

ANALISA PEMAKAIAN PEMANAS UDARA TERHADAP PENINGKATAN EFISIENSI BOILER PADA PLTU UNIT BELAWAN

Oleh:

Willi Andreas Sinaga

Universitas Darma Agung, Medan

E-mail:

willysinaga647@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to analyze the use of air heaters to increase boiler efficiency at the Belawan PLTU Unit. Steam Power Plant (PLTU) is a generator that relies on the kinetic energy of steam to produce electrical energy. In the process of producing PLTU electricity, the main equipment is boilers, turbines, generators, transformers and auxiliary equipment. PLTU as the largest share of electricity suppliers today makes it important to increase the efficiency of the plant. One way that can be done to increase the efficiency of this boiler is to add an air heater to the flue gas exhaust of the boiler. This research was conducted in Unit 3 PLTU PT. PLN (Persero) Belawan Generation Executor Unit. This study aims to: (1) to analyze the fuel in the boiler in Unit 3 PLTU Belawan, (2) to calculate the increase in efficiency in the boiler with the presence of an air heater in Unit 3 PLTU Belawan. Based on the results of the study, one way to increase boiler efficiency is to utilize the heat energy contained in the flue gas resulting from combustion to heat the air for the combustion process; Boiler capacity: 162.52 tons/hour; Thermal energy generated: 586738801.2kJ/hour; Thermal energy converts water into steam : 303750692.6 kJ/hour; Heat energy absorbed by bycatch : 2495928.36 kJ/hour; Heat absorbed LTS : 38331154.6 kJ/hour; Heat absorbed by the economizer : 19204988.4 kJ/hour; Heat absorbed by air heater: 34720467.8 kJ/hour; The efficiency of the boiler before using the air heater is 76.76% and after using the air heater the efficiency increases to 79.49%, so the increase in efficiency is about 2.73%.

Keywords: *Air Heater, Improved efficiency, Steam boiler.*

ABSTRAK

Studi ini bertujuan menganalisis pemakaian pemanas udara terhadap peningkatan efisiensi boiler pada PLTU Unit Belawan. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Dalam proses produksi listrik PLTU, peralatan utamanya adalah Boiler, turbin, generator, transformator dan alat-alat bantu (auxiliary). PLTU sebagai pangsa terbesar penyuplai listrik saat ini membuat pentingnya untuk meningkatkan efisiensi dari pembangkit tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam peningkatan efisiensi boiler ini adalah dengan menambahkan suatu alat pemanas udara pada saluran pembuangan gas buang (flue gas) boiler. Penelitian ini dilaksanakan di Unit 3 PLTU PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan. Penelitian ini Bertujuan untuk : (1) untuk menganalisis bahan bakar pada Boiler di Unit 3 PLTU Belawan, (2) Untuk menghitung peningkatan efisiensi pada Boiler dengan adanya alat pemanas udara di Unit 3

PLTU Belawan. Berdasarkan hasil penelitian, maka salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi boiler adalah dengan memanfaatkan energi panas yang terkandung dalam *flue gas* hasil dari pembakaran untuk memanaskan udara untuk proses pembakaran; Kapasitas boiler: 162.52 ton/jam; Energi panas yang dihasilkan: 586738801.2 kJ/jam; Energi panas mengubah air menjadi uap: 303750692.6 kJ/jam; Energi panas yang diserap HTS : 2495928.36 kJ/jam; Panas yang diserap LTS : 38331154.6 kJ/jam; Panas yang diserap ekonomizer : 19204988.4 kJ/jam; Panas yang diserap pemanas udara: 34720467.8 kJ/jam; Efisiensi boiler sebelum menggunakan pemanas udara 76.76 % dan setelah menggunakan pemanas udara efisiensi meningkat menjadi 79.49%, jadi kenaikan efisiensi sekitar 2.73 %.

Kata Kunci: Alat Pemanas Udara , Peningkatan Efisiensi, Ketel Uap.

