bakar (LHV) dalam kJ/kg bahan bakar : $V_g = 1,24 (9 H_2) \text{ m}^3/\text{kgBB}$

Dimana :

- V_g = Volume gas asap (m^3/kgBB)
- C = Nilai carbon bahan bakar
- S = Nilai Sulfur bahan bakar
- H₂ = Nilai Hidrogen bahan bakar

3. METODOLOGI

Metode pengumpulan data dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur, studi literatur dilakukan untuk memilih materi-materi pendukung yang sesuai dengan permasalahan dan analisa efisiensi ketel pipa air berbahan bakar *fibre* dan cangkang sesuai dengan ketel yang dipakai pada perusahaan yang diteliti.
2. Survey lapangan, survey lapangan pada perusahaan dilakukan untuk mengambil sampel *fibre* dan cangkang untuk proses uji laboratorium serta mengumpulkan data yang akan digunakan untuk mencari efisiensi ketel tersebut dengan acuan yang ada di buku literatur.
3. Uji laboratorium, pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui nilai dari kalor bahan bakar *fibre* dan cangkang tersebut dengan menggunakan alat bomb kalorimeter.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Nilai Kalor Bahan Bakar

Tabel 4.1 Hasil analisa nilai kalor bahan bakar Fiber

No	T1(°C)	T2(°C)	HHV(Kj/Kg)	LHV (Kj/Kg)
1	28,5	32,9	NA	NA
2	28,6	33	NA	NA
3	28,8	33,2	NA	NA
Rata-rata			NA	NA

Tabel 4.2 Hasil analisa nilai kalor bahan bakar cangkang murni

No	T1(°C)	T2(°C)	HHV(Kj/Kg)	LHV (Kj/Kg)
1	29	32,8	275736	272496
2	28,8	31	158088,64	154848,64
3	28,9	30,9	143382,72	140142,72
Rata-rata			192402,45	189162,45

Tabel 4.3 Nilai kalor rata-rata bahan bakar campuran 90% *fiber* + 10% cangkang

No	T1(°C)	T2(°C)	HHV(Kj/Kg)	LHV (Kj/Kg)
1	28,7	31,5	202206,4	198966,4
2	29,1	32	209559,36	206319,36
3	29,7	31,6	136029,76	132789,76
Rata-rata			182598,51	179358,51

Tabel 4.4 Nilai kalor rata-rata bahan bakar campuran 80% *fiber* + 20% cangkang

No	T1(°C)	T2(°C)	HHV (Kj/Kg)	LHV (Kj/Kg)
1	28,9	32	224265,28	221025,28
2	29,2	31,2	143382,72	140142,72
3	29	31,9	209559,36	206319,36
Rata-rata			192402,45	189162,45

Tabel 4.5 Low Heating Value

Fiber(Kj/Kg)	Cangkang(Kj/Kg)	Campuran A(Kj/Kg)	Campuran B(Kj/Kg)
NA (Not Available)	189162,45	179358,51	189162,45

Dapat dilihat setiap bahan bakar boiler memiliki nilai LHV yang berbeda-beda. Dimana nilai LHV pada fiber murni sebesar NA (Not Available) atau tidak tersedia karena hasilnya terlalu besar atau tidak nyata, cangkang murni sebesar 189162,453 Kj/Kg, campuran 90% fiber dan 10 % cangkang sebesar 179358,507 Kj/Kg dan pada campuran 80% fiber dan 20% cangkang sebesar 189162,453 Kj/Kg. Seharusnya nilai LHV cangkang lebih tinggi dibandingkan nilai LHV dari fiber karena unsur kimia yang terkandung pada cangkang mempunyai persentase (%) yang berbeda jumlahnya, bahan bakar cangkang ini setelah mengalami proses pembakaran akan berubah menjadi arang, kemudian arang tersebut dengan adanya udara pada dapur akan terbang sebagai ukuran partikel kecil yang dinamakan partikel pijar. Apabila pemakaian cangkang ini terlalu banyak dari fiber akan menghambat proses pembakaran akibat penumpukan arang dan nyala api kurang sempurna, dan jika cangkang digunakan sedikit, panas yang dihasilkan akan rendah, karena cangkang apabila dibakar akan mengeluarkan panas yang besar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisa yang dilakukan maka diperoleh beberapa point penting yang dapat penulis kemukakan, antara lain :

1. Nilai kalor bawah bahan bakar boiler memiliki nilai yang berbeda, seperti fiber murni memiliki nilai NA (Not Available), cangkang murni memiliki nilai 189162,45 Kj/Kg, campuran 90% fibre dan 10% cangkang memiliki nilai 179358,51 Kj/kg, dan campuran 80% fibre dan 20% cangkang memiliki nilai 189162,45 Kj/Kg.
2. Banyaknya jumlah bahan bakar yang digunakan untuk operasi boiler tergantung dengan nilai kalor terendah(LHV) dari bahan bakar boiler itu sendiri. Semakin tinggi nilai LHV suatu bahan bakar semakin sedikit pula jumlah bahan bakar yang digunakan, begitupun sebaliknya semakin rendah nilai LHV suatu bahan bakar semakin banyak pula jumlah bahan bakar yang digunakan boiler tersebut untuk beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hasibuan H.C, Napitupulu F.H.2013. "Analisa Pemakaian Bahan Bakar Dengan Melakukan pengujian Nilai Kalor Terhadap Performansi Ketel Uap Tipe Pipa Air Dengan Kapasitas Uap 60 Ton/Jam"
- [2] Napitupulu F.H.2006. "Nilai Kalor (*Heating Value*) Suatu Bahan Bakar Terhadap Perencanaan Volume Ruang Bakar Ketel Uap Berdasarkan Metode Penentuan Nilai Kalor Bahan Bakar Yang Dipergunakan"
- [3] Kunarto.2016." Analisa Efisien Boiler Pabrik Kelapa Dengan Menggunakan Bahan Bakar Fiber Dan Cangkang". Progam Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung