

**ANALISIS PENUKAR KALOR TIPE SHELL DAN TUBE
SEBAGAI PEMANAS BAHAN BAKAR RESIDU (MFO)
PADA UNIT 3 PLTU PT. PLN (PERSERO)
UNIT PELAKSANA PEMBANGKITAN
BELAWAN**

SKRIPSI

OLEH:

RANTO ARKEMO SINAMO

15.813.0018



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2019**

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 11/4/19

Access From (repository.uma.ac.id)

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Penukar Kalor Tipe Shell Dan Tube
Sebagai Pemanas Bahan Bakar Residu (MFO)
pada Unit 3 PLTU PT. PLN (Persero) Unit
Pelaksana Pembangkitan Belawan

Nama : Ranto Arkemo Sinamo

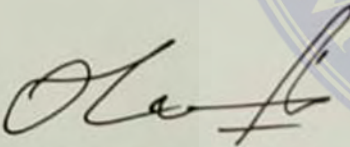
NPM : 15.813.0018

Fakultas : Teknik

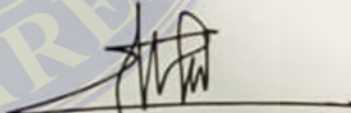
Jurusan : Teknik Mesin

Disetujui Oleh:

Komisi Pembimbing

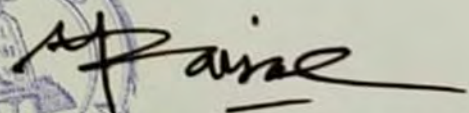


Ir. Husin Ibrahim MT
Pembimbing I




Muhammad Idris ST, MT
Pembimbing II




Dr. Faisal Amri Tanjung S.ST, MT
Dekan




Bobby Umroh ST, MT
Prodi

Tanggal Lulus: 20 September 2019

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/4/19

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

Access From (repository.uma.ac.id)

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar Strata Satu (S1) hasil karya tulis 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 yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, September 2019

Hormat Saya



Ranto Sinamo

(15.813.0018)

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ranto Arkemo Sinamo

NPM : 15.813.0018

Program Studi : MESIN

Fakultas : TEKNIK

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Eksklusif (Non-exclusive Royalty-free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisis Penukar Kalor Tipe Shell Dan Tube Sebagai Pemanas bahan Bahan Bakar Residu (MFO). Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas Royalty Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai hak pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, September 2019

Yang menyatakan


(Ranto Sinamo)

ABSTRAK

Pompa Sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa yang mempunyai lingkup penggunaan yang sangat luas terkait dengan head dan kapasitas yang dihasilkan. Pada kesempatan ini penulis mencoba memaparkan hasil penelitian tentang unjuk kerja pompa sentrifugal bila dilakukan variasi sudut bukaan katup (valve) pada pompa sentrifugal akan menghasilkan head. Sudut bukaan katup (valve) dimaksudkan untuk mengetahui peningkatan performance pompa yang terjadi akibat pembukaan sudut katup (valve). Menambah bukaan katup (valve) pompa sangat berpengaruh terhadap kapasitas aliran air yang dihasilkan, hal ini juga akan mempengaruhi kerja pompa, kecepatan spesifik, daya dan efisiensi pompa. Sehingga dapat diperoleh titik kerja pompa sentrifugal dengan Kapasitas (Q) 0,000733 m³/s, Head (H) 7,02 m, Daya Hidraulis (Ph) 50,501 watt, Efisiensi (η_p) 16,396%, hal ini dapat terlaksana bila diikuti penambahan daya dari motor penggerakannya.

Kata Kunci : Pompa Sentrifugal, Kapasitas aliran fluida (cairan), Head, Daya, dan Efisiensi.

ABSTRACT

Centrifugal pump is one type of pump that has a very wide scope of use related to the head and the capacity produced. On this occasion the author tries to explain the results of research on the performance of a centrifugal pump if variations in valve opening angle (valve) on a centrifugal pump will produce a head. The valve opening angle is intended to determine the increase in pump performance due to the opening of the valve angle. Adding to the valve opening (pump) is very influential on the flow capacity of the water produced, this will also affect the work of the pump, specific speed, power and pump efficiency. So that the centrifugal pump working point can be obtained with Capacity (Q) 0,000733 m³ / s, Head (H) 7,02 m, Hydraulics (Ph) 50,501 watts, Efficiency (η) 16,396%, this can implemented if followed by the addition of power from the driving motor.

Keywords: *Centrifugal pumps, fluid flow capacity (fluid), head, power, and efficiency.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yesus karena berkat kuasa dan kasih setia Tuhan saya masih bisa merasakan berkat dan anugerah berupa kesehatan hingga pada saat hari ini saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir ini berjudul “ANALISIS PENUKAR KALOR TIPE SHELL DAN TUBE SEBAGAI PEMANAS BAHAN BAKAR RESIDU (MFO)”. Tugas Akhir ini disusun guna untuk mendapatkan gelar Strata Satu (S1) di Universitas Medan Area (UMA). Dalam penyusunan Tugas Akhir ini saya menyadari bahwa adanya keterbatasan kemampuan dan wawasan saya, sehingga saya menerima masukan dan saran dari semua pihak.

Pada kesempatan ini saya tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang turut ambil bagian dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, baik secara moral maupun materi. Maka dengan segala kerendahan hati saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Teristimewa kepada orangtua saya M.Sinamo dan R. Br. Sinaga yang telah begitu banyak memberikan dukungan, nasehat-nasehat dan semangat, sehingga saya dapat menyelesaikan perkuliahan saya di Universitas Medan Area (UMA).
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.SC selaku Rektor di Universitas Medan Area (UMA).
3. Bapak Dr. Faisal Amri Tanjung, S.ST, MT selaku Dekan fakultas Teknik Universitas Medan Area (UMA).

4. Bapak Bobby Umroh, ST.MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
5. Bapak Ir. Husin Ibrahim MT selaku dosen pembimbing 1 yang sudah banyak memberikan waktunya dalam menyusun Tugas Akhir ini.
6. Bapak Muhammad Idris, ST.MT selaku dosen pembimbing 2 yang sudah banyak memberikan waktunya dalam menyusun Tugas Akhir ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen serta Staff Pegawai fakultas Teknik Universitas Medan Area (UMA) .
8. Kepada semua teman-teman seperjuangan saya teknik mesin 2015.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan disana sini, baik dari segi informasi yang dijadikan format saya dan sebagainya.

Untuk itu saya mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun kepada saya agar memberi nilai dan kualitas yang baik pada masa mendatang. Akhir kata saya mengharapkan agar Tugas Akhir ini bisa berguna di tengah-tengah masyarakat dan memberikan manfaat yang positif bagi kita semua.

Medan, September 2019

Hormat Saya

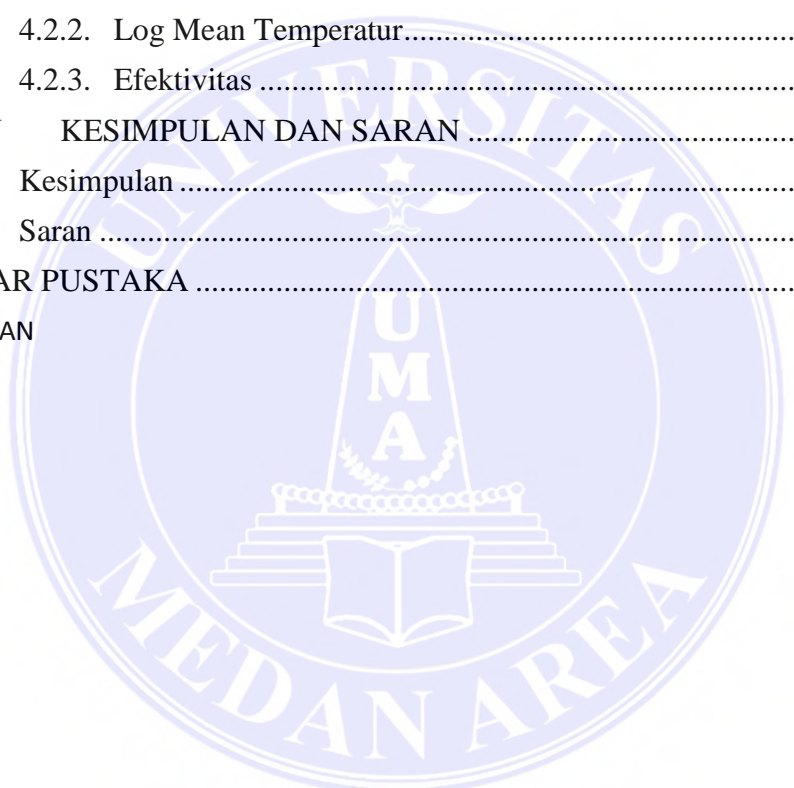
RANTO SINAMO

15.813.0018

DAFTAR ISI

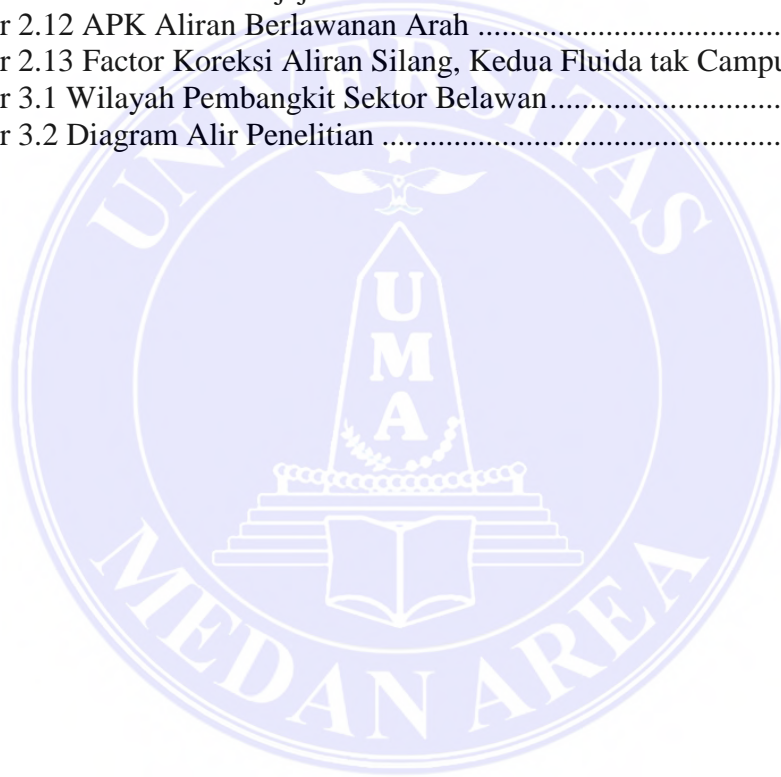
HALAMAN JUDUL	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Dasar Perpindahan Panas Prinsip dan Teori	4
2.2. Klasifikasi Alat Penukar Kalor	4
2.2.4. Klasifikasi Berdasarkan Mekanisme Perpindahan Panas	5
2.2.5. Klasifikasi Berdasarkan Konstruksi	5
2.2.6. Klasifikasi Berdasarkan Pengaturan Aliran	6
2.3. Pembagian Alat Penukar Kalor Jenis Shell and Tube Berdasarkan Tema 7	
2.4. Komponen – Komponen Alat Penukar Kalor	10
2.4.1. Shell	10
2.4.2. Tube	11
2.4.3. Baffle	13
2.4.4. Tube Sheet	15
2.5. Log Mean Temperature Difference (LMTD)	15
2.7. Koefisien Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan pada Shell	18
2.9 Metode NTU – Efektivitas	21
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.1.1 Tempat Penelitian	22
3.1.2 Waktu Penelitian	22
3.2. Alat dan Bahan	23
3.2.1 Alat	23

3.2.2	Bahan.....	23
3.3.	Analisa Data.....	23
3.4.	Metode Penelitian	24
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		26
4.1.	Perhitungan Data Design	26
4.1.1	Koefesien Perpindahan Panas shell dan tube.....	27
4.1.2	Log Mean Temperature difference.....	31
4.1.3	Efektivitas	32
4.2	Perhitungan Data Aktual	34
4.2.1.	Koefesien Perpindahan Panas shell dan tube.....	35
4.2.2.	Log Mean Temperatur.....	39
4.2.3.	Efektivitas	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		42
4.2.	Kesimpulan	42
4.3.	Saran	42
DAFTAR PUSTAKA		43
LAMPIRAN		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat Penukar Kalor Tipe AES	8
Gambar 2.2 Alat Penukar Kalor Tipe BEM.....	9
Gambar 2.3 Alat Penukar Kalor Tipe AKT	9
Gambar 2.4 Alat Penukar Kalor Tipe CEU	9
Gambar 2.5 Rancangan Alat Penukar Kalor Shell and Tube.....	11
Gambar 2.6 Tipe Susunan Tube Alat Penukar Kalor.....	12
Gambar 2.7 Sekat Pelat Bentuk Segmen.....	14
Gambar 2.8 Sekat Batang (Rod Baffle)	14
Gambar 2.9 Sekat Longitudinal (Longitudinal Baffle)	14
Gambar 2.10 Sekat Impingement.....	15
Gambar 2.11 APK Aliran Sejajar	16
Gambar 2.12 APK Aliran Berlawanan Arah	17
Gambar 2.13 Factor Koreksi Aliran Silang, Kedua Fluida tak Campur	18
Gambar 3.1 Wilayah Pembangkit Sektor Belawan.....	22
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	25



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan dunia industri yang semakin pesat yang didukung oleh kemajuan teknologi, maka biaya produksi suatu industri akan meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan energi bahan bakar untuk mendukung operasional suatu industri. Untuk mengurangi biaya produksi suatu industri, khususnya di bidang pembangkitan energi listrik maka dibutuhkan suatu pemikiran tentang pemanfaatan energi dengan lebih efektif dan efisien agar konsumsi terhadap suatu energi khususnya energi yang berasal dari bahan bakar tidak berlebihan. Untuk mendukung hal tersebut dibutuhkan suatu peralatan yang dapat mengurangi pemakaian energi secara berlebihan. Adapun salah satu peralatan yang dimaksud adalah heat exchanger atau sering disebut alat penukar kalor. (Jajat Sudrajat, 2017)

Alat penukar kalor merupakan alat yang memindahkan energi panas dari suatu fluida ke fluida lain yang memiliki beda temperature. Alat penukar kalor sangat dibutuhkan dalam dunia industri, khususnya industri pembangkitan energi listrik tenaga uap. Adapun berbagai jenis alat penukar kalor yang ditemui adalah boiler, low pressure heater, high pressure heater, lube oil cooler, dan fuel oil heater dan lain sebagainya. (M. Sitompul, 2003)

Fuel oil heater merupakan alat penukar kalor tipe shell and tube yang digunakan untuk memanaskan Marine Fuel Oil (MFO) untuk bahan bakar boiler dengan memanfaatkan energi panas dari steam. Untuk mendukung unjuk kerja

atau optimalisasi peralatan ini maka harus mengetahui karakteristiknya Selain itu juga dibutuhkan analisa yang baik agar dapat diketahui energi perpindahan panas, faktor pengotoran, dan efektifitas peralatan ini sehingga dapat lebih diketahui layak atau tidaknya peralatan tersebut dioperasikan atau dapat membuat schedule perawatan peralatan ini. getahui karakteristiknya agar dapat diketahui pola operasi dan perawatannya. (M. Sitompul, 2003)

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka dappat dirumuskan beberapa masalah antara lain:

1. Bagaimana hasil perhitungan koefisien perindahan panas pada APK shell and tube?
2. Bagaimana analisa perhitungan dari efektivitas alat penukar kalor?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian alat penukar kalor (APK) ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menghitung koefisien perpindahan panas pada shell dan tube.
2. Untuk menghitung efektivitas dari alat penukar kalor.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Manfaat penelitian ini dilakukan tentang alat penukar kalor (APK) adalah untuk pengembangan pengetahuan tentang pemanfaatan energi dengan

lebih efektif dan efisien agar konsumsi terhadap suatu energi khususnya energi yang berasal dari bahan bakar tidak berlebihan.

