

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II. 1 Uraian Proses

II.1.1 Prinsip Dasar Destilasi Atmosferik

Proses pengolahan minyak bumi di PPSDM Migas Cepu menggunakan Crude Destilation Unit (CDU). Proses ini terjadi di distilasi atmosferik. Unit distilasi atmosferik merupakan suatu unit yang bertugas melaksanakan seluruh rangkaian kegiatan pemisahan minyak mentah (crude oil) menjadi produk – produk minyak bumi berdasarkan tekanan satu atmosfer.

II.1.2. Peralatan Unit Kilang

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

1. Pompa

Fungsi pompa di kilang adalah untuk mengalirkan cairan dari suatu tempat ketempat. Yang digunakan adalah pompa 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) : digunakan untuk memompa feed (umpan) dari tangki feed ke proses.
- b. Pompa Reflux : digunakan untuk memompa dari tangki naphta ke kolom C-1 dan C-2
- c. Pompa Fuel Oil : digunakan untuk memompa bahan bakar (fuel oil) dari tangki fuel oil ke furnance dan boiler Pompa Distribusi : digunakan untuk memompa produk dari tangki produk ke tangki depot dan mobil tangki.

2. Alat Penukar Panas (*Heat Exchanger*)

Heat Exchanger merupakan alat untuk memanaskan crude oil dengan memanfaatkan panas produk kilang. HE berfungsi sebagai pemanas awal (*preheater*) crude oil untuk tujuan efisiensi panas. HE yang digunakan adalah jenis *Shell and Tube Heat Exchanger*, Crude Oil dilewatkan pada shell dan produk panas dalam tube. Jumlah HE yang dioperasikan ada lima unit, dua HE memanfaatkan

panas produk residu, satu HE memanfaatkan panas produk naphta, dan dua HE memanfaatkan panas produk solar, sehingga temperature crude oil naik dari kurang lebih 33 °C. menjadi kurang lebih 120 °C.

3. Stabilizer

Setelah keluar dari *Heat Exchanger* (HE), produk yang bersuhu 120 °C masuk kedalam *Stabilizer* yang terdapat setelah keluar dari *Heat Exchanger* yang berjumlah 1 buah. Fungsi dari stabilizer ini adalah agar aliran produk yang telah keluar dari *Heat Exchanger* stabil untuk masuk ke dalam furnace.

4. Dapur Pemanas / Furnance

Berfungsi untuk memanaskan *crude oil* dari kurang lebih 120 °C. menjadi kurang lebih 330 °C. Pada temperature 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 dari furnance. Produk dari furnance 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 memisahkan masing-masing fraksi yang dikehendaki sesuai titik didihnya. Jumlah kolom fraksinasi ada tiga unit, dua unit 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 unuk 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. Ada 12 unit condenser yang dioperasikan, empat unit condenser sebagai partial condesor dan delapan unit condesor 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 – produknya. 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

Heat transfer merupakan alat penukar panas yang dapat digunakan untuk memanfaatkan atau mengambil panas dari suatu fluida untuk dipindahkan ke fluida lain dan merupakan ilmu dasar yang paling sering digunakan pada industri pabrik kimia. Efektivitas penggunaan dan pemanfaatan panas dari proses heat exchanger akan mempengaruhi ekonomi operasi pada kilang. *Heat exchanger* merupakan peralatan yang berfungsi untuk memfasilitasi perpindahan panas pada suatu proses. Perpindahan panas yang terjadi dapat berfungsi untuk pendinginan (*cooling dan condensation*) maupun pemanasan (*heating dan reboiling / evaporating*).

Pada proses pengilangan minyak, heat exchanger merupakan peralatan yang paling sering digunakan. Pemanfaatan dan pengoperasian *heat exchanger* secara optimum akan meningkatkan efisiensi energi pada suatu unit proses yang pada akhirnya berpengaruh terhadap *operating cost* unit proses maupun kilang tersebut. Selain itu operasi heat exchanger juga ditujukan untuk pertimbangan aspek keselamatan dan keamanan serta lingkungan.

