

ANALISIS EFISIENSI KETEL UAP PIPA AIR PADA PLTU BIOMASSA PT GROWTH ASIA

Henny Ernita¹, ilham Saufi², Arridina Susan Silitonga³

Teknik Konversi Energi^{1,2,3}, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

hennyernita@students.polmed.ac.id¹, ilhamsaufi@students.polmed.ac.id², arridina@polmed.ac.id³

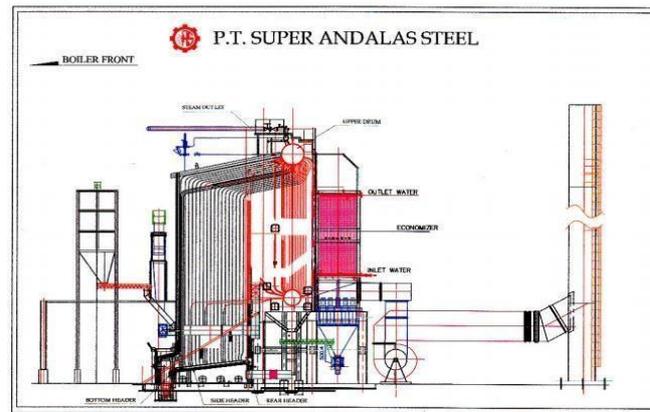
ABSTRAK

Ketel uap berasal dari kata “*boil*” yang memiliki arti mendidih atau menguap sehingga pengertian ketel uap adalah salah satu mesin konversi energi dengan bejana tertutup dan bertekanan yang berfungsi untuk memanaskan air dengan menggunakan panas hasil pembakaran bahan bakar. Panas hasil pembakaran dialirkan ke air sehingga menghasilkan steam dan memiliki tekanan tinggi yang dimanfaatkan untuk memutar turbin. Energi kimia yang tersimpan dalam bahan bakar akan dikonversikan menjadi energi panas yang ditransfer ke fluida kerja. Salah satu ketel uap yang digunakan di PLTU *Biomassa* PT Growth Asia adalah ketel uap pipa air dengan bahan bakar efb *press* 10,6%, *fiber* 28,21% kayu giling 57,05%, tongkol jagung 3,12% dan sekam padi 1,02%. Ketel uap tersebut bekerja pada tekanan 35 bar dengan produksi uap 66,245 Ton uap/jam dan suhu 373°C. Jumlah panas yang dibutuhkan untuk memproduksi uap adalah 284379849,3645 Kj/jam. Performansi ketel uap memiliki efisiensi thermal 63,26%.

Kata Kunci : Ketel Uap, Bahan Bakar, Efisiensi

PENDAHULUAN

Energi merupakan bagian penting dalam kehidupan manusia, karena hampir semua aktivitas manusia membutuhkan energi. Salah satu energi yang paling banyak digunakan dalam dunia industri adalah energi listrik. Pasokan listrik dari PLN masih dibutuhkan oleh perusahaan industri di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan energi listriknya. Padahal, energi listrik yang tersedia dari PLN tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dunia industri. PT. Growth Asia merupakan salah satu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang berada di Kawasan Industri Medan dengan potensi bahan bakar yang berpengaruh dalam proses pembakaran dibutuhkan bahan bakar yang ekonomis dan efisien serta memiliki nilai yang tidak terbatas. Oleh karena itu, perlu adanya inovasi penggunaan bahan bakar yang selalu hadir atau dapat dikembangkan. *Biomassa* adalah sumber bahan bakar terbarukan. *Biomassa* adalah energi yang dibuat untuk bahan bakar yang diperoleh dari sumber alami terbarukan, seperti hewan dan tumbuhan (M.Safri *dkk*, 2019) Untuk itu, PT. Growth Asia memanfaatkan biomassa sebagai bahan bakar utamanya. Bahan bakar yang digunakan antara lain. EFB *Press* (Tandan Buah Kosong), *fiber*, kayu giling, tongkol jagung dan sekam padi Penggunaan bahan bakar ini lebih efektif dan efisien serta lebih irit dan merupakan bahan bakar yang tidak pernah habis dan selalu ada (PT. Growth Asia, 2019). Boiler merupakan komponen utama yang dibutuhkan dalam proses pemanasan air. *Boiler* berfungsi sebagai tempat terjadinya pemanasan air sebagai bahan baku utama untuk pembentukan uap. Pada proses konversi energi ketel uap berfungsi mengkonversikan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar dan diubah menjadi energi panas yang ter transfer ke fluida kerja (Kunarto, 2019). Pada penelitian terdahulu yang penulis ambil dari jurnal Yolanda pravitasar, *dkk* dengan judul analisis efisiensi boiler menggunakan metode langsung. Bahan bakar yang digunakan penulis adalah kayu dan batubara dari hasil analisis yang dilakukan diperoleh efisiensi *boiler* hasil perhitungan yakni sebesar 46 %. Penurunan nilai efisiensi boiler dikarenakan kandungan karbon, hidrogen, belerang dalam bahan bakar yang tidak terbakar sempurna. Faktor lingkungan juga mengakibatkan penurunan efisiensi boiler yang dikarenakan abu terbang dan abu dalam tidak terbakar sempurna. Oleh karena itu dengan bahan bakar terbarukan pada PLTU biomassa PT. Growth Asia sehingga dilakukannya evaluasi terhadap bahan bakar yang digunakan untuk mengetahui efisiensi atau unjuk kerja dari *boiler* tersebut.



