

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISA ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE SEBAGAI PEMANAS UDARA PADA INDUSTRI ZAT KIMIA**

**Oleh :**

**ANDRI OKKY  
08.813.0063**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2013**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 23/9/23

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 ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE SEBAGAI PEMANAS UDARA PADA INDUSTRI ZAT KIMIA

## TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk ujian Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin

Oleh :

**ANDRI OKKY**  
**08.813.0063**

Disetujui oleh

Pembimbing I

Pembimbing II

  
(Ir. Amirsyam Nasution, MT.)

  
(Ir. Amru Siregar, MT.)

Mengetahui

Dekan,

Ka. Program Studi,

  
UNIVERSITAS MEDAN AREA

  
(Dr. Ir. Suditama, MT.)

## Abstrak

Pada industri makanan mie instan diperlukan sistem pengeringan untuk membantu mempercepat proses produksi sehingga dipilih APK tipe shell and tube 1-2 laluan. Dalam perencanaan ini perlu dilakukan beberapa simulasi, yaitu pada propertis, unjuk kerja thermal dan penurunan tekanan. Simulasi propertis pada media air sebagai fluida panas dan media udara sebagai fluida dingin menggunakan simulasi pada temperatur rata-rata fluida. Propertis tersebut yaitu  $c_p$ ,  $k$ ,  $\mu$ ,  $Pr$ ,  $\rho$ , dan  $s$ . Kemudian dilakukan pemilihan dimensi APK, dimensi yang dipilih adalah panjang tube (L) 800 mm, diameter luar tube ( $D_o$ ) 12,6 mm BWG 22, diameter dalam tube ( $D_i$ ) 11,2 mm, diameter dalam shell ( $d_s$ ) 131,7 mm, banyaknya tube ( $N_t$ ) 37, tube pitch ( $P_T$ ) 16,5 mm. Berdasarkan standart TEMA tipe shell yang dipilih adalah tipe E, Head cover tipe A dan Rear head tipe P, tube side dipilih susunan segitiga, pada baffle digunakan tipe segment tunggal, dan pemotongan baffle (baffle cut) 28% dengan jarak antara baffle  $0,3 \times d_s = 39$  mm. Melakukan simulasi unjuk kerja thermal dan penurunan tekanan, proses simulasi perhitungan APK dilakukan menggunakan metode LMTD dengan melakukan iterasi dengan variasi asumsi kecepatan udara masuk dalam shell (V). Tujuan dilakukan iterasi adalah untuk mencari koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) yang optimal serta dimensi panjang tube (L) yang sesuai dengan perencanaan. Sehingga didapat hasil nilai kecepatan udara masuk (V)=1,345 m/s, laju aliran udara masuk (m)=0,0196 kg/s, koefisien perpindahan panas menyeluruh (U)=63,72 W/m<sup>2</sup>k, kapasitas panas yang dilepas (Q)=599,45 J/s, LMTD=32,49°C, penurunan tekanan sisi tube ( $\Delta P_T$ )= 4,2735 x10<sup>-3</sup>Pa,penurunan tekanan sisi shell ( $\Delta P_s$ ) =1,4366x10<sup>-5</sup> Pa, (panjang tube (L)=800,8mm, temperatur keluar udara 60-65 °C.

**Kata kunci :** APK, Dimensi, Simulasi, Unjuk kerja.



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAKSI</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>x</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan Perencanaan	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>3</b>
2.1 Alat Penukar Kalor (APK)	3
2.1.1 Alat Penukar Kalor (APK) tipe Plate	4
2.1.2 Alat Penukar Kalor (APK) <i>Shell and Tube</i>	5
2.1.2.1 Jumlah Pass atau lalulan	10
2.1.2.2 <i>Shell</i>	13
2.1.2.3 <i>Tube</i>	17
2.1.2.4 <i>Baffle</i>	20
2.2 Unjuk Kerja APK Shell and Tube	24
2.2.1 Perpindahan Panas	24
2.2.2 Keseimbangan Energi ( <i>Energy Balance</i> )	25



2.2.1.2	Luas Perpindahan Panas	25
2.2.1.3	Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh ( <i>overall heat transfer coefficient</i> )	25
2.2.1.4	Koefisien Perpindahan Panas Desain ( <i>overall heat transfer coefficient desain</i> )	25
2.2.1.5	Syarat Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh ( <i>required overall heat transfer coefficient</i> )	26
2.2.1.6	<i>Logaritmik Mean Temperature Difference</i> (LMTD)	26
2.2.1.7	LMTD Koreksi Faktor	27
2.2.2	Penurunan Tekanan ( <i>Pressure drop</i> )	29
2.2.2.1	Penurunan Tekanan ( <i>Pressure drop</i> ) sisi tube	29
2.2.2.2	Penurunan Tekanan ( <i>Pressure drop</i> ) sisi Shell	29
2.2.3	Bilangan-bilangan Tidak Berdimensi	31
2.2.3.1	Bilangan <i>Nusselt</i> ( <i>Nusselt Number</i> )	31
2.2.3.2	Bilangan <i>Reynold</i> ( <i>Reynold Number</i> )	31
2.2.3.3	Bilangan <i>Prandtl</i> ( <i>Prandtl Number</i> )	31
2.3	Pertimbangan Perencanaan	32
2.3.1	Faktor Pengotor ( <i>Fouling factor</i> )	32
2.3.2	Penentuan Penempatan Fluida	32

## **BAB 3 METODE PERENCANAAN** **33**

### **3.1 Diagram Perencanaan** **33**

### **UNIVERSITAS MEDAN AREA** **34**

3.3 Metode Simulasi	35
3.4 Diagram Alir Simulasi Perencanaan	36
3.3 Penjadwalan Perencanaan	37
<b>BAB 4 SIMULASI ALAT PENUKAR KALOR</b>	<b>38</b>
4.1 Simulasi laju aliran massa pada udara	38
4.2 Menghitung keseimbangan <i>energy</i> ( <i>energy balance</i> )	39
4.3 Menghitung <i>Logaritmik Mean Temperature Difference</i> (LMTD)	40
4.4 Menghitung LMTD faktor koreksi	40
4.5 Menghitung koefisien perpindahan panas pada <i>tube</i> ( $h_i$ )	40
4.6 Menghitung koefisien perpindahan panas pada <i>shell</i> ( $h_o$ )	41
4.7 Menghitung Koefisien perpindahan panas menyeluruh ( $U$ )	42
4.8 Menghitung luas perpindahan panas <i>tube</i>	43
4.9 Menghitung panjang <i>tube</i>	44
4.10 Menghitung faktor pengotor ( <i>fouling factor</i> )	53
4.13 Perhitungan koefisien perpindahan panas desain ( $U_D$ )	53
4.12 Perhitungan penurunan tekanan ( <i>pressure drop</i> ) pada sisi <i>tube</i>	53
4.13 Perhitungan penurunan tekanan ( <i>pressure drop</i> ) pada sisi <i>shell</i>	55
<b>BAB 5 KESIMPULAN</b>	<b>56</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>59</b>



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Alat penukar kalor (APK) adalah suatu alat pemindah panas dari satu fluida ke fluida yang lain. Dengan menentukan jenis APK dan jenis fluida, maka akan dapat memberikan mafaat pada industri dalam proses produksi. Oleh sebab itu diketahui bahwa fungsi APK pada industri sebagai pengering, pendingin dan pemanasan yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

Salah satu industri yang memerlukan poses pemanasan adalah industri zat kimia, dimana berdasarkan *observasi* yang dilakukan peneliti bahwa APK sangat tepat digunakan untuk pemanasan bahan-bahan zat kimia tersebut. Untuk itu dari latar belakang tersebut diatas dalam memenuhi proses produksi zat kimia diperlukan perencanaan sebuah APK yang *optimal* untuk menghasilkan proses pengeringan bahan-bahan dalam produksi zat kimia.

Alat Penukar Kalor (APK) yang akan dirancang dipilih tipe *Shell and Tube* 1-2 laluan atau pass, artinya 1 laluan dalam *Shell* dialiri udara sebagai media fluida dingin dan 2 laluan *Tube* yang mengalir media air sebagai fluida panas. Perencanaan APK *Shell and Tube* dimaksud perlu pertimbangan-pertimbangan sehingga masalah perencanaan dapat diatasi dengan sebaik-baiknya.

### 1.2. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari perencanaan ini adalah analisa rancangan alat penukar kalor jenis *Shell and Tube* yang menghasilkan udara panas keluar antara



(60 – 80)°C. Dalam hal ini udara panas yang dihasilkan dipergunakan untuk memanaskan bahan-bahan untuk produksi zat kimia.

### 1.3. Tujuan Perencanaan

Dalam perencanaan APK *shell and Tube* aspek-aspek yang diperhitungkan haruslah memiliki tujuan tertentu, sehingga APK yang dirancang memiliki manfaat yang baik. Ada pun tujuan perencanaan ini yaitu :

- 1) Mendapatkan dimensi APK *Shell and Tube* 1-2 laluan
- 2) Mendapatkan simulasi APK yang menghasilkan udara panas
- 3) Mendapatkan nilai perpindahan panas yang menyeluruh (U) yang optimal
- 4) Mendapatkan nilai penurunan tekanan yang minimal

### 1.4. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir perancangan APK *shell and Tube* ini berdasarkan format yang ditentukan, yang diawali pada Lembar Pengesahan, Lembar Asistensi, Abstraksi, Kata Pengantar, Daftar Isi, Daftar tabel, Daftar Gambar, Daftar notasi. Pada BAB I yang akan dibahas adalah Latar Belakang Perencanaan, Batasan Masalah, Tujuan Perencanaan, dan Sistematika Penulisan. Pada BAB II yang akan dibahas mengenai Tinjauan Pustaka yang berisikan paparan tentang Gambaran umum tentang APK *shell and Tube* serta teori-teori yang mendukung penulisan tugas akhir. Pada BAB III berisikan tentang Metodologi perencanaan. BAB IV berisikan tentang simulasi perhitungan yang berkaitan tentang perencanaan APK *shell and Tube*. Pada BAB V berisikan

UNIVERSITAS MEDAN AREA dapat dari perencanaan APK *shell and Tube*.



## BAB 2

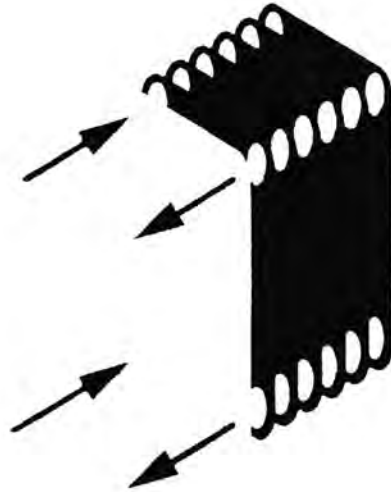
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Alat Penukar Kalor (APK)

APK adalah suatu peralatan dimana terjadi perpindahan panas antara fluida yang suhunya lebih tinggi kepada suhu yang lebih rendah. Perpindahan panas yang terjadi antara fluida dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung. Maksudnya yaitu perpindahan panas langsung jika antara dua fluida atau lebih bercampur secara langsung tanpa adanya pembatas didalam suatu bejana atau pun ruangan tertentu, sedangkan perpindahan panas tak langsung adalah jika antara dua fluida atau lebih berada didalam bejana atau ruangan tertentu tidak bercampur secara langsung, tetapi ada media perantara yang memisahkan antara fluida tersebut. Pada umumnya APK aliran perpindahan panasnya terjadi secara *konveksi* dan *radiasi*. Jenis APK yang umum digunakan didalam industri adalah tipe *Plate* dan Tipe *Shell and Tube*.