1. PENDAHULUAN

Energi listrik memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia untuk memudahkan segala pekerjaan. Berdasarkan laporan Bappenas dalam Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035 jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2020 akan mencapai 271 juta jiwa, atau bertambah 10 juta dari jumlah penduduk pada tahun 2017. Meningkatnya jumlah penduduk membuat kebutuhan energi listrik juga mengalami peningkatan. Peningkatan kebutuhan listrik menjadikan kebutuhan listrik per kapita mencapai 4.902 kWh pada tahun 2050, naik hampir 6 kali lipat dibanding 2016 (846 kWh/kapita).

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Dalam proses produksi listrik PLTU, peralatan utamanya adalah *Boiler*, turbin, generator, transformator dan alat-alat bantu (*auxiliary*). *Boiler* adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk uap. Komponen penting pada *Boiler* adalah *burner*, ruang bakar, penukar panas dan sistem kontrol. Didalam *Boiler* terjadi proses pembakaran dan pembakaran itu sendiri menghasilkan gas buang

(*flue gas*).

Pemanfaatan energi panas yang terkandung pada gas buang (*flue gas*) yang dulunya kurang dioptimalkan ternyata mempunyai peran yang sangat penting dalam peningkatan efisiensi *Boiler*. Pada abad ke-20 ini pemanfaatan energi gas buang itu telah dikembangkan, khususnya para ahli bidang perindustri energi. Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam peningkatan efisiensi *Boiler* ini adalah dengan menambahkan suatu alat pemanas udara pada saluran pembuangan gas buang (*flue gas*) *Boiler*.

Boiler merupakan suatu pesawat yang berfungsi untuk menghasilkan uap pada jumlah tertentu dengan tekanan dan temperatur yang telah ditentukan dengan memanfaatkan energi kimia yang terdapat pada bahan bakar yang kemudian di konversikan menjadi energi panas sesuai dengan hukum termodinamika I yang menyatakan bahwa “energi tidak dapat dimusnahkan akan tetapi dapat diubah menjadi bentuk yang lain”. *Boiler* modern sekarang ini dengan berbagai kelengkapannya dapat menghasilkan uap dengan temperatur dan tekanan uap panas lanjut hal ini sangat berbeda dengan *boiler* sebelumnya yang hanya mampu menghasilkan uap pada kondisi uap jenuh saja.

Salah satu cara untuk meningkatkan

efisiensi *boiler* adalah dengan memanfaatkan energi panas yang terkandung dalam gas buang (*flue gas*). Untuk mengeksploitasi energi ini dibutuhkan sumber daya manusia yang terampil supaya mendapatkan hasil yang optimal. Pemanfaatan energi panas dalam gas buang (*flue gas*) ini meningkatkan efisiensi *boiler*. Pemanfaatan gas buang (*flue gas*) dalam *boiler* dapat dilakukan dengan menangkap panas tersebut melalui alat pemanas air dan udara misalnya *pemanas udara* dan *economizer*.

Pemanas udara adalah alat yang memanaskan udara sebelum dimasukkan ke dalam ruang bakar, sebagai pemanas digunakan gas buang sisa pembakaran sebelum dibuang ke atmosfer. Udara sebelum masuk ke ruang bakar temperaturnya adalah temperatur lingkungan. Seperti yang diketahui proses terjadinya pembakaran ada tiga hal penyebabnya, yaitu udara, panas, dan bahan bakar. Supaya proses pembakaran itu lebih cepat maka udara yang dibutuhkan itu terlebih dahulu dipanaskan di pemanas udara sehingga bahan bakar yang dibutuhkan untuk pembakaran berkurang. Pemanasan udara sebelum dimasukkan ke ruang bakar berarti mengurangi kebutuhan untuk menaikkan temperatur udara didalam ruang bakar, manfaat lain dengan memanaskan udara pembakaran terlebih dahulu adalah agar dapat mempercepat penguapan air yang terkandung dalam bahan bakar. Pemanfaatan gas buang oleh pemanas udara dapat dilakukan dengan cara menambahkan suatu alat pemanas pada saluran pembuangan gas buang (*flue gas*) *boiler*. Pemanas udara ini merupakan alat yang digunakan memanaskan udara sebelum memasuki ruang bakar. Temperatur udara sebelum masuk ruang bakar adalah sama dengan temperatur lingkungan, seperti kita ketahui proses terjadinya pembakaran ada tiga hal penyebabnya yaitu udara,

