

# **RANCANGAN OIL COOLER TYPE SHELL AND TUBE PADA KENDARAAN MITSUBISHI KHUSUSNYA COLT DIESEL 120 PS**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana**

**Oleh :**

**VIRSAN GUSTIAN**

**NIM : 03.813.0028**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2008**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

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

## DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
RINGKASAN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>BAB. I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1.</b>
<b>1.1. Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Maksud dan tujuan.....</b>	<b>1</b>
<b>1.3. Batasan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>BAB. II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Pendahuluan .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Jenis penukar kalor.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Klasifikasi alat penukar kalor jenis Shell dan Tube.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Perpindahan Panas .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5. Tahanan Thermal.....</b>	<b>15</b>
<b>2.6. Penurunan Tekanan.....</b>	<b>16</b>
<b>2.7. Efektifitas .....</b>	<b>16</b>
<b>BAB. III PEMBAHASAN MATERI.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Oil Cooler .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2. Tipe oil Cooler .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3. Bahan Oil Cooler .....</b>	<b>20</b>
<b>BAB. IV ANALISA THERMODINAMIKA .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1. Pemilihan Siklus Diesel.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2. Perhitungan Thermodinamika pada saat proses .....</b>	<b>25</b>

<b>BAB. V</b>	<b>PERANCANGAN PIPA DAN CANGKANG.....</b>	<b>30</b>
5.1.	Alat Penukar Kalor .....	30
5.2.	Luas Permukaan .....	30
<b>BAB. VI</b>	<b>PERHITUNGAN ALAT PENUKAR KALOR.....</b>	<b>36</b>
6.1.	Perhitungan Keseimbangan Panas .....	37
6.2.	Perhitungan Temperatur Fluida Panas .....	39
6.3.	Perhitungan Temperatur Fluida dingin.....	40
6.4.	Parameter Konduktivitas Pipa .....	41
<b>BAB .VII</b>	<b>PERAWATAN OIL COOLER.....</b>	<b>52</b>
7.1.	Perawatan Jangka Pendek .....	53
7.2.	Perawatan Jangka Panjang .....	53
<b>BAB. VIII</b>	<b>KESIMPULAN.....</b>	<b>54</b>
8.1.	Data Teknis Alat Penukar Kalor .....	54
8.1.1.	Data Teknis pada Sisi Shell .....	54
8.1.2.	Data Teknis pada Sisi Tube.....	54
8.2.	Ukuran – Ukuran Utama.....	55
8.2.1.	Pipa .....	55
8.2.2.	Shell. ....	55
8.3.	Data hasil Perpindahan Panas Oil Cooler .....	56

## REFERENSI

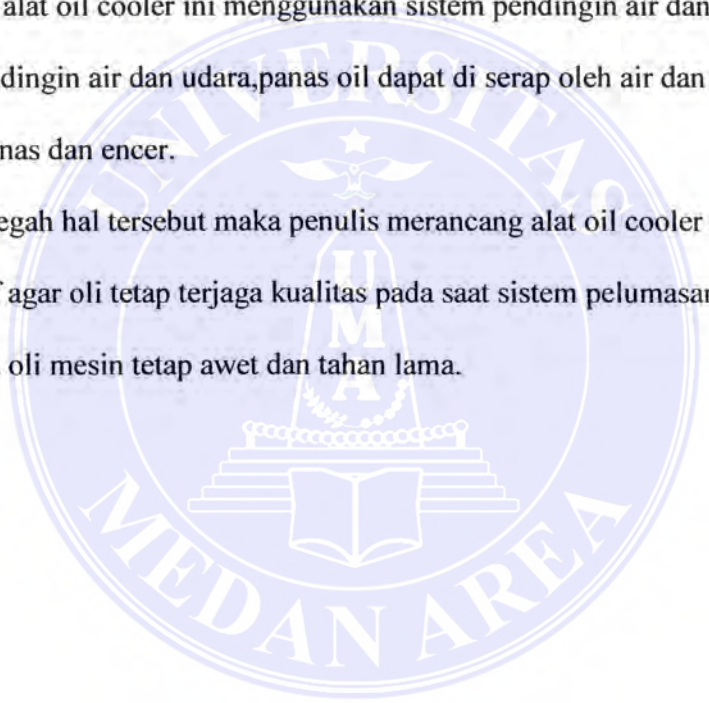
## LAMPIRAN

## RINGKASAN

Oli sebagai zat pelumas pada mesin harus berada suhu normal, oli yang panas melebihi normal tidak baik untuk sistem pelumas. Jika hal itu terjadi maka oli yang digunakan sebagai pelumas tidak efektif yang akan membuat kerusakan pada bagian engine yang di lumasi seperti bearing, metalan dan sebagainya.

Adapun sistem oil cooler yang di rancang menggunakan prinsip pendinginan dengan type AEP, alat oil cooler ini menggunakan sistem pendingin air dan udara. Karena sistem pendingin air dan udara, panas oil dapat di serap oleh air dan udara, supaya oli tidak terlalu panas dan encer.

Untuk mencegah hal tersebut maka penulis merancang alat oil cooler sebagai tindakan preventif agar oli tetap terjaga kualitas pada saat sistem pelumasan bekerja, dengan terjaganya oli mesin tetap awet dan tahan lama.



## ABSTRACT

**Oil as a lubricate's assece for machine must be normal , the hot oil more than normal not good for system of lubrication. If the case accur then oil that used as lubricate, not effective win make destruction for the part of engine that lubricated like as bearing metal and etc.**

**As for system of oil cooler that designed use principle of cooling with type AEP, this oil cooler's facility us system cooling water and air, because system of cooling water and air , hot oil can be reserved by water and air so that oil not very hot and loiquid.**

**To prevent the case , then , the writer design facility of oil cooler as preventif action so the quality of oil always protecred while system of lubrication working. By protected of oil , machine always durable and lasting.**

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Dengan meningkatnya kebutuhan energi, maka berbagai cara dilakukan untuk memperoleh sumber energi baik itu bergerak di bidang industri besar maupun industri kecil dan juga perusahaan – perusahaan yang bergerak dibidang jasa. Sebagai mahasiswa sekaligus penerus generasi bangsa dituntut untuk dapat mengembangkan system – system hemat energi atau dikenal dengan istilah “energi saving”. Merancang alat penukar kalor yang efisien dan memperbaiki performance mesin, merupakan bagian dari system tersebut. Kalor minyak yang diserap oleh pendingin dari pompa oli digunakan pada oil cooler dengan memanfaatkan air sebagai fluida pendingin sehingga minyak yang didinginkan dapat disirkulasi kembali melalui sisi shell yang dihubungkan ke block mesin. Perancangan ini merupakan wujud nyata dari penerapan ilmu yang didapat selama mengikuti perkuliahan.

#### 1.2. Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan rancangan oil cooler yang berguna untuk pendingin oli pada motor bakar khususnya Mitshubishi Colt Diesel, sekaligus meningkatkan performance mesin. Selain itu, perancangan ini juga bertujuan untuk mengembangkan materi-materi yang penulis dapat selama mengikuti perkuliahan serta data-data literature kedalam perancangan oil cooler ini.

### 1.3. Batasan masalah

Luasnya permasalahan dalam perencanaan alat penukar kalor khususnya cooler tidak dapat penulis uraikan keseluruhannya secara terperinci, untuk itu penulis memberikan batasan masalah dari perencanaan pembuat oil cooler ini. Pembahasan dalam perencanaan ini yang hanya meliputi:

- a. Perancangan system heat exchanger pada oil cooler.
- b. Perhitungan perpindahan panas dan ukuran-ukuran utama pada oil cooler.
- c. Perhitungan efektifitas oil cooler.

### 1.4. Perumusan masalah

Setiap benda yang bergerak pasti akan terjadi gesekan-gesekan yang menyebabkan timbulnya panas. Panas yang telah ditimbulkan juga akan berdampak pada benda-benda yang dekat, untuk itu penulis melakukan perencanaan oil cooler untuk motor bakar Mitshubishi khususnya Colt Diesel 120 Ps yang bertujuan untuk mengurangi panas yang terjadi akibat gesekan pada mesin.

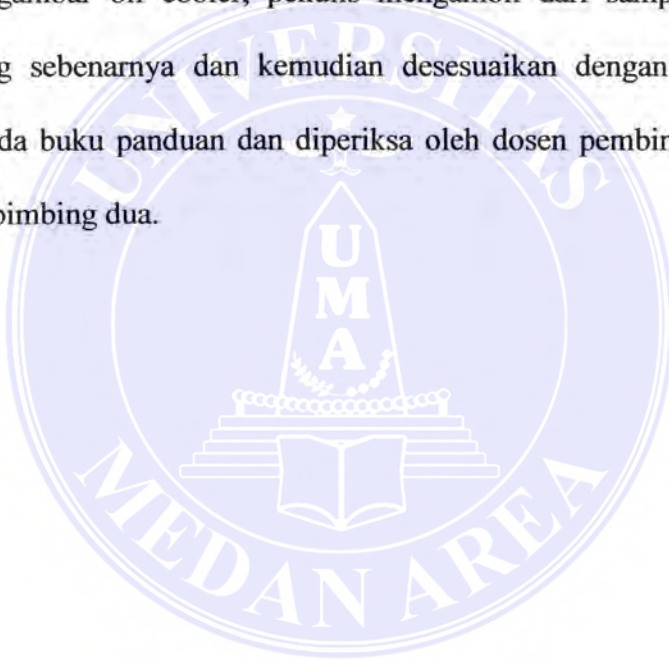
### 1.5. Metodologi

Perancangan oil cooler ini dilakukan untuk memperbaiki system performance mesin agar tetap setabil terutama pada bagian system pendingin khususnya oli. Panduan yang digunakan dalam membantu perancangan ini diambil dari buku-buku panduan, hasil survey penulis di lapangan dan bimbingan dari dosen pembimbing satu dan dosen pembimbing dua. Data-data yang penulis ambil dari lapangan dalam membantu proses perancangan antara

1. Data-data teknis alat penukaran kalor pada sisi shell.
2. Data teknis alat penukar kalor pada sisi tube.
3. Ukuran-ukuran utama pipa.
4. Ukuran-ukuran utama sheel.

Data-data tersebut di atas digunakan untuk membandingkan dan membantu penulis dalam penganalisaan perpindahan panas, sehingga perancangan ini memiliki hasil sesuai kebutuhan untuk proses pendinginan.