##### 2.1.1 Alat Penukar Kalor (APK) tipe *Plate*

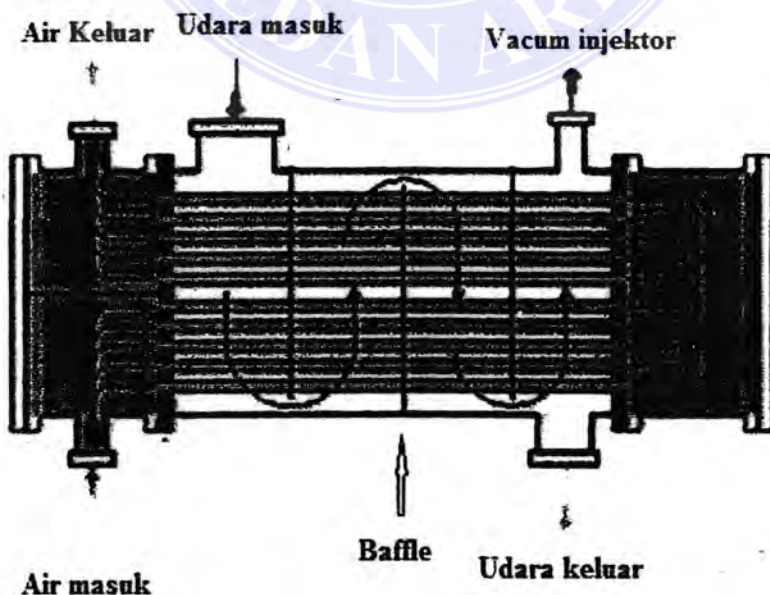
APK tipe *plate* merupakan salah satu jenis APK yang berbentuk *plate*. Biasanya APK tipe *plate* ini digunakan sebagai pendinginan. Tipe *plate* banyak digunakan pada radiator yang berfungsi sebagai pendingin pada mesin. Pada dunia industri tipe *plate* digunakan sebagai alat pendukung proses produksi, bentuknya juga lebih sederhana, tipis dan tidak memerlukan banyak area sebagai penempatannya. Pada perencanaan ini tipe *plate* tidak dipilih penulis sebagai APK yang dimaksud diatas hal ini hanya sebagai perbandingan bentuk dan fungsi dari



Gambar 2.1 APK tipe *Plate*

### 2.1.2 Alat Penukar Kalor (APK) *Shell and Tube*

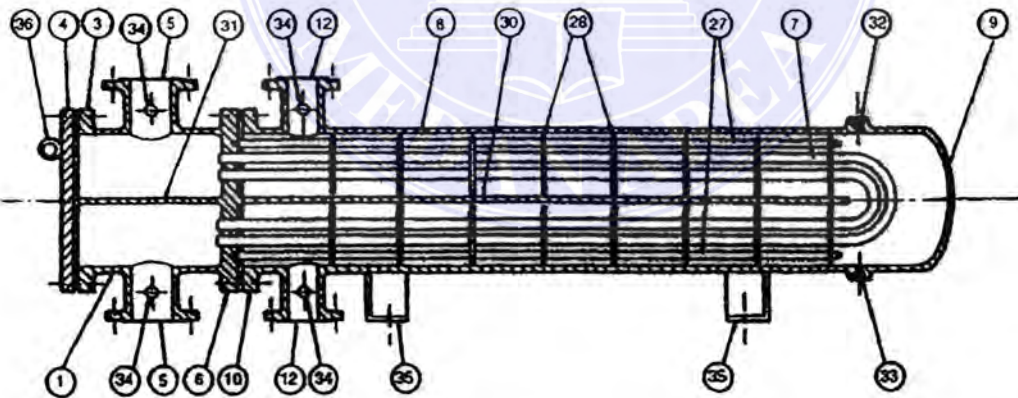
APK tipe *shell and tube* adalah alat penukar kalor yang terdiri dari *shell* dan *tube* yang tersusun didalamnya. Perpindahan panas antara dua fluida yang berbeda terjadi didalam *shell* and *tube* yaitu air panas dan udara sehingga udara yang suhunya rendah menjadi naik.



Dalam merencanakan *APK shell and tube* perlu diketahui komponen-komponen dasar yang merupakan bagian dari simulasi desain. Komponen dasar tersebut yaitu :

- a) Shell
- b) Shell cover
- c) Tube
- d) Tube sheet
- e) Channel
- f) Channel cover
- g) Baffles
- h) Nozzel

Dari komponen dasar diatas banyak lagi komponen yang mendukung didalam *APK shell and tube*, ditunjukkan pada gambar 2.2.



**Gambar 2.3 Bagian dasar dan komponen-komponen pendukung konstruksi *APK shell and tube Tipe CFU-U Tube***

Keterangan :

1. *Stationary Head Channel*

21. *Floting Head Cover Externa*

2. *Stationary Head Bonnet*  
UNIVERSITAS MEDAN AREA

22. *Floting Tube sheet Skirt*

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 23/9/23

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) 23/9/23



3. <i>Stationary Head Flange ( Channel or Bonnet)</i>	23. <i>Packing Box</i>
4. <i>Channel Cover</i>	24. <i>Packing</i>
5. <i>Stationary Head Nozzel</i>	25. <i>Packing Gland</i>
6. <i>Stationary Tubesheet</i>	26. <i>Omitted</i>
7. <i>Tubes</i>	27. <i>Tierods and Spacers</i>
8. <i>Shell</i>	28. <i>Transverse Baffles</i>
9. <i>Shell Cover</i>	29. <i>Impringement Plate</i>
10. <i>Shell Flange-Statinary Head End</i>	30. <i>Longitudinal Baffle</i>
11. <i>Shell Flange-Rear Head End</i>	31. <i>Pass Partittion</i>
12. <i>Shell Nozzel</i>	32. <i>Vent Connection</i>
13. <i>Shell Cover Flange</i>	33. <i>Drain Connection</i>
14. <i>Expansion Joint</i>	34. <i>Instrument Connection</i>
15. <i>Floting Tubesheet</i>	35. <i>Support Saddle</i>
16. <i>Floting Head Cover</i>	36. <i>Litting Lug</i>
17. <i>Floting Head Cover Flange</i>	37. <i>Support Bracket</i>
18. <i>Floting Head Backing Device</i>	38. <i>Weir</i>
19. <i>Split Shear Ring</i>	39. <i>Liquid Level Connection</i>
20. <i>Split-on Backing Flange</i>	40. <i>Floting Head Support</i>

Berdasarkan *Standart Tubular Exchanger Manufacturers Association* (TEMA) dikelompokkan berdasarkan pemakaian menjadi 3kelompok yaitu :

1. Kelas R adalah Alat penukar kalor yang dioperasikan pada kondisi yang **relatif berat**, biasanya digunakan pada industri **petroleum**.
2. Kelas C adalah alat penukar kalor yang dirancang untuk beban dan **persyaratan yang sedang**.

- 3. Kelas B adalah alat penukar kalor yang dioperasikan pada kondisi ringan dan biasanya dipakai pada jasa pelayanan umum.

Sedangkan berdasarkan komponennya *Standart Turbular Exchanger Manufacturers Association* (TEMA) juga mengelompokan APK tipe *Shell and tub* menjadi 3 bagian yaitu *front Head*, *Shell* dan *Rear Head*, dapat dilihat pada gambar 2.4.

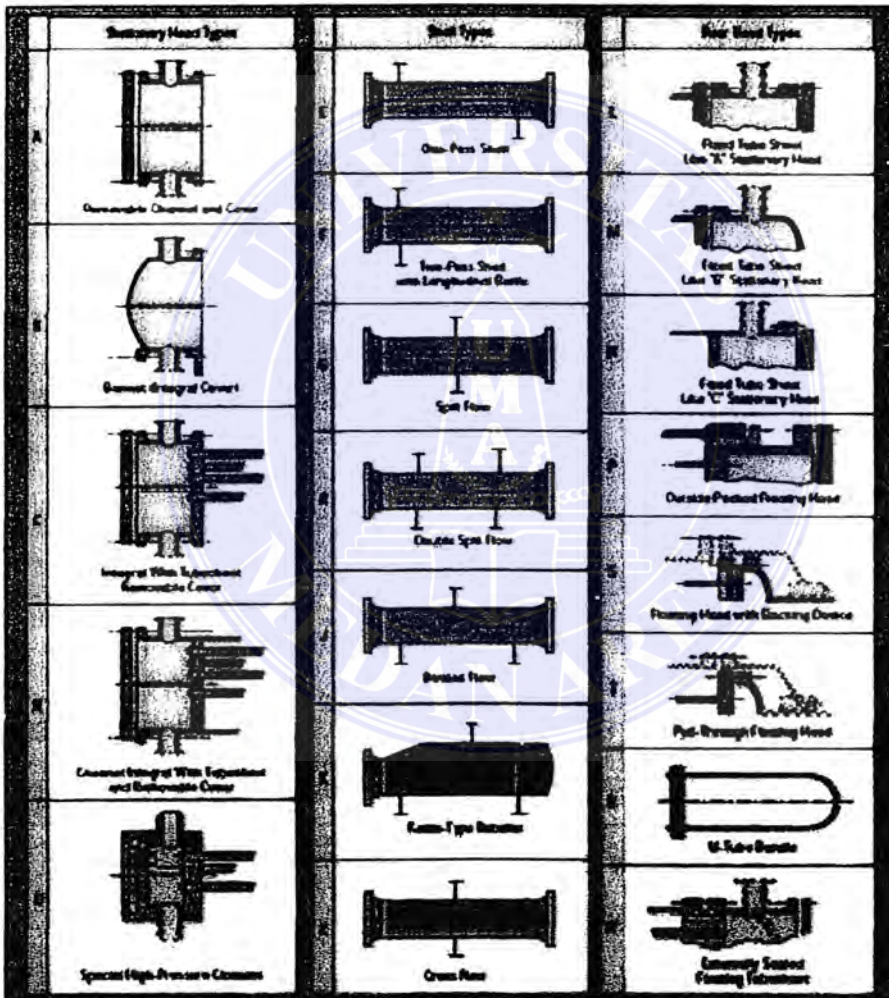
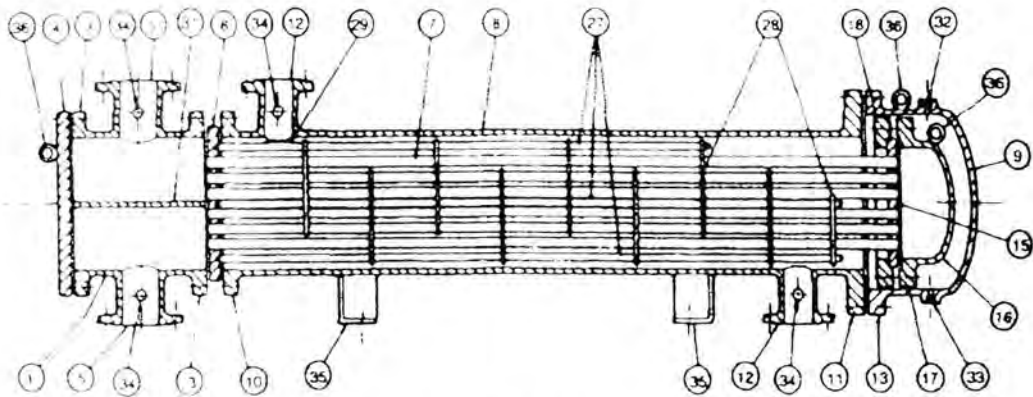


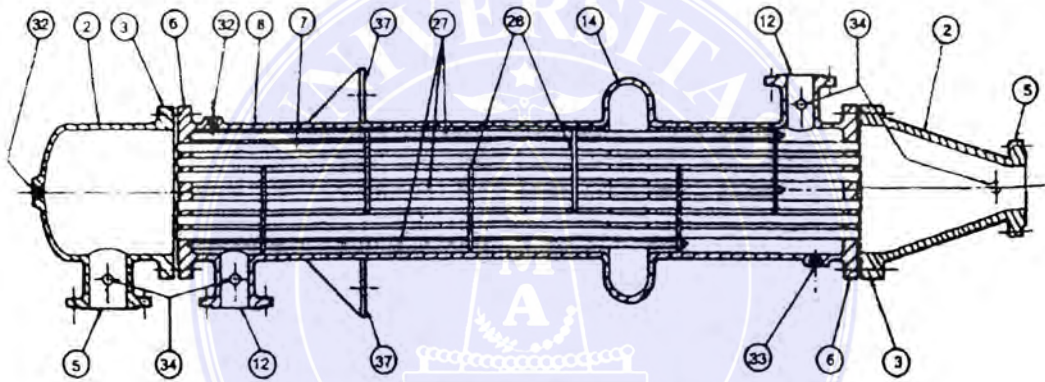
Figure 1. TEMA designations for shell-and-tube heat exchangers.

