

**ANALISIS UNJUK KERJA AIR PREHEATER PLTU
PT. INDONESIA CHEMICAL ALUMINA**

PROPOSAL UJIAN SKRIPSI

BIDANG KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan

Memperoleh gelar Sarjan Teknik



MUHAMAD JAYA

NIM : 151210384

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAN PONTIANAK

2019

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR	v
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Tujuan	3
1.6 Manfaat/Kegunaan	3
BAB II	4
LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Siklus Rankine Pada PLTU	8
2.3 Bagian-Bagian Utama dan Kelengkapan pada Boiler	11
2.3.1 Bagian Utama	11
2.3.2 Peralatan Penujang	12
2.4 Klasifikasi Boiler	13
2.4.1 Fire Tube Boiler	13
2.4.2 Water Tube Boiler	14
2.4.3 Paket Boiler	16
2.4.4 Boiler Pembakaran dengan Fluidized Bed (FBC)	17
2.4.5 <i>Atmospheric Fluidized Bed Combustion (AFBC) Boiler</i>	19
2.4.6 <i>Pressurized Fluidized Bed Combustion (PFBC) Boiler</i>	19
2.4.7 <i>Circulating Fluidized Bed Combustion Boilers (CFBC)</i>	19
2.4.8 <i>Stoker Fired Boilers</i>	20
2.4.9 <i>Spreader Stokers</i>	21
2.4.10 <i>Chain-grate atau traveling-grate stocker</i>	22
2.4.11 <i>Pulverized Fuel Boiler</i>	22

2.4.12 Boiler Limbah Panas	24
2.4.13 Pemanas Fluida Termis	25
2.5 Skema Sistem Udara Pembakaran dan Gas Buang.....	26
2.6 Klasifikasi batu bara	28
2.6.1 Jenis-jenis batu bara.....	29
2.7 Perpindahan Panas	32
2.7.1 Radiasi.....	33
2.7.2 Konduksi	33
2.7.3 Konveksi	34
2.8 Pengkajian Efisiensi Boiler.....	35
2.8.1 Evaluasi Kinerja Boiler	35
2.8.2 Neraca Panas Boiler	35
2.8.3 Efisiensi Boiler	37
2.8.3.1 Metode Langsung dalam menentukan Efisiensi Boiler	37
2.8.3.2 Metode tidak langsung dalam menentukan efisiensi Boiler	38
2.9 Air Heater Heat Exchanger.....	43
2.9.1 Recuperatif Air Heater Recuperatif Air Heater	44
2.9.1.1 Tubular Air Heater.....	45
2.9.1.2 Cast Iron Air Heater	47
2.9.1.3 Plate Air Heater	47
2.9.1.4 Steam coil Air Heater	47
2.9.2 Regeneratif Air Heater	47
2.9.2.1 Ljungstrom Air Heater.....	48
2.9.2.2 Rothemuhle Air Heater.....	51
2.9.2.3 Regenerative Heating Surface	52
2.10 Jenis Perpindahan Panas Berdasarkan Arah Aliran Fluida	53
2.10.1 Paralel flow	53
2.10.2 Counter flow	54
2.10.3 Cross flow	55
2.11 Laju Perpindahan Panas Keseluruhan	56
2.12 Log Mean Temperature Difference (LMTD).....	57
2.13 Koefisien Perpindahan Panas Global dan fouling Factor	60

2.14 Analisa X-Ratio	61
2.15 Efektivitas Penukar kalor	62
2.16 Kebocoran udara.....	64
BAB III	59
METODE PENELITIAN.....	59
3.1. Tempat dan Waktu	59
3.2. Bahan dan alat	59
3.3. Metodologi pengumpulan data.....	61
3.4. Parameter Pengukuran.....	63
3.5. Alur Penelitian.....	63
3.5.1 Tahapan Pengumpulan data	64
3.5.2 Tahapan dalam perhitungan efisiensi boiler	64
3.5.3 Tahapan dalam perhitungan unjuk kerja air preheater	67