Untuk gambar oil cooler, penulis mengambil dari sample gambar oil cooler yang sebenarnya dan kemudian desesuaikan dengan gambar yang terdapat pada buku panduan dan diperiksa oleh dosen pembimbing satu dan dosen pembimbing dua.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pendahuluan

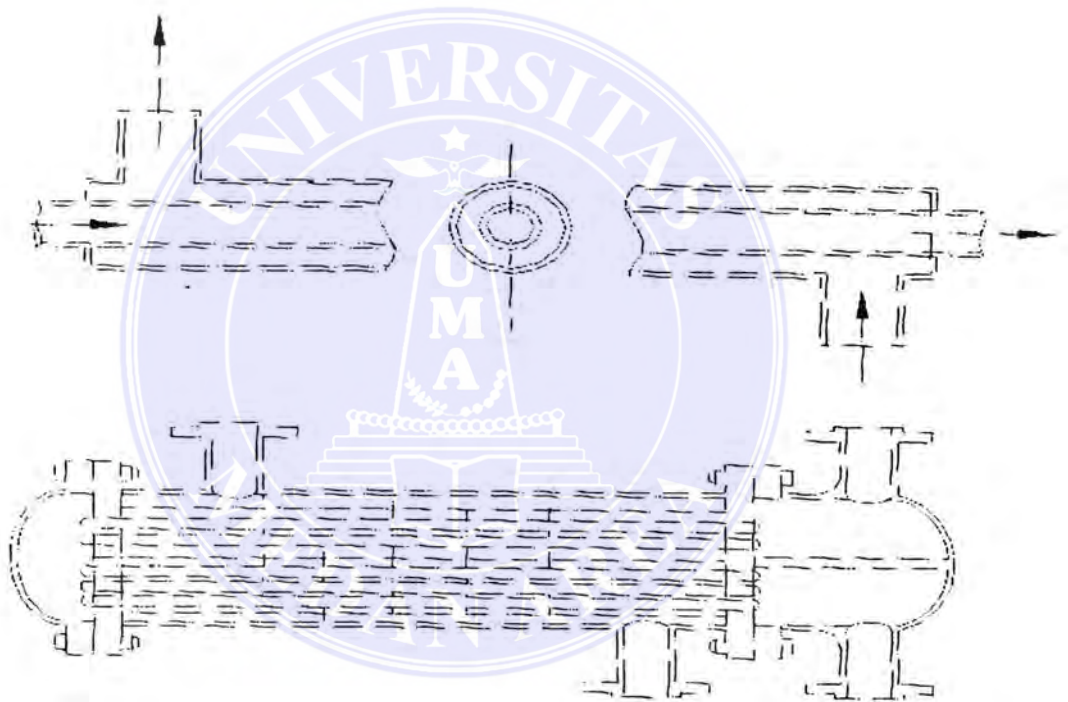
Alat penukar kalor (*heat exchanger*) adalah alat yang digunakan untuk mengubah temperatur fluida atau mengubah fasa fluida dengan cara mempertukarkan kalornya dengan fluida yang lain. Arti dari pertukaran adalah : memberikan atau mengambil energi panas atau kalor yang terjadi. Pada setiap alat penukar kalor terjadi proses perpindahan energi panas dari fluida yang bersuhu tinggi ke fluida yang bersuhu lebih rendah, perpindahan panas ini dapat ditujukan untuk berbagai maksud dan keperluan misalnya untuk mengubah fasa suatu jenis fluida, mengubah kekentalan (*viskositas*) fluida, mengatur temperatur kerja yang normal untuk keperluan destilasi bahan bakar dan sebagainya. Pada umumnya alat penukar kalor merupakan peralatan dimana dua jenis fluida yang berbeda suhunya dialirkan ke dalamnya dan bertukar kalor melalui bidang – bidang perpindahan panas atau dengan cara kontak langsung ( bercampur), bidang – bidang perpindahan panas ini dapat berupa dinding pipa atas, sirip – sirip yang dilalui oleh fluida, kalor yang dipindahkan diantara kedua fluida tersebut besarnya sangat bergantung pada kecepatan aliran fluida, arah alirannya, sifat – sifat fisik fluida, kondisi permukaan dan luas bidang perpindahan panas serta benda temperatur diantara kedua fluida.

## 2.2. Jenis-jenis Penukaran Kalor

Berdasarkan kepada bentuk dan konstruksinya penukar kalor mempunyai jenis-jenis sebagai berikut :

### *Konstruksi tubular ( shell dan tube)*

Merupakan jenis yang paling sederhana dari sebuah pipa yang konsentrik didalam dan aliran lainnya merupakan salah satu fluida yang mengalir melalui pipa luar seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Alat Penukar kalor

Proses perpindahan panas antara kedua jenis fluida dapat dilakukan dengan cara langsung maupun tidak langsung perpindahan panas secara langsung maksudnya adalah fluida yang suhunya lebih tinggi bercampur atau kontak secara langsung dengan fluida yang suhunya lebih rendah (*tanpa*

*adanya pemisah*).

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

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)11/12/23

Dalam suatu bejana atau ruangan tertentu, hal seperti ini dapat dijumpai pada jet kondensor, desuperheater, daerator dan lain – lain.

Perpindahan panas secara tidak langsung maksudnya antara fluida yang saling bertukar panas tetapi tidak mengalami hubungan atau kontak langsung. Masing – masing fluida dipisahkan oleh perpindahan panas yang dapat berupa pipa, plat dan peralatan lainnya. Metoda seperti ini dijumpai pada peralatan penukar kalor seperti kondensor, pemanas uap lanjut pada ketel uap (*ekonomiser*), reheater dan lain – lain. Metoda perpindahan panas yang umumnya paling dominan pada alat penukar kalor adalah konduksi perpindahan panas yang terjadi antara masing – masing molekul fluida yang berbeda suhunya di berbagai tempat serta disekujur permukaan bidang perpindahan panas. Perpindahan panas secara konveksi terjadi antara fluida yang bergerak dengan fluida yang diam (*statis*). Beberapa alat penukar kalor yang umumnya dipergunakan sesuai yang dijelaskan, disini hanyalah sebagian kecil saja yang paling banyak dipergunakan di dunia industri.

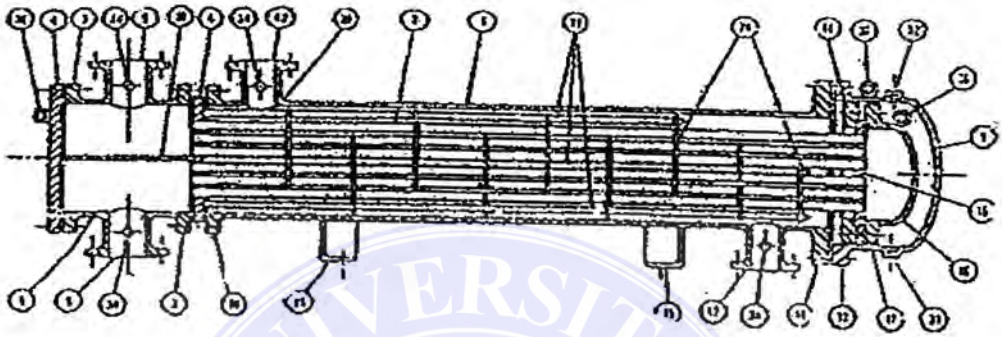
### 2.3. Klasifikasi alat Penukar Kalor jenis shell dan tube

Telah dijelaskan diatas mengenai klasifikasi dari macam – macam alat penukar kalor. Untuk mengklasifikasi semua jenis alat penukar kalor adalah sangat sulit, sebab ada begitu banyak jenis dan ragam dari alat penukar kalor yang pernah dibuat, namun asosiasi membuat alat penukar kalor (TEMA) mengklasifikasikan alat penukar kalor menjadi tiga jenis yaitu kelas R, kelas C, dan kelas B. menurut jenis pemakaiannya TEMA, adalah pembuat alat

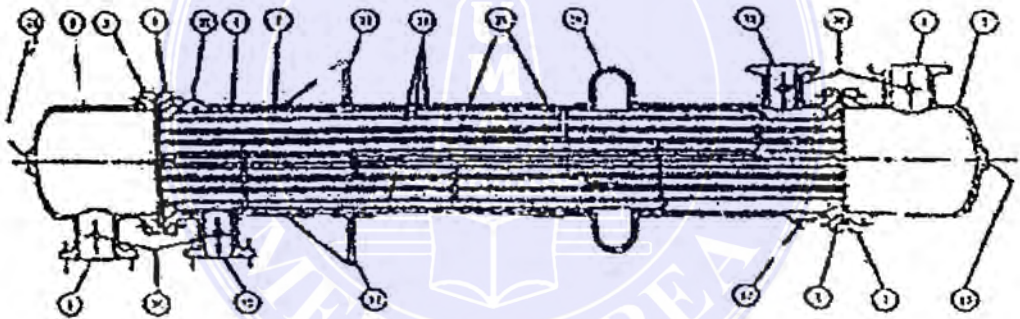
penukar kalor yang membuat standar alat penukar kalor khususnya jenis sel dan tube yang umumnya berbentuk bulat seperti tabung (silinder).

Jenis shell dan tube adalah jenis yang banyak dipakai diberbagai industri.

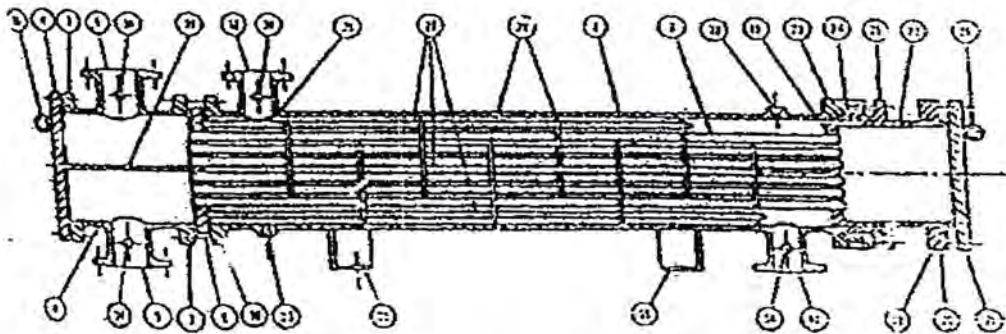
Berikut ini merupakan gambar dari macam – macam konstruksi shell dan tube.



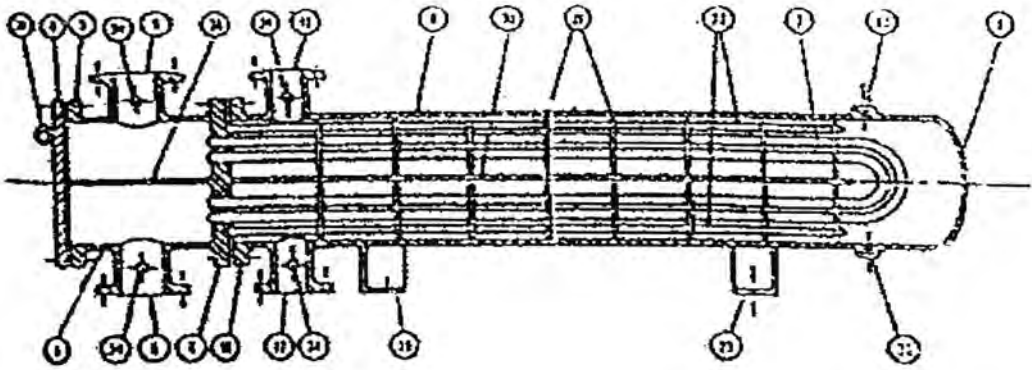
Gambar 2.2 Alat penukar Kalor tipe AES ( Standar TEMA )



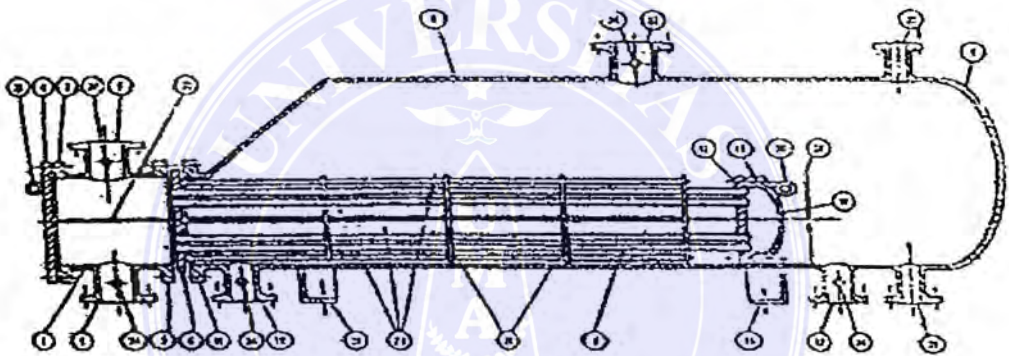
Gambar 2.3 Alat penukar kalor tipe BEM ( Standar TEMA )



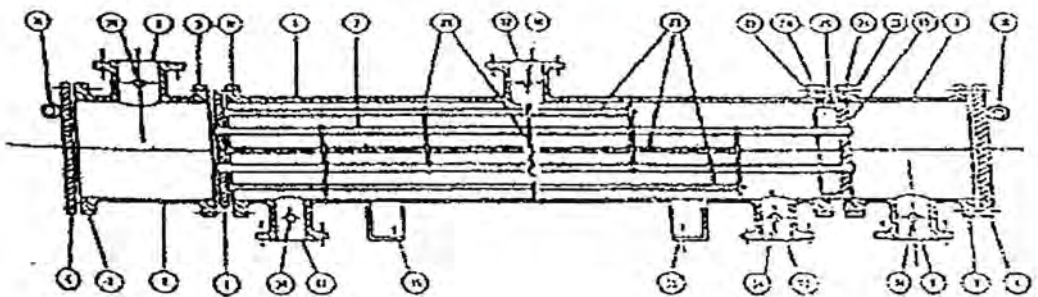
Gambar 2.4 Alat penukar kalor tipe AEP ( Standar TEMA )



Gambar 2.5 Alat penukar kalor tipe CFU ( Standar TEMA )



Gambar 2.6 Alat penukar kalot tipe AKT ( Standar TEMA )



Gambar 2.7 Alat penukar kalor tipe AJW ( Standar TEMA )

Keterangan Gambar :

1. *Stationary head chanel*
2. *Stationary head bonnet*
3. *Stationary head chanel or bonnet*
4. *Channel cover*
5. *Stationary head chaennel*
6. *Stationary tubes head*
7. *Tubes*
8. *Shell*
9. *Shell cover*
10. *Shell flange stationary head end*
11. *Shell flange rear head end*
12. *Shell nozel*
13. *Shell cover flange*
14. *Expansion joint*
15. *Floating tube shell*
16. *Splite shear ring*
17. *Packing box*
18. *Packing*
19. *Tie rods and spacers*
20. *Longitudinal baffle*
21. *Drain fitting*
22. *Support sandle*
23. *Wear*
24. *Liquid level conection*

### 2.3.1. Shell

Konstruksi shell sangat ditentukan oleh keadaan tube, yang akan ditempatkan didalamnya. Shell dapat dibuat dari pipa yang berdiameter besar maupun kecil tergantung dari penggunaannya. Sel juga dapat dibuat dari plat logam yang di roll, tetapi pembuatan ini untuk kapasitas yang besar sedangkan untuk kapasitas yang kecil dapat dibuat dari non logam seperti aluminium dengan proses cetak (tuang). Shell merupakan bahan dari alat penukar kalor dimana didalamnya terdapat pipa – pipa. Pada kedua ujung shell ini akan diberi penutup yang dipasang dengan flens. Adakalanya permukaan dalam shell dibagi dua dan disambungkan dengan sambungan ekspansi.

### 2.3.2. Tube (Pipa)

Tube atau pipa memegang peranan penting dalam pembuatan alat penukar kalor. Dinding pipa ini merupakan bidang pemisah antara dua jenis fluida yang mengalir di dalam alat penukar kalor. Tube berfungsi sebagai bidang perpindahan panas dan ketebalan bahan pipa yang dipergunakan harus memperhitungkan perpindahan panas dan tekanan operasi fluida kerjanya. Penyusunan dan pengaturan tata letak pipa di dalam shell, memiliki keindahan dan aturan tertentu dan umumnya pipa disusun menurut konfigurasi segi tiga atau segi empat. Menurut garis diagonal yang melalui titik pusat pipa pengaturan ini sangat berpengaruh terhadap bentuk aliran fluida, penurunan tekanan kerja fluida, gesekan, perpindahan panas dan juga kemudahan dalam proses

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang Perawatannya atau pembersihannya disamping itu, pengaturan tata letak

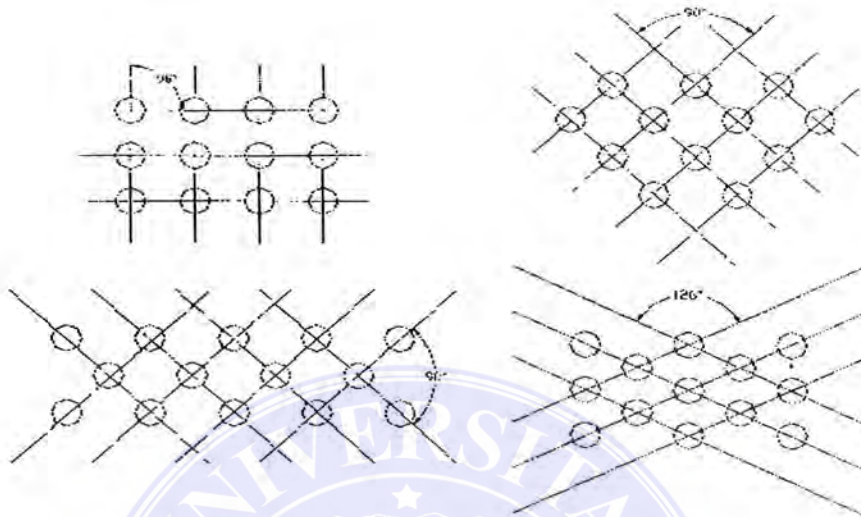
Document Accepted 11/12/23

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

pipa ini akan sangat menentukan ukuran shell dan perumpamaan pemanfaatan ruang yang tersedia.



Gambar 2.8 Macam – macam susunan tube dalam shell.

## 2.4. Perpindahan Panas

Pada umumnya perpindahan panas dapat digolongkan atas tiga jenis yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

### 2.4.1. *Perpindahan panas secara radiasi*

Perpindahan panas secara radiasi terjadi bila suatu benda atau permukaan langsung menerima panas dari sumber panas melalui perantara. Perpindahan panas ini terjadi melalui gelombang – gelombang elektromagnetik.

Menurut Stefan – Boltzman besarnya panas yang diterima melalui radiasi adalah (3) :

$$Q_r = \epsilon \sigma A (T_a - T_b)^4$$



Dimana :

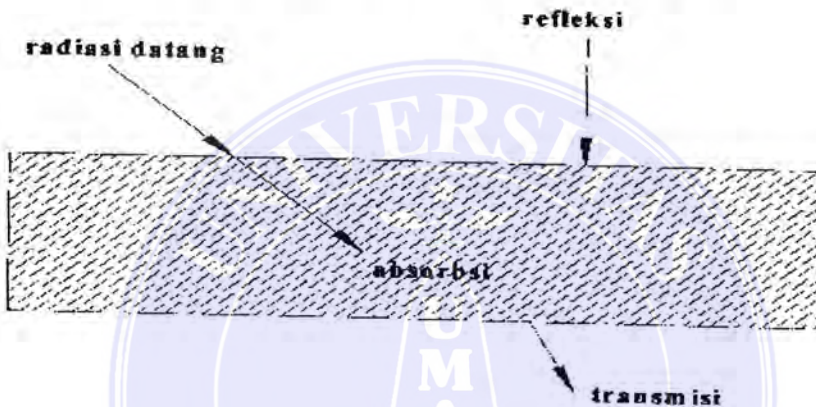
$Q_r$  = Panas yang diterima akibat radiasi (Kj / Jam)

$\varepsilon$  = Faktor Emisivitas

$\sigma$  = Konstanta Boltzman (Kj / m<sup>2</sup>.hr. K<sup>4</sup>)

$T_a$  = Temperatur Udara (K)

$T_b$  = Temperatur Benda yang dipanaskan (K)



Gambar 2.9. Proses perpindahan panas radiasi.

#### 2.4.2. *Perpindahan panas secara konveksi*

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas dari temperatur yang lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah yang dilakukan oleh molekul – molekul suatu fluida (cair / gas ) dalam gerakan melayang. Molekul – molekul tersebut bergerak membawa sejumlah panas masing – masing sebesar  $Q$  (Joule). Pada saat molekul fluida menyentuh dinding yang akan dipanaskan, maka sebagian panas diserap dan sebagian lagi dipantulkan. Panas yang diserap secara konveksi dalam hal ini adalah (3) :

$$Q_{konv} = h \cdot A (T_a - T_b)$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

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)11/12/23

Dimana :

$Q_{konv}$  = Panas yang diserap secara konveksi (Kj / Jam)

$h$  = Koefisien perpindahan panas konveksi (Kj/m<sup>2</sup>.K.hr )

$A$  = Luas bidang yang dipanaskan (m<sup>2</sup>)

### 2.4.3. *Perpindahan Panas Secara Konduksi*

Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas yang terjadi pada satu bagian benda padat ke bagian lain benda padat tersebut. Perpindahan panas secara konduksi dapat terjadi jika ada kontak fisik (persinggungan), tetapi molekul benda yang satu tidak berpindah ke lain.

