



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

**BAB II
TINJAUAN PUSTAKA**

II.1 Uraian Proses

II.1.1 Prinsip Dasar Distilasi Atmosferis

Proses pengolahan minyak bumi di PPSDM Migas menggunakan unit Distilasi Atmosferis. Unit Distilasi Atmosferis yaitu unit yang bertugas dalam melaksanakan seluruh rangkaian kegiatan pemisahan minyak mentah (*Crude oil*) menjadi produk-produk minyak bumi dengan berdasarkan perbedaan titik didih (*Boilling Range*) yang berlangsung melalui proses pemanasan untuk penguapan dan pendinginan untuk pengembunan yang berfungsi dalam memisahkan fraksi yang ada pada *Crude oil* sehingga menjadi produk yang dikehendaki pada tekanan atmosfer. Proses pemisahan secara distilasi berdasarkan tiga tahapan operasi, yaitu: proses penguapan, proses pembentukan fase seimbang dan proses pemisahan kedua fase setimbang. Ketiga tahap tersebut dilakukan di dalam kolom distilasi jenis *Bubble Cap Tray Tower* dengan suhu puncak kolom $\pm 115^{\circ}\text{C}$ dan suhu dasar kolom $\pm 270^{\circ}\text{C}$.

II.1.2 Peralatan Utama di Unit Kilang

Peralatan utama unit distilasi untuk dapat terlaksananya proses pengolahan, maka dibutuhkan peralatan pokok antara lain:

1. Pompa

Berfungsi untuk mengalirkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain. Pada unit kilang PPSDM pompa yang digunakan adalah pompa reciprocating (torak) dengan penggerak steam, pompa centrifugal dengan penggerak listrik dan pompa screw dengan penggerak motor listrik. Penggunaan pompa menurut fungsinya adalah sebagai berikut :

- a. Pompa Feed (umpan) : untuk memompa feed dari tangki feed ke proses.
- b. Pompa Reflux : untuk memompa dari tangki naphta ke kolom C-1 dan C-2.



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

- c. Pompa Fuel Oil : untuk memompa bahan bakar (*fuel oil*) dari tangki *fuel oil* ke furnace dan boiler.
 - d. Pompa Distribusi : untuk memompa produk dari tangki produk ke tangki depot dan mobil tangki.
2. Alat Penukar Panas (Heat Exchanger)
- Berfungsi untuk memanaskan *Crude oil* dengan memanfaatkan panas produk kilang dan sebagai pemanas awal (*Preheater*) *Crude oil* untuk tujuan efisiensi panas. Jenis *Heat Exchanger* yang digunakan yaitu *Shell and tube*. *Crude oil* dilewatkan pada shell dan produk panas dalam tube. Jumlah *Heat Exchanger* yang dioperasikan ada lima unit, dua unit memanfaatkan panas produk residu dan tiga unit memanfaatkan panas produk solar, sehingga temperatur *Crude oil* naik dari $\pm 33^{\circ}\text{C}$ menjadi $\pm 120^{\circ}\text{C}$.
3. Stabilizer
- Setelah keluar dari *Heat Exchanger* produk yang bersuhu 120°C masuk ke dalam stabilizer yang berjumlah 1 buah. Stabilizer berfungsi agar aliran produk yang keluar dari *Heat Exchanger* stabil untuk masuk ke dalam furnace.
4. Dapur Pemanas / Furnance
- Furnance berfungsi untuk memanaskan *Crude oil* dari suhu $\pm 120^{\circ}\text{C}$ menjadi $\pm 330^{\circ}\text{C}$. Pada temperatur tersebut sebagian besar fraksi-fraksi pada *Crude oil* pada tekanan sedikit diatas 1 atm telah menguap kecuali residu.
5. Evaporator
- Berfungsi untuk memisahkan antara uap dan cairan (residu) dari *Crude oil* yang sudah dipanaskan furnace. Produk dari furnace dengan suhu 330°C masuk ke dalam evaporator. Sehingga di dalam evaporator uap dan cairan residu produk dapat terpisahkan. Terdapat 1 unit evaporator dalam proses ini.
6. Kolom Fraksinasi
- Berfungsi untuk memisahkan masing-masing fraksi yang dikehendaki sesuai trayek didihnya. Jumlah kolom fraksinasi ada tiga unit, dua unit



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

dioperasikan dan satu unit idle, sebagai alat kontak uap-cairan kolom fraksinasi dilengkapi *bubble cup tray*.

7. Kolom Stripper

Berfungsi untuk menguapkan kembali fraksi ringan yang ikut pada suatu produk. Ada dua stripper yang dioperasikan yaitu satu unit untuk stripper solar dan satu unit untuk stripper residu.

8. Kondensor

Berfungsi untuk mengubah fase produk uap solvent ringan (pertasol CA) dari puncak kolom C-2 menjadi fase cair. Terdapat 12 unit condenser yang dioperasikan, empat unit condenser sebagai partial condenser dan delapan unit condenser sebagai total condenser.

9. Cooler

Berfungsi untuk mendinginkan fluida panas menjadi fluida dingin sesuai suhu yang dikehendaki. Ada 14 cooler tipe *Shell and tube* dan enam box cooler.

10. Separator

Berfungsi untuk memisahkan air, minyak dan gas dalam produk. Ada 9 separator yang dioperasikan.

11. Tangki

Berfungsi untuk menampung atau menyimpan *Crude oil* dan produk-produk. Ada beberapa tangki yang dioperasikan dan tiap-tiap dari tangki tersebut memiliki warna yang berbeda-beda tergantung dari jenis zat di dalam tangki tersebut.

II.2 Uraian Tugas Khusus

II.2.1 Heat Exchanger

Heat Exchanger merupakan suatu alat yang dipasang dalam sistem industri yang dapat menukar atau memindahkan panas dari satu fluida ke fluida yang lain dengan temperatur yang berbeda antar fluida. Perbedaan temperatur dalam alat ini



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

terjadi karena ada yang bertindak sebagai fluida panas (*hot fluid*) dan ada yang bertindak sebagai fluida dingin (*cold fluid*).

Heat Exchanger sangat dibutuhkan dalam sebuah proses industri seperti pada industri gas alam, kilang minyak, refrigerasi, pembangkit listrik, serta dalam pabrik kimia. Penggunaan *Heat Exchanger* pada umumnya berfungsi sebagai komponen proses industri sehingga dapat menekan penggunaan bahan bakar dan dapat menghemat biaya produksi. Penggunaan *Heat Exchanger* secara optimum akan meningkatkan efisiensi energi pada suatu unit proses sehingga akan berpengaruh terhadap operating cost unit proses maupun kilang tersebut serta pertimbangan keselamatan dan keamanan lingkungan. Dalam industri, alat penukar kalor merupakan faktor keberhasilan dari keseluruhan rangkaian proses dimana apabila terjadi kegagalan operasi pada unit *Heat Exchanger* maka unit operasi akan terhenti. Selain itu dalam suatu kilang minyak, proses perpindahan panas sangat penting dalam rangka energi konservasi, keperluan proses, persyaratan keamanan dan perlindungan terhadap lingkungan. Sehingga *Heat Exchanger* harus memiliki kinerja yang baik dan optimal agar diperoleh hasil yang maksimal serta dapat menunjang suatu unit operasi dengan maksimal.

II.2.2 Prinsip Kerja *Heat Exchanger*

Prinsip kerja dari *Heat Exchanger* yaitu memindahkan panas dari dua fluida pada temperatur berbeda di mana transfer panas dapat dilakukan secara langsung ataupun tidak langsung :

1. Secara kontak langsung

Panas yang dipindahkan antara fluida panas dan dingin melalui permukaan kontak langsung berarti tidak ada dinding antara kedua fluida. Transfer panas yang terjadi yaitu melalui interface/penghubung antara kedua fluida. Contoh: aliran steam pada kontak langsung yaitu 2 zat cair yang immiscible (tidak dapat bercampur), gas-liquid, dan partikel padat-kombinasi fluida.



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

2. Secara kontak tak langsung

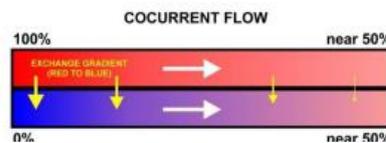
Perpindahan panas terjadi antara fluida panas dan dingin melalui dinding pemisah. Dalam sistem ini, kedua fluida akan mengalir.

(Kern, 1965)

II.2.3 Tipe Aliran dalam *Heat Exchanger*

1. Aliran Paralel atau searah (Co-Current)

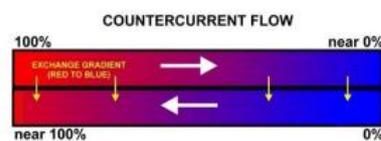
Fluida panas dalam tube mengalir searah dengan fluida yang dipanaskan diluar tube (shell). Perpindahan pada jenis ini relatif kecil karena fluida yang telah berubah suhunya akan mengalir pada posisi tempat dan arah yang sama.



Gambar II. 1 Arah aliran co-current

2. Aliran Berlawanan Arah (Counter Current)

Arah aliran jenis ini, fluida panas dalam tube mengalir berlawanan arah dengan fluida yang dipanaskan diluar tube. Perpindahan panas jenis ini sangat baik sebab kedua fluida saling menukar panas sepanjang aliran dalam peralatan tersebut. Jenis aliran ini banyak digunakan pada alat penukar panas.



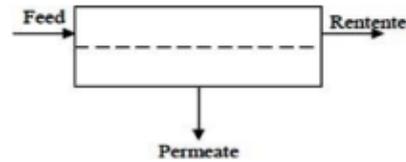
Gambar II. 2 Arah aliran counter current

3. Arah Aliran Melintang (Cross Flow)

Arah aliran ini, fluida dalam tube didinginkan dengan arah melintang oleh fluida yang didinginkan. Untuk jenis aliran ini biasanya menggunakan Finned Tube dan banyak dipakai fan dengan pendingin udara. Perpindahan panas yang terjadi lebih kecil bila dibandingkan dengan arah aliran berlawanan.



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**



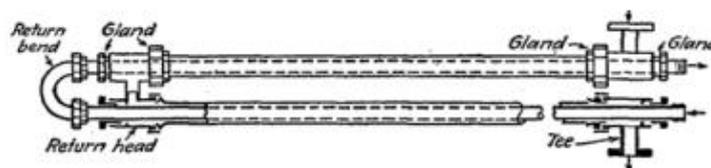
Gambar II. 3 Arah aliran cross flow

(Amin, 2013)

II.2.4 Jenis *Heat Exchanger*

1. *Double Pipe Heat Exchanger*

Bagian dari peralatan ini adalah penukar pipa ganda adalah dua set pipa konsentris, dua Tees penghubung, dan kepala kembali dan tikungan kembali. Pipa bagian dalam didukung di dalam pipa luar dengan kelenjar pengemas, dan fluida memasuki pipa bagian dalam melalui sambungan berulir yang terletak di luar bagian penukar. Tees memiliki nozel atau sambungan sekrup yang terpasang padanya dengan benar untuk memungkinkan masuk dan keluarnya cairan annulus yang melintasi dari satu kaki ke kaki lainnya melalui kepala kembali. Dua panjang pipa bagian dalam dihubungkan oleh tikungan balik yang biasanya terbuka dan tidak memberikan permukaan perpindahan panas yang efektif. Alat penukar panas jenis ini dapat digunakan pada laju alir fluida yang kecil dan tekanan operasi yang tinggi.



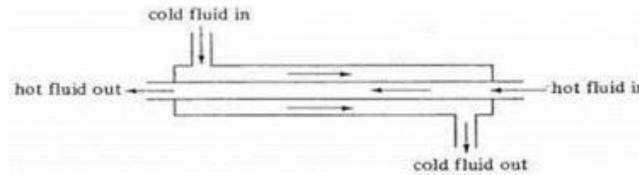
Gambar II. 4 *Double Pipe Heat Exchanger*

Secara sederhana *Double Pipe Heat Exchanger*. Merupakan jenis paling sederhana dari *Heat Exchanger*. Satu fluida mengalir dalam pipa bagian dalam dan fluida lain berada diantara 2 pipa yang ada. Aliran fluida dapat bersifat co-current atau contercurrent. *Heat Exchanger* ini terbuat dari 2 pipa



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

dengan panjang yang sama dan pada ujung pipa diberi fitting. Jenis ini biasa digunakan untuk laju alir rendah.