2. Dengan adanya alat penukar kalor (APK) ini dapat memberikan penghematan dalam pemakaian bahan bakar. Pemakaian alat ini sangat direkomendasikan pada semua instalasi yang menggunakan boiler dengan bahan bakar Marine Fuel Oil (MFO).

1.5. Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisa kesetimbangan energi dan LMTD pada alat penukar kalor shell and tube.
2. Analisa perhitungan alat penukar kalor yang meliputi koefisien perpindahan panas shell dan tube.

Analisa perhitungan efektivitas alat penukar kalor.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dasar Perpindahan Panas Prinsip dan Teori

Panas adalah salah satu bentuk energi yang dapat dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain, tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan sama sekali. Dalam suatu proses, panas dapat mengakibatkan terjadinya kenaikan suhu suatu zat dan atau perubahan tekanan, reaksi kimia dan kelistrikan.

Proses terjadinya perpindahan panas dapat dilakukan secara langsung, yaitu fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin tanpa adanya pemisah dan secara tidak langsung, yaitu bila diantara fluida panas dan fluida dingin tidak berhubungan langsung tetapi dipisahkan oleh sekat-sekat pemisah.

2.2. Klasifikasi Alat Penukar Kalor

Melihat begitu banyaknya jenis alat penukar kalor, maka dapat diklasifikasikan berdasarkan bermacam – macam pertimbangan yaitu:

Klasifikasi Berdasarkan Proses Perpindahan Panas

- a. Jenis kontak tidak langsung
 1. Jenis dari satu fase
 2. Jenis dari banyak fase
 3. Jenis yang ditimbun (storage tipe)
 4. Jenis fluidized bed

- b. Jenis kontak langsung
 - 1. Immiscible fluids
 - 2. Gas liquid
 - 3. Liquid vapor

Klasifikasi Berdasarkan Jumlah Fluida yang Mengalir

- a. Dua jenis fluida
- b. Tiga jenis fluida
- c. Empat jenis fluida

Klasifikasi Berdasarkan Kompaknya Permukaan

- a. Jenis penukar kalor yang kompak, density luas permukaannya $> 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- b. Jenis penukar kalor yang tidak kompak, density luas permukaannya $< 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$

2.2.4. Klasifikasi Berdasarkan Mekanisme Perpindahan Panas

- a. Dengan cara konveksi, satu fase pada kedua sisi alirannya
- b. Dengan cara konveksi pada satu sisi aliran dan pada sisi yang lainnya terdapat cara konveksi 2 aliran
- c. Dengan cara konveksi pada kedua sisi alirannya serta terdapat 2 pass aliran masing – masing
- d. Kombinasi cara konveksi dan radiasi

2.2.5. Klasifikasi Berdasarkan Konstruksi

- a. Konstruksi turbular (shell and tube)
 - 1) Tube ganda (double tube)
 - 2) Konstruksi shell and tube
 - a) Sekat plat (plate baffle)
 - b) Sekat batang (rod baffle)
 - c) Konstruksi tube spiral
- b. Konstruksi Jenis pelat
 - 1) Jenis pelat
 - 2) Jenis lamella
 - 3) Jenis spiral
 - 4) Jenis pelat *coil*
- c. Dengan Konstruksi luas permukaan diperluas (*extended surface*)
 - 1) Sirip pelat (plate fin)
 - 2) Sirip *tube* (tube fin)
 - a) *Heat pipe wall*
 - b) *Ordinary separating wall*
- d. Regenerative
 - 1) Jenis rotary
 - 2) Jenis disk
 - 3) Jenis drum
 - 4) Jenis matrik tetap

2.2.6. Klasifikasi Berdasarkan Pengaturan Aliran

a. Aliran dengan satu pass

- 1) Aliran berlawanan
- 2) Aliran parare
- 3) Aliran melintang
- 4) Aliran split
- 5) Aliran yang dibagi (divided)

b. Aliran multipass

- 1) Permukaan yang diperbesar (extended surface)
 - a) Aliran berlawanan menyilang
 - b) Aliran sejajar menyilang
 - c) Aliran campur

1. Permukaan yang diperbesar (extended surface)

- a) Aliran berlawanan menyilang
- b) Aliran sejajar menyilang
- c) Aliran campur

1. Shell and tube

- a) Aliran paralel yang berlawanan (1 laluan pada shell dan 2 laluan pada tube)
- b) Aliran split
- c) Aliran dibagi (*divided*)

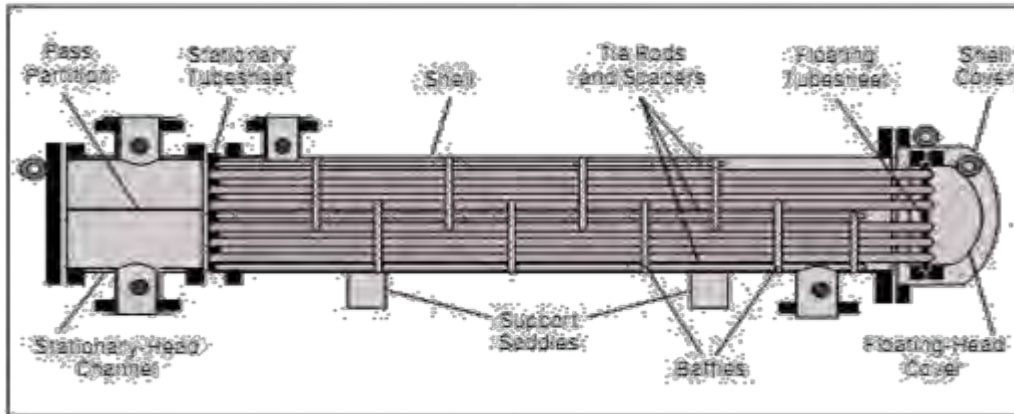
2.3. Pembagian Alat Penukar Kalor Jenis Shell and Tube Berdasarkan Tema

Begitu banyaknya jenis dari alat penukar kalor shell and tube yang dipergunakan pada dunia industri. Untuk membuat pembagiannya secara pasti adalah sangat sulit.

