

# Manfaat Cangkang Sawit Sebagai Bahan Bakar Ketel Uap Pada Pabrik CPO

Lelawati<sup>1</sup>

## Abstract

Steam boilers are devices that work by heating water to boiling and producing high-pressure hot steam, heat energy or often called heat can be used for oil palm boiling processes at CPO mills. Heating Value is chemical energy released by fuel during the combustion process. Fuel value consists of two types, namely: Highest Heating Value (HHV) Low fuel value (Lowest Heating Value / LHV) Low fuel calorific value is the amount of heat obtained in perfect combustion of 1 kg of fuel without taking into account the heat condensation of water vapor on the fuel.

**Keywords:** CPO, HHV, LHV

## Pendahuluan

Provinsi Bengkulu memiliki 219.693 Ha perkebunan kelapa sawit berdasarkan data HGU yang ada (Data statistik 2015), belum termasuk data luasan dengan sistem plasma, luasan perkebunan yang masuk dalam kawasan hutan yang dimiliki oleh 24 perkebunan sawit skala besar. Luasannya beragam mulai dari ratusan hektar hingga puluhan ribu hektar. Lima Perusahaan yang memiliki jumlah luasan HGU yang terbesar dengan rincian : PT. Agromuko (28.615 Ha), PT. Daria Dharma Pratama (13.920 Ha), PT. Alno (13.283 Ha), PT. Agri Andalas (10.677 Ha), dan PT. Mas Marandika (10.000 Ha). PT. Agromuko juga memiliki dua buah pabrik CPO, Satu pabrik terletak di dusun Baru Kecamatan Air Dikit, dan di Bunga Tanjung, Kecamatan Terawang Jaya dengan kapasitas 30 dan 60 ton per jam. Dari 13 pabrik CPO yang telah berproduksi di Provinsi Bengkulu, hanya Agromuko yang memiliki kapasitas CPO yang besar dimana PT. Agromuko menguasai 13% luasan HGU dari 24 Perusahaan yang ada di provinsi Bengkulu. Persentase itu diluar plasma kemitraan yang dilakukan dengan masyarakat. Dari 24 perkebunan sawit tidak mengelola sendiri hasil sawitnya, perusahaan juga menjadi suplier dari grup-grup yang lebih besar lainnya,

dimana 18 dari 24 perusahaan adalah suplier dari perusahaan Wilmar Group.

Ketel uap adalah suatu alat yang digunakan untuk memproses air menjadi uap dengan suhu dan tekanan yang tinggi, kemudian uap dialirkan untuk dimanfaatkan. Secara garis besar cara kerja ketel uap yaitu panas yang keluar dari api diserap oleh dinding ketel (bidang pemanas) lalu ditransfer kedalam bak air hingga air berubah fase menjadi uap, dengan kata lain Ketel uap berfungsi untuk mengkonversikan energi panas menjadi energi potensial. Semakin besar bidang pemanas yang dipanaskan maka semakin besar pula panas yang dapat dipindahkan. Dalam industri pengolahan kelapa sawit CPO (*Crude Palm Oil*) uap panas yang dihasilkan ketel uap digunakan untuk penggerak turbin uap yang berfungsi sebagai sumber energi listrik, perebusan kelapa sawit, dan proses pengolahan kelapa sawit.

## Landasan Teori

Beberapa jenis ketel uap berdasarkan Sumber panas yaitu :

1. Ketel uap dengan bahan bakar alami
2. Ketel uap dengan bahan bakar buatan
3. Ketel uap dengan dapur listrik
4. Ketel uap dengan energi nuklir.
5. Ruang bakar merupakan tempat terjadinya proses pembakaran bahan bakar, luas dan bentuk ruang bakar

<sup>1</sup> Dosen Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu  
Majalah Teknik Simes Vol.14 No.1 Januari 2020

bentuk ruang bakar ini turut mempengaruhi hasil proses pembakaran.