Gambar II. 5 Skema Sederhana *Double Pipe Heat Exchanger* dan Alirannya
(Kern, 1965)

Kelebihan :

- Mampu beroperasi pada tekanan yang tinggi, dan karena tidak ada sambungan, resiko tercampurnya kedua fluida sangat kecil
- Memiliki tingkat fleksibilitas dan yang tinggi karena unitnya dapat dilakukan penambahan atau pengurangan sesuai kebutuhan

Kekurangan :

- Kelemahannya adalah kapasitas perpindahan panasnya sangat kecil.

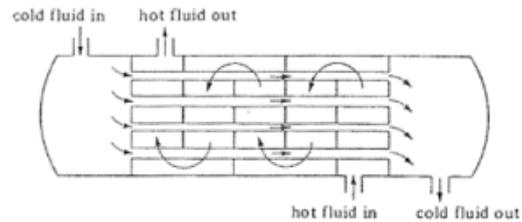
(Maulana, 2017)

2. *Shell and tube Heat Exchanger*

Shell and tube Heat Exchanger terdiri dari rangkaian tabung. Satu set tabung ini berisi cairan yang harus dipanaskan atau didinginkan. Cairan kedua mengalir di atas tabung yang sedang dipanaskan atau didinginkan sehingga dapat memberikan panas atau menyerap panas yang dibutuhkan. *Shell and tube Heat Exchanger* biasanya digunakan untuk aplikasi tekanan tinggi (dengan tekanan lebih dari 30 bar dan 3 suhu lebih besar dari 260°C). Ini karena *Shell and tube Heat Exchanger* kuat karena bentuknya. *Heat Exchanger* jenis ini digunakan untuk laju alir yang lebih tinggi, sehingga sering digunakan di industri. Tube dipasang secara paralel dan memiliki jumlah yang banyak didalam satu shell. Prinsip kerja dari *Heat Exchanger* ini adalah Fluida dingin masuk kedalam tube sedangkan fluida panas masuk dari ujung yang berbeda sehingga aliran yang ada adalah aliran countercurrent di bagian shell.



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**



Gambar II. 6 Skema Sederhana *Shell and tube Heat Exchanger* dan Alirannya
(Kern, 1965)

Kelebihan :

- Memberikan luas permukaan atau penampang perpindahan panas yang besar dengan volume yang kecil
- Mampu dioperasikan pada tekanan tinggi
- Dapat dirancang dengan menggunakan berbagai jenis bahan atau material
- Mudah dalam melakukan maintenance atau perawatan
- Memiliki prosedur thermal dan mechanical design yang baik.

Kekurangan :

- pemasangan sekat akan memperbesar pressure drop operasi dan menyebabkan beban kerja pompa bertambah berat, sehingga laju alir fluida harus diatur sedemikian rupa.

(Maulana, 2017)

II.2.5 Komponen *Shell and tube Heat Exchanger*

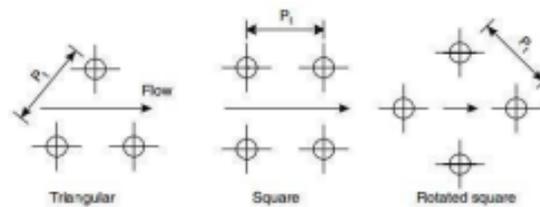
1. Tube

Tube berupa pipa-pipa kecil dalam jumlah dan diameter tertentu. Diameter dalam tube merupakan diameter dalam aktual dalam ukuran inchi, dengan toleransi yang sangat tepat. Tube dapat dibuat dari berbagai jenis logam seperti besi, tembaga, muniz metal, perunggu, 70-30 tembaga-nikel, aluminium perunggu, aluminium dan stainless steel. Untuk ukuran ketebalan pipa tube yang berbeda-beda dinyatakan dalam bilangan yang disebut “*Birmingham Wire Gage*” (BWG). Ukuran pipa tersebut secara umum biasanya digunakan dengan



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

mengikuti ukuran-ukuran yang telah baku. Semakin besar bilangan BWG maka semakin tipis tubenya. Tube dalam shell memiliki beberapa jenis susunan. Susunan yang lazim digunakan adalah segitiga (*triangular*), persegi (*square*), dan diamond (*rotated square*).