Gambar .1 Ketel uap pipa air PT. Growth Asia
Sumber: PT. Growth Asia, 2019

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Ketel Uap

Ketel uap sendiri atau *Boiler* berasal dari kata “*boil*” yang memiliki arti mendidih dan menguap, dari mula kata inilah ketel uap atau *boiler* dapat dikatakan sebagai suatu alat untuk mengkonversikan energi, karena dapat mengubah energi panas hasil pembakaran bahan bakar menjadi energi potensial uap. (Muin,S.A.,2016) menyatakan bahwa *boiler* atau ketel uap merupakan salah satu mesin konversi energi dengan wadah tertutup yang berfungsi untuk menghasilkan uap, yang energi kinetik nya dimanfaatkan untuk memutar turbin (Djokosetyardjo, 2016). Hal tersebut dikarenakan adanya perpindahan panas dari bahan bakar dan air yang terjadi di dalam bejana yang tertutup rapat .

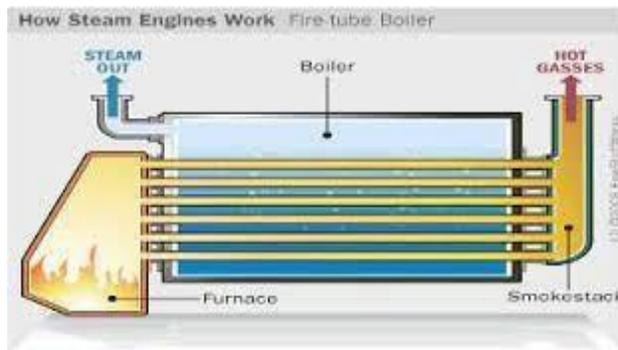
Prinsip kerja Ketel uap

Prinsip kerja ketel uap (*boiler*) sebenarnya cukup sederhana sama seperti pada saat kita sedang mendidihkan air menggunakan panci. Proses pendidihan air tersebut akan selalu diiringi proses pemindahan panas yang melibatkan bahan bakar, udara, material wadah air, serta air itu sendiri (Djokosetyardjo, 2016). Sistem pada *boiler* terbagi menjadi beberapa bagian yaitu sistem air umpan, sistem *steam*, dan sistem bahan bakar (Muin.S.A., 2016). Sistem umpan air menyediakan air kepada *boiler* dan mengaturnya secara otomatis untuk memenuhi kebutuhan uap air (Muin.S.A., 2016), sistem uap air yaitu mengumpulkan dan mengendalikan produksi uap air di dalam *boiler* (Muin.S.A., 2016). Pada keseluruhan sistem, tekanan uap air diatur menggunakan katup dan diukur dengan alat pengukur tekanan uap air (Muin.S.A., 2016). Sedangkan sistem bahan bakar meliputi semua peralatan yang digunakan untuk menyuplai bahan bakar guna menghasilkan panas yang diperlukan (Syamsir, 2010).