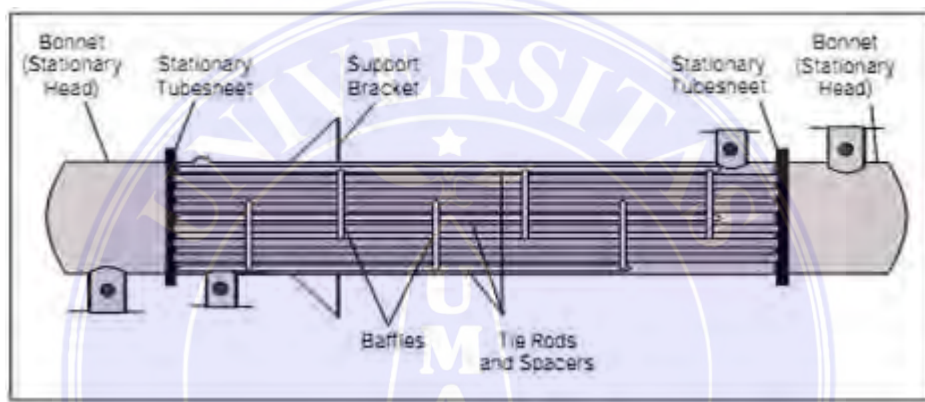
Tetapi oleh Standard of Turbular Exchanger Manufactures Association (Ir. Tunggul M. Sitompul, S.E., M.Sc., 1993) dikelompokkan berdasarkan pemakaian dari heat exchanger itu menjadi 3 kelompok yaitu:

- a. Alat Penukar Kalor Kelas “R”, yang dipergunakan pada industri minyak dan peralatan yang berhubungan proses tersebut.
- b. Alat Penukar Kalor Kelas “C”, yang dipergunakan pada keperluan komersial atau general purpose dengan didasarkan pada segi ekonomis dan ukuran kecil.
- c. Alat Penukar Kalor Kelas “B” yang banyak dipergunakan pada proses kimia.

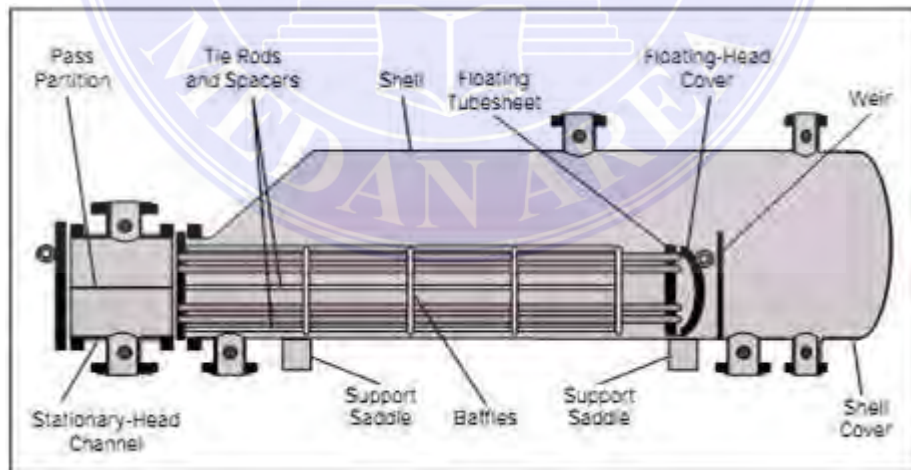
Alat penukar kalor kelas “R”, kelas “C”, dan kelas “B” ini, semuanya adalah alat penukar kalor yang tidak dibakar (unfired Shell and tube), tidak sama dengan ketel uap. Berikut contoh dari beberapa jenis alat penukar kalor standar TEMA seperti gambar berikut ini.



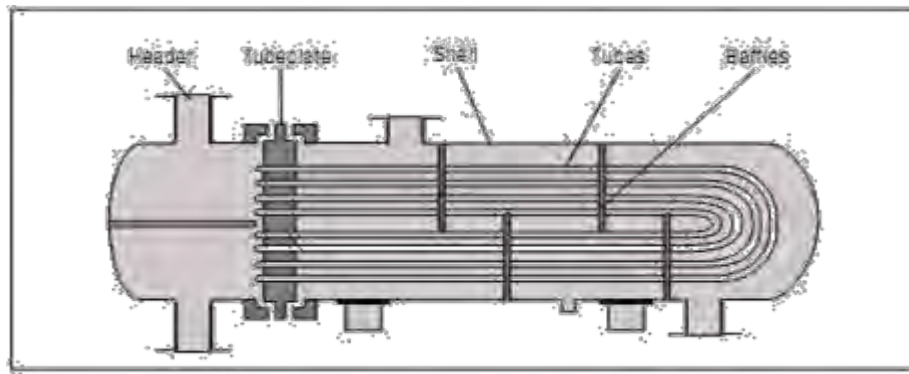
Gambar 2.1 Alat Penukar Kalor Tipe AES



Gambar 2.2 Alat Penukar Kalor Tipe BEM



Gambar 2.3 Alat Penukar Kalor Tipe AKT



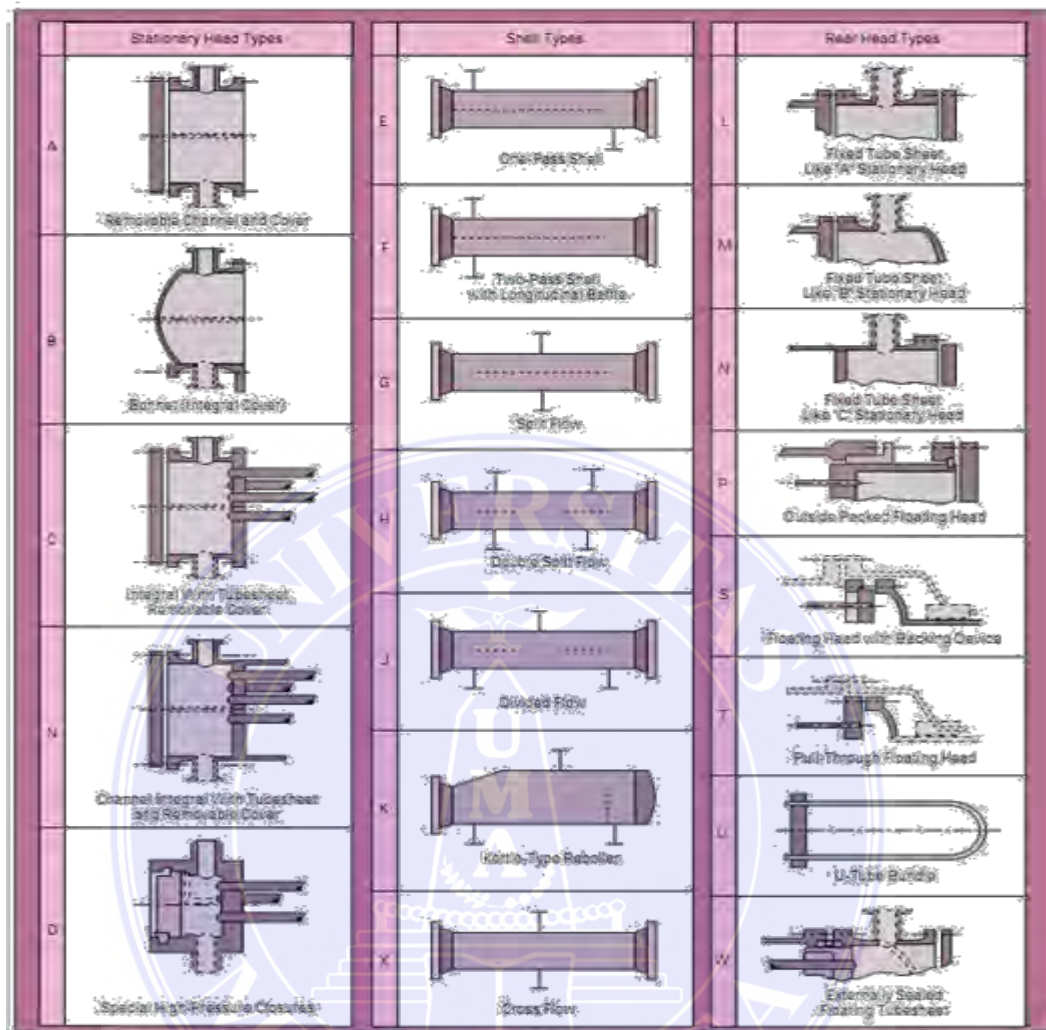
Gambar 2.4 Alat Penukar Kalor Tipe CEU

2.4. Komponen – Komponen Alat Penukar Kalor

Dalam penguraian – penguraian komponen – komponen alat penukar kalor jenis shell and tube akan dibahas beberapa komponen yang sangat berpengaruh pada konstruksi alat penukar kalor. Untuk lebih jelasnya disini akan dibahas beberapa komponen dari alat penukar kalor jenis shell and tube.