Gambar 2.4. Pengelompokan APK berdasarkan TEMA

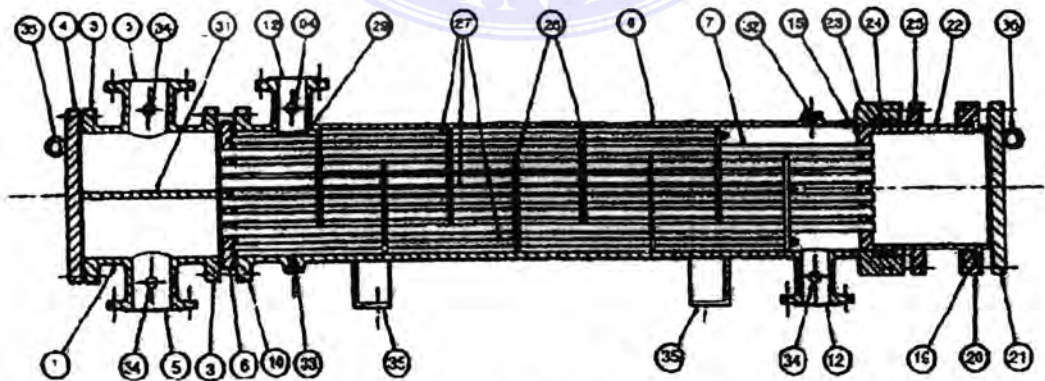




Gambar 2.5 Alat Penukar Kalor (APK) Tipe AES



Gambar 2.6 Alat Penukar Kalor (APK) Tipe BEM



Gambar 2.7 Alat Penukar Kalor (APK) Tipe AEP



### 2.1.2.1 Jumlah Pass atau Lualan

Pass atau lualan adalah lintasan yang dilakukan fluida didalam *shell* atau didalam *tube side*. Ada 2 jenis lintasan yang dikenal dalam APK yaitu

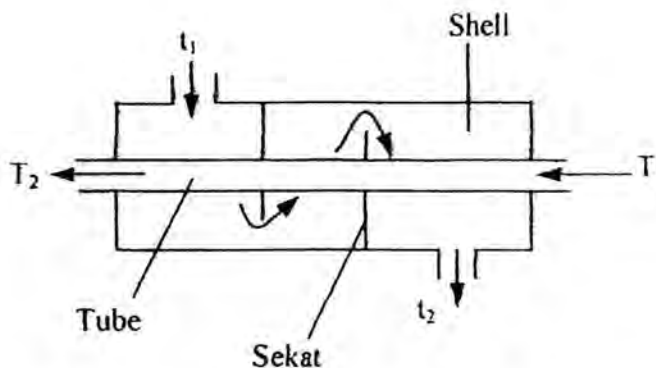
1. *Shell pass* atau lintasan *shell*
2. *Tube pass* atau lintasan *tube*

Lintasan *shell* ialah lintasan yang dilakukan oleh fluida sejak masuk mulai saluran masuk (*inlet nozzle*) melewati bagian dalam *shell* dan mengelilingi *tube* keluar dari saluran buang (*outlet nozzle*). Jika lintasan itu dilakukan 1 kali maka disebut dengan 1 *pass shell*, jika 2 kali atau n-kali melintasi bagian dalam *tube* disebut 2 *pass* atau n-*pass shell*. Dan begitu juga dengan *tube* jika fluida mengalir didalam *tube* melintasi 1 kali dari *inlet* ke *outlet* maka disebut 1 *pass*. Jika 2 kali atau n-kali maka disebut dengan 2 *pass* atau n-*pass tube*.

Pada umumnya ada 3 jenis pass atau lualan yang dikenal dalam heat exchanger antara lain 1-1 pass, 1-2 pass, 2-4 pass.

#### a. Alat Penukar kalor 1-1 pass

APK 1-1 pass adalah aliran fluida yang berada dalam *shell* 1 pass dan aliran fluida yang mengalir dalam *tube* 1 pass juga. Secara sederhana dapat dilihat pada gambar 2.8.



UNIVERSITAS MEDAN AREA

Gambar 2.8 1-1 pass Arah Aliran Berlawanan

Document Accepted 23/9/23

© 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

Access From (repository.uma.ac.id)23/9/23

Aliran fluida sebelah *shell* akan berbelok-belok mengikuti *baffles* yang ada. Jumlah *baffle* akan mempengaruhi perpindahan panas yang terjadi. Fluida masuk kedalam *shell* mempunyai suhu  $t_1$  dan temperatur keluar menjadi  $t_2$ . Sedangkan fluida yang masuk kedalam *tube* suhu  $T_1$  dan keluar  $T_2$ .

### b. Alat Penukar kalor 1-2pass

APK 1-2 *pass* adalah aliran didalam *shell* 1 *pass*, dan aliran pada sisi *tube* ada 2 *pass*. Untuk memperoleh aliran fluida 2 *pass* pada sisi *tube* digunakan *floating head*. Seperti pada gambar 2.9.

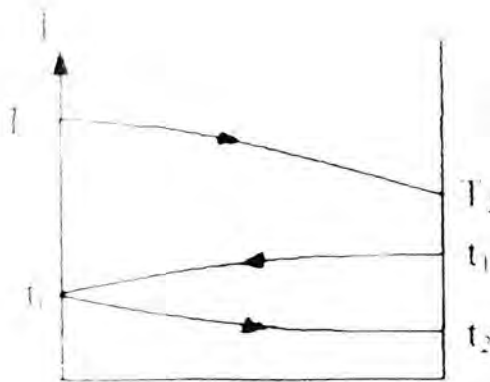


**Gambar 2.9 1-2pass Arah Aliran Berlawanan-searah**

Untuk menggambarkan distribusi suhu panjang (luas) *tube* penukar kalor 1-2 *pass* ini, harus ditinjau satu per satu, yaitu :

1. Arah aliran fluida yang berlawanan (*counter-flow*), yaitu aliran fluida dari  $T_1$  ke  $T_2$  dengan aliran fluida dari  $t_1$  ke  $t_2$ .
2. Aliran *paralel*, yaitu aliran dari  $T_1$  ke  $T_2$  dan aliran dari  $t_1$  ke  $t_2$ .

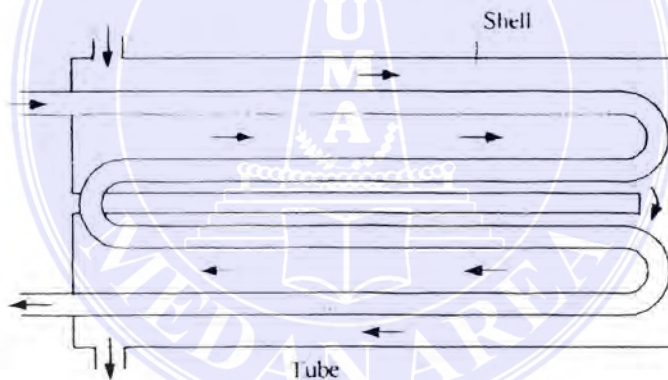
Distribusi suhu panjang (luas) *tube* dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Distribusi Suhu Panjang Tube

c. Alat Penukar kalor 2-4pass

APK 2-4 pass terdiri dari 2 pass pada sisi shell dan 4 pass atau laluan sisi tube. Diperlihatkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 konstruksi 2-4 pass

Pada APK *multi pass* ini terdapat pengurangan luas penampang lintasan aliran, sedangkan kecepatan aliran fluida semakin bertambah besar dan perpindahan panasnya semakin meningkat.

Kekurangan dari alat penukar kalor *multi pass* ini ialah :

1. Konstruksi semakin kompleks
2. Kerugian gesekan besar



Sebab semakin banyak *pass* dari aliran pada sisi *tube* akan semakin besar pula kerugian akibat aliran masuk dan keluar *tube* (*exit and entrance losses*).

### 2.1.2.2 SHELL

#### a. Pengertian *Shell*

*Shell* adalah bagian tengah APK dan merupakan rumah untuk *tube bundel*. Antara *shell* dan *tube bundel* terdapat fluida yang menerima atau melepaskan panas sesuai dengan proses yang terjadi. Secara umum *shell* APK terdiri dari beberapa macam yaitu :

1. *Shell* dengan aliran satu *pass*, tipe E
2. *Shell* dengan aliran dua *pass* dan *baffle longitudinal* tipe F
3. *Shell* dengan aliran dipisah (*split flow*) tipe G
4. *Shell* dengan aliran ganda (*double split flow*) tipe H
5. *Shell* dengan aliran yang dibagi (*divided flow*) tipe J
6. *Shell* tipe ceret (*kettle tube*) tipe K

Jenis *shell* yang banyak dipergunakan adalah jenis *shell* satu *pass*. Bentuk-bentuk *shell* tergantung pada pelat *tube* (*tube sheet*). Ada 3 jenis bentuk-bentuk *shell* yaitu :

1. *Shell* dengan pelat *tube* tetap (*fixed tube sheet*)
2. *Shell* dengan pelat *tube* yang bisa dilepas (*removable tube sheet*)
3. *Shell* dengan pelat *tube* tetap atau bisa dilepas (*fixed or removable tube sheet*).



### a. Aliran fluida dalam Shell

Seperti diketahui ada 2 macam aliran fluida dalam alat penukar kalor yaitu:

1. Aliran fluida yang mengalir melalui *tube (tube side)* dimana fluida tersebut berada didalam *tube*.
2. Aliran fluida yang mengalir melalui *shell (shell sheet)* dimana fluida tersebut berada diluar *tube* atau didalam *shell*.

Aliran fluida yang berada didalam *shell* akan mengalami perubahan yaitu :

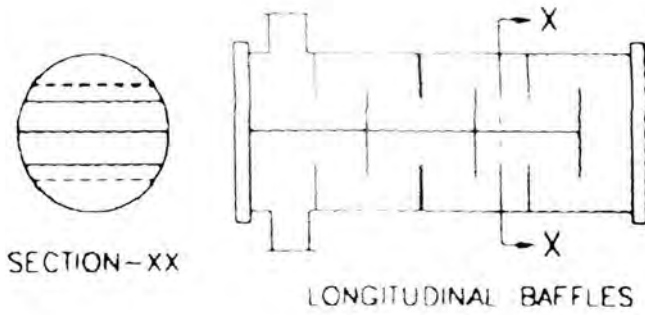
- 1). Aliran *aksial*, aliran yang sejajar dengan tube *bundel*, 2). Aliran melintang (*cross flow*) yang menyeberangi *tube bundel* diantara *baffle* yang terpasang.

### b. Tipe-tipe Shell standart TEMA

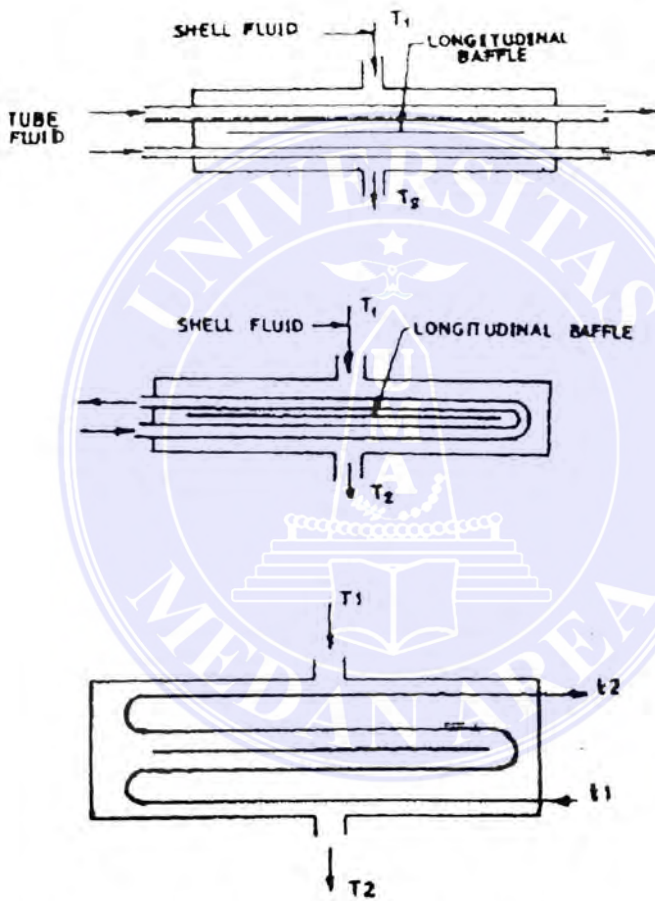
Berdasarkan standart TEMA aliran didalam *shell* dari setiap tipe berbeda-beda sesuai dengan keperluan dari konstruksi alat penukar kalor. Aliran fluida didalam *shell* pada setiap tipe dapat dilihat dilihat pada gambar dibawah ini.



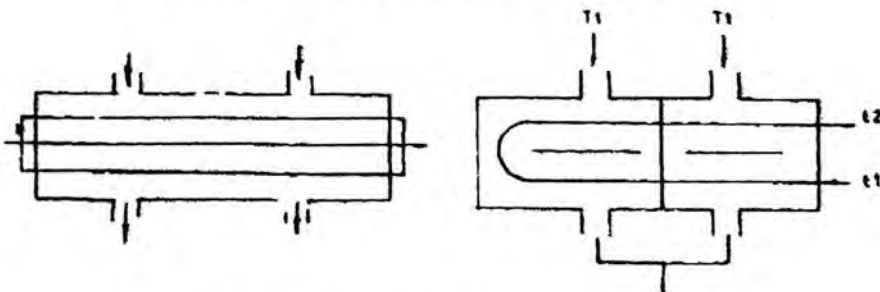
Gambar 2.12 Standart TEMA Shell tipe E



Gambar 2.13 Standart TEMA Shell Tipe F

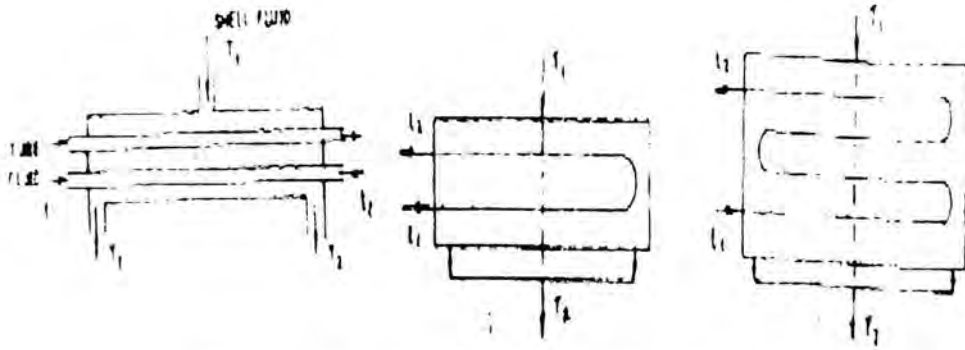


Gambar 2.14 Standart TEMA Shell Tipe G

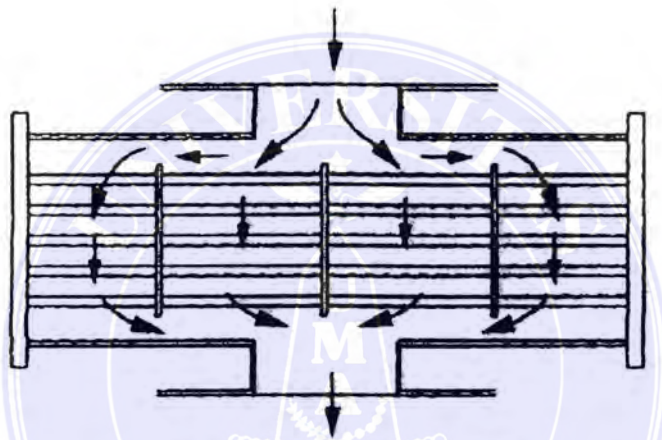


Gambar 2.15 Standart TEMA Shell Tipe H





Gambar 2.16 Standart TEMA Shell Tipe J



Gambar 2.17 Standart TEMA Shell Tipe X

### 2.1.2.3 Tube

#### a. Pengertian Tube

*Tube* adalah pipa yang digunakan dalam dunia teknik, seperti pengolahan bahan kimia, pabrik kelapa sawit, pembangkit listrik tenaga uap dan lainnya. Beberapa jenis *tube* yang sering ditentukan yaitu : *Boilers tube* (pipa-pipa ketel), *Superheater tube* (pipa-pipa pemanas lanjut), *furnace tube* (pipa-pipa dapur), *drilling tube* (pipa-pipa bor), *copper tubes* (pipa-pipa tembaga). Untuk membedakan *tube* dengan pipa terutama dari diameter dan tebalnya. Pada *tube* dengan diameter yang sama ketebalannya akan berbeda dengan pipa, pipa lebih

tebal dari pada *tube*. *Tube* dinyatakan dalam BWG (*Birmingham Wire Gage*) dinyatakan dalam nomor dan diameter.

#### b. *Tube* APK

*Tube* dapat dikatakan sebagai urat nadi APK, didalam dan diluar *tube* mengalir fluida. Kedua jenis fluida ini memiliki kapasitas, suhu, tekanan, *density*, serta jenis yang berbeda. *Tube* diikat pada *tube sheet* ini bertujuan untuk mencegah kebocoran fluida. *Tube* juga bertopang pada *baffle* untuk menahan getaran yang terjadi. *Tube* harus mampu memindahkan panas diantara fluida dalam *tube* dengan di luar *tube*. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam pemilihan *tube* yaitu :

1. Kemampuan memindahkan panas yang tinggi.
2. Daya tahan terhadap panas.
3. Daya tahan terhadap korosi.
4. Daya tahan terhadap erosi
5. Mampu untuk dibentuk dengan proses dingin dan panas.
6. Mempunyai sifat *plastis* yang baik.

#### c. Susunan *Tube*

Susunan *tube* sangat mempengaruhi perpindahan panas yang terjadi antara fluida didalam *tube* dan diluar *tube*. Besarnya luas permukaan perpindahan panas bergantung pada diameter, panjang dan jumlah *tube* yang digunakan. Susunan *tube* juga mempengaruhi besarnya penurunan tekanan aliran fluida didalam *shell*.

Ada beberapa bentuk susunan *tube* dari alat penukar kalor yaitu :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang No. 19/2002  
**Tube dengan susunan segi tiga (*triangular pitch*)**

Document Accepted 23/9/23

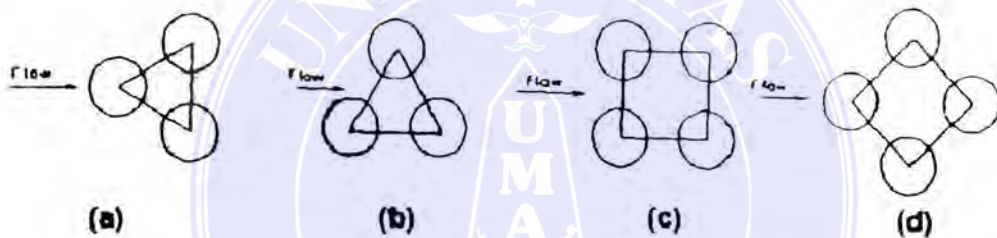
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

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

2. Tube dengan susunan segi tiga diputar 30 (*rotated triangular atau in-line triangular pitch*)
3. Tube dengan susunan bujur sangkar (*in-line square pitch*)
4. Tube dengan bentuk belah ketupat (*diamond square pitch*)

Susunan segitiga sangat populer dan baik digunakan untuk melayami fluida kotor/berlumpur atau yang bersih (*non-fouling or fouling*). Koefisien perpindahan panasnya juga cukup baik dibanding dengan tube susunan segi empat. Namun penurunan tekanan pada fluida dalam *shell* juga cukup besar. Susunan pada tube dapat dilihat pada gambar 2.23.



Gambar 2.18 Susunan Tube APK

- a. Susunan segi tiga 30°. b. Susunan segi tiga 60°. c. Susunan bujursangkar 90°. d. Susunan belah ketupat 45°

Untuk menentukan banyaknya tube ( $N_t$ ) didalam shell dapat menggunakan perhitungan yaitu :

Susunan segi tiga (*triangular pitch*).

$$N_t = \frac{(D_s - K_1)^2 \cdot \pi / 4 + K_2 - P_t \cdot (D_s - K_1) \cdot (K_3 \cdot n + K_4)}{1,223 \cdot (P_t)^2} \quad (2.1)$$

Jika susunan tube segi empat maka di peroleh ;

$$N_t = \frac{(D_s - K_1)^2 \cdot \pi / 4 + K_2 - P_t \cdot (D_s - K_1) \cdot (K_3 \cdot n + K_4)}{(P_t)^2} \quad (2.2)$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
Atau dapat juga digunakan persamaan :

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 23/9/23

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

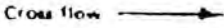
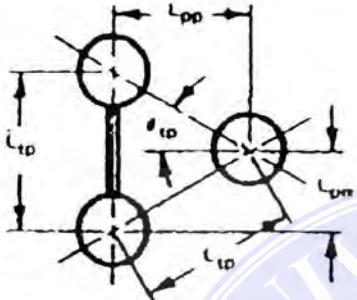
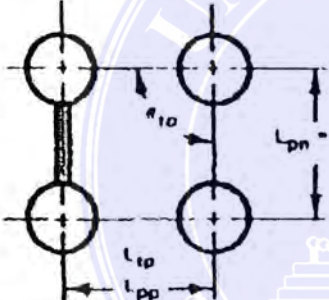
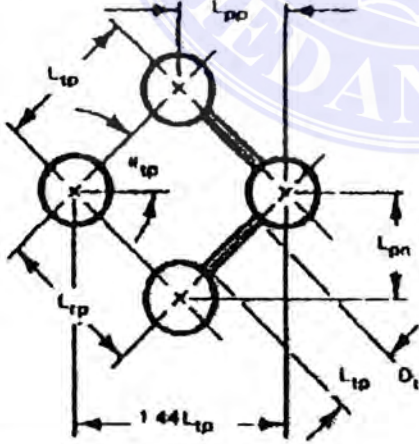
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)23/9/23



$$N_T = \frac{A}{\pi D_o l} \quad (2.3)$$

	$\theta_{tp}$	$L_{pn}$	$L_{oo}$
	30°	0.5 L <sub>tp</sub>	0.866 L <sub>tp</sub>
	90°	L <sub>tp</sub>	L <sub>tp</sub>
	45°	0.707 L <sub>tp</sub>	0.707 L <sub>tp</sub>

Gambar 2.19 Parameter Dasar Tata Letak Tube

#### 2.1.2.4 Baffle

##### a. Baffle atau Sekat

*Baffle* atau sekat yang dipasang pada APK mempunyai beberapa fungsi, yaitu :

1. Sebagai penahan *tube bundle*
2. Damper untuk menahan atau mencegah terjadinya getaran (*vibration*) pada *tubes*.
3. Sebagai pengontrol dan mengarahkan aliran fluida yang mengalir diluar *tubes*.

