

## ANALISA PERFORMANCE DAN KEBUTUHAN UDARA TEORITIS PADA KETEL UAP PIPA AIR DENGAN KAPASITAS 21 TON UAP/JAM DI PT. PERKEBUNAN XYX

Mustakim<sup>1</sup>, Deny Wardana<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Politeknik Teknologi Kimia Industri (PTKI) Medan

Email: mustakim.ptki@gmail.com

### ABSTRACT

*A steam boiler or boiler is an energy conversion device that converts water into steam by heating. Heating is done through a combustion process between fuel with oxygen and air. Therefore, the ratio between fuel and air is one of the important features in analyzing the performance of steam boilers. Research This aims to determine the amount of fuel required and air consumption in a water pipe steam boiler with a capacity of 21 tons of steam/hour at PT Perkebunan xyz. Analysis of a mixture of shell and fiber fuel with a ratio of 1:3 and from the results the upper heating value (HHV) for evaporating water is 3810.0239 Kcal/Kg BW and with a mixture of shell and fiber fuel the lower heating value (LHV) for evaporating water is equal to 3465.0697 Kcal/Kg BW. In the analysis of the optimal effectiveness of the water pipe type steam boiler it is 78.7%. The amount of fuel required for the water pipe steam boiler is 5 tonnes BW/hour with the theoretical air requirement for shell fuel and fiber being 5.533 Kg air/Kg fuel.*

**Keywords:** *water pipe steam boiler, theoretical air, Performance*

### ABSTRAK

Ketel uap atau boiler adalah alat konversi energi yang mengubah air menjadi uap dengan cara pemanasan, Pemanasan dilakukan melalui proses pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen dan udara, Oleh karenanya rasio antara bahan bakar dan udara menjadi salah satu performa penting dalam analisa performa ketel uap .Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah kebutuhan bahan bakar dan konsumsi udara pada ketel uap pipa air dengan kapasitas 21 ton uap/jam di PT.Perkebunan XYZ. Analisa campuran bahan bakar cangkanga dan Fiber dengan perbandingan 1:3 dan dari hasil nilai kalor atas (HHV) untuk menguapkan air adalah sebesar 3810,0239 Kkal/Kg BBdan dengan campuran bahan bakar cangkang dan fiber nilai kalor bawah (LHV) untuk menguapkan airadalah sebesar 3465,0697 Kkal/Kg BB. Pada analisa efektifitas optimal ketel uap jenis pipa air adalah sebesar 78,7 %. Adapun jumlah kebutuhan bahan bakar pada ketel uap pipa air adalah sebesar 5 tonBB/jam dengan kebutuhan udara teoritis bahan bakar cangkang dan fiber adalah sebesar 5,533 Kg udara/Kg bahan bakar.

**Kata Kunci:** Ketel uap Pipa air, Udara teoritis, Performansi

### 1. PENDAHULUAN

Ketel uap adalah suatu bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan uap. Uap dihasilkan dengan cara air yang berada didalam bejana dipanaskan dengan bahan bakar. Ketel uap berfungsi sebagai pesawat konversi energi kimia (potensial) dari bahan bakar menjadi energi panas. (Syamsir.1988).

Pada penelitian ini ketel uap yang digunakan berbahan bakar cangkang dan fiber sebagai bahan penggerakkan alat pabrik kelapa sawit. Cangkang dan fiber kelapa sawit merupakan limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit yang dapat dimanfaatkan sebagai biomassa untuk memenuhi kebutuhan energi dalam pengolahan minyak kelapa sawit melalui pembakaran langsung cangkang dan fiber. Fiber adalah bahan bakar padat yang berbentuk seperti rambut, serabut ini terdapat dibagian kedua dari buah kelapa sawit didalam serabut dan daging buah sawitlah minyak (CPO) terkandung. Sedangkan 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. (Gideon, dkk, 2015).