2.4.1. Shell

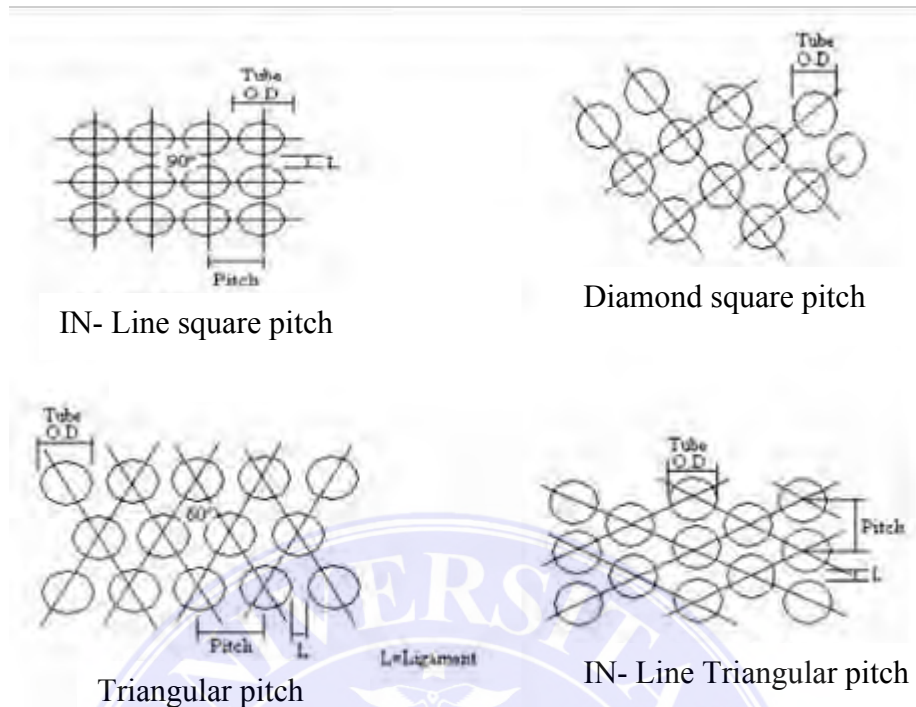
Konstruksi shell sangat ditentukan oleh kapasitas dan keadaan tubes yang akan ditempatkan didalamnya. Shell ini dapat dibuat dari pipa yang berukuran besar atau pelat baja yang dirol. Shell merupakan badan dari alat penukar kalor, dimana terdapat tube bundle. Untuk temperature kerja yang tinggi kadang – kadang shell dibagi dua sambungan dengan sambungan ekspansi. Pada gambar dibawah ini dapat dilihat rancangan atau design untuk alat penukar kalor shell and tube sesuai dengan standar TEMA.



Gambar 2.5 Rancangan Alat Penukar Kalor Shell and Tube

2.4.2. Tube

Tube merupakan bidang pemisah antara dua fluida yang mengalir, dan sekaligus sebagai bidang perpindahan panas. Pada umumnya flow fluida yang mengalir di dalam tube lebih kecil dibandingkan dengan flow fluida yang mengalir di dalam shell. Ketebalan dan material tube harus dipilih berdasarkan tekanan operasi dan jenis fluidanya. Agar tidak mudah bocor dan korosi akibat aliran fluida yang mengalir di dalam tube. Adapun tipe susunan tube berdasarkan TEMA seperti gambar berikut ini.



Gambar 2.6 Tipe Susunan Tube Alat Penukar Kalor

Susunan tube segitiga sangat populer dan sangat baik dipakai melayani fluida kotor / berlumpur atau yang bersih. Pembersihan tube dilakukan dengan cara kimia (chemical cleansing). Koefisien perpindahan panasnya lebih baik dibandingkan susunan pipa bujur (in – line square pitch). Susunan tube segitiga banyak dipergunakan dan menghasilkan perpindahan panas yang baik per satu satuan penurunan tekanan (per unit pressure drop), disamping itu letaknya lebih kompak.

- a. Apabila penurunan tekanan (pressure drop) yang terjadi pada alat penukar kalor itu sangat kecil.
- b. Apabila pembersihan yang dilakukan pada bagian luar tube adalah dengan cara pembersihan mekanik (mechanical cleansing). Sebab pada susunan seperti ini terdapat celah antara tube yang dipergunakan untuk pembersihannya.

- c. Susunan ini memberikan perilaku yang baik, bila terjadi aliran turbulen, tetapi untuk aliran laminar akan memberikan hasil yang kurang baik.

Susunan tube yang membentuk 450 atau susunan belah ketupat (diamond square pitch) baik dipergunakan pada kondisi operasi yang penurunan tekanan kecil, tetapi lebih besar dari penurunan tekanan jenis bujur sangkar. Selain itu susunan tube ini relatif lebih baik dibanding susunan tube yang membentuk 300 terhadap aliran.

2.4.3. Baffle

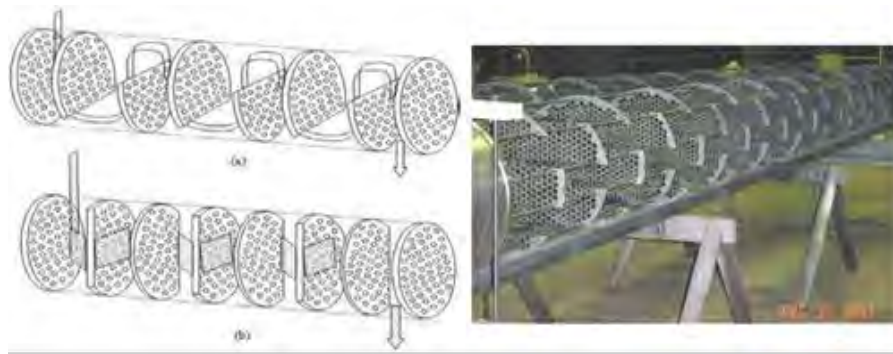
Baffle atau sekat – sekat yang dipasang pada alat penukar kalor mempunyai beberapa fungsi, yaitu :

- a. Struktur untuk menahan tube bundle
- b. Damper untuk menahan atau mencegah terjadinya getaran pada tube
- c. Sebagai alat untuk mengontrol dan mengarahkan aliran fluida yang mengalir di luar tube (shell side)

Ditinjau dari segi konstruksi, sekat itu dapat diklasifikasikan dalam 4 kelompok yaitu:

- a. Sekat pelat berbentuk segment (segmental baffle plate)
- b. Sekat batang (rod baffle)
- c. Sekat mendatar atau longitudinal baffle dSekat impingement (impingement baffle)

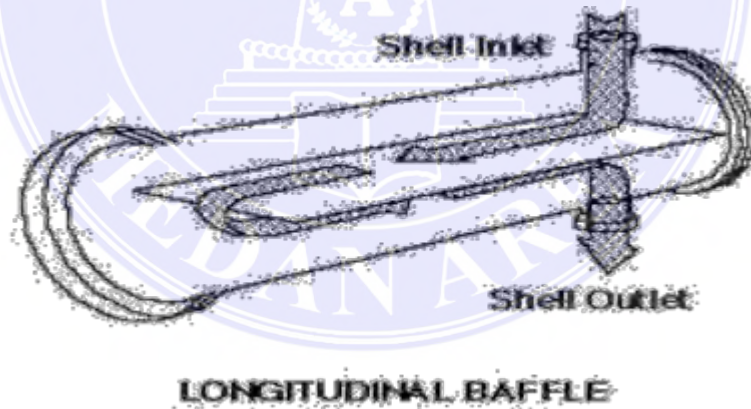
Berikut gambar dari beberapa jenis baffle yang digunakan pada berbagai APK jenis shell and tube.



