

**ANALISA OIL COOLER SHEEL AND TUBE  
PADA KENDARAAN MITSUBISHI  
COLT DIESEL 120 PS**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana

**TUGAS SARJANA**

**Disusun Oleh**

**FRANKY AHARON TARIGAN**  
**08.813.0043**



**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2010**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/8/23

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

# ANALISA OIL COOLER SHELL AND TUBE PADA KENDARAAN MITSUBISHI COLT DIESEL 120 PS

TUGAS AKHIR

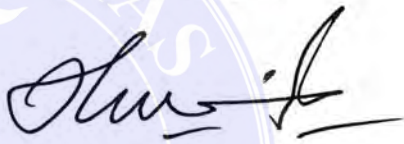
Oleh :  
FRANKY A TARIGAN  
NIM : 08 813 0043

Disetujui :


Pembimbing I,


Pembimbing II,

  
( Ir. Amirsyam Nasution.MT )

  
( Ir. Husin Ibrahim.MT )

Mengetahui :

  
Dekan  
( Ir. Hj Haniza,MT )

  
Ka.Program Studi,  
( Ir. Amru Siregar,MT )

Tanggal Lulus :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

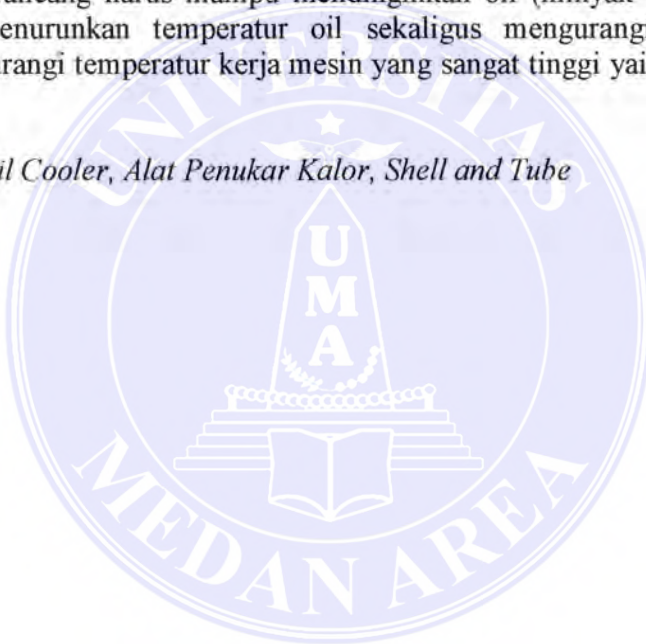
Document Accepted 25/8/23

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

## ABSTRAK

*Oil Cooler* merupakan alat penukar kalor dengan type AEP dengan susunan tube segitiga (*tringuler*) untuk mendinginkan oil (minyak pelumas) yang menjadi panas setelah beredar dalam mantel air pendingin pada mesin, pada umumnya *oil cooler* terpasang pada bagian samping yang dihubungkan ke blok silinder. Pada *Oil Cooler System* pendinginan yang terjadi yaitu sistem pendingin tertutup, sistem aliran (sirkulasi air dingin), minyak panas dari mesin akan masuk *oil cooler* dan kelaur menuju *oil filter* yang akan disirkulasikan kedalam mesin kembali, aliran minyak panas dari mesin di atur oleh *by pass valve* tertutup kembali. *Oil cooler* yang menyusun rancang 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* untuk dirancang harus mampu mendinginkan oil (minyak pelumas) dengan cepat untuk menurunkan temperatur oil sekaligus mengurangi temperatur oil sekaligus mengurangi temperatur kerja mesin yang sangat tinggi yaitu mencapai (800 – 1000 °C)

**Kata Kunci :** *Oil Cooler, Alat Penukar Kalor, Shell and Tube*



## DAFTAR ISI

**ABSTRAK**

**KATA PENGANTAR** ..... **i**

**DAFTAR ISI**..... **iii**

**DAFTAR GAMBAR** ..... **vi**

**DAFTAR NOTASI** ..... **vii**

**BAB I PENDAHULUAN** ..... **1**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Tujuan Penelitian ..... 2

1.3 Manfaat Penelitian ..... 2

1.4 Batasan Masalah ..... 2

**BAB II LANDASAN TEORI** ..... **4**

2.1. Pendahuluan ..... 4

2.2 Jenis-jenis Penukar Kalor ..... 5

2.2.1 Berdasarkan Bentuk dan Kontruksinya ..... 5

2.2.2 Karakteristik Alat Penukar Kalor Jenis Shell dan Tube ..... 6

2.2.3. Shell ..... 11

2.2.4. Tube ..... 11

2.3. Proses-proses perpindahan Panas ..... 12

2.3.1 Konduksi ..... 12

2.3.2 Konveksi ..... 14

**UNIVERSITAS MEDAN AREA** 2.3.2.1 Lapisan Konveksi Luar (External Flow)... 14



2.3.2.2 Lapisan Konveksi Dalam (Internal Flow) ..	16
2.3.3 Radiasi .....	18
2.4. Tahanan Thermal .....	19
2.5. Beda Suhu Rata-rata Logaritma .....	20
2.6. Laju Perpindahan Panas .....	21
2.7. Koefisien perpindahan panas menyeluruh .....	21
2.7.1 Koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk permukaan yang bersih .....	22
2.7.2. Koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk perencanaan .....	22
2.8. Faktor Pengotoran (Fouling Factor) .....	23
2.9. Penurunan Tekanan (Pressure Drop) .....	23
2.10. Efektivitas (E) .....	24
2.11. Oil Cooler .....	25
2.12. Tipe Oil Cooler .....	26
2.13. Bahan Oil Cooler .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
3.1. Proses Pengumpulan Data .....	30
3.2. Pelaksanaan Penelitian .....	30
<b>BAB IV ANALISA THERMODINAMIKA .....</b>	<b>31</b>
4.1. Pemilihan Siklus Diesel .....	31
4.2. Besarnya kalor hasil pembakaran .....	32
4.3. Perhitungan thermodinamika pada setiap proses .....	33

4.4. Pompa .....	41
4.5. Analisa Tube dan Shell .....	43
4.5.1. Alat Penukar Kalor .....	43
4.5.2. Luas permukaan .....	43
4.5.2.1. Tube .....	44
4.5.2.2. Shell .....	45
4.5.2.3. Buffle .....	47
4.6. Perhitungan Alat Penukar Kalor .....	51
4.6.1. Perhitungan Keseimbangan Panas .....	52
4.6.2. Energi Panas.....	52
4.6.3. Perhitungan beda temperatur rata-rata logaritmik (LMTD).....	53
4.6.4. Temperatur fluida panas .....	56
4.6.5. Perhitungan Pada Sisi Dalam Tube (Tube Side) ...	57
4.6.6. Luas Lalan Aliran Tube .....	58
4.6.7. Kecepatan aliran rata-rata ( $V_t$ ) .....	60
4.7. Koefisien Perpindahan Panas Konveksi .....	62
4.8. Perhitungan Pada Sisi Shell (Shell Side) .....	63
4.8.1. Luas Lalan pada Sisi Shell .....	63
4.8.2. Kecepatan Aliran Massa .....	64
4.9. Koefisien Perpindahan Panas .....	67
4.9.1. Koefisien perpindahan panas yang dikoreksi .....	69
4.10. Koefisien perpindahan panas menyeluruh .....	70

4.11. Faktor Pengotoran (fouling factor) .....	71
4.12. Penurunan Tekanan (Pressure Drop) .....	72
4.12.1. Penurunan tekanan pada sisi tube .....	72
4.12.2. Penurunan Tekanan Pada Sisi Shell .....	74
4.13. Efektivitas ( $\epsilon$ ) .....	76
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>77</b>
5.1. Kesimpulan .....	77
5.1.1. Data Teknis pada Sisi Shell .....	77
5.1.1.1. Data teknis pada sisi shell .....	77
5.1.1.2. Data teknis pada sisi tube .....	77
5.1.2. Data hasil perencana perpindahan panas oil cooler.....	78
5.1.3. Ukuran-Ukuran Utama .....	79
5.1.3.1. Tube .....	79
5.1.3.2. Shell .....	79
5.2. Saran .....	80
5.2.1. Perawatan Oil Cooler .....	80
5.2.1.1. Perawatan Jangka Pendek .....	81
5.2.1.2. Perawatan Jangka Panjang .....	81

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dengan meningkatnya kebutuhan energi berbagai cara dilakukan untuk memperoleh sumber energi baik itu yang bergerak di bidang industri besar maupun kecil dan juga perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang jasa, sebagai mahasiswa sekaligus sebagai generasi penerus bangsa dituntut untuk dapat mengembangkan sistem-sistem hemat energi atau yang sering dikenal dengan istilah „energi saving“ dari salah satu sistem tersebut yaitu dengan menganalisa alat penukar kalor yang efisien, dan mempertahankan performance mesin. Panas minyak yang diserap oleh pendingin didinginkan pada oil cooler dengan memanfaatkan air sebagai fluida pendingin sehingga minyak pada oil cooler dengan memanfaatkan air sebagai fluida pendingin sehingga minyak yang didinginkan dapat disirkulasikan kembali melalui sisi shell yang dihubungkan ke blok mesin.

Dalam perencanaan ini bahan-bahan yang dipilih yaitu dengan koefisien thermal yang sesuai bagi pemindah panas yaitu aluminium alloy pada bagian shell dan tembaga pada bagian tube, oil cooler di sini mempunyai sistem yang dimodifikasi sehingga kontruksi yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan alat penukar kalor (heat exchanger) sistem shell dan tube yang lain, maka pendinginan yang dilakukan kapasitasnya jauh lebih kecil.



## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk dapat menganalisa oil cooler yang berguna untuk pendinginan minyak pada motor bakar khususnya Mitsubishi colt diesel sekaligus mempertahankan performace mesin. Perencanaan ini dilakukan berdasarkan analisa perhitungan dan data-data yang didapatkan dari hasil survey yang dilakukan penulis di PT. Sumatera Berlian Motors, serta dari data-data literatur.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Pembaca dan penulis sendiri dapat memperluas pengetahuan dan wawasan tentang manfaat dari sistem penukar kalor.
2. Bagi orang yang berkecimpung dibidang otomotif atau pabrik.
3. Dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh selama diperkuliahan.

## 1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan dalam menganalisa sebuah alat penukar kalor khususnya oil cooler, maka penulis melakukan pembatasan perencanaan, pembatasan yang dilakukan terbatas pada bagian alat penukar kalor saja yaitu oil cooler yang meliputi :

- a. Menganalisa sistem heat exchanger pada oil cooler
- b. Perhitungan perpindahan panas pada oil cooler

- c. Perhitungan efektifitas oil cooler
- d. Proses- proses perpindahan panas
- e. Koefisien perpindahan panas menyeluruh
- f. Faktor pengotoran (Fouling factor)
- g. Perhitungan thermodinamika pada setiap proses



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Pendahuluan

Alat penukar kalor (heat exchanger) adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari fluida yang suhunya lebih tinggi ke fluida yang suhunya lebih rendah. Arti dari memindahkan di sini adalah memberikan atau mengambil energi panas (kalor). Jadi pada setiap alat penukar kalor terjadi proses perpindahan energi panas dari suhu fluida ke yang lain yang berbeda suhunya. Perpindahan panas ini dapat ditujukan untuk berbagai maksud dan keperluan misalnya untuk mengubah fasa suatu jenis fluida, mengubah kekentalan (viskositas) fluida, mengatur suhu kerja yang normal untuk keperluan destilasi bahan bakar dan sebagainya. Alat penukar kalor secara proses fluida dapat dialirkan ke dalamnya dan saling bertukar kalor melalui bidang-bidang perpindahan panas atau dengan cara kontak langsung (bercampur), bidang-bidang perpindahan panas ini dapat berupa dinding pipa-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 beda suhu diantara kedua belah fluida.

Di dalam industri kimia masalah perpindahan panas adalah hal yang banyak dijumpai untuk berbagai keperluan, perpindahan panas ini dapat terjadi



melalui tiga (3) jenis yang dikenal secara umum dalam ilmu perpindahan panas yaitu :

- a. Secara getaran molekuler atau disebut dengan cara konduksi
- b. Secara aliran atau disebut dengan konveksi
- c. Secara pancaran atau disebut dengan cara radiasi

## 2.2 Jenis-jenis Penukar Kalor

### 2.2.1 Berdasarkan Bentuk dan Kontruksinya

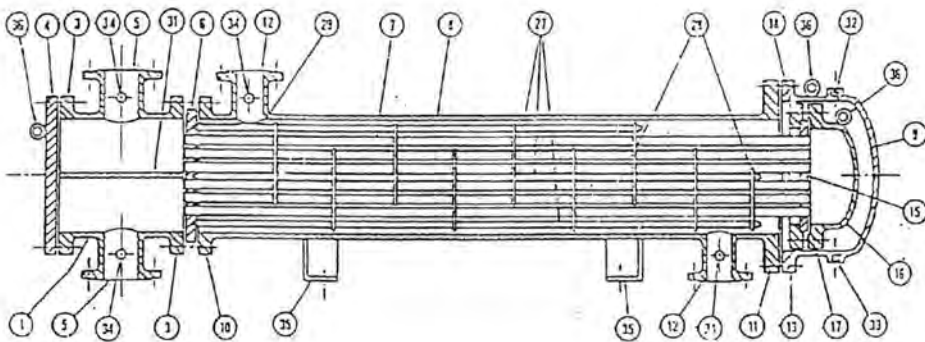
Proses perpindahan panas antara kedua jenis fluida dapat dilakukan dengan cara langsung maupun tidak langsung, perpindahan panas secara langsung maksudnya adalah fluida yang suhunya lebih tinggi bercampur atau kontak secara langsung dengan fluida yang suhunya lebih rendah (tanpa adanya pemisah) dalam suatu bejana atau ruangan tertentu hal seperti ini dapat dijumpai misalnya pada jet kondensor, desuperheater, deaerator dan lain-lain.

Perpindahan panas secara tidak langsung maksudnya antara fluida yang saling bertukar panas tidak mengalami hubungan atau kontak langsung (tidak bercampur) tetapi masing-masing fluida dipisahkan oleh perpindahan panas yang dapat berupa pipa, pelat dan peralatan lainnya, metode seperti ini dijumpai pada peralatan penukar kalor seperti : kondensor, pemanas uap lanjutan pada ketel uap pemanas air pada ketel uap (economizer), preheater dan lain-lain. Metode perpisahan panas umumnya paling dominan pada alat penukar kalor adalah konduksi perpindahan panas secara konduksi terjadi antara masing-masing molekul fluida yang berbeda suhunya di berbagai tempat serta disekujur

permukaan bidang perpindahan panas sedangkan perpindahan panas yang diam (statis), beberapa alat penukar kalor yang umumnya dipergunakan dimana yang dijelaskan disini hanyalah sebagian kecil saja dari yang paling banyak dipergunakan didunia industri.

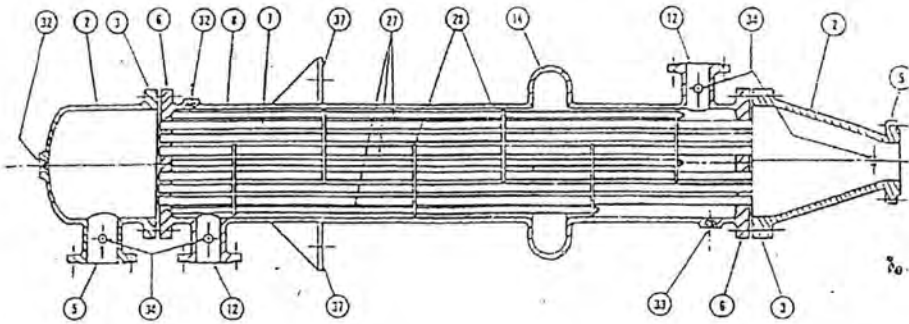
### 2.2.2 Karakteristik Alat Penukar Kalor Jenis Shell dan Tube

Telah dijelaskan di atas mengenai klasifikasi dari macam-macam alat penukar kalor untuk mengklasifikasikan semua jenis alat penukar kalor adalah sangat sulit sebab ada begitu banyak jenis dan ragam dari alat penukar kalor yang telah pernah dibuat, namun asosiasi pembuat alat penukar kalor Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA) mengklasifikasikan alat penukar kalor kepada tiga kelas yang berbeda yaitu kelas "R" kelas "C" dan kelas "B", menurut jenis pemakaiannya TEMA membuat standar alat penukar kalor khususnya jenis shell dan tube yang umumnya berbentuk bulat seperti tabung (silinder) jenis shell dan tube adalah jenis yang banyak dipakai diberbagai industri, berikut ini sedikit dijelaskan tentang kontruksi shell dan tube

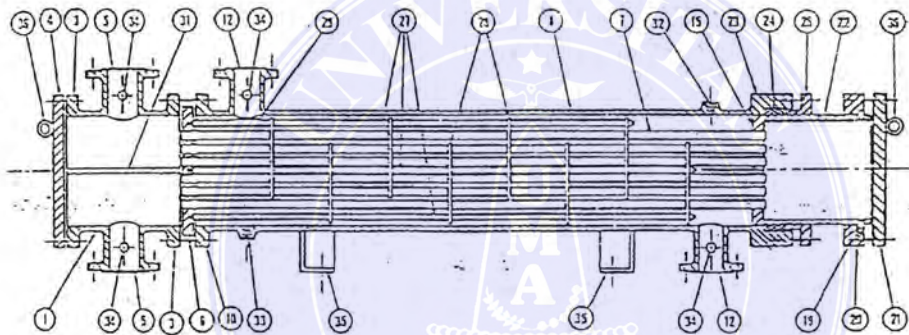


Gambar 2.1. Alat Penukar Kalor Tipe AES (Standar TEMA)

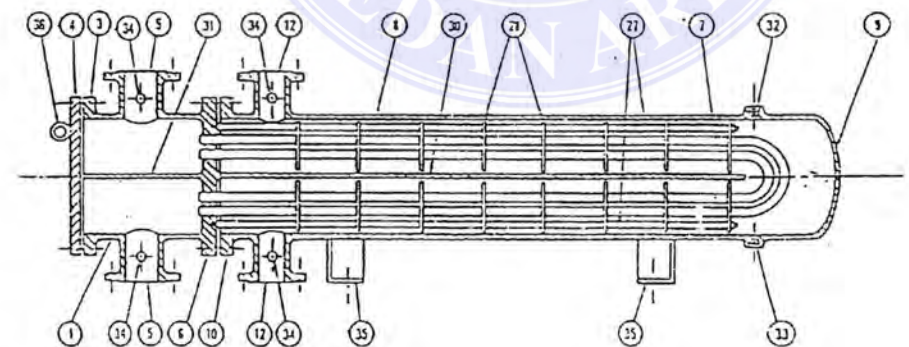




Gambar 2.2. Alat Penukar Kalor Tipe BEM (Standar TEMA)

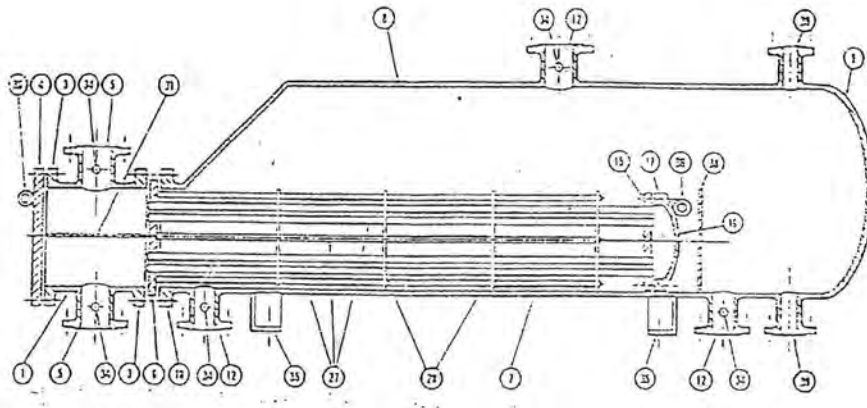


Gambar 2.3. Alat Penukar Kalor Tipe AEP (Standar TEMA)

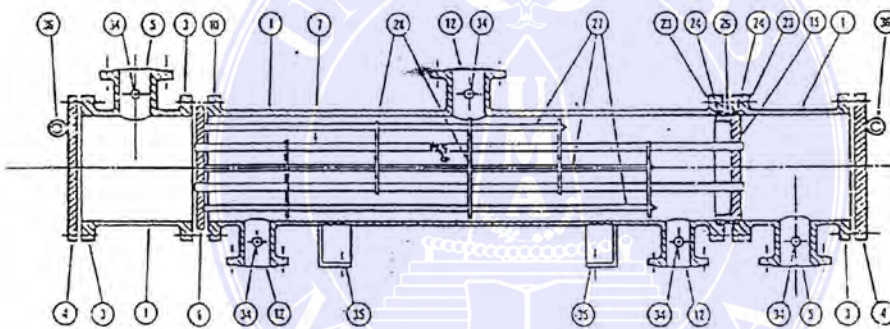


Gambar 2.4. Alat Penukar Kalor Tipe CFU (Standar TEMA)





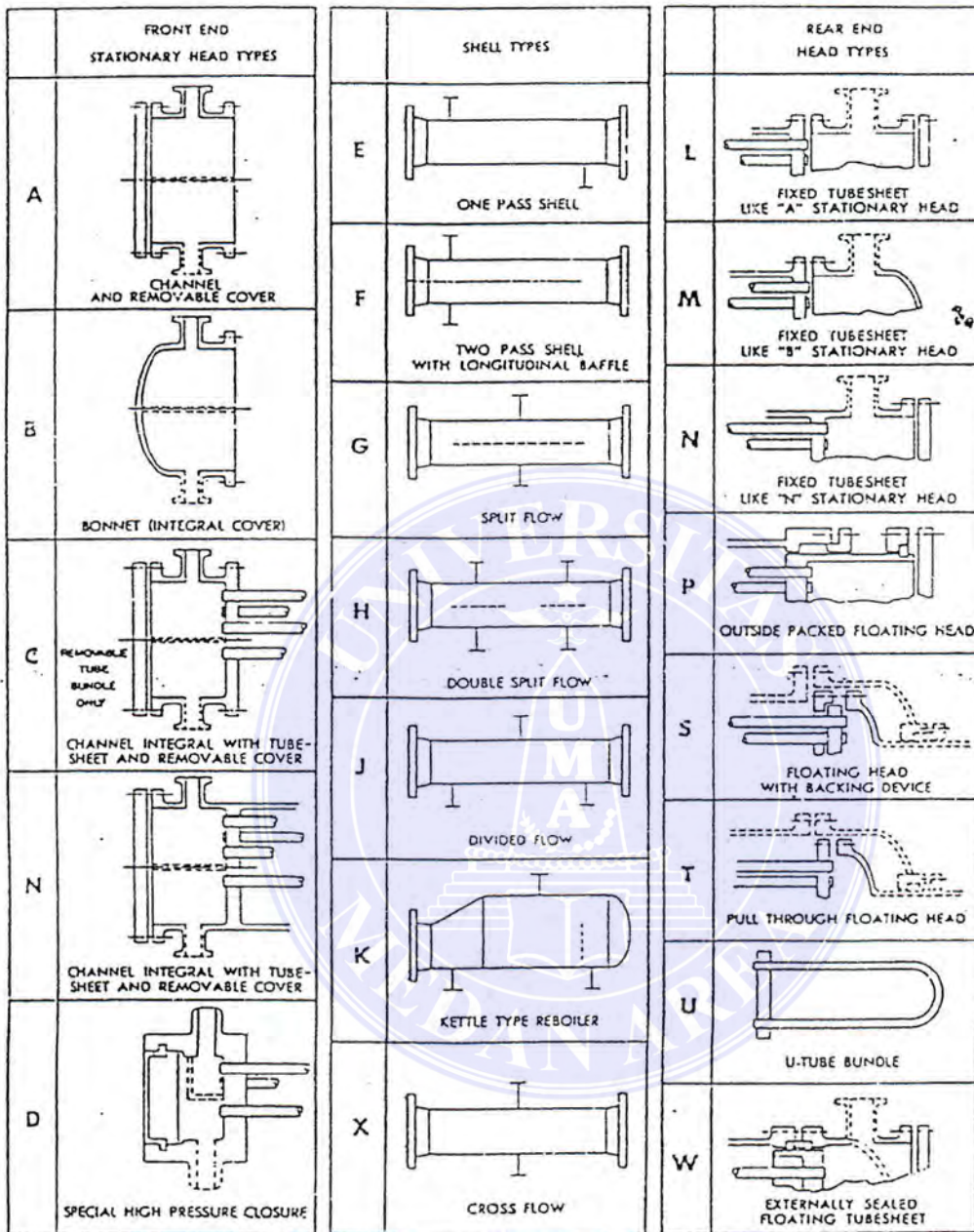
Gambar 2.5. Alat Penukar Kalor Tipe AKT (Standar TEMA)



Gambar 2.6. Alat Penukar Kalor Tipe AJW (Standar TEMA)

## Keterangan Gambar :

- |  |  |
|--|--|
| 1. Stationary Head – Chanel            | 21. Floating Head Cover-External         |
| 2. Stationary Head – Bonnet            | 22. Floating Tubesheet Skirt             |
| 3. Stationary Head – Channel or Bonnet | 23. Packing Box                          |
| 4. Channel Cover                       | 24. Packing                              |
| 5. Stationary Head Nozzle              | 25. Packing Gland                        |
| 6. Stationary tubesheet                | 26. Lantern Ring                         |
| 7. Tubes                               | 27. Tierods and Spacers                  |
| 8. Shell                               | 28. Transverse Baffles or Support Plates |
| 9. Shell Cover                         | 29. Impingement Plate                    |
| 10. Shell flange – Stationary Head End | 30. Longitudinal Baffle                  |
| 11. Shell flange – Rear head End       | 31. Pass Partition                       |
| 12. Shell nozzle                       | 32. Vent Connection                      |
| 13. Shell Cover flange                 | 33. Drain Connection                     |
| 14. Expansion joint                    | 34. Instrument Connection                |
| 15. Floating Tube Sheet                | 35. Support Saddle                       |
| 16. Floating Head Cover                | 36. Lifting Lug                          |
| 17. Floating Head Backing Device       | 37. Support Bracket                      |
| 18. Floating Head Backing Device       | 38. Weir                                 |
| 19. Split Shear Ring                   | 39. Liquid Level Connection              |
| 20. Slip-on Backing Flange             |  |



Gambar 2.7. Bentuk-bentuk shell dan penutupnya

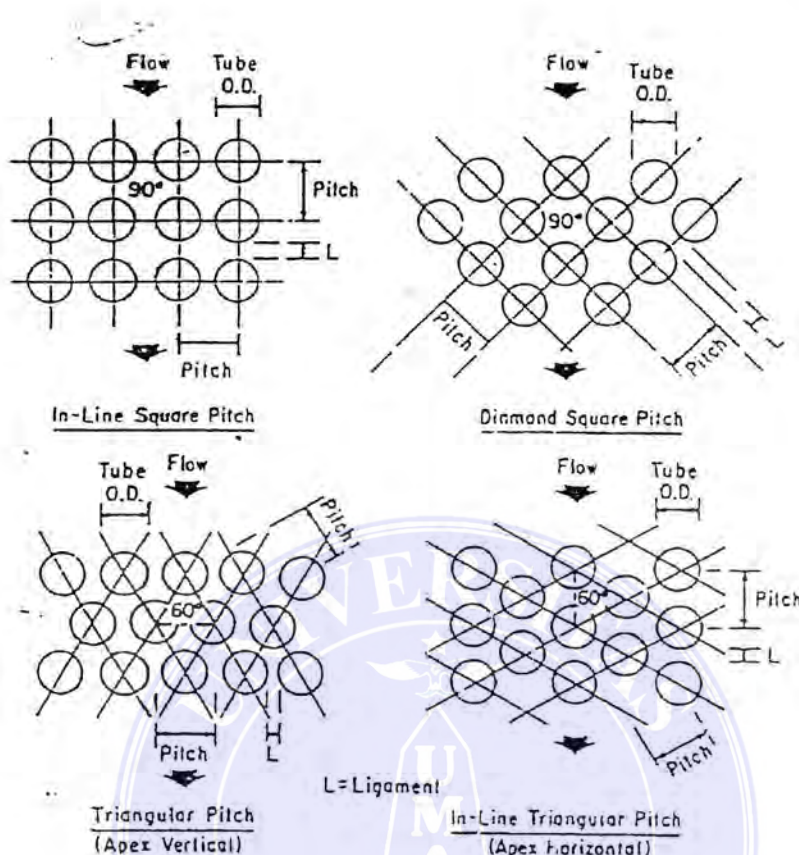


### 2.2.3. Shell

Konstruksi shell sangat ditentukan oleh keadaan tube yang akan ditempatkan di dalamnya, shell dapat dibuat dari pipa yang berdiameter besar maupun kecil tergantung dari penggunaan bila dipergunakan untuk keperluan yang menghasilkan sebuah pelat logam yang dirol untuk kapasitas yang besar dan untuk kalapitas yang kecil dapat dibuat dari non logam seperti aluminium dengan proses cetak (tuang) pipa (tube bundle) kedua ujung shell ini akan diberi penutup yang dipasangkan dengan flens adakalanya permukaan dalam sheel dilengkapi dengan alur untuk menempatkan berkas pipa pada posisi yang baik didalam shell pada pengoperasian dengan temperatur yang tinggi, sering pula konstruksi shell dibagi dua dan disambungkan dengan sambungan ekspansi.

### 2.2.4. Tube

Tube atau pipa-pipa memegang peranan penting didalam alat penukar kalor, dinding pipa ini merupakan bidang pemisah antara kedua jenis fluida yang mengalir didalam alat penukar kalor, berfungsi sebagai bidang perpindahan panas, bahan dan ketebalan pipa yang dipergunakan harus memperhitungkan perpindahan panas dan tekanan operasi fluida kerjanya, penyusunan atua pengaturan teata letak pipa-pipa didalam shell memiliki kaidah dan aturan tertentu umumnya pipa-pipa (tubes) disusun menurut konfigurasi segitiga atau segi empat menurut bentuk garis diagonal yang melalui titik pusat pipa pengaturan ini akan sangat menentukan ukuran shell dan pemanfaatan ruang yang tersedia.



Gambar 2.8 Berbagai susunan tube di dalam shell

### 2.3. Proses-proses perpindahan Panas

Proses-proses perpindahan panas ada 3 macam :

#### 2.3.1 Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas secara molekular di daerah yang suhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam suhu medium (padat, cair atau gas) atau medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung, hubungan laju perpindahan kalor secara konduksi dapat ditulis sebagai berikut :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

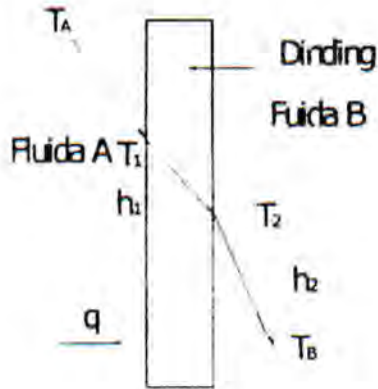
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

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 25/8/23

Access From (repository.uma.ac.id)25/8/23



Gambar 2.9. Proses perpindahan kalor melalui dinding datar

$$qk = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.1)$$

dimana :

$qk$  = Laju perpindahan kalor (Watt)

$k$  = Konduktivitas / kehantaran thermal bahan ( $W / m^2 \cdot ^\circ K$ )

$A$  = Luas penampang ( $m^2$ )

$\frac{dT}{dx}$  = Gradien suhu ke arah perpindahan panas ( $^\circ K$ )

Tanda minus diselipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ketempat yang lebih rendah persamaan di atas disebut hukum fourier tentang konduksi kalor, yaitu menurut nama ahli matematika fisika bangsa Prancis, Joseph Fourier, 1882.



### 2.3.2 Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan yang terjadi dari suatu medium yang mempunyai suhu yang lebih tinggi ke medium yang mempunyai suhu yang lebih rendah, persamaan yang dipergunakan untuk menghitung laju aliran perpindahan panas secara konduksi diajukan oleh Isaac Newton pada tahun 1701, yaitu :

$$q_c = h_c A (T_{\text{permukaan}} - T_{\text{fluida}})$$

dimana :

$q_c$  = laju perpindahan panas secara konveksi (watt)

$h_c$  = koefisiensi perpindahan panas konveksi (W / m.C)

$A$  = Luas permukaan perpindahan konveksi (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  = Perbedaan temperatur permukaan dengan temperatur fluida (°C)

Perpindahan panas konveksi pada system perpindahan panas ada 2 jenis konveksi yaitu lapisan konveksi di dalam pipa dan koveksi di luar pipa.

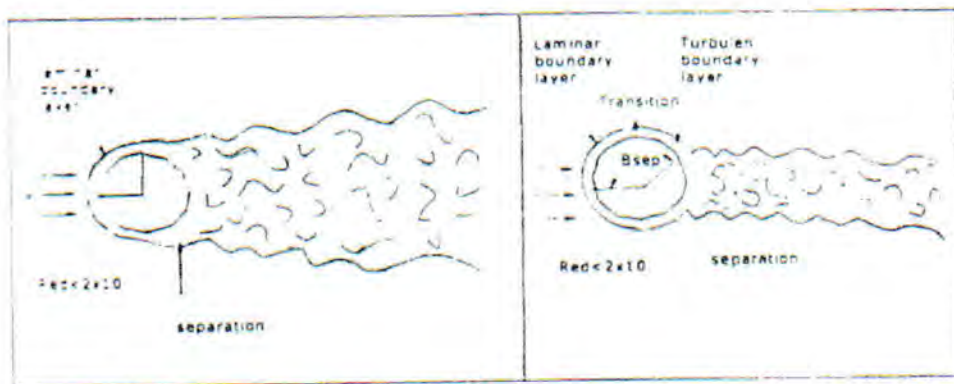
#### 2.3.2.1 Lapisan Konveksi Luar (External Flow)

Pada lapisan diluar pipa persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

##### a. Bilangan Reynold (Re)

Bilangan Reynold digunakan sebagai petunjuk jenis aliran fluida dalam pipa atau tabung diperoleh :

- Aliran laminnar :  $Re < 2300$
- Aliran turbulen :  $Re > 4000$



Gambar 2.10. Pemisahan pada efek turbulen

$$\text{Maka : } Red = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$

Dimana :  $\rho$  = Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

$V$  = Kecepatan rata-rata ( $\text{m/s}$ )

$d$  = Diameter pipa hidrolik ( $\text{m}$ )

$\mu$  = Viskositas absolute ( $\text{N}\cdot\text{s/m}^2$ )

#### b. Bilangan nuselt

Dapat ditulis dalam bentuk persamaan yaitu :

$$Nud : C Red^m \cdot Pr^{1/3}$$

Dimana :  $Nud$  : Bilangan Nuselt

$Red$  : Bilangan Renoulds

$Pr$  : Bilangan Prantle

Harga Pr di dapat dari tabel harga serta C tergantung pada bilangan “renolds” sebagai berikut :

RED	C	M
0,4 - 4	0.989	0.330
4 - 40	0.911	0.385
400 - 4000	0.683	0.466
4000 - 40000	0.193	0.618
40000 - 400000	0.027	0.805

Dengan didapat bilangan nuselt maka koefisien konveksi ( $h_c$ ) akan didapat dengan bantuan persamaan berikut ini :

$$H_c = \frac{k}{D} \text{ Nud} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :  $H_c$  : Koefisien Koneveksi ( $W / m^2 \cdot kg$ )

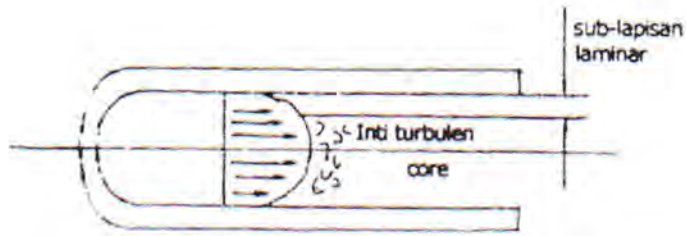
$k$  : Konduktivitas bahan ( $W / m^2 \cdot kg$ )

$D$  : Diameter hidrolik pipa atau tabung (m)

### 2.3.2.2 Lapisan Konveksi Dalam (Internal Flow)

Sedangkan untuk aliran di dalam pipa maka digunakan persamaan “internal flow” seperti di bawah ini :





Gambar 2.11. Aliran turbulen pada pipa

### a. Angka Reynolds

Angka Reynolds  $> 4000$  adalah aliran turbulen

Angka Reynolds  $< 2300$  adalah aliran laminar

Angka Reynolds dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$\text{Red} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$\text{Red} = \frac{4 \cdot m}{\mu \cdot D \cdot \mu} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana : Red = Bilangan Reynolds untuk lapisan dalam

$\rho$  = Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

$V_m$  = Kecepatan aliran fluida (m/s)

$D$  = Diameter pipa atau tabung (m)

$\mu$  = Viscositas ( $\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ )

$m$  = Laju aliran massa fluida ( $\text{kg/s}$ )

### b. Bilangan Nusselt

Dengan mendapatkan bilangan Reynolds maka persamaan bilangan

Nusselt di dapat :

$$\text{Nud} = 0.023 \text{Red}^{4/5} \text{Pr}^n \dots \dots \dots (2.4)$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/8/23

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)25/8/23

Dimana :  $n = 0,4$  : untuk pemanasan ( $T_o > T_i$ )

$n = 0,3$  : untuk pendinginan ( $T_i < T_o$ )

$N$  di atas berlaku dengan salah satu syarat :

-  $0,7 \leq Pr \leq 160$

-  $Re_d \geq 10000$

-  $\frac{L}{D} \geq 10$

Maka dengan didapatnya bilangan “nuselt” koefisien perpindahan panas konveksi di dapat dari persamaan berikut ini :

$$h = Nud \frac{k}{d} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :  $Nud$  = Bilangan Nuselt

$k$  = Konduktivitas bahan ( $W / m^2 \cdot k$ )

$d$  = Diameter pipa atau tabung (m)

### 2.3.3 Radiasi

Radiasi thermal merupakan radiasi electro magnetic yang dipancarkan oleh suatu benda karena adanya perbedaan suhu. Radiasi thermal dapat merambat dengan kecepatan sama dengan hasil perkalian gelombang dengan frekuensi radiasi (7) :

$$C = \lambda \times v \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :  $C$  = Kecepatan cahaya

$\lambda$  = Panjang Gelombang

$v$  = Frekuensi

Perambatan radiasi thermal mengandung energy sebesar :

$$E = h \cdot V$$

Dimana, h adalah konstante plank,  $h = 6.675 \cdot 10^{-34}$  Js



Gambar 2.12. Proses perpindahan panas radiasi

#### 2.4. Tahanan Thermal

Tahanan thermal pada dinding datar mempengaruhi laju aliran panas perbedaan suhu antara suhu yang lebih tinggi  $T$  panas dan suhu yang lebih rendah  $T$  dingin, adalah potensial penggerak yang menyebabkan aliran panas, tahanan thermal (Thermal Resistance)  $R$  yang diberikan oleh dinding kepada aliran panas dengan cara konduksi dapat kita peroleh :

$$R = \frac{\Delta T}{\frac{q}{A}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :  $R$  = Tahanan thermal bahan ( $^{\circ}\text{C m}^2/\text{W}$ ,  $^{\circ}\text{F Ft}^2 / \text{Btu}$ )

$A$  = Laju perpindahan panas ( $\text{W}$ ,  $\text{Btu}$ )

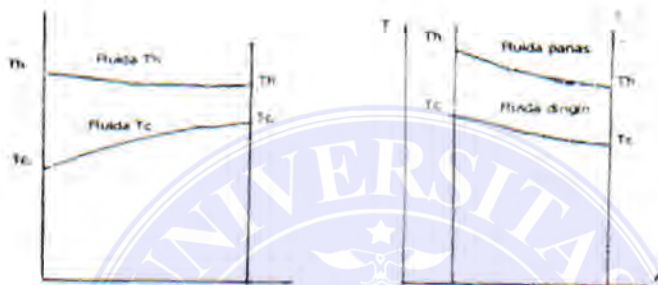
$q$  = Luas penampang ( $\text{m}^2$ ,  $\text{Ft}^2$ )



## 2.5. Beda Suhu Rata-rata Logaritma

Perbedaan suhu pada waktu masuk dan waktu keluar tidaklah sama, maka kita perlu menentukan nilai rata-rata untuk menentukan laju perpindahan panas.

Adapun nilai rata-rata beda suhu dapat diperoleh dari



Gambar 2.13. Profil distribusi temperatur aliran searah dan lawan arah

$$LMTD = \frac{GTTD - LTTD}{\ln \frac{GTTD}{LTTD}}$$

Dimana :

GTTD : Selisih temperatur terbesar pada salah satu ujung penukar kalor

( $^{\circ}\text{C}$ )

LTTD : Selisih temperatur terkecil pada salah satu ujung penukar kalor

( $^{\circ}\text{C}$ )

Pada gambar 2.7 dan 2.8 di atas  $T_{h1}$  dan  $T_{h2}$  masing-masing adalah suhu fluida yang panas pada sisi masuk dan pada sisi keluar dari alat penukar kalor sedangkan  $T_{c1}$  dan  $T_{c2}$  masing-masing adalah suhu fluida yang lebih dingin pada

sisi masuk dan sisi keluar dari alat penukar kalor.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Untuk alat penukar kalor jenis aliran searah :

$$\Delta t_2 = Th_1 - Th_2$$

$$\Delta t_1 = Tc_1 - Tc_2$$

Sedangkan untuk alat penukar kalor jenis aliran berlawanan arah :

$$\Delta t_2 = Th_1 - Tc_2$$

$$\Delta t_1 = Th_1 - Tc_1$$

Dengan menggunakan masing-masing subskrib tersebut pada temperatur rata-rata logaritmik dapat diperoleh dengan persamaan :

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} (^{\circ}C) \dots\dots\dots (2.8)$$

## 2.6. Laju Perpindahan Panas

Dengan mengetahui koefisien perpindahan panas, luas perpindahan kalor dan beda suhu rata-rata. Maka kita dapat menentukan laju aliran panas dari alat penukar kalor sebagai berikut :

$$q = V.A. LMTD$$

dimana : V = Koefisien perpindahan panas total (KW/m<sup>2</sup>K)

A = Luas permukaan perpindahan panas (m<sup>2</sup>)

LMTD ( $\Delta T$ ) = Beda temperatur rata-rata logaritmik (<sup>0</sup>K)

## 2.7. Koefisien perpindahan panas menyeluruh

Koefisien perpindahan panas menyeluruh (overall heat transfer coeficien)

dapat dibagi dalam dua kategori yaitu :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/8/23

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)25/8/23

### 2.7.1 Koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk permukaan yang bersih:

- Koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk permukaan yang bersih dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$U_c = \frac{h_{i0} \cdot h_o}{h_{i0} + h_o} \quad (2.9)$$

Dimana :  $h_i$  = Koefisien perpindahan panas bagian dalam tube

$h_o$  = Koefisien perpindahan panas bagian luar tube

### 2.7.2. Koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk perencanaan

Koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk perencanaan (overall design heat transfer coefficient) diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$U_d = \frac{Q}{A \cdot \Delta t}$$

Dimana :

$U_d$  = Koefisien perpindahan panas menyeluruh design / kotor (Btu/jam Ft<sup>2</sup>°F)

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

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

Dimana :

$A$  =  $N \times \pi \times d$

$\Delta t$  = Beda temperatur rata-rata logaritma (LMTD) setelah dikoreksi (°F)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/8/23

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)25/8/23



## 2.8. Faktor Pengotoran (Fouling Factor)

Setelah melalui proses operasional beberapa waktu lamanya pada permukaan dinding shell maupun tube akan terdapat lapisan atau kerak akibat pengendapan dari berbagai jenis kotoran yang mungkin terdapat pada aliran fluida juga terdapat kemungkinan korosi pada permukaan, komponen-komponen alat penukar kalor sebagai akibat koreksi antara fluida dengan bahan pembuat alat penukar kalor akan menurunkan kemampuan dan unjuk kerja alat penukar kalor, pengaruh menyeluruh dari hal tersebut dinyatakan dengan (fouling factor) yaitu :

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \cdot U_d} \quad (\text{hr Ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F/Btu}) \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :  $U_c$  = Koefisien perpindahan panas bersih (Kw / m<sup>2</sup> °C)  
 $U_d$  = Koefisien perpindahan panas kalor (kw / m<sup>2</sup> °C)

## 2.9. 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, penurunan tekanan pada sisi fluida adalah :

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G_s^2 \cdot D_s (N+1)}{5,22 \times 10^{10} D_e \cdot S \cdot \phi \cdot s} \quad (\text{Psi}) \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

F = Faktor gesekan

Gt = Laju aliran massa pada tube (lb/hr Ft<sup>2</sup>)

Gs = Laju aliran massa pada shell (lb/hr Ft<sup>2</sup>)

Dt = Diameter tube (Ft)

Ds = Diameter Shell (Ft)

N = Jumlah baffle

De = Diameter ekivalen (Ft)

S = Spesifikasi grafitasi

$\phi_s$  = Viskositas ratio shell

$\phi_t$  = Viskositas ratio tube

## 2.10. Efektivitas (E)

Keefektifan penukar faktor berdefinisi perbandingan panas maximum yang mungkin, nilai kalor yang tidak dibuang sama dengan nilai kalor yang diterima oleh udara, akibat perbedaan nilai kalor maka dapat dilihat, keefektifan dari dua harga yang berbeda dapat diperoleh :

$$E_h = m_h c_h (Th_1 - Th_2) / m_h c_h (Th^1 - Tc^2) \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

Ch = Kapasitas fluida rata-rata (W/k)

Mh = Laju aliran panas (kg/jam)

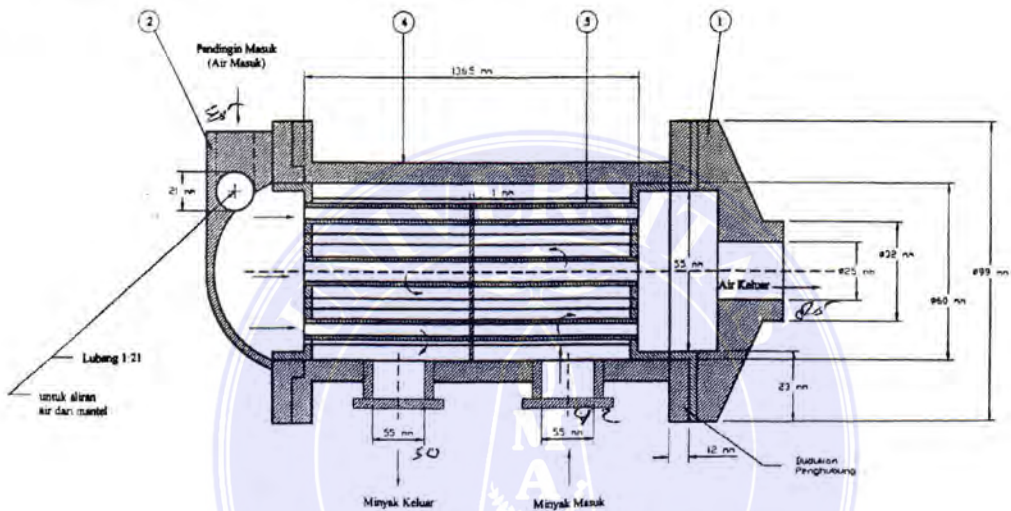
Th<sub>1</sub> = Temperatur minyak panas keluar (°C)

Th<sub>2</sub> = Temperatur minyak panas keluar (°C)

Tc<sub>2</sub> = Temperatur air dingin masuk (C)

## 2.11. Oil Cooler

Oil cooler berfungsi untuk mendinginkan oil (minyak pelumas) yang menjadi panas setelah beredar dalam mantel air pendingin pada mesin, pada umumnya oil cooler di pasang pada bagian samping yang dihubungkan ke blok silinder seperti diperlihatkan gambar B-1



Gambar 2.14. Oil Cooler

Keterangan gambar

1. Front cover
2. Rear cover
3. Element (Buffle)
4. Shell (Shell)
5. Bypass valve
6. Tube (pipa)
7. Gasket
8. Bolt



## 2.12. 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

Perpindahan panas pada oil cooler yaitu secara konveksi yaitu dari fluida yang panas ke fluida yang dingin, dan secara konduksi pada (tube) pipa

### d. Berdasarkan konstruksi

Oil cooler merupakan alat penukar kalor dengan tipe AEP

### e. Berdasarkan susunan tube

Oil cooler merupakan alat penukar kalor dengan susunan tube segitiga (*tiangular*).

## 2.13. Bahan Oil Cooler

Bahan oil cooler yang dianalisa menggunakan tiga 3 (tiga) macam bahan yaitu aluminium alloy untuk shell, baja carbon + aluminium alloy S 40 C pada rangka pengikat dan tembaga untuk tube, pemilihan bahan ini didasarkan atas :

### 1. Konduktivitas thermal

Konduktivitas thermal tembaga dan aluminium sangat tinggi ( $386 \text{ W / m}^0\text{C}$  dan  $204 \text{ W/m}^0\text{C}$ ) dibandingkan dengan bahan yang lain.

### 2. Kondisi Kerja

Oil Cooler yang penyusun rancang 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 (minyak pelumas) dengan cepat untuk menurunkan temperatur oil sekaligus mengurangi temperatur kerja mesin yang sangat tinggi yaitu mencapai ( $800\text{-}1000^0\text{C}$ )

### 3. Perawatan

Oil cooler dengan konstruksi yang dapat di bongkar pasang dan dengan bahan aluminium akan lebih mudah untuk di bersihkan dimana faktor pengotorannya jauh lebih kecil dibandingkan dengan alat penukar kalor lainnya dengan konstruksi yang besar.

### 4. Tekanan operasi

Tekanan kerja pada oil cooler berkisar  $3.2 \text{ kg/m}^2$  maka dengan bahan aluminium alloy pada bagian shell dan tembaga pada bagian tube sudah cukup tahan untuk menahan tekanan kerja tersebut, untuk menahan getaran mesin rangka pengikat oil cooler terbuat dari bahan baja carbon + aluminium alloy S 40 C yang mempunyai kekuatan tarik  $62 \text{ kg/cm}^2$  dan kekerasan (HB) 179 225.

## 5. Korosi

Fluida kerja pada oil cooler adalah air yang mempunyai factor pengotoran 0.032 maka bahan yang dibuat harus bahan yang tahan korosi (karat) dan mudah untuk di bersihkan.

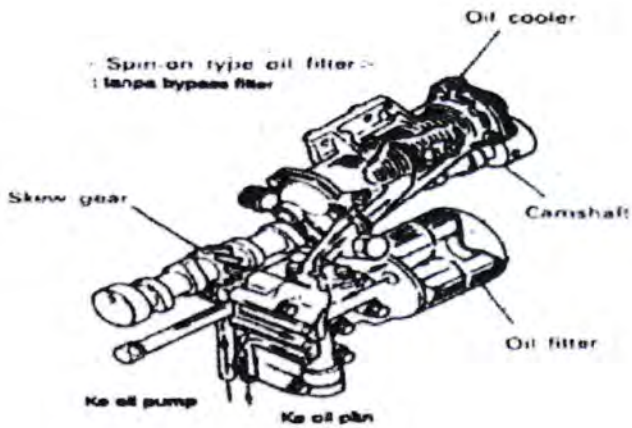
## 6. Ekonomisasi

Untuk bahan yang digunakan pada oil cooler sudah tepat karena disamping konduktivitasnya yang tinggi konstruksinya juga lebih kuat dibanding bahan lain dengan dimensi oil cooler yang kecil yang mempunyai kemampuan kerja yang sangat baik dan didukung teknologi fabrikasi yang sudah mapan, maka harga masih terjangkau pembeli (pemakai).

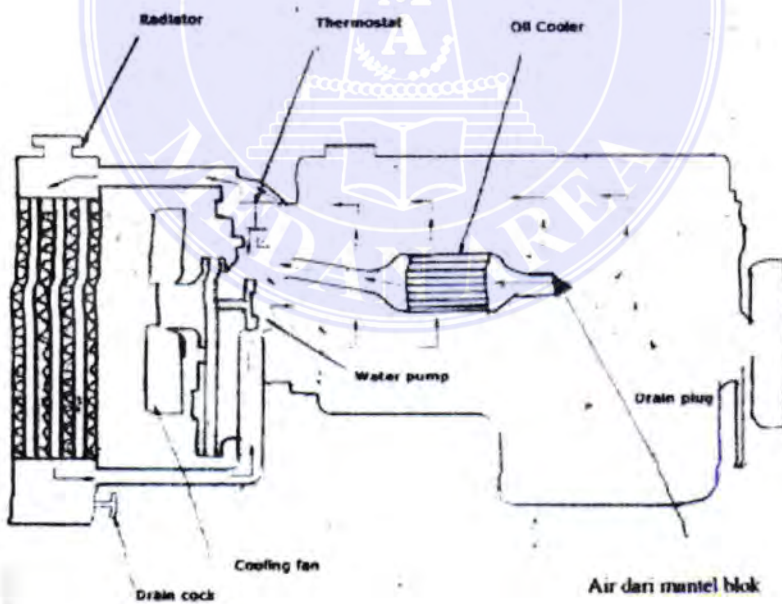
## 7. Saluran Oil Cooler (oil cooler by pass)

Pada oil cooler system pendinginan yang terjadi yaitu sistem pendinginan tertutup, system aliran (sirkulasi air pendingin) dapat diperlihatkan pada gambar 3-2 berikut ini, minyak panas dari mesin akan masuk oil cooler dan keluar menuju oil filter yang akan disirkulasikan ke dalam mesin kembali, aliran minyak panas dari mesin di atur oleh by pass valve yang akan terbuka bila elemen di lalui sedikit oil sampai akhirnya by pass valve tertutup kembali.





Gambar 2.15. Sirkulasi Oil Cooler



Gambar 2.16. Sirkulasi tertutup pada oil cooler

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Proses Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data ini penulis memakai 3 metode antara lain:

1. Metode observasi

Observasi atau peninjauan dilakukan untuk mengenal atau melihat konstruksi dan cara kerja atau sirkulasi dari *oil cooler*.

2. Metode studi literatur

Pada metode studi literatur ini penulis memperoleh materi-materi yang berkaitan dengan masing-masing topik yang akan dibahas sebagai acuan dari sebuah rumus dan persamaan-persamaan dan sebagai landasan teori dari penulisan ini.

3. Metode komunikasi/wawancara

Cara mengumpulkan data melalui wawancara langsung antara pengumpul data dengan nara sumber(teknisi).

#### 3.2. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan berupa survey langsung ke PT. Sumatera Berlian Motors Medan, yaitu perusahaan yang bergerak di bidang jasa angkutan khususnya kendaraan Mitsubishi serta ditambah dengan literatur dengan menggunakan teori dasar dan rumus-rumus yang berkaitan dengan perhitungan alat penukar kalor dan hasil perhitungan yang ditunjukkan dengan tabel dan grafik.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh dan perhitungan pada prencana oil cooler untuk pendingin lub oil pada motor bakar diesel maupun dari hasil survey maka di dapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

##### 5.1.1. Data Teknis pada Sisi Shell

###### 5.1.1.1. Data teknis pada sisi shell

- Diameter dalam shell = 60 mm
- Tebal shell = 5 mm
- Diameter ekivalen dari shell = 3.96 mm
- Jumlah laluan (pass) pada shell = 1 buah
- Luas laluan aliran pada sisi shell = 0.143 mm<sup>2</sup>
- Temperatur lub oil memasuki shell = 92<sup>0</sup>C
- Temperatur lub oil meninggalkan shell = 91.89 <sup>0</sup>C
- Bilangan reynolds pada sisi shell ( $Re_s$ ) = 200.787

###### 5.1.1.2. Data teknis pada sisi tube

- Diameter luar tube = 6 mm
- Panjang tube = 136.5 mm
- Jumlah tube = 27 buah
- Jumlah laluan (pass) pada sisi tube = 1 buah



- Diameter dalam tube	= 54 mm
- Tebal tube	= 5 mm
- Pitch antar tube	= 3 mm
- Jarak antara sekat (buffle)	= 1 mm
- Luas laluan aliran pertube	= 41 mm <sup>2</sup>
- Luas permukaan perpindahan panas	= 6096 mm <sup>2</sup>
- Temperatur air memasuki tube	= 82 <sup>0</sup> C
- Temperatur air meninggalkan tube	= 85 <sup>0</sup> C
- Bilangan Reynolds pada sisi tube	= 4135.66

### 5.1.2. Data hasil perencana perpindahan panas oil cooler

- Daya	= 89,484 Kw
- Pemakaian bahan bakar spesifik (BF)	= 0.120 kg/hp hr
- Nilai pembakaran rendah (LHV)	= 42077.34 Kj/Kg
- Efisiensi yang diserap oleh air (Nw)	= 0.32
- Jumlah energi panas yang diserap air (Qw)	= 53746.7202 J/s
- Laju aliran massa (m)	= 2424.69 Kg/jam
- Beda suhu rata-rata logaritma (LMTD)	= 11.83 <sup>0</sup> C
- Temperatur fluida panas (Tc)	= 92 <sup>0</sup> C
- Temperatur fluida dingin (tc)	= 85 <sup>0</sup> C
- Luas laluan aliran tube (at)	= 44.1 mm <sup>2</sup>
- Debit fluida (Q)	= 3.29 mm <sup>2</sup> /s
- Kecepatan rata-rata (Vt)	= 0.053 kg/m jam