Beberapa jenis ketel berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa

a. Ketel pipa api (*fire tube boiler*)

Pada ketel jenis ini, fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala (hasil pembakaran) yang membawa energi panas yang segera mentransfer ke air ketel melalui bidang pemanas. Tujuan pipa-pipa api ini untuk memudahkan distribusi panas ke air ketel.

b. Ketel pipa air (*water tube boiler*)

Pada ketel jenis ini, energi panas ditransfer dari luar pipa yaitu ruang dapur ke air ketel.

Prinsip pokok untuk merencanakan ketel adalah sebagai berikut:

1. Letak ketinggian permukaan tanah dimana ketel akan diadakan.
2. Bahan bakar yang digunakan dan harganya, dimana terdapat bahan bakar yang banyak tersedia dengan harga yang relatif murah.
3. Tersedianya air ketel yang cukup.
4. Tenaga dan tekanan kerja yang dikehendaki untuk memenuhi kebutuhan.
5. Ongkos dan biaya pemeliharaan relatif murah.

Penggunaan uap sebagai hasil Produksi Ketel uap, didalam pabrik pengolahan minyak kelapa sawit (CPO) sangat dibutuhkan untuk keperluan proses antara lain :

- a. Digunakan pada proses perebusan kelapa sawit pada strelizer yang menggunakan uap bersuhu tinggi.
- b. Digunakan untuk pemanasan tangki-tangki penampungan crude oil agar penyimpanan tetap dalam keadaan cair. Turbin adalah salah satu mesin

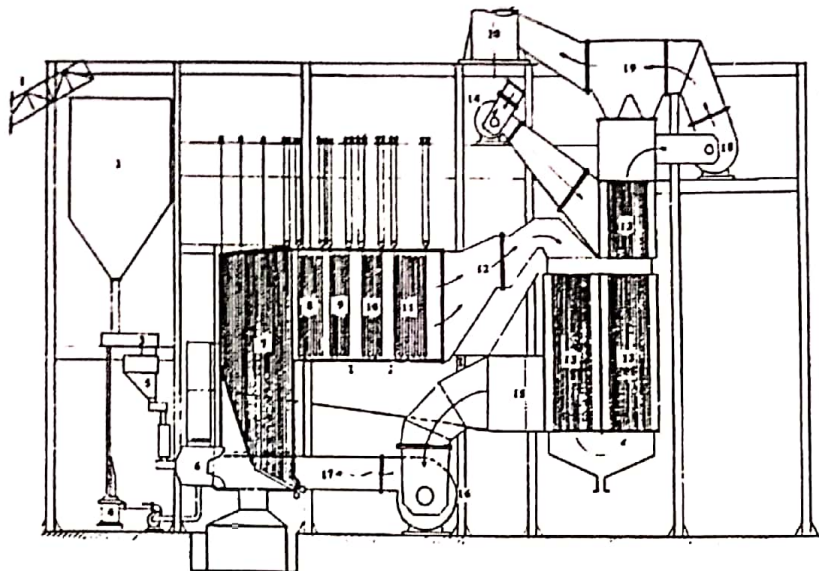
penggerak utama untuk menggerakkan peralatan yang ada dimana media penggeraknya menggunakan uap hasil ketel.

- c. Energi potensial uap yang terkandung didalam uap di ubah menjadi energi kinetik di dalam turbin uap. Selanjutnya energi kinetik tersebut diubah lagi menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin yang dapat dihubungkan ke generator pembangkit energi listrik yang digunakan sebagai sumber energi listrik pada pabrik.

