

**PENGARUH PENAMBAHAN UKURAN TEBAL PIPA AIR
HEATER TERHADAP EFISIENSI TERMAL SERTA
KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA BOILER
PT.SOCIMAS KAPASITAS 50T/H**

SKRIPSI

**OLEH:
RECSI FEBIAN ADIANSYAH
168130018**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 10/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)10/6/22

**PENGARUH PENAMBAHAN UKURAN TEBAL PIPA AIR
HEATER TERHADAP EFISIENSI TERMAL SERTA
KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA BOILER
PT.SOCIMAS KAPASITAS 50T/H**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:
RECSI FEBIAN ADIANSYAH
168130018

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area


HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI

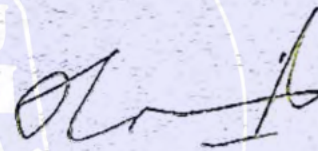
Judul Proposal/TA : Pengaruh Penambahan Ukuran Tebal Pipa Air Heater Terhadap Efisiensi Termal Serta Konsumsi Bahan Bakar Pada Boiler PT.Socimas Kapasitas 50 T/H.
Nama Mahasiswa : Recsi Febian Adiansyah
NPM : 168130018
Bidang Keahlian : Konversi Energi

Disetujui Oleh Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I


(Muhammad Idris, S.T, M.T.)
NIDN : 0106058104


(Ir. Husin Ibrahim, M.T.)
NIDN : 0018106107

Dekan

Ka. Prodi Teknik Mesin


(Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.kom)
NIDN : 0105058804


(Muhammad Idris, S.T., M.T.)
NIDN : 0106058104

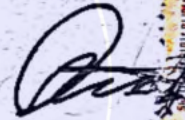
Tanggal Lulus : 11 Januari 2022

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 Januari 2022



(Recci Febian Adiansyah)
NPM: 168130018



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR / SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS

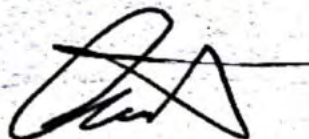
Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Recsi Febian Adiansyah
NPM : 168130018
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-FreeRight*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Pengaruh Penambahan Tebal Pipa Air Heater Terhadap Efisiensi Termal Serta Konsumsi Bahan Bakar Pada Boiler Pt. Socimas Kapasitas 50T/H.. Dengan Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan / formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir / skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 11 Januari 2022

Yang Menyatakan



(Recsi Febian Adiansyah)

NPM : 168130018

ABSTRAK

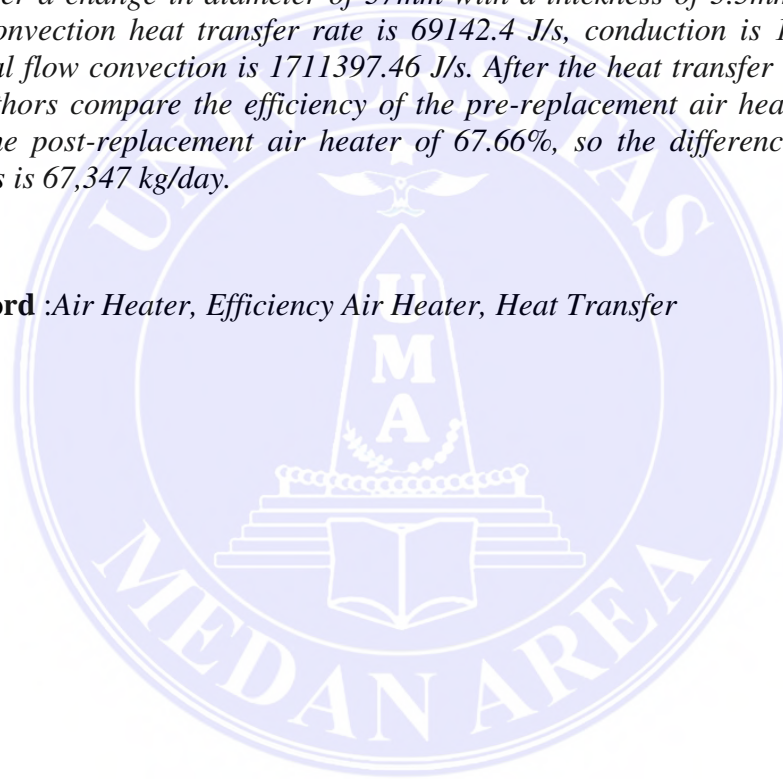
PLTU PT. Socimas saat ini menggunakan *air heater* tipe *tubular* untuk mendukung dan meningkatkan produktivitas dari boiler. Penggunaan *air heater* ini menimbulkan permasalahan baru pada penggunaan *air preheater* tipe *tubular* dengan terjadinya kebocoran pada pipa di dalam *air heater*. Kerusakan ini terjadi akibat dari terjadinya gesekan flue gas yang terjadi di secara terus menerus kerusakan ini menyebabkan kurang maksimalnya penggunaan *air heater* terhadap boiler. Kerusakan ini menyebabkan perusahaan mengganti tebal pipa *air heater*, dengan adanya permasalahan ini, penulis mencoba untuk mengetahui efisiensi *air heater* setelah terjadinya penggantian pipa dengan diameter awal 35mm dengan tebal 2,5mm didapatkan laju perpindahan panas konveksi aliran dalam sebesar 62547,7 J/s, konduksi sebesar 127530,49 J/s, konveksi aliran luar sebesar 1242750,13 J/s. Setelah terjadi perubahan diameter 37mm dengan tebal 3,5mm didapatkan laju perpindahan panas konveksi aliran dalam sebesar 69142,4 J/s, konduksi sebesar 113825,46 J/s, konveksi aliran luar sebesar 1711397,46 J/s. Setelah laju perpindahan panas diketahui maka penulis membandingkan efisiensi *air heater* pra penggantian sebesar 52,07% dengan *air heater* pasca penggantian sebesar 67,66% maka didapatkan selisih penghematan bahan bakar batubara sebesar 67,347 kg/ hari.

Kata Kunci : Pemanas Udara, Efisiensi Air Heater, Laju Perpindahan Panas

ABSTRACT

PLTU PT. Socimas currently uses a tubular type air heater to support and increase the productivity of the boiler. The use of this air heater creates new problems in the use of tubular type air preheaters with leaks in the pipes in the air heater. This damage occurs as a result of flue gas friction that occurs continuously, this damage causes less than the maximum use of the air heater for the boiler. This damage caused the company to change the thickness of the water heater pipe, with this problem, the authors tried to determine the efficiency of the water heater after the replacement of the pipe with an initial diameter of 35mm with a thickness of 2.5mm obtained a convection heat transfer rate in the flow of 62547.7 J/s, conduction is 127530.49 J/s, external flow convection is 1242750.13 J/s. After a change in diameter of 37mm with a thickness of 3.5mm, the internal flow convection heat transfer rate is 69142.4 J/s, conduction is 113825.46 J/s, external flow convection is 1711397.46 J/s. After the heat transfer rate is known, the authors compare the efficiency of the pre-replacement air heater of 52.07% with the post-replacement air heater of 67.66%, so the difference in coal fuel savings is 67,347 kg/day.

Keyword : *Air Heater, Efficiency Air Heater, Heat Transfer*



RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama Recsi Febian Adiansyah dilahirkan di Riau pada tanggal 02 Februari 1998. Penulis merupakan anak kedua dari 4 bersaudara, pasangan dari Sutikno, ST. dan Mindarsih. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 006 Tualang, Riau dan Tamat pada tahun 2010. Padatahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama SMP Negeri 01 Tualang dan Tamat pada Tahun 2013. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah SMA Negeri 03 Tualang Jurusan IPA dan Tamat pada tahun 2016. Pada tahun yang sama penulis terdaftar menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh

Alhamdulillah, Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat dan hidayah Nya maka penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Yang mana sudah menjadi kewajiban yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Adapun judul tugas akhir ini ialah : **“Pengaruh Penambahan Ukuran Tebal Pipa Air Heater Terhadap Efisiensi Termal Serta Konsumsi Bahan Bakar Pada Boiler PT. Socimas Kapasitas 50T/H.”**

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis sudah berusaha semaksimal mungkin untuk melakukan penyusunan dengan sebaik-baiknya. Namun penulis menyadari bahwa keterbatasan pengetahuan dan pengalaman masih banyak kekurangan yang terdapat di dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan petunjuk dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Selama perkuliahan sampai dengan seterusnya skripsi ini penulis telah banyak menerima bantuan moral maupun material yang tidak dapat dinilai harganya. Untuk itu melalui tulisan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.kom, M.kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

3. Bapak Muhammad Idris, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Bapak Dr. Iswandi, ST., MT selaku sekretaris prodi teknik mesin.
4. Bapak Ir. Husin Ibrahim. MT., dan Bapak Muhammad Idris, ST., MT selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bantuan, saran, dan masukan.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin serta Bagian Administrasi Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
6. Bapak Rahman Selaku Pembimbing Lapangan serta Segenap Keluarga Besar PT. SOCIMAS Yang Telah Mengizinkan Melakukan Penelitian.
7. Sutikno dan Mindarsih selaku orang tua yang saya sayangi yang telah memberikan segalanya agar saya bisa menyelesaikan pendidikan saya.
8. Dianinasita, Mayland diah, Lutfi Naufal dan Yuliatul Mawaddah selaku kakak dan adik saya yang telah memberikan ide dan semangat.
9. Sahabat saya Zulpikar, Syahrinal, Arizal, Wawan, Ferdinan yang telah membantu penyelesaian tugas akhir saya.
10. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Medan Area yang solid, yang telah banyak membantu dalam pengurusan skripsi ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat, terutama bagi penulis dan semua pembaca.

Aamiin yarabbal'amin.

Medan, 11 Januari 2022

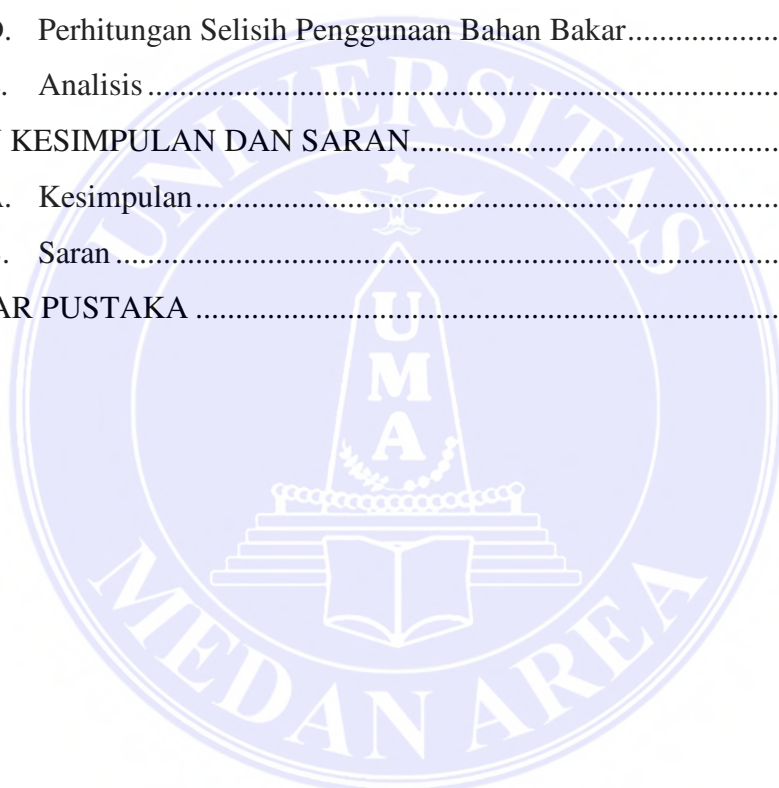
Penulis

Recsi Febian Adiansyah

DAFTAR ISI

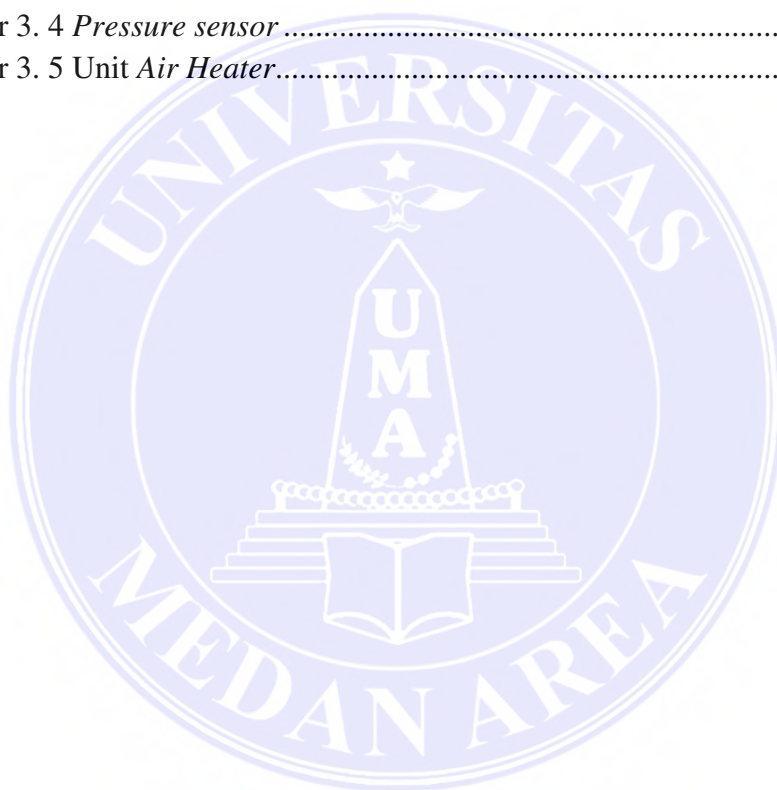
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR / SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
RIWAYAT HIDUP PENULIS	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Pengertian Boiler	4
B. Pengertian Economizer.....	6
1. Fungsi Economizer pada Efisiensi Boiler.....	7
2. Lokasi Economizer	7
3. Aliran Gas Buang pada Economizer.....	8
C. Pengertian <i>Air Heater</i>	9
1. Bagian-Bagian <i>Air Heater</i> Tubular.....	9
D. Cara Kerja <i>Air Heater</i>	11
E. Perpindahan Panas Konveksi.....	11
F. Perpindahan Panas Konduksi	13
G. Konduktivitas termal.....	14
H. Perhitungan Pembakaran Bahan Bakar Padat	14
I. X ratio	15

J. Efisiensi thermal <i>Air Heater</i>	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
A. Waktu Dan Tempat.....	17
B. Alat	18
C. Metode Penelitian	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
A. Hasil Pengambilan Data	22
B. Perhitungan Laju Perpindahan Panas Pra Dan Pasca Penggantian	23
C. Efisiensi Air Heater Pra Dan Pasca Penggantian Pipa Air Heater	33
D. Perhitungan Selisih Penggunaan Bahan Bakar.....	38
E. Analisis	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
A. Kesimpulan.....	44
B. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Boiler PT.Socimas.....	4
Gambar 2. 2 Ekonomizer	6
Gambar 2. 3 Lokasi Economizer.....	7
Gambar 2. 4 <i>Air Heater</i>	9
Gambar 2. 5 Cara Kerja <i>air heater</i>	11
Gambar 2. 6 Perpindahan Panas Konduksi	13
Gambar 3. 1 Computer Central Control Room	18
Gambar 3. 2 Jangka Sorong Digital	18
Gambar 3. 3 Rtd Temperatur sensor	19
Gambar 3. 4 <i>Pressure sensor</i>	19
Gambar 3. 5 Unit <i>Air Heater</i>	20



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Spesifikasi Air Heater	22
Tabel 4. 2 Data Operasional Pra Penggantian.....	22
Tabel 4. 3 Data operasional pasca penggantian	23
Tabel 4. 4 Tabel Konveksi Aliran Dalam	23
Tabel 4. 5 Variable Konduktivitas Pipa Pra Penggantian	25
Tabel 4. 6 variabel konveksi aliran luar pada <i>air heater</i>	26
Tabel 4. 7 Tabel Konveksi Aliran Dalam	28
Tabel 4. 8 Variable Konduktivitas Pipa Pasca Penggantian	30
Tabel 4. 9 variabel konveksi aliran luar pada <i>air heater</i>	31



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Boiler sebagai alat pembangkit uap adalah salah satu alat yang sangat penting peranannya di dalam beberapa industri. Pabrik PT.Socimas adalah salah satu industri yang memanfaatkan uap dalam proses produksinya. Uap digunakannya sebagai media pemanas pada bahan baku, turbin Alternator dan suplesi uap untuk proses produksi oleochemical[1].

PT.Socimas dilengkapi dengan dua unit boiler pipa-pipa air dengan kapasitas uap masing-masing boiler 50 ton dan 35 ton per jam, tekanan kerja rata-rata 26 bar dan temperatur sekitar 750 °C. Boiler yang digunakan adalah 2 unit Boiler CFB (Circulated Fluidizing Bed). Penggunaan Economizer maupun *Air Heater* pada boiler bertujuan untuk mengurangi jumlah kehilangan panas boiler yang akan mempengaruhi efisiensi boiler [2]. Efisiensi suatu alat di dalam suatu industri diharapkan dapat setinggi mungkin, begitu pula efisiensi Boiler pada stasiun Boiler.

Boiler CFB dengan economizer masih memiliki gas buang dengan temperatur sekitar 240°C sehingga kehilangan kalor pada boiler masih cukup tinggi. Gas buang tersebut masih dapat dimanfaatkan dengan penambahan *Air Heater*, yaitu alat untuk memanaskan udara sebelum masuk ke dalam boiler. Dengan penambahan *Air Heater* pada boiler CFB diharapkan suhu gas buang menurun temperaturnya dan efisiensi boiler akan naik. Selain itu dengan memanaskan udara pembakar terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam tungku

membantu untuk mempercepat penguapan air yang terkandung di dalam bahan bakar (khususnya bahan bakar padat) sehingga akan mempercepat berlangsungnya pembakaran bahan bakar di dalam tungku. Namun akibat berlangsungnya proses perpindahan panas yang terus sering terjadi kerusakan pada *Air Heater* khususnya pipa *Air Heater* akibat pengaruh suhu maupun gesekan oleh partikel gas buang, akibatnya perusahaan mengubah diameter pada pipa *Air Heater* dengan yang lebih tebal. Oleh karena itu penulis akan mencoba mengetahui “Pengaruh Penambahan Ukuran Tebal Pipa *Air Heater* Terhadap Efisiensi Termal Serta Konsumsi Bahan Bakar Pada Boiler PT. Socimas Kapasitas 50T/H.”

B. Rumusan Masalah

Air Heater dirancang atau dibuat dengan perhitungan-perhitungan agar tujuan penambahan *Air Heater* dapat tercapai yaitu perpindahan panas yang optimal pada unit *Air Heater*, maka dirumuskan 2 pokok permasalahan yaitu:

1. Berapa perbandingan efisiensi *Air Heater* saat sebelum dan sesudah diganti.
2. Berapa jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk mencapai suhu udara optimal *Air Heater* sesudah penggantian tebal pipa.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menghitung berapa perpindahan kalor yang terjadi pada *Air Heater* sebelum dan sesudah penggantian pipa.
2. Menghitung efisiensi *Air Heater* sesudah dan sebelum penggantian pipa
3. Menghitung laju konsumsi bahan bakar sebelum dan sesudah penggantian

pipa *Air Heater*.

D. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui hasil perpindahan panas dari penambahan tebal pipa *Air Heater* dan dapat membantu perusahaan dalam menyelesaikan masalah yang terjadi pada boiler, dan sebagai bahan pembelajaran bagi mahasiswa.
2. Mengetahui efisiensi termal dari perpindahan panas yang terjadi serta kaitannya dengan jumlah bahan bakar yang akan digunakan.

E. Batasan Masalah

1. Perpindahan panas terhadap tebal pipa *Air Heater* sebelum dan sesudah penggantian tebal pipa *Air Heater*
2. Jenis pipa *Air Heater* adalah bahan baja karbon dengan konduktifitas thermal 66,314 Watt/m °C

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Boiler

Boiler yang digunakan pada PT. Socimas merupakan boiler pipa air dengan tipe Circulate Fluidized Bed (CFB). Boiler ini menggunakan bahan bakar batubara serta berkapasitas 50T/H. Pada gambar 2.1 merupakan boiler PT. Socimas kapasitas 50T/H dengan jenis CFB (circulating fluidizing bed) menggunakan merk Wuxi Huaguang Boiler.



Gambar 2. 1. Boiler PT.Socimas.

Boiler ini merupakan mesin penukar kalor (thermal engineering) yang merubah energi –energi kimia atau energi otomis menjadi kerja melalui perantara fluida. 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. Boiler mengubah energi dari suatu bentuk ke bentuk lainnya agar dapat menghasilkan kerja[3].

Energi kalor yang dibangkitkan dalam sistem boiler memiliki nilai tekanan, temperatur, dan laju aliran yang menentukan pemanfaatan steam yang

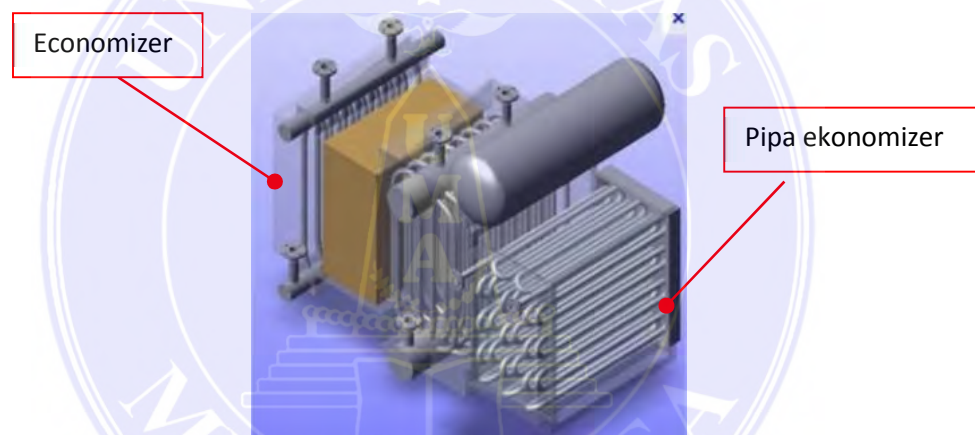
akan digunakan. Berdasarkan ketiga hal tersebut sistem boiler mengenal keadaan tekanan-temperatur rendah (low pressure/LP), dan tekanan-temperatur tinggi (high pressure/HP), dengan perbedaan itu pemanfaatan steam yang keluar dari sistem boiler dimanfaatkan dalam suatu proses untuk memanaskan cairan dan menjalankan suatu mesin (commercial and industrial boilers), atau membangkitkan energi listrik dengan merubah energi kalor menjadi energi mekanik kemudian memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik (power boilers).[4]

Pada umumnya boiler terdiri dari 2 komponen utama, yaitu :

1. Furnace (ruang bakar) sebagai alat untuk mengubah energi kimia menjadi energi panas.
2. Steam Drum yang mengubah energi pembakaran (energi panas) menjadi energi potensial steam (energi panas). Boiler pada dasarnya terdiri dari drum yang tertutup ujung dan pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air.

B. Pengertian Economizer

Economizer adalah salah satu alat yang terdapat di dalam boiler, yang berfungsi untuk menaikkan efisiensi boiler dengan cara memanfaatkan gas asap yang masih efektif untuk menaikkan temperatur air sebelum dialirkan ke cerobong. Economizer berfungsi untuk memanasi air isian ketel sampai (mendekati) titik didihnya, dengan mempergunakan gas asap yang temperaturnya tidak efektif lagi untuk menguapkan air. Dari gambar 2.2 economizer air dialirkan ke pipa-pipa didih yang berfungsi untuk menguapkan air.



Gambar 2. 2. Ekonomizer.

Konstruksi economizer terdiri dari susunan pipa-pipa, dimana air mengalir didalamnya dan menerima panas dari gas asap secara konveksi dan konduksi. Untuk memperbesar jumlah panas yang diserap air per satuan waktu.

Gas sisa pembakaran bahan bakar di dalam Boiler masih mempunyai temperatur yang cukup tinggi. Dengan melewati gas sisa pembakaran melalui pipa-pipa Economizer maka akan terjadi transfer panas yang akan diserap oleh

pipa-pipa Economizer dan panas tersebut diteruskan kedalam air pengisi Boiler yang terdapat di dalam pipa-pipa Economizer

1. Fungsi Economizer pada Efisiensi Boiler

Dengan meningkatnya temperatur keluar dari Economizer maka temperatur air pada Boiler drum juga akan tinggi. Jika air dalam Boiler drum sudah tinggi maka akan diperlukan kalor yang lebih sedikit untuk merubah air menjadi uap sesuai dengan jumlah yang telah direncanakan. Kebutuhan kalori yang lebih sedikit tentu akan berdampak dengan berkurangnya penggunaan bahan bakar. Dengan Meningkatnya Efisiensi pada suatu Boiler, maka akan membuat biaya pengeluaran perusahaan juga akan menjadi lebih ekonomis dalam hal mengurangi pembelian bahan bakar Boiler.

2. Lokasi Economizer

Gambar 2.3 yang ditunjukkan panah diatas merupakan letak economizer. Biasanya Economizer pada Boiler terdiri dari beberapa tingkat, dan antara Economiser tingkat satu dengan lainnya di pisahkan oleh ruangan yang berisi Soot Blower untuk membersihkan pipa-pipa Economizer dari kotoran atau debu-debu yang menempel pada pipa-pipa Economizer bagian luar, pada bagian panah merupakan economizer yang terletak pada bagian sebelah kiri dari PLTU..



Gambar 2. 3. Lokasi Economizer.

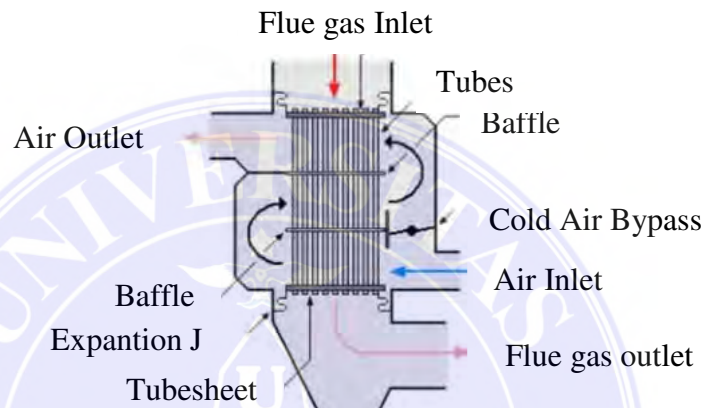
Untuk menghubungkan Economiser tingkat satu dengan tingkat lainnya, Economiser biasanya dihubungkan oleh sebuah Header yang berfungsi sebagai pengumpul air dan juga untuk memudahkan pemeliharaan Economiser oleh pihak maintenance apabila terjadi kerusakan pada pipa-pipa Ekonomizer. Beberapa Manhole juga terdapat di dinding Boiler diantara lapisan Economizer satu dan Lainnya yang berfungsi sebagai lubang masuk manusia untuk mengecek keadaan pipa-pipa Economizer pada saat Shutdown Boiler.

3. Aliran Gas Buang pada Economizer

Gas buang pembakaran Boiler akan melewati Economizer pada bagian luar pipa Economizer. Pembakaran di dalam Boiler disamping menghasilkan Panas juga akan menghasilkan gas buang yang akan di buang ke Atmosfir. Aliran gas buang pembakaran di ruang bakar akan melewati Komponen Boiler seperti Superheater, Economizer, *Air Heater*, ESP, FGD, Cerobong baru ke Atmosfir. Gas sisa pembakaran Boiler akan melewati superhaeater dan diteruskan ke bagian outlet Economizer baru menuju ke bagian Inlet Economizer sebelum menuju ke *Air Heater*.

C. Pengertian Air Heater

Air Heater (APH) type *Tubular* pada gambar 2.4 merupakan peralatan PLTU yang berfungsi sebagai pemanas awal udara baik udara primer (Primary air) maupun sekunder (Secondary air), sampai ke tingkat temperatur tertentu sehingga dapat terjadi pembakaran optimal dalam boiler



Gambar 2. 4. *Air Heater*.

. Dalam prosesnya, *air heater* ini menggunakan gas buang (flue gas) hasil pembakaran di boiler sebagai sumber panasnya, kemudian mentransfer panas tersebut ke aliran udara panas yang mengalir kedalam pipa. Perbedaan udara dingin yang dihembuskan sekeliling pipa akan membawa panas dari udara panas yang mengalir didalam pipa sehingga udara keluaran *air heater* akan mencapai suhu panas optimal.

1. Bagian-Bagian *Air Heater* Tubular

1. Tubes

Tube/ Pipa berbahan baja karbon yang terbagi menjadi 2 bagian Pipa ini berfungsi untuk menyalurkan udara panas dan juga sebagai media kontak untuk

memindahkan panas. Pipa tersebut tersusun dalam ruangan yang memiliki sambungan duct di kedua sisinya satu sisi di aliri gas buang, sisi lain berisi udara baik primer maupun sekunder. Saat Udara panas mengalir bagiannya memasuki saluran gas buang dan menyerap energi panas yang terkandung di dalamnya sedangkan setengah bagian yang lain mentransfer panas dari Tube ke udara pada sisi saluran udara sehingga menghasilkan udara panas yang selanjutnya akan dipasok ke furnace.

2. Baffle / Sekat

Sekat digunakan untuk membelokan atau membagi aliran dari fluida dalam alat penukar panas. Untuk menemukan sekat diperlukan pertimbangan teknis dan operasional. Macam-macam baffle yaitu :

1. Horizontal cut baffle

Baik untuk semua fasa gas atau fasa liquid dalam shell baik ada dissolved gas dalam liquid yang dapat dilepaskan heat exchanger maka perlu diberi 'notches' dalam baffle.

2. Vertical cut baffle

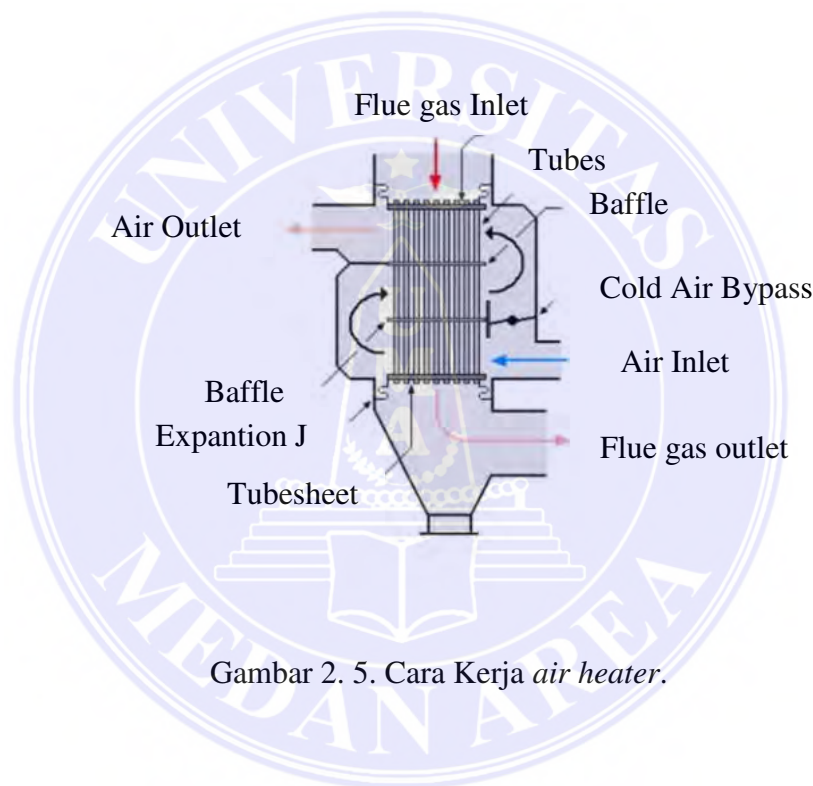
Baik untuk liquid yang membawa suspended matter atau yang heavy fouling fluida

3. Shell

Shell merupakan rumah dari pipa Air Heater, merupakan tempat melekatnya semua bagian bagian dari Air Heater. Shell biasanya berbentuk tabung atau persegi.

D. Cara Kerja Air Heater

Pada gambar 2.5 menunjukkan alur cara kerja *air heater* yaitu menukar udara panas hasil sisa pembakaran yang keluar dari economizer dengan memasukkannya ke dalam tubes. Udara panas didalam tubes yang panas akan melakukan bidang kontak dengan udara dingin yang dimasukkan melalui air inlet. Udara dari air inlet akan menyerap kalor dari udara panas didalam tubes sehingga suhu udara setelah keluar *Air Heater* akan naik.



Gambar 2. 5. Cara Kerja *air heater*.

E. Perpindahan Panas Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan panas yang terjadi antara permukaan benda padat dengan fluida yang mengalir di sekitarnya. Perpindahan energi yang terjadi pada konveksi merupakan perpindahan energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan juga gerakan menyampur. Perpindahan panas konveksi diklasifikasikan dalam konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*) menurut cara menggerakkan alirannya. Bila

gerakan mencampur berlangsung semata-mata sebagai akibat dari perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh gradien suhu, maka konveksi tersebut merupakan konveksi bebas atau alamiah. Bila gerakan mencampur disebabkan oleh suatu alat dari luar, seperti pompa atau kipas, maka hal itu disebut sebagai konveksi paksa.

Laju perpindahan panas dengan cara konveksi dapat dihitung dengan hubungan

di mana :

$$q_c = h A \Delta T \dots\dots\dots(2.1)$$

q_c = laju perpindahan panas konveksi (J/s)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m²K)

A = luas perpindahan panas (m²)

ΔT = beda antara suhu permukaan dan suhu fluida (K)

Untuk mencari (h) maka dapat dicari dengan mencari bilangan reynold dengan persamaan sebagai berikut :

$$Re = \frac{V_{udara} \times L_{pipa}}{\nu} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Nu = 0.023 \times Re^{0.8} \times Pr^{0.3} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$A = \pi \times D \times L \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

Re = Bilangan reynold

V_{udara} = kecepatan udara yang mengalir (m/s)

L_{pipa} = Panjang pipa yang mengalami perpindahan panas (m)

Nu = Nusselt Number

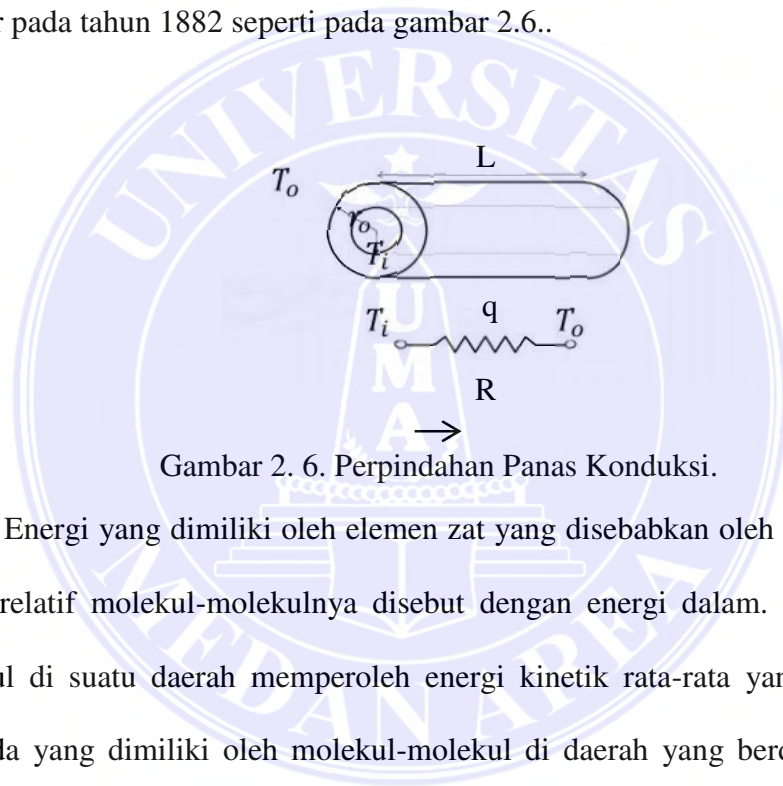
Pr = Prandtl Number

A = Luas area penampang pipa (m^2)

D = Diameter pipa (m)

F. Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi adalah satu-satunya mekanisme perpindahan panas yang mana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Hubungan dasar untuk perpindahan panas konduksi disusulkan oleh ilmuwan Perancis, J.B.J. Fourier pada tahun 1882 seperti pada gambar 2.6..



Gambar 2. 6. Perpindahan Panas Konduksi.

Energi yang dimiliki oleh elemen zat yang disebabkan oleh kecepatan dan posisi relatif molekul-molekulnya disebut dengan energi dalam. Bila molekul-molekul di suatu daerah memperoleh energi kinetik rata-rata yang lebih besar daripada yang dimiliki oleh molekul-molekul di daerah yang berdekatan, maka molekul-molekul yang memiliki energi yang lebih besar itu akan memindahkan sebagian energinya kepada molekul-molekul di daerah yang bersuhu lebih rendah[5].

Kita katakan bahwa energi berpindah secara konduksi (*conduction*) atau hantaran dan bahwa laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradien suhu normal :

$$\frac{q}{A} = \frac{dT}{dX}$$

Hubungan ini menyatakan bahwa qk , laju aliran perpindahan panas konduksi dalam suatu bahan, sama dengan persamaan berikut:

$$qk = -k A \frac{dt}{dx} \dots\dots\dots(2.5)$$

di mana :

qk = laju aliran perpindahan panas konduksi (J/s)

k = konduktivitas termal (W/m²K)

A = luas permukaan (m²)

$\frac{dt}{dx}$ = gradien suhu pada permukaan (K/m²)

G. Konduktivitas termal

Tetapan kesebandingan (k) adalah sifat fisik bahan atau material yang disebut konduktivitas termal. merupakan persamaan dasar tentang konduktivitas termal. Berdasarkan rumusan itu maka dapatlah dilaksanakan pengukuran dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas termal berbagai bahan. Pada umumnya konduktivitas termal itu sangat tergantung pada suhu[6].

H. Perhitungan Pembakaran Bahan Bakar Padat

Berdasarkan SPLN N0.8 tahun 1989 persamaan yang digunakan untuk menghitung konsumsi spesifik bahan bakar adalah sebagai berikut :

$$HHV = (33950 \times C) + 144200 \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + (9400 \times S) \text{ kJ/kg} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$LHV = HHV - 2400(H_2O + 9H_2) \text{ kJ/kg} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$Q_u = \dot{m} \times C_p \text{ gas} \times (TA, Out - TA, in) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

HHV = High Heating Value (kJ/kg)

LHV = Low Heating Value (kJ/kg)

Q_u = Selisih Penggunaan Bahan Bakar (kg/s)

$C_p \text{ gas}$ = Massa Jenis Gas

TA, Out = Suhu Keluar Dari Air Heater (°C)

TA, in = Suhu Masukan Air Heater (°C)

Bersarnya efisiensi thermal tergantung beban, makin tinggi beban makin besar efisiensi. Efisiensi thermal unit adalah prentase keluaran energy terhadap masukan kalor.[7]

I. X ratio

Nilai x-ratio adalah bilangan tak berdimensi yang berarti nilai perbandingan antara kapasitas kalor sisi fluida dingin yang melewati *Air Heater* dengan nilai kapasitas kalor yang fluida panas yang melewati *Air Heater*. Seiring berjalannya waktu, nilai x-ratio juga ikut turun seperti halnya efisiensi termal. Nilai x-ratio dapat dihitung dengan persamaan :

$$x\text{-Ratio} = \frac{tg1 - tg2NL}{tg1 - ta1} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

C udara = Kapasitas Kalor Sisi Udara (watt/°C)

- C gas = Kapasitas Kalor Sisi Gas (watt/°C)
- $m^{\circ} a tot$ = Laju Aliran Udara Total Primer Dan Sekunder (kg/s)
- CPa := Kalor Spesifik Rata-Rata Pada Sisi Udara (J/kg°C)
- $m^{\circ} g$ = Laju Aliran Gas Yang Mengalir Pada APH (kg/s)
- CPg = Kalor Spesifik Rata-Rata Pada Sisi Gas (J/kg°C)
- tg1 = Temperature Gas Masuk Aph (°C)

J. Efisiensi thermal Air Heater

Efisiensi termal adalah nilai perbandingan antara perpindahan panas yang terjadi secara nyata pada waktu tertentu dengan nilai perpindahan panas sempurna secara teoritis. Dalam prakteknya, nilai efisiensi ini tidak mungkin sempurna 100% karena dalam perpindahan panas pasti akan terjadi kebocoran, kehilangan panas ke suhu lingkungan, dan lain sebagainya[8]. Selain itu, elemen pemindah panas juga memiliki tahanan yang juga dapat menghambat perpindahan panas yang terjadi. Seiring berjalannya waktu, tahanan pada elemen pemindah panas bisa saja terus naik sehingga menurunkan efisiensi perpindahan panasnya. Nilai efisiensi perpindahan panas pada *Air Heater* dapat dicari dengan persamaan :

$$\eta_g = \frac{tg1 - tg2NL}{tg1 - ta1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

- η : Efisiensi termal sisi gas buang (%)
- t_{\square} : Temperatur gas masuk APH (°C)
- $t_{\square}NL$: Temperatur gas keluar *AIR HEATER* dengan koreksi pada kondisi tidak ada kebocoran udara
- t_{\square} : Temperatur udara rata-rata masuk APH (°C)

BAB III METODE PENELITIAN

A. Tempat Dan Waktu

1. Tempat

Tempat penulis melakukan penelitian dilaksanakan di PT. SOCI MAS OLEOCHEMICAL Jl. Pulau Irian No. 2, Kawasan industri Medan, Saentis – Percut Sei Tuan, Deli Serdang – 20371, Sumatera Utara.

2. Waktu

Penelitian ini dilakukan mulai 1 Februari – 19 Februari 2021 pengambilan data di PT. SOCI MAS OLEOCHEMICAL pada setiap hari senin – jumat.

Aktifitas	2021 - 2022																																			
	Mar.				Mei.				Sep.				Agu.				Sep.				Feb.				Agu.				Sep.				Jan.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan																																				
Judul																																				
Penyelesaian																																				
Proposal																																				
Seminar																																				
Proposal																																				
Pengumpulan																																				
Data																																				
Analisis data																																				
Penyelesaian																																				
Laporan																																				
Seminar Hasil																																				
Sidang Sarjana																																				

B. Alat

1. Komputer Central Control Room

Komputer digunakan untuk mengetahui suhu udara, tekanan pada alat air heater. Pada gambar 3.1 merupakan computer central control room dimana pengoperasian tersedia opsi data dan perintah yang diperlukan untuk menjalankan air heater sehingga dapat berfungsi semestinya.



Gambar 3. 1. Computer Central Control Room.

2. Jangka Sorong Digital

Jangka sorong digunakan untuk mengetahui diameter dari pipa Air Heater secara rinci. Untuk mengetahui tebal dari pipa Air Heater maka kita harus mencari diameter luar lalu dikurangi dengan diameter dalam sehingga kita mendapatkan tebal pipa Air Heater



Gambar 3. 2. Jangka Sorong Digital.

Jangka sorong yang digunakan penulis pada gambar 3.2 merupakan jangka sorong digital dengan ketelitian 0.01 mm.

3. Rtd Temperatur sensor

Rtd Temperatur sensor digunakan untuk mengetahui suhu dari air heater yang akan diteliti, Rtd temperature sensor pada gambar 3.3 merupakan alat yang akan membaca suhu sehingga didapatkan besaran suhu untuk ditampilkan pada layar monitor pada computer control room.



Gambar 3. 3. Rtd Temperatur sensor.

4. *Pressure sensor*

Pressure sensor digunakan untuk mengetahui tekanan dari suatu alat uji, pada gambar 3.4 merupakan pressure sensor yang dapat bekerja pada rentang tekanan 0-100 Mpa. nilai besaran yang didapatkan pressure sensor tadi akan diubah menjadi impuls listrik dan diteruskan ke computer control sehingga dapat diketahui tekanannya.



Gambar 3. 4. *Pressure sensor*.

5. Unit *air heater*

Pada gambar 3.5 merupakan casing *air heater*, dimana didalamnya tersusun dari 1225 pipa baja yang saling tertumpuk, kegunaan dari *air heater* yaitu untuk memanaskan udara awal yang akan masuk kedalam boiler.



Gambar 3. 5. Unit Air Heater.

C. Metode Penelitian

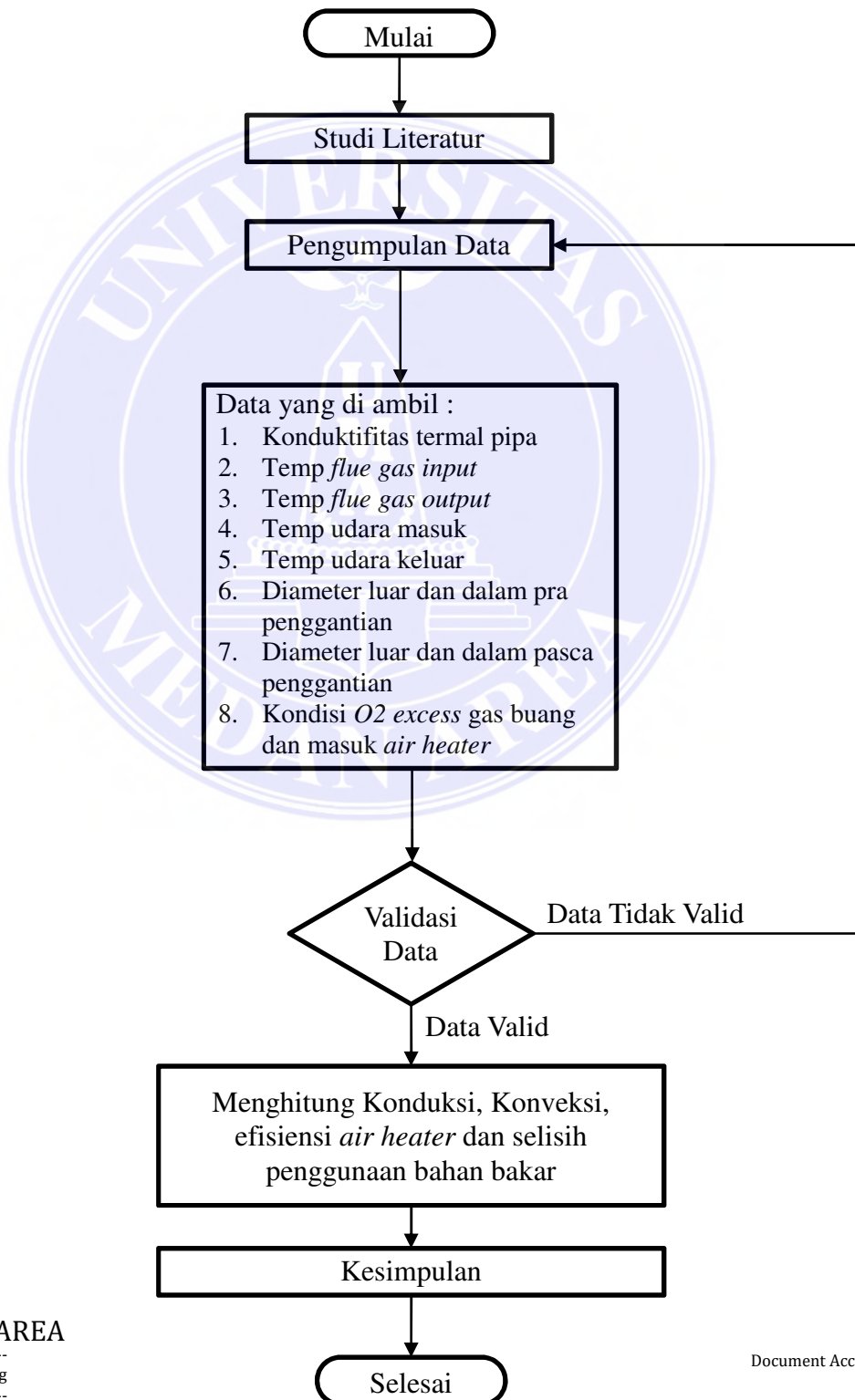
Pada penelitian ini menggunakan metode langsung yaitu mengambil data pipa dan suhu pada *Air Heater* secara langsung. Untuk mengetahui efisiensi termal metode yang dipakai memerlukan output (udara keluaran) dan input (udara masuk). Dari data tadi diambil konsumsi bahan bakar normal untuk mengetahui pengaruhnya terhadap penambahan jumlah bahan bakar yang diperlukan.

Untuk penyusunan skripsi ini penulis menganalisa dengan metode langsung dimana penulis mengambil data langsung dilapangan meliputi :

- a. Konduktifitas thermal pipa ($W/m\ ^\circ C$)
- b. Temperature *flue gas input* ($^\circ C$)
- c. Temperatur *flue gas output* ($^\circ C$)
- d. Temperature udara input ($^\circ C$)
- e. Temperature udara output ($^\circ C$)

- f. Diameter luar dan dalam pipa *Air Heater* lama (Cm)
- g. Diameter luar dan dalam pipa *air heater* pasca penggantian (Cm)
- h. Kondisi *O2 excess* gas buang masuk dan keluar *Air Heater*

Diagram alir dibawah ini menunjukkan langkah – langkah dalam menyelesaikan penelitian ini



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

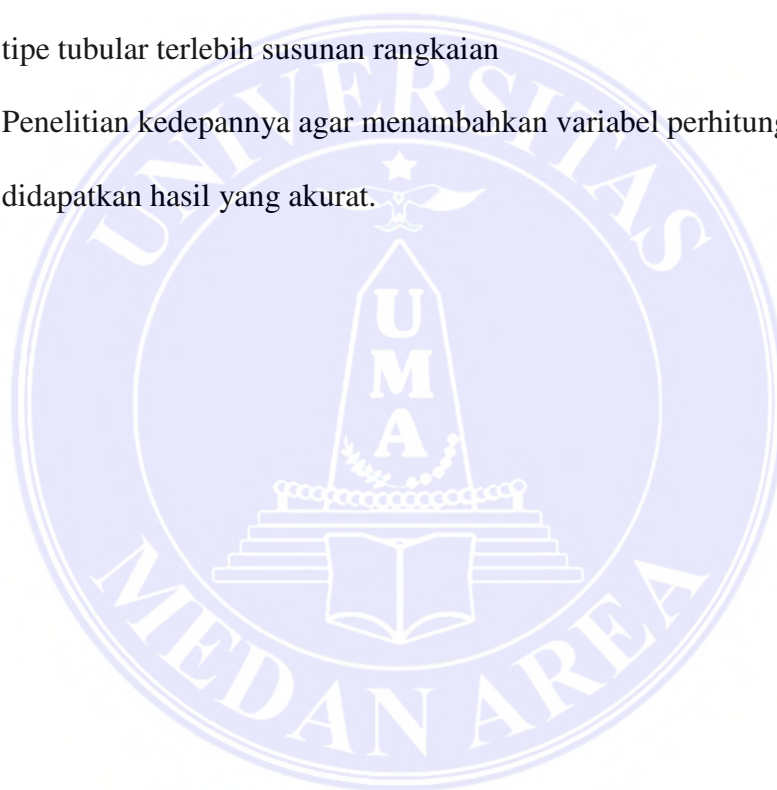
A. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat penulis dari penelitian dan perhitungan sebagai berikut :

1. Perpindahan panas konduksi pada tebal pipa 0.025m didapatkan 127,53 kJ/s, serta tebal 0,035 sebesar 113,82 kJ/s sehingga mengalami penurunan 10,75 %. Untuk konveksi dalam pada pra penggantian didapatkan 62547,7 kJ/s serta pasca penggantian sebesar 69142,4 sehingga mengalami kenaikan sebesar 9,54%. Untuk konveksi luar pra penggantian didapatkan 1242,750 kJ/s serta pasca penggantian sebesar 1711,397 kJ/s sehingga mengalami kenaikan sebesar 37,71%
2. Pengolahan data operasional pengoperasian *air heater* baik pra penggantian maupun pasca penggantian didapatkan bahwa *air leakage* yang terjadi sebanyak 17,89 Efisiensi thermal *air heater* pra penggantian didapatkan sebesar 52,07%, dan untuk pasca penggantian didapatkan *air leakage* 5,29% serta efisiensi termal sebesar 67,55%,
3. Penggunaan batu bara sebagai bahan bakar pengoperasian boiler harian didapatkan total 55.785,84 kg/ hari. Setelah penggantian maka penggunaan batu bara menurun menjadi 55.718,493 kg/hari, sehingga didapatkan selisih penghematan sebesar 67,347 kg/hari

B. Saran

1. Dari hasil penelitian yang dilakukan penulis bahwa pipa *air heater* pasca penggantian masih terjadi kebocoran sebesar 5,29% sehingga disarankan agar pihak PT. Socimas mengecek kembali sambungan pipa agar tidak terjadi kebocoran lagi.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik *air heater* tipe tubular terlebih susunan rangkaian
3. Penelitian kedepannya agar menambahkan variabel perhitungan agar didapatkan hasil yang akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ministry of Industry of Indonesia, “Profil Industri Oleokimia Dasar dan Biodiesel,” 2014.
- [2] M. Mulyono and A. Roihatin, “Analisis Pengaruh Penggantian Heating Element Terhadap Kinerja *AIR HEATER* Type Ljungstrom Di PLTU Jateng 2 Adipala 1×660 MW,” *Eksergi*, vol. 15, no. 2, p. 42, 2019, doi: 10.32497/eksergi.v15i2.1505.
- [3] H. Hendaryati, “Analisis Efisiensi Termal Pada Ketel Uap Di Pabrik Gula Kebonagung Malang Heni Hendaryati,” *J. Gamma*, Vol. 8, No. September, Pp. 148–153, 2012.
- [4] C. Anam, “Analisa Peningkatan Efisiensi Direct-Fired Heater,” *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 2, no. 2, pp. 51–56, 2018, doi: 10.31543/jtm.v2i2.95.
- [5] M. Syahrir, “Kalor Selongsong Aliran Searah Vertikal,” vol. 01, no. 02, pp. 30–35, 2016.
- [6] Suswanto, Mustaqim, and A. Wibowo, “Heat Transfer in Double Pipe Heat Exchanger with Four-Elbow Shaped Fins,” *Eng. J. Bid. Tek.*, vol. 10, no. 1, pp. 47–53, 2015.
- [7] L. T. Uap, S. Kasus, D. I. Pt, I. Power, P. Konsumsi, and S. Bahan, “A1-35,” no. 2, pp. 34–37, 2009.
- [8] W. D. S, E. I. Hardiansyah, and M. Ivanto, “Analisis Perhitungan Efisiensi Boiler Kapasitas 55 Ton / Jam di PT PT . PJB Pembangkit Jawa Bali PLTU Ketapang 2X10 MW,” pp. 3–7, 2017.



UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate/Jalan PBSI Nomor 1 ☎(061) 7366878, 7360168, 7364348, 7366781, Fax.(061) 7366998 Medan 20223
Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A, ☎ (061) 8225602, Fax. (061) 8226331 Medan 20122
 Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 163/FT.3/01.10/XI/2020

17 November 2020

Lamp : -

H a l : **Penelitian Dan Pengambilan Data Tugas Akhir**

Yth. Pimpinan PT. SOCIMAS
 Jl Pulau Irian Kawasan Industri Medan No.2, Deli Serdang
 Di
 Sumatera Utara

Dengan hormat,

Kami mohon kesediaan Bapak/Ibu berkenan untuk memberikan izin dan kesempatan kepada mahasiswa kami tersebut dibawah ini :

NO	N A M A	N P M	PRODI
1	Recesi Febian Adiansyah	168130018	Teknik Mesin

Untuk melaksanakan Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir pada perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu Pimpin.

Perlu kami jelaskan bahwa Pengambilan Data tersebut adalah semata-mata untuk tujuan ilmiah dan Skripsi yang merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa tersebut untuk mengikuti ujian sarjana lengkap pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan tidak untuk dipublikasikan, dengan judul penelitian :

Pengaruh Penambahan Ukuran Tebal Pipa Air Heater Terhadap Efisiensi Termal Serta Konsumsi Bahan Bakar Pada Boiler PT. SOCIMAS Kapasitas 50 T/H.

Atas perhatian dan kerja sama yang baik diucapkan terima kasih.



Dekan,

Grace Yuswita Harahap
 Dr. Grace Yuswita Harahap, ST, MT

Tembusan :

1. Ka. BAMAI
2. Mahasiswa
3. File

Deli Serdang, 9 Maret 2021

No. : 046 /HR/III/2021

Hal : Selesai Riset Tugas Akhir

Kepada Yth :

Ibu Dr. Grace Yuswita Harahap

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

Di Tempat

Dengan Hormat,

Sesuai dengan surat permohonan No. 163/FT.3/01.10/XI/2020 tertanggal 17 November 2020 tentang Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir dengan judul "Pengaruh Penambahan Ukuran Tebal Pipa Air Heater Terhadap Efisiensi Termal Serta Konsumsi Bahan Bakar Pada Boiler PT. Socimas Kapasitas 50T/H". Untuk itu diinformasikan bahwa mahasiswa atas nama:

No.	Nama	NIM	Program Studi
1	Recsi Febian Adiansyah	168130018	Teknik Mesin

Telah selesai melakukan riset secara online pada:

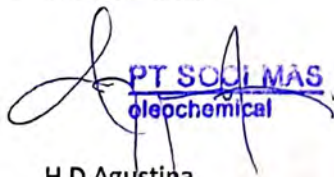
Hari/tgl : 01 Februari 2021 – 19 Februari 2021

Pukul : 08.00 – 16.00 wib

Departemen : *Utility*

Demikian Kami Sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Hormat Kami,



PT SOCI MAS
oleochemical

H D Agustina

Head of HR

PT Soci Mas

Jl. Pulau Irian No. 2, Kawasan Industri Medan
Saentis-Percut Sei Tuan, Deli Serdang 20371, Indonesia

+62 61 6851 582

www.sinar-mas-oleochemical.com asksales@sinar-mas-agri.com

[pt-smart-tbk](https://www.linkedin.com/company/pt-smart-tbk) [@SMART_SinarMas](https://twitter.com/SMART_SinarMas) [@sinar-mas_agri](https://www.instagram.com/sinar-mas-agri)

[@SMARTSinarMasagri](https://www.facebook.com/SMARTSinarMasagri) [Sinar Mas Agribusiness and Food](https://www.youtube.com/SinarMasAgribusinessandFood)

Access From (repository.uma.ac.id)10/6/22

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area