Gambar II. 7 Pola Susunan Tube dalam Shell

Masing-masing jenis ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dan kekurangan ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel II. 1 Perbedaan pada Jenis Pola Susunan Tube dalam Shell

Jenis	Kelebihan	Kekurangan
Segitiga (Triangular)	<ol style="list-style-type: none">1. Laju perpindahan panas cukup besar.2. Jumlah tube dapat dibuat menjadi lebih banyak.	<ol style="list-style-type: none">1. Pressure drop cukup besar2. Pembersihan sulit, menggunakan bahan Kimia
Persegi (Square)	<ol style="list-style-type: none">1. Pressure drop rendah2. Dapat dibersihkan secara mekanik3. Cocok untuk menangani fluida fouling	Koefisien film relative rendah
Diamond (Rotated Square)	<ol style="list-style-type: none">1. Koefisien film lebih tinggi dibandingkan pola persegi, namun dibawah pola segitiga.2. Mudah dibersihkan secara mekanik3. Baik untuk fluida fouling	<ol style="list-style-type: none">1. Pressure drop tidak serendah square pitch2. Koefisien film relative rendah



3. Tube Pitch

Lubang-lubang pipa pada penampang shell dan tube disusun mengikuti aturan tertentu. Lubang tube (tube hole) tidak boleh saling berdekatan. Jarak antara dua buah tube yang saling berdekatan disebut dengan clearance. Jumlah pipa dan ukuran tube pun harus disesuaikan dengan ukuran shellnya. Untuk lubang-lubang pipa dapat berbentuk persegi atau segitiga. Bentuk susunan lubang-lubang pipa secara persegi dan segitiga ini disebut sebagai tube pitch. Jenis-jenis tube pitch yang utama adalah :

a. Square pitch

Digunakan untuk *Heat Exchanger* dengan pressure drop yang rendah dan pembersihan secara mekanik dilakukan pada bagian luar tube. Pusat-pusat tube saling membentuk sudut 90° .

b. Triangular pitch

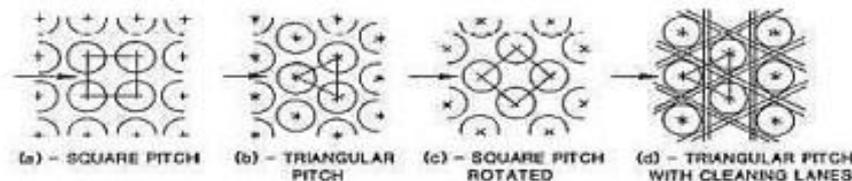
Digunakan untuk fluida yang tingkat kekotorannya tinggi ataupun rendah. Pusat-pusat tube saling membentuk sudut 60° searah dengan aliran fluida nya.

c. Square pitch rotated

Digunakan untuk *Heat Exchanger* dengan pressure drop dan nilai perpindahan panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan square pitch. Pusat- pusat tube saling membentuk sudut 45° .

d. Triangular pitch with cleaning lanes

Tipe ini jarang digunakan, tetapi dapat digunakan untuk *Heat Exchanger* dengan pressure drop sedang hingga tinggi. Memiliki nilai perpindahan panas yang lebih baik dari square pitch.



Gambar II. 8 Jenis Tube Pitch



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

4. Tube Sheet

Berfungsi sebagai tempat untuk merangkai ujung-ujung tube sehingga menjadi satu (tube bundle). Tube sheet terbuat dari material dengan ketebalan dan jenis tertentu tergantung dari jenis fluida yang mengalir pada peralatan tersebut. *Heat Exchanger* dengan tube lurus pada umumnya menggunakan dua buah tube sheet, sedangkan pada tube tipe U menggunakan satu buah tube sheet yang berfungsi untuk pemisah antara tube side dengan shell. Tube sheet harus tahan korosi terhadap fluida.

5. Tie Rods

Batangan besi yang dipasang sejajar dengan tube dan ditempatkan di bagian paling luar dari baffle yang berfungsi sebagai penyangga agar jarak antara baffle yang satu dengan lainnya tetap.

6. Shell

Konstruksi shell bergantung pada kondisi tube yang akan ditempatkan di dalam shell dan temperatur fluida yang akan mengalir dalam shell tersebut. Untuk temperatur yang sangat tinggi, kadang diberi sambungan ekspansi. Biasanya shell berbentuk bulat memanjang (silinder) yang berisi tube bundle sekaligus sebagai wadah mengalirkan zat atau fluida. Untuk kemungkinan korosi, tebal shell sering diberi kelebihan 1/8 inch. Pembagian tipe shell dibagi berdasarkan front-end stationary head type, shell type, dan rear head type.

7. Baffle

Fungsi baffle untuk membuat aliran turbulen sehingga perpindahan panas menjadi lebih baik, dimana harga koefisien perpindahan panas yang didapat besar serta menambah waktu tinggal (residence time). Tetapi pemasangan baffle akan memperbesar pressure drop operasi dan menambah beban kerja pompa, sehingga laju alir fluida yang dipertukarkan panasnya harus diatur. Luas baffle $\pm 75\%$ dari penampungan shell. Spasi antar baffle tidak lebih dekat dari 1/5 diameter shell karena apabila terlalu dekat akan didapat kehilangan tekanan yang besar.



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

8. Longitudinal Baffle

Longitudinal baffle merupakan lempengan sekat yang dipasang sejajar poros shell yang berfungsi memperbanyak jumlah aliran fluida dalam shell.

9. Nozzle

Nozzle merupakan saluran masuk dan keluar fluida dalam shell ke dalam tube.

10. Channel

Channel berfungsi untuk membalikkan arah aliran fluida dalam tube pada fixed tube exchanger.

(Kern, 1965)

II.2.6 Pemilihan Fluida

Dalam pemilihan fluida yang akan dilewatkan dalam tube maupun shell terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi, faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Kemudahan perawatan

Pembersihan shell jauh lebih sulit. Untuk itu fluida yang bersih biasanya dialirkan pada bagian shell dan fluida yang kotor melalui tube. Fluida kotor dilewatkan melalui tube karena tube-tube mudah untuk dibersihkan.

2. Sifat aliran fluida

Apabila laju arus fluida dalam tube kecil maka pola alirannya laminar sehingga tidak sesuai dengan yang diinginkan. Pola aliran dalam tube harus turbulen karena koefisien perpindahan panasnya akan besar. Aliran dalam tube mempunyai kecepatan yang besar sehingga dapat mencegah terjadinya endapan.

3. Kekotoran fluida

Fluida kotor dilewatkan melalui tube karena tube-tube dengan mudah dapat dibersihkan. Dilewatkan melalui shell, bila tube tidak dapat dibersihkan atau sejumlah besar dari cokes atau reruntuhan ada yang terkumpul di shell dan dapat dihilangkan melalui tempat pembuangan pada shell.



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

4. Kekorosian fluida

Korosi dipengaruhi oleh penggunaan dari paduan logam. Oleh karena itu fluida yang korosif dialirkan melalui tube untuk menghemat biaya yang terjadi karena kerusakan shell.

5. Tekanan

Fluida bertekanan tinggi dilewatkan pada tube, apabila dilewatkan shell membutuhkan diameter dan ketebalan yang lebih, sehingga membutuhkan biaya yang lebih mahal.

6. Suhu

Fluida dengan suhu tinggi dilewatkan pada tube karena panasnya ditransfer ke arah permukaan luar tube atau ke arah shell sehingga akan diserap oleh fluida yang mengalir di shell. Apabila fluida dengan temperatur lebih tinggi dilewatkan pada shell maka transfer panas tidak hanya dilakukan ke arah tube, ada kemungkinan transfer panas juga terjadi ke arah luar shell (ke lingkungan).

7. Kuantitas

Fluida yang memiliki volume yang besar dilewatkan melalui tube untuk memaksimalkan proses perpindahan panas yang terjadi.

8. Viskositas

Fluida yang viskos atau memiliki laju rendah, dilewatkan melalui shell karena dapat menggunakan baffle.

9. Pressure drop

Peletakan fluida dalam tube akan lebih mudah dalam pengalkulasian pressure drop.

10. Sediment/Suspended Solid/Fouling

Fluida yang mengandung Sediment/Suspended Solid atau yang menyebabkan fouling sebaiknya dialirkan di tube karena mudah dibersihkan. Jika fluida yang mengandung sediment dialirkan di shell, maka sediment/fouling tersebut akan terakumulasi pada stagnant zone di sekitar



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

baffle, sehingga cleaning pada sisi shell menjadi tidak mungkin dilakukan tanpa mencabut tube bundle.

Dalam penggunaan alat-alat perpindahan panas tersebut, ada dua hal, yang perlu diperhatikan dan ditetapkan batasnya yaitu :

1. Hal yang berkaitan dengan kemampuan alat untuk mengalihkan panas dari fluida dingin lewat dinding tube.
2. Hal yang berkaitan dengan penurunan tekanan yang terjadi pada masing-masing fluida ketika mengalir melalui alat tersebut. Suatu alat perpindahan panas dinilai mampu berfungsi dengan baik dalam penggunaannya apabila memenuhi ketentuan yaitu mampu memindahkan panas sesuai dengan kebutuhan proses operasi dalam keadaan kotor (fouling factor atau Rd). Rd adalah gabungan maksimum terhadap perpindahan panas yang diperlukan oleh kotoran yang menempel pada bagian permukaan dinding shell dan tube apabila tidak dibersihkan akan mengurangi perpindahan panas yang terjadi. Penurunan tekanan yang terjadi pada masing-masing aliran berbeda dalam batas-batas yang diizinkan, yaitu :
 - a. Untuk aliran uap dan gas, ΔP tidak melebihi 0,5-2,0 psi
 - b. Untuk aliran cairan, ΔP tidak melebihi 5-10 psi

Kedua ketentuan tersebut harus diperhatikan baik dalam melaksanakan evaluasi maupun analisis performance suatu alat perpindahan panas.

(Kern, 1965)

II.2.7 Analisa Performance *Heat Exchanger*

Untuk menganalisa performance suatu *Heat Exchanger*, parameter-parameter yang digunakan adalah :

1. Duty (Q)

Duty merupakan besarnya energi atau panas yang ditransfer per waktu. Duty dapat dihitung baik pada fluida dingin atau fluida panas. Apabila duty pada saat operasional lebih kecil dibandingkan dengan duty pada kondisi



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

desain, kemungkinan terjadi heat losses, fouling dalam tube, penurunan laju alir (fluida panas atau dingin), dan lain-lain. Duty dapat meningkat seiring bertambahnya kapasitas. Untuk menghitung unjuk kerja alat penukar panas, pada dasarnya menggunakan persamaan berikut :

$$Q = W \times Cp \times \Delta T \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

Q = Jumlah panas yang dipindahkan (Btu/hr)

W = Laju alir (lb/hr)

Cp = Specific heat fluida (Btu/lb °F)

Δt = Perbedaan temperatur yang masuk dan keluar (°F)

2. *Log Mean Temperature Difference (LMTD)*

$$LMTD = \frac{\Delta th - \Delta tc}{\ln \frac{\Delta th}{\Delta tc}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

Δth = Beda temperatur tinggi (°F)

Δtc = Beda temperatur rendah (°F)

3. *Uc (Clean Overall Coeficient)*

Clean Overall Coeficient merupakan koefisien panas menyeluruh pada awal *Heat Exchanger* yang dipakai (masih bersih), biasanya ditentukan oleh besarnya tahanan konveksi ho dan hio, sedangkan tahanan konduksi diabaikan karena sangat kecil bila dibandingkan dengan tahanan konveksi.

$$Uc = \frac{hio \cdot ho}{hio + ho} \dots\dots\dots(3)$$

4. *UD (Design/Dirty Overall Coeficient)*

Design/Dirty Overall Coeficient merupakan koefisien perpindahan panas menyeluruh setelah terjadi pengotoran pada *Heat Exchanger*, besarnya Ud lebih kecil daripada Uc.

$$Ud = \frac{Q}{Nt \times a'' \times L \times LMTD} \dots\dots\dots(4)$$



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

5. Heat Balance

Bila panas yang diterima fluida lebih kecil daripada panas yang dilepaskan fluida panas berarti panas yang hilang lebih besar dan ini mengurangi performance suatu *Heat Exchanger*.

$$Q = W \cdot Cp \cdot (T1 - T2) = w \cdot Cp \cdot (t1 - t2) \dots \dots \dots (5)$$

6. Fouling factor

Rd atau Fouling factor merupakan resistance dan *Heat Exchanger* yang dimaksudkan untuk mereduksi korosifitas akibat dari interaksi antara fluida dengan dinding pipa *Heat Exchanger*, tetapi setelah digunakan beberapa lama Rd akan mengalami akumulasi (deposited), hal ini tidak baik untuk *Heat Exchanger* karena Rd yang besar akan menghambat laju perpindahan panas antara *hot fluid* dan *cold fluid*. Jika fouling tidak dapat dicegah, dibutuhkan pembersihan secara periodik. Beberapa cara pembersihan yaitu secara kimia contohnya pembersihan endapan karbonat dan klorinasi, secara mekanis contohnya dengan mengikis atau penyikatan dan dengan penyemprotan semprotan air dengan kecepatan sangat tinggi. Pembersihan ini membutuhkan waktu yang tidak singkat sehingga terkadang operasi produksi harus dihentikan.

$$Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Ud} \dots \dots \dots (6)$$

Bila $Rd \text{ (deposited)} > Rd \text{ (allowed)}$ maka *Heat Exchanger* tersebut perlu dibersihkan.

7. Pressure Drop (ΔP)

Penurunan tekanan baik di shell maupun di tube tidak boleh melebihi batas pressure drop yang diizinkan. Tekanan dalam *Heat Exchanger*, merupakan Driving Force bagi aliran fluida di shell maupun di tube, jika pressure drop lebih besar dari yang diizinkan yaitu 10 psi, maka akan menyebabkan laju alir massa (lb/hr) inlet fluida di shell dan di tube jauh berbeda dengan laju alir massa outlet masing-masing fluida. Hal ini akan menurunkan



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK
DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS)
PERIODE SEPTEMBER 2023**

performance dari *Heat Exchanger* tersebut. Pressure drop pada shell dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot (G_s)^2 \cdot D_s \cdot (N + 1)}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D_e \cdot S_g \cdot \phi_s} \dots \dots \dots (7)$$

Pressure drop pada tube dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot (G_t)^2 \cdot L \cdot n}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D_e \cdot S_g \cdot \phi_t} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

f = fanning friction factor

G_s = laju aliran massa per satuan luas dalam shell

N = jumlah pass/ laluan tube

D = diameter dalam tube

S_g = specific gravity

Penurunan tekanan baik di shell maupun di tube tidak boleh melebihi batas pressure drop yang diizinkan. Tekanan dalam *Heat Exchanger*, merupakan driving force bagi aliran fluida di shell maupun di tube, jika pressure drop lebih besar dari yang diizinkan maka akan menyebabkan laju alir massa inlet fluida di tube jauh berbeda dengan laju alir massa outlet masing-masing fluida. Hal ini akan menurunkan performance dari *Heat Exchanger* tersebut. Dalam menganalisa performance shell dan tube *Heat Exchanger* diasumsikan :

- a. Terdapat heating surface yang sama pada setiap pass.
- b. Overall Coefficient Heat Transfer (U_c) adalah konstan.
- c. Laju alir massa fluida di shell dan di tube adalah konstan.
- d. Specific Heat dari masing-masing fluida adalah konstan.
- e. Tidak ada perubahan fasa penguapan pada setiap bagian dari *Heat Exchanger*.
- f. Heat Loss diabaikan.