

ANALISA EFISIENSI KETEL UAP KAPASITAS 7 TON/JAM PADA PT CHAROEN POKPHAND INDONESIA KIM II MABAR

Habibul Haj Ritonga¹⁾, Muslih Nasution²⁾, Suhardi Napid³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UISU

E-mail :-

Abstrak

Ketel uap mempunyai peranan yang sangat penting dalam kelangsungan kinerja dari sebuah pabrik pakan ternak dengan kata lain bisa dikatakan sebagai jantung dari pabrik pakan ternak. Fungsi dari ketel uap adalah menghasilkan uap yang digunakan untuk kebutuhan proses produksi pakan ternak. PT Charoen Pokphand Indonesia menggunakan Ketel Uap berbahan cangkang kelapa sawit dengan jenis Ketel Uap Pipa Api dengan spesifikasi produksi uap 7 Ton/Jam, tekanan uap rata-rata 8,2 Bar dan temperatur uap rata-rata 271⁰C. Dengan menggunakan Analisa metode langsung untuk mencari nilai Efisiensi dari Ketel Uap kapasitas 7 Ton/Jam dari tanggal 03 Mei 2021 sampai 09 Mei 2021. Maka didapat nilai Efisiensi masing-masing 03 Mei 2021 : 64,51 % ; 04 Mei 2021 : 62,34 % ; 05 Mei 2021 : 64,60 % ; 06 Mei 2021 : 62,44 % ; 07 Mei 2021 : 64,31 % ; 08 Mei 2021 : 64,31% ; 09 Mei 2021 : 64,50%. Dengan hasil efisiensi tertinggi pada tanggal 07 Mei 2021 dan Efisiensi terendah pada tanggal 04 Mei 2021.

Kata Kunci : Ketel Uap, Nilai Kalor, Efisiensi Ketel Uap

I. Pendahuluan

Era globalisasi semakin membuat masyarakat dunia tertantang, karena pesatnya perkembangan dunia yang mengakibatkan antar negara bersaing. Hal ini berdampak pada pemenuhan kebutuhan akan energi atau bahan bakar juga akan semakin bertambah, yang mana dunia industri merupakan salah satu pengkonsumsi energi atau bahan bakar yang cukup besar. Faktor tersebut banyak berpengaruh terhadap kecenderungan ekonomis, sehingga harga bahan bakar semakin meningkat. Semakin meningkatnya harga bahan bakar semakin menipis pula ketersediaan bahan bakar. Hal itu membuat penurunan kualitas efisiensi peralatan industri khususnya ketel uap.

Ketel uap mempunyai peranan yang sangat penting dalam kelangsungan kinerja dari sebuah pabrik pakan ternak dengan kata lain bisa dikatakan sebagai jantung dari pabrik pakan ternak. Fungsi dari ketel uap adalah menghasilkan uap yang digunakan untuk kebutuhan proses produksi pakan ternak.

Pembuatan pellet membutuhkan uap panas steam dengan tekanan tertentu sesuai dengan keadaan produk. Pengaliran uap bertujuan untuk membantu proses perekatan sehingga feed dapat menjadi pellet, membunuh bibit penyakit yang terkandung didalam bahan baku, dan feed dengan mudah didapatkan sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Proses pelleting dilakukan dari pengeluaran bahan mentah dari tong pellet ke *conditioner* penghasil uap panas yang bertekanan 2,0 – 2,5 bar bersuhu ±80°C. Proses pelleting, makanan akan tercampur dengan steam yang bertekanan dan didorong oleh pedal menuju ke die pellet. Penambahan uap dengan jumlah dan kualitas yang tepat akan menghasilkan pellet berkualitas. Sedangkan jika pengaturan dan penambahannya

tidak tepat, maka kualitas fisik pellet akan rendah dan kemungkinan bisa merusak kandungan nutrisi seperti vitamin dan protein.

Kualitas fisik pakan (pellet) untuk hewan akuakultur sangat penting, karena akan dimasukkan ke dalam air dan diharapkan tidak banyak mencemari lingkungan. Salah satu faktor yang berpengaruh dalam menjaga kualitas fisik pakan adalah penambahan dan pengaturan steam pada saat proses pembuatan pellet. Steam adalah aliran gas yang dihasilkan oleh air pada saat mendidih. *Steam* dibagi menjadi 3 jenis yaitu steam basah, *saturated steam*, dan *superheated steam*. Steam yang digunakan dalam proses pembuatan pelet adalah *saturated steam*. Pengaruh penambahan steam pada kualitas pelet bisa mencapai 20%. Penambahan *steam* dengan jumlah dan kualitas yang tepat akan menghasilkan pellet berkualitas. Sedangkan jika pengaturan dan penambahannya tidak tepat, maka kualitas fisik pellet akan rendah dan kemungkinan bisa merusak kandungan nutrisi seperti vitamin dan protein.

2. Tinjauan Pustaka

Ketel uap merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk uap panas atau *steam* berupa energi kerja. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. (Djokosetyardjo, 2006). Uap panas atau *steam* pada tekanan dan suhu tertentu mempunyai nilai energi yang kemudian digunakan untuk mengalirkan panas dalam bentuk energi kalor ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi *steam*, maka volumenya akan meningkat sekitar 1600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga sistem ketel uap merupakan

peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik.

Energi kalor yang dibangkitkan dalam sistem ketel uap memiliki nilai tekanan, temperatur, dan laju aliran yang menentukan pemanfaatan *steam* yang akan digunakan. Berdasarkan ketiga hal tersebut sistem ketel uap mengenal keadaan tekanan temperatur rendah (*low pressure/LP*), dan tekanan temperatur tinggi (*high pressure/HP*), dengan perbedaan itu pemanfaatan *steam* yang keluar dari sistem ketel uap dimanfaatkan dalam suatu proses untuk memanaskan cairan dan menjalankan suatu mesin (*commercial and industrial boilers*).

Sistem ketel uap terdiri dari sistem air umpan, sistem *steam*, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan dari sistem air umpan, penanganan air umpan diperlukan sebagai bentuk pemeliharaan untuk mencegah terjadi kerusakan dari sistem *steam*. Sistem *steam* mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam ketel uap. *Steam* dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan *steam* diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem.

Ketel uap pada dasarnya terdiri dari bumbung (*drum*) yang tertutup pada ujung pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air. Banyak orang mengklasifikasikan ketel uap tergantung kepada sudut pandang masing-masing.

Ketel uap diklasifikasikan menjadi 2 golongan berdasarkan tipe pipa yaitu :

1. Ketel Uap Pipa Api
2. Ketel Uap Pipa Air

3. Metodologi Penelitian

Dalam penulisan skripsi ini penulis melakukan penelitian di PT Charoen Pokphand Indonesia KIM II Mabar, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Perusahaan ini bergerak di bidang *Feed Mill* (Pakan Ternak) yang produknya di Export ke berbagai kota mulai tanggal 03 – 09 Mei 2021

4. Hasil Penelitian

4.1 Data Bahan Bakar Ketel Uap

Ketel Uap kapasitas 7 ton/jam PT Charoen Pokphand Indonesia menggunakan bahan bakar dasar cangkang kelapa sawit. Berikut unsur-unsur kimia yang terdapat pada cangkang kelapa sawit

Tabel 1. Komposisi dari Unsur - Unsur Kimia Bahan Bakar

Nama Unsur	Cangkang Kelapa Sawit
Carbon (C)	52,12 %
Hidrogen (H)	6,01 %
Oksigen (O ₂)	25,45 %
Nitrogen (N ₂)	11 %
Abu	2,44 %
Kadar air (M)	2,98 %
Total	100 %

Nilai Kalor Bahan Bakar

High Heating Value (HHV)

$$HHV = (33950 \times C) + \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 9400 \times S$$

$$HHV = (33950 \times 0,5212) + \left(0,061 - \frac{0,2545}{8} \right) + 9400 \times 0$$

$$HHV = 21773,797 \text{ kJ/kg}$$

Low Heating Value (LHV)

$$LHV = HHV - 2400 (M + 9H_2)$$

$$LHV = 21773,797 - 2400 (0,0298 + (9 \times 0,0601))$$

$$LHV = 20404,117 \text{ kJ/kg}$$

4.2 Analisa Data

4.2.1 Efisiensi Ketel Uap Kapasitas 7 ton/jam

Dalam pengambilan data logsheet harian lapangan maka diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 2. Data Logsheets Harian Ketel Uap Kapasitas 7 ton/jam

Tanggal	Laju Massa Uap (m _u)	Tekanan Uap (MPa)	Temperatur Uap	Ta (°C)	Laju Massa Bahan Bakar (t/h)
03 Mei 2021	6,1	0,81	272	85	1,1
04 Mei 2021	6,0	0,82	271	84	1,1
05 Mei 2021	6,1	0,81	270	83	1,1
06 Mei 2021	6,0	0,82	271	83	1,1
07 Mei 2021	6,1	0,82	271	83	1,1
08 Mei 2021	6,2	0,83	273	85	1,1
09 Mei 2021	6,1	0,82	272	84	1,1

4.2.2 Perhitungan Analisa Efisiensi Ketel Uap Data Tanggal 03 Mei 2021

$$\dot{m}_u = 6,1 \text{ t/h} = 6100 \text{ kg/jam}$$

$$P_u = 0,81 \text{ MPa} = 8,1 \text{ Bar}$$

$$T_u = 272^\circ\text{C}$$

$$T_a = 85^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_{bb} = 1,1 \text{ t/h} = 1100 \text{ kg/jam}$$

Mencari Nilai Entalpi Air Umpan (h_u)

Dari tabel uap dengan temperatur 85°C diperoleh:

$$h_a = 356,02 \text{ kJ/kg}$$

Mencari Nilai Entalpi Uap (h_u)

Dari tabel uap dengan $T_u = 272^\circ\text{C}$ dan $P_u = 8,1$ Bar maka diperoleh :

$$\begin{aligned} T_{250} &= 250^\circ\text{C} & h_{250} &= 2839,8 \text{ Kj/kg} \\ T_u &= 272^\circ\text{C} & h_u &= \dots \\ T_{300} &= 300^\circ\text{C} & h_{300} &= 2950,8 \text{ Kj/kg} \end{aligned}$$

Maka, digunakanlah interpolasi untuk mencari nilai :

$$\begin{aligned} h_{272} : \frac{T_u - T_{250}}{T_{300} - T_{250}} &= \frac{h_u - h_{250}}{h_{300} - h_{250}} \\ \frac{272 - 250}{300 - 250} &= \frac{h_u - 2839,8}{2950,4 - 2839,8} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_u &= (0,44 \times 110,6) + 2839,8 \text{ kj/kg} \\ &= 2888,464 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Maka, efisiensi ketel uap kapasitas 7 ton/jam adalah :

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{m_u \cdot (h_u - h_a)}{m_{bb} \cdot HHV} \times 100\% \\ &= \frac{6100 \cdot (2888,464 - 356,02)}{1100 \cdot 21773,797} \times 100\% \\ &= 64,51 \% \end{aligned}$$

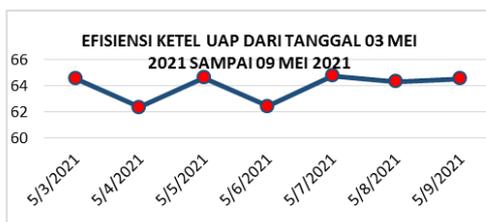
Demikian hasil perhitungan yang di dapat Efisiensi Ketel Uap Kapasitas 7 ton/jam uap dari tanggal 03 Mei 2021 sampai 09 Mei 2021.

Tabel 3. Hasil Efisiensi Ketel Uap Kapasitas 7 ton/jam

Tanggal	Efisiensi Ketel Uap
03 Mei 2021	64,51 %
04 Mei 2021	62,34 %
05 Mei 2021	64,60 %
06 Mei 2021	62,44 %
07 Mei 2021	64,71 %
08 Mei 2021	64,31 %
09 Mei 2021	64,50 %

Dari hasil analisa efisiensi ketel uap 7 ton/jam selama 7 hari berturut – turut dari tanggal 03 Mei 2021 sampai dengan 09 Mei 2021 rata – rata efisiensi sebesar **63,92 %**

Bila di gambarkan melalui grafik Efisiensi Ketel Uap 7 ton/jam dari tanggal 03 Mei 2021 sampai 09 Mei 2021 :



Gambar 1. Grafik Efisiensi Ketel Uap Kapasitas 7 ton/jam

Dari hasil analisa efisiensi ketel uap 7 ton/jam PT Charoen Pokphand Indonesia KIM II Mabar selama 7 hari berturut– turut dari tanggal 03 Mei 2021 sampai dengan 09 Mei 2021 maka dapat

disimpulkan hasil efisiensi ketel uap mengalami fluktuasi / tidak stabil.

Idealnya, selama terjadi perubahan bentuk dari satu jenis energi ke energi lain, jumlah energi semula dengan jumlah energi akhir akan sama besar. Akan tetapi tidak disengaja maupun yang disengaja. Kehilangan – kehilangan ini lajim disebut *Losses*.

Losses tersebut yang menyebabkan efisiensi dari ketel uap mengalami fluktuasi / tidak stabil. Ada beberapa faktor yang menyebabkan losses diantaranya :

1. Panas yang di serap ketel.
2. Rugi – rugi yang di dihasilkan pada saat proses pembakaran seperti kandungan air dalam bahan bakar, kandungan hydrogen, dan masih ada beberapa unsur yang tidak hasil terbakar.
3. Panas yang terbuang oleh flue gas.
4. Pembakaran yang tidak sempurna.

5. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan Analisa Efisiensi Ketel Uap Kapasitas 7 ton/jam, maka dapat disimpulkan :

1. Besar persentase Efisiensi yang diperoleh pada rentang waktu tanggal 03 Mei 2021 sampai 09 Mei 2021 adalah fluktuasi dengan data sebagai berikut :
 - a. 03 Mei 2021 = 64,51 %
 - b. 04 Mei 2021 = 62,34 %
 - c. 05 Mei 2021 = 64,60 %
 - d. 06 Mei 2021 = 62,44 %
 - e. 07 Mei 2021 = 64,71 %
 - f. 08 Mei 2021 = 64,31 %
 - g. 09 Mei 2021 = 64,50 %

Efisiensi tertinggi pada Ketel Uap Kapasitas 7 ton/jam yaitu pada tanggal 07 Mei 2021. Sedangkan efisiensi yang terendah pada tanggal 04 Mei 2021.

2. Ketel Uap adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap menjadi dengan memanaskan air yang berada di dalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara berkelanjutan didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar.
3. Uap yang dihasilkan ketel uap 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. Uap panas kemudian di alirkan ke header – header dan di transfer ke header pellet.
4. Proses pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara bahan bakar dengan oksigen (O_2) dari udara, disertai cahaya dan menghasilkan kalor. Hasil pembakaran yang utama adalah karbondioksida (CO_2), uap air (H_2O) dan

disertai energi panas. Hasil pembakaran yang lain adalah karbonmonoksida (CO), abu (*ash*), NO_x atau SO_x tergantung pada jenis bahan bakarnya. Dalam pembakaran proses yang terjadi adalah oksidasi dengan reaksi sebagai berikut :

- a. Karbon + Oksigen
= Karbondioksida + Panas
 - b. Hidrogen + Oksigen = Uap Air + Panas
 - c. Sulfur + Oksigen = Sulfur Dioksida + Panas
5. Faktor – faktor yang mempengaruhi besaran efisiensi yaitu :
- a. Nilai kalor bahan bakar yang dipakai, untuk bahan bakar yang dipakai Ketel Uap Kapasitas 7 ton/jam di PT Charoen Pokphand Indonesia menggunakan cangkang kelapa sawit dengan rata – rata nilai kalornya 21773,797 kJ/kg.
 - b. Panas yang diserap oleh Ketel Uap
 - c. Rugi – rugi yang dihasilkan pada saat proses pembakaran, seperti kandungan air dalam bahan bakar, kandungan hydrogen, dan masih ada beberapa unsur bahan bakar yang belum habis terbakar.

Daftar Pustaka

- [1] Holman, J.P. 1997. *Perpindahan Kalor*. Jakarta: Erlangga
A. Muin, Syamsir. 1998. *Pesawat – Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)*. Jakarta: CV. Rajawali
- [2] Djokosetyardjo, M. J. 1987. *Ketel Uap*. Jakarta: Pradnya Paramita
- [3] Reynolds, W. C. And Henry C. Perkin. 1977. *Engineering Thermodynamics Translated*. Jakarta: Erlangga
- [4] Murzaki, Imam. 2019. *Analisa Efisiensi Ketel Uap Pada PT Japfa Comfeed Indonesia Unit Banjarmasin*
- [5] Herdianti, Heni. 2017. *Analisis Efisiensi Termal Pada Ketel Uap di Pabrik Gula Kebonagung Malam*. Jurnal Gamma, Vol 8, Nomor 1
- [6] Ramadhan, Panji. 2019. *Analisa Efisiensi Boiler Dengan Metode Heat Loss Sebelum dan Sesudah Overhaul PT Indonesia Power UJB PLTU Lontar Unit 3*. Jurnal Power Plant, Vol 4, No 4
- [7] Susandi, Dony. 2019. *Analisis Efisiensi Boiler Kapasitas 55 ton/jam di PT Rajawali II Unit Jatitujuh*, Jurnal UNMA