temperatur, dan bahan bakar. Dengan memanaskan udara di pemanas udara terlebih dahulu sebelum memasuki ruang bakar maka nantinya pembakaran akan berlangsung lebih cepat sehingga bahan bakar yang dibutuhkan untuk pembakaran itu jadi berkurang.

Dengan adanya alat pemanas udara ini pada *boiler* akan memberi penghematan pemakaian bahan bakar sehingga meningkatkan efisiensi *boiler* tentunya. Berdasarkan uraian diatas penulis merasa tertarik untuk membahas dan ingin mengetahui lebih banyak lagi tentang hal-hal yang berkaitan dengan Pemanas udara dan Multi Fuel *Boiler* di PLTU Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan.

1. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang selanjutnya disebut dengan PLTU adalah suatu pembangkit yang menggunakan uap sebagai penggerak utama (*prime mover*). Untuk menghasilkan uap, maka haruslah ada proses pembakaran untuk memanaskan air. PLTU merupakan suatu sistem pembangkitan tenaga listrik yang mengkonversikan energi kimia menjadi energi listrik dengan menggunakan uap air sebagai fluida kerjanya, yaitu dengan memanfaatkan energi kinetik uap untuk menggerakkan proses sudu-sudu turbin menggerakkan poros turbin, selanjutnya poros turbin akan menggerakkan generator yang kemudian dibangkitkan energi listrik.

Komponen Utama PLTU

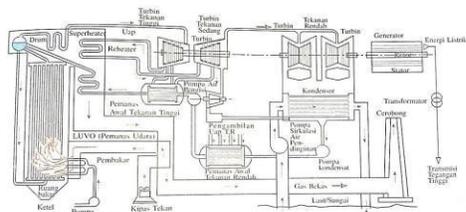
Komponen utama yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga uap yaitu:

- a. Turbin
- b. Kondensor

- c. Sistem pendingin utama
- d. Pompa Air Kondensat (*Condensate Water Pump*)
- e. Pemanas Air Pengisi (*Feet Water Heater*)
- f. Deaerator
- g. Pompa Air Pengisi (*Boiler Feet Pump*)
- h. Ketel Uap (*Boiler*)

Prinsip Kerja PLTU

Prinsip kerja dari PLTU adalah dengan menggunakan siklus air-uap-air yang merupakan suatu system tertutup air dari kondensat atau air dari hasil proses pengondensasian di kondensor dan air make up water (air yang dimurnikan di treatment) dipompa oleh condensate pump ke pemanas tekanan rendah (*low pressure heater*). Air dipanasi kemudian dimasukkan ke daerator untuk menghilangkan oksigen, kemudian air ini dipompa oleh *boiler feedwater pump* masuk ke economizer. Dari economizer yang selanjutnya dialirkan ke pipa down comer untuk dipanaskan pada wall tubes oleh *boiler*.



Gambar 2.5 Prinsip Kerja PLTU Sumber : <http://pjbpacitan.com/>

Bahan Bakar PLTU

Bahan Bakar PLTU Bahan bakar adalah bahan yang dapat dibakar untuk menghasilkan panas (kalor). Proses pembakaran merupakan proses kimia antara bahan bakar, udara dan panas. Proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar ketel (*boiler*) bertujuan untuk

merubah fasa air menjadi fasa uap. Berbagai jenis bahan bakar (seperti bahan bakar cair, padat, dan gas) yang tersedia tergantung pada berbagai faktor seperti biaya, ketersediaan, penyimpanan, handling, polusi dan peletakan *boiler*, tungku dan peralatan pembakaran lainnya. Pengetahuan mengenai sifat bahan bakar membantu dalam memilih bahan bakar yang benar untuk keperluan yang benar dan untuk penggunaan bahan bakar yang efisien.