Dengan banyaknya jumlah *baffle* akan mempengaruhi koefisien perpindahan panas pada fluida yang mengalir didalam *tube* dan diluar *tube*. Dan juga akan mempengaruhi penurunan tekanan pada fluida yang mengalir diluar *tubes*.

##### b. Jenis-jenis Baffle

Dari segi konstruksi, *baffle* dapat diklasifikasikan dalam 4 kelompok yaitu :

1. *Baffle* atau sekat berbentuk plat segment (*segmental baffle plate*)
2. *Baffle* atau sekat batang (*rod baffle*)
3. *Baffle* atau sekat mendatar (*longitudinal baffle*)
4. *Baffle* atau sekat *impingement* (*impingement baffle*)

##### c. Baffle atau Sekat berbentuk pelat Segmen (*segmental baffle plate*)

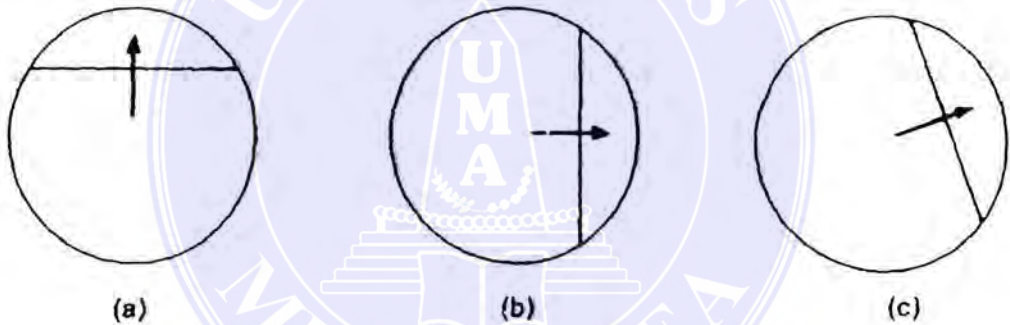
Sekat pelat berbentuk segmen ini adalah jenis *baffle* yang umum digunakan. Dipasang dengan posisi tegak lurus terhadap *tubes*. Disamping sebagai pembelok arah aliran, *baffle* ini berfungsi juga sebagai penyangga *tube* agar tidak

UNIVERSITAS MEDAN AREA Akibat aliran diluar *tube* dan didalam *tubes*. Pemotongan

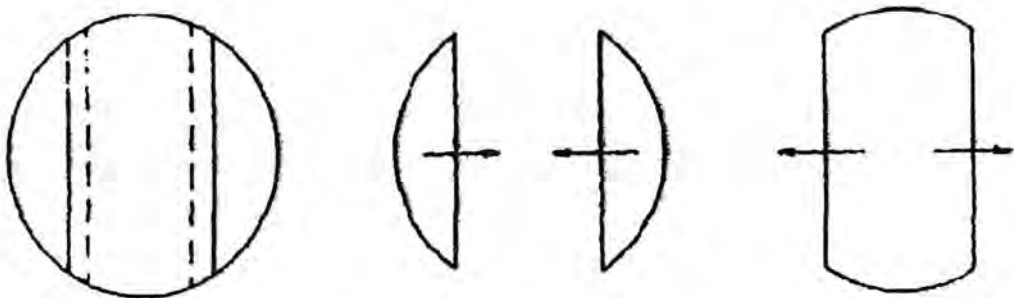
*baffle(baffle cut)* yang umum antara 20 % -35 % dari diameter *baffle*nya. Sebab pada kondisi ini terjadi perpindahan panas yang baik serta penurunan tekanan (*pressure drop*) tidak terlalu besar.

Ada beberapa jenis *baffle* *segment* yang sering dipergunakan yaitu :

1. *Baffle segmental tunggal*
2. *Baffle segmental ganda (double segmental)*
3. *Baffle segmental tripel (tripel segmental)*
4. *Baffle cakram dan donat*
5. *Baffle orifis (baffle with annular orifices)*

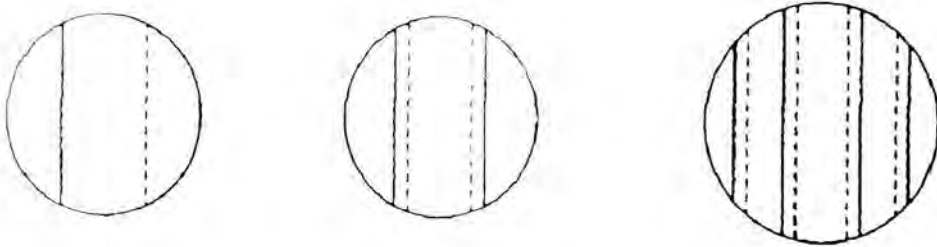


**Gambar 2.20** *Baffle segmental tunggal*  
a). *Horozontal*, b). *Vertikal*, c). *Rotated*

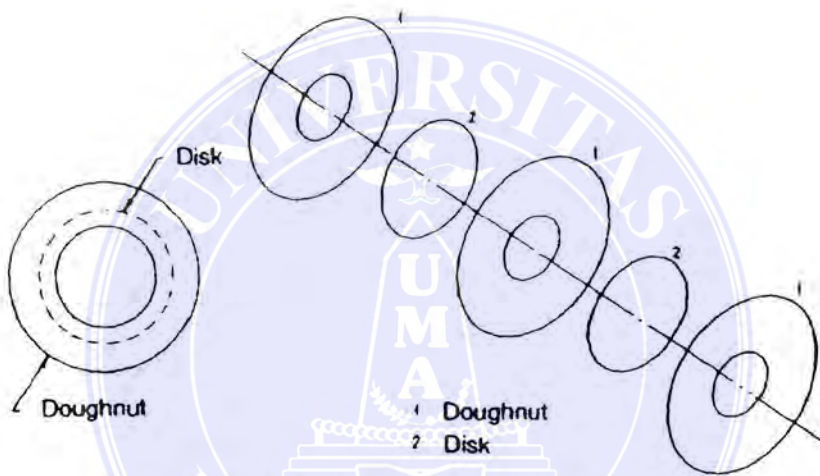


**Gambar 2.21** *Baffle segmental ganda (double segmental)*

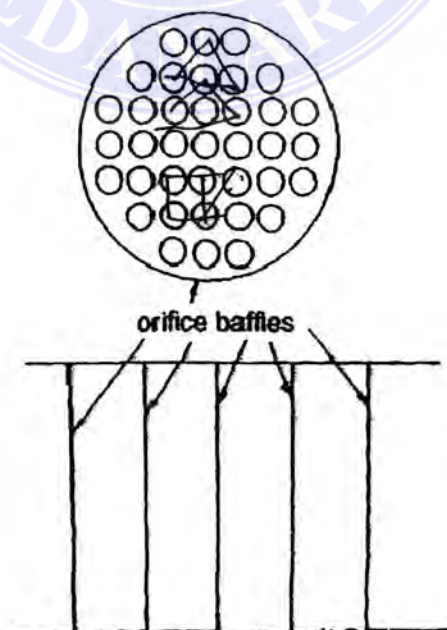




Gambar 2.22 Baffle segmental triple



Gambar 2.23 Baffle segmental cakram dan donat



Gambar 2.24 Baffle Segment Orifis

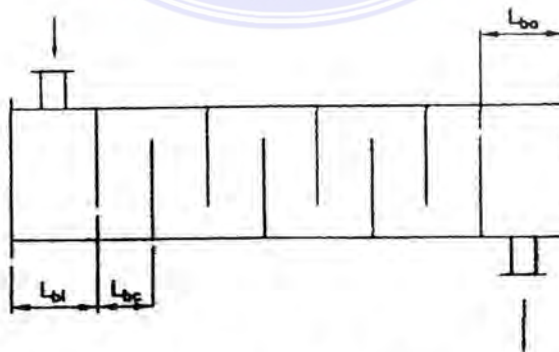
#### d. Jarak Baffle

Jarak antara *baffle* sangat berpengaruh pada banyaknya lintasan fluida yang melintas diluar *tube*. Nb merupakan jumlah *baffle*, maka lintasan melintang pada *tube* = (Nb+1). Jarak *baffle* dirancang harus sama satu sama lain. Jarak *baffle* ini dikenal 2 macam yaitu :

1. Jarak antara *baffle* maksimum (*maximum spacing*) yaitu  $B =$  diameter sebelah dalam *shell* (*inchi*).
2. Jarak *Baffle* minimum (*minimum spacing*) yaitu  $B = 1/5$  diameter sebelah dalam *shell* atau 2 *inchi*, atau lebih besar.

Jika jarak antara *baffle* dibuat terlalu jarang, maka aliran fluida akan *aksial* sehingga tidak terdapat aliran yang melintang. Dan sebaliknya jika jarak *baffle* dibuat terlalu rapat maka akan menimbulkan kebocoran yang berlebihan antara *baffle* dengan *shell*.

$$Nb = \frac{L_a}{L_{bc}} - 1 \quad (2.4)$$



Gambar 2.25 Jarak baffle (baffle spacing)

## 2.2 Unjuk Kerja APK *Shell and Tube*

Pada APK shell and tube kemampuannya dalam melakukan perpindahan panas sangat bergantung pada unjuk kerjanya. Ada beberapa unjuk kerja dari APK yaitu perpindahan panas, penurunan tekanan dan bilangan-bilangan tak berdimensi.