Dalam dunia industri yang terkhusus industri pengolahan buah sawit pastinya menggunakan mesin-mesin yang bergerak atau beroperasi. Mesin yang bergerak atau beroperasi ini memiliki kegunaan tersendiri yang nantinya digunakan untuk mendukung peralatan lain nya. Mesin yang beroperasi ini terdapat pada stasiun penyedia uap atau yang sering disebut ketel uap. Pada dunia industri kelapa sawit tentunya pabrik menggunakan ketel uap sebagai penyedia uap yang akan digunakan untuk proses pengolahan buah sawit itu sendiri. Untuk menghasilkan uap maka air yang berada di pipa-pipa ketel uap akan dipanaskan oleh api yang bersumber dari *furnance*, api yang dinyalakan nantinya akan terus dipertahankan panas nya bahkan dinaikkan sesuai dengan kebutuhan panas yang diinginkan. Dalam menjaga agar panas/api yang berada diruang bakar tetap menyala maka digunakan 3 jenis blower yang sering dijumpai di pabrik kelapa sawit, diantaranya *forced Draft fan* (FD Fan, *primary air fan*, *Induce Draft fan* (ID Fan)). Blower ini memiliki fungsi yang berbeda untuk setiap penggunaannya dalam dunia industri. dimana kipas yang memiliki peran penting dalam proses pembakaran bahan bakar adalah *forced draft fan*. *Forced draft fan* (FD Fan) adalah kipas yang menghasilkan udara sekunder yang bekerja meningkatkan aliran udara untuk kebutuhan pembakaran *furnance*. Sebelum masuk ketel uap, udara sekunder akan ditampung sementara pada *windbox* dan disalurkan ke *furnance boiler* oleh *damper* (Priambodo, 2015).

Dasar dari terjadinya api (proses pembakaran) pada *boiler* merupakan pertemuan dari tiga (3) unsur yaitu bahan bakar panas dan udara. Hal ini disebut juga 3 elemen dasar api. Bahan bakar yang digunakan di pabrik kelapa sawit ialah cangkang dan *fiber*. mengingat limbah proses pengolahan kelapa sawit cangkang dan *fiber* masih memiliki kandungan nilai kalor sehingga dimanfaatkan sebagai bahan bakar ketel uap.

Pembakaran adalah sebuah reaksi antara oksigen udara dengan bahan bakar yang menghasilkan panas. oksigen diambil dari udara yang berkomposisi oksigen dan nitrogen dan unsur yang terkandung pada bahan bakar adalah karbon, Hidrogen dan sulfur.

Sistem pembakaran pada ketel uap, perbandingan antara udara dan bahan bakar memerankan peranan yang penting dalam jumlah kualitas pembakaran. jumlah udara yang terlalu sedikit, akan menyebabkan terlalu sedikit oksigen yang digunakan untuk mengubah bahan bakar *hidrokarbon* menjadi *karbon dioksida* dan air. Jumlah udara terlalu sedikit juga akan mengakibatkan pemborosan pada bahan bakar, karena tidak semua bahan bakar yang digunakan terbakar dan menjadi energi. Selain itu jumlah udara yang terlalu banyak juga akan menyebabkan pembakaran tidak sempurna.

Pembakaran bahan bakar misalnya cangkang dan *fiber* terjadi karena reaksi yang sangat cepat antara bahan bakar cangkang dan *fiber* dengan udara. Terjadinya pembakaran yang optimal apabila kebutuhan udara yang diperlukan untuk membakar cangkang dan fiber terpenuhi secara proporsional.

## 2. METODE PENELITIAN

PT. Perkebunan XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang perkebunan yang mengelola Tandan Buah Segar (TBS) bahan baku menjadi CPO (minyak mentah) dan kernel (inti sawit).

### 2.1 Spesifikasi peralatan

#### a. Ketel Uap pipa Air

Ketel uap yang digunakan pada PT. Perkebunan XYZ adalah ketel uap jenis pipa air dengan spesifikasi berikut :

- Nama Peralatan : Ketel Uap
- Merk : Takuma Water Boiler
- Tipe : N-600 SA
- Tekanan Kerja : 20 kg/cm<sup>2</sup>
- Massa Uap : 21 ton Uap/jam
- Temperatur inlet : 65 °C
- Temperatur saturated : 211 °C
- Temperatur Superheated : 260,6 °C
- Kebutuhan bahan bakar : 5 ton/jam