Klasifikasi Ketel uap

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

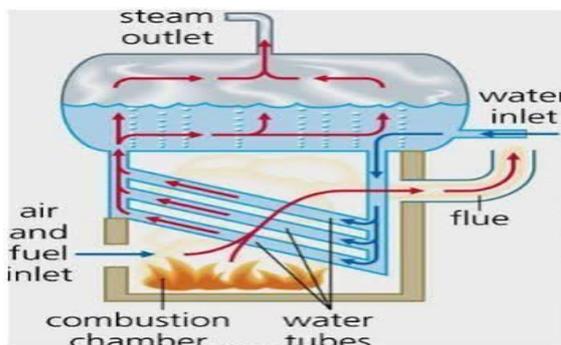
Pada ketel uap pipa api terjadi proses dimana gas panas hasil pembakaran dilewatkan pada *tube*, sementara itu air berada dalam sisi shell, sehingga terjadi perpindahan panas yang mengakibatkan air berubah menjadi uap (Angky Puspawan *dkk* , 2016). Ketel uap pipa api dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Ketel pipa api (*fire tube boiler*)
 Sumber: Anky Puspawan dkk, 2016

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

Ketel uap pipa air pada prosesnya berbanding terbalik dengan *fire tube boiler*, dimana air yang dialirkan di dalam tube, sedangkan proses pembakaran berada di luar tube (*shell*) (Muin,S.A.,2016). Gambar ketel uap pipa air dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Ketel pipa air (*water tube boiler*)
 Sumber: Anky Puspawan dkk, 2016

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini adalah metode langsung.

Nilai Kalor (*Heating Value*)

Nilai pada pembakaran sangat ditentukan oleh komposisi kandungan yang terdapat dalam bahan bakar. Dikenal dua jenis pembakaran yaitu (Culp, A. W, 2016):

1. Nilai Kalor Pembakaran Tinggi (HHV)

Nilai kalor pembakaran tertinggi atau *high heating value* adalah nilai pembakaran dimana panas pengembunan air dari proses pembakaran ikut diperhitungkan sebagai panas dari proses pembakaran (Muin,S.A.,2016).

$$HHV = 33950C + 14420 (H - O,) + 9400 S \text{ [Kj/Kg]} \dots\dots\dots(1)$$

2. Nilai kalor pembakaran rendah (LHV)

Nilai kalor pembakaran rendah atau *low heating value* juga dikenal dengan adalah nilai pembakaran dimana panas pengembunan uap air dari hasil pembakaran tidak ikut dihitung sebagai panas dari proses pembakaran (Muin,S.A.,2016).

$$LHV = HHV - 2400 (H_2O + 9H_2) + 9400S \text{ [kJ/kg]} \dots\dots\dots(2)$$

Kebutuhan Udara Pembakaran

Kebutuhan udara pembakaran didefinisikan sebagai kebutuhan oksigen yang di perlukan untuk pembakaran 1 kg bahan bakar secara sempurna. Oleh karena itu kebutuhan bahan bakar dapat dihitung pada persamaan berikut (Djokosetyardjo, 2016).

1. Kebutuhan udara teoritis (μ_{te}) dapat dinyatakan pada persamaan 3 sebagai berikut:

$$\dot{m}_{\text{u.teo}} = \frac{100}{23,1} \times (2,67C + (8H - O) + S) \text{ Kg/kgBB} \dots\dots\dots (3)$$

2. Kebutuhan udara pembakaran sebenarnya/ aktual ($\dot{m}_{\text{u.act}}$) dapat dinyatakan persamaan 4 dibawah ini:

$$\dot{m}_{\text{u.act}} = \dot{m}_{\text{u.teo}} (1 + EA) \text{ Kg/kgBB} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana, EA = koefisien/ angka kelebihan udara (*excess air*)

Gas Asap

Gas asap adalah senyawa-senyawa yang merupakan hasil dari reaksi pembakaran (Djokosetyardjo, 2016).

1. Berat gas asap teoritis ($\dot{m}_{\text{g.teo}}$) dapat dinyatakan pada persamaan 5 sebagai berikut:

$$\dot{m}_{\text{g.teo}} = \dot{m}_{\text{u.teo}} + (1-A) \text{ Kg/kgBB} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana, A = Kandungan abu dalam bahan bakar (ash)

2. Berat gas asap sebenarnya/aktual ($\dot{m}_{\text{g.act}}$) Dalam menghitung berat gas asap pembakaran perlu dihitung dulu masing-masing komponen gas asap tersebut (Muin, 2016).

$$\text{Berat CO}_2 = 3,67 \text{ CO}_2 \text{ Kg/kgBB} \quad \text{Berat H}_2\text{O} = 9 \text{ H} \text{ Kg/kgBB} \quad \text{Berat SO}_2 = 2\text{SO}_2 \text{ Kg/kgBB}$$

$$\text{Berat N}_2 = (77 \% \times \dot{m}_{\text{u.act}}) + \text{N}_2 \text{ Kg/kgBB} \quad \text{Berat O}_2 = (23 \% \times EA) \dot{m}_{\text{u.teo}} \text{ Kg/kgBB}$$

Dari perhitungan diatas maka akan didapatkan jumlah gas asap dengan persamaan 6 berikut ini:

$$\dot{m}_{\text{g.act}} = \dot{m}_{\text{CO}_2} + \dot{m}_{\text{SO}_2} + \dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} + \dot{m}_{\text{N}_2} + \dot{m}_{\text{O}_2} \dots\dots\dots (6)$$

Berat gas asap sebenarnya/ aktual ($\dot{m}_{\text{g.act}}$) (Djokosetyardjo,2016) dapat dinyatakan pada persamaan 7 sebagai berikut:

$$\dot{m}_{\text{g.act}} = \dot{m}_{\text{u.act}} (1 - A) \text{ Kg/kgBB} \dots\dots\dots (7)$$

Neraca Panas

Neraca panas atau neraca energi adalah perimbangan antara “energi masuk (*input*) dan “kehilangan energi “ (*Losses*)” (Syamsir, 2016).

Energi masuk atau suplai energi (Q_{in}) adalah jumlah energi hasil pembakaran bahan bakar dapat dinyatakan pada persamaan 8 berikut ini:

$$Q_{in} = W_f \times (\text{LHV}) \text{ Kj/jam} \dots\dots\dots (8)$$

Energi penguapan (Q_{out}) adalah energi yang diserap oleh air umpan sampai terbentuk uap di dalam ketel (Doli Permana, 2016) dapat dinyatakan pada persamaan 9 sebagai berikut:

$$Q_{out} = WS (h_u - h_a) \text{ Kj/jam} \dots\dots\dots (9)$$

$$W = \frac{Q_{out}}{h_u - h_a} = W_s \text{ kg uap/kgBB (disebut sebagai kelipatan penguapan)}$$

$$W_f$$

$$W_e = \frac{Q_{out}}{h_u - h_a} = W_s \text{ kg uap/kgBB (disebut sebagai kelipatan penguapan)}$$

$$W_f$$

“Kehilangan energi panas” (Q_{lost}) adalah semua kehilangan energi panas yang disebabkan oleh kondisi pembakaran dan peralatan ketel (Djokosetyardjo, 2016).

Jadi, secara sederhana persamaannya dapat dinyatakan pada persamaan 10 sebagai berikut:

$$Q_{lost} = [W_f \times (\text{LHV})] - [WS (h_u - h_a)] \text{ Kj/jam} \dots\dots\dots (10)$$

Perhitungan Efisiensi Ketel Uap dengan Metode Langsung

Metode yang digunakan agar dapat menyelesaikan permasalahan pada laporan tugas akhir ini adalah metode langsung. Secara umum laporan tugas akhir ini akan membahas analisa nilai kalor bahan bakar dalam perhitungan efisiensi ketel uap (Muin,S.A.,2016). Adapun persamaan 2.11 yang digunakan dalam menghitung efisiensi boiler dengan metode langsung (*direct*) Sebagai berikut:

Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2022

$$\text{Efisiensi Boiler} = \frac{\text{panas pembentukan uap}}{\text{panas}} \times 100 \%$$

(11)

Panas uap
atau

$$\text{Efisiensi Boiler} = \frac{W_s(h_u - h_a)}{W_f \times LHV} \times 100 \%$$

(12)

$W_f \times LHV$

Keterangan :

W_s = Kapasitas produksi laju uap (Kg/jam) W_f = Laju konsumsi bahan bakar (Kg/jam)

h_a = Entalpi air umpan (Kj/kg)

h_u = Entalpi uap jenuh (Kj/kg)

LHV = *Low Heating Value* (Nilai Kalor Bahan bakar) (Kkal/kg).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemakaian Bahan Bakar

Bahan bakar dapat diklasifikasikan menjadi bahan bakar padat, bahan bakar cair, bahan bakar gas dan bahan bakar nuklir. Bahan bakar yang digunakan pada PLTU *Biomassa* PT. Growth Asia adalah bahan bakar padat yaitu Efb *press, fiber*, kayu giling, seklam padi dan tongkol jagung.