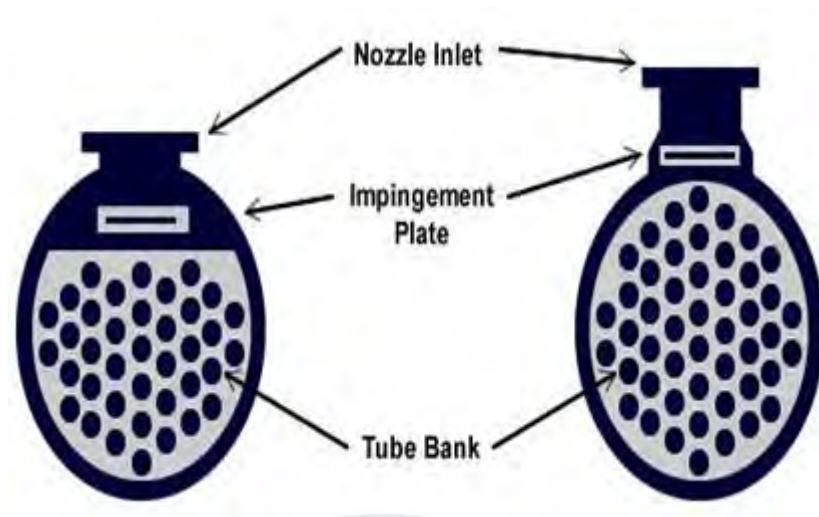
Gambar 2.7 Sekat Pelat Bentuk Segmen



Gambar 2.8 Sekat Batang (Rod Baffle)



Gambar 2.9 Sekat Longitudinal (Longitudinal Baffle)



Gambar 2.10 Sekat Impingement

2.4.4. Tube Sheet

Tube sheet atau pelat tube merupakan bagian alat penukar kalor untuk tempat mengikat tube. Pelat dilubangi dengan diameter lebih besar dari diameter luar tube. Tube dimasukkan ke dalam lubang tersebut, lalu diikat. Cara pengikatannya bermacam – macam, seperti pengikatan roll, weld, dan lain – lain. Untuk menghindari kebocoran dari sisi shell ke sisi tube, maka tube sheet sering dibuat ganda (double sheet). Tube sheet dapat dikelompokkan dalam 2 jenis yaitu:

- a. Pelat tube stationer (stationary tube sheet)
- b. Pelat tube mengambang (floating tube sheet).

2.5. Log Mean Temperature Difference (LMTD)

Pokok perhitungan alat penukar kalor adalah masalah perpindahan panasnya. Apabila panas yang dilepaskan besarnya sama dengan Q persatuan waktu, maka panas yang diterima oleh fluida dingin sebesar Q tersebut dengan persamaan :

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_m \text{ [W]} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

Q = kalor yang dilepaskan/diterima [W]

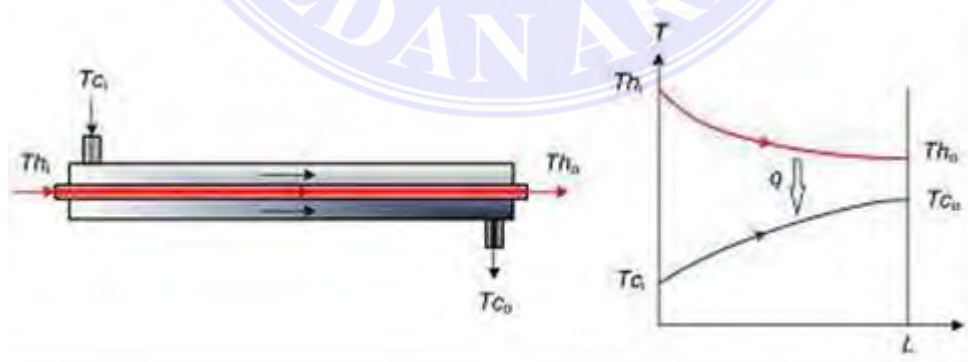
U = koefisien perpindahan panas menyeluruh [W/m² oC]

A = luas penampang [m²]

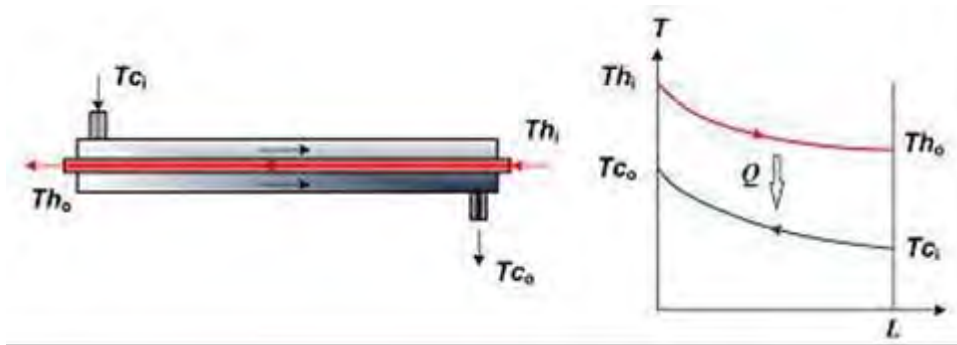
ΔT_m = beda temperatur rata – rata [oC]

Proses perpindahan panas sangat ditentukan oleh jenis aliran fluida yang mengalir didalam APK. Pada skripsi ini aliran fluida yang terjadi adalah aliran yang berlawanan (counter flow). Pada aliran sejajar, dua fluida masuk bersama – sama dalam alat penukar kalor, bergerak dalam arah yang sama dan keluar bersama – sama pula. Sedangkan pada aliran berlawanan, dua fluida bergerak dengan arah yang berlawanan. Dan pada aliran menyilang, dua fluida bergerak saling menyilang/bergerak saling tegak lurus

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11 dan 2.12 menunjukkan bahwa beda suhu antara fluida panas dan fluida dingin pada waktu masuk dan pada waktu keluar tidaklah sama, dan kita perlu menentukan nilai rata – rata untuk menentukan jumlah kalor yang dipindahkan dari fluida pada alat penukar kalor.



Gambar 2.11 APK Aliran Sejajar



Gambar 2.12 APK Aliran Berlawanan Arah

Sehingga :

Untuk aliran sejajar :

$$\Delta T_{lm} = LMTD$$

Dimana :

$\Delta T_{lm} = LMTD =$ beda temperatur rata – rata [°C]

T_{hi} = temperatur masuk fluida panas [°C]

T_{ho} = temperatur keluar fluida panas [°C]

t_{ci} = temperatur masuk fluida dingin [°C]

t_{co} = temperatur keluar fluida dingin [°C]

Untuk aliran berlawanan :

$$\Delta T_{lm} = LMTD = \frac{(T_{hi} - t_{co}) - (T_{ho} - T_{ci})}{\ln \left(\frac{T_{hi} - t_{co}}{T_{ho} - t_{ci}} \right)}$$

Untuk alat penukar kalor tipe aliran silang (cross flow heat exchanger) atau tipe 2 pass atau multiple pass maka nilai LMTD sebenarnya akan didapatkan dengan mengalikannya dengan faktor koreksi (F). Nilai F dapat dicari dengan menentukan nilai temperature efficiency (P) dan heat capacity rate ratio (R).