Perambatan panas melalui benda padat menempuh jarak yang terpendek. Jumlah panas yang merambat melalui dinding yang dipanasi adalah :

$$Q_{kond} = k \cdot A \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

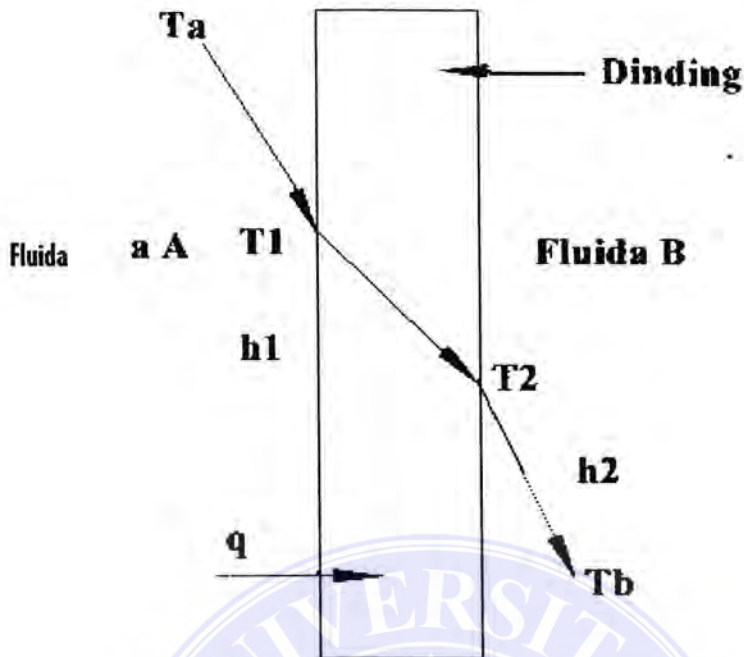
Dimana :

$Q_{konv}$  = Jumlah panas yang diserap secara konduksi (Kj / Jam)

$k$  = Konduktivitas bahan yang dipanaskan (Khj/m.hr.K )

$\Delta T$  = Perpindahan temperatur dinding (K)

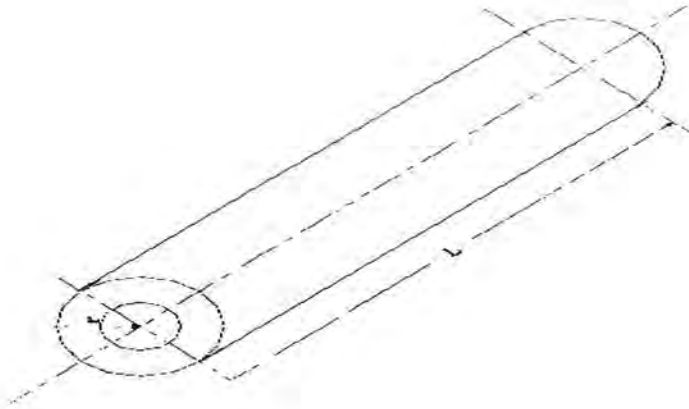
$\Delta X$  = Ketebalan dinding yang dipanaskan (m)



Gambar 2.10. Proses Perpindahan kalor melalui dinding luar.

Tanda minus diselipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika bahwa kalor mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Persamaan diatas disebut hukum *Fourier* tentang konduksi kalor (*Joseph Fourier, 1882*).

Aliran panas radial dengan cara konduksi melalui silinder berlubang dengan suhu permukaan dalamnya konstan, maka persamaan laju perpindahan panas yang terjadi dapat ditulis sebagai berikut :



Gambar 2.11. Perpindahan panas pada silinder berlubang

$$Q_k = -k 2\pi r l \frac{dt}{dx}$$

Dimana :

$$2\pi r = \text{Luas Penampang perpindahan panas konduksi (m}^2\text{)}$$

## 2.5. Tahanan Thermal

Tahanan thermal pada dinding datar mempengaruhi laju aliran panas. Perbedaan suhu antara suhu yang lebih tinggi dan suhu yang lebih rendah adalah potensial penggerak yang menyebabkan aliran panas. Tahanan thermal yang diberikan oleh dinding kepada aliran panas dengan cara konduksi dapat dilihat dengan persamaan (2) :

$$R = \frac{\Delta T}{\frac{\Delta X}{KA}}$$

Dimana :

R = Tahanan thermal bahan (Btu)

A = Laju perpindahan panas (W.Btu)

UNIVERSITAS MEDAN AREA Luas penampang (m<sup>2</sup>)

## 2.6. Penurunan Tekanan (Pressure drop)

Penurunan tekanan pada alat penukar kalor biasanya terjadi karena gesekan yang terjadi pada permukaan dalam pipa oil cooler. Penurunan tekanan ini sangat penting diperhatikan terutama dalam hubungannya dengan tekanan kerja pompa fluida

$$\Delta P_s = \frac{f \times G_s^2 \times D_s (N+1)}{5,22 \times 10^{10} \times D_t \times s \phi_s}$$

Dimana :

- f = Faktor Gesekan
- G<sub>t</sub> = Laju aliran masa pada tube ( lb/hr ft<sup>2</sup> )
- G<sub>s</sub> = Laju aliran masa pada shell (lb/hr ft<sup>2</sup> )
- D<sub>t</sub> = Diameter tube ( ft )
- D<sub>s</sub> = Diameter Shell ( ft )
- N = Jumlah baffle
- S = Spesifikasi grafitasi
- ø<sub>s</sub> = Viskositas ratio shell

## 2.7. Efektifitas

Efektifitas penukar kalor adalah perbandingan laju perpindahan panas yang sebenarnya terhadap laju perpindahan panas maximum yang mungkin terjadi. Nilai kalor yang tidak dibuang sama dengan nilai kalor yang diterima oleh udara. Akibat perbedaan nilai kalor, maka efektifitas penukar kalor dapat dilihat dengan menggunakan persamaan berikut ini

$$(1) : E_h = \frac{mh.ch(th1-th2)}{mh.ch(th1-Tc)}$$

Dimana :

$Ch$  = Kapasitas Fluida rata – rata (W/kkal)

$Mh$  = Laju aliran panas (kg /jam)

$th_1$  = Temperatur fluida masuk ( $^{\circ}C$ )

$th_2$  = Temperatur fluida keluar ( $^{\circ}C$ )

$Tc$  = Temperatur air dingin ( $^{\circ}C$ )

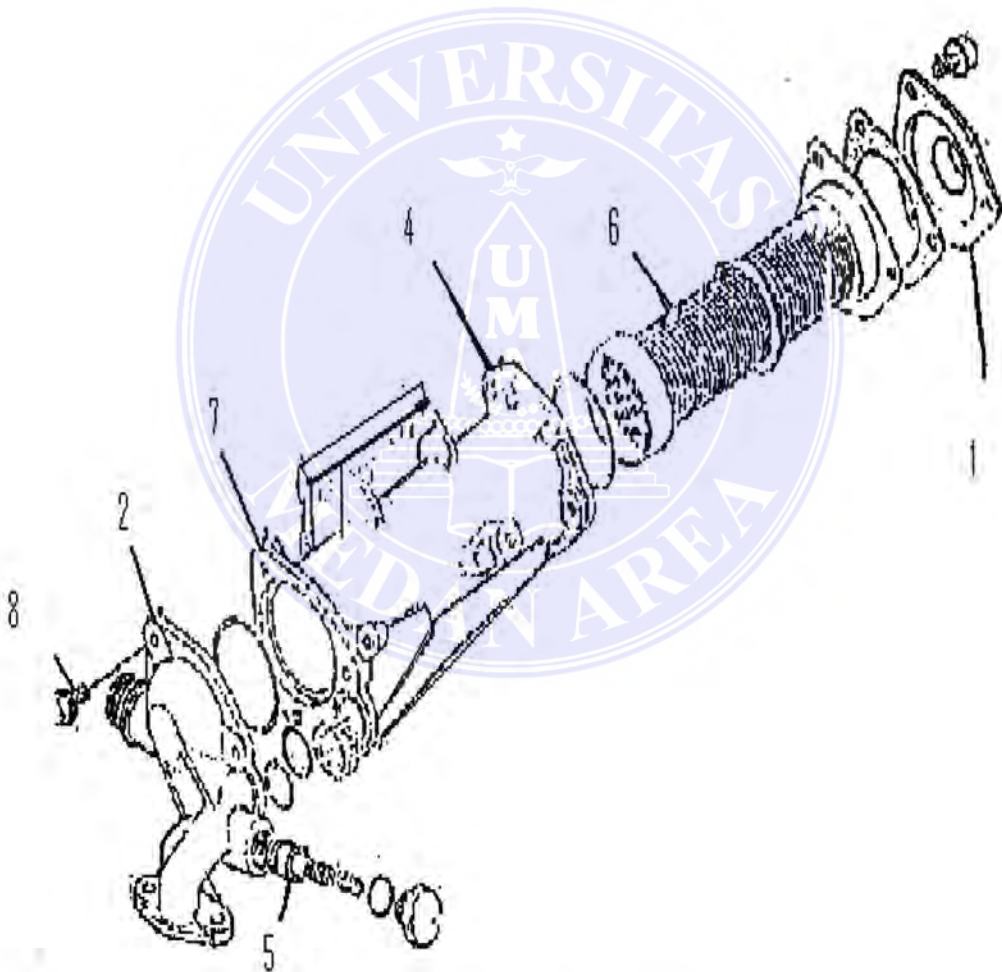


## BAB III

### PEMBAHASAN MATERI

#### 3.1. Oil Cooler

Oil cooler berfungsi untuk mendinginkan oli (minyak pelumas) yang menjadi panas setelah beredar dalam matel air pendingin pada mesin, pada umumnya oil cooler dipasang pada bagian samping yang dihubungkan ke blok silinder seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.12. Oil Cooler

Keterangan :

1. *Front cover*
2. *Rear cover*
3. *Elemen (baffle)*
4. *Cangkang*
5. *Baypass valve*
6. *Tube (pipa)*
7. *Gasket*
8. *Bolt*

### 3.2. Tipe Oil Cooler

Melihat begitu banyak klasifikasi alat penukar kalor ( Heat exchanger) yang mempunyai tipe berdasarkan klasifikasi sebagai berikut :

- a. Berdasarkan perpindahan panas, oil cooler merupakan tipe kontak yang tidak langsung dimana fluida panas tidak berhubungan langsung (indirect contact) dengan fluida dingin jadi proses perpindahan panasnya itu mempunyai media perantara seperti pipa, pelat atau peralatan jenis lainnya.
- b. Berdasarkan jumlah fluida yang mengalir, oil cooler merupakan alat penukar kalor aliran 1 pass.
- c. Berdasarkan mekanisme perpindahan panas, fluida yang panas mengalir ke fluida yang dingin.
- d. Berdasarkan konstruksi, oil cooler merupakan alat penukar kalor dengan



- e. Berdasarkan susunan tube, oil cooler merupakan alat penukar kalor dengan susunan tube segi tiga.

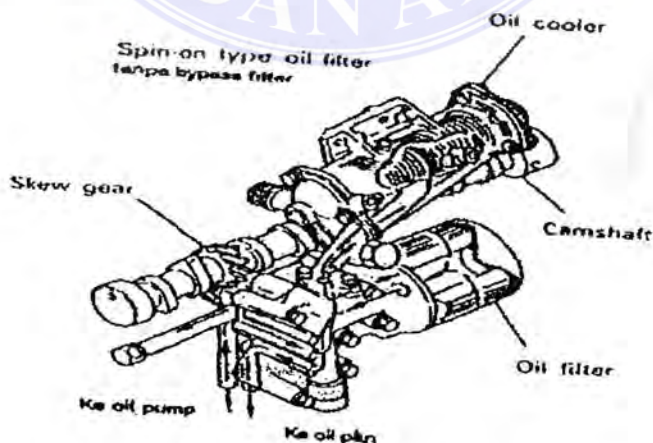
### 3.3. Bahan Oil Cooler

Ada tiga macam bahan yang sering digunakan dalam pembuatan oil cooler yaitu : alumenium alloy untuk shell, baja carbon ditambah dengan alumenium alloy S 40 C pada rangka pengikat dan tembaga untuk tube.

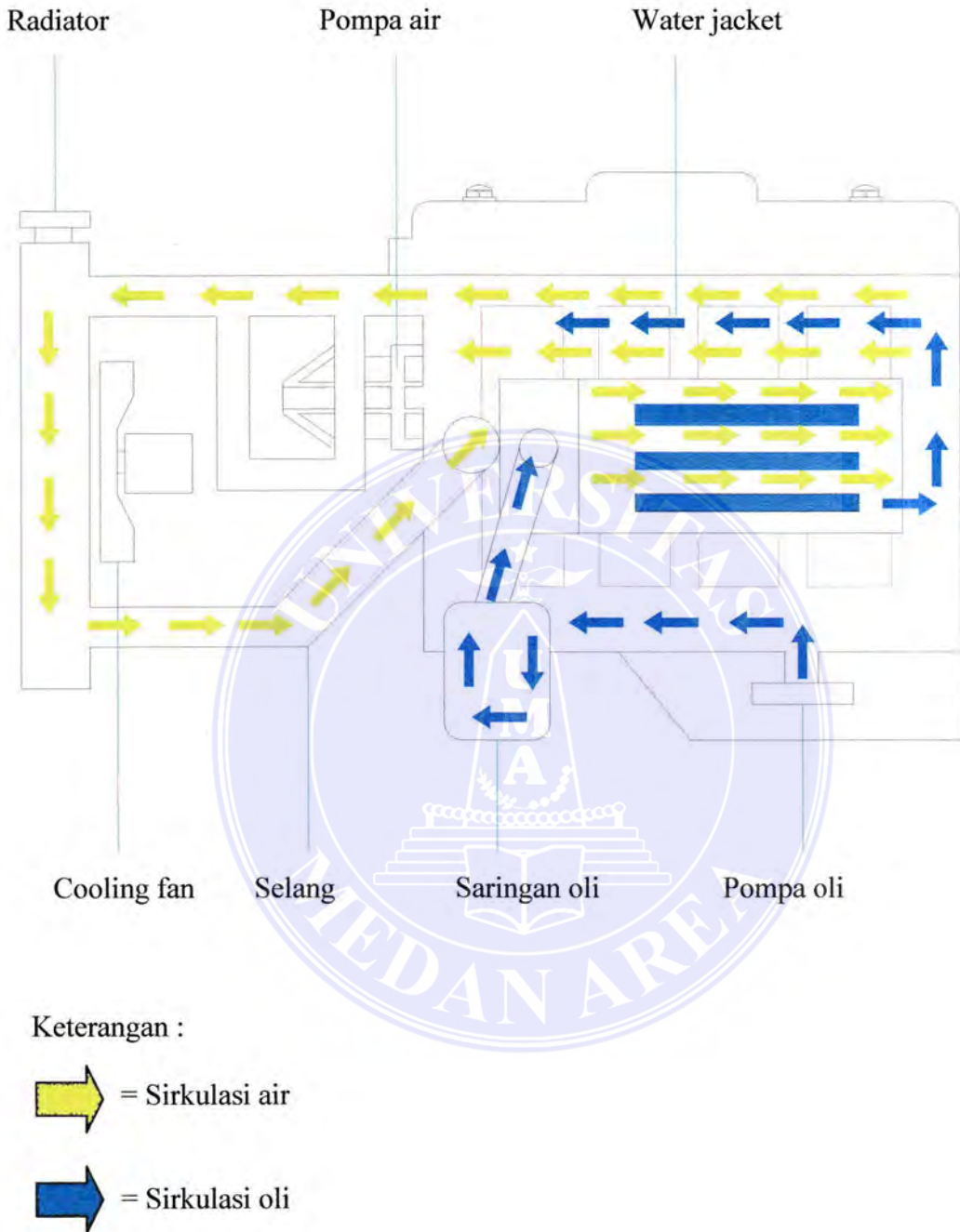
Pemilihan bahan ini didasarkan atas :

- a. Konduktivitas thermal : khususnya untuk tembaga dan alukenium sangat tinggi dibanding dengan yang lainnya. ( $386 \text{ W/m}^\circ$  dan  $204 \text{ W/m}^\circ$  )
- b. Kondisi kerja Oil Cooler yang penyusunan rancangannya digunakan untuk kendaraan niaga khususnya colt diesel jenis FE 120 Ps dengan isi silinder 6.545 cc yang menghasilkan daya 120/3200 rpm, maka oil cooler yang dirancang harus mampu mendinginkan oil dengan cepat. Penurunan temperatur oil maka sekaligus mengurangi temperatur kerja mesin yang sangat tinggi
- c. Perawatan : Oil cooler dengan konstruksi yang dapat dibongkar pasang akan lebih mudah untuk dibersihkan, dimana faktor pengotorannya jauh lebih kecil dibanding dengan alat penukar kalor dengan konstruksi yang besar.
- d. Tekanan operasi : tekanan kerja pada oil cooler berkisar  $3,2 \text{ kg / m}^2$  maka dengan bahan alumenium pada bagian shell dan tembaga pada bagian tube sudah cukup tahan untuk menahan tekanan kerja dan menahan getaran mesin rangka pengikat oil cooler yang terbuat dari

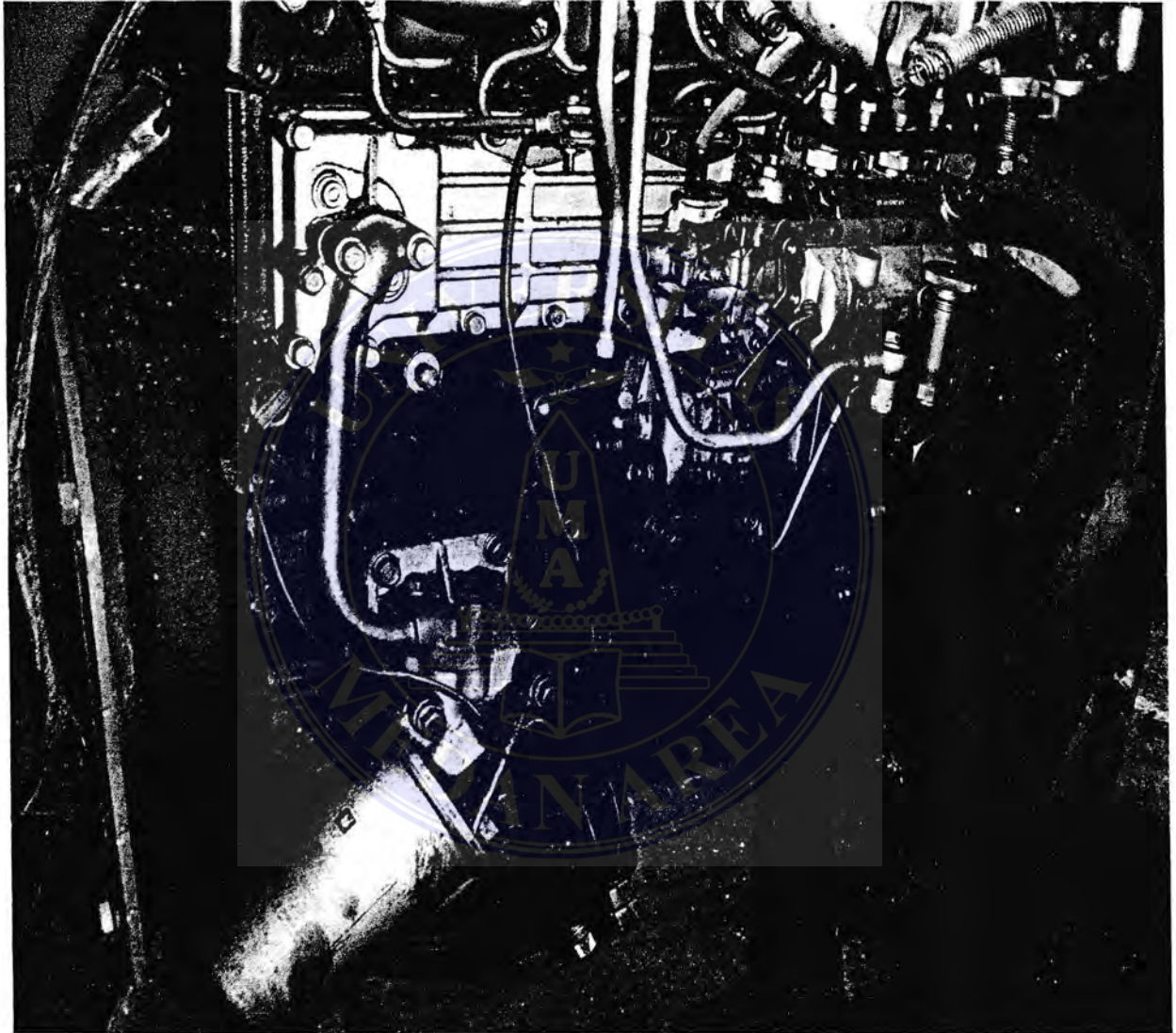
- bahan baja karbon dan alumenium alloy S 40 C yang mempunyai kekuatan tarik  $62 \text{ kg} / \text{m}^2$  dengan kekerasan 179 – 225.
- e. Korosi : fluida kerja pada oil cooler adalah air yang mempunyai faktor pengotoran 0,032, maka bahan yang dibuat harus bahan yang tahan korosi dan mudah untuk dibersihkan.
  - f. Ekonomisasi : untuk bahan yang digunakan pada oil cooler sudah tepat, karena disamping memiliki konduktivitas yang tinggi juga memiliki yang kuat dibanding bahan yang lain. Dengan dimensi oil cooler yang kecil tetapi mempunyai kemampuan kerja yang sangat baik dan dengan didukung teknologi Fabrikasi yang baik maka harga masih terjangkau untuk pembeliannya.
  - g. Saluran Oil Cooler : pada oil cooler, sistem pendingin tertutup. Minyak panas dari mesin akan masuk dan keluar menuju oil filter yang akan disirkulasi dalam mesin kembali. Aliran minyak panas dari mesin diatur oleh by pass valve kembali.



Gambar 3.13 Sirkulasi oil cooler



Gambar 3.14 Sirkulasi air untuk oil cooler



**Gbr. 3.15 Mesin Yang Menggunakan Oil Cooler.**

## BAB VI

### PERHITUNGAN ALAT PENUKAR KALOR

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa alat penukar kalor direncanakan untuk kendaraan niaga khususnya colt diesel jenis FE 120 Ps untuk mendinginkan minyak pelumas. Proses pendinginan minyak pelumas jenis SAE 40 menggunakan air yang dialirkan kedalam alat penukar kalor. Didalam alat penukar kalor terjadi perpindahan panas antara fluida yang bersuhu lebih tinggi yang mengalir pada sisi shell diluar tube dengan fluida bersuhu lebih rendah. Alat penukar kalor yang digunakan adalah jenis shell and tube type 1 – 1 pass yaitu jumlah laluan pada sisi shell 1 pass dan pada sisi tube 1 pass. Data – data yang diambil dari lapangan adalah sebagai berikut :

Temperatur oil masuk APK	= 92°C ( 197,6 °F )
Temperatur oil pelumas keluar APK	= 50°C ( 122 °F )
Temperatur air masuk APK	= 45°C ( 113 °F )
Temperatur air keluar APK	= 85°C ( 185 °F )
Tekanan oil pelumas	= 1,5 kg / cm <sup>2</sup>
Diameter luar tube	= 6 mm
Diameter dalam shell	= 60 mm ( 2,36 inch )
Panjang tube	= 136,5 mm ( 5,374 inch )
Tebal sheel	= 5 mm ( 0,197 inch )
Jumlah pass shell	= 1 buah
Jumlah pass tube	= 1 buah

### 6.1. Perhitungan keseimbangan panas

$$\text{Temperatur rata – rata air ( } T_{av} \text{ ) } = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

Dimana :

$$T_1 - T_2 = \text{suhu masuk dan suhu keluar APK}$$

$$T_{av} = \frac{45 + 85}{2} = 65^\circ \text{ C}$$

Panas jenis ( spesifik heat ) dari air pada tekanan konstant = 4,186 kJ/kg°C. laju aliran massa air adalah (m) = 500 kg / jam ( 1102,31 lb/ jam).

Besarnya energi panas yang diserap oleh air ( Q ) :

$$\begin{aligned} Q &= M_w \cdot C_w \cdot \Delta T_w \\ &= 1102,31 \text{ lb/jam}^\circ\text{F} \times 1,004 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F} \times (185 - 113)^\circ\text{F} \\ &= 79683,78 \text{ Btu/Jam} \cdot 4,186 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C} \\ &= 333556,30 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Temperatur rata – rata oil pelumas ( T<sub>ap</sub> ) ( 5 ) :

$$\begin{aligned} T_{ap} &= \frac{T_1 + T_2}{2} \\ &= \frac{92 + 50}{2} = 71^\circ\text{C} \end{aligned}$$

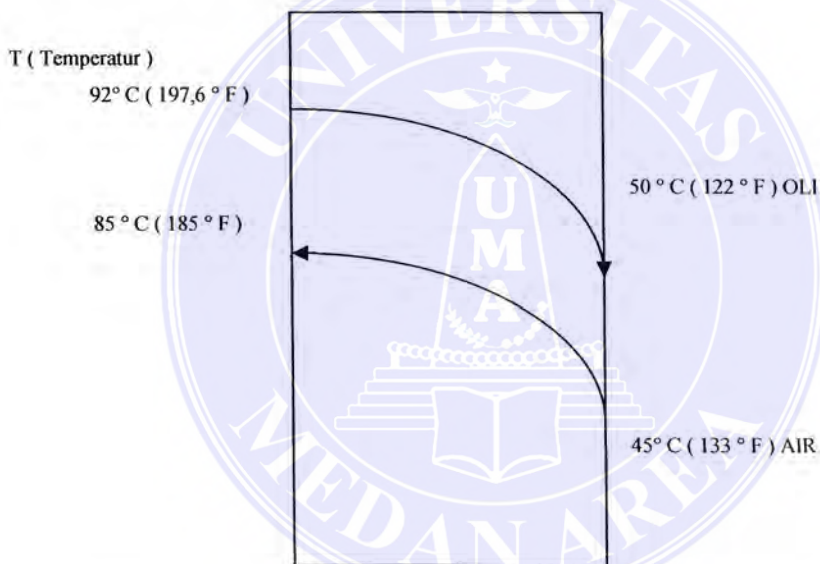
Panas jenis ( spesifik heat ) dari oil = 1,9 kJ/kg °C.

Sesuai dengan azas Black bahwa kalor yang dilepas sama dengan kalor yang diterima atau kalor yang diserap air sama dengan kalor yang dilepas oil, maka :

$$Q_{\text{water}} = Q_{\text{oil}} = 79683,78 \text{ Btu / jam.}$$

Untuk laju aliran massa ( m ) ( 5 ) :

$$\begin{aligned}
 M_{\text{oli}} &= \frac{Q}{C_p (T_1 - T_2)} \text{ lb / jam} \\
 &= \frac{79683,78}{0,4537 (197,6 - 122)} \text{ lb / jam} \\
 &= 2322,73 \text{ lb / jam} \\
 &= 5120,75 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$



Gambar 6.17. Shell and tube aliran berlawanan 1 – 1 pass

Tabel 6.1 Kondisi fluida pada APK

Item	Fluida panas ( lub oil )	Pendingin ( Water )	Selisih temperatur
Temperatur masuk	197,6 °F	185 °F	12,6 °F
Temperatur keluar	122 °F	113 °F	9 °F
Selisih	75,6 °F	72 °F	3,6 °F (ΔT1 - ΔT2 )

Daritabel diatas dapat diperoleh beda temperatur rata-rata logaritmik (LMTD) (5):

$$\begin{aligned} \text{LMTD} &= \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \text{ } ^\circ\text{F} \\ &= \frac{12,6 - 9}{\ln \frac{12,6}{9}} \text{ } ^\circ\text{F} \\ &= 10,69 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

Untuk factor koreksi ( Fc ) :

$$\begin{aligned} F_c &= \frac{A_c}{A} \\ &= \frac{1,81 \times 10^{-2} \text{ m}^2}{1,82 \times 10^{-2} \text{ m}^2} \\ &= 0,994 \end{aligned}$$

LMTD yang dihitung untuk aliran berlawanan arah harus dikalikan dengan factor koreksi yang sesuai yaitu :

$$\begin{aligned} \text{LMTD} &= F_c \cdot \text{LMTD} \\ &= 0,994 \cdot 10,69 \text{ } ^\circ\text{F} \\ &= 10,62 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

## 6.2. Perhitungan temperatur fluida panas

$$T_h = T_2 + F_c ( T_1 - T_2 )$$

Dimana :

$T_h$  = Temperatur fluida untuk fluida panas ( ° F )

$T_2$  = Temperatur bawah fluida panas ( ° F )

$T_1$  = Temperatur fluida panas ( ° F )

UNIVERSITAS MEDAN AREA faktor koreksi

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

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)11/12/23



Maka :

$$\begin{aligned} T_h &= T_2 + F_c ( T_1 - T_2 ) \\ &= 122 + 0,994 ( 185 - 113 )^\circ\text{F} \\ &= 197,14^\circ\text{F} = 92,4784^\circ\text{C} \end{aligned}$$

### 6.3. Perhitungan temperatur fluida dingin

$$t_c = t_1 + F_c ( t_1 + t_2 )$$

Dimana :

$T_c$  = Temperatur fluida untuk fluida dingin ( $^\circ\text{F}$ )

$t_1$  = Temperatur bawah fluida dingin ( $^\circ\text{F}$ )

$t_2$  = Temperatur atas fluida dingin ( $^\circ\text{F}$ )

$F_c$  = Faktor koreksi

Maka :

$$\begin{aligned} t_c &= 113 + 0,994 ( 185 - 113 )^\circ\text{F} \\ &= 184,586^\circ\text{F} = 85,44816^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Besarnya luas aliran tube dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$A_t = \frac{N \times A}{2}$$

Dimana :

$A_t$  = Luas laluan aliran tube ( $\text{Ft}^2$ )

$N$  = Jumlah tube

$A$  = Luas aliran tiap tube

$$A = \pi \times r^2$$

Maka :

$$\begin{aligned} A_t &= \frac{27 \times 0,772}{2} \\ &= 0,1447 \text{ inch}^2 = 2,9133 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

#### 6.4. Parameter konduktivitas pipa

Bahan yang digunakan oleh pipa adalah tembaga, nilai sifat – sifat tembaga pada suhu 80°C yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis ( } \rho \text{ )} &= 8,954 \text{ kg / m}^3 \text{ (0,5589 lbm/ft}^3\text{)} \\ \text{Panas jenis ( } C_p \text{ )} &= 0,3861 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C (0,0915 Btu/lbm}^\circ\text{F)} \\ \text{Konduktifitas thermal Cangkang ( } k \text{ )} &= 386 \text{ W/m}^\circ\text{C ( 218,968 Btu/h ft}^\circ\text{F)} \end{aligned}$$

Bahan yang digunakan oleh pipa adalah alumunium nilai sifat-sifat tembaga pada suhu 80°C adalah:

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis ( } \rho \text{ )} &= 2,707 \text{ kg / m}^3 \text{ (0,1689 lbm/ft}^3\text{)} \\ \text{Panas jenis ( } C_p \text{ )} &= 0,896 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C (0,214 Btu/lbm}^\circ\text{F)} \\ \text{Konduktifitas thermal Buffle ( } k \text{ )} &= 204 \text{ W/m}^\circ\text{C ( 119,027 Btu/h ft}^\circ\text{F)} \end{aligned}$$

##### 6.4.1. Kecepatan aliran rata – rata ( $V_r$ )

Kecepatan rata – rata dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (2) :

$$m = \rho \times A_i \times V_r$$

$$V_r = \frac{\mu}{\rho \times A_i}$$

$$V_r = \frac{1,08}{994,9 \times 19.10^2} \text{ kg/m} \cdot \text{dt}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA 0.053 m / deik

## 1. Bilangan Reynould

Bilangan Reynould dapat dihitung untuk menentukan apakah aliran itu laminar atau turbulen (1) :

$$\text{Red} = \frac{\rho \times \mu_m \times d}{\mu}$$

Dimana berat jenis air pada temperatur 85°C, ( $\rho$ ) = 967,33 kg/m<sup>2</sup> (688,573 lb/ft.s) sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Red} &= \frac{967,33 \times 0,053 \times 0,06}{7,65 \times 10^{-4}} \\ &= 4135,66 \end{aligned}$$

Dengan diperoleh nilai bilangan Reynould sebesar 4135,66 maka aliran fluida didalam pipa atau tabung dapat diketahui dengan perbandingan bahwa  $4135,6 \geq 4000$ , sehingga aliran yang terjadi pada pipa atau tabung ialah turbulen.

## 2. Panas jenis pada temperatur fluida

Panas jenis air pada temperatur fluida  $t_c = 82^\circ\text{C}$  didapat :

$$\text{- Konduktivitas thermal (k)} = 0,673 \text{ W/m}^\circ\text{C} \text{ ( 0,3888 Btu/h ft}^2 \text{ }^\circ\text{F)}$$

$$\text{- Panas jenis (Cp)} = 4,195 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \text{ ( 1,001 Btu /lb }^\circ\text{F)}$$

Sehingga didapat :

$$\begin{aligned} \rho &= \left( \frac{c \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \\ &= \left( \frac{1,001 \text{ Btu / lb} \times 0,0704 \text{ lb / ft} \cdot \text{jam}}{0,3888 \text{ Btu / lb }^\circ\text{F}} \right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 0,19 \text{ lb/ft jam} \end{aligned}$$

$$\rho = 0,282 \text{ kg/m}^2$$

#### 6.4.2. Koefisien perpindahan panas konveksi

Koefisien perpindahan panas dapat dicari dengan persamaan bagai berikut ( 5 ) :

$$h_i = Nud \times \frac{K}{Dt}$$

Dimana :

$$Nud \text{ ( bilangan nuselt )} = 0,023 \times Red^{4/5} Pr^n$$

$$= 0,023 \times ( 4135,66 )^{4/5} ( 5,12 )^{0,3}$$

$$= 29,359$$

Maka :

$$h_i = 29,359 \times \frac{0,3547}{0,0158}$$

$$= 659,08$$

#### 6.4.3. Perhitungan pada sisi shell ( Shell side )

Adapun data – data teknis dari shell pada alat penukar kalor yang direncanakan adalah :

Diameter dalam shell = 60 mm ( 2,36 inch )

Jumlah laulan ( pass ) pada shell = 1 buah

Jarak antara sekat ( Baffle ) = 1 mm

Tebal shell = 5 mm ( 0,197 inch )

Laju aliran massa ( m ) = 3665,93 kg /jam ( 1662,84 lb/jam )

##### 1. Luas laluan pada sisi shell

Luas laluan pada sisi shell dapat dihitung dengan menggunakan

persamaan berikut ini ( 5 ) :

$$A_s = \frac{ID \times C \times B}{144 \times Pt} \text{ (ft}^2\text{)}$$

Dimana :

$A_s$  = Luas laluan aliran pada sisi shell ( ft<sup>2</sup> )

$ID$  = Diameter dalam shell ( ft )

$C$  = Kelonggaran antar tube ( 0,118 inch )

$B$  = Jarak antara sekat ( inch )

$Pt$  = Jarak antara tube ( inch )

$$= 3 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 4 \text{ mm} \text{ ( 0,157 inch )}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{2,36 \text{ inch} \times 0,188 \text{ inch} \times 0,039 \text{ inch}}{144 \times 0,157 \text{ inch}} \\ &= 0,00047 \text{ ft}^2 \\ &= 4,7 \cdot 10^{-4} \text{ ft}^2 \\ &= 0,436 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

## 2. Kecepatan aliran massa

Kecepatan aliran massa lub oil yang mengalir didalam shell adalah sebagai berikut (5) :

$$G_s = \frac{W}{a_s} \text{ ( lb/jam ft}^2\text{ )}$$

Dimana :

$G$  = Besarnya massa fluida pada sisi shell

$W$  = Laju aliran massa fluida yang melalui shell ( lb/jam )

Maka :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

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)11/12/23

$$\begin{aligned}
 G_s &= \frac{2322,73 \text{ lb / jam}}{0,00047 \text{ ft}^2} \\
 &= 4941,978 \text{ lb/jam ft}^2 \\
 &= 79160,60 \text{ kg/j} \cdot \text{m}^2
 \end{aligned}$$

Bilangan Reynould ( Res ) :

$$\text{Res} = \frac{De \times G_s}{\mu}$$

Dimana :

Res = Bilangan Reynould pada sisi shell

De = Diameter ekivalen ( 0,013 ft )

$\mu$  = Viskositas lub oil jenis SAE 40 pada temperatur rata-rata 90°C

$$= 14,26 \text{ cst} \times 2,42 = 0,345 \text{ lb/ft jam}$$

Maka bilangan reynould dari aliran lub oil pada sisi shell

adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Res} &= \frac{0,013 \text{ ft} \times 4941,978 \text{ lb / jam ft}^2}{0,345 \text{ lb / ft jam}} \\
 &= 186219,4881
 \end{aligned}$$

Untuk mencari panas lub oil dengan temperatur fluida

Th = 197,14°F, maka panas jenis dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{0,388 + 0,00045 t}{\sqrt{d}} \\
 &= \frac{0,388 + 0,00045 \times 197,14}{\sqrt{0,8953}} \\
 &= 0,504 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA, 110 kJ/kg °C

### 3. Temperatur dinding tube

Temperatur dinding tube dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 T_w &= t_c + \frac{h_o / \phi_s}{h_i \phi_1 + h_o / \phi_s} + (T_c = t_c) \\
 &= 184,568 + \frac{1,951,24}{544,46 + 1951,24} + (197,14 - 184,568) \\
 &= 197,9 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 &= 179,98 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Dengan suhu dinding tube sebesar 197,9 °F maka dari perbandingan diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \mu_w &= 0,02504 \times 2,42 = 0,0606 \text{ lb/ft jam} \\
 \phi_t &= \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \\
 &= \left( \frac{0,0704}{0,0606} \right)^{0,14} \\
 &= 1,02
 \end{aligned}$$

#### 6.4.4. Koefisien perpindahan panas yang dikoreksi

Koefisien perpindahan panas untuk masing – masing sisi pada alat penukar kalor dapat dicari sebagai berikut :

##### 1. pada sisi tube

$$\begin{aligned}
 h_i &= \frac{h_i}{\phi_t} \times \phi_t \text{ ( Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F )} \\
 &= 544,46 \times 1,02 \\
 &= 555,35 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang = 315338,83 w/m<sup>2</sup> °C

Document Accepted 11/12/23

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)11/12/23

2. pada sisi shell

$$\begin{aligned} Ho &= \frac{ho}{\phi s} \times Os \text{ ( Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F )} \\ &= 1951,24 \times 0,98 \\ &= 1912,2152 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F} \\ &= 10857,94 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### 6.4.5. Koefisien perpindahan panas menyeluruh

Koefisien perpindahan panas menyeluruh (overall heat transfer coefficient) dapat dibagi kedalam dua kategori :

a. Koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk permukaan yang bersih, ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Uc &= \frac{hi \times ho}{hi + ho} \text{ ( Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F )} \\ &= \frac{555,35 \times 1913,2152}{555,35 + 192,2152} \\ &= 430,363 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F} \\ &= 2443,67 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

b. Koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk perencanaan yang kotor ( overall heat transfer coefficient ), dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Ud = \frac{Q}{A + \Delta T} \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Dimana :

UNIVERSITAS MEDAN AREA  $Ud$  = Koefisien perpindahan panas menyeluruh ( kotor )



Q = Besarnya energi panas yang dipertukarkan oleh setiap fluida ( Btu/jam )

A = Luas perpindahan panas menyeluruh (ft<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} \text{Untuk harga } A &= N \cdot \pi \cdot d \\ &= 27 \cdot 3,14 \cdot 2,236 \\ &= 20 \text{ ft}^2 \\ &= 1.858 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} U_d &= \frac{79683,78 \text{ Btu / jam}}{20 \text{ ft}^2 + 10,7^\circ F} \\ &= 372,35 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ F \\ &= 2114,27 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ C \end{aligned}$$

#### 6.4.6. Faktor Pengotoran

Besarnya faktor pengotoran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} R_d &= \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} \\ &= \frac{429,23 - 372,35}{429,23 \times 372,35} \\ &= 0,00035 \\ &= 3,5 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

#### 6.4.7. Penurunan tekanan ( pressure drop )

Penurunan tekanan pada alat penukar kalor yang dianalisa ini dapat dibedakan atas dua macam :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

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)11/12/23

## 1. penurunan tekanan pada sisi tube

Untuk aliran fluida pada sisi tube ( air ), telah diketahui bilangan reynould (  $Re$  ) = 4135,66 dari bilangan reynould tersebut diketahui :

- koefisien gesekan didapat dari grafik yaitu 0,0086
- grafitasi spesifiknya (  $gc$  ) = 1 kg m/Ns<sup>2</sup> ( 0,672 lbm/ft.s )

Kecepatan masa fluida yang mengalir (  $G$  ) :

$$\begin{aligned}
 G &= \frac{W}{at} \\
 &= \frac{1102,31 \text{ lb / jam}}{0,1447 \text{ ft}^2} \\
 &= 34127,2446 \text{ lb/jam ft}^2 \\
 &= 546650,204 \text{ kg/jam}^2 \cdot \text{M}
 \end{aligned}$$

Jadi penurunan tekanan (  $\Delta P$  ):

$$\Delta P = \frac{f \times G \times L \times n}{5,22 \cdot 10^{10} \times D \times S \times \phi t}$$

Dimana :

$F$  = Koefisien gesek (  $\text{ft}^2 / \text{inch}$  )

$G$  = Kecepatan masa

$L$  = Panjang tube ( ft )

$N$  = Jumlah laluan ( pass ) tube

$D$  = Diameter tube ( ft )

$S$  (  $gc$  ) = Grafitasi spesifik

$\phi t$  = Viskositas

Maka :

$$\begin{aligned}\Delta P &= \frac{0,0086 \times 34127 \cdot 2446 \times 0,4475 \times 1}{2,22 \cdot 10 \times 0,0158 \times 0,672 \times 1,02} \\ &= 0,00793 \text{ psi} \\ &= 0,073 \text{ kg cm}^2\end{aligned}$$

Untuk velocity head didapat dari :

$$\frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

$$g = 1 \text{ kg/m} \cdot \text{s} \quad (4838,4 \text{ lbm} \cdot \text{ft} \cdot \text{h})$$

$$V = 2,626 \text{ lbm ft/lb.s}$$

Maka :

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{(2,626)^2}{2 \cdot 4838,4} = 0,042$$

Sehingga besarnya penurunan tekanan pada sisi balik ( belokan ) tube adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta P_1 &= \frac{4n}{s} \times \frac{V^2}{2g} \times \frac{62,5}{144} \\ &= \frac{4 \cdot 1}{0,672} \times 0,042 \times \frac{62,5}{144} \\ &= 0,108 \text{ psi} \\ &= 1,543 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Maka besarnya penurunan total fluida pada sisi tube adalah :

$$\Delta P_T = \Delta P + \Delta P_1$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA, 00793 + 0,108

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

$= 1,543 \text{ kg/cm}^2$

Document Accepted 11/12/23

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) 11/12/23

## 2. Penurunan tekanan pada sisi shell

Dari perhitungan sebelumnya telah diketahui bahwa :

$$\text{Bilangan Reynould ( Res ) pada sisi shell} = 186219,4881$$

$$\text{Untuk lub oil diperoleh koefisien gesekan (s)} = 0,009$$

$$\text{Diameter shell ( Ds )} = 0,196 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah dari lintasan yang melintang ( N + 1 )} = 12 \times \frac{L}{B}$$

Dimana :

$$L = \text{Panjang tube ( ft )}$$

$$B = \text{Jarak antara sekat/buffel ( inch )}$$

Maka :

$$( N + 1 ) = 12 \times \frac{0,4475}{0,11} = 48$$

$$\text{Besarnya massa lub oil ( Gs )} = 4941978,723 \text{ lb/jam ft}^2$$

$$\text{Diameter ekivalen ( De )} = 0,013 \text{ ft}$$

$$\text{Viskositas fluida yang melalui shell ( Ø s )} = 0,98$$

$$\text{Grafitasi spesifik diperoleh dari perbandingan grafitasi spesifik tube} = 0,9 \times 0,672 = 0,605$$

Maka besarnya penurunan tekanan pada sisi shell adalah :

$$\begin{aligned} \Delta P_s &= \frac{f \times G_s \times D_s \times ( N + 1 )}{5,22 \cdot 10^{10} \times D_e \times S \times \phi_s} \\ &= \frac{0,009 \times 4941978,723 \times 0,013 \times 48}{5,22 \cdot 10^{10} \times 0,013 \times 0,605 \times 0,98} \\ &= 0,034 \text{ Psi} \end{aligned}$$

## BAB VII

### PERAWATAN OIL COOLER

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, bahwa penggunaan alat penukar kalor ini ditujukan untuk keperluan pendingin lub oil ( minyak pelumas ). Pada mesin motor bakar diesel, lub oil mengalir kedalam alat penukar kalor, lalu aliran yang juga dialirkan kedalam alat penukar kalor akan menyerap sebagian energi panas yang dikandung oleh lub oil. Dan proses perpindahan panas selengkapnya terjadi didalam alat penukar kalor melalui bidang – bidang perpindahan panas seperti dinding tube, sekat ( baffle ) dan sebagainya.

Perawatan berkala diperlukan untuk menjamin alat penukar kalor selalu berada paa kondisi terbaiknya, sehingga dapat dioperasikan secara normal dan berkesinambungan. Setelah dioperasikan dalam jangka waktu yang lama, maka ada kemungkinan kerja alat penukar kalor akan menurun. Hal ini biasanya disebabkan oleh berbagai hal seperti kerusakan, kebocoran, pengotoran pengendapan, penyumbatan korosi dan lain sebagainya. Untuk mencegah gangguan seperti itu, diperlukan upaya perawatan berkala yang harus rutin dilaksanakan tanpa menunda atau menunggu masalah yang lebih besar.

Perawatan berkala pada alat penukar kalor ini dapat digolongkan pada dua tahap pelaksanaan yaitu perawatan jangka pendek dan perawatan jangka panjang. Kedua pelaksanaan perawatan ini harus dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan sebelum masa pakai mesin yang telah ditentukan habis.

### 7.1. Perawatan jangka pendek

Perawatan jangka pendek dapat dilakukan setiap dua bulan sekali secara rutin dan kontiniu. Kegiatan ini dapat berupa pemeriksaan secara visual terhadap kondisi fisik dari alat penukar kalor. Perawatan ini umumnya bersifat ringan, sehingga tidak memerlukan waktu pelaksanaan yang lama karena gangguan dapat segera diatasi. Walaupun dapat diatasi ini tidak dapat diabaikan, karena masalah yang lebih besar justru disebabkan oleh masalah kecil yang kita abaikan.

### 7.2. Perawatan jangka panjang

Perawatan jangka panjang dilakukan dalam kurun waktu tertentu, biasanya lebih ditentukan oleh kondisi operasional yaitu setelah habis masa service gratis kendaraan. Pada perawatan jangka panjang ini, seluruh komponen alat penukar kalor dibongkar total. Seluruh komponen alat penukar kalor kemudian dibersihkan, diperbaiki lalu dipasang kembali. Pada saat pemasangan, komponen dari alat penukar kalor hendaknya diperiksa terlebih dahulu. Untuk komponen – komponen yang telah rusak hendaknya diganti dengan yang baru untuk mencegah timbulnya kerusakan dini. Khusus komponen yang terbuat dari bahan karet seperti gasket, ring dan sebagainya harus diganti dengan yang baru untuk mencegah terjadinya kebocoran dari masing – masing fluida didalam alat penukar kalor.

## BAB VIII

### KESIMPULAN

Hubungan yang diperoleh pada perencanaan oil cooler untuk pendingin lub oil pada motor bakar diesel maupun hasil survey maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

#### 8.1. Data teknis alat penukar kalor

##### 8.1.1 Data teknis pada sisi shell

- Diameter dalam shell = 60 mm
- Tebal shell = 5 mm
- Diameter ekivalen dari shell = 0,013 ft ( 0,00396 m )
- Jumlah laluan ( pass ) pada shell = 1 buah
- Luas laluan aliran pada sisi shell = 0,00047 ft ( 14,3 .10<sup>-5</sup> m )
- Temperatur lub oil meninggalkan shell = 50° C
- Temperatur lub oil memasuki shell = 92° C
- Bilangan Reynould pada sisi shell (Re)= 186219,4881

##### 8.1.2 Data teknis pada sisi tube

- Diameter luar tube = 6 mm
- Panjang tube = 136,5 mm
- Jumlah tube = 27 buah
- Jumlah laluan pada sisi tube = 1 buah
- Diameter dalam tube = 5mm (0,19 inch)
- Koefisien perpindahan panas menyeluruh (Cd ) = 2114,277 w/m<sup>2</sup> °C
- Faktor pengotoran ( Rd ) = 0,00035

- Penurunan tekanan pada sisi tube = 0,1159 Psi
- Penurunan pada sisi shell ( Ps ) = 0,34 Psi
- Efektifitas ( E ) = 0,96

## 8.2. Ukuran – ukuran utama

### 8.2.1. Pipa

- Luas penampang pipa ( Ao ) = 84,37 inch ( 21,42 m )
- Tebal pipa = 0,019 inch ( 0,004826 m )
- Luas penampang pipa ( Ai ) = 0,172 inch ( 0,0436 m )
- Luas total permukaan ( Ais ) = 84,37 inch ( 12,2859 m )
- Panjang pipa ( L ) = 5,37 inch ( 1,363 m )

### 8.2.2. Shell

- Luas penampang tabung ( Ad ) =  $7,26 \cdot 10^{-3} m^2$
- Luas total permukaan ( Ad<sub>tot</sub> ) =  $20,29 \cdot 10^{-3} m^2$
- Panjang pipa ( L ) =  $17,6 \cdot 10^{-3} m$
- Luas penampang luar tabung ( At ) =  $7,264 \cdot 10^{-3} m^2$
- Luas total permukaan ( At<sub>tot</sub> ) =  $2,69 \cdot 10^{-3} m^2$
- Tebal tabung =  $5 \cdot 10^{-3} m$
- Tebal tube = 0,5 mm
- Pitch antar tube = 3 mm
- Jarak antara sekat ( Baffle ) = 1 mm
- Luas laluan aliran perut be = 0,1447 ft<sup>2</sup> ( 0,0134 m )
- Temperatur air memasuki tube = 45 °C

Bilangan Reynould pada sisi tube = 4135,66



### 8.3. Data hasil perencanaan perpindahan panas oil cooler

- Daya = 120 Hp
- Pemakaian bahan bakar spesifik ( Bf ) = 0,120 kg/hp.hr
- Nilai pembakaran rendah ( LHV ) = 42400 kkal/kg
- Efisiensi yang diserap oleh air ( Nw ) = 0,32
- Jumlah energi panas yang diserap air ( Qw ) = 333556,30 kJ/kg°C
- Laju aliran masa ( m ) = 2332,73 lb/jam
- Beda suhu rata – rata logaritma ( LMTD ) = 11,928°C
- Temperatur fluida panas ( Tc ) = 92,4784°C
- Temperatur fluida dingin ( tc ) = 85,44816°C
- Luas laluan aliran tube ( At ) = 0,1447 cm<sup>2</sup>
- Koefisien perpindahan panas pada sisi tube = 315338,83 w/m<sup>2</sup> °C
- Koefisien perpindahan panas pada sisi shell = 10857,94 w/m<sup>2</sup> °C