2.2 Tinjauan Umum Boiler

Menurut Muin (1988) *Boiler* merupakan mesin kalor (thermal engineering) yang mentransfer energi-energi kimia atau energi automis menjadi kerja (usaha). *Boiler* atau ketel steam adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan steam. Steam diperoleh dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan bahan bakar. (Yohana dan Askhabulyamin 2009:13).

Pengertian dan Sistem Kerja *Boiler*

Djokosetyardjo (2003) berpendapat bahwa, *boiler* atau ketel uap adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam. Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi steam, volumenya akan meningkat sekitar 1.600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesin yang mudah meledak, sehingga *boiler* merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat

baik.

Sistem *boiler* 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. Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam *boiler*. 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.

a. Komponen-Komponen *Boiler*

Komponen sistem *boiler* terdiri dari komponen utama dan komponen bantu yang masing-masing memiliki fungsi untuk menyokong prinsip kerja ketel uap.

- a. Alat pembakaran (*burner*)
- b. Pipa Evaporator
- c. Ruang bakar
- d. Drum
- e. Pemanas lanjut (superheater)
- f. Economizer
- g. Pemanas Udara (*Pemanas udara*)
- h. Soot blower

Bahan Bakar

Bahan bakar (fuel) adalah suatu materi apapun yang bisa diubah menjadi energi, disamping itu Ir. Syamsir menjelaskan bahwa Bahan bakar atau fuel adalah segala bahan yang dapat dibakar. Biasanya bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan

dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar digunakan manusia melalui proses pembakaran dimana bahan bakar tersebut akan melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen diudara. Bahan bakar dibakar untuk menghasilkan panas (kalor).

a. Metode Pengkajian Efisiensi *Boiler*

Efisiensi adalah suatu tingkatan kemampuan kerja dari suatu alat. Sedangkan efisiensi pada *boiler* atau ketel uap yang didapatkan dari perbandingan antara energi yang dipindahkan atau diserap oleh fluida kerja didalam ketel dengan masukan energi kimia dari bahan bakar.

Terdapat dua metode pengkajian efisiensi *boiler* :

a. Metode Langsung

Metodologi ini dikenal juga sebagai, metode input-output' karena kenyataan bahwa metode ini hanya memerlukan keluaran/output (steam) dan panas masuk/input (bahan bakar) untuk evaluasi efisiensi. (Ir. Syamsir A. Muin, Pesawat- pesawat konversi 1 (Ketel Uap) 1988:223).

$$= \frac{\text{Efisiensi Boiler}(n)}{\text{panas pebetukan uappanas masuk}}$$

b. Metode Tidak Langsung

Efisiensi merupakan perbedaan antar kehilangan dan energi masuk. Metodologi Standar acuan untuk Uji *Boiler* di tempat dengan menggunakan metode tidak langsung adalah British Standard, BS 845:1987 dan USA Standard ASME PTC-4- 1 Power Test Code Steam Generating Units. Metode tidak langsung juga dikenal dengan metode kehilangan panas. Efisiensi dapatdihitung dengan mengurangkan

bagian kehilangan panas dari 100 sebagai berikut: Efisiensi boiler (n) = 100 - (i + ii + iii + iv + v + vi + vii)

Proses Pembentukan Uap

Penguapan adalah proses terjadinya perubahan fasa dari cairan menjadi uap. Apabila panas diberikan pada air, maka suhu air akan naik. Naiknya suhu air akan meningkatkan kecepatan gerak molekul air. Jika panas terus bertambah secara perlahan-lahan, maka kecepatan gerak air akan semakin meningkat pula, hingga sampai pada suatu titik dimana molekul-molekul air akan mampu melepaskan diri dari lingkungannya (100°C) pada tekanan

c. Pemanas udara tipe regeneratif Pemanas udara jenis ini mempunyai sistem atau bekerja berdasarkan regenerasi. Unit ini terdiri dari rotor yang diputar oleh motor listrik melalui roda gigi reduksi sehingga berputar dengan kecepatan rendah 1-3 rpm.

Prinsip Kerja Pemanas Udara

Alat pemanas udara yang digunakan di PLTU menggunakan alat pemanas udara tipe rekuperatif. Pada alat pemanas udara tipe rekuperatif, kalor berpindah secara langsung dari panas gas buang (*flue gas*) ke udara yang melintas pada permukaan penukar kalor ini, biasanya berbentuk tabung, walaupun ada yang berbentuk plat. 1[kg/cm²], maka air secara berangsur-angsur akan berubah fasa menjadi uap dan hal inilah yang disebut sebagai penguapan.

b. Pemanas Udara Definisi Pemanas Udara

Pemanas udara adalah sebuah alat penukar kalor (heat exchanger) dimana udara sekitar dinaikkan temperaturnya dengan

mentransferkan panas dari fluida lainnya yaitu *flue gas*. Sejak pemanas udara dapat digunakan dengan sukses untuk memperoleh kembali panas dari *flue gas* pada level temperatur yang lebih rendah dari yang dapat dilakukan oleh economizer, panas yang dikeluarkan ke cerobong dapat diminimalisir dalam jumlah yang sangat besar hingga diperoleh efisiensi boiler yang lebih tinggi.

Jenis-Jenis Pemanas Udara

a. Pemanas udara tipe rekuperatif

Pada alat pemanas udara tipe rekuperatif, kalor berpindah secara langsung dari panas gas buang (*flue gas*) ke udara yang melintas pada permukaan penukar kalor ini, biasanya berbentuk tabung, walaupun ada yang berbentuk plat.

Aliran Gas Buang Dan Udara

Ketel uap (*boiler*) merupakan alat yang dapat mengubah fase air menjadi fase uap, dengan memanfaatkan energi panas yang dihasilkan di dalam ruang bakar. Dimana untuk menghasilkan energi panas tersebut dibutuhkan tiga unsur yaitu : bahan bakar, udara, dan panas (temperatur).

2. METODE PELAKSANAAN

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu mengumpulkan data di sistem Pembangkit Tenaga Uap PLTU Belawan.

Alat-alat yang diperlukan untuk memperoleh data adalah sebagai berikut:



Gambar 2.

- a) manometer
- b) thermometer
- c) orificemeter

Bahan yang digunakan adalah data yang diperoleh dari tempat penelitian yang meliputi data pengamatan *boiler* dan sifat fisik minyak residu.

Tahapan analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

- a. Menganalisis bahan bakar yang digunakan
- b. Menghitung energi yang diserap setiap alat pemanas yang ada pada *boiler*.
- c. Menghitung kebutuhan bahan bakar dan kebutuhan udara pembakaran pada *boiler*.
- d. Menghitung efisiensi *boiler* sebelum dan sesudah menggunakan pemanas udara.

Kebutuhan Bahan Bakar

Dalam menentukan banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan uap sebesar 162,52 ton/jam (162520 kg/jam) dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$W_f = \frac{W_f(H_{sar} - H_a)}{LHK \times \eta_k}$$

$$W_f = \frac{162520 \text{ kg/jam}(3404.503 - 875.105) \text{ kJ/kg}}{42431.4 \text{ kJ/kg} \times 0.70}$$

$$W_f = 13840.07 \text{ kg/jam}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

4. 4.1 Analisa Bahan Bakar Dan Panas

Yang Dihasilkan $W_f =$

$$Q_{sat} = W_s \times (H_{sat} - H_a) \text{ kg/jam}$$

Maka besar panas yang dibutuhkan adalah sebesar :

$$Q_{sat} = 162520 \text{ kg/jam} (2744.11 - 875.105) \text{ kJ/jam}$$

$$Q_{sat} = 303750692.6 \text{ kJ/jam}$$

Bahan bakar yang digunakan PLTU PT. PLN (persero) sektor belawan adalah minyak residu sebagai bahan bakar utama. Bahan bakar dimasukkan ke ruang bakar menggunakan lubang penyemprot yang disebut *burner*. Sehingga lebih mudah terjadi proses perkabutan, hal ini akan mempercepat proses pembakaran di ruang bakar. Adapun komposisi bahan bakar minyak residu yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut

4.1 komposisi minyak residu

Unsur Kimia	simbol	Persentase (%)
Karbon	C	85.1
Hirdogen	H ₂	10.8
Oksigen	O ₂	0.4
Nitrogen	N ₂	0.2
Sulfur	S	3.3
Air (<i>moisture</i>)	H ₂ O	0.16
Abu (<i>ash</i>)	A	0.04
Jumlah		100

Energi Panas Mengubah Air Menjadi Uap

Energi keluar adalah energi yang diperlukan untuk pembentukan uap saturasi pada *boiler*

yaitu :

$$Q_{\text{sat}} = W_s \times (H_{\text{sat}} - H_a) \text{ kg/jam}$$

Maka besar panas yang dibutuhkan adalah sebesar :

$$Q_{\text{sat}} = 162520 \text{ kg/jam} (2744.11 - 875.105)$$

$$\text{kJ/jam} Q_{\text{sat}} = 303750692.6 \text{ kJ/jam}$$

Energi Panas yang Diserap HTS

Besar panas yang diserap *high temperature superheater* (HTS) adalah :

$$Q_{\text{HTS}} = W_s \times (H_{\text{out}} - H_{\text{in}}) \text{ KJ/Jam}$$

Maka :

$$Q_{\text{HTS}} = 162520 \text{ kg/jam} (3404.503 - 3019.96) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{\text{HTS}} = 62495928.36 \text{ kJ/jam}$$

Energi Panas yang Diserap LTS

Besar panas yang diserap *lowtemperature superheater* (LTS) adalah :

$$Q_{\text{LTS}} = W_s \times (H_{\text{out}} - H_{\text{in}}) \text{ kJ/jam}$$

Maka :

$$Q_{\text{LTS}} = 162520 \text{ kg/jam} (3199.365 - 2963.51) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{\text{LTS}} = 38331154.6 \text{ kJ/jam}$$

Energi Panas yang Diserap Econizer

Besar panas yang diserap *economizer* adalah

$$Q_{\text{eco}} = W_s \times C_{p\text{air}}(T_{\text{out}} - T_{\text{in}}) \text{ kJ/jam}$$

Maka

$$Q_{\text{eco}} = 162520 \text{ kg/jam} \times 2.626 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C} (205 - 160)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{eco}} = 19204988.4 \text{ kJ/jam}$$

Panas yang Diserap Pemanas Udara

Besar panas yang diserap *pemanas udara* adalah :

$$Q_{\text{AH}} = (W_a)_{\text{akt}} \times C_{p\text{udara}}(T_{\text{out}} - T_{\text{in}}) \text{ KJ/jam}$$

Maka :

$$Q_{\text{AH}} = 210327.65 \text{ kg/jam} \times 1.019 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C} (247 - 85)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{AH}} = 34720467.8 \text{ kJ/jam}$$

Efisiensi boiler sebelum menggunakan pemanas udara 76,76% dan setelah menggunakan pemanas udara efisiensi meningkat menjadi 79,49%. Jadi kenaikan efisiensi sekitar 2,73%.

5. SIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang penulis peroleh dari hasil penelitian dan perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi boiler adalah dengan memanfaatkan energi panas yang terkandung dalam *flue gas* hasil dari pembakaran untuk memanaskan udara untuk proses pembakaran.
2. Dari survei dan hasil perhitungan diperoleh
 - a. Kapasitas boiler: 162.52 ton/jam
 - b. Energi panas yang dihasilkan: 586738801.2 kJ/jam
 - c. Energi panas mengubah air menjadi uap : 303750692.6 kJ/jam
 - d. Energi panas yang diserap HTS : 62495928.36 kJ/jam
 - e. Panas yang diserap LTS : 38331154.6 kJ/jam
 - f. Panas yang diserap ekonomizer : 19204988.4 kJ/jam
 - g. Panas yang diserap *pemanas udara* : 34720467.8 kJ/jam
 - h. Efisiensi boiler sebelum menggunakan *pemanas udara* 76.76 % dan setelah menggunakan *pemanas udara* efisiensi meningkat menjadi 79.49%, jadi kenaikan efisiensi sekitar 2.73 %.

5.2 Saran

1. Dari hasil penelitian yang diperoleh bahwa pengaruh pemanas udara terhadap peningkatan efisiensi boiler unit pembangkit tenaga uap yang ada di PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan ini sangat kecil yaitu sekitar 2.73%, sehingga disarankan kepada pihak PLN agar melakukan proses *maintenance* terhadap pemanas udara.
2. Pentingnya melakukan pengecekan/perawatan secara rutin terhadap komponen utama maupun pendukung boiler seperti pada pemanas udara sehingga setiap komponen dari boiler dapat bekerja dengan maksimal sesuai dengan fungsinya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- A. Suardi, N. Chairat, F. Muhammad, T. B. Impak, and B. Tekuk, "PowerPlant," no. 4, 2017.
- Cengel Yunus A. And Michael A. Boles . 1998. "Thermodynamics And Engineering Approach". Third Edition. Mc Graw-Hill Inc.
- D. Jaelani, "Analisa Efisiensi Ketel Uap Pada Unit 2 Pltu 2 Banten Kapasitas 300 Mw," no. April, pp. 25–32, 2017.
- Djokosetyardjo, M. J. 2003. "Ketel Uap". Edisi Kelima. Penerbit PT. Edisi Pertama. Penerbit CV. Rajawali. Jakarta
- H. C. Hasibuan, F. H. Napitupulu, D. Teknik,
- M. Fakultas, T. Universitas, and S. Utara, "Pengujian Nilai Kalor Terhadap Performansi Ketel" vol. 4, no. 4, 2013. http://cctech.com.au/products/air_heater.htm
<http://cdn.powermag.com/wpcontent/uploads/2>

008/09/520004df6f1b6090108_Boiler_Fig5.jpg
<http://paragonairheater.com/clients.html>

- J.P. Holman, *Perpindahan Kalor*, Erlangga Ciracas, Jakarta. 1997. Jakarta :Erlangga.2004.
- Moran, Michael J, Saphiro, Howard N. *Termodinamika Teknik*, Jilid 2. Murni.2011." *Menaikkan Efisiensi Boiler Dengan Memanfaatkan Gas Buang Untuk Pemanas Ekonomiser*". D III Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Pemangkit Sektor Belawan.
- Prayudi *et al.*, "Analisis Efisiensi Air Preheater Sebelum Overhaul Dan Sesudah Overhaul Di Ujp Pltu Banten 3 Lontar Unit 3," vol. 4, pp. 122– 210, 2016.
- R. Nurhasanah, "Perbandingan Efisiensi Boiler Awal Operasi Dan Setelah Overhaul Terakhir Di Unit 5 Pltu Suralaya" pp. 44–48.
- UNEP, 2004. "Peralatan Energi Panas: Boiler dan Pemanas Fluida Termis". Retrieved from <http://www.energyefficiencyasia.org>, on 5th July 2015.
- V. Mallikarjuna, N. Jashuva, B. Rama Bhupal Reddy." *Improving Boiler Efficiency By Using Air Preheater*". International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences. February 2014.
- Widhi H. Dhimas, "Simulasi Kebutuhan Udara Pembakaran Boiler PLTU Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Perak" Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS, Surabaya, 2009.
- Y. Pravitasari, M. B. Malino, and M. Novitasari, "Analisis Efisiensi Boiler Menggunakan Metode Langsung," *Prism. Fis.*, vol. V, no. 01, pp. 9–12, 2017.