Dimana :

$$P = \frac{t_{co} - t_{ci}}{T_{hi} - t_{ci}}$$

$$R = \frac{Th_i - Th_o}{tc_o - tc_i}$$

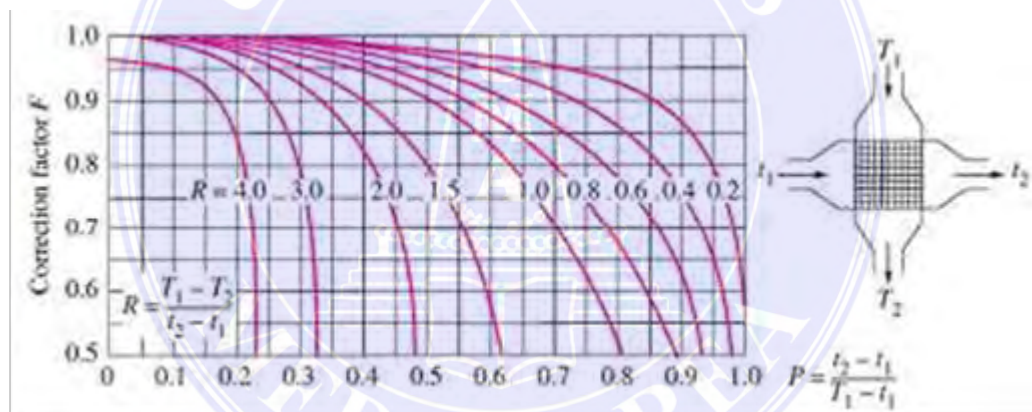
Sehingga untuk APK, 1 shell dengan 2 laluan tube, faktor koreksi F dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$F = \frac{\sqrt{R^2 + 1} \ln \left[\frac{1 - P}{1 - PR} \right]}{(R - 1) \ln \left\{ \frac{2 - P(R + 1) - \sqrt{R^2 + 1}}{2 - P(R + 1 + \sqrt{R^2 + 1})} \right\}}$$

Sehingga LMTD yang sebenarnya adalah :

$$\Delta T_m = MTD = F \cdot LMTD \dots\dots\dots(2.2)$$

Selain dengan menggunakan rumus diatas, nilai F juga dapat ditentukan dengan menggunakan grafik seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.13 Factor Koreksi Aliran Silang, Kedua Fluida tak Campur

2.7. Koefisien Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan pada Shell

Dalam shell umumnya terdapat baffle (sekat) yang berfungsi selain sebagai penyangga / penunjang tube – tube dalam shell dan pengaruh aliran fluida dalam shell, tetapi juga berfungsi sebagai permukaan perpindahan kalor dan penurunan tekanan fluida sisi shell, karena koefisien perpindahan panas kalor

dapat lebih besar apabila terdapat baffle dibanding tanpa baffle. Besarnya koefisien perpindahan kalor yang terjadi pada sisi shell dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\frac{h_o}{\phi_s} = JH \frac{k}{De} \cdot Pr^{1/3} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

$$\frac{h_o}{\phi_s} = \text{koefisien perpindahan panas pada sisi shell} \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

ϕ_s = rasio viskositas fluida shell $\left(\frac{\mu}{\phi \omega} \right)^{0,14}$

JH= faktor perpindahan panas shell

k = konduktivitas Thermal fluida dalam shell [W/m.°C]

De = diameter ekivalen [m]

Pr = Prandtl number

Dimana :

$$Pr = \frac{cp \cdot N}{k} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana : cp = kalor jenis fluida dalam shell [J/kg.K]

μ = viskositas fluida dalam shell [Ns/m²]

Nilai bilangan Reynold pada fluida shell dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$Re_s = \frac{Gs \cdot De}{\mu} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

Gs = laju aliran massa fluida dalam shell per satuan luas [kg/s.m²]

De = diameter ekivalen [m]

μ = viskositas fluida dalam shell [Ns/m²]

Kecepatan massa fluida dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$Re_s = \frac{\dot{m}}{A_s} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

\dot{m} = Laju Aliran Massa

A_s = Luas aliran dari shell [m²]

Luas aliran dari shell dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{D_s \cdot C \cdot B}{P_t} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

D_s = diameter dalam shell [m²]

C = clearance, = Pt – do

B = jarak antara baffle / sekat.

Diameter ekivalen D_e dapat ditentukan apabila susunan pipa diketahui, seperti ditunjukkan pada gambar 2.6 (susunan tube alat penukar kalor). Atau dapat ditentukan dengan rumus persamaan berikut ini :

sehingga pressure drop / penurunan tekanan pada shell dapat kita hitung

dengan persamaan berikut :

$$\Delta P_s = \frac{f_s \cdot G_s^2 (N_b + 1) \cdot D_s}{2\rho \cdot D_s \cdot \varphi_s} \quad 2.18$$

Dimana :

ΔP_s = pressure drop [Bar]

f_s = friction factor = exp [0,576 – 0,19 . ln Re]

N_b = jumlah baffle

ρ = massa jenis dari fluida dalam shell [kg/m³]

φ_s = rasio viskositas fluida shell

μ = viskositas absolut fluida [Ns/m²]

μ_w = viskositas absolut fluida pada temperatur dinding [Ns/m²]

2.9 Metode NTU – Efektivitas

Efektivitas didefinisikan sebagai laju perpindahan panas aktual dengan perpindahan panas maksimum yang mungkin dari suatu APK. Hubungan efektivitas alat penukar kalor secara khusus terkait dengan NTU. Untuk mencari efektivitas dan NTU secara umum dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{maks}} \quad 2.31$$

$$NTU = \frac{U \cdot A_s}{C_{min}} = \frac{U \cdot A_s}{(\dot{m} \cdot C_p)_{min}} \quad 2.32$$

Dimana :

Q = laju perpindahan panas actual [W]

Q_{maks} = laju perpindahan panas maksimum yang dapat terjadi [W]

C_{min} = kapasitas panas aliran minimum [W/oC][Kg/s]

$C_{p \min}$ = panas jenis yang minimum [J/kg.K]

Dan untuk menentukan efektivitas pada alat penukar kalor tipe shell and tube (TEMA type E) dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\varepsilon = 2 \left\{ 1 + c + \sqrt{1 + c^2} \cdot \frac{1 + \exp \left[- NTU \sqrt{1 + c^2} \right]}{1 - \exp \left[- NTU \sqrt{1 + c^2} \right]} \right\}^{-1} \quad 2.33$$

$$\text{dimana } c = \frac{C_{min}}{C_{max}}$$

BAB III

METODE PENELITIAN

1.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat penulis melakukan penelitian adalah di SPTU PT.PLN (persero) Unit III Sektor Belawan PT .PLN (persero) ini merupakan menyuplai listrik terbesar untuk daerah sumatera utara dan NAD. PT. PLN ini mempunyai empat pembangkit tenaga uap (PLTU) dan empat pembangkit tenaga gas uap (PLTGU). Gambar 3.1 merupakan tempat/lokasi PLTU sektor Belawan yang luasnya sekitar 47 Ha



Gambar 3.1 Wilayah Pembangkit Sektor Belawan

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai 06 Mei – 11 Mei 2019. Pengambilan data dimulai dari pukul 08.00 wib – 17.00 wib. Selama penelitian penulis dibantu oleh supervisor yang bersangkutan.

1.2. Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Thermometer, digunakan untuk mengukur suhu air dan uap pada SPTU.

Hasil pengukuran kemudian akan disampaikan ke control room.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah data yang diperoleh dari tempat penelitian yang meliputi data pengamatan alat penukar kalor.