Total pemakaian bahan bakar 24 jam pada boiler PLTU Biomassa PT. Growth Asia:

1. Bahan bakar Efb press = 46800 Kg
2. Bahan bakar Fiber = 124600 Kg
3. Bahan bakar kayu giling = 252000 Kg
4. Bahan bakar tongkol jagung = 13800 Kg
5. Bahan bakar sekam padi = 4500 Kg

Komposisi Bahan Bakar

Komposisi bahan bakar PLTU Biomassa PT. Growth Asia

C = 46,883%

H = 6,234%

N = 0,655%

S = 0,2075%

O₂ = 40,272%

Ash = 5,707%

Nilai Kalor Bahan Bakar

1. Nilai Kalor Pembakaran Tinggi (*High Heating Value*)

Nilai Kalor Pembakaran Tinggi dapat ditentukan berdasarkan persamaan (1)

$$HHV = 33950C + 14420(\underline{H} - 0) + 9400S \text{ [kJ/kg]}$$

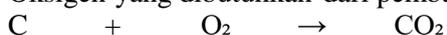
$$HHV = 18037,7085 \text{ Kj/kg}$$

2. Nilai Kalor Pembakaran Rendah (*Low Heating Value*) LHV = HHV - 2400 (M + 9H₂) + 9400S [kJ/kg]

$$LHV = 15726,3645 \text{ Kj/kg}$$

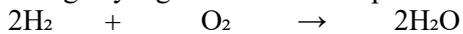
Kebutuhan Udara Pembakaran

Jumlah udara teoritis dinyatakan dalam satuan kg, yang dibutuhkan untuk membakar sempurna 1 kg bahan bakar dengan perbandingan 10,6% efb *press*, 28,21% *fiber*, 57,05% kayu giling, 3,12% tongkol jagung dan 1,02% sekam padi. Dengan demikian oksigen yang dibutuhkan adalah: Oksigen yang dibutuhkan dari pembakaran CO₂



$$0,46883 \text{ Kg} + 1,2517761 \text{ Kg} \rightarrow 1,7206061 \text{ Kg}$$

Oksigen yang dibutuhkan dari pembakaran $2\text{H}_2\text{O}$



$$0,06234 \text{ Kg} + 0,49872 \text{ Kg} \rightarrow 0,56106 \text{ Kg}$$

Oksigen yang dibutuhkan dari pembakaran SO_2



$$32 \text{ Kg S} + 32 \text{ Kg O}_2 \rightarrow 64 \text{ Kg SO}_2$$

$$1 \text{ Kg S} + 1 \text{ Kg O}_2 \rightarrow 2 \text{ Kg SO}_2$$

$$0,002075 \text{ Kg} + 0,002075 \text{ Kg} \rightarrow 0,00415 \text{ Kg}$$

Jumlah oksigen yang dibutuhkan:

$$\text{O}_2 = 1,2517761 \text{ Kg} + 0,49872 \text{ Kg} + 0,002075 \text{ Kg} = 1,7525711 \text{ Kg}$$

Kandungan oksigen pada komposisi bahan bakar sebesar $0,40272 \text{ Kg O}_2$ di dalam 1 kg bahan bakar.

Dengan demikian oksigen yang dibutuhkan hanya:

$$1,7525711 - 0,40272 = 1,0498511$$

Udara 1 Kg mengandung $0,231 \text{ Kg O}_2$, sehingga udara teoritis yang dibutuhkan : $\dot{m}_{u,\text{teo}} = (1,3498511 \text{ Kg/kg O}_2 : 0,231 \text{ Kg/kg O}_2) \text{ Kg udara/KgBB} = 5,84351125541$