### 2.2.1 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dari suatu zat ke zat lain umumnya banyak digunakan pada dunia industri. Panas akan mengalir dengan sendirinya dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah. Akan tetapi gaya dorong aliran temperatur adalah perbedaan temperatur. Bila suatu benda ingin dipanaskan maka harus memiliki suatu benda yang lebih panas, dan sebaliknya jika suatu benda ingin didinginkan maka harus memiliki temperatur yang lebih rendah. Panas dapat mengalir dengan 3 cara yaitu:

1. Secara aliran atau yang disebut dengan perpindahan panas *konveksi*
2. Secara *molekuler* atau yang disebut dengan perpindahan panas *konduksi*
3. Secara pancaran atau yang disebut dengan perpindahan panas *radiasi*

#### 2.2.1.1 Kesetimbangan Energi (*Energy Balance*)

Dalam perencanaan APK perlu menghitung besarnya perpindahan panas antara dua fluida yang berbeda. Persamaan umum yang digunakan untuk menyatakan keseimbangan energi (*energy balance*) antara dua fluida pada APK *Shell and Tube* dinyatakan dengan persamaan :

$$Q = \dot{m}.C_p.\Delta T_m \quad (2.5)$$

#### 2.2.1.2 Luas Perpindahan Panas

Luas perpindahan panas menyeluruh digunakan persamaan:

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 23/9/23

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) 23/9/23



$$A = \frac{Q}{U \cdot F \cdot \Delta T_{lm}} \quad (2.6)$$

**2.2.1.3 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (*overall heat transfer coefficient*)**

Perhitungan perpindahan panas menyeluruh dihitung menggunakan persamaan berikut

$$U = \left[ \frac{D_o}{h_i \cdot D_i} + \frac{D_o \ln(D_o / D_i)}{2K_{tube}} + \frac{1}{h_o} \right]^{-1} \quad (2.7)$$

**2.2.1.4 Koefisien Perpindahan Panas Desain (*overall heat transfer coefficient design*)**

Sebelum menghitung koefisien perpindahan panas menyeluruh perlu adanya perhitungan koefisien perpindahan panas desain. Dalam menghitung koefisien perpindahan panas desain menggunakan persamaan :

$$U_D = \left[ \frac{D_o}{h_i \cdot D_i} + \frac{D_o \ln(D_o / D_i)}{2K_{tube}} + \frac{1}{h_o} + \frac{R_{Di} \cdot D_o}{D_i} + R_{Do} \right]^{-1} \quad (2.8)$$

**2.2.1.5 Syarat Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (*required overall heat transfer coefficient*)**

Peritungan syarat perpindahan panas menyeluruh dengan menggunakan persamaan :

$$U_{reg} = \frac{q}{Nt.A.F.(\Delta T_{ln})_d} \quad (2.9)$$

$U_D \geq U_{req}$

**2.2.1.6 Logaritmik Mean Temperature Difference (LMTD)**

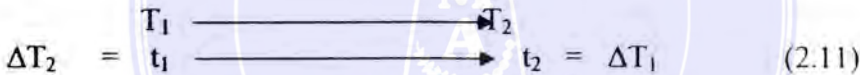
Pada aliran sejajar, fluida masuk dalam APK secara bersama-sama dalam arah yang sama dan keluar secara cara bersama-sama. Fluida tersebut mengalir didalam *tube* dan diluar *tube*. Sedangkan pada aliran berlawanan dua fluida mengalir dengan arah yang berlawanan.

Persamaan yang umum digunakan pada metode LMTD adalah

$$LMTD = \Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)} \tag{2.10}$$

Dimana :

Untuk aliran fluida searah digunakan :



$$\Delta T_2 = \begin{matrix} T_1 & \longrightarrow & T_2 \\ t_1 & \longrightarrow & t_2 \end{matrix} \quad \Delta T_1 \tag{2.11}$$

Untuk aliran berlawanan digunakan persamaan :



$$\Delta T_2 = \begin{matrix} T_1 & \longrightarrow & T_2 \\ t_2 & \longleftarrow & t_1 \end{matrix} \quad \Delta T_1 \tag{2.12}$$

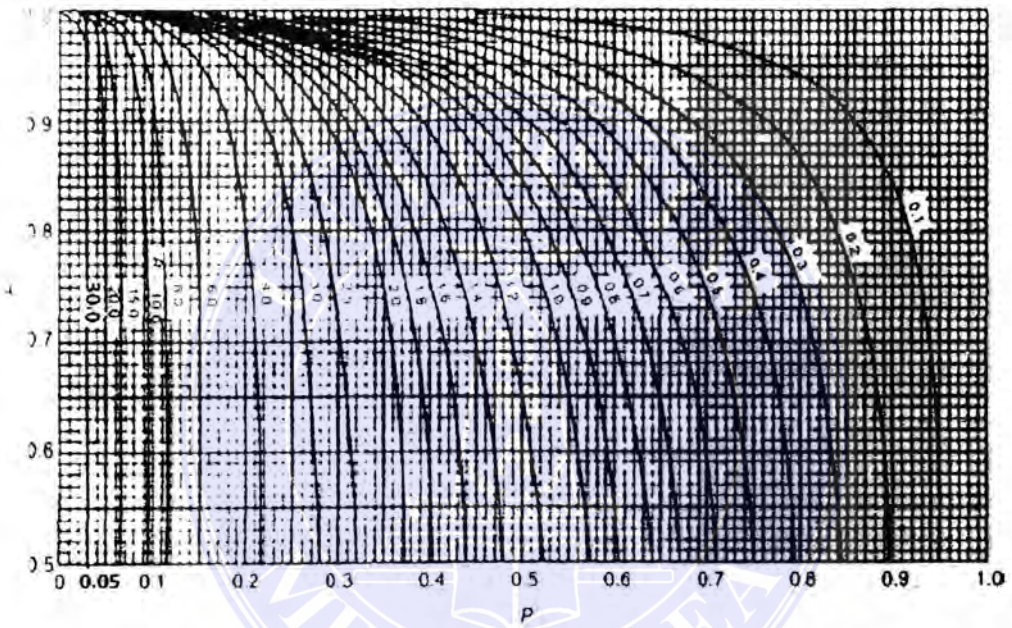
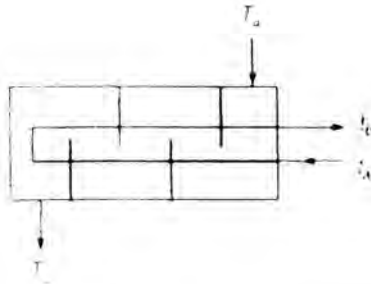
**2.2.1.7 LMTD Korection Factor**

Jika APK bukan jenis pipa ganda yang digunakan, perpindahan panas dihitung dengan menerapkan faktor koreksi terhadap LMTD. Untuk menentukan nilai faktor (F) menggunakan grafik faktor koreksi dan persamaan berikut :

Faktor koreksi untuk penukar panas satu lintasan :

$$R = \frac{T_a - T_b}{T_c - T_d} \tag{2.13}$$

$$P = \frac{T_a - T_b}{T_a - T_c} \quad (2.14)$$



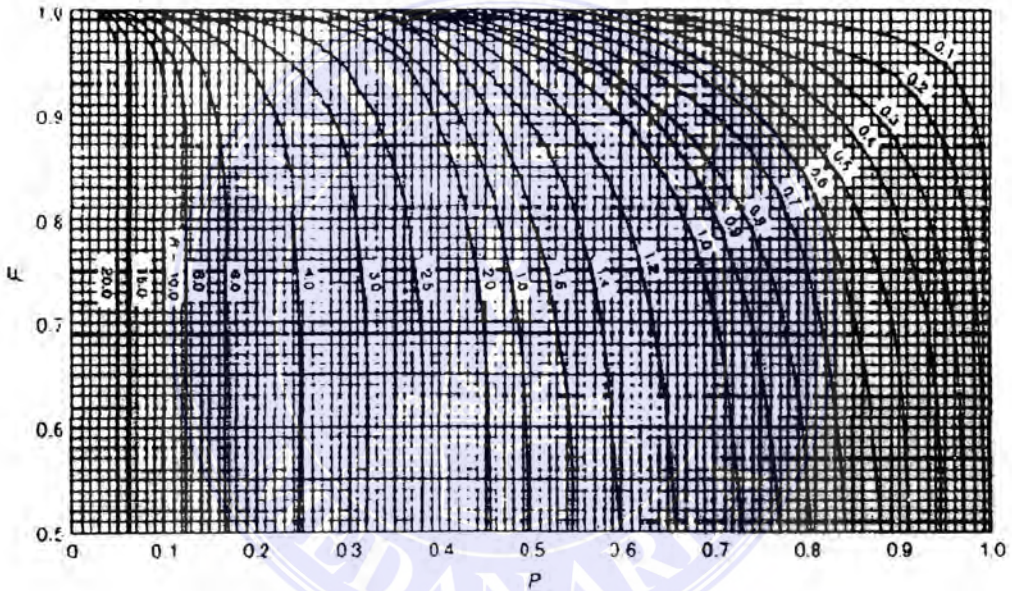
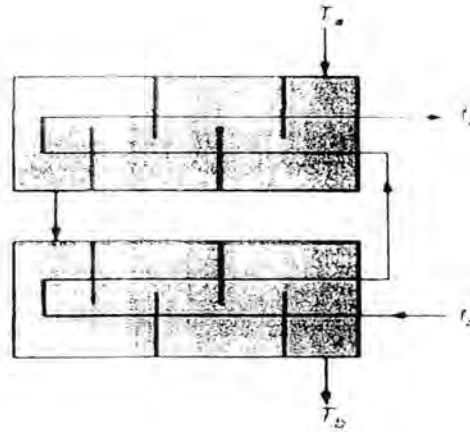
Gambar 2.26 Grafik LMTD faktor koreksi satu lintasan (1-2)

Faktor koreksi untuk penukar panas dua lintasan :

$$R = \frac{T_a - T_b}{t_b - t_a}$$

$$P = \frac{t_b - t_a}{T_a - t_a}$$





Gambar 2.27 Grafik LMTD faktor koreksi dua lintasan (2-4)

### 2.2.2 Penurunan Tekanan (*Pressure drop*)

#### 2.2.2.1 Penurunan Tekanan (*Pressure Drop*) Pada Sisi Tube

Besarnya penurunan tekanan pada sisi *tube* yang diakibatkan gesekan pada fluida dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta P_f = \frac{f \cdot n_p \cdot L \cdot G_t^2}{7,5 \times 10^{12} \cdot D_t \cdot S \cdot \phi_t} \tag{2.15}$$

Untuk mencari faktor gesekan ( $f$ ) digunakan persamaan :

$$f = 0,4137Re^{-0,2585} \quad (2.16)$$

Sedangkan untuk mencari kecepatan laju aliran massa fluida ( $G$ ) dalam *tube* digunakan persamaan :

$$G = \frac{\dot{m}(np / nt)}{\pi D^2 / 4} \quad (2.17)$$

Sedangkan kerugian tekanan pada sisi masuk, keluar dan pengulangan fluida dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta P_r = 1,334 \times 10^{-13} \cdot (2n_p - 1.5)G^2/s \quad (2.18)$$

Besarnya penurunan tekanan total pada sisi *tube* yaitu :

$$\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_r \quad (2.19)$$

### 2.2.2.2 Penurunan Tekanan (*Pressure drop*) Pada Sisi *Shell*

Besarnya penurunan tekanan pada sisi *shell* bergantung pada berapa kali fluida didalam *shell* melewati *tube bundel* diantara *baffle*. Jumlah *baffle* yang dipasang adalah ( $N$ ), maka jumlah berapa kali fluida akan melewati *tube bundel* adalah ( $N+1$ ). Jika dihubungkan dengan panjang *tube* dapat dihitung :

$$N+1 = \frac{12.L}{B} \quad (2.20)$$

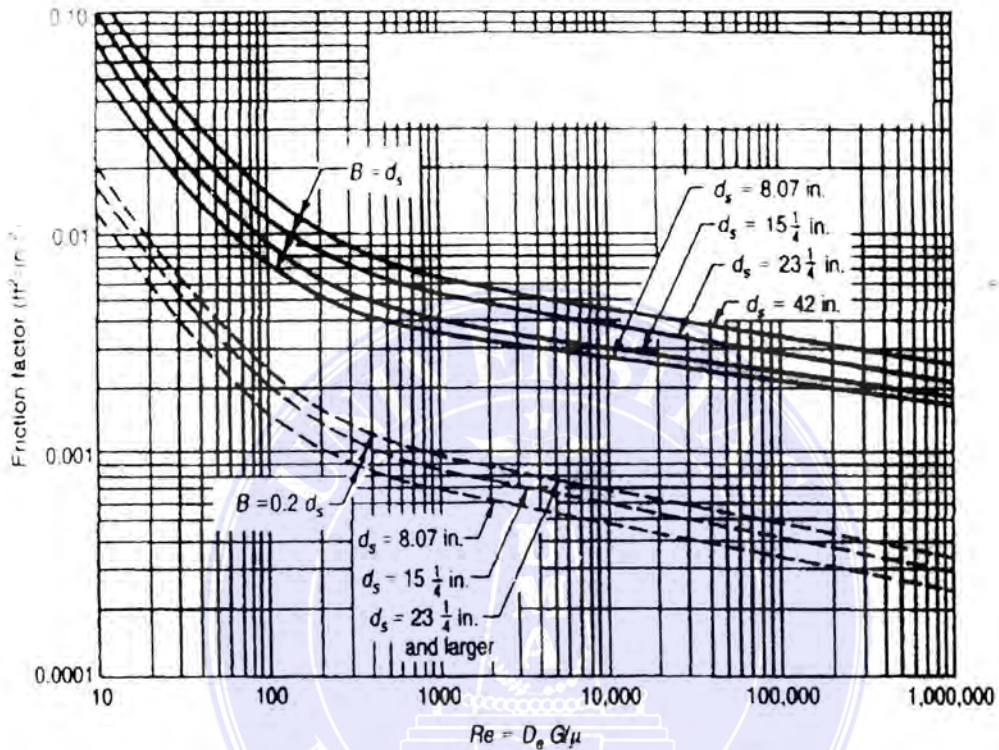
Jadi penurunan tekanan pada *isothermal* untuk fluida yang dipanaskan atau didinginkan, serta kerugian saat masuk dan keluar (*entrance and exit losses*) adalah:

$$\Delta P_s = \frac{f.G_s^2.D_s.(N+1)}{7,5 \times 10^{12} .. D_e . s . \phi} \quad (2.21)$$