#### b. Forced Draft Fan

Blower yang digunakan untuk menghasilkan udara pada ketel uap jenis pipa air ialah Blower *Forced Draft fan* dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Model : YT-1000LDM132SO
- Signal Input : 4~20mA DC (External Fuse ≤62mA)
- Suhu sekitar : -20~60°C
- Pemasukan Tekanan : 1,4~bar

#### c. Elektromotor

Elektromotor yang digunakan sebagai penggerak pada blower *Forced draft fan* pada ketel uap pipa air di PT Perkebunan Nusantara II PKS sawit Hulu ialah sebagai berikut :

- Merk : TECO
- Speed : 1465 RPM
- Frekuensi : 50 Hz
- Daya : 15 kW
- Tegangan : 380-415 V
- Phase : 3 Phasa

### 2.2 Data Pengamatan

Adapun data pengamatan yang dapat diambil pada PT. Perkebunan XYZ adalah sebagai berikut:

Bahan bakar

Cangkang : Fiber (serabut)

1 : 3

25 % : 75%

Data operasi Ketel uap

No.	Tekanan uap (kg/cm <sup>2</sup> )	Temperatur uap (°C)	Temperatur air umpan ketel (°C)
1	21	260,6	100

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisa performa ketel uap pipa air dengan kapasitas 21 ton uap/jam di PT. Perkebunan XYZ

##### a. Perbedaan Nilai kalor yang diberikan oleh bahan bakar cangkang dan fiber (serabut) kelapa sawit.

Untuk memperoleh pembakaran yang sempurna komponen utama yang terkandung dalam bahan bakar seperti karbon, hydrogen, dan campuran lainnya mudah terbakar dengan oksigen dari udara untuk menghasilkan panas dalam proses pembakaran komponen ini terbakar menjadi karbon dioksida dan uap air, perbandingan campuran bahan bakar yang digunakan untuk cangkang dan serabut adalah 1:3 yaitu cangkang kelapa sawit 25% dan fiber (serabut) 75% maka komposisi bahan dalam 1 kg bahan bakar setelah dicampur adalah:

Rumus = Unsur = (cangkang x %unsur) + (fiber x % Unsur)

$$C : (0,25 \times 50,4) + (0,75 \times 42,6) = 12,6 + 31,95 = 44,55\%$$

$$H_2 : (0,25 \times 5,8) + (0,75 \times 5,2) = 1,45 + 3,9 = 5,35\%$$

$$S : (0,25 \times 0,2) + (0,75 \times 0,3) = 0,5 + 0,22 = 0,725\%$$

$$O : (0,25 \times 34,2) + (0,75 \times 32,1) = 8,55 + 24,075 = 32,625\%$$

$$N_2 : (0,25 \times 0,6) + (0,75 \times 1,4) = 0,15 + 1,05 = 1,20\%$$

$$\text{Ash} : (0,25 \times 2,8) + (0,75 \times 6,4) = 0,7 + 4,8 = 5,5\%$$

$$W : (0,25 \times 6) + (0,75 \times 12) = 1,5 + 9 = 10,5\%$$

##### b. Perhitungan Nilai kalor Bahan bakar cangkang kelapa sawit

Adapun perhitungan nilai kalor pada bahan bakar adalah sebagai berikut:

##### 1) Nilai Kalor Tinggi (*High Heating Value/HHV*)

Perhitungan berikut ini merupakan perhitungan Nilai kalor tinggi (*High heating value*) adalah nilai pembakaran dimana panas pengembunan air dari proses pembakaran ikut diperhitungkan sebagai panas dari proses pembakaran, Adapun perhitungan pada HHV (*High heating value*) dijelaskan pada hitungan berikut:

$$HHV = 33950 C + 144200 (H - \frac{O}{8}) + 9400 S \text{ [KJ/Kg]}$$

$$HHV = 33950 (44,55\%) + 144200 (5,35\% - \frac{32,62\%}{8}) + 9400 \times 0,0725\%$$

$$HHV = 15124,7 + 1834,94 + 681,5$$

$$HHV = 17641,14 \text{ KJ/Kg BB}$$

$$HHV = 17641,14 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kkal/Kg BB}$$