Atau

Kebutuhan udara pembakaran teoritis ($\dot{m}_{u,\text{teo}}$)

$$\dot{m}_{u,\text{teo}} = \frac{100}{23,1} \times (2,67C + (8H - O) + S) \text{ Kg/kgBB}$$

$$\dot{m}_{u,\text{teo}} = \frac{100}{23,1} \times (2,67(0,46883)) + (8(0,06234) - 0,40272) + 0,002075$$

$$\dot{m}_{u,\text{teo}} = 5,84351125541 \text{ Kg/kgBB}$$

Kebutuhan udara pembakaran sebenarnya/aktual ($\dot{m}_{u,\text{act}}$) yang diperlukan untuk pembakaran 1 Kg bahan bakar secara sempurna

$$\dot{m}_{u,\text{act}} = \dot{m}_{u,\text{teo}} (1 + EA) \text{ Kg/kgBB}$$

berdasarkan hasil survei di lapangan $EA = 20\%$ maka: $\dot{m}_{u,\text{act}} = 5,84351125541 (1 + 0,20) \text{ Kg/kgBB}$

$$\dot{m}_{u,\text{act}} = 7,012213550649 \text{ Kg/kgBB}$$

Perhitungan Gas Asap

Berat gas asap teoritis ($\dot{m}_{g,\text{teo}}$) $\dot{m}_{g,\text{teo}} = \dot{m}_{u,\text{teo}} + (1-A) \text{ Kg/kgBB}$

$$\dot{m}_{g,\text{teo}} = 5,84351125541 + (1 - 0,05707) \text{ Kg/kgBB}$$

$$\dot{m}_{g,\text{teo}} = 6,78644125541 \text{ Kg/kgBB}$$

Berat gas asap hasil pembakaran sebenarnya/ actual ($\dot{m}_{g,\text{act}}$) $\dot{m}_{\text{CO}_2} = 1,7206061 \text{ Kg/kgBB}$

$$\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} = 0,56106 \text{ Kg/kgBB} \quad \dot{m}_{\text{SO}_2} = 0,00415 \text{ Kg/kgBB} \quad \dot{m}_{\text{N}_2} =$$

$$5,4059544 \text{ Kg/kgBB}$$

$$\dot{m}_{\text{O}_2} = 0,26880151775 \text{ Kg/kgBB}$$

Maka, dari perhitungan diatas didapatkan gas asap total berdasarkan persamaan (6) berikut: $\dot{m}_{g,\text{act}} = \dot{m}_{\text{CO}_2} + \dot{m}_{\text{H}_2\text{O}} + \dot{m}_{\text{SO}_2} + \dot{m}_{\text{N}_2} + \dot{m}_{\text{O}_2}$

Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2022

$$\begin{aligned} \text{mg.act} &= 1,7206061 \text{ Kg/kgBB} + 0,56106 \text{ Kg/kgBB} + 0,00415 \text{ Kg/kgBB} \\ &+ 5,4059544 \text{ Kg/kgBB} + 0,26880151775 \text{ Kg/kgBB} = 7,96057201775 \text{ Kg/kgBB} \end{aligned}$$

Analisis Efisiensi Boiler

Berdasarkan log sheet boiler pada PLTU Biomassa PT. Growth Asia, pada tanggal 25 Mei 2022:

$$W_s = 66,245 \text{ Ton/jam} = 66345 \text{ Kg/jam}$$

$$P_u = 35 \text{ bar}$$

$$T_u = 373 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T_a = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$W_f = 18,083 \text{ Ton/jam} = 18083 \text{ Kg/jam}$$

$$\text{LHV} = 15726,3645 \text{ Kj/kg}$$

Mencari nilai entalpi air umpan (h_a) pada $T_a = 105^\circ\text{C}$, menggunakan interpolasi untuk mencari h_a dan diperoleh h_a sebesar $= 440,17 \text{ Kj/kg}$

Mencari nilai entalpi uap (h_u) pada $T_u = 373 \text{ } ^\circ\text{C}$, $P_u = 22 \text{ bar}$, menggunakan interpolasi untuk mencari h_u dan diperoleh h_u sebesar $= 3156,062 \text{ Kj/kg}$