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Proses konversi energi pada PLTU	7
Gambar 2.2	Siklus fuida kerja sederhana pada PLTU	9
Gambar 2.3	Diagram T – s Siklus PLTU (Siklus Rankine).....	10
Gambar 2.4	Fire Tube Boiler	14
Gambar 2.5	Diagram Sederhana <i>WaterTube Boiler</i> ((<i>YourDictionary.com</i>))....	15
Gambar 2.6	Jenis Paket Boiler 3 Pass, bahan bakar Minyak (<i>spirax sarco</i>) ...	16
Gambar 2.7	CFBC Boiler (<i>Thermax Babcock & Wilcox Ltd, 2001</i>)	20
Gambar 2.8	<i>Spreader Stoker Boiler</i> (<i>Departmentof Coal, 1985</i>).....	21
Gambar 2.9	<i>Traveling GrateBoiler</i> (<i>University of Missouri, 2004</i>).....	22
Gambar 2.10	Pembakaran tangensial untuk bahan bakar halus	23
Gambar 2.11	Skema sederhana <i>Boiler</i> Limbah Panas	24
Gambar 2.12	Konfigurasi Pemanas Fluida Thermis (Mesin Energi India)	25
Gambar 2.13	Skema sistem udara pembakaran dan gas buang	26
Gambar 2.14	Batu bara Antrasit	29
Gambar 2.15	Batu bara Subituminus	30
Gambar 2.16	Batu bara Sub-bituminus.....	30
Gambar 2.17	Batu bara Lignit.....	31
Gambar 2.18	Batu bara Gambut	31
Gambar 2.19	Diagram neraca energi boiler.....	36
Gambar 2.20	Kehilangan panas pada Boiler yang Berbahan Bakar Batu bara ..	36
Gambar 2.21	Skema sistem <i>air preheater secondary air fan</i> dan <i>primary air fan</i>	44
Gambar 2.22	<i>Tubular air heater</i>	45
Gambar 2.23	Macam-macam variasi pengaturan udara tubular <i>air heater</i>	46
Gambar 2.24	Komponen-komponen Ljungstrom <i>air heater</i>	49
Gambar 2.25	Bentuk nyata Ljungstrom air heater	49
Gambar 2.26	Penampang samping Ljungstrom <i>air heater</i>	50
Gambar 2.27	Penampang diagonal rotor Ljungstrom air heater	51
Gambar 2.28	Air Heater Rothemuhle	52
Gambar 2.29	Profil elemen pemanas pada regenerative <i>air heater</i>	53

Gambar 2.30	Aliran parallel (<i>parallel flow</i>)	54
Gambar 2.31	Aliran balik (<i>Counter flow</i>)	55
Gambar 2.32	Aliran <i>crosflow</i> dengan kedua aliran tak bercampur.....	55
Gambar 2.33	<i>Crosflow</i> satu aliran bercampur dan aliran lain tak bercampur....	56
Gambar 2.34	Satu lintasan selongsong dan multi lintasan pipa.....	58
Gambar 2.35	Dua lintasan selongsong dan multi lintasan pipa	59
Gambar 2.36	Satu lintasan aliran silang (CF), kedua fluida tak campur	59
Gambar 2.37	Satu lintasan aliran silang (CF), fluida bercampur yang lain tak.	59

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Indonesia Chemical Alumina merupakan perusahaan pertama di Indonesia yang bergerak di bidang industri alumina, produk yang dihasilkan PT. Indonesia Chemical Alumina adalah Chemical Grade Alumina (CGA). Pabrik yang berada di Tayan ini akan memproduksi 300.000 ton CGA pertahun. Dalam proses produksi CGA PT. Indonesia Chemical Alumina membutuhkan listrik dan uap bertekanan guna memanaskan bauksit yang ada, yang selama ini memanfaatkan PLTU yang memiliki kapasitas 2x12MW. PLTU ini berbahan bakar batu bara dan bertipe CFB.

Seraca garis besar sistem PLTU terdiri dari beberapa peralatan utama diantaranya: Boiler, Turbin dan Generator. Dimana boiler menghasilkan uap panas bertekanan yang di butuhkan turbin untuk memutar sudu-sudu turbin sehingga turbin menghasilkan energi mekanik yang dapat di konversikan oleh generator menjadi energi listrik. Sedangkan sistem boiler terdiri dari air umpan , sistem *steam* dan sistem bahan bakar.

Pada proses pembakaran di boiler selain bahan bakar juga di butuhkan panas dan udara. Kebutuhan udara pada boiler di suplay oleh *primary air fan* dan *secondary air fan*. Udara pembakaran yang dibutuhkan di *furnace* diharapkan memiliki temperatur yang lebih tinggi agar meningkatkan efisiensi boiler. Untuk meningkatkan temperatur pada udara yang akan di suplay ke ruang pembakaran pada line *primary air fan* dan *Secondary air fan* di pasang *air preheater*. *Preheater* ini memanfaatkan gas buang sisa pembakaran boiler karena temperatur gas buang masih cukup tinggi sebagai fluida pemanas sebelum di buang ke *cimney*. Kerugian jika gas buang ini tidak di manfaatkan akan menurunkan efisiensi boiler dan terjadi pembakaran yang kurang sempurna pada *furnace*.

Seperti komponen atau mesin yang lain pada umumnya memiliki umur pakai, berlaku pula pada *preheater*. Semakin lama air *preheater* dioperasikan, maka akan terjadi penurunan unjuk kerja dari alat tersebut. Seperti halnya yang terjadi pada *air preheater* PT. Indonesia Chemical Alumina yang dapat di lihat dari penurunan

temperatur keluaran *air preheater* dari 160°C menjadi 136°C. Penurunan unjuk kerja bisa jadi disebabkan oleh terbentuknya pengotor(*fouling*), korosi, kebocoran (*leakage*) maupun aliran fluida yang menyebabkan friksi terhadap dinding alat. Sehingga di butuhkan evaluasi untuk mengetahui penyebab terjadinya penurunan unjuk kerja *air preheater*.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, penurunan kinerja *air preheater* bisa dilihat dari temperatur keluaran 160°C menjadi 136°C yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti, terbentuknya pengotor(*fouling*), korosi, kebocoran (*leakage*) maupun aliran fluida yang menyebabkan friksi terhadap dinding *tube*. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi penurunan temperatur udara keluar dan efisiensi.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat di selesaikan dalam materi ini adalah:

1. Berapakah Efisiensi boiler?
2. Bagaimana prinsip kerja dari Air Preheater?
3. Apakah jenis air preheater yang di gunakan di PT. Indonesia Chemical Alumina?
4. Bagaimana hubungan efektivitas air preheater terhadap perpindahan panas aktual?
5. Bagaimana hubungan efektifitas air preheater terhadap fouling factor?
6. Bagaimana hubungan perpindahan panas aktual terhadap fouling factor?
7. Bagaimana hubungan x-rasio terhadap efektifitas air preheater?

1.4 Pembatasan Masalah

Faktor penyebab terjadinya penurunan kinerja Air Preheater akan mempunyai cakupan yang sangat luas dan komplek. Oleh karena itu dalam penelitian hanya dibatasi membahas tentang faktor pengotor (*fouling factor*).

1.5 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Dapat memahami prinsip kerja *air preheater*.
2. Dapat mengetahui efektivitas *air preheater* di PT. Indonesia Chemical Alumina.
3. Dapat mengetahui penyebab *air preheater* mengalami penurunan unjuk kerja.

1.6 Manfaat /Kegunaan

Manfaat/kegunaan yang di dapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengaplikasikan ilmu yang diperoleh dalam dunia perkuliahan untuk menyelesaikan permasalahan atau kasus yang ada di dunia industri.
2. Dapat Meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap peralatan dalam dunia industri khususnya tentang *air preheater*.
3. Dapat Mengetahui penyebab penurunan kinerja *air preheater* yang disebabkan oleh kerugian-kerugian yang terjadi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian sebagai berikut:

1. Telah dilakukan perhitungan ketika tes performa boiler pada tahun 2016 dengan flow uap 44.34 Ton/jam, dengan metode *direct*(langsung) efisiensi boiler PT. Indonesia Chemical Alumina 91.82 %.
2. Telah dilakukan perhitungan periode November 2018 hingga Januari 2019, dengan metode *indirect*(metode tak langsung) efisiensi boiler PT. Indonesia Chemical Alumina 88.20 %.
3. Telah didapatkan jika efisiensi boiler di PLTU PT. Indonesia Chemical Alumina mengalami penurunan sebesar 3.62% yang setara dengan penambahan jumlah bahan bakar batu bara 0.244 ton/jam. Untuk menghasilkan uap boiler yang sama.
4. Telah dilakukan perhitungan analisa pada performa air preheater yang menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan perpindahan panas actual sebesar 132.371 kw. Jika di bandingkan dengan tes performa air preheater pada tahun 2016 dengan performa air preheater periode November 2018 hingga Januari 2019. Pada tes performa 2016 perpindahan panas actual sebesar 392.931 kw, sedangkan periode November 2018 hingga Januari 2019 perpindahan panas actual 260.56 kw.
5. Besarnya nilai pengotoran bergantung kepada besarnya nilai koefisien perpindahan panas global dalam kondisi fouled (U_2 , U_3 , U_4 , dst) yang dikurangi dengan nilai koefisien perpindahan panas global dalam kondisi clean (U_1). Selama periode analisis telah terjadi pengotoran (R_f) pada Air preheater, di mana nilainya mengalami kenaikan dari awal periode pertama sebesar $0.007 \text{ m}^2\text{C/W}$, menjadi $0.191 \text{ m}^2\text{C/W}$ pada akhir periode. Besarnya pengotoran tersebut mengakibatkan penurunan Q_{act} hingga 132.371 kw selama periode analisis

6. Telah dilakukan perhitungan analisa efektifitas performa air preheater pada tes performa pada tahun 2016 sebesar 70%. Sedangkan pada periode November 2018 hingga Januari 2019 efektifitas air preheater sekitar 50% terjadi penurunan efektifitas air preheater sebesar 20%. Efektifitas air preheater bergantung perpindahan panas actual dan perpindahan panas maksimal. Sehingga jika terjadi penurunan perpindahan panas actual maka efektifitasnya juga akan mengalami penurunan.

5.2 Saran

Adapun saran – saran yang dapat di ambil dari hasil penelitian antara lain:

1. Perlunya membersihkan pipa – pipa dari fouling dan karat yang dapat menurunkan proses perpindahan panas pada alat penukar kalor di boiler.
2. Perlunya perawatan pada boiler agar dapat meningkatkan efisiensi boiler.

Daftar Pustaka

- Antono, Vendy., dkk. (2016). Analisis Efisiensi Air Preheater Sebelum Overhaul dan Sesudah Overhaul di UJP PLTU Banten 3 Lontar Unit 3. *Jurnal Power Plant*. 4 (1):174-181.
- Asmud. Analisa Unjuk Kerja Boiler Terhadap Penurunan Daya Pada PLTU PT. Indonesia Power UBP Perak. Surabaya: ITS Surabaya.
- Bayu, Agus Chandra. 2014. Skripsi “Analisa efisiensi pembakaran pada Boiler CFB kapasitas 75 ton/jam di PT. Indonesia Chemical Alumina”. Universitas Muhammadiyah Pontianak, Fakultas Teknik Mesin.
- Cengel, Yunus A., dkk. 2002. *Thermodynamic Fourth Edition*. McGraw-Hill.
- David C. McLaughlin and Joseph R. Nasal, (2010) Applying the x-ratio correction to calculated air heater efficiency an alternate Method. *Proceedings of ASME Power Conference*. Chocago, USA
- Haryanto, Agus. 2015. *Perpindahan Panas*. Yogyakarta. Innosain.
- Heri, Junial. Analisis Perhitungan Efisiensi Gas Air Heater di PLTU Cirebon. Semarang: Universitas 17 Agustus 1945.
- Holman, JP. 1997. *Perpindahan Kalor*. Jakarta: Erlangga.
- <https://www.pipeflowcalculations.com/tables/flue-gas.xhtml>
- Kern, D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, McGraw Hill International Book Company, Tokyo
- Prakash, JD., dkk. 2015. Improving the Boiler Efficiency by Optimizing the Combustion Air. *Applied Mechanics and Materials*. 787 (1): 238-242.
- Sudrajat, Jajat. (2017). Analisis Kinerja Heat exchanger Sheel dan Tube pada Sistem COG Booster di Integrated Steel Mill Krakatau. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*. 6 (1):174-181.
- Susanto, Evan. 2018. Skripsi “Analisa Perbandingan Bahan Bakar Batu Bara dengan Cangkang Sawit Terhadap Boiler CFB di PT. Indonesia Chemical Alumina”. Universitas Muhammadiyah Pontianak, Fakultas Teknik Mesin.
- Sutowo, Cahya. Analisa *Heat exchanger* Jenis Shell And Tube dengan Sistem Single Pass. Jakarta: Universitas Muhammadiyah.