Sedangkan untuk mencari faktor gesekan pada sisi *shell* digunakan persamaan

$$f = 144 \{f_1 - 1.25(1 - B/D_s) \cdot (f_1 - f_2)\} \quad (2.22)$$



Gambar 2.28 Grafik faktor Gesekan pada Shell side

Sedangkan menghitung  $f_1$  dan  $f_2$  dengan menggunakan persamaan :

$$f_1 = (0,0076 + 0,000166 \cdot D_s) Re^{-0,125} \quad (2.23)$$

$$f_2 = (0,0016 + 5,8 \times 10^{-5} \cdot D_s) Re^{-0,125} \quad (2.24)$$

## 2.2.3 Bilangan-bilangan Tidak Berdimensi

### 2.2.3.1 Bilangan Nusselt (Nusselt Number)

Bilangan Nusselt (Nu) sisi shell dihitung menggunakan persamaan Colburn

factor, JH yaitu :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

$$JH = 0,5(1 + B/d_s)(0,08 Re^{0,6821} + 0,7 Re^{0,1772}) \quad (2.25)$$

Document (Accepted) 23/9/23

© 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



Sehingga didapat :

$$h_o = JH \frac{k}{D} Pr^{1/3} \quad (2.26)$$

pada sisi tube dapat dihitung menggunakan kolerasi *Deattus Boetler* yaitu :

$$Nu = 0,023.Re^{0.8}.Pr^{0.4} \quad (2.27)$$

Sehingga didapat :

$$h_i = Nu \frac{k}{D} \quad (2.28)$$

### 2.2.3.2 Bilangan Reynold (Reynold Number)

Bilangan Reynold pada sisi tube ( $Ri$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Re_t = \frac{V \cdot D_i}{\nu} \quad (2.29)$$

Bilangan Reynold pada sisi shell ( $Ro$ ) digunakan persamaan :

$$Ro = \frac{D_e \cdot G}{\mu} \quad (2.30)$$

### 2.2.3.3 Bilangan Prandlt (PrandltNumber)

Bilangan prandlt ( $Pr$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k} \quad (2.31)$$

## 2.3 Pertimbangan Perencanaan

Didalam merencanakan APK perlu adanya beberapa pertimbangan untuk menentukan dimensi dan keakuratan sumalasi. Dibawah ini merupakan beberapa pertimbangan dalam merencanakan sebuah APK.

### 2.3.1 Faktor pengotor (*fouling factor*)

Faktor pengotor adalah hambatan perpindahan panas yang diakibatkan oleh endapan dan kotoran yang terkandung dalam fluida yang bergerak pada dinding dalam *tube* dan dalam *shell* sehingga dapat mempengaruhi besarnya perpindahan panas antara fluida yang mengalir. Untuk menghitung faktor pengotor digunakan rumus :

$$R_D = \frac{R_{fb} \cdot D_o}{D_i} + R_{fo} \quad (2.30)$$

### 2.3.2 Penentuan Penempatan Fluida

Dalam perancangan APK *shell and tube* penempatan fluida sangat mempengaruhi katahanan, proses pemeliharaan dan *efisiensi* perpindahan panas. Beberapa faktor yang mempengaruhi penempatan *shell and tube* yaitu :

#### a. Faktor Korosi (*Corrosion*)

Umumnya fluida yang memiliki sifat korosi mengandung zat-zat asam yang dapat mempercepat kerusakan pada APK. Fluida ini harus ditempatkan pada metal yang tahan korosi seperti tembaga, alloy dan alumunium sehingga mampu bertahan. fluida yang bersifat korosi sebaiknya dialirkan di *tube side* untuk menghindari korosi pada permukaan dalam *shell* dan permukaan luar *tube*, sehingga jika ditempatkan pada *tube* menghindari korosi pada kedua sisi.

#### b. Faktor *Sediment/ Suspended Solid/ Fouling*

Fluida yang mengandung *sediment/ suspended solid/* atau yang menyebabkan *fouling* sebaiknya dialirkan di *tube* sehingga dapat mempermudah waktu *cleaning*. Jika fluida yang mengandung *sediment* dialirkan di *shell*, maka

*cleaning* pada sisi *shell* menjadi tidak mungkin dilakukan tanpa mencabut *tube bundle*.

### c. Faktor *Viscosity*

Fluida yang memiliki *viscous* sebaiknya diletakkan pada *shell side* sebagai peningkat *turbulensi* akibat aliran *crossflow*, sehingga koefisien perpindahan panas yang terjadi didalam *shell side* lebih tinggi.

### d. Faktor *Pressure*

Fluida dengan *pressure* yang lebih tinggi sebaiknya dialirkan di *tube*, sehingga *shell* dapat didesain untuk tekanan operasi yang lebih rendah. Jika dialirkan pada *shell* tekanan akan banyak mengalami penurunan karna terhalang oleh *baffle*.

### e. Faktor suhu

Jika fluida dengan suhu lebih tinggi sebaiknya dialirkan pada *tube side* karna lebih ekonomis. Perpindahan panas yang *ditransfer* melalui permukaan luar *tube side* dan mengalir di *shell* akan lebih baik.

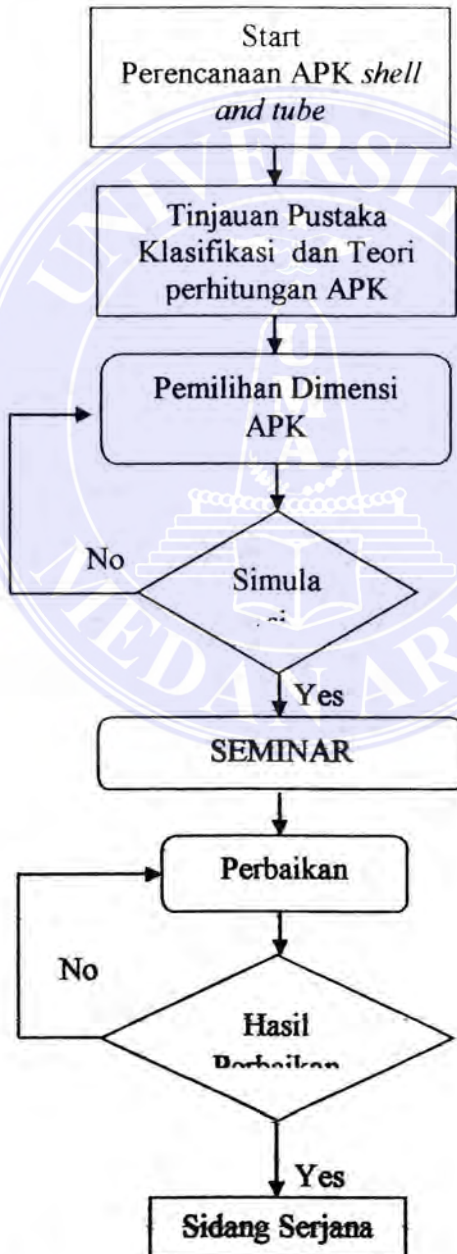


### BAB 3

## METODE PERENCANAAN

### 3.1 Diagram perencanaan

Dalam merencanakan sebuah alat penukar kalor *shell and tube* perlu dilakukan metode-metode tertentu agar perencanaan dapat sesuai dengan yang diinginkan. Metode ini dapat dilihat menggunakan diagram alir yaitu pada gambar 3.1.



UNIVERSITAS MEDAN AREA

**Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan APK Shell and Tube**

© 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



### 3.2. Pemilihan Propertis dan Dimensi APK

Untuk melakukan simulasi APK terlebih dahulu melakukan simulasi propertis yang meliputi  $c_p$ ,  $k$ ,  $\rho$ ,  $\mu$ ,  $s$ . Propertis tersebut didapat pada temperatur rata-rata fluida, fluida yang mengalir adalah air panas didalam *tube* dan udara didalam *shell*. Temperatur udara yang dipanaskan dari temperatur 30 °C dinaikkan menjadi 60 °C Dan sebagai media panas yaitu air panas dengan temperatur 80 °C laju aliran massanya 0,22 kg/s. Dimensi lainnya yaitu panjang *tube* (L) 800 mm, diameter luar *tube* ( $D_o$ ) 12,6 mm BWG 22, diameter dalam *tube* ( $D_i$ ) 11,2 mm, diameter dalam *shell* ( $d_s$ ) 131,7 mm, banyaknya *tube* ( $N_t$ ) 37, *tube pitch* ( $P_T$ ) 16,5 mm. Berdasarkan standart TEMA tipe *shell* yang dipilih adalah tipe E, *Head cover* tipe A dan *Rear head* tipe P. Pada *tube side* dipilih susunan segitiga dengan alasan untuk mendapatkan koefisien perpindahan panas yang *optimal*. Sedangkan pada *baffle* digunakan tipe segment tunggal, dan pemotongan *baffle* (*baffle cut*) 28% dengan jarak antara *baffle*  $0,3 \times d_s = 39$  mm.

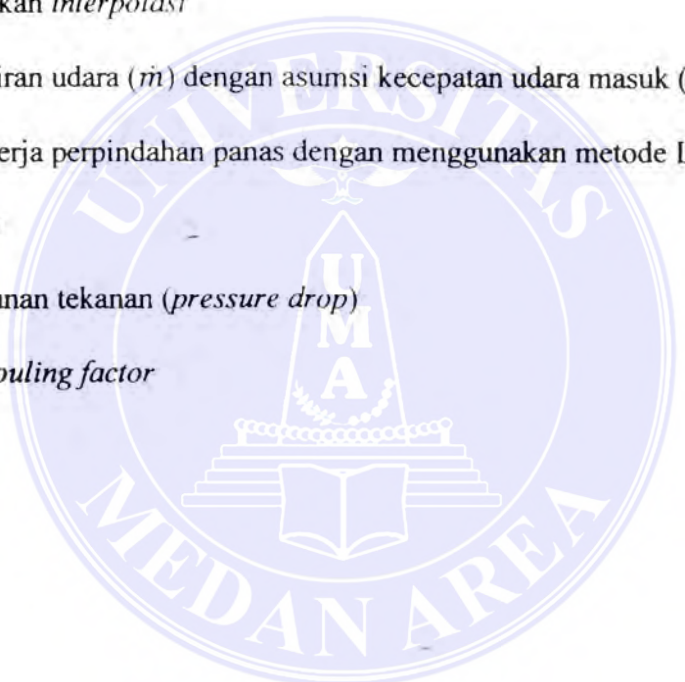
Dibawah ini merupakan simulasi *property* fluida yang mengalir didalam *shell* and *tube* pada suhu rata-rata, yaitu :

Fluida Property	Udara 45 °C	Air 78,6 °C
$C_p$ Panas jenis fluida dalam <i>shell</i> (J/kg.K)	1014,77	4195,4075
$k$ konduktivitas thermal fluida (W/m.K)	0,0268605	0,67383
$\mu$ Viskositas fluida (kg.m/s)	0,069569	1,26389
$\nu$ Viskositas Kinematik ( $m^2/s$ )	$1,797 \times 10^{-5}$	$3,6241 \times 10^{-7}$
$Pr$ Bilangan Prandtl	0,71	2,7064
$\rho$ Massa jenis fluida ( $kg/m^3$ )	1,07474	970,651
$s$ Spesifik grafiti	0,0010778	1

### 3.3 Metode Simulasi APK

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas dipilih beberapa metode simulasi agar mempermudah penulis untuk menghitung perpindahan panas dan penurunan tekanan. Simulasi yang dilakukan yaitu

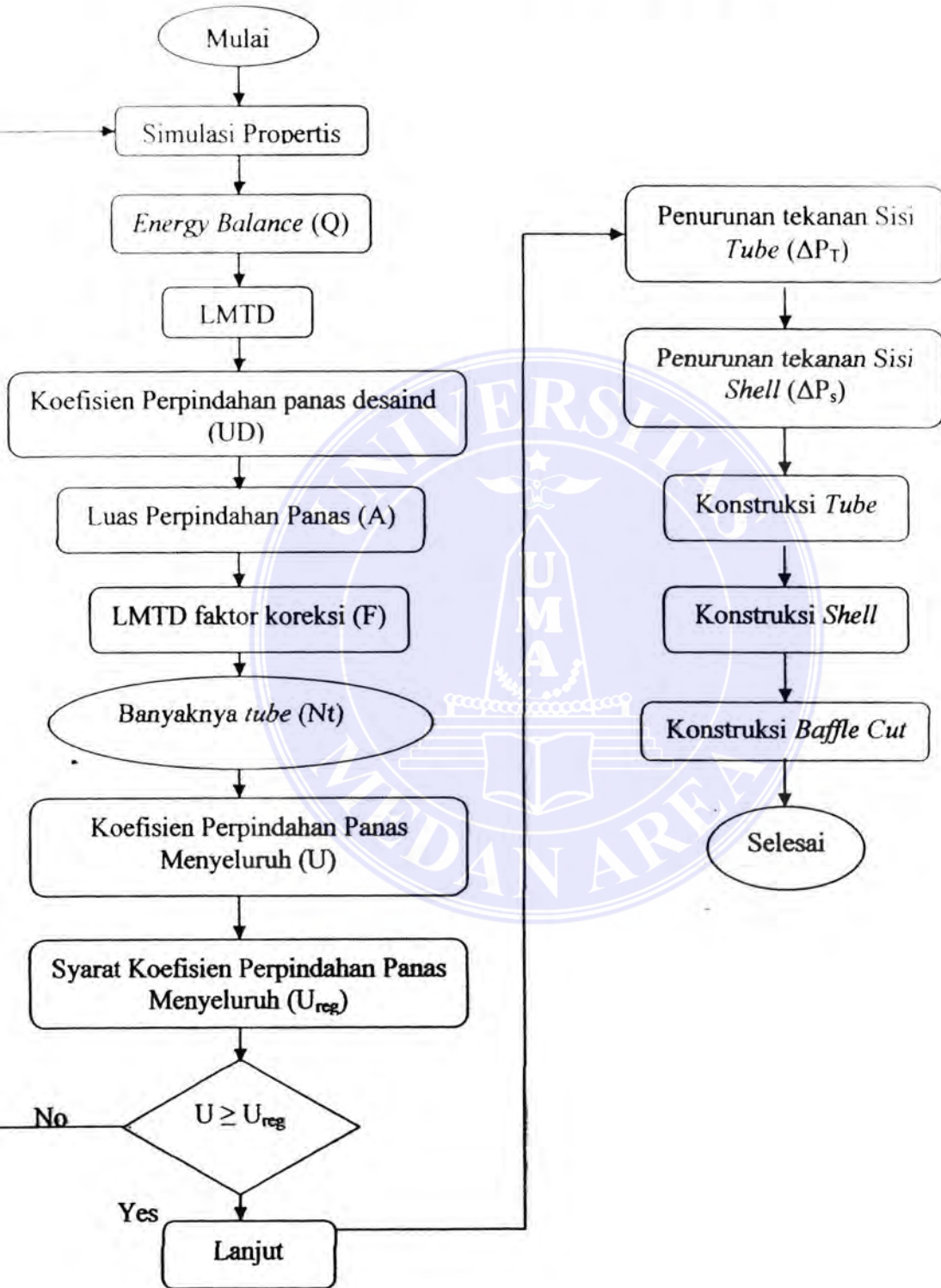
1. Simulasi dilakukan menggunakan komputer dengan program *microsoft officeexcel*
2. Melakukan simulasi pada propertis fluida yang mengalir didalam *tube* dan *shell* menggunakan *interpolasi*
3. Simulasi laju aliran udara ( $\dot{m}$ ) dengan asumsi kecepatan udara masuk (V)
4. Simulasi ujuk kerja perpindahan panas dengan menggunakan metode LMTD
5. Simulasi *iterasi*
6. Simulasi penurunan tekanan (*pressure drop*)
7. Simulasi pada *fouling factor*





### 3.4 Diagram Alir Simulasi Perencanaan

Simulasi perencanaan APK dapat dibuat diagram alir sebagai berikut :



**Gambar 3.2 Diagram Alir Perhitungan Perencanaan APK**

### 3.5. Penjadwalan Perencanaan

Penulisan perencanaan APK ini diperlukan penjadwalan secara teratur dan terperinci agar dapat terlaksana tepat pada waktunya. Ada pun penjadwalan tersebut yaitu :

**Tabel 3.1 Jadwal Perencanaan**

Parameter	MARET		APRIL			MEI		JUNI		
Perencanaan	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Pengambilan data</b>										
<b>Tinjauan Pustaka</b>										
<b>Simulasi</b>										
<b>Revisi</b>										
<b>Membuat gambar kerja</b>										
<b>Seminar</b>										

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan alat penukar kalor (*heat exchanger*) *shell and tube* diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

**Dimensi APK Shell and Tube :**

<b>Tipe Heat exchanger</b>	AEP Sandart TEMA
<b>Diameter Shell</b>	131,7 mm
<b>Diameter Dalam Tube (Di)</b>	11,2 mm
<b>Diameter Luar Tube (Do)</b>	12,6 mm
<b>Diameter Equivalen</b>	10,78 mm
<b>Tube Pich (P<sub>T</sub>)</b>	16,5 mm
<b>Jarak antara Tube (C)</b>	3,8 mm
<b>Banyaknya Tube (N<sub>t</sub>)</b>	37
<b>Panjang Tube (L<sub>t</sub>)</b>	807 mm
<b>Baffle Cut</b>	28 %
<b>Jarak baffle</b>	39 mm
<b>Jumlah Baffle (N<sub>b</sub>)</b>	20



### Penempatan Fluida pada *shell and tube*

Penempatan dan propertis fluida panas:

- Jenis fluida : Air panas
- Suhu fluida masuk : 80 °C
- Suhu fluida keluar : 79,07°C
- Laju aliran massa (□) : 0,22 kg/s
- Penempatan fluida : Didalam *tube*

Penempatan dan propertis fluida dingin:

- Jenis fluida : Udara
- suhu fluida masuk : 30 °C
- suhu fluida keluar : 60 °C
- Laju aliran massa (□) : 0,0196 kg/s
- Penempatan fluida : Diluar *tube*

### Hasil simulasi perpindahan panas pada *APK*

- Keseimbangan *energy (energy balance)* (Q) : 599,45J/s
- *Logaritmik Mean Temperature Difference* (LMTD) : 32,49°C
- LMTD faktor koreksi (F) : 0,98
- *Bilangan Reynold* pada sisi *tube* (Rei) : 625,31
- *Bilangan Nusselt* pada sisi *tube* (Nui) : 53,49
- Koefisien perpindahan panas sisi *tube* (hi) : 3218,09 W/m<sup>2</sup>.K
- *Bilangan Reynold* pada sisi *shell* (Reo) : 30158,875

UNIVERSITAS MEDAN AREA

*Bilangan Colburn* factor pada sisi *shell* (JH) : 61,845

Document Accepted 23/9/23

© Hak Cipta Ditugaskan Untuk Pendidikan

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

- Koefisien perpindahan panas sisi tube ( $h_o$ ) :  $65.1948 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- Koefisien perpindahan panas menyeluruh ( $U$ ) :  $63.72 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- Koefisien perpindahan panas desain ( $U_D$ ) :  $63.7975 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- Faktor pengotor (*fouling factor*) :  $0.07485 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- Luas perpindahan panas pada *tube* ( $A$ ) :  $0.293 \text{ m}^2$

### Hasil simulasi penurunan tekanan (*Pressure drop*)

- Penurunan tekanan pada sisi *tube* ( $\Delta P_T$ ) :  $4.2735 \times 10^{-8} \text{ Pa}$
- Penurunan tekanan pada sisi *shell* ( $\Delta P_S$ ) :  $1.4366 \times 10^{-5} \text{ Pa}$

### 5.2 Saran-Saran

Didalam perencanaan alat penukar kalor (*heat exchanger*) ini ada beberapa saran yang saya berikan yaitu :

- Didalam merencanakan alat penukar kalor (APK) haruslah mengerti jenis fluida dan sifat-sifat fluida karna sangat mempengaruhi umur APK
- Merencanakan alat penukar kalor (APK) ini disarankan untuk mengikuti standar TEMA, agar mendapatkan hasil yang optimal.
- Sebelum merencanakan alat penukar kalor (APK) haruslah mengerti tujuan dan dimensi yang diperlukan, agar alat penukar kalor (APK) dapat ditempatkan pada tempat yang dibutuhkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- S. Alfansury, Munawar, Pengaruh Jarak baffle terhadap unjuk kerja thermal dan penurunan tekanan pada alat penukar kalor shell and tube susunan segi tiga, Tesis Magister Teknik, Jurusan Teknik mesin Universitas Sumatera Utara.2007.
- Frank P. Incropera, David P Dewitt, *Fundamental of Heat Transfer*, John Willey & Sons, New York, 1986.
- Kreith Frank, Arko Prijono, Prinsip-prinsip Perpindahan Panas, Erlangga. Jakarta, 1986.
- Sitompul, M.T., Ir., MEng., Alat Penukar Kalor, Raja Grafindo, Jakarta, 1993.
- Kern, D.Q., *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Company, New York, 1950.
- Standar of The Turbular Exchanger Manufactures Assosiaton, 8 th Edition, Tarry Town, New York 0591, 1990.
- Holman J.P., *Perpindahan Kalor*, Terjemahan Ir. Jasjfi, M.Sc., Jakarta, Erlangga, 1984.
- Sugianto, Analisis Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube Dan Aplikasi Perhitungan dengan Microsoft Visual Basic 6.0, Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma. 2007.