Perpindahan panas kalor pada ketel dapat terjadi dengan tiga cara yaitu :

1. Perpindahan panas secara konduksi (hantaran)  
Adalah: proses perpindahan panas dari suatu bagian kebagian lain dimana antar material saling bersentuhan, proses ini terjadi pada: dinding ruang bakar, dinding pipa gas asap, dinding pipa air.
2. Perpindahan: kalor secara konveksi (aliran) Yaitu: proses perpindahan panas yang merupakan kombinasi dari proses konduksi dan gerak pencampuran. Pada ketel proses konveksi terjadi pada Gas asap dengan dinding gas asap, dinding pipa gas asap ke air.
3. Perpindahan panas secara radiasi (pancaran)  
Yaitu: proses perpindahan kalor dimana pancarkan dari benda bertemperatur tinggi ke benda bertemperatur rendah yang terpisah satu sama lain tanpa media perantara. Pada ketel proses radiasi terjadi pada ruang bakar yaitu dari badan api ke dinding ruang bakar.

## Metode Penelitian



Gambar 1 : Proses Sederhana Aliran Uap pada Ketel Uap

**Keterangan :**

1. Bahan bakar masuk
2. Bunker bahan bakar
3. Fuller kinyon transporting pump
4. Penggiling bahan bakar
5. Bin serbuk bahan bakar
6. Tungku siklon
7. Pipa-pipa penguap pancaran
8. Superheater II
9. Pemanas ulang
10. Superheater I
11. ekonomiser
12. Saluran gas asap
13. Pemanas udara pipa
14. Fan tekan
15. Saluran udara panas
16. Fan penghembus udara primer
17. Saluran udara penghembus
18. Fan isap
19. Pengumpul debu
20. Cerobong Asap

Proses kerja ketel uap dimulai dari masuknya bahan bakar ke ruang bakar ketel dan masuknya air dari bak air, kemudian air dipompa melewati pipa economizer agar air dipanaskan terlebih dahulu menggunakan udara panas dari sisa pembakaran. Air yang sudah masuk ke drum atas turun ke drum bawah untuk dididihkan, uap hasil pemanasan air masuk ke drum penampungan uap, uap akan keluar melalui pipa yang diarahkan

ke turbin uap dan steam tempat perebusan sawit.

**Analisa dan Hasil**

Komposisi unsur kimia dalam cangkang sawit

Tabel .1 analisa unsur cangkang sawit.

No	Kandungan unsur kimia cangkang sawit	Unsur kimia	Komposisi cangkang sawit (%)
1	Karbon	C	48,45
2	Hydrogen	H <sub>2</sub>	5,65
3	Oksigen	O <sub>2</sub>	33,65
4	Sulfur	S	0,27
5	Air	H <sub>2</sub> O	7,5
6	Nitrogen	N <sub>2</sub>	4,45
7	Abu	-	5,61
<b>Jumlah</b>			<b>100%</b>

(sumber : bahan bakar ketel uap oleh fajar napitupulu, USU).

Berdasarkan hasil analisa dimana nilai pengujian kalor limbah padat cangkang kelapa sawit yang dilakukan oleh muammar saputra. Dengan melakukan beberapa pengujian bahan bakar dari cangkang kelapa sawit, serabut, dan tandan. Menggunakan alat bom calorimeter dengan perbandingan ratio campuran bahan bakar yang berbeda beda.

Nilai panas adalah energi kimia yang dilepaskan oleh bahan bakar selama terjadinya proses pembakaran. Nilai bahan bakar terdiri dari dua jenis yaitu :

1. Nilai kalor bahan bakar tinggi (*Highest Heating Value/ HHV*)

Nilai kalor atas yaitu banyaknya panas yang diperoleh dari pembakaran sempurna 1 kg bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi uap air pada bahan bakar tersebut didapat dengan menggunakan rumus :

$$HHV = 8080 \cdot C + 344660 \cdot \left( H_2 \cdot \frac{O_2}{8} \right) + 2220 \cdot S$$

Penjelasan :

HHV = nilai kalor bahan bakar atas (kj/kg)

C = berat unsur karbon dalam bahan bakar (0,4845 kg)

H<sub>2</sub> = berat unsur hydrogen dalam bahan bakar (0,565 kg)

O<sub>2</sub> = berat unsur oksigen dalam bahan bakar (0,3365 kg)