$$HHV = 4233,8736 \text{ Kkal/Kg BB}$$

##### 2) Nilai kalor Rendah (*Low heating value/HHV*)

Nilai kalor pembakaran rendah atau juga dikenal (*Low heating Value*) adalah nilai pembakaran dimana panas pengembunan uap air dari hasil pembakaran sudah berbentuk uap atau sudah berubah fasa menjadi uap, adapun perhitungan *Low heating Value* LHV dijelaskan pada perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} \text{LHV} &= \text{HHV} - 2400(W + 9H_2) [\text{KJ/Kg}] \\ \text{LHV} &= 17641,14 - 2400(10,5\% + 9(5,35\%)) [\text{KJ/Kg}] \\ \text{LHV} &= 17641,14 - 250.380 [\text{KJ/Kg}] \\ \text{LHV} &= 17390.76 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kkal/Kj BB} \\ \text{LHV} &= 4173.7824 \text{ Kkal/Kg BB} \end{aligned}$$

Adapun Untuk mengetahui kebutuhan udara teoritis pada ketel uap pipa air harus diketahui terlebih dahulu efisiensi pada ketel uap pipa air tersebut agar dapat menentukan jumlah kebutuhan udara teoritis pada ketel uap tersebut dan dicari dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 1 \text{ KKal} &= 4,18 \text{ KJ} \\ \text{Nilai kalor} &= 4233 \times 4,18 \\ &= 1746 \text{ KJ/Kg} \\ \text{BB} &= 5 \text{ ton /Jam} \\ E_{\text{BB}} &= 5000 \times 1746 \text{ KJ /Kg} \\ &= 88.205.000 \text{ KJ} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan Didapatkan hasil nilai kalori bahan bakar pada ketel uap yaitu sebesar 88.205.000 KJ

$$\begin{aligned} Q_{65-211} &= 21.000 \times 4,18 \text{ KJ/Kg} (484-338) \\ &= 12.815.880 \text{ KJ} \\ Q_{\text{Sat}_{211}} &= (21.000 \times 1895,5) \\ &= 39.805,500 \text{ KJ} \\ Q_{\text{Sup}_{211-260}} &= 21.000 \times 3,16 (533-484) \\ &= 3.251,640 \text{ KJ} \\ &= 12.815.880 \text{ KJ} + 39.805,500 \text{ KJ} + 3.251,640 \text{ KJ} \\ &= 55.873,020 \text{ KJ} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai pada superheated ketel uap sebesar 55.873,020 KJ

$$\begin{aligned} \eta_p &= \frac{55.873,020 \text{ KJ}}{88.205,000 \text{ KJ}} \times 100 \% \\ \eta_p &= 63,34 \% \end{aligned}$$

Maka nilai Efisiensi Ketel uap didapatkan sebesar 63,34%

### 3.2. Menghitung kebutuhan udara teoritis pada ketel uap pipa air

Setelah melakukan perhitungan pada kebutuhan bahan bakar pada ketel uap pipa air dengan kapasitas 21 ton uap/jam maka dihitung kebutuhan udara teoritis untuk mengetahui jumlah udara teoritis pada ketel uap pipa air tersebut:

$$\begin{aligned} U_t &= \frac{(11,43 \times C) + 34,5 \times (H_2 - \frac{O_2}{8}) + (4,32 \times S)}{100} \text{ Kg udara/Kg BB} \\ U_t &= \frac{(11,43 \times 44,55) + 34,5 \times (5,35 - \frac{32,625}{8}) + (4,32 \times 0,0725)}{100} \text{ Kg udara/KgBB} \\ U_t &= \frac{(509,206\%) + 34,5 \times (1,2718\%) + (0,3132)}{100} \text{ Kg udara / KgBB} \\ U_t &= \frac{(509,206) + (43,8771) + (0,3132)}{100} \text{ Kg Udara/KgBB} \end{aligned}$$

$$U_t = \frac{553.3963}{100}$$

$$U_t = 5,533 \text{ Kg udara/Kg bahan bakar}$$

Hasil dari kebutuhan udara secara teoritis didapatkan sebesar 5,533 kg udara/Kg BB dan di tambahkan dengan jumlah kebutuhan bahan bakar pada boiler jenis water tube maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} U_t &= 5,533 \text{ kg udara/Kg BB} \times 5 \text{ tonBB/jam} \\ &= 27.655 \text{ Kg udara/jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan secara teoritis diatas, dapat diasumsikan bahwa proses pembakaran, kebutuhan udara secara teoritis pada ketel uap pipa air adalah sebesar 27.655 Kg udara/jam sehingga udara teoritis ini nantinya dapat mengifisiensikan bahan bakar dan menghemat proses pembakaran pada ketel uap pipa air tersebut. Rasio udara bahan bakar tidak boleh terlalu tinggi, namun juga tidak boleh terlalu rendah, jumlah udara minimum untuk menghasilkan pembakaran sempurna disebut sebagai udara stikometri. Akan tetapi, pada kenyataannya untuk pembakaran dibutuhkan udara secara teoritis. Pengaturan udara juga harus dilakukan untuk memastikan bahwa bahan bakar bias terbakar seluruhnya. Terlalu sedikit udara akan menyebabkan pembakaran tidak sempurna yang dapat menghasilkan gas CO yang sangat berbahaya, sementara terlalu banyak udara akan menurunkan efisiensi thermal boiler dan banyak energi panas yang hilang (Hasan 2008)

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Efisiensi yang didapat berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan adalah sebesar 63,34%, Nilai efisiensi tersebut lebih rendah dari tingkat efisiensi minimum ketel uap yang ada pada ketel uap pipa air dengan kapasitas 21 ton uap/jam di PT. Perkebunan XYZ
- b. Dari hasil perhitungan bahan bakar, maka kebutuhan udara teoritis pada ketel uap pipa air adalah sebesar 27.655 kg udara/jam di PT. Perkebunan XYZ

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ares wan 2012. *Industri Sawit*. Jakarta: Erlangga
- [2] Asmudi 2010. *Analisis unjuk kerja Boiler terhadap penurunan Daya pada PLTU*. Jurusan teknik perkapalan, Fakultas Teknologi kelautan. Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya
- [3] A. Suardi, N Chairat, F Muhammad, T.B. Impaj, and B Tekuk. 2017. *Power plant*. Jakarta: Erlangga
- [4] Brain, Marshall. 2008. *How Steam Engine*. Jakarta: Erlangga.
- [5] Djokosetyarjo. M.J. 1987. *Ketel uap*. Pradaya paramitri: Jakarta.
- [6] Fitriyanto, Ridho. 2017. *Analisis Peluang penghematan Energi Pada Water Tube Boiler dengan Ekonomizer Menggunakan bahan bakar Solar*. Politeknik Negri Sriwijaya, Palembang.
- [7] Holman, J.P., Jasifi. E. 1997. *Perpindahan Kalor edisi ke VI*. Jakarta: Erlangga.

- [8] Juriwon. 2017. Analisis Pemanfaatan Gas Buang Untuk meningkatkan kualitas water tube Boiler menggunakan bahan bakar solar. Sriwijaya : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [9] Muin, Syamsir A .1988. *Pesawat-Pesawat Konversi Energi I* (ketel Uap). Rajawali pers : Jakarta.
- [10] Rio Bagus Priambodo, Indartono. (2015). Analisa efisiensi Forced draft fan B Unit 10. Semarang: UNDIP
- [11] Romantua, D. 2007. Kajian Eksperimental Pengaruh pengurangan Kadar air Terhadap Nilai kalor Bahan bakar Padat. Teknik Mesin: USU
- [12] Satibi, Loekman., Dkk. (2013). Mesin penggerak utama (Primer Mover). Yogyakarta: Graha Ilmu
- [13] Sukadana, Ketut G I. 2016 Diktat Thermodinamika Dasar. PS Teknik Mesin Udayana.
- [14] Zul Adli, 2018. Analisa *performance* Boiler takuma N-600 SA dengan tingkat keadaan uap 20 Kg/cm<sup>2</sup>/259°C Berbahan bakar cangkang dan serabut kelapa sawit komputasi: Jurnal mesin terapan Vol. 2 No 1