- Koefisien perpindahan panas menyeluruh ( $U_d$ ) =  $6830 \text{ J/am m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Factor pengotoran ( $R_d$ ) = 0.00035
- Penurunan tekanan pada sisi shell tube ( $\Delta p_t$ ) = 0.1159 Psi
- Penurunan pada sisi shell ( $\Delta P_s$ ) = 0.34 Psi
- Efektivitas ( $E$ ) = 0.96

### 5.1.3. Ukuran-Ukuran Utama

#### 5.1.3.1. Tube

- Ukuran luar tube
  - Luas penampang tube ( $A_o$ ) = 2142.9 mm
  - Tebal tube = 0.48 mm
- Ukuran dalam tube
  - Luas penampang tube ( $A_i$ ) =  $4.368 \text{ mm}^2$
  - Luas total permukaan ( $A_{is}$ ) =  $2142.299 \text{ mm}^2$
  - Panjang tube ( $L$ ) = 136.398 mm

#### 5.1.3.2. Shell

- Ukuran Dalam Tabung
  - Luas penampang tabung ( $A_d$ ) =  $7,26 \cdot 10^{-3}$
  - Luas total permukaan ( $A_{d_{tot}}$ ) =  $20,29 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
  - Panjang tube =  $17,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
  - Luas penampang tabung ( $A_t$ ) =  $7,26 \cdot 10^{-3}$
  - Luas total permukaan ( $A_{d_{tot}}$ ) =  $2,69 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
  - Tebal tabung =  $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/8/23

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)25/8/23

## 5.2. Saran

### 5.2.1. Perawatan Oil Cooler

Seperti telah dijelaskan sebelumnya pada bab terdahulu bahwa penggunaan alat penukar kalor ini ditujukan untuk keperluan pendingin lub oil (minyak pelumas) pada mesin motor bakar diesel dimana pendinginan dilakukan dengan mengalirkan lub oil ke dalam alat penukar kalor, lalu aliran air yang juga dialirkan ke dalam alat penukar kalor, akan menyerap sebagian energi panas yang dikandung oleh lub oil tersebut jadi proses perpindahan panas seperti dinding tube (tube), sekat (baffle) dan sebagainya.

Perawatan berkala (periodic maintance) diperlukan untuk menjamin alat penukar kalor selalu berada pada kondisi terbaiknya sehingga dapat dioperasikan secara normal dan berkesinambungan setelah dioperasikan dalam jangka waktu tertentu maka ada kemungkinan bila unjuk kerja alat penukar kalor telah menurun dimana hal ini biasanya disebabkan oleh berbagai hal seperti : adanya 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 :

1. Tahapan dengan jangka pendek
2. Tahapan perawatan dengan jangka panjang



### 5.2.1.1. Perawatan Jangka Pendek

Perawatan jangka pendek dapat dilakukan setiap sebulan sekali secara rutin dan kontiniu kegiatan ini dapat berupa pemeriksaan secara visual terhadap kondisi fisik, alat penukar kalor, kondisi shell, adanya kebocoran fluida, kondisi temperatur dan tekanan kerja masing-masing fluida, perawaan ini umumnya bersifat ringan, sehingga tidak memerlukan waktu pelaksanaan yang lama karena adanya gangguan yang dapat segera diatasi biarpun demikian hal ini tidak boleh diabaikan sebab seringkali masalah yang lebih besar justru disebabkan oleh masalah kecil yang kelihatannya sepele.

### 5.2.1.2. 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 sehingga harus menghentikan proses kerja mesin untuk sementara waktu.

Seluruh komponen alat penukar kalor dibongkar, dibersihkan, diperbaiki lalu dipasang kembali, pembersihan terhadap shell, tube, buffle dan komponen lainnya dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti :

1. Menggunakan semprotan air bertekanan tinggi (high pressure water jet)
2. Menggunakan sikat kawat atau peralatan mekanis lainnya, untuk membersihkan kerak (scale) yang menempel pada dinding bagian luar tabung dan tube.

Pembersihan alat penukar kalor dapat dilakukan secara manual, pembersihan secara manual dilakukan dengan menggunakan alat-alat pembersih seperti sikat kawat, semprotan air bertekanan atau semprotan uap bertekanan rendah.

Adakalanya sludge (kerak/endapan lumpur) yang berasal dari minyak atau aspal yang keras mengumpal dan mengendap pada dinding-dinding tube, sehingga agak sukar dibersihkan, untuk membersihkan biasanya dipergunakan semprotan air bertekanan tinggi (high pressure water jet) dengan tekanan yang cukup tinggi, biasanya antara 60-100 kg/cm<sup>2</sup>, perawatan jangka panjang ini dapat dilakukan secara berkala, namun dapat pula dilaksanakan bila telah melalui analisa kondisi kerjanya sehingga diperoleh hasil perhitungan actual terutama tentang faktor pengotoran (fouling factor) dan penurunan tekanan (pressure drop) bila hasil perhitungan yang diperoleh telah melebihi batasan (limit) yang diizinkan, maka perawatan jangka panjang dilakukan, dari data yang diperoleh di lapangan diketahui bahwa :

- Nilai limit maksimum dari faktor pengotoran yang diizinkan dari perbandingan yang ditetapkan sebesar 0.003
- Nilai limit maksimum dari penurunan tekanan yang diizinkan dari perbandingan yang ditetapkan adalah  $\Delta P = 10$  Psi masing-masing pada sisi shell maupun tube.
- Bisa telah dianalisa dari alat penukar kalor yang dirancang dan diperoleh nilai yang melewati batas (limit) seperti yang telah ditentukan, maka alat penukar kalor harus segera dilakukan perbaikan atau pembersihan yang diperlukan

agar kembali berada pada kondisi normalnya, faktor pengotoran yang terlalu besar dapat disebabkan oleh banyaknya kotoran yang menempel pada komponen-komponen alat penukar kalor sehingga menurunkan kemampuan perpindahan panasnya, sedangkan penurunan tekanan yang terlalu besar, perubahan laju aliran massa fluida dan temperature kerja fluida dan lain sebagainya, dalam hal ini harus betul-betul diteliti secara cermat mengenai penyebab timbulnya masalah tersebut agar dapat dilakukan penanganan yang tepat pula tentunya.

Pada saat pemasangan kembali (perakitan) dari komponen-komponen alat penukar kalor, maka komponen-komponen yang terbuat dari bahan karet seperti gasket, oring dan sebagainya direkomendasikan diganti dengan yang baru untuk mencegah timbulnya, kebocoran dari masing-masing fluida di dalam alat penukar kalor.



## DAFTAR PUSTAKA

- A. Halim Nasution M.Sc 1989, "Prinsip Pelumasan dan Minyak Pelumas Mineral".
- Diktat Pertamina, 1993, "Minyak dan Pelumas dan Gemuk Pelumas", Jakarta Edisi.
- Donald Q Kern, 1950, "Proses Heat Transfer" Mc. Graw-Hill Company Inc. New York.
- Frank P. Incopera, David P. Dewit, 1951, "Fundamental of Heat and Mass Transfer", edisi kedua, Jhon Willey and Sons, inc, USA.
- Frank Kreith, Arko Prijono, M.Sc, 1986, "Prinsip-prinsip Perpindahan Panas", edisi ketiga, Erlangga Jakarta.
- J.P. Homan E. Jasjfi M.Sc, 1994, "Perpindahan Kalor", edisi keenam, Erlangga Ciracas, Jakarta.
- Sularso, Haruo Tahara, 1987, "Pompa dan Kompresor", cetakan ketiga PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- Training Service Department, "Work Shop Manual Colt Diesel, PT. Krama Yhuda Tiga Berlian Motors, Jakarta.
- Tunggul M. Sitompul, SE, M.Sc, 1993, "Alat Penukar Kalor" PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- V.L. Maleev, M.E, Dr. AM, 1945, "Internal Combusion Engine Theory and Design", Second Edition, Mc. Graw-Hill Company Inc. Japan.
- Wiranto Aris Munandar, 1994, "Penggerak Mula Motor Bakar Torak", ITB Bandung.
- W.M. kays and A.L. London, 1984, "Compact Heat Exchanger," edisi Ketiga Mc. Graw-Hill Book Company, New York.