Alat penukar kalor sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dari keseluruhan rangkaian proses pada suatu industri. Apabila terjadi kegagalan operasi pada peralatan ini baik mekanikal maupun operasional dapat menyebabkan berhentinya unit operasi. Selain itu dalam suatu kilang minyak, proses perpindahan

panas sangat penting dalam rangka energi konservasi, keperluan proses, persyaratan keamanan dan perlindungan terhadap lingkungan.

Maka suatu alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) dituntut untuk memiliki kinerja yang baik agar diperoleh hasil yang maksimal serta dapat menunjang penuh terhadap suatu unit operasi.

(Kern, 1965)

II.2.1 Prinsip Kerja Heat Exchanger

Prinsip kerja dari alat penukar kalor yaitu memindahkan panas dari dua fluida pada temperatur berbeda di mana transfer panas dapat dilakukan secara langsung ataupun tidak langsung :

a. 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 interfase / 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.

b. Secara kontak tak langsung

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

(Kern, 1965)

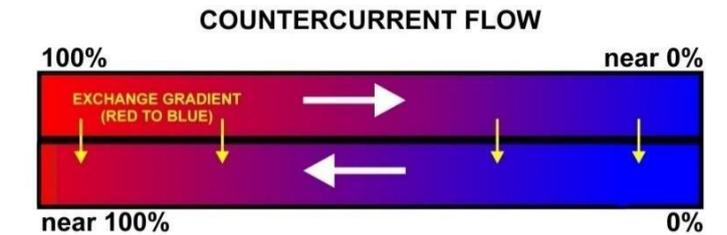
II.2.2 Tipe Aliran dalam Heat Exchanger

Pada alat *heat exchanger* terdapat empat tipe aliran dalam alat penukar panas, yaitu :

a. *Counter current flow* (berlawanan arah)

Counter current flow adalah aliran berlawanan arah, dimana fluida yang satu masuk pada satu ujung penukar kalor, sedangkan fluida yang satu lagi masuk pada ujung penukar kalor yang lain, masing-masing fluida mengalir menuju arah yang berlawanan. Untuk tipe *Counter current flow* ini memberikan panas yang lebih baik bila dibandingkan dengan aliran searah atau paralel. Sedangkan banyaknya *pass*

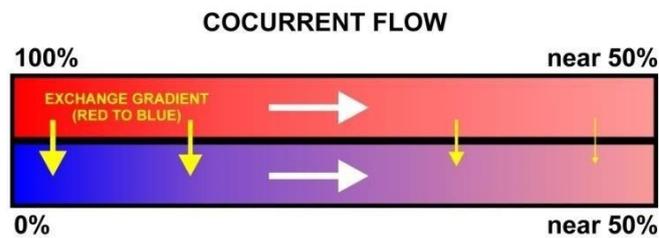
(lintasan) juga berpengaruh terhadap efektifitas dari alat penukar panas yang digunakan.



Gambar II.1 Tipe aliran *Counter current flow* (berlawanan arah)

b. *Parallel flow / co-current* (searah)

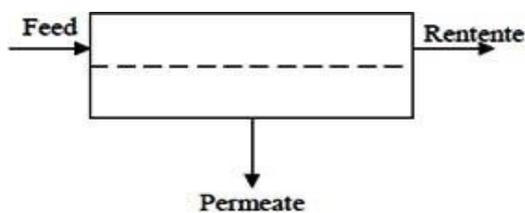
Parallel flow atau *co-current* adalah aliran searah, dimana kedua fluida masuk pada ujung penukar panas yang sama dan kedua fluida mengalir searah menuju ujung penukar panas yang lain.



Gambar II.2 Tipe aliran *Parallel flow / co-current* (searah)

c. *Cross flow* (silang)

Cross flow atau sering disebut dengan aliran silang adalah fluida-fluida yang mengalir sepanjang permukaan bergerak dalam arah saling tegak lurus.



Gambar II.3 Tipe aliran *Cross flow* (silang)

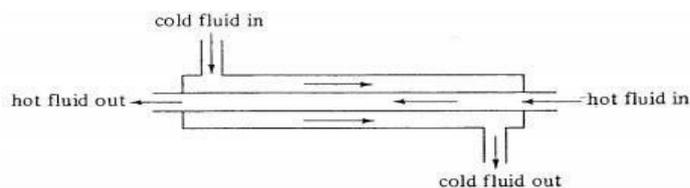
(Kern, 1965)

II.2.3 Jenis Heat Exchanger

Heat exchanger sendiri memiliki jenis yang bermacam-macam. Beberapa contoh heat exchanger adalah :

1. Double-pipe heat exchanger

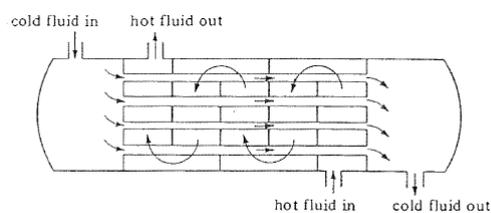
Merupakan jenis paling sederhana dari heat exchanger. Satu fluida mengalir dalam pipa bagian dalam dan fluida lain berada diantara 2 pipa yang ada. Aliran fluida dapat bersifat co-current atau countercurrent. Heat exchanger ini terbuat dari 2 pipa dengan panjang yang sama dan pada ujung pipa diberi fitting. Jenis ini biasa digunakan untuk laju alir rendah.



Gambar II.4 Skema Sederhana Double Pipe Heat Exchanger dan Alirannya

2. Shell and Tube heat exchanger

Jenis ini digunakan untuk laju alir yang lebih tinggi, sehingga sering digunakan di industri. Tube dipasang secara parallel dan banyak didalam satu shell. Fluida dingin masuk kedalam tube. Fluida panas masuk dari ujung yang berbeda aliran countercurrent di bagian shell.

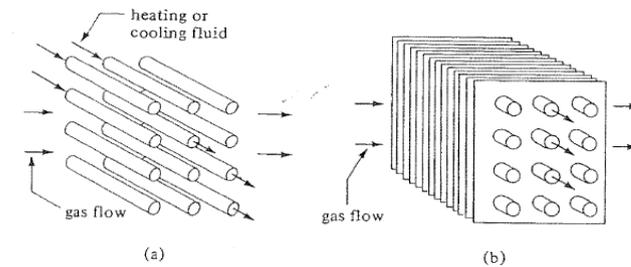


Gambar II.5 Skema Sederhana Shell and Tube Heat Exchanger dan Alirannya

3. Cross Flow exchanger.

Jenis ini biasa digunakan untuk memanaskan atau mendinginkan udara. Cairan dialirkan kedalam tube dan gas dialirkan di bagian luar tube baik menggunakan gaya ataupun konveksi alami. Cairan dalam tube tidak disarankan untuk dicampur dengan aliran lain. Sedangkan untuk gas pemanas/pendingin, aliran udara boleh

bercampur agar temperatur di seluruh tube dapat tersebar secara merata. Untuk fluida yang tidak bercampur dalam tube, akan terjadi gradient temperatur yang paralel dan normal pada arah alirannya.

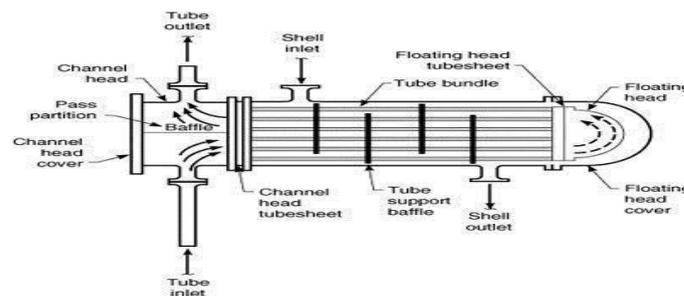


Gambar II.6 Skema Sederhana *Cross Flow Exchanger* dan Alirannya

II.2.4 Shell and Tube Heat Exchanger

Jenis ini merupakan tipe alat penukar panas yang paling sering digunakan di industri terutama industri petrokimia karena harganya yang relatif murah dan perawatannya yang mudah. Tipe alat penukar panas pada HE-002 juga merupakan tipe *shell and tube*, dimana perpindahan panas terjadi secara konduksi dan radiasi. Dilihat dari penggunaannya alat ini dibagi dalam dua kategori yaitu :