1. Energi Masuk (Q_{in})

$$Q_{in} = W_f \times (\text{LHV}) \text{ Kj/ jam}$$

$$Q_{in} = 18083 \times (15726,3645) \text{ Kj/jam}$$

$$Q_{in} = 284379849,254 \text{ Kj/jam}$$

2. Jumlah energi panas penguapan/ evaporasi (Q_{out})

$$Q_{out} = W_s (h_u - h_a) \text{ Kj/jam}$$

$$Q_{out} = 66245 (3156,062 - 440,17) \text{ Kj/jam}$$

$$Q_{out} = 179914265,54 \text{ Kj/jam}$$

3. Efisiensi thermal boiler (η_{boiler})

$$\text{Efisiensi boiler } (\eta_{boiler}) \text{ pembentukan uap} = \frac{\text{Panas}}{\text{Panas uap}} \times 100\%$$

$$\text{Panas uap}$$

$$\text{Efisiensi boiler } (\eta_{boiler}) = \frac{W_s \times (h_u - h_a)}{W_f \times \text{LHV}} \times 100\%$$

$$W_f \times \text{LHV}$$

$$\times 100\%$$

$$\text{Efisiensi boiler } (\eta_{boiler}) = \frac{66245 \times (3156,062 - 440,17)}{18083 \times 15726,3645}$$

$$18083 \times 15726,3645$$

$$\times 100\%$$

$$\text{Efisiensi boiler } (\eta_{boiler}) = \frac{179914265,54}{284379849,254}$$

$$284379849,254$$

$$\text{Efisiensi boiler } (\eta_{boiler}) = 63,26 \%$$

SIMPULAN

Dari hasil analisis terhadap *water tube boiler* atau ketel uap pipa air kapasitas 70 Ton/jam tekanan 46 bar berbahan bakar *efb press, fiber, kayu giling, tongkol jagung* dan sekam padi yaitu *water tube boiler* merk Takuma model N2200 buatan PT. Super Andalas Stell PLTU Biomassa PT. Growth Asia, diperoleh nilai efisiensi thermal dari *water tube boiler* air adalah 63,26%. Dengan jumlah kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan oleh *water tube boiler* pada PLTU Biomassa PT. Growth Asia adalah 10,6% *efb press*, 28,21% *fiber* 57,05% kayu giling, 3,12% tongkol jagung dan 1,02% sekam padi. Nilai efisiensi ketel uap dipengaruhi oleh nilai kalor yang terdapat pada bahan

Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2022

bakar dan kandungan air pada bahan bakar beserta udara yang berlebih. Sehingga untuk memperoleh pembakaran yang sempurna diperlukan jumlah bahan bakar dan udara yang seimbang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih Kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Culp, A. W, 2016, Prinsip-Prinsip Konversi Energi (Penerjemah Darwin Sitompul), Erlangga, Jakarta.
- Muin, S. A., 2016, Pesawat-Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap), CV. Rajawali, Jakarta.
- Culp, A. W, 2016, Prinsip-Prinsip Konversi Energi (Penerjemah Darwin Sitompul), Erlangga, Jakarta.
- El-Wakil, MM. 2017. *Instalasi Pembangkit Daya (Jilid 1)*. Jakarta: Erlangga.
- WD Sanjaya, 2018. *Analisis Pengaruh Penggunaan Energi Terhadap Output Produksi Industri*. Semarang.
- PT Growth Asia. 2019. *Perusahaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap*. Sumatera Utara. Indonesia.
- Marloh Hetaharia, Yolanda J. Lewerissa. 2018. *Analisis Energi Pada Perencanaan Pembangkit*.
- Listrik Tenaga Uap (PLTU) Dengan Cycle Tempo*. Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Mesin, Program Study Diploma IV, Politeknik Katolik Saint Paul Sorong.
- Djokosetyardjo, M.J. 2016. *Ketel Uap (Cetakan Kedua)*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Maulana K. Lukman, Burhan. 2016. *Analisa Efisiensi Water Tube Boiler Berbahan Bakar Fibre dan Cangkang di Palm Oil Mill Kapasitas 60 Ton/Jam dengan Menggunakan Chemicalogic Steamtab Companion Version 2.0*. Chemica Volume 3, No 2. Program Studi Teknik Kimia, Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Permana, Doli. 2016. *Boiler Untuk Steam*. Bandung: CV. Teman Belajar.
- Puspawan, Angky, Nurul Iman Supardi, Agus Suandi. 2016. *Analysis of Fuel Heating Value of Fibers and Shell Palm Oil (Elaeisis Guinesnsis Jacq) on Fire Tube Boiler (Takuma Brands)*. Jurnal Ilmiah Bidang Sains Teknologi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu.