

# TUGAS AKHIR

## ANALISA EFEKTIVITAS *ECONOMIZER* PLTU UNIT 4 BELAWAN

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**RIDHO AKBAR LUBIS**  
**2207230170P**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ridho Akbar Lubis  
NPM : 2207230170P  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Analisa Efektivitas *Economizer* PLTU Unit 4  
Belawan  
Bidang ilmu : Manufaktur dan Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 Agustus 2024


Mengetahui dan menyetujui:

Penguji I



Chandra A Siregar, S.T., M.T

Penguji II



Dr. Sudirman Lubis, MT

Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



Chandra A Siregar, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang beranda tangan di bawah ini :

Nama lengkap : Ridho Akbar Lubis  
Tempat/tanggal lahir : Medan 13 Juni 1988  
Npm : 2207230170P  
Fakultas : Teknik  
Program studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

### **“ANALISA EFEKTIVITAS *ECONOMIZER* PLTU UNIT 4 BELAWAN”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lainnya, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik. Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya. Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin/Elektro/Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 Agustus 2024  
Saya yang menyatakan,



  
Ridho Akbar Lubis

## ABSTRAK

*Economizer* merupakan salah satu komponen penting dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang berfungsi untuk memanaskan air pengisi boiler sebelum masuk ke dalam boiler. Efisiensi dan *efektivitas economizer* memiliki peran yang signifikan dalam menentukan performa keseluruhan PLTU. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas *economizer* PLTU Unit 4 Belawan, baik berdasarkan data desain awal maupun data aktual operasional.

Metode penelitian yang digunakan adalah menganalisis data-data operasional PLTU Unit 4 Belawan terkait dengan kinerja *economizer*. Data yang digunakan meliputi data temperatur air masuk *economizer*, temperatur air keluar *economizer*, serta data pembebanan PLTU. Dari data tersebut, dihitung nilai efektivitas *economizer* pada berbagai tahun, yakni tahun 1989, 2000, 2005, 2010, 2015, dan 2020.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan efektivitas *economizer* secara signifikan dari tahun ke tahun. Pada tahun 1989, efektivitas *economizer* mencapai 58,1%, namun terus menurun menjadi 61,6% pada tahun 2000, 58% pada tahun 2005, 48,5% pada tahun 2010, 35,5% pada tahun 2015, dan 34,5% pada tahun 2020. Hal ini mengindikasikan adanya penurunan kinerja *economizer* PLTU Unit 4 Belawan yang perlu mendapat perhatian dan tindakan perbaikan.

Kata kunci: Efektivitas, *Economizer*, PLTU Unit 4 Belawan

## **ABSTRACT**

*The economizer is an important component in a steam power plant (PLTU) system that functions to preheat the boiler feed water before it enters the boiler. The efficiency and effectiveness of the economizer play a significant role in determining the overall performance of the PLTU. This study aims to analyze the effectiveness of the economizer in PLTU Unit 4 Belawan, based on both the initial design data and the actual operational data.*

*The research method used is to analyze the operational data of PLTU Unit 4 Belawan related to the performance of the economizer. The data used includes the inlet water temperature of the economizer, the outlet water temperature of the economizer, and the PLTU load data. From this data, the economizer effectiveness value is calculated for various years, namely 1989, 2000, 2005, 2010, 2015, and 2020.*

*The results of the study indicate that there has been a significant decrease in the effectiveness of the economizer from year to year. In 1989, the economizer effectiveness reached 58.1%, but continued to decline to 61.6% in 2000, 58% in 2005, 48.5% in 2010, 35.5% in 2015, and 34.5% in 2020. This indicates a decrease in the performance of the economizer in PLTU Unit 4 Belawan, which requires attention and corrective action.*

*Keywords: Effectiveness, Economizer, PLTU Unit 4 Belawan*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini dengan judul “*Analisa Efektivitas Economizer PLTU Unit 4 Belawan*”.

Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ditujukan kepada pembimbing bapak Khairul Umurani, S.T., M.T
2. Ditujukan kepada ketua dan sekretaris Prodi Teknik Mesin.
3. Ditujukan kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
5. Orang tua saya Semoga Allah merahmati mereka berdua.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 20 Agustus 2024

Ridho Akbar Lubis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>x</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	1
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Alat Penukar Kalor	3
2.2. Alat Penukar Kalor Langsung	3
2.3. Alat Penukar Kalor Tidak Langsung	4
2.4. Alat Penukar Kalor Yang Mengakibatkan Perubahan Fasa	4
2.5. Alat Penukar Kalor Yang Tidak Mengakibatkan Perubahan Fasa	4 5
2.6. Klasifikasi APK Menurut Jenis Aliran	5
2.6.1. Tipe Aliran Searah	5
2.6.2. Tipe Aliran Berlawanan Arah	5
2.6.3. Tipe Aliran Menyalang	5
2.7. Klasifikasi APK Menurut Jenis Lajuan	6
2.7.1. APK 1-1 Lajuan	6
2.7.2. APK 1-2 Lajuan	7
2.7.3. APK 2-4 Lajuan	7
2.8. Klasifikasi APK Menurut Kerapatan Permukaan	8
2.8.1. <i>Compact Heat Exchanger</i>	8
2.8.2. <i>Finned Circular Tubes</i>	9
2.8.3. <i>Plate Finned Tube</i>	10
2.8.4. <i>Shell And Tube</i>	10
2.9. Jenis-jenis Penukar Kalor	13
2.9.1 <i>Chiller</i>	13
2.9.2 <i>Kondensor</i>	14
2.9.3 <i>Cooler</i>	14
2.9.4 <i>Heat Exchanger</i>	14
2.9.5 <i>Reboiler</i>	14
2.9.6 <i>Heater</i>	15
2.9.7 <i>Thermosiphon dan Forced Circulation Reboiler</i>	15
2.9.8 <i>Steam Generator</i>	15

2.9.9	<i>Waste Heat Boiler</i>	15
2.9.10	<i>Superheater</i>	16
2.9.11	<i>Evaporator</i>	16
2.9.12	<i>Vaporiser</i>	16
2.9.13	<i>Economizer</i>	16
2.10.	Susunan Untuk Tube	16
2.10.1	Tube Dengan Susunan Bujur Sangkar Diputar 45°	17
2.10.2	Tube Dengan Susunan Segitiga	17
2.10.3	Tube Dengan Susunan Bujur Sangkar	18
2.10.4	Tube Dengan Susunan Segitiga Diputar	18
2.11.	Efektivitas Perpindahan Kalor	19
2.11.1	LMTD	19
2.11.2	Metode NTU-Efektivitas	20
2.11.3	Persamaan Keseimbangan Energi	21
2.11.4	Sifat-sifat Fluida	22
<b>BAB 3</b>	<b>METODELOGI PENELITIAN</b>	<b>23</b>
3.1	Tempat dan Waktu	23
3.1.1	Waktu Penelitian	23
3.1.2	Tempat Penelitian	23
3.2	Geometri Alat Penukar Kalor	23
3.3	Diagram Alir Penelitian	27
3.4	Prosedur Penelitian	29
3.5	Metode Penelitian	30
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>31</b>
4.1	Analisa Efektivitas <i>Economizer</i>	31
1.	LMTD (Log Mean Temperatur Difference)	31
2.	NTU ( <i>Number of Transfer Unit</i> )	32
3.	Efektivitas Perpindahan Panas <i>Economizer</i>	36
4.2	Faktor Pengotoran Permukaan ( <i>Fouling</i> )	39
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>44</b>
5.1	Kesimpulan	44
5.2	Saran	44
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>45</b>
	<b>Lampiran 1. Data Operasional PLTU 4 Belawan</b>	
	<b>Lampiran 2. SK Pembimbing</b>	
	<b>Lampiran 3. Lembar Asistensi</b>	



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Kegiatan Penelitian	23
Tabel 4.1 Data Teknik Manufaktur	31
Tabel 4.2 Sifat-sifat Gas/Udara	33
Tabel 4.3 Sifat-sifat Fluida Dingin	34
Tabel 4.4 Faktor Koreksi	35
Tabel 4.5 Hasil Analisa Efektivitas <i>Economizer</i>	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Distribusi Temperatur Panjang/Luas Tabung APK Langsung Aliran Fluida Searah	3
Gambar 2.2. Distribusi Temperatur Panjang/Luas Tabung APK Langsung Aliran Fluida	4
Gambar 2.3. APK Aliran Searah	5
Gambar 2.4. APK Aliran Berlawanan	5
Gambar 2.5. APK Aliran Menyilang	6
Gambar 2.6. APK 1-1 Laluan	6
Gambar 2.7. APK 1-2 Laluan Aliran Searah Menyilang	7
Gambar 2.8. APK 1-2 Laluan Dengan Aliran Menyilang Searah	7
Gambar 2.9. APK 2-4 Laluan	8
Gambar 2.10. Penggunaan <i>Compact Heat Exchanger</i> Pada <i>Economizer</i>	9
Gambar 2.11. <i>Individually</i> dan <i>Continously Finned Tube</i>	9
Gambar 2.12. <i>Plate Finned Tube</i>	10
Gambar 2.13. APK Tipe <i>CFU</i>	11
Gambar 2.14. Bagian-bagian Dari APK Berdasarkan TEMA	12
Gambar 2.15. APK Tipe <i>AES</i>	12
Gambar 2.16. APK Tipe <i>CFU</i>	13
Gambar 2.17. Susunan Tube Bujur Sangkar Diputar 45°	17
Gambar 2.18. Susunan Tube Segitiga Diputar 30°	17
Gambar 2.19. Susunan Tube Bujursangkar	18
Gambar 2.20. Susunan Tube Segitiga Diputar	18
Gambar 2.21. Penukar Kalor Pipa Ganda Dan Jaringan Tahanan Termal	19
Gambar 2.22. Profil Suhu Untuk Aliran Sejajar dan Lawan Arah	20
Gambar 3.1. Alarm Flue Gas Temperature Maximum	25
Gambar 3.2. Siklus Air dan Uap Unit 4 PLTU Belawan	26
Gambar 3.3. Siklus Udara & Gas PLTU Unit 4 Belawan	27
Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.5. Siklus Fluegas PLTU Unit 4 Belawan	30
Gambar 4.1. $\Delta T$ APK Aliran Berlawanan Arah	32
Gambar 4.2. Grafik <i>LMTD</i> dan <i>Efektivitas Economizer</i>	38
Gambar 4.3. <i>Grafik NTU dan Faktor Koreksi</i>	38
Gambar 4.4. <i>Tube-tube Primary Superheater</i>	39
Gambar 4.5. <i>Tube-tube Secondary Superheater</i>	40
Gambar 4.6. <i>Tube-tube economizer sisi atas (Outlet feedwater)</i>	40
Gambar 4.7. <i>Tube-tube header economizer (sisi bawah/inlet feedwater)</i>	41
Gambar 4.8. <i>Elemen heat Air Preheater</i>	41

## DAFTAR NOTASI

F = Gaya (N)

a = Percepatan ( $m/s^2$ )

# BAB 1.

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PLTU unit 4 Pembangkitan Belawan merupakan salah satu bagian dari unit pembangkit yang ada di PT. PLN NUSANTARA POWER UPDK Belawan yang telah terinterkoneksi kedalam sub sistem sumatera - bangka. Sebagai unit pembangkit yang berdiri pada tahun 1989, unit PLTU Unit 4 di Belawan ini sering terjadi gangguan. Pada tulisan ini penulis akan membahas tentang salah satu masalah yang ada di PLTU unit 4 dalam hal operasi yaitu masalah temperature *flue gas* yang sering tinggi. Akibatnya unit 4 mengalami laju penurunan daya generator (*de-rating*) yang cukup tinggi.

Penurunan daya (*de-rating*) mengakibatkan jumlah energi listrik yang harus disalurkan ke masyarakat menjadi berkurang. Untuk memulihkan kondisi operasi PLTU unit 4 tersebut, maka area *boiler* PLTU unit 4 seperti *Economizer*, *High Temperature Superheater* ( HTS ), *Low Temperature Superheater* ( LTS ) harus dibersihkan. Untuk itu dilakukan *jet cleaning* pada permukaan-permukaan *tubes Economizer*, *HT superheater*, *LT superheater*, serta Udara Pemanas (*Air heater*). Untuk melakukan pekerjaan *jet cleaning*, unit PLTU unit 4 harus dalam kondisi stop (*No load*), akibatnya tidak ada daya listrik yang dihasilkan sehingga sebagaimana diketahui bahwasannya sub sistem sumatera-bangka beberapa bulan yang lalu sedang mengalami *defisit* energi listrik yang dikarenakan keluarnya PLTU Pangkalan Susu unit 3 dan PLTG Belawan sehingga dilakukan pemadaman listrik secara berkala. Dari investigasi, didapat bahwa perpindahan panas yang kurang baik pada *economizer* menjadi salah satu faktor penyebab tingginya temperature *flue gas*.

### 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah bagaimana efektivitas pada *economizer* PLTU unit 4 Belawan.

### 1.3. Ruang Lingkup

Mengacu dari penulisan tugas akhir yang direncanakan ini maka penulis membatasi ruang lingkup permasalahan hanya pada analisa efektivitas *economizer* PLTU unit 4 yang mengakibatkan PLTU unit 4 beroperasi tidak optimal dengan laju penurunan daya (*de-rating*) yang cukup tinggi.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan umum

Untuk menganalisa *efektivitas economizer* sebagai alat penukar kalor yang memanfaatkan flue gas sebagai media pemanasnya.

Tujuan khusus :

1. Untuk menganalisa nilai *efektivitas economizer* PLTU unit 4 berdasarkan data-data dari laporan harian operator.
2. Untuk menganalisa nilai *efektivitas economizer* PLTU unit 4 antara desain awal dengan aktualnya (laporan operator).

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun hasil dari penelitian ini banyak bermanfaat bagi banyak pihak, antara lain :

#### 1. Perusahaan

Sebagaimana bahan masukan dan pertimbangan bagi perusahaan untuk lebih mengoptimalkan pengoperasian bagi unit pembangkitnya sehingga bisa lebih andal.

#### 2. Mahasiswa / Kampus

Sebagai referensi bagi mahasiswa lainnya untuk penelitian yang akan datang khususnya program studi teknik mesin.

#### 3. Masyarakat / Umum

Sebagai bahan informasi bagi masyarakat / umum yang memerlukannya dalam rangka peningkatan dan pengembangan ilmu teknologi yang bermanfaat bagi masyarakat umum.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Alat Penukar Kalor

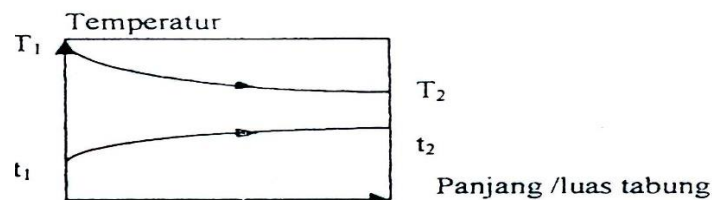
Alat penukar kalor adalah suatu alat yang berfungsi untuk menurunkan atau meningkatkan temperatur sebuah sistem dengan memanfaatkan suatu media pendingin atau pemanas sehingga kalor dapat berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur rendah.

Sebagaimana kita ketahui bahwa perpindahan panas/kalor dapat berlangsung lewat tiga cara, tergantung pada mekanisme perpindahan panas itu sendiri. Adapun proses perpindahan panas tersebut adalah dengan cara :

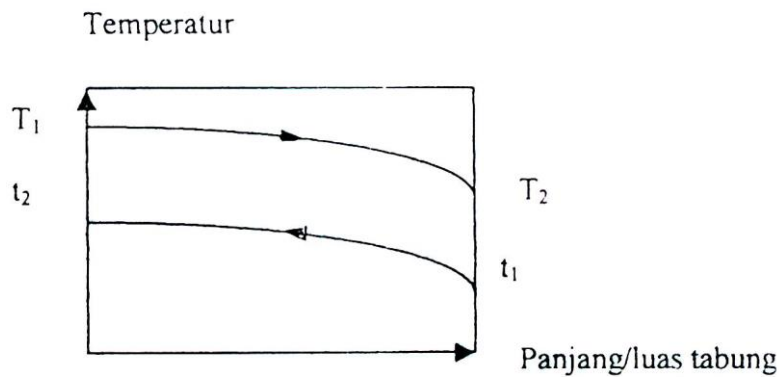
1. Secara molekuler/hantaran, yang disebut perpindahan panas konduksi
2. Secara aliran, yang disebut dengan perpindahan panas konveksi
3. Secara gelombang elektromagnetik, yang disebut dengan radiasi

### 2.2 Alat Penukar Kalor Langsung

APK langsung ialah fluida yang panas akan bercampur langsung dengan fluida yang dingin (tanpa alat pemisah) dalam suatu bejana atau ruangan tertentu. Pada APK jenis ini, temperatur akhir fluida panas dan fluida dingin menjadi sama. Hal ini berarti panas yang diberikan fluida panas diterima secara utuh (100%) oleh fluida yang dingin. Pada APK ini umumnya media pemanas yang dipergunakan adalah uap basah dan air sebagai media yang dingin. Dengan demikian uap basah tersebut akan terkondensasi dengan melepas panas tertentu. Hubungan antara jenis aliran, distribusi temperatur dan panjang tabung pada APK yang kontak langsung dapat dilihat pada gambar 2.1 dan gambar 2.2. berikut ini :



Gambar 2.1 Distribusi temperature panjang/ luas tabung APK langsung aliran fluida searah



Gambar 2.2 Distribusi Temperatur-panjang/luas tabung APK langsung aliran berlawanan arah

### 2.3 Alat Penukar Kalor Tidak Langsung

APK tidak langsung ialah fluida yang akan dipanaskan (fluida dingin) tidak berhubungan langsung dengan fluida yang lebih panas. Jadi proses perpindahan panasnya mempunyai media perantara seperti pipa, pelat atau perantara lainnya. Ditinjau dari segi perubahan fasa yang terjadi pada APK ini maka dapat di kelompokkan dalam 2 kelompok yaitu :

1. APK mengakibatkan perubahan fasa seperti: *condesor*, *evaporator* dan sebagainya.
2. APK tanpa perubahan fasa.

### 2.4 Alat Perubahan Kalor yang Mengakibatkan perubahan fasa

Dalam hal ini terdapat dua perlakuan yang umum terjadi yaitu :

- Kondisi uap dalam *kondesor*  
Proses yang terjadi dalam kondensor yaitu proses perubahan fasa uap menjadi fasa air (*air kondensat*).
- Penguapan fluida di dalam *evaporator*

### 2.5 Alat Penukar Kalor Tanpa Perubahan Fasa

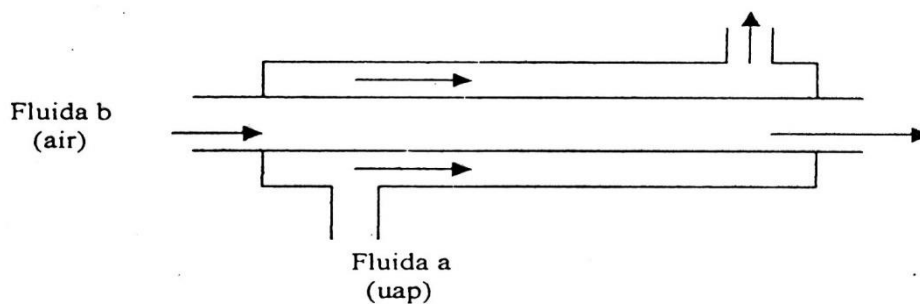
APK jenis ini sangat banyak dipergunakan pada industri kimia. Khusus pada industri penyulingan minyak APK ini memegang peranan penting. Pada APK ini fluida yang panas memberi panas pada fluida yang lebih dingin, namun pada kedua fluida ini tidak terjadi perubahan fasa, tetapi akan mengalami penurunan temperatur pada fluida yang panas dan kenaikan temperatur pada fluida yang lebih dingin.

Aliran fluida yang panas dan yang dingin APK saling melintasi satu sama lain tidak hanya satu kali saja, tetapi dapat dibuat beberapa kali lintasan atau disebut juga dengan laluan.

## 2.6 Klasifikasi Alat Penukar Kalor Menurut Jenis Aliran

### 2.6.1 Tipe aliran searah (*parallel flow*)

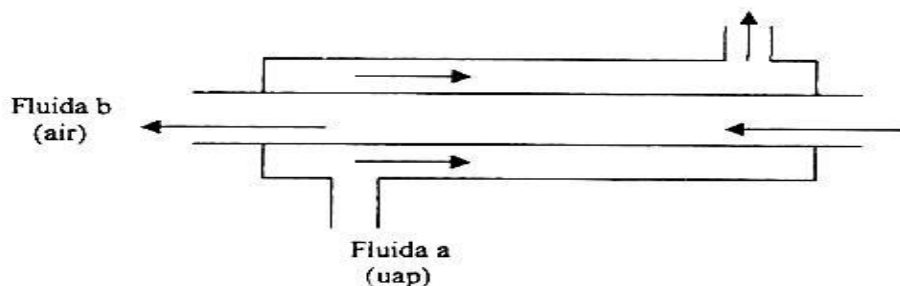
Pada tipe aliran searah adalah aliran fluida panas searah dengan fluida yang lebih dingin sering juga tipe disebut dengan aliran sejajar, seperti yang terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.3 APK Aliran Searah

### 2.6.2 Tipe aliran berlawanan (*counter flow*)

Pada tipe ini kedua fluida mengalir dalam arah yang berlawanan. Pada umumnya perbedaan temperatur antara fluida yang panas dan yang lebih dingin tidak konstan di sepanjang pipa, dan laju aliran panasnya akan berbeda-beda dari penampang ke penampang. Maka untuk menambah laju aliran panasnya harus dipergunakan suatu beda suhu rata-rata.

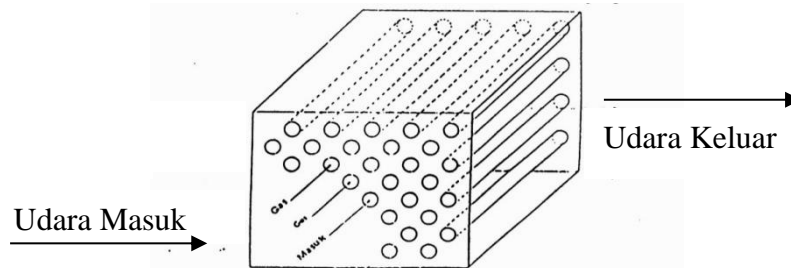


Gambar 2.4 APK Aliran Berlawanan



### 2.6.3 Tipe Aliran Menyalang (*Cross Flow*)

Aliran fluida pada jenis ini antara fluida yang lebih panas dengan yang lebih dingin disepanjang permukaan pipa bergerak dalam arah saling tegak lurus. Aplikasi ini terdapat pada perpindahan panas yang terjadi di *economizer*.

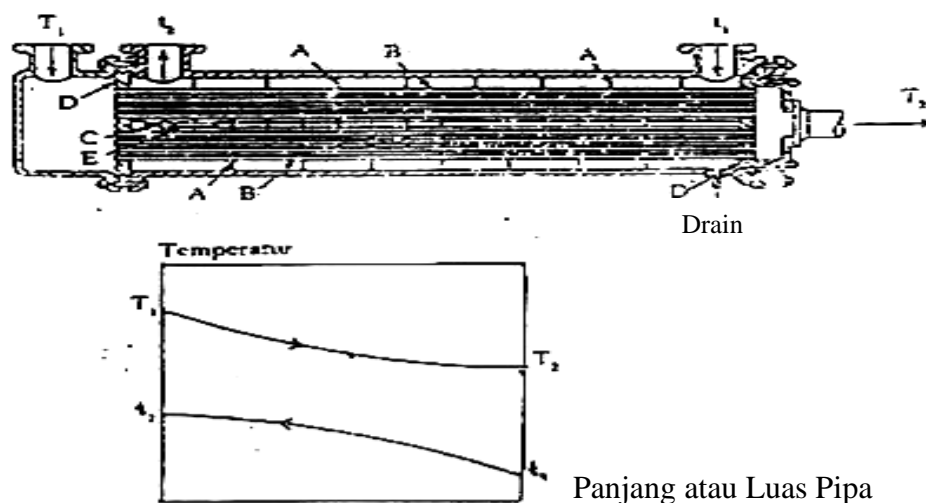


Gambar 2.5 APK Aliran Menyalang

## 2.7 Klasifikasi Alat Penukar Kalor Menurut Jenis Laluan

### 2.7.1 APK 1-1 Laluan

Yang dimaksud dengan APK 1-1 laluan adalah laluan fluida dalam selongsong satu dan laluan pada tabung juga satu laluan. Secara sederhana konstruksinya dapat dilihat pada gambar 13 berikut ini dengan arah yang berlawanan.

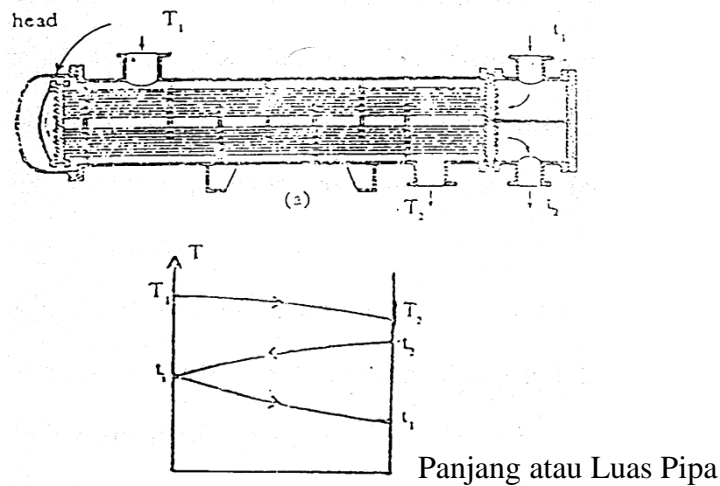


Gambar 2.6 APK 1-1 laluan

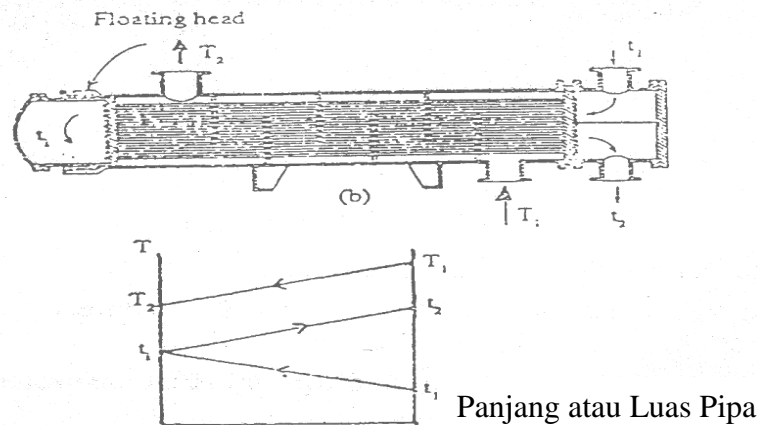
Fluida masuk kedalam selongsong pada temperatur  $t_1$  dan keluar pada temperatur  $t_2$ , sedangkan fluida yang masuk ke dalam tabung dengan temperatur  $T_1$  dan keluar pada temperatur  $T_2$ .

### 2.7.2 APK dengan 1-2 laluan

Yang dimaksud dengan 1-2 laluan adalah laluan dalam selongsong 1 dan laluan dalam tabung 2 laluan. Untuk memperoleh laluan tersebut pada sisi tabung dipergunakan floating head.



Gambar 2.7 APK 1 – 2 Laluan dengan Aliran Searah – Menyilang



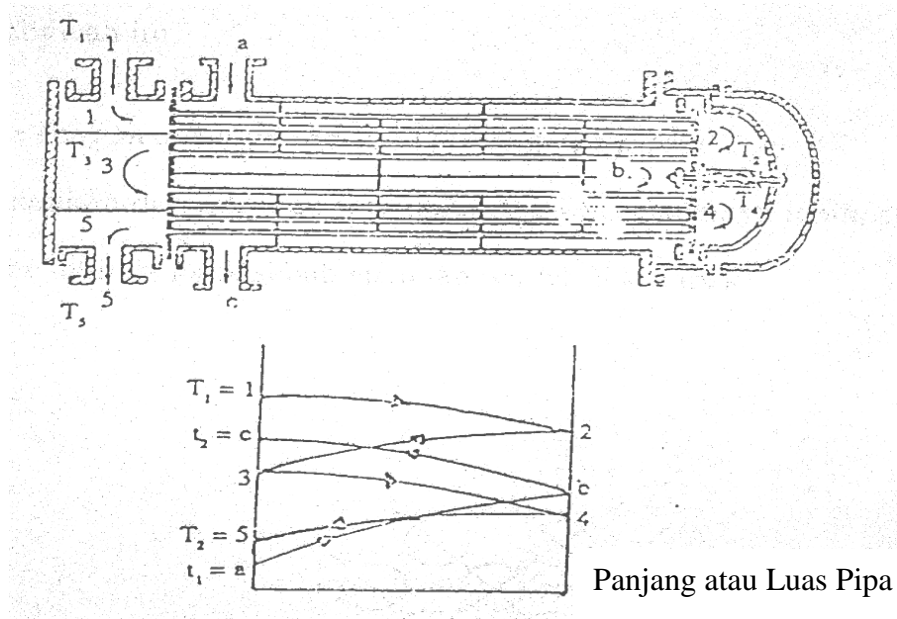
Gambar 2.8 APK 1 – 2 Laluan Dengan Aliran Menyilang – Searah

### 2.7.3 APK 2 – 4 Laluan

APK 2 – 4 laluan adalah APK yang mempunyai 2 laluan selongsong dan 4 laluan pada tabung, disebut juga dengan APK laluan banyak. Pada jenis terdapat pengurangan luas penampang laluan aliran, sedangkan aliran fluida

semakin bertambah besar dan juga perpindahan panasnya semakin meningkat. Kerugian pada APK laluan banyak ini adalah :

- Konstruksinya semakin kompleks.
- Kerugian gesekan besar, sebab semakin banyak laluan pada tabung akan semakin besar pula kerugian aliran masuk dan keluar pada tabung tersebut.

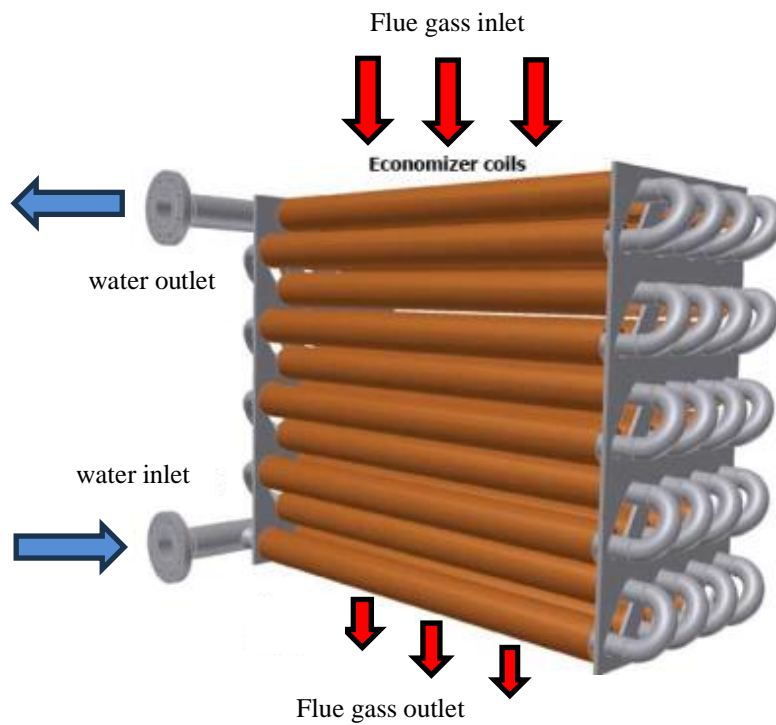


Gambar 2.9 APK 2 – 4 laluan

## 2.8 Klasifikasi Menurut Kerapatan Permukaan (*Surface Compactness*)

### 2.8.1 *Compact Heat Exchanger*

Penukar kalor Kompak mempunyai kerapatan luas permukaan perpindahan panas lebih besar dari  $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$  atau diameter hidraulik  $D_h \leq 6 \text{ mm}$  untuk pengoperasian pada aliran sisi gas, dan  $400 \text{ m}^2/\text{m}^3$  atau lebih tinggi untuk pengoperasian pada aliran sisi cair. Beberapa contoh penggunaannya adalah *kondensor* dan *economizer* pada pembangkit listrik juga tata udara dan pendingin oli pada pesawat terbang. Macam-macam penukar kalor jenis kalor *compact heat exchanger* diantaranya adalah *helical finned tubes* dan *plate finned tube*.