1. Penukar panas proses (proses *heat exchanger*)
2. Penukar panas pembangkit tenaga (*power plant heat exchanger*)



Gambar II.7 Bagian Shell and Tube Heat Exchanger

(Kern, 1965)

Keuntungan *shell and tube exchanger* merupakan *heat exchanger* yang paling banyak digunakan pada proses-proses industri karena mampu memberikan rasio area perpindahan panas dengan volume dan massa fluida yang cukup kecil. Selain itu juga dapat mengakomodasi ekspansi termal, mudah untuk dibersihkan, dan

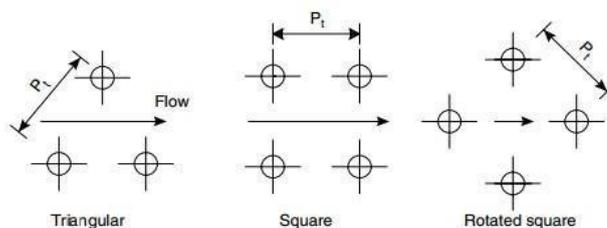
konstruksinya juga cukup murah di antara yang lain. Untuk menjamin bahwa fluida pada *shell side* mengalir melintasi tabung dan dengan demikian menyebabkan perpindahan kalor yang lebih tinggi, maka di dalam *shell* tersebut dipasang sekat/penghalang/*baffle* (Za Tendra, 2011).

II.2.5 Komponen Shell and Tube Heat Exchanger

Komponen-komponen utama *shell and tube heat exchanger* ini terdiri dari :

1) Tube

Tube pada sebuah Heat Exchanger biasanya berupa pipa-pipa kecil dalam jumlah tertentu dan dalam diameter tertentu pula. 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 WireGage*” (BWG). Ukuran pipa tersebut secara umum biasanya digunakan dengan 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.8 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. Perbandingan pola segitiga, persegi dan *diamond* pada susunan *tube*

Jenis	Kelebihan	Kekurangan
Segitiga	<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 besar 2. Pembersihan sulit, menggunakan bahan Kimia
Persegi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pressure drop rendah 2. Dapat dibersihkan secara mekanik 3. Cocok untuk menangani fluida fouling 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Koefisien film relative rendah
Diamond	<ol style="list-style-type: none"> 1. Koefisien film lebih tinggi dibandingkan pola persegi, namun dibawah pola segitiga. 2. Mudah dibersihkan secara mekanik 3. Baik untuk fluida fouling 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pressure drop tidak serendah square pitch 2. Koefisien film relative rendah

(Sumber :Diolah dari Berbagai Sumber)

2) Tube Pitch

Lubang-lubang pipa pada penampang shell dan tube tidak disusun secara begitu saja namun mengikuti aturan tertentu. Lubang tube (tube hole) tidak boleh saling berdekatan. Jarak antar dua buah tube yang saling berdekatan disebut dengan *clearance*. Jumlah pipa dan ukuran tube pun harus disesuaikan dengan ukuran shell-nya, ketentuan ini mengikuti aturan baku yang ada. 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*

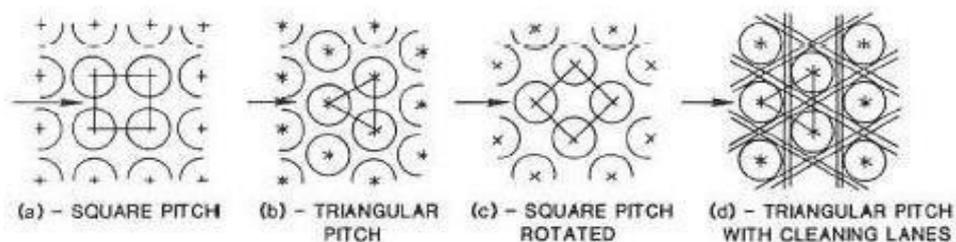
Digunakan untuk fluida yang tingkat kekotorannya tinggi ataupun rendah. Pusat-pusat *tube* saling membentuk sudut 60° searah dengan aliran fluidanya.

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.9 Jenis Tube Pitch

3) *Tube Sheet*

Berfungsi sebagai tempat untuk merangkai ujung-ujung tube sehingga menjadi satu yang disebut *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 menyatukan *tube-tube* menjadi *tube bundle* dan sebagai pemisah

antara *tube side* dengan *shell*. *Tube sheet* harus tahan korosi terhadap fluida.

4) *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.

5) *Shell*

Konstruksi dari *shell* ini 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* dalam sebuah *heat exchanger* 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*.

6) *Baffle*

Baffle merupakan bagian yang penting dari alat penukar panas. Kondisi kecepatan aliran baik dalam shell maupun tube dapat diatur oleh *baffle*. Fungsi *baffle* ini adalah 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.

7) *Longitudinal Baffle*

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

8) *Nozzle*

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

9) *Channel*

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

(Kern, 1965)

II.2.6 Pemilihan Fluida yang dilewatkan *Tube and Shell*

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

1. Kemudahan perawatan

Jika dibandingkan cara membersihkan *tube and shell*, maka 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 dan 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 *coke*s atau reruntuhan ada yang terkumpul di *shell* dan dapat dihilangkan melalui tempat pembuangan pada *shell*.

4. Kekorosian fluida

Masalah korosi sangat dipengaruhi oleh penggunaan dari paduan logam. Paduan logam tersebut mahal 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 karena bila 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 seluruhnya ke arah permukaan luar *tube* atau ke arah *shell* sehingga akan diserap sepenuhnya oleh fluida yang mengalir di *shell*. Apabila fluida dengan temperatur lebih tinggi dilewatkan pada *shell* maka transfer panas tidak hanya dilakukan ke arah *tube*, tetapi 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 kalkulasi *pressure drop*.

10. Sediment/Suspended Solid/Fouling

Fluida yang mengandung Sediment/Suspended Solid atau yang menyebabkan *fouling* sebaiknya dialirkan di *tube* sehingga *tube-tube* dengan mudah dibersihkan. Jika fluida yang mengandung sediment dialirkan di *shell*, maka sediment/*fouling* tersebut akan terakumulasi pada *stagnant zone* di sekitar *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 batasbatas yang diijinkan, yaitu :

Untuk aliran uap dan gas P tidak melebihi 0,5-2,0 psi

Untuk aliran cairan P 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 Pembersihan dan Pemeliharaan (*maintenance*) Heat Exchanger

Biasanya heat exchanger dihitung faktor kekotorannya setelah beberapa periode. Jika sudah mendekati periode tersebut heat exchanger tersebut tidak dapat bekerja secara maksimal karena adanya kotoran-kotoran yang melekat pada dinding shell maupun tube. Hal ini dapat diatasi dengan cara memberhentikan heat exchanger sementara kemudian dilakukan pembersihan pada heat exchanger tersebut.

Dalam proses pemurnian minyak bumi, sering ditemui *cake* dan kotoran lainnya yang korosif dan dapat merusak alat. Untuk meminimkan kadar korosi serat deposit garam dalam alat tersebut maka biasanya digunakan suatu katalisator negatif dalam sistem pengoperasiannya.

Pada prinsipnya *maintenance* dapat dibagi menjadi dua yaitu *planned maintenance* dan *unplanned maintenance*. Adapun jenis *maintenance* dapat dibedakan sebagai berikut :

a. Preventive Maintenance

Tindakan agar peralatan tidak mengalami kerusakan atau gangguan. Oleh karena itu, tindakan ini bertujuan menekan suatu tingkat keadaan yang menunjukkan gejala kerusakan sebelum peralatan tersebut mengalami kerusakan fatal sehingga umur pemakaiannya panjang.

b. Corrective Maintenance

Tindakan *corrective* atau perbaikan tidak saja hanya memperbaiki kerusakan akan tetapi terutama mempelajari sebab-sebabnya dan bagaimana cara mengatasinya agar tidak terulang lagi, frekuensi *corrective* sangat dipengaruhi sejauh mana *preventive* dilakukan.

c. Break Down

Merupakan salah satu bentuk tindakan perbaikan terhadap peralatan dengan cara membongkar pasang yang dikenal *overhead*. *Overhead* dibagi dua *minor* dan *major*, penentuan *overhead minor* atau *major* berdasarkan :

- 1) Tingkat kesulitan kerusakan.
- 2) Waktu yang dipergunakan untuk perbaikan
- 3) Kebutuhan tenaga (ahli atau tukang)
- 4) Besarnya biaya.

d. Shut Down

Peralatan yang mendadak mati atau ada yang mengartikan dimatikan, dalam hal ini disengaja dimatikan untuk keperluan tindakan *maintenance*, perbedaan pengertian ini berdasarkan pengalaman di lapangan namun pada dasarnya *shut down* adalah mati atau terhentinya karena kerusakan atau dalam rangka perbaikan.

e. Over Haul

Pemeriksaan dan perbaikan secara menyeluruh terhadap sesuatu fasilitas atau peralatan sehingga mencapai standar yang dapat diterima.

- 1) *Minor Over Haul* adalah perbaikan dalam kriteria ringan.
- 2) *Major Over Haul* adalah perbaikan dalam kriteria berat.

Kriteria ringan dan berat berdasarkan tingkat kesulitan, waktu yang dipergunakan, keahlian tenaga kerja dan besarnya biaya yang dibutuhkan.

f. Predictive Maintenance

Merupakan perkiraan terhadap peralatan yang diperkirakan dalam waktu tertentu akan rusak, mungkin karena sudah menunjukkan gejala atau karena perkiraan atas umur peralatan tersebut. Jadi *predictive maintenance* adalah bentuk baru dari *planned maintenance* dimana penggantian komponen/suku cadang dilakukan lebih awal waktu terjadinya kerusakan.

g. *Unplanned Maintenance*

Pelaksanaan perbaikan terhadap suatu fasilitas karena kerusakan di luar *schedule* atau terjadi *emergency*. Biasanya dilakukan dengan *break down* atau *overhaul*, suatu kejadian yang tidak dikehendaki oleh siapapun. Kejadian ini sangat dihindari, maka tindakan *corrective* berdasarkan *planned maintenance* merupakan hal mutlak untuk menghindari *emergency*. Kerugian atas terjadinya *emergency* akan lebih besar demikian juga dengan *lost production* akan lebih besar.

(Kern, 1965)

II.2.8 Analisa *Performance Heat Exchanger*

Untuk menganalisa performa 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 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 :

$$Q = W \times C_p \times \Delta T$$

Keterangan :

Q = Jumlah panas yang dipindahkan (Btu/hr)

W = Laju alir (lb/hr)

C_p = *Specific heat* fluida (Btu/lb °F)

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

2. Log Mean Temperature Difference

$$LMTD = \frac{\Delta t_h - \Delta t_c}{\ln \frac{\Delta t_h}{\Delta t_c}}$$

Keterangan :

Δt_h = Beda temperatur tinggi (°F)

Δt_c = Beda temperatur rendah (°F)

3. U_c (Clean Overall Coeficient)

Clean Overall Coeficient merupakan koefisien panas menyeluruh pada awal Heat Exchanger yang dipakai (masih bersih), biasanya ditentukan oleh besarnya tahanan konveksi h_o dan h_{i0} , sedangkan tahanan konduksi diabaikan karena sangat kecil bila dibandingkan dengan tahanan konveksi.

$$U_c = \frac{h_{i0} \cdot h_o}{h_{i0} + h_o}$$

4. U_d (Design/Dirty Overall Coeficient)

Design/Dirty Overall Coeficient merupakan koefisien perpindahan panas menyeluruh setelah terjadi pengotoran pada heat exchanger, besarnya U_d lebih kecil daripada U_c .

$$U_d = \frac{Q}{Nt \times a'' \times L \times LMTD}$$

5. Heat Balance

$$Q = W \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2) = w \cdot C_p \cdot (t_1 - t_2)$$

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.

6. Fouling factor

R_d 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 R_d akan mengalami akumulasi (deposited), hal ini tidak baik untuk Heat Exchanger karena R_d 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.

$$Rd = \frac{Uco - Ud}{Uc \times Ud}$$

Bila Rd (deposited) > Rd (allowed) maka Heat Exchanger tersebut perlu dibersihkan. Rd yang diijinkan sebesar $0,004 \text{ hr.ft}^2 \cdot \text{°F/Btu}$.

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

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

Pressure drop pada tube dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot (G_t)^2 \cdot L \cdot N}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D \cdot Sg \cdot \phi_t}$$

Keterangan:

f = fanning friction factor

G_s = laju aliran massa per satuan luas dalam shell

N = jumlah pass/ laluan tube

D = diameter dalam tube

Sg = 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 performa dari *heat exchanger* tersebut.

Dalam menganalisa performa *shell* dan *tube heat exchanger* diasumsikan:

- 1) Terdapat heating surface yang sama pada setiap pass.
- 2) Overall Coefficient Heat Transfer (U_c) adalah konstan.
- 3) Laju alir massa fluida di shell dan di tube adalah konstan.
- 4) Specific Heat dari masing-masing fluida adalah konstan.
- 5) Tidak ada perubahan fasa penguapan pada setiap bagian dari heat exchanger.
- 6) Heat Loss diabaikan.

(Kern, 1965)

II.2.9 Evaluasi Kinerja Heat Transfer – 002

Tabel II.2 Dimensi Heat Exchanger – 002

Shell			
Uraian	Notasi	Satuan	
a) Diameter luar	ODs	inchi	31,614
b) Diameter dalam	ID	inchi	30,748
c) Jumlah baffle	N	buah	4
d) Jarak antar baffle	B	inchi	23,623
e) Jumlah passes	n		1
f) Jenis fluida			Solar
Tube			
Uraian	Notasi	Satuan	
a) Diameter luar	ODs	inchi	1
b) Panjang tube	L	ft	10
c) Jumlah tube	Nt	buah	400
d) BWG			14
e) Pitch	Pt	inchi	1,25
f) Jarak antar tube	C'	inchi	0,25
g) Jumlah passes	n		1
h) Jenis fluida			Crude oil
Shell			
Uraian	Notasi	Satuan	
a) Diameter luar	ODs	inchi	31,614
b) Diameter dalam	ID	inchi	30,748
c) Jumlah baffle	N	buah	4
d) Jarak antar baffle	B	inchi	23,623
e) Jumlah passes	n		1
f) Jenis fluida			Solar

Tabel II.3 Data Lapangan

Shell (Solar)				
Tanggal	Kapasitas/Hari (L/D)	Suhu Masuk (T ₁) °C	Suhu Keluar (T ₂) °C	Densitas (ρ) kg/m ³
05/10/2020	110154	125	105	828
06/10/2020	86871	92	84	826
07/10/2020	47869	70	68	820
Rata-Rata	81631,333	95,667	85,667	824,667
Tube (Crude Oil)				
Tanggal	Kapasitas/Hari (L/D)	Suhu Masuk (t ₁) °C	Suhu Keluar (t ₂) °C	Densitas (ρ) kg/m ³
05/10/2020	184931	35	51	829
06/10/2020	158086	34	45	827,5
07/10/2020	146496	34	38	827
Rata-Rata	163171,000	34,333	44,667	827,833

Tabel II.3 Data Hasil Evaluasi HE-002

U_c (<i>Clean Overall Heat Transfer Coefficient</i>)	4,9217 Btu/ft ² hr°F
U_d (<i>Dirt Overall Heat Transfer Coefficient</i>)	1,1722 Btu/ft ² hr°F
R_d (<i>Dirt Factor Coefficient</i>)	0,6499 Btu/ft ² hr°F
ΔP_{shell}	0,0008737 psi
ΔP_{tube}	0,0008019 psi

Dalam menangani alat-alat perpindahan panas seperti Heat Exchanger, ada dua hal pokok yang perlu diperhatikan dan ditetapkan batasnya yaitu :

- Hal yang berkaitan dengan kemampuan alat untuk mentransfer panas dari fluida bersuhu tinggi (Shell) ke fluida bersuhu rendah (Tube) melalui dinding tube.
- Hal yang berkaitan dengan penurunan tekanan yang terjadi pada masing-masing fluida ketika mengalir melalui alat tersebut.

Suatu alat perpindahan panas seperti Heat Exchanger dinilai mampu berfungsi dengan baik untuk penggunaan tertentu apabila memenuhi dua ketentuan. Yang mana kedua ketentuan tersebut harus diperhatikan baik dalam melaksanakan evaluasi atau analisa dari performa HE yang sudah ada maupun dalam merancang

suatu alat perpindahan panas yang baru. Parameter-parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja suatu Heat Exchanger meliputi :

1. Kemampuan memindahkan panas sesuai dengan kebutuhan proses operasi dalam keadaan kotor *Dirt Factor* (R_d). *Dirt Factor Coefficient* menunjukkan tahanan kotor yang digunakan untuk mengantisipasi penumpukan kerak pada dinding dalam dan luar tube Heat Exchanger (yang apabila tidak dibersihkan setelah maksimum tercapai, panas yang dialihkan menjadi lebih kecil dari yang diperlukan proses/operasi). Hal yang paling penting dari *fouling factor* tergantung nilai U_c (*Clean Overall Heat Transfer Coefficient*) dan U_d (*Dirt Overall Heat Transfer Coefficient*), dimana nilai U_c harus lebih besar dari U_d yang merupakan ukuran *Excess Surface Area* (D.Q Kern), pada HE-002 nilai U_c yang didapatkan lebih besar U_d hal ini menunjukkan HE-002 masih memiliki *Excess Surface Area* sehingga masih layak untuk dipakai. Berdasarkan tabel 8 Kern nilai *dirt factor* yang diizinkan sebesar $0,003 \text{ Btu}/\text{ft}^2\text{hr}^\circ\text{F}$, sedangkan nilai R_d perhitungan untuk HE-02 adalah sebesar $0,6499 \text{ Btu}/\text{ft}^2\text{hr}^\circ\text{F}$. Karena nilainya masih di luar batas yang diizinkan maka efisiensi perpindahan panas HE-002 menurun. Hal ini juga disebabkan karena umur alat yang sudah tua serta adanya penumpukan kerak dan *impurities*. Untuk itu, HE-002 disarankan untuk dibersihkan agar perbandingan nilai dirt factor (R_d) menurun sehingga kemampuan alat HE-002 menjadi lebih baik.
2. Penurunan tekanan yang terjadi pada masing-masing aliran berbeda dalam batas-batas yang diizinkan ditentukan yaitu:
 - a. Untuk aliran uap dan gas ΔP tidak melebihi 0,5-2.0 psi.
 - b. Untuk aliran fluida ΔP tidak melebihi 5-10 psi .

Koefisien dari Heat Exchanger dihitung dari nilai penurunan tekanan yang diizinkan. Tekanan dalam heat exchanger merupakan driving force bagi aliran fluida di shell maupun di tube, jika penurunan tekanan lebih besar dari yang diizinkan maka akan menyebabkan laju alir massa inlet fluida di shell dan di tube akan jauh berbeda dengan laju alir massa outlet masing-masing fluida. Hal ini akan menurunkan performa dari heat exchanger tersebut. Dari perhitungan

diperoleh penurunan tekanan pada Shell (ΔP) sebesar 0,0008737 psi dan penurunan tekanan pada tube (ΔP) sebesar 0,0008019 psi. Sehingga HE-002 dinyatakan layak dioperasikan karena tidak melebihi standar batas yang diperbolehkan.