S = berat unsur sulfur dalam bahan bakar (0,0027 kg)

$$HHV = 8080 \cdot C + 344660 \cdot \left( H_2 \cdot \frac{O_2}{8} \right) + 2220 \cdot S$$

$$= 8080 \cdot 0,4845 + 344660 \cdot$$

$$\left( 0,0565 \cdot \frac{0,3365}{8} \right) + 2220 \cdot$$

$$0,0027$$

$$= 4416,978 \text{ kj/kg}$$

2. Nilai kalor bahan bakar rendah (*Lowest Heating Value/ LHV*)

Nilai kalor bahan bakar rendah adalah banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna 1 kg bahan bakar tanpa memperhitungkan panas kondensasi uap air pada bahan bakar tersebut.

$$LHV = HHV - 2411(H_2O + 9 H_2)$$

Penjelasan :

LHV = nilai kalor bahan bakar bawah (kj/kg)

HHV = nilai kalor bahan bakar atas (4416,978 kj/kg)

H<sub>2</sub>O = kadar kandungan air dalam bahan bakar (0,075)

H<sub>2</sub> = berat unsur hydrogen dalam bahan bakar (0,0565 kg)

$$LHV = HHV - 2411(H_2O + 9 H_2)$$

$$= 4416,978 - 2411(0,075 + 9 \cdot$$

$$0,0565)$$

$$= 3010,16 \text{ kj/kg}$$

Perhitungan kebutuhan bahan bakar (Bb) yang diperlukan adalah:

$$W_f = \frac{W_s(k_{H_2} - k_{H_2})}{\eta_k LHV}$$

Penjelasan :

W<sub>s</sub> = kapasitas ketel

$$(43000 \text{ kg/jam} = 11,9 \text{ kg/s})$$

H<sub>u</sub> = enthalpy uap pada temperatur 250° C

dengan tekanan 28 kg/cm<sup>2</sup> (2884 kj/kg)

H<sub>a</sub> = enthalpy air pengisian ketel pada temperatur 30° C

$$= 125,8 \text{ kj/kg}$$

N<sub>k</sub> = efisien ketel (70% - 90%) direncanakan 80%

LHV = nilai kalor bawah 3010,16 kj/kg

$$W_f = \frac{W_s(k_{H_2} - k_{H_2})}{\eta_k LHV}$$

$$W_f = \frac{11,9(2884 - 125,8)}{0,80 \cdot 3010,16}$$

$$W_f = \frac{37822,58}{2408,128}$$

$$W_f = 13,62 \text{ kg/s}$$

3. Kebutuhan Udara Pembakaran

Dalam pembakaran dibutuhkan udara yang cukup agar proses pembakaran menjadi sempurna, dan tidak semua unsur dalam cangkang sawit ikut bereaksi dengan oksigen (O<sub>2</sub>) seperti nitrogen (N<sub>2</sub>).

Adapun reaksi kimia unsur bahan bakar ( C, H dan S ) dengan oksigen (O<sub>2</sub>) adalah sebagai berikut: Banyaknya Udara Untuk Membakar 1kg Bahan Bakar

$$(W_a)_{th} = \frac{2,66 C - 7,5 H - 0,0558 S - 0,2}{0,232}$$

Penjelasan :

(Wa)th = banyaknya udara yang dibutuhkan (kg udara / kg bahan bakar)

C = berat unsur karbon dalam bahan bakar (0,4845 kg)

H<sub>2</sub> = berat unsur hidrogen dalam bahan bakar (0,565 kg)

O<sub>2</sub> = berat unsur oksigen dalam bahan bakar (0,3365 kg)

S = berat unsur sulfur dalam bahan bakar (0,0027 kg)

$$(Wa)_{th} = \frac{2,66 C + 7,54 H + 0,0996 S + O_2}{0,232}$$

$$(Wa)_{th} = \frac{2,66 \cdot 0,4845 + 7,54 \cdot 0,0565 + 0,0996 \cdot 0,0027 + 0,3365}{0,232}$$

$$(Wa)_{th} = \frac{1,266 + 0,412 + 0,0002 + 0,3365}{0,232}$$

(Wa)th = 5,8 kg udara / kg bahan bakar

Banyaknya Udara Pembakaran  
Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna dibutuhkan udara lebih untuk mencari banyaknya udara pembakaran yang sebenarnya

$$Wa( act) = Wa( th) + Fa$$

(W<sub>a( act)</sub>)

Penjelasan :

Wa(act) = banyaknya udara pembakaran sebenarnya (kg udara / kg bahan bakar)

Wa(th) = banyaknya udara yang digunakan untuk pembakaran 1kg bahan bakar (5.8 kg udara / kg bahan bakar)

Fa = faktor udara lebih (25% - 50%) diambil 45%

$$Wa( act) = Wa( th) + Fa$$

(W<sub>a( act)</sub>)

$$Wa( act) = 5,8 + 0,45 \cdot 5,8$$

$$Wa( act) = 8,41 \text{ kg udara / kg bahan bakar}$$

Kebutuhan Udara Pembakaran Tiap Jam

$$Wa(ud) = Wf \cdot Wact$$

Penjelasan :

Wa(ud) = kebutuhan udara pembakaran tiap jam (kg/s)

Wf = kebutuhan bahan bakar 13,62 kg/s

Wact = udara pembakaran sebenarnya 8,41 kg udara / kg bahan bakar

$$Wa(ud) = Wf \cdot Wact$$

$$Wa(ud) = 13,62 \cdot 8,41$$

$$Wa(ud) = 114,54 \text{ kg/s}$$

Perpindahan panas yang terjadi pada air adalah perpindahan panas secara konveksi dimana aliran atau konveksi perpindahan panas ini dilakukan oleh molekul-molekul fluida (cair ataupun gas).

$$Qk = \alpha \cdot Ag (T_2 - T_1)$$

Penjelasan :

Qk = perpindahan panas secara konveksi

α = nilai peralihan panas 3,62kj/jam °C

Ag = luas permukaan pipa 2854,33 mm = 2,85 m

T<sub>1</sub> = temperatur air masuk 30°C

T<sub>2</sub> = temperatur api 250°C

maka:

$$Qk = \alpha \cdot Ag (T_2 - T_1)$$

$$Q_k = 3,62 \cdot 2,85 (250-30)$$

$$Q_k = 10,317 \cdot 220$$

$$Q_k = 2269,74 \text{ kJ/jam}$$

#### Kalor Bahan Bakar

$$Q_p = W_f \cdot LHV$$

Penjelasan :

$Q_p$  = kalor bahan bakar

(kJ/s)

$W_f$  = kebutuhan bahan bakar  
(13,62 kg/s)

LHV = nilai panas bawah  
(3010,16 kJ/kg)

$$Q_p = W_f \cdot LHV$$

$$Q_p = 13,62 \cdot 3010,16$$

$$Q_p = 40998,37 \text{ kJ/s}$$

Djokosetyardjo, M.J. 1987. *Ketel Uap*. Jakarta : PT Pradanya Paramita.

Djokosetyardjo, M.J. 1990. *Pembahasan Lebih Lanjut Tentang Ketel Uap*, Jakarta : PT. Pradanya Paramita.

Djokosetyardjo, M.J. 2003. *Ketel Uap*. Jakarta : PT. Pradya Paramita.

Sularso, K Suga, 1991. *Dasar Perencanaan Mesin*. Jakarta : PT. Pradya Paramita.

#### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa nilai pengujian kalor limbah cangkang sawit yang dilakukan, didapatkan nilai kalor yang cukup tinggi. sehingga pada hasil tersebut dengan menggunakan bahan bakar cangkang akan lebih efektif untuk proses pembakaran pada ketel uap.

#### Daftar Pustaka

Culp. Archie W. Sitompul, Darwin.  
1996. *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta : Erlangga