1.3. Analisa Data

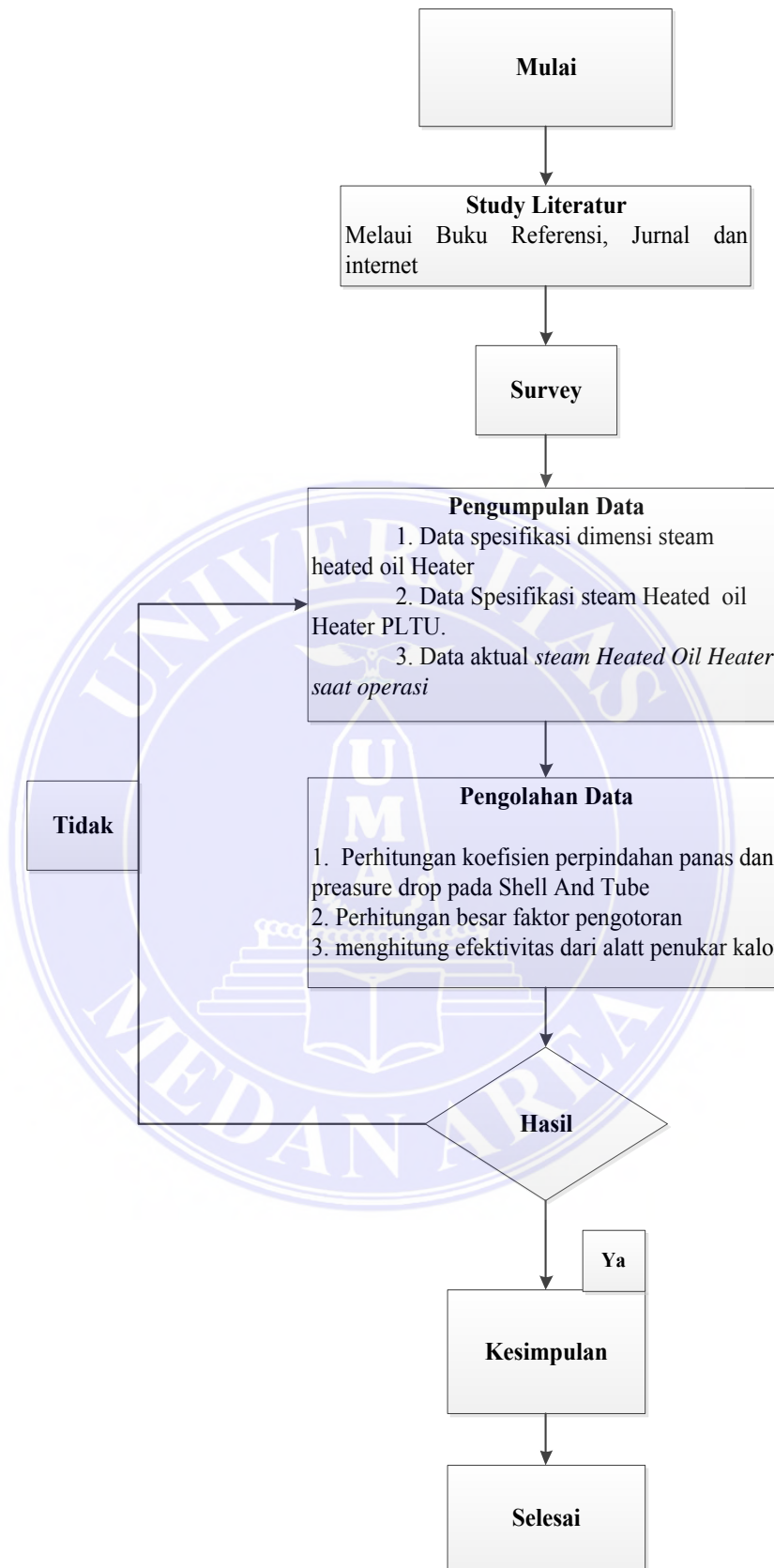
Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan penulis kemudian melakukan analisa dari data yang didapat sesuai dengan studi literatur yang sudah dibuat sebelumnya. Analisa yang dilakukan adalah tentang besar energi panas yang diserap setiap alat pemanas yang ada pada Boiler.

1. Menghitung koefisien perpindahan panas pada shell dan tube.
2. Menghitung efektivitas dari alat penukar kalor

1.4. Metode Penelitian

Diagram alir dibawah ini menunjukkan langkah-langkah dalam menyelesaikan tugas ini.





Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.2. Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas terhadap alat penukar kalor di PLTU belawan yaitu :

1. Nilai koefisien perpindahan panas pada shell dan tube adalah:
 - a. nilai koefisien perpindahan panas pada shell untuk data design 12.97 w/m.^oC dan data aktual 12.96 w/m.^oC
 - b. nilai koefisien perpindahan panas pada tube untuk data design 59.56 w/m.^oC dan data aktual 71.637w/m.^oC
2. Dari hasil perhitungan data operasi sehari – hari dan data design diperoleh lebih kecil, dimana efektivitas berdasarkan data operasi sehari– hari 61% dan efektivitas data design 67%, maka dapat dikatakan bahwa APK ini masih layak digunakan.

1.3. Saran

1. Diharapkan jadwal pemeliharaan berkala dapat dilaksanakan tepat waktu untuk meningkatkan efisiensi alat penukar kalor.
2. Untuk penelitian selanjutnya yang sama terhadap bidang ini dikembangkan dengan pembuatan software.

DAFTAR PUSTAKA

- Andry Vega Nugraha1 & Berkah Fajar TK2. Desain Alat Penukar Kalor Jenis Shell and Tube Sebagai Evaporator Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Suhu Rendah Dengan Menggunakan Sistem Organic Rankine Cycle (ORC), 2015. Jurnal teknik mesin Universitas Diponegoro, Semarang Vol. 3, No. 3.
- Cao, Eduardo, Heat Transfer In Process Engineering, McGraw – Hill Companies, Inc., United States of America, 2010.
- I. Bizzy & R. Setiadi. Studi perhitungan alat penukar kalor tipe Shell and Tube dengan program Heat Transfer Research Inc, 2013. Jurnal teknik mesin Universitas Sriwijaya, Palembang. Vol. 13 nomor 1.
- Jajat Sudrajat. Analisis Kinerja Heat Exchange Shell & Tube pada sistem COG Booster di Integrated Steel Mill Krakatau, 2017. Jurnal Teknik mesin Universitas Mercu Buana. Vol. 6 nomor 3.
- Mustafa, Reyhan Kihay Demak & M. Hasan Basri. Kinerja Pemanas Air dari panas Buang Air Conditioner dengan Heat Exchanger tipe Shell and Tube, 2017. Jurnal Teknik Mesin Universitas Tadulako, Palu. Vol. 8 nomor 2. ISSN no 2502-700x.
- Robert W. Sert, Process Heat Transfer, Principles And Applications, Elsevier Science And Technology Book, 2007.
- Saut Siagian. Analisa Efektivitas alat penukar kalor jenis Shell and Tube hasil perencanaan mahasiswa skala laboratorium, 2016. Jurnal Teknik Mesin UPN Veteran, Jakarta. Vol. 12 nomor 2. ISSN no. 211-216.
- Tunggu I M. Sitompul, Alat Penukar Kalor, Edisi 1., Cetakan 1, Raja Grafindo Persada, Jakarta, 2003.
- Y.A. Cengel, Heat Transfer : A Pratical Approach, 2nd ed., McGraw – Hill Companies, Inc., United States of America, 2003.
- Sitompul, Tunggul M, (1993). *Heat Exchanger* (1 ed). Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.