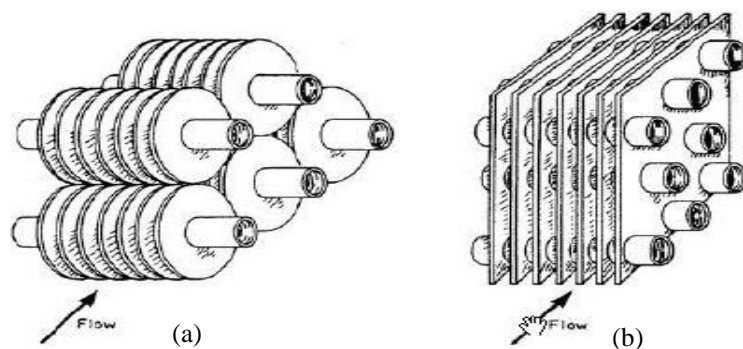


Gambar 2.10 Penggunaan *Compact Heat Exchanger* Pada *Economizer*

### 2.8.2 *Finned Circular Tubes*

*Finned Circular Tubes* merupakan salah satu contoh penukar kalor kompak ( *compact heat exchanger*). Penukar kalor jenis ini bisa diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu *finned tube with circular tube and circular fins (individually finned tube)* dan *finned tube with circular tubes and continuous fins (continuously finned tube)*.

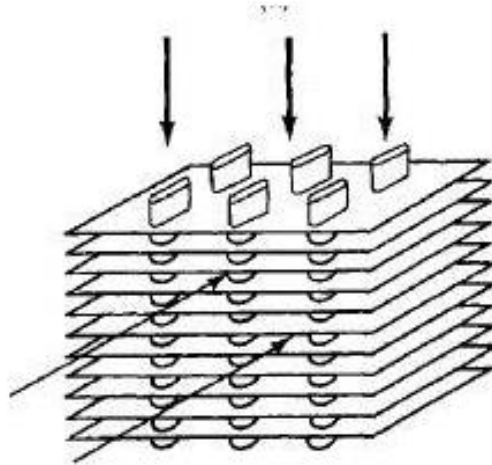
Penukar kalor ini biasanya memiliki kerapatan luas permukaan perpindahan panas sekitar  $720 \text{ m}^2/\text{m}^3$  dan mempunyai kerapatan sirip rata-rata  $400 \text{ fins/m}$ . aplikasi dari penukar kalor ini adalah pada *economizer* dan *air conditioner*



Gambar 2.11 (a) *individually finned tube* (b) *continuously finned tube*

### 2.8.3 Plate Finned Tubes

Penukar kalor jenis ini merupakan salah satu jenis *compact heat exchanger*. Penukar kalor ini biasanya mempunyai kerapatan luas permukaan perpindahan panas lebih besar daripada *helical finned tube*. Aplikasi dari penukar kalor ini digunakan untuk proses *radiator* dan *intercooler*.



Gambar 2.12 *Plate Finned Tube*

### 2.8.4 Shell And Tube

Penukar kalor Shell and tube mempunyai luas permukaan perpindahan panas kurang dari  $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$ .

Konstruksi penukar kalor shell and tube dapat dibagi dalam empat bagian yaitu:

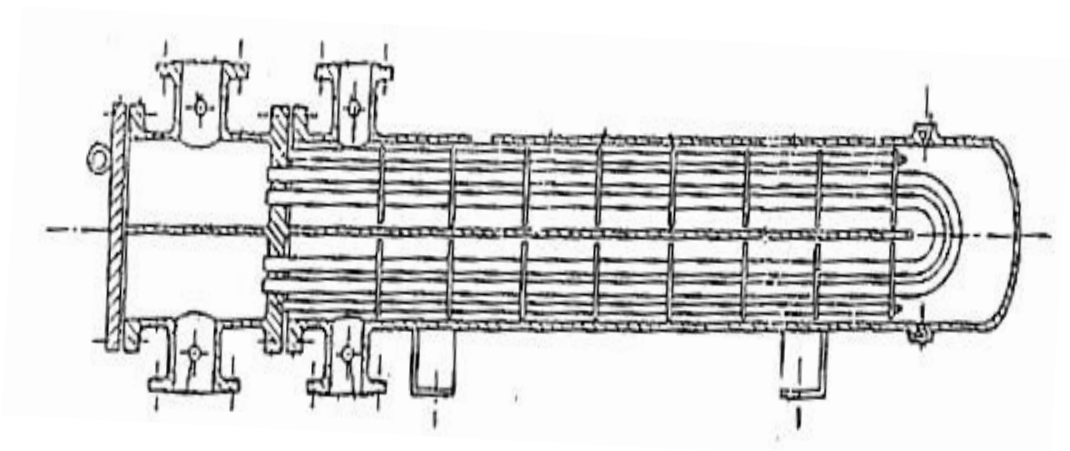
1. Bagian depan yang tetap (*front head stationary head*)
2. Cangkang (*shell*)
3. Bagian ujung belakang (*rear end head*)
4. Berkas tube dalam tube bundle (kumpulan tube) yang dimasukkan dalam *tube sheet*

Di dalam TEMA standard, masing-masing bagian tersebut telah diberikan kode dengan menggunakan huruf. Bagian penukar kalor yang tetap (*front head stationary head*) terdiri dari empat type yaitu : A, B, C, dan

D. Sedangkan *shell* alat penukar kalor terdiri dari enam type yaitu : E, F, G, H, J dan K. Bagian ujung belakang ( *rear end head*) ada delapan type yakni : L, M, N, P, S, T, U dan W.

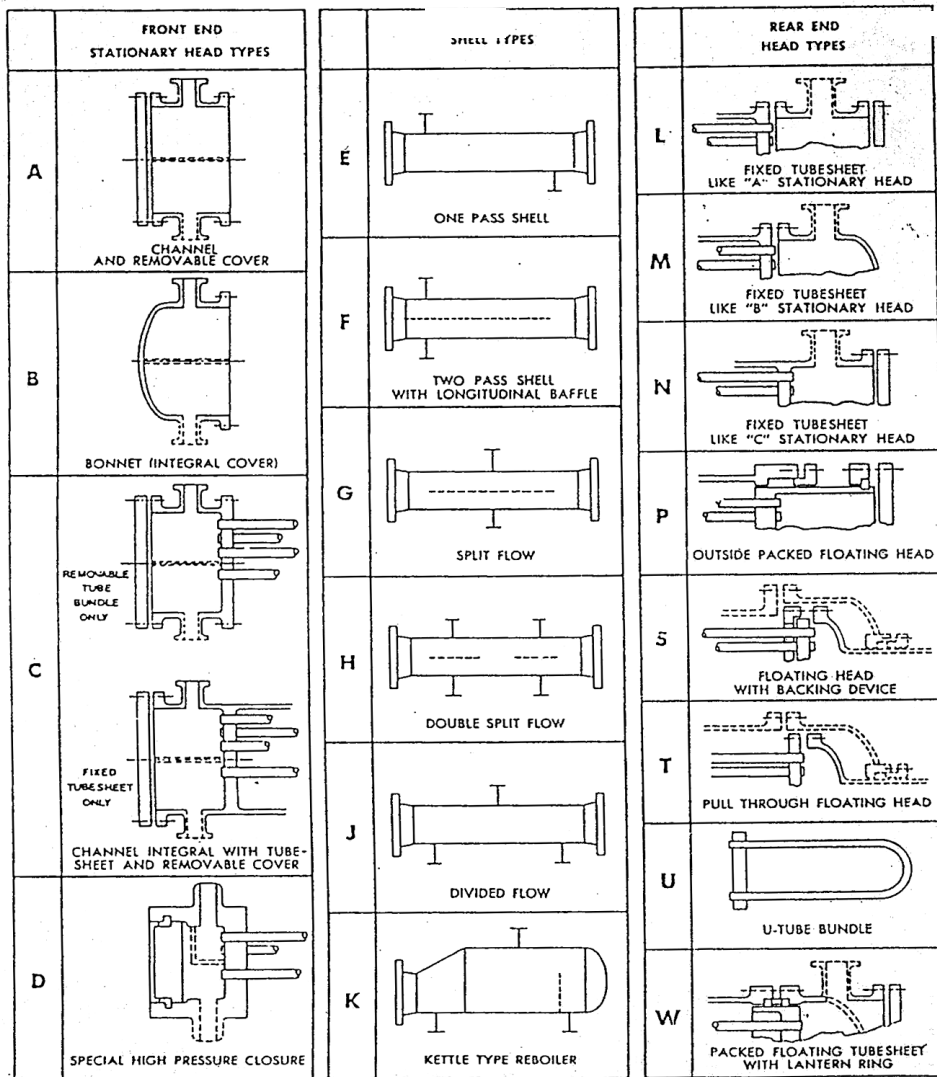
Sedangkan bagian yang lain yaitu *tube-bundle* (berkas tube) pada umumnya sama, dimana pada ujungnya di *roll* pada tube. Namun berkas itu dikenal 2 jenis, yaitu:

- a. Tube bundle yang lurus, dengan 2 buah tube sheet
- b. Tube bundle berbentuk U, dengan 1 buah tube sheet, yaitu seperti tipe U pada rear head

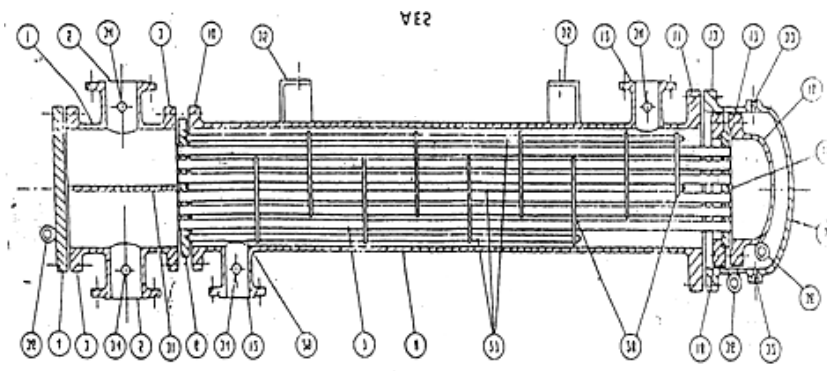


Gambar 2.13 Alat Penukar Kalor Tipe CFU

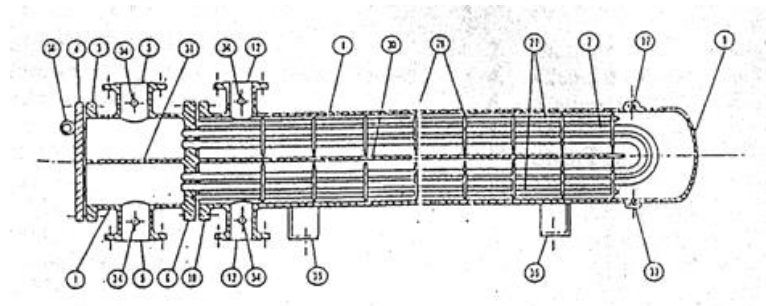
Untuk menentukan type penukar kalor dengan menggabungkan salah satu huruf dari masing-masing bagian alat penukar kalor tersebut misalnya penukar kalor dinyatakan sebagai berikut : 23 – 192 type AES, artinya : alat penukar kalor yang split-ring floating head, aliran 1 pass pada shell dan 2 pass pada tube. Diameter dalam dari shell atau nominal diameter  $23 \frac{1}{4}$  “ dan panjang  $192' \frac{1}{4}$  . Disini dilakukan pembulatan ukuran shell  $23 \frac{1}{4}$  menjadi 23. Ketiga bagian tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.14 Bagian-bagian dari alat penukar kalor (Berdasarkan standart TEMA)



Gambar 2.15. Penukar Kalor Tipe AES (Standart Tema)



Gambar 2.16 Penukar Kalor Tipe CFU ( Standart Tema)

Keterangan gambar :

- |   |  |
|---|--|
| 1. Stationary Head – Channel                | 2. Statinary head – Bonnet             |
| 3. Stationary Head Flange-Channel or Bonnet | 4. Channel Cover                       |
| 5. Stationary Nozzle Head                   | 6. Stationary Tube Sheet               |
| 7. Tube                                     | 8. Shell                               |
| 9. Shell Cover                              | 10. Shell Flange Stationary Head End   |
| 11. Shell Flange-Rear Head End              | 12. Nozzle Shell                       |
| 13. Shell Cover Flange                      | 14. Expantion Joint                    |
| 15. Floating Head Cover                     | 16. Floating Head Cover                |
| 17. Floating Head Flange                    | 18. Floating Head Backing Device       |
| 19. Split Shear Ring                        | 20. Slip-On Backing Service            |
| 21. Floating Head Cover                     | 22. Floating Tube Sheet Skirt          |
| 23. Packing Follower Ring                   | 24. Packing                            |
| 25. Packing Follower Ring                   | 26. Lantern Ring                       |
| 27. Tie Rods and Spacer                     | 28. Transverse Baffle or Support Plate |
| 29. Impingement Baffles                     | 30. Longitudinal Baffles               |
| 31. Pass Partition                          | 32. Venting                            |
| 33. Drains                                  | 34. Instrument                         |
| 35. Support Saddle                          | 36. Lifting Lug                        |
| 37. Bracket                                 | 38. Lifting Lug                        |
| 39. Liquid Level Connection                 |  |

## 2.9 Jenis-jenis Penukar Kalor

Disebabkan telah luasnya penggunaan peralatan-peralatan yang menggunakan *tube (tubular equipment)* dalam alat penukar kalor, maka untuk mencegah kesimpangsiuran pengertian perlu diberikan pengelompokan peralatan itu berdasarkan fungsinya yaitu :

### 2.9.1 Chiller

Alat penukar kalor ini dipergunakan untuk mendinginkan fluida sampai temperature yang sangat rendah. Temperatur pendingin didalam *chiller* jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan pendinginan yang dilakukan dengan



pendingin air. Untuk *chiller* ini, media pendingin yang dipergunakan adalah amoniak atau *Freon*.

### 2.9.2 *Kondensor*

Alat penukar kalor ini dipergunakan untuk mendinginkan atau mengembunkan uap atau campuran uap sehingga berubah fase menjadi cairan. Media pendingin yang biasa dipakai air, uap atau campuran uap itu akan melepaskan panas latent kepada pendingin misalnya pada PLTU yang mempergunakan condensing turbin, maka uap bekas dari turbin akan masuk kedalam *kondensor* lalu diembunkan menjadi *kondensat*. Media pendingin yang digunakan adalah air sungai atau air laut dengan suhu udara luar.

### 2.9.3 *Cooler*

Alat penukar kalor ini digunakan untuk mendinginkan (menurunkan) temperatur cairan atau gas dengan menggunakan air sebagai media pendingin. Disini tidak dipermasalahkan terjadinya perubahan fase atau tidak seperti yang terjadi pada *kondensor*. Dengan perkembangan teknologi dewasa ini maka pendingin *cooler* dipergunakan udara dengan bantuan *fan* (kipas). Ini mempunyai keuntungan dibandingkan dengan *cooler* yang menggunakan air sebagai media pendingin.

### 2.9.4 *Exchanger atau heat exchanger*

Alat penukar kalor ini bertujuan untuk memanfaatkan panas suatu aliran fluida untuk pemanasan aliran fluida lain. Maka terjadi dua fungsi sekaligus yakni;

- a. Memanaskan fluida yang dingin, dan
- b. Mendinginkan fluida yang panas

Suhu masuk dan keluar kedua jenis fluida diatur sesuai dengan kebutuhannya.

### 2.9.5 *Reboiler*

Alat penukar kalor ini bertujuan untuk mendidihkan kembali (*reboil*) serta menguapkan sebagian cairan yang diproses. Adapun media pemanas yang sering dipergunakan adalah uap atau zat panas yang sedang diproses itu sendiri. Umumnya reboiler itu dipasang pada bagian bawah dari tower / colum destilasi penyulingan minyak.

### 2.9.6 Heater

Alat penukar kalor ini digunakan untuk memanaskan (menaikkan suhu) suatu fluida proses. Umumnya zat pemanas yang dipergunakan adalah uap atau fluida panas lainnya. Contohnya heater (pemanas) pada PLTU, dimana sebagian uap dicerat (*extraction turbine*) lalu dimasukkan kedalam *heater* air pengisi ketel, maka suhu air pengisi ketel semakin tinggi saat mencapai drum uap ketel. Disini uap yang dicerat itu melepaskan *sensible heat* sehingga menjadi *kondensat*.

### 2.9.7 Thermosiphon dan forced circulation reboiler

*Thermosiphon Reboiler* adalah *reboiler*, dimana terjadi sirkulasi fluida yang akan dididihkan dan dipenukar kalor dengan proses sirkulasi alamiah (*natural circulation*). Pada reboiler sirkulasi paksa, sirkulasi terjadi akibat adanya pompa sirkulasi.

### 2.9.8 Steam Generator atau Pembangkit Uap

Alat penukar kalor ini lebih dikenal dengan ketel uap dimana terjadi pembentukan uap dalam unit pembangkit. Panas dari hasil pembakaran bahan bakar dalam ketel dipindahkan dengan cara konveksi, konduksi dan radiasi. Berdasarkan sumber panasnya, maka pembangkit uap itu dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu :

a. Pembangkit uap jenis pipa air

Pada jenis ini fluida yang berada dalam pipa adalah air ketel sedangkan pemanas berupa nyala api dan gas asap berada diluar pipa.

b. Pembangkit uap jenis pipa api

Pada jenis ini nyala api berada dalam pipa sedangkan air yang akan diuapkan berada diluar pipa dalam suatu bejana khusus.

Dewasa ini yang paling banyak digunakan adalah jenis pipa air, sebab dapat menghasilkan uap bertekanan tinggi.

### 2.9.9 Waste heat boiler

Kalau pada ketel uap, sumber panas adalah hasil pembakaran bahan bakar dalam dapur ketel, maka pada waste heat boiler panas diperoleh dari pemanfaatan gas asap pembakaran (gas buang-flue gas), atau dari cairan yang panas diperoleh dari reaksi-reaksi kimia. Dalam usaha konversi energi yang

maksimal, dewasa ini pemanfaatan waste heat boiler banyak digunakan.

#### 2.9.10 *Superheater*

Alat penukar kalor ini bertujuan untuk mengubah uap basah (saturated steam) menjadi uap kering (superheater steam) pada pembangkit uap. Proses ini terjadi dalam ketel sendiri, sebab superheater itu berada didalam ketelnya. Proses perpindahan panas yang bisa terjadi secara konveksi dan secara radiasi. Uap basah berada didalam pipa dan gas pemanas diluar pipa. Kedua jenis superheater ini mempunyai karakteristik yang berbeda. Biasanya yang dipergunakan adalah panas yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar pada dapur ketel atau panas asap pembakarannya.

#### 2.9.11 *Evaporator*

Alat penukar kalor ini dipergunakan untuk menguapkan cairan cair yang ada pada larutan, sehingga dari suatu larutan diperoleh larutan yang lebih pekat (thick liquor). Media pemanas yang dipergunakan adalah uap yang bertekanan rendah, sebab yang dimanfaatkan adalah latent-heat, yaitu mengubah fase uap menjadi fase air. Banyak jenis evaporator yang dipergunakan seperti evaporator sirkulasi basah (alami), evaporator sirkulasi paksa, evaporator efek tunggal, evaporator efek ganda dan lain-lain.

#### 2.9.12 *Vaporiser*

Vaporiser ini sama juga dengan evaporator, bedanya jenis ini dipergunakan untuk menguapkan cairan pelarut yang bukan air.

#### 2.9.13 *Economizer*

*Economizer* adalah jenis penukar kalor antara gas dan cairan, dimana dengan sistem ini kalor dari gas buang boiler dimanfaatkan sebagai pemanas air. Ekonomizer bertujuan untuk menaikkan suhu air pengisi ketel sebelum air masuk ke dalam drum uap. Maksud pemanasan itu adalah untuk meringankan beban ketel.

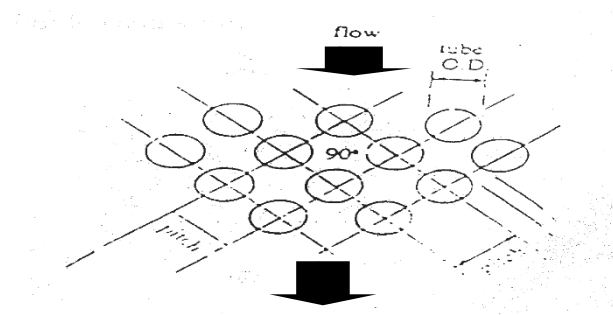
### 2.10 Susunan Untuk Tube

Tipe susunan tube dirancang untuk memberikan kemampuan melepas atau menerima panas pada alat penukar kalor dan ini juga dipergunakan oleh besarnya luas permukaan itu tergantung dari panjang, ukuran, jumlah tube

yang dipergunakan pada alat penukar kalor tersebut. Penjelasan mengenai susunan tube dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

#### 2.10.1 Tube dengan susunan bujur sangkar diputar $45^{\circ}$ (*diamon*)

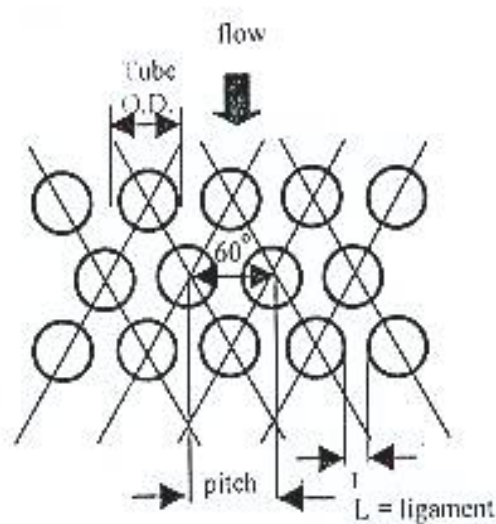
Keunggulan dari susunan ini adalah film koefisien lebih tinggi, dapat dibuat jumlah tube lebih banyak sebab susunannya lebih kompak.



Gambar 2.17 Susunan Tube bujursangkar di putar  $45^{\circ}$

#### 2.10.2 Tube Dengan Susunan Segitiga (*triangular*)

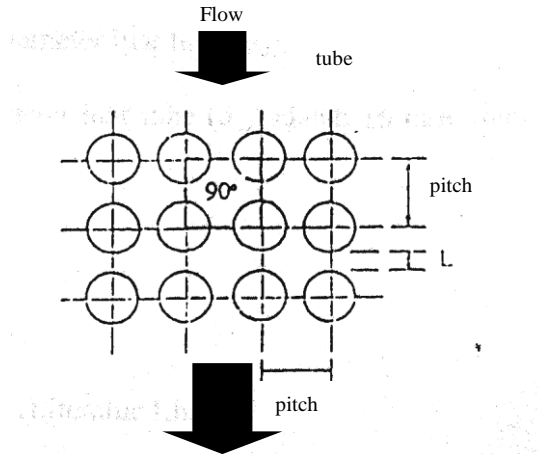
Keunggulan dari susunan ini adalah cocok digunakan untuk fluida yang kotor dan film koefisien tidak sebesar susunan tube pada jenis susunan segi tiga.



Gambar 2.18 Susunan tube segitiga diputar  $30^{\circ}$

### 2.10.3 Tube Dengan Susunan Bujur Sangkar

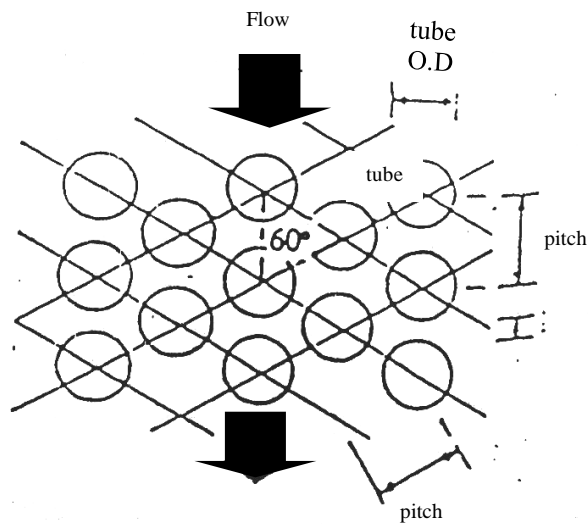
Keunggulan dari susunan ini adalah baik digunakan untuk kondisi yang memerlukan jatuh tekanan rendah. Baik untuk pembersih luar tube secara mekanik, dan baik untuk melayani fluida yang kotor.



Gambar 2.19 Susunan tube bujur sangkar

### 2.10.4 Tube Susunan segitiga di putar (in-line triangular)

Kebaikan susunan ini adalah medan untuk pembersihan dengan mekanik dan baik untuk fluida yang kotor



Gambar 2.20 Susunan Tube Segitiga Diputar

## 2.11 Efektivitas Perpindahan Kalor

Analisa efektivitas Alat Perpindahan Kalor (APK) membutuhkan beberapa persamaan yang meliputi persamaan Log Mean temperature Difference (LMTD), NTU (*Number of Taransfer Unit*), keseimbangan energi, karakteristik aliran, sifat-sifat fluida, dan koefisien perpindahan panas yang sebenarnya (*actual*).

### 2.11.1 Log Mean temperature Diffrence (LMTD)

Pada gambar 2.21 terlihat fluida dapat mengalir dalam aliran sejajar maupun aliran berlawanan arah, dan profil suhu pada kedua kasus tersebut dapat dilihat pada gambar 2.22

Analisa perpindahan kalor ini dapat dihitung dengan persamaan :

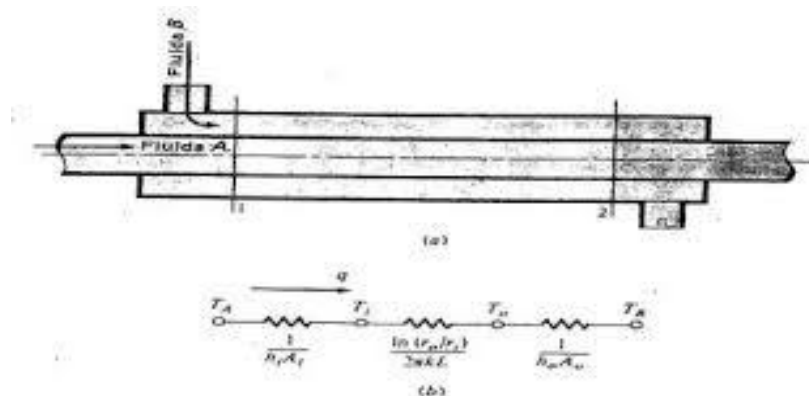
$$q = UA \frac{(T_{h2} - T_{c2}) - (T_{h1} - T_{c1})}{\ln [(T_{h2} - T_{c2}) / (T_{h1} - T_{c1})]} \quad (2.1)$$

$$\Delta T_m = \frac{(T_{h2} - T_{c2}) - (T_{h1} - T_{c1})}{\ln [(T_{h2} - T_{c2}) / (T_{h1} - T_{c1})]} \quad (2.2)$$

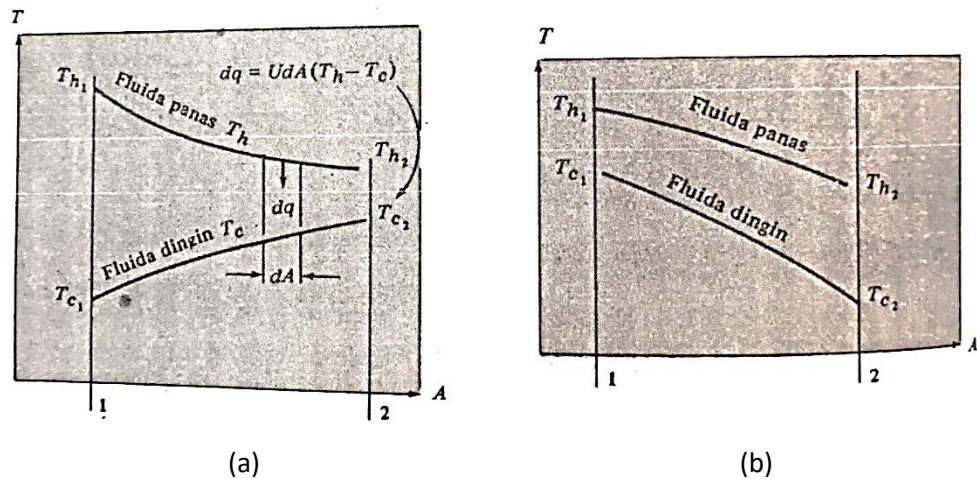
$$q = kA \frac{(T_h - T_c) - (T_{h1} - T_{c1})}{d} \quad (2.3)$$

$$q = hA (T_s - T_\infty) \quad (2.4)$$

$$q = \sigma A \varepsilon (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (2.5)$$



Gambar 2.21 Penukar Kalor Pipa Ganda (a) Bagan (b) Jaringan tahanan termal untuk perpindahan kalor menyeluruh



Gambar 2.22 Profil suhu untuk aliran sejajar dan aliran lawan arah

### 2.11.2 Metode NTU-Efektivitas

Pendekatan LMTD dalam analisis penukar kalor berguna bila suhu masuk dan suhu keluar diketahui atau dapat ditentukan dengan mudah, sehingga LMTD dapat dihitung dengan mudah dan aliran kalor, luas permukaan, dan koefisien perpindahan kalor menyeluruh dapat ditentukan. Bila kita harus menentukan suhu masuk atau suhu keluar, analisis kita akan melibatkan prosedur iterasi karena LMTD itu suatu fungsi logaritma. Dengan demikian analisis akan lebih mudah dilaksanakan dengan menggunakan metode yang berdasarkan atas efektivitas penukar kalor dalam memindahkan sejumlah kalor tertentu. Metode efektivitas ini juga mempunyai beberapa keuntungan untuk menganalisis kasus-kasus dimana kita harus membandingkan berbagai jenis penukar kalor guna memilih jenis APK yang terbaik untuk digunakan sebagai APK tertentu.

Efektivitas penukar kalor didefinisikan sebagai persamaan

$$\varepsilon = \frac{Q_{actual}}{Q_{max}} \quad (2.3)$$

Perpindahan kalor yang sebenarnya (actual) dapat dihitung dari energi yang dilepaskan oleh fluida panas atau energi yang diterima oleh fluida dingin.

Untuk penukar kalor aliran sejajar dapat dihitung dengan persamaan :

$$q = m_h c_h (T_{h1} - T_{h2}) = m_c c_c (T_{c2} - T_{c1}) \quad (2.4)$$

dan untuk penukar kalor aliran lawan arah :

$$q = m_h c_h (T_{h1} - T_{h2}) = m_c c_c (T_{c1} - T_{c2}) \quad (2.5)$$

sedangkan untuk menentukan perpindahan kalor maksimum dapat dihitung dengan persamaan :

$$q_{max} = (mC)_{min} (T_{h \text{ masuk}} - T_{c \text{ masuk}}) \quad (2.6)$$

Fluida minimum boleh yang panas dan boleh pula yang dingin, tergantung pada laju aliran massa dan kalor spesifik, untuk penukar kalor aliran sejajar dapat dihitung dengan persamaan :

$$\varepsilon_h = \frac{m_h c_h (T_{h1} - T_{h2})}{m_h c_h (T_{h1} - T_{c1})} = \frac{T_{h1} - T_{h2}}{T_{h1} - T_{c1}} \quad (2.7)$$

$$\varepsilon_c = \frac{m_c c_c (T_{c2} - T_{c1})}{m_c c_c (T_{h1} - T_{c1})} = \frac{T_{c2} - T_{c1}}{T_{h1} - T_{c1}} \quad (2.8)$$

Subskrip dalam lambing efektivitas menunjukkan fluida yang mempunyai nilai  $mC$  minimum. Untuk penukar kalor aliran lawan arah dapat dihitung dengan persamaan :

$$\varepsilon_h = \frac{m_h c_h (T_{h1} - T_{h2})}{m_h c_h (T_{h1} - T_{c1})} = \frac{T_{h1} - T_{h2}}{T_{h1} - T_{c2}} \quad (2.9)$$

$$\varepsilon_c = \frac{m_h c_h (T_{h1} - T_{h2})}{m_h c_h (T_{h1} - T_{c1})} = \frac{T_{h1} - T_{h2}}{T_{h1} - T_{c2}} \quad (2.10)$$

Secara umum efektivitas dapat dinyatakan sebagai :

$$\varepsilon = \frac{\Delta T (\text{fluida minimum})}{\text{Beda suhu maksimum}} \quad (2.11)$$

### 2.11.3 Persamaan Keseimbangan Energi

Besarnya panas yang diserap fluida dingin

$$Q_c = \dot{m}_c \times C_{pc} \times \Delta T_c \quad (2.1)$$

$$Q_c = \dot{m}_c \times C_{pc} \times (T_{co} - T_{ci}) \quad (2.2)$$



Temperatur rata-rata fluida dingin secara termodinamika ( $T_c$ )

$$T_c = \frac{T_{c_i} + T_{c_o}}{2} \quad (2.3)$$

Besarnya panas yang dilepas fluida panas

$$Q_h = \dot{m}_h \times C_{p_h} \times \Delta T_h$$

$$Q_h = \dot{m}_h \times C_{p_h} \times (T_{h_i} - T_{h_o}) \quad (2.4)$$

Temperatur rata-rata fluida panas secara termodinamika ( $T_c$ )

$$T_h = \frac{T_{h_i} + T_{h_o}}{2} \quad (2.5)$$

#### 2.11.4 Sifat-Sifat Fluida

Sifat-sifat fluida ditentukan pada Temperatur limbak rata-rata (*average bulk temperature*).

$$T = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} \quad (2.22)$$

Dengan menggunakan tabel properties udara akan diperoleh nilai massa jenis ( $\rho$ ), *kalor spesifik* ( $c_p$ ), *viskositas dinamik* ( $\mu$ ), *konduktifitas fluida* ( $k$ ) dan *bilangan Prandtl* ( $Pr$ ).

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat

#### 3.1.1 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai dari persetujuan yang diberikan oleh pembimbing, pengambilan data, pengolahan data dan meelakukan analisa dari data-data tersebut.

Tabel 3.1 Waktu Kegiatan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur	■	■				
2	Survey Lapangan		■				
3	Permasalahan		■				
4	Pengambilan Nilai Desain Pabrik, dan Variabel Proses Operasi		■	■			
5	Analisa Data		■	■	■		
6	Evaluasi dan Penyelesaian Penulisan		■	■	■	■	
7	Seminar Proposal				■	■	
8	Seminar Hasil					■	■
9	Sidang						■

#### 3.1.2 Tempat

Tempat dan waktu pelaksanaan proses penelitian analisa efektivitas perpindahan panas pada *economizer* ini dilaksanakan di Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. PLN NUSANTARA POWER UPDK Belawan, Jln. P.Sicanang No 1 Medan-Belawan .

### 3.2 Geometri PLTU dan Alat Penukar Kalor

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu jenis pembangkit energi listrik yang ada di Indonesia dimana pemerintah saat ini gencar untuk membangun PLTU dikarenakan Biaya Pokok Produksi nya yang jauh lebih murah dibandingkan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Sistem pembangkit listrik tenaga uap ini juga banyak digunakan di industri-industri besar. Secara umum, pembangkit listrik tenaga uap terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu pompa, boiler, turbin uap, generator, dan kondensor. Adapun keunggulan dari sistem pembangkit listrik

tenaga uap ini adalah usia kerja atau *life time* yang relatif lebih lama/panjang dan mampu dioperasikan dengan berbagai bahan bakar seperti batubara, gas, bahkan *high speed diesel (HSD)*. PLTU juga mempunyai nilai efisiensi yang sangat baik, karena flue gas dari hasil sisa pembakaran bahan bakar juga masih bisa dimanfaatkan kembali. Panas dari gas buang bisa dimanfaatkan kembali untuk memanaskan udara, air, dan juga bisa memproduksi uap yang menjadi fluida kerja pada PLTU. Dari panas gas buang yang masih memiliki temperatur tinggi, diciptakan alat atau komponen yang disebut *Heat Recovery Area* sebagai ruang pemanfaatan panas sisa pembakaran bahan bakar dari furnace. Bagian-bagian dari *HRA* tersebut yaitu *Economizer*, *Airheater*, *Primary Superheater* dan *Secondary Superheater*.

Sebagaimana kita ketahui PLTU unit 4 Belawan mulai beroperasi sejak tahun 1990 sehingga sampai akhir tahun 2023 sudah beroperasi 34 tahun. Selama beroperasi tersebut, sering kali PLTU unit 4 mengalami laju penurunan daya/beban (*Dearating*) yang cukup tinggi. Padahal daya yang terpasang untuk PLTU unit 4 adalah sebesar 65 Megawatt (MW). Namun sering kali setelah lama operasi, unit tersebut hanya mampu menghasilkan energi listrik di bawah 50 Megawatt (MW). Tidak jarang hanya mampu menghasilkan 30 MW. Pada kasus penurunan beban (daya) pada PLTU unit 4, sebagian besar lebih dikarenakan temperature flue gas sebelum air heater yang sangat tinggi ( $>325^{\circ}\text{C}$ ) sehingga muncul indikasi alarm unit pada control room yang membuat operator pembangkit melakukan tindakan untuk menjaga temperature tersebut tetap aman pada batas normal nilai pengoperasiannya.

PLTU unit 4 telah beroperasi dalam waktu yang cukup lama, sehingga dapat dipastikan penurunan performa pembangkit yang disebabkan oleh usia pengoperasiannya.

Dalam suatu pembangkit, aliran air dan uap di dalam *boiler* dan *turbin* berada dalam loop tertutup (air dan uap tersebut digunakan secara berulang-ulang). Hal ini dilakukan untuk menaikkan Efisiensi dari suatu pembangkit. Ada pun uap setelah melewati *turbin*, uap tersebut sebagian dikondensasikan

didalam *kondensor* dan sebagian lagi digunakan sebagai pemanas untuk menaikkan suhu air dari *kondensor* ke *boiler drum*.

Sistem air pengisi tekanan tinggi memindahkan air dari tangki *daerator* atau disebut juga *Feed Water Tank (FWT)* ke *boiler* dengan terlebih dahulu melalui beberapa pemanas. Pemanas-pemanas tersebut yaitu *High Pressure Heater (HPH)* yang menggunakan uap ekstraksi dari turbin sebagai media pemanas dan *economizer* yang menggunakan gas panas hasil pembakaran di boiler sebagai media pemanasnya.



Gambar 3.1 Alarm flue gas temperature maximum

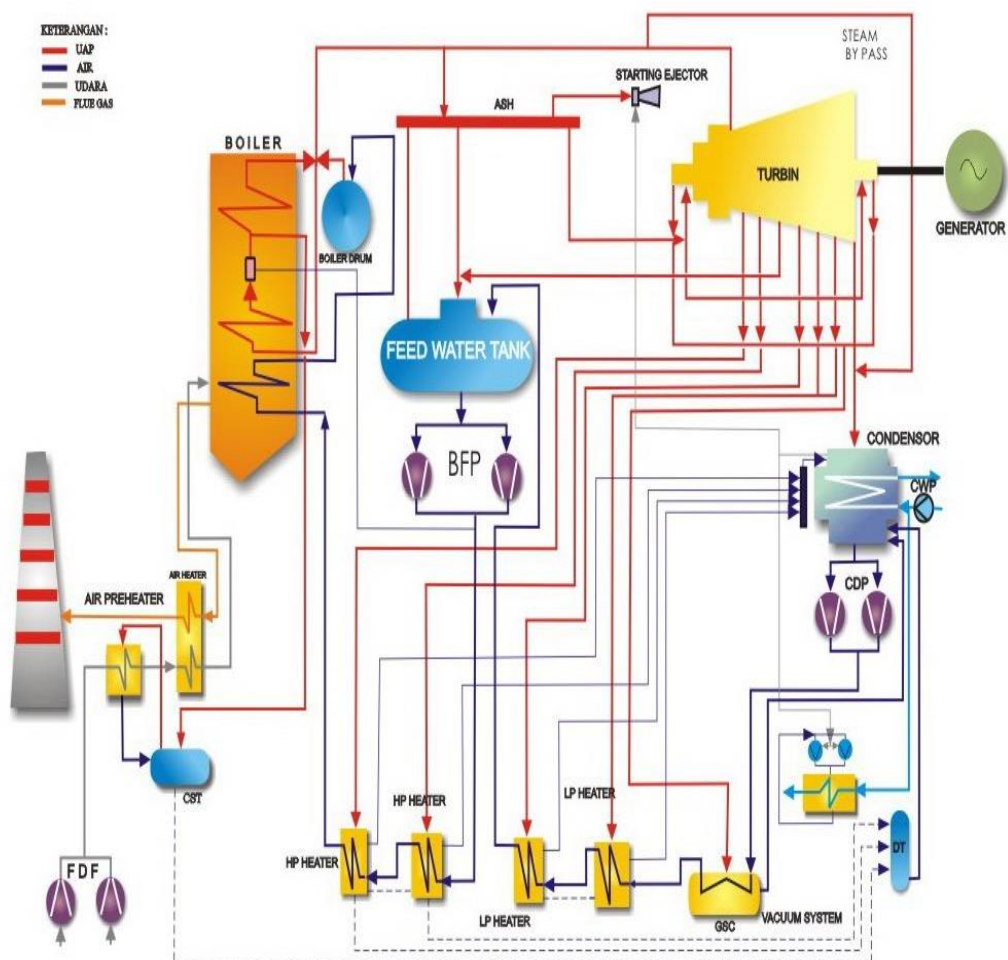
Gas panas hasil pembakaran di boiler atau disebut gas buang (*flue gas*) digunakan juga sebagai pemanas di *Low Temperature Superheater (LTS)* dan *High Temperature Superheater (HTS)*. Gas panas (*flue gas*) dari ruang bakar dialirkan ke pipa-pipa *superheater I (High Temperature superheater / HTS)* dan *superheater II (Low Temperature superheater / LTS)*, ke *economizer* dan

ke *air heater* (*udara pemanas*). Dari *air heater* gas selanjutnya dibuang ke atmosfer melalui cerobong (*stack/chimney*).

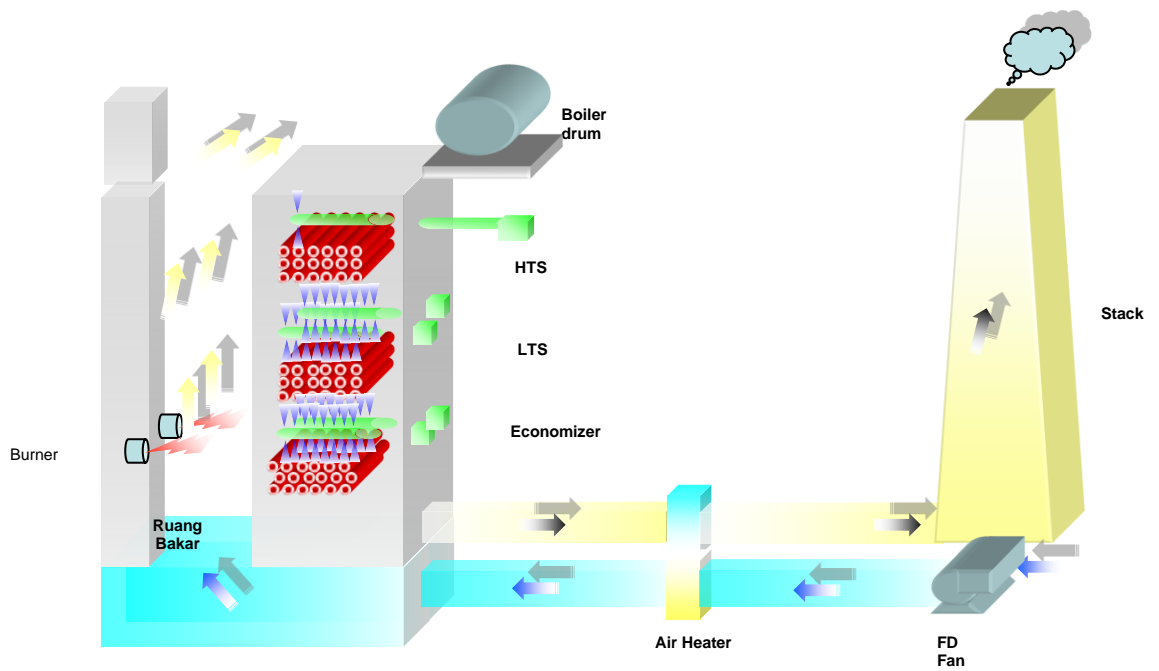
Jadi, dalam usaha untuk menaikkan suhu air pengisi keluar dari *kondensor* digunakan media pemanas antara lain :

- Uap bekas pengambilan dari turbin (*Extraction*)
- Uap bantu (*Auxilliary Steam*)
- Gas panas sisa pembakaran (*flue gas*)

Berikut ini adalah siklus uap air yang ada di PLTU Sektor Belawan.



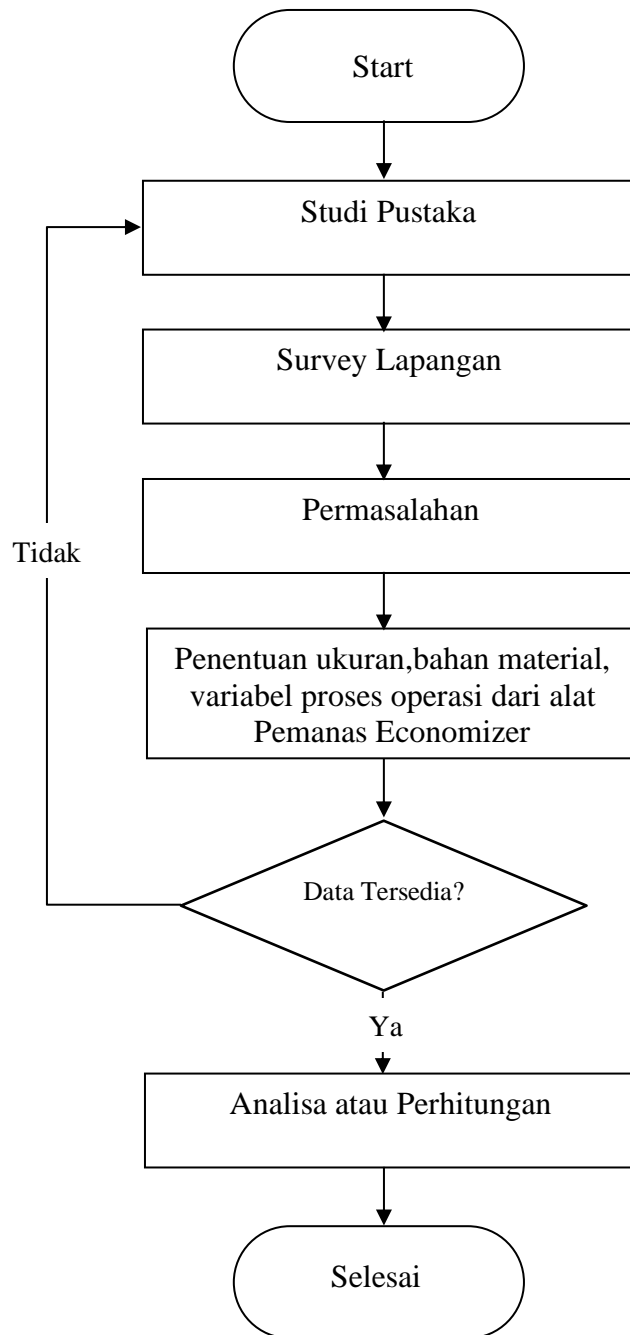
Gambar 3.2 Siklus Air dan Uap Unit 4 PLTU Belawan



Gambar 3.3. Siklus Udara & Gas PLTU Unit 4 Belawan

### 3.3 Diagram Alir Penelitian

Agar penelitian dapat berjalan secara sistematis, maka diperlukan rancangan penelitian / langkah – langkah penelitian. Adapun *flowchart* penelitian sebagai berikut :



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

1. Start

Pembuatan outline Tugas Akhir dengan Judul " Analisa Efektivitas *Economizer* PLTU Unit 4 UPGK Belawan" sebagai topik/masalah yang akan diangkat sebagai Tugas Akhir.

2. Studi Pustaka

Mencari data-data teknis *economizer* dan mempelajari buku-buku referensi tentang alat penukar kalor diantaranya dari W.M Kays and A.L London "Compact Heat Exchanger" 1964, J.P Holman "Perpindahan Kalor", dan lain-lain.

### 3. Survey Lapangan

Survey langsung dilapangan yang dilakukan di PLN NP UPDK Belawan. *Economizer* Pemanding dengan data-data yang ada dalam buku-buku referensi dan juga untuk mengetahui secara langsung konstruksi dan cara kerja dari alat pemanas *economizer*

### 4. Permasalahan

Meneliti sumber permasalahan yang terdapat pada alat pemanas *Economizer* yang berkaitan dengan efektivitas perpindahan panas.

### 5. Pencatatan data ukuran, bahan material, variabel proses operasi dari *economizer*

Menentukan bentuk konstruksi, variabel proses yang bekerja, laju aliran (flow), temperatur, bahan material, nilai konduktifitas thermal, yang berhubungan dengan sistem *economizer* dan flue gas yang didapat melalui laporan harian operator & data-data teknik dari pabrik pembuat.

### 6. Analisa / Perhitungan

Menghitung hasil dari data-data manufaktur (pabrik pembuat) dan data-data pada parameter operasi.

## 3.4 Prosedur Penelitian

Adapun Langkah-langkah yang akan dilakukan dari Analisa Efektifitas pada *economizer* PLTU Unit 4 PT PLN Nusantara Power UPDK Belawan ini adalah :

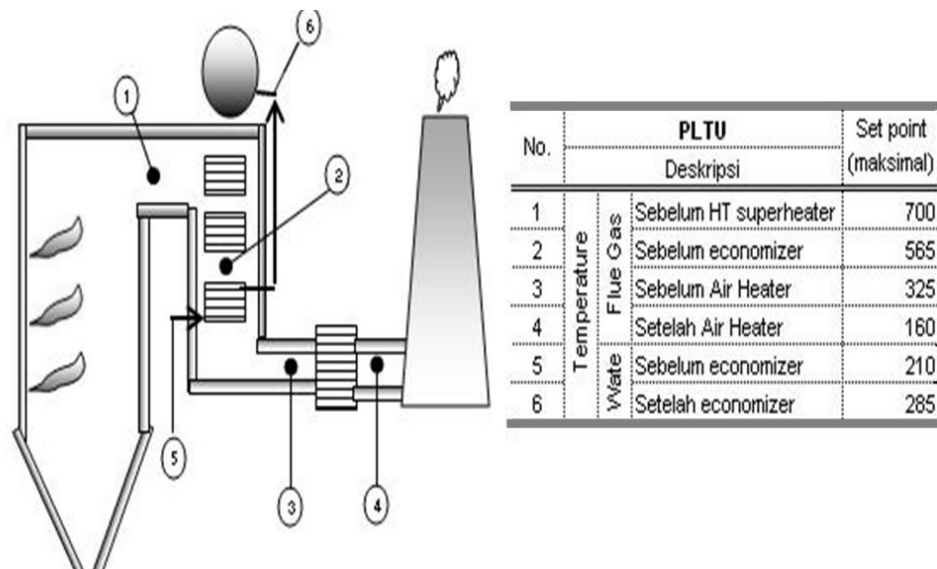
1. Mengumpulkan data-data spesifikasi teknis pabrikan *economizer* yang digunakan
2. Mengumpulkan atau mencatat data-data terkait pengoperasian *economizer*
3. Menganalisa /efektifitas *economizer*



4. Mengomparisakan hasil analisa efektivitas antara data pabrikan dan data operasi saat ini
5. Mendapatkan kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan analisa terkait dengan efektivitas *economizer*

### 3.5 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menghitung atau menganalisa efektivitas *economizer* PLTU Unit 4 PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan dan membandingkan/mengkomparasi hasil analisa antara data teknis pabrikan dengan data pengoperasian operator.



Gambar 3.5 Siklus Fluegas PLTU Unit 4 Belawan

**BAB 4.**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Analisa Efektivitas *Economizer*

Dari hasil survey yang di lakukan di PT. PLN (Persero) Nusantara Power UPDK Belawan penulis memperoleh data-data yang diantaranya adalah :

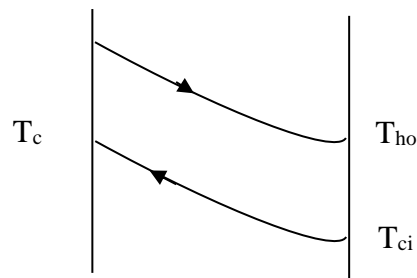
Tabel 4.1 Data Teknik Manufaktur (commissioning 1990)

No	Item	Nilai	Unit
1	Jenis Economizer	: Compact Heat Exchanger	
2	Beban	: 50	MW
3	Flue Gas Temperatur Inlet Economizer	: 570	°C
4	Flue Gas Temperatur Outlet Economizer	: 320	°C
5	Water Temperature Inlet Economizer	: 105	°C
6	Water Temperature Outlet Economizer	: 250	°C
7	Massa Aliran Air	: 140	T/H
8	Kalor Spesifik	: 4,18	Kj/Kg °C
9	Heating Surface	: 1200	m <sup>2</sup>
10	Konduktifitas Termal Baja	: 50	W/m °C

Berdasarkan data-data diatas dapat dilakukan perhitungan atau analisa efektivitas *economizer* PLTU unit 4 UPDK Belawan :

**1. LMTD (*Log Mean Temperature Difference*)**

Analisis kinerja sebuah alat penukar kalor (APK) dengan menggunakan metode beda temperature rata-rata dapat atau mudah dilakukan apabila semua temperature aliran fluida kerja yang masuk dan keluar APK diketahui, atau dapat dengan mudah ditentukan. Pada kondisi dimana hanya salah satu temperature aliran fluida kerja saja yang diketahui maka menggunakan metode beda temperature rata-rata akan membutuhkan prosedur literasi yang memerlukan waktu yang seringkali tidak pendek.



Gambar 4.1  $\Delta T$  APK Aliran Berlawanan

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \Delta T_1 / \Delta T_2}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_1 &= T_{inlet\ fluegass} - T_{outlet\ water} \\ &= 570^\circ\text{C} - 230^\circ\text{C} \\ &= 340^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_2 &= T_{outlet\ fluegass} - T_{inlet\ water} \\ &= 300^\circ\text{C} - 105^\circ\text{C} \\ &= 195^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LMTD &= \frac{340^\circ\text{C} - 195^\circ\text{C}}{\ln (340^\circ\text{C}/195^\circ\text{C})} \\ &= \frac{145^\circ\text{C}}{\ln (145^\circ\text{C})} \\ &= 264,82^\circ\text{C} \end{aligned}$$

## 2. NTU (*Number of Transfer Unit*)

Besaran NTU yang merupakan besaran tanpa dimensi biasanya dipergunakan sebagai petunjuk untuk mengukur seberapa besar dimensi utama sebuah alat penukar kalor (APK)

$$NTU = \frac{U \cdot A}{C_{Min}}$$

Dimana :

U : koefisien perpindahan panas global

A : luas permukaan perpindahan panas APK

$$Q_{air} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q_{air} = 140 \text{ T/H} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \cdot (250^\circ\text{C} - 105^\circ\text{C})$$

$$= 38,8 \text{ Kg/s} \times 4,18 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \times 145^\circ\text{C}$$

$$= 20.319 \text{ kW}$$

Kapasitas panas spesifik udara  $C_{pudara}$  dapat ditentukan dari temperature rata-rata (*avarege temperature*) udara masuk dan udara keluar:

$$T_h = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

$$= \frac{570^\circ\text{C} + 320^\circ\text{C}}{2}$$

$$= 445^\circ\text{C}$$

Berdasarkan Tabel 4.2 Sifat-sifat gas (udara), maka didapatkan nilai properties yang berdasarkan interpolasi dari temperatur 445°C adalah 1,0789 kJ/kg °C.

Tabel 4.2 Sifat-Sifat Gas (Udara)

T (K)	$\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	$C_p$ Kj/kg.°C	$\mu$ kg/m.s $\times 10^5$	$\nu$ m <sup>2</sup> /x $10^6$	$k$ W/m. °C	$\alpha$ m <sup>2</sup> /s $\times 10^4$	Pr
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1858	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.574	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.175	7.441	0.730

$$M_{udara} = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T_{udara}}$$

$$= \frac{20.319 \text{ kW}}{1,0789 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C} (570^\circ\text{C} - 320^\circ\text{C})}$$

$$= 73,61 \text{ Kg/s}$$

Adapun Kapasitas panas spesifik fluida dingin (air)  $C_{P_{air}}$  dapat ditentukan dari temperature rata-rata (*avarege temperature*) air masuk dan air keluar:

$$t_c = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

$$= \frac{105^\circ\text{C} + 250^\circ\text{C}}{2}$$

$$= 177,5^\circ\text{C}$$

Dari Tabel 4.3 Sifat-sifat Air ( zat cair jenuh ) dibawah ini, maka didapatkan nilai properties yang berdasarkan interpolasi dari temperatur  $177,5^\circ\text{C}$  adalah  $4,3462 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$

Tabel 4.3 Sifat-sifat Fluida Dingin (Air)

T °F	T °C	$C_p$ Kj/kg.°C	$\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ kg/m.s	$k$ W/m. °C	$Pr$	$\frac{g \beta \rho C_p}{\mu k}$ 1/m <sup>3</sup> . °C
32	0	4.225	999.8	$1.79 \times 10^{-3}$	0.566	13.25	
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	
50	10	4.195	999.2	1.31	0.585	9.40	
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	$6.34 \times 10^9$
70	21.11	4.179	997.4	$9.8 \times 10^{-4}$	0.604	6.78	$1.08 \times 10^{10}$
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	$1.46 \times 10^{10}$
90	32.22	4.174	994.9	7.65	0.623	5.12	$1.91 \times 10^{10}$
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	$2.48 \times 10^{10}$
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637	4.04	$3.3 \times 10^{10}$
120	48.89	4.174	988.8	5.62	0.644	3.64	$4.19 \times 10^{10}$
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649	3.30	$4.89 \times 10^{10}$
140	60	4.179	983.3	4.71	0.654	3.01	$5.66 \times 10^{10}$
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	$6.48 \times 10^{10}$
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	$7.62 \times 10^{10}$
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	$8.84 \times 10^{10}$
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	$9.85 \times 10^{10}$
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.675	2.03	$1.09 \times 10^{11}$
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678	1.90	
220	104.4	4.216	955.1	2.67	0.684	1.66	
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685	1.51	
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685	1.36	
280	137.8	4.271	928.1	1.98	0.685	1.24	
300	148.9	4.296	918.0	1.86	0.684	1.17	
350	176.7	4.371	890.4	1.57	0.677	1.02	
400	204.4	4.467	859.4	1.36	0.665	1.00	
450	232.2	4.585	825.7	1.20	0.646	0.85	
500	260	4.731	785.2	1.07	0.616	0.83	
550	287.7	5.024	735.5	$9.51 \times 10^{-5}$			
600	315.6	5.703	678.7	8.68			

$$M_{air} = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T_{air}}$$

$$= \frac{20.319}{4,346 \cdot (250^\circ C - 105^\circ C)}$$

$$= 37,4 \text{ Kg/s}$$

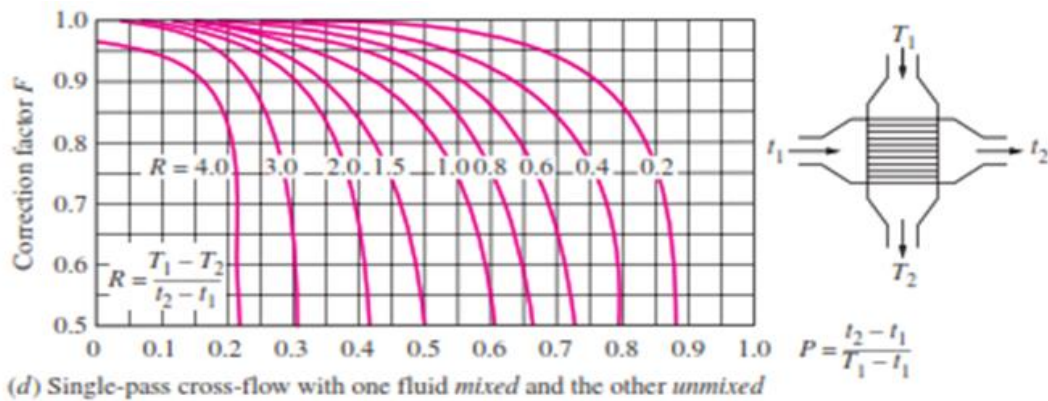
$$m_{air} \cdot C_{Pair} = 37,4 \text{ Kg/s} \cdot 4,346 \text{ Kj/Kg } ^\circ C$$

$$= 162,6 \text{ Kj/s } ^\circ C$$

$$m_{udara} \cdot C_{Pudara} = 73,61 \text{ Kg/s} \cdot 1,0207 \text{ Kj/Kg } ^\circ C$$

$$= 75,25 \text{ Kj/s } ^\circ C$$

Tabel 4.4 Faktor Koreksi



$$p = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

$$= \frac{250^\circ C - 105^\circ C}{570^\circ C - 105}$$

$$= 0,268$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{570^\circ C - 320^\circ C}{250^\circ C - 105^\circ C}$$

$$= 2,16$$

Dari Tabel 4.4 Faktor Koreksi diatas, maka didapatkan nilai properties yang berdasarkan interpolasi dari nilai P = 0,268 dan R= 2,16 adalah F = 0,91

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{Q}{A \cdot F \cdot LMTD} \\
 &= \frac{20.319 \text{ kW}}{1200 \text{ m}^2 \cdot 0,91 \cdot 260,82 \text{ }^\circ\text{C}} \\
 &= 0,0714 \text{ kW/M}^2 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NTU &= \frac{U \cdot A}{C_{Min}} \\
 &= \frac{0,000714 \text{ KW/}^\circ\text{C} \cdot 1200 \text{ m}^2}{75,25 \text{ Kj/s }^\circ\text{C}} \\
 &= 0,0011
 \end{aligned}$$

### 3. Efektivitas Perpindahan Panas *Economizer*

Efektivitas perpindahan panas menyatakan perbandingan antara laju perpindahan panas yang actual atau yang sebenarnya terjadi di dalam sebuah alat penukar kalor (APK) dengan laju perpindahan panas maksimum yang secara termodinamika mungkin berlangsung didalam alat tersebut.

Semakin cepat laju perpindahan energi panas yang berlangsung di dalam sebuah APK maka akan semakin efektif proses perpindahan panas di dalam APK tersebut, sehingga besarnya laju perpindahan panas yang actual atau yang sebenarnya terjadi di dalam *economizer* adalah sama dengan besarnya laju pelepasan energi panas oleh aliran fluida panas/*flue gas* yang terjadi di dalam APK/*Economizer*

$$\varepsilon = \frac{Q_{act}}{Q_{max}}$$

Laju perpindahan maksimum aliran fluida yang bersirkulasi di dalam *economizer* dapat terjadi apabila fluida kerja memiliki beda temperature yang maksimum. Fluida kerja yang memiliki beda temperature maksimum  $\Delta T_{max}$

harus memiliki laju kapasitas panas yang minimum  $C_{min}$  karena di dalam sebuah APK besarnya energi panas yang dilepaskan oleh suatu aliran fluida harus sama besarnya dengan energi panas yang diterima oleh aliran fluida lainnya. Oleh karena itu besarnya laju pertukaran energi panas maksimum sebuah APK yang bekerja pada kondisi termal tertentu dapat dinyatakan dengan :

$$\begin{aligned}
 Q_{max} &= C_{min} \cdot (T_1 - t_1) \\
 &= 75,25 \text{ Kj/s } ^\circ\text{C} \cdot 465^\circ\text{C} \\
 &= 34.991 \text{ Kj/s}
 \end{aligned}$$

Sehingga efektivitas *economizer* PLTU unit 4 UPDK Belawan dapat dinyatakan:

$$\varepsilon = \frac{20.319}{34.991} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 58 \%$$

Dari analisa perhitungan beberapa parameter nilai pengoperasian yang di dapat dari operator control room PLTU PT. PLN (Persero) Nusantara Power UPDK Belawan didapatkan hasil sebagaimana pada tabel 4.5 Hasil analisa efektivitas *economizer* PLTU unit 4 UPDK Belawan sebagai berikut :

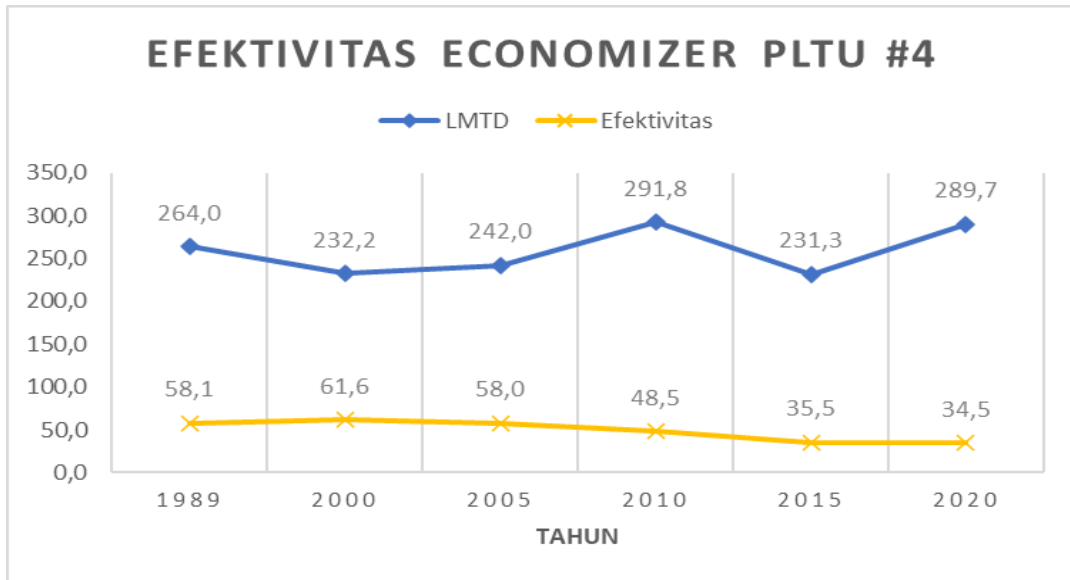
Tabel 4.5 Hasil Analisa Efektivitas *Economizer* PLTU Unit 4 UPDK Belawan

Tahun	LMTD	NTU	Faktor Koreksi	Efektivitas
1989	264,0294	0,001041	0,91	58,1
2000	232,2073	0,001292	0,93	61,6
2005	241,9706	0,001166	0,90	58,0
2010	291,7501	0,000796	0,96	48,5
2015	231,3094	0,000575	0,96	35,5
2020	289,7483	0,000479	0,98	34,5

Dapat di lihat pada tabel hasil analisa *efektivitas economizer* PLTU unit 4 di atas, pada tahun 1989 PLTU unit 4 belawan memiliki nilai *LMTD* sebesar 264,02, *NTU* sebesar 0,001041, faktor koreksi sebesar 0,91 dan *efektivitas economizer* sebesar 58,1%. Nilai-nilai tersebut berubah pada tahun 2000 dimana *efektivitas economizer* PLTU unit 4 naik sebesar 61,6%.

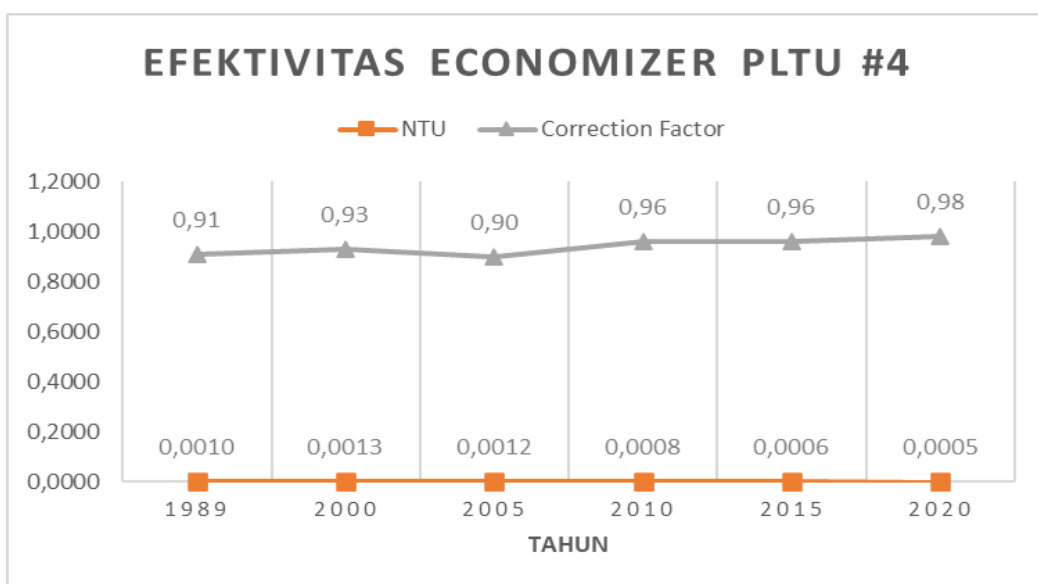


Sementara itu, mulai dari tahun 2005, 2010, 2015, dan 2020 nilai *efektivitas economizer* PLTU unit 4 belawan terus berangsur turun hingga mencapai 34,5% pada tahun 2020.



Gambar 4.2 Grafik *LMTD* dan *Efektivitas Economizer* PLTU Unit 4 Belawan

Pada gambar grafik *LMTD* dan *efektivitas economizer* PLTU Unit 4 Belawan di atas dapat di lihat dengan jelas alur kenaikan dan penurunan nilai-nilai *LMTD* dan *efektivitas economizer* dari tahun 1989, 2000, 2005, 2010, 2015, hingga tahun 2020.

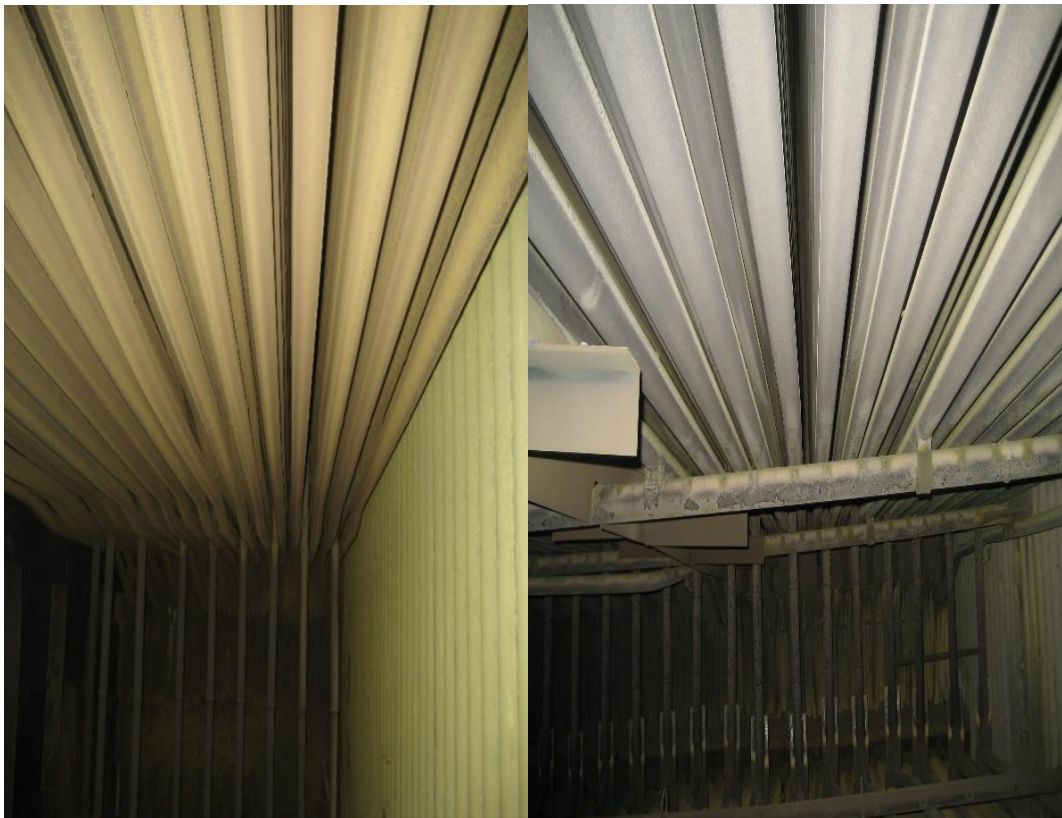


Gambar 4.3 Grafik *NTU* dan *Faktor Koreksi Economizer* PLTU Unit 4 Belawan

Sementara itu, dapat juga kita lihat pada gambar grafik *NTU* dan faktor koreksi *economizer* PLTU Unit 4 belawan di atas, alur kenaikan dan penurunan serta nilai-nilai dari hasil perhitungan *NTU* dan faktor koreksi mulai tahun 1989, 2000, 2005, 2010, 2015, sampai tahun 2020.

#### **4.2. Faktor Pengotoran Permukaan (*Fouling*)**

Di dalam alat penukar kalor (APK) pada umumnya fluida yang dipergunakan baik yang dipergunakan sebagai aliran fluida pendingin ataupun aliran fluida proses tidak dapat benar-benar terbebas dari kotoran. Partikel atau kandungan-kandungan senyawa kimia yang tidak diinginkan lainnya walaupun telah mengalami proses penyaringan. Partikel atau senyawa tersebut bisa berukuran sangat kecil sampai dengan tingkat ukuran besar beberapa mikron.



Gambar 4.4 Tube-tube Primary Superheater



Gambar 4.5 Tube-tube Secondary Superheater

Pada gambar di atas dapat dilihat dengan jelas pengotoran atau *fouling* yang terjadi pada alat penukar kalor (APK) *primary* maupun *secondary superheater* pada *heat recovery area* boiler PLTU unit 4 belawan tidak terlalu signifikan pembentukan jelaga-jelaga yang menempel di permukaan pipa-pipa *superheater* tersebut.



Gambar 4.6 Tube-tube economizer sisi atas (*Outlet feedwater*)



Gambar 4.7 Tube-tube header economizer (sisi bawah/inlet feedwater)

Sementara itu pengotoran atau *fouling* yang terjadi pada alat penukar kalor (APK) *economizer* pada sisi atas maupun *economizer* sisi bawah pada *heat recovery area* boiler PLTU unit 4 belawan terlihat pembentukan jelaga-jelaga yang menempel di permukaan pipa-pipa *economizer* sisi atas dan sisi bawah, pengotoran yang parah tampak pada kedua sisi *economizer* tersebut.

Serta hal serupa juga dapat dilihat pada gambar 4.7 dimana pengotoran jelaga-jelaga yang terbentuk menempel pada elemen-elemen *air preheater*.



Gambar 4.8 Elemen heat Air Preheater

Sewaktu bersirkulasi di dalam *economizer*, partikel-partikel atau senyawa kimia tersebut yang turut terangkut di dalam aliran fluida akan terdeposit membentuk lapisan pengotoran pada permukaan perpindahan panasnya (*fouling*). Pada system termal yang menggunakan tube atau pipa sebagai media perpindahan panas, lapisan pengotoran dapat terbentuk baik pada bagian permukaan dalam pipa ataupun pada permukaan bagian luarnya.

Kandungan-kandungan partikel atau senyawa kimia lainnya yang terangkut di dalam aliran fluida memiliki massa dan ukuran yang sangat bervariasi dari ukuran beberapa mikrometer sampai dengan ukuran-ukuran lainnya.

Deposit yang kemudian terbentuk dipermukaan umumnya memiliki konduktivitas termal yang cukup rendah sehingga akan menyebabkan lahirnya tahanan termal tambahan di dalam *economizer*. Apabila lapisan pengotoran semakin tebal maka tahanan termal tambahannya menjadi semakin tinggi sehingga menyebabkan laju pertukaran energi panas di dalam *economizer* menjadi semakin lambat, dan selanjutnya akan mempengaruhi efektivitas perpindahan panasnya menjadi semakin rendah. Artinya kecepatan proses pertukaran energi panasnya menjadi lebih rendah atau efektivitas penukar kalor menjadi menurun.

Sifat adhesif deposit yang terbentuk di permukaan dan besar kecilnya gradien temperatur yang ada di antara aliran fluida dengan permukaan memberikan pengaruh terhadap kecepatan pembentukan deposit di permukaan. Pada saat lapisan pengotoran mulai terbentuk dipermukaan, pertumbuhan lapisan tersebut dapat meningkat apabila permukaan deposit yang terbentuk memiliki sifat adhesif yang cukup kuat. Selain itu, apabila terdapat gradien temperature yang cukup besar diantara aliran fluida dengan permukaan maka kecepatan pertumbuhan deposit juga menjadi lebih besar.

Pada sisi yang lain, lapisan pengotoran yang terbentuk dipermukaan dapat mempengaruhi penurunan laju aliran fluida. Apabila tebal lapisan pengotoran telah signifikan maka laju aliran massa fluida yang mengalir di dalam *economizer* dapat terhambat sehingga menjadi lebih rendah. Dalam keadaan tersebut, untuk mempertahankan keadaan besarnya laju aliran seperti yang diinginkan maka diperlukan daya pemompaan yang lebih besar yang mana dampaknya adalah biaya pengoperasian menjadi meningkat. Pertumbuhan lapisan pengotoran di permukaan

*economizer* juga berpengaruh terhadap kerugian tekanan. Terbentuknya lapisan pengotoran pada permukaan di dalam *economizer* menyebabkan kekasaran permukaan menjadi meningkat, dampaknya kerugian tekanan aliran fluida kerja menjadi lebih besar juga.

Proses pembentukan lapisan *fouling* merupakan fenomena yang sangat kompleks sehingga sukar sekali dianalisis secara analitik, dan mekanisme pembentukannya juga sangat beragam. Namun secara teoritis *fouling* dapat di klasifikasikan menurut jenis proses pembentukannya yang dominan, yaitu :

- a. *fouling partikel* atau sedimentasi adalah lapisan deposit yang berasal dari partikel-partikel yang terangkut di dalam fluida. Jenis *fouling* ini dapat juga berkombinasi dengan *fouling* yang berasal dari senyawa kimia.
- b. *fouling biologi* adalah lapisan deposit yang berasal dari senyawa bakteri atau mikroorganisme lainnya.
- c. *scaling* adalah lapisan *crystalline* padat yang terbentuk pada permukaan yang berada pada daerah bertemperatur cukup tinggi. Apabila tempereatur permukaan melebihi batas pelarutan dari sebuah larutan yang mengandung garam misalnya kalsium sulfat, gypsum maka lapisan kristal padat akan terbentuk.
- d. *fouling* oleh reaksi kimia, dalam hal ini lapisan deposit yang terbentuk berasal dari hasil reaksi kimia antara senyawa-senyawa yang berada di sekitar permukaan
- e. korosi, yang merupakan hasil dari reaksi kimia antara senyawa kimia yang terangkut di dalam aliran fluida kerja dengan senyawa kimia yang ada di permukaan

## **BAB 5.**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil analisa dan pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Efektivitas perpindahan panas pada *economizier* unit 4 PLTU UPDK Belawan menurun dari tahun ke tahun (dapat dilihat pada tabel 4.5 hasil analisa efektivitas *economizer* dan gambar 4.9 grafik hasil analisa efektivitas *economizer*), persentase efektivitas *economizer* sebesar 58,1% pada tahun 1989 turun menjadi 34,5% pada tahun 2020
2. Penurunan efektivitas *economizer* PLTU Unit 4 UPDK Belawan disebabkan oleh faktor *fouling* (pengotoran pada permukaan *tubing economizer*)
3. Faktor penggunaan bahan bakar menjadi salah satu penyebab utama terjadinya pengotoran (*fouling*) yang terbentuk pada permukaan *tubing economizer* yang mana hal ini akan mempengaruhi proses perpindahan panas yang terjadi pada *economizer*, penggunaan bahan bakar yang bersih dengan nilai oktan yang tinggi seperti Natural Gas akan menghambat proses pembentukan *fouling* pada *economizer* sebaliknya, penggunaan bahan bakar kotor dengan nilai oktan yang rendah seperti MFO (*Marine Fuel Oil*) atau *Residu* akan mempercepat proses pembentukan *fouling* pada *APK economizer*.

#### **5.2. Saran**

Adapun saran yang penulis sampaikan pada penelitian ini yaitu pengoperasian PLTU Unit 4 PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan khususnya pada pengoperasian boiler agar menghindari penggunaan bahan bakar yang kotor atau bahan bakar yang memiliki nilai oktan yang rendah seperti *marine fuel oil (MFO)* atau *Residu*, memaksimalkan pengoperasian *soot blowing system* pada *Heat Recovery Area* khususnya pada *economizer*, serta menjalankan *prediktif* dan *preventife maintenance* dengan maksimal untuk menjaga keandalan *heat recovery area system* pada boiler khususnya dan pada PLTU unit 4 umumnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. S., Suryadi, F., & Prastyo, D. D. (2009). Kinerja Economizer Pada Boiler. *Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 72–81. <https://doi.org/10.9744/jti.11.1.72-81>
- Astawa, K., Surya, I. G. T. P., & Tenaya, I. G. N. P. (2022). Analisis Efektivitas Perpindahan Panas pada Alat Penukar Panas Jenis Water to Water. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 6(1), 26–30. <https://doi.org/10.18196/jmpm.v6i1.14896>
- Handoyo, Y., & Irawan, G. (2023). Efektivitas Penggunaan Economizer Terhadap Performa Boiler Fire Tube. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(2), 108–114. <https://doi.org/10.33558/jitm.v11i2.7104>
- HOLMAN, J. P. (1994). *PERPINDAHAN KALOR* (Edisi Keenam). ERLANGGA.
- Hulu, G. M. R., & Rahmawaty. (2021). Analisis Perpindahan Panas Dan Efektivitas Economizer Pada Boiler Unit 4 Pltu Pangkalan Susu. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(1), 10–15. <https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v2i1.293>
- Hutomo, T. N. (2016). Analisis Perpindahan Panas Pada Economizer Bare Tube Ladder Support Type Instalasi Boiler Pada Pltu Unit 4 Pt. Pjb Up Gresik. *PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Ir. Tunggal M. Sitompul, S.E, M. S. (1993). *ALAT PENUKAR KALOR*. PT Raja Grafindo Persada.
- Kays, W. M., & London, A. L. (1984). *Compact heat exchangers. Third Edition*.
- Penukar, A., Untuk, P., Dingin, P., Pen, A. I. R., & Slltando, H. (2007). (*CLOSE COOLING WATER HEAT EXCHANGER*) TUGASAKHIR.
- Richter, L. E., Carlos, A., & Beber, D. M. (n.d.). *Process Heat Transfer Principles and Applications*.
- Robiyanyusra, Gani, U. A., & Taufiqurrahman, M. (2021). Analisis Efektivitas Laju Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Tipe Double Pipe. *Jurnal Teknologi Rekayas Teknik Mesin (JTRAIN)*, 2(2), 97–104.
- Soekardi, C. (2019). *Teknik Perpindahan Energi Panas Penerapan pada Sistem Termal Instalasi Industri* (R. I. Utami (ed.)). Penerbit ANDI.
- Trisnadi, W., Fadelan, P., Malyadi, M., Ponorogo, U. M., Teknik, J., Fakultas, M., Universitas, T., & Utomo, J. B. (2015). Analisa Laju Perpindahan Panas Counter Flow Heat Exchanger skala laboratorium dengan aliran berulir. *Prosiding SNTT FGDT*.



Tabel data pengoperasian PLTU Unit 4 PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan :

No	Tahun	Nama	Jumlah	Nilai	Satuan
1	1989	Flue gass temperatur inlet eco	570		°C
2		Flue gass temperatur outlet eco	320		°C
3		Water temperatur inlet eco	105		°C
4		Water temperatur outlet eco	250		°C
5		Massa aliran air	140		T/H
6		Kalor spesifik (Cp)	4,18		Kj/Kg °C
7		Heating surface	1200		M <sup>2</sup>
8		Konduktifitas termal baja	50		W/M °C
9		CP Udara	445	1,0789	Kj/Kg °C
10		CP Air	177,5	4,3462	Kj/Kg °C
11		Faktor Koreksi	0,91		
1	2000	Flue gass temperatur inlet eco	581		°C
2		Flue gass temperatur outlet eco	303		°C
3		Water temperatur inlet eco	130		°C
4		Water temperatur outlet eco	218		°C
5		Massa aliran air	145		T/H
6		Kalor spesifik (Cp)	4,18		Kj/Kg °C
7		Heating surface	1200		M <sup>2</sup>
8		Konduktifitas termal baja	50		W/M °C
9		CP Udara	442	1,0778	Kj/Kg °C
10		CP Air	174	4,3418	Kj/Kg °C
11		Faktor Koreksi	0,93		
1	2005	Flue gass temperatur inlet eco	572		°C
2		Flue gass temperatur outlet eco	309		°C
3		Water temperatur inlet eco	120		°C
4		Water temperatur outlet eco	210		°C
5		Massa aliran air	145		T/H
6		Kalor spesifik (Cp)	4,18		Kj/Kg °C
7		Heating surface	1200		M <sup>2</sup>
8		Konduktifitas termal baja	50		W/M °C
9		CP Udara	440,5	1,0782	Kj/Kg °C
10		CP Air	165	4,3394	Kj/Kg °C
11		Faktor Koreksi	0,93		

1	2010	Flue gass temperatur inlet eco	560		°C
2		Flue gass temperatur outlet eco	337		°C
3		Water temperatur inlet eco	100,5		°C
4		Water temperatur outlet eco	205		°C
5		Massa aliran air	145		T/H
6		Kalor spesifik (Cp)	4,18		Kj/Kg °C
7		Heating surface	1200		M <sup>2</sup>
8		Konduktifitas termal baja	50		W/M °C
9		CP Udara	448,5	1,0797	Kj/Kg °C
10		CP Air	152,75	4,307	Kj/Kg °C
11		Faktor Koreksi	0,96		
1	2015	Flue gass temperatur inlet eco	458		°C
2		Flue gass temperatur outlet eco	337		°C
3		Water temperatur inlet eco	117		°C
4		Water temperatur outlet eco	215		°C
5		Massa aliran air	140		T/H
6		Kalor spesifik (Cp)	4,18		Kj/Kg °C
7		Heating surface	1200		M <sup>2</sup>
8		Konduktifitas termal baja	50		W/M °C
9		CP Udara	397,5	1,0639	Kj/Kg °C
10		CP Air	166	4,3001	Kj/Kg °C
11		Faktor Koreksi	0,96		
1	2020	Flue gass temperatur inlet eco	565		°C
2		Flue gass temperatur outlet eco	404		°C
3		Water temperatur inlet eco	98		°C
4		Water temperatur outlet eco	167		°C
5		Massa aliran air	145		T/H
6		Kalor spesifik (Cp)	4,18		Kj/Kg °C
7		Heating surface	1200		M <sup>2</sup>
8		Konduktifitas termal baja	50		W/M °C
9		CP Udara	423	1,073	Kj/Kg °C
10		CP Air	132	4,26	Kj/Kg °C
11		Faktor Koreksi	0,98		









**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KP/PT/XI/2022  
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003  
🌐 <https://fatek.umsu.ac.id> ✉ [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id) 📺 [umsu.medan](#) 📺 [umsu.medan](#) 📺 [umsu.medan](#) 📺 [umsu.medan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor : 272/II.3AU/UMSU-07/F/2024**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 21 Februari 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama : RIDHO AKBAR LUBIS  
Npm : 2207230170P  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : III (TIGA)  
Judul Tugas Akhir : ANALISA PENURUNAN KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS PADA ECONOMICER AKIBAT TIDAK EFEKTIFNYA SISTEM SOOTBLOWING PLTU UNIT 4 UPDK BELAWAN (PT. PLN NUSANTARA POWER PLTU BELAWAN)

Pembimbing : KHAIRUL UMURANI, ST, MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 11 Sya'ban 1445 H  
21 Februari 2024 M

Dekan



Munawar Afansury Siregar, ST.,MT  
NIDN: 0101017202





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK MESIN

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Ridho Akbar Lubis  
NPM : 2207230170P  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Analisa Efektivitas Economizer  
Pltu Unit 4 Belawan

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
		- Pemberian tugas penulisan tugas akhir.	ke
		- Perbincangan pendahuluan	ke
		- Perbincangan tujuan	ke
		- Perbincangan tinjauan pustaka	ke
		- melengkapi permasalahan efektivitas APK.	ke
		- Perbincangan Metode	ke
		- Aee, seminar proposal.	ke

Mengetahui,  
Pembimbing

Khairul Umurani ST, MT



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK MESIN

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Ridho Akbar Lubis  
NPM : 2207230170P  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Analisa Efektivitas *Economizer*  
PLTU Unit 4 Belawan

No	Hari/Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf
03	01-2024	- Pemberian spesifikasi tugas akhir	l
09	07-2024	- Perbaiki pendahuluan	l
13	01-2024	- perbaiki tujuan	a
07 Feb	2024	- perbaiki tinjauan pustaka	a.
12 Feb	2024	- lengkapi persamaan efektivitas APK	a.
24 Feb	2024	- perbaiki metode	l
24 Feb	2024	- Acc Seminar proposal	l
15 Juni	2024	- perbaiki Bab 3	l
26 Juli	2024	- perbaiki Bab 4	l
30 Juli	2024	- Revisi Kesimpulan	l
02 Agustus	2024	- Acc Seminar Hasil	l.
19 Agustus	2024	- Acc sidang TA	l.

Mengetahui,  
Pembimbing

Khairul Umurani ST, MT



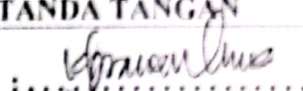
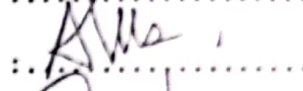
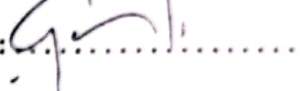
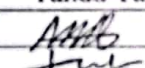
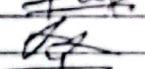
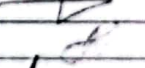
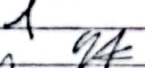
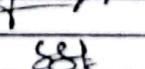
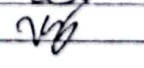
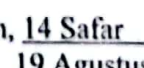
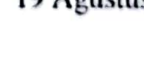


**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK - UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2023 - 2024**

Peserta seminar

Nama : Ridho Akbar Lubis

NPM : 2207230170P

Judul Tugas Akhir : Analisa Efektivitas Economizer PLTU Unit 4 Belawan

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing - I : Khairul Umurani, ST, MT			
Pembanding - I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT			
Pembanding - II : Chandra A Siregar, ST, MT			
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	<del>2007230170P</del> 2007230170P	AGUNG MARIANUS	
2	2007230171	IQBAL SALEH HUTAGALING	
3	2007230166	M. AMRIYADI	
4	2007230039	Imam Nofan Rizyca	
5	1907230176	Ahmad Khairul B...	
6	<del>1907230176</del> 1907230176	Rio Gecang . R	
7	190723 0125	GILANG AL FANFI	
8	2007230143	Mico TRY KURNIAWAN	
9	2007230177	M. SYAMSU ANISYAH USB	
10	200723 0039	Aulia Rahman Maulana	

Medan, 14 Safar 1446 H  
19 Agustus 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Ridho Akbar Lubis  
NPM : 2207230170P  
Judul Tugas Akhir : Analisa Efektivitas Economizer PLTU Unit 4 Belawan

Dosen Pembanding – I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : Chandra A Siregar, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :  
..... *lihat buku tugas akhir* .....  
.....  
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan 14 Safar 1446 H  
19 Agustus 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Ridho Akbar Lubis  
NPM : 2207230170P  
Judul Tugas Akhir : Analisa Efektivitas Economizer PLTU Unit 4 Belawan

Dosen Pembanding - I : Dr. Sudirman Lubis, ST, MT  
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar, ST, MT  
Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani, ST, MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

- Perbaiki gambar .....

- Perbaiki data P. Usaha .....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....  
.....

Medan, 14 Safar 1446 H  
19 Agustus 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



Dr. Sudirman Lubis, ST, MT

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Ridho Akbar Lubis  
Tempat Tanggal Lahir : Medan 13 Juni 1988  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Status : Menikah  
Alamat : Jln Dua Pulo Brayan Bengkel  
Kec/Kota : Kecamatan Medan Timur Kota Medan  
Provinsi : Sumatera Utara  
Nomor Hp : 082170035597  
E-mail : ridhoakbar06@gmail.com  
Nama Orang Tua  
Ayah : Anshari Lubis  
Ibu : Misnawati

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1994 – 2000 : SD NEGERI 105325  
2000 – 2003 : MTS AL JAMIYATUL WASHLIYAH  
2003 – 2006 : SMK TI SINAR HUSNI  
2006 – 2010 : UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2022 – 2024 : UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA