



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Proses

II.1.1 Prinsip Dasar Distilasi Atmosferis

Pada Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM) proses pengolahan minyak mentah menggunakan unit distilasi atmosferik. Unit distilasi atmosferik merupakan suatu unit yang bertugas untuk melaksanakan seluruh rangkaian kegiatan pemisahan minyak mentah (*crude oil*) menjadi produk-produk minyak bumi berdasarkan perbedaan titik didih komponen pada tekanan 1 atm. Bertujuan untuk memisahkan fraksi-fraksi yang ada pada *crude oil* menjadi produk-produk yang dikehendaki pada tekanan atmosfer.

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

Pompa berfungsi untuk mengalirkan cairan dari suatu tempat ke tempat lain. Pada unit kilang PPSDM pompa yang digunakan adalah pompa *reciprocating* (torak) dengan penggerak steam, pompa sentrifugal 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.
- d) Pompa Distribusi, digunakan untuk memompa produk dari tangki produk ke tangki depot dan mobil tangka.



2. Alat Penukar Panas (*Heat Exchanger*)

Merupakan alat untuk memanaskan *crude oil* dengan memanfaatkan panas produk kilang. *Heat Exchanger* berfungsi sebagai pemanas awal (*Preheater*) *crude oil* untuk tujuan efisiensi panas. *Heat Exchanger* yang digunakan adalah jenis *Shell and Tube Heat Exchanger*. *Crude Oil* dilewatkan pada *shell* dan produk panas dalam *tube*. Jumlah *Heat Exchanger* yang dioperasikan ada lima unit, dua *Heat Exchanger* memanfaatkan panas produk residu, satu HE memanfaatkan panas produk naphta, dan dua *Heat Exchanger* 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. *Stabilizer ini* berfungsi 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 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 memisahkan masing-masing fraksi yang dikehendaki sesuai trayek 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 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 – 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

II.2.1 Heat Exchanger

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, dll. 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 lindungan 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 konservasi energi, 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.

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

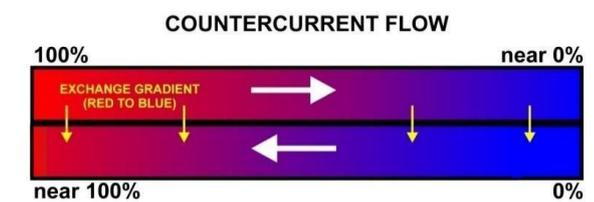
Perpindahan panas terjadi antara fluida panas dan dingin melalui dinding pemisah. Dalam sistem ini, kedua fluida akan mengalir.

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)

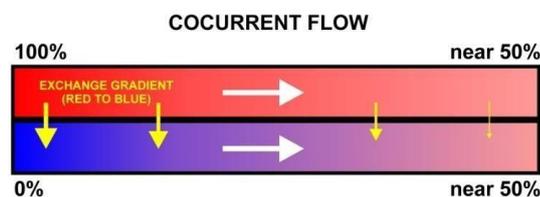
Counter current flow adalah aliran berlawanan arah, dimana fluida yang satu masuk pada satu ujung penukar kalor, sedangkan fluida yang satu lagi masuk pada ujung penukar kalor yang lain, masing-masing fluida mengalir menuju arah yang berlawanan. Untuk tipe *Counter current flow* ini memberikan panas 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)

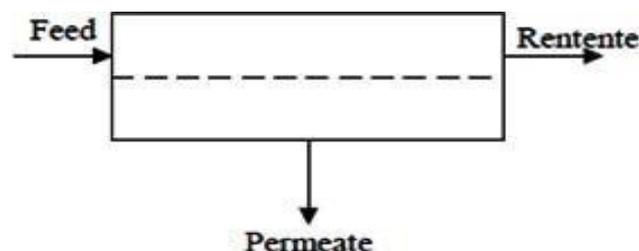
Parallel flow atau *co-current* adalah aliran searah, dimana kedua fluida masuk pada ujung penukar panas yang sama dan kedua fluida mengalir searah menuju ujung penukar panas yang lain.



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.



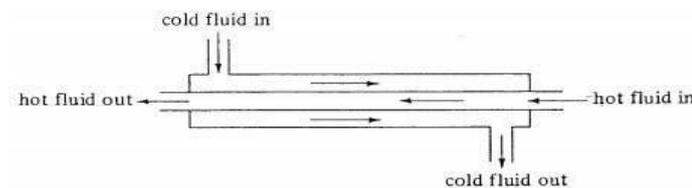
Gambar II.3 Tipe aliran *Cross flow* (silang)

3) Jenis *Heat Exchanger*

Heat Exchanger sendiri memiliki jenis yang bermacam-macam. Beberapa contoh *Heat Exchanger* adalah :

a *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 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*

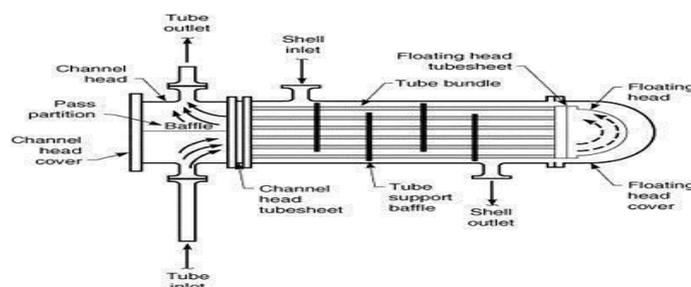
dan Alirannya

b *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 *counter current* di bagian *shell*.

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.5 Bagian Shell and Tube *Heat Exchanger*

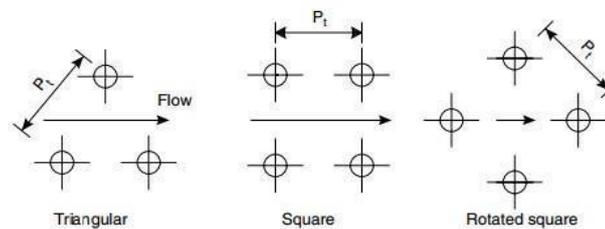
(Kern, 2010)

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 dipasangkan sekat/penghalang/*baffle* (Za Tendra, 2011).

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.6 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 <i>tube</i> dapat dibuat menjadi lebih banyak.	<ol style="list-style-type: none">1. Pressure drop cukup besar2. Pembersihan sulit, menggunakan bahan kimia
Persegi	<ol style="list-style-type: none">1. Pressure drop rendah2. Dapat dibersihkan secara mekanik3. Cocok untuk menangani fluida <i>fouling</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Koefisien film relatif rendah
Diamon	<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 <i>fouling</i>.	<ol style="list-style-type: none">1. Pressure drop tidak serendah <i>square pitch</i> Koefisien film relatif 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 shellnya, 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*

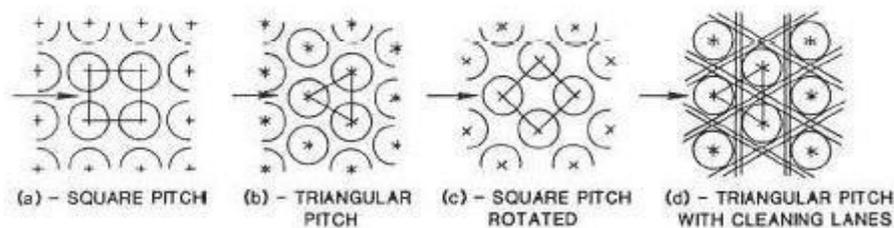
Digunakan untuk fluida yang tingkat kekotorannya tinggi ataupun rendah. Pusat-pusat *tube* saling membentuk sudut 60° searah dengan aliran fluidanya.

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.7 Jenis *Tube Pitch*

(Kern,2010)

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 ditukar 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) Channel

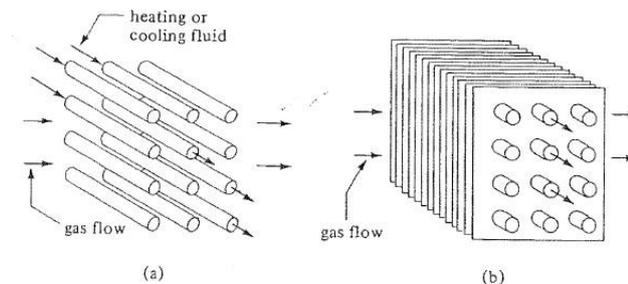
Channel berfungsi untuk membalikkan arah aliran fluida dalam tube pada fixed tube exchanger.

9) Nozzle

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

c *Cross Flow exchanger*

Jenis ini biasa digunakan untuk memanaskan atau mendinginkan udara. Cairan dialirkan ke dalam 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.8 Skema Sederhana *Cross Flow Exchanger* dan Alirannya

4) Pemilihan Fluida yang dilewatkan Tube and Shell

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

a 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.

b 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.

c 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.

d Kekorosan 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.

e Tekanan

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

f 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).

g Kuantitas

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

h Viskositas

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

i Pressure drop

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

j 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 :

- 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, 2010)

5) 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 alat tersebut.



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

6) 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 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)

Cp = Specific heat fluida (Btu/lb °F)

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

2. Log Mean Temperature Difference (LMTD)

$$LMTD = \frac{\Delta th - \Delta tc}{\ln \frac{\Delta th}{\Delta tc}}$$

Keterangan :

Δth = Beda temperatur tinggi (°F)

Δtc = Beda temperatur rendah (°F)

3. Uc (Clean Overall Coefficient)

Clean Overall Coefficient merupakan coefficient 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.

$$Uc = \frac{h_{io}h_o}{h_{io} + h_o}$$

4. Ud (Design/Dirty Overall Coefficient)

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

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

5. Heat balance

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

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

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

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

Bila Rd (deposited) > Rd (allowed) maka Heat Exchanger tersebut perlu dibersihkan. Berdasarkan dari buku Kern, 1965 Rd yang diizinkan sebesar 0,003 hr.ft².°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 :

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

Pressure drop pada tube dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot (Gs)^2 \cdot L \cdot n}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D \cdot S_g \cdot \phi_t}$$

Keterangan :

f = fanning friction factor

G_s = laju aliran massa per satuan luas dalam shell

N = jumlah pass/ laluan tube

D = diameter dalam tube

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:

- 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.2.2 Perhitungan *Evaluasi Kinerja Heat Exchanger-02*

II.2.2.1 Data *Heat Exchanger*

a. *Spesifikasi Heat Exchanger*

Tabel II.1 Spesifikasi Alat *Heat Exchanger-001 (HE-001)*

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

b) Data Lapangan

Tabel II.2 Data Operasi *Heat Exchanger-001* (HE-001)

<i>Shell (Solar)</i>				
Tanggal	Kapasitas (L/day)	Suhu Masuk (T1) °C	Suhu Keluar (T2) °C	Densitas (ρ) (Kg/m3)
03-Nov-21	151945	125	100	832
04-Nov-21	151135	120	95	834.333333
05-Nov-21	177158	130	105	833.5
06-Nov-21	275908	125	103	835
07-Nov-21	145937	125	102	834.88
08-Nov-21	166843	130	105	837.666667
09-Nov-21	184706	135	109	833.3
Rata-rata	179090.3	127.1429	102.7143	834.382857
<i>Shell (Solar)</i>				
Tanggal	Kapasitas (L/day)	Suhu Masuk (T1) °C	Suhu Keluar (T2) °C	Densitas (ρ) (Kg/m3)
03-Nov-21	267798	32	52	831.5
04-Nov-21	263469	32	49	834

05-Nov-21	295041	32	51	832
06-Nov-21	184574	32	51	833.3333
07-Nov-21	260115	32	52	833
08-Nov-21	291853	32	48	835
09-Nov-21	314246	32	50	826
Rata-rata	268156.6	32	50.42857	832.119

c) Perhitungan Evaluasi Kinerja Heat Exchanger

Tabel II.3 Perhitungan Heat Exchanger-001 (HE-001)

<i>Shell Side (Solar)</i>	<i>Tube Side (Crude Oil)</i>
$T_1 = 127,1429^\circ\text{C} = 266^\circ\text{F}$ $T_2 = 102,7143^\circ\text{C} = 215,8571^\circ\text{F}$ $V_{\text{solar}} = 179090,3 \text{ m}^3/\text{hari}$ $\quad = 263,5206 \text{ ft}^3/\text{jam}$ $\rho_{\text{solar}} = 832,3829 \text{ kg/m}^3$ $\quad = 52,08885 \text{ lb/ft}^3$	$t_1 = 32^\circ\text{C} = 89,6^\circ\text{F}$ $t_2 = 50,4286^\circ\text{C} = 122,7714^\circ\text{F}$ $V_{\text{crude}} = 268156,6 \text{ m}^3/\text{hari}$ $\quad = 394,5763 \text{ ft}^3/\text{jam}$ $\rho_{\text{crude}} = 832,119 \text{ kg/m}^3$ $\quad = 51,9475 \text{ lb/ft}^3$
Mass Flow	
$W_s = V_{\text{solar}} \times \rho_{\text{solar}}$ $\quad = 263,5206 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 52,08885$ $\quad \text{lb/ft}^3$ $\quad = 13726,49 \text{ lb/jam}$	$W_t = V_{\text{crude}} \times \rho_{\text{crude}}$ $\quad = 394,5763 \text{ ft}^3/\text{jam} \times 51,9475$ $\quad \text{lb/ft}^3$ $\quad = 20497,26 \text{ lb/jam}$
Perhitungan SG	
$\text{SG solar} = \frac{\rho_{\text{solar}}}{\rho_{\text{air}}}$ $\quad = \frac{834,3829 \text{ kg/m}^3}{999,99 \text{ kg/m}^3}$ $\quad = 0,8369$	$\text{SG crude} = \frac{\rho_{\text{solar}}}{\rho_{\text{air}}}$ $\quad = \frac{832,119 \text{ kg/m}^3}{999,99 \text{ kg/m}^3}$ $\quad = 0,8346$
Perhitungan Temperatur Rata-Rata	
$T_{\text{av}} = \frac{(T_1 + T_2)}{2}$ $\quad = \frac{(266^\circ\text{F} + 215,8571^\circ\text{F})}{2}$ $\quad = 240,9286^\circ\text{F}$	$T_{\text{av}} = \frac{(t_1 + t_2)}{2}$ $\quad = \frac{(89,6^\circ\text{F} + 122,7714^\circ\text{F})}{2}$ $\quad = 106,1857^\circ\text{F}$

$\begin{aligned} \text{°API} &= \frac{141,5}{SG \text{ solar}} - 131,5 \\ &= \frac{141,5}{0,8369} - 131,5 \\ &= 37,5776 \end{aligned}$ <p>Berdasarkan <i>fig. 4</i> kern Cp = 0,56 btu/lb °F</p>	$\begin{aligned} \text{°API} &= \frac{141,5}{SG \text{ solar}} - 131,5 \\ &= \frac{141,5}{0,8346} - 131,5 \\ &= 38,03764 \end{aligned}$ <p>Berdasarkan <i>fig. 4</i> kern Cp = 0,48 btu/lb °F</p>
Heat Balance	
$\begin{aligned} Q_s &= W_s \times C_p \times (T_1 - T_2) \\ &= 13726,49 \text{ lb/jam} \times 0,55 \\ &\quad \text{btu/lb}^\circ\text{F} \times (260,8571 + \\ &\quad 216,8857) \text{ }^\circ\text{F} \\ &= 331965,3 \text{ btu/jam} \end{aligned}$	$\begin{aligned} Q_t &= W_t \times C_p \times (t_2 - t_1) \\ &= 20497,26 \text{ lb/jam} \times 0,48 \\ &\quad \text{btu/lb}^\circ\text{F} \times (89,6 + \\ &\quad 122,7714) \text{ }^\circ\text{F} \\ &= 326363,3 \text{ btu/jam} \end{aligned}$
$\begin{aligned} Q_{\text{losses}} &= Q_s - Q_t \\ &= 331965,3 \text{ btu/jam} - 326363,3 \text{ btu/jam} \\ &= 5601,979 \text{ btu/jam} \end{aligned}$ $\begin{aligned} \text{Losses} &= \frac{Q_{\text{losses}}}{Q_s} \times 100\% \\ &= \frac{5601,979 \frac{\text{btu}}{\text{jam}}}{331965,3 \frac{\text{btu}}{\text{jam}}} \times 100 \\ &= 1,6875 \text{ \%} \end{aligned}$	
LMTD	
$\begin{aligned} LMTD &= \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \\ &= \frac{(266^\circ\text{F} + 215,8571^\circ\text{F}) - (122,7714^\circ\text{F} - 89,6^\circ\text{F})}{\ln \frac{(260,8571^\circ\text{F} + 216,5206^\circ\text{F})}{(122,7714^\circ\text{F} - 89,6^\circ\text{F})}} \\ &= 134,5645 \text{ }^\circ\text{F} \end{aligned}$ $R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)} = \frac{(266^\circ\text{F} + 215,8571^\circ\text{F})}{(122,7714^\circ\text{F} - 89,6^\circ\text{F})} = 1,5116$ $S = \frac{(t_2 - t_1)}{(T_1 - t_1)} = \frac{(122,7714^\circ\text{F} - 89,6^\circ\text{F})}{(266^\circ\text{F} - 89,6^\circ\text{F})} = 0,18805$ <p>Berdasarkan <i>fig. 18</i> Kern diperoleh nilai $f_t = 0,98$ maka :</p> $\Delta LMTD = f_t \times LMTD$ $\Delta LMTD = 1 \times 134,5645 \text{ }^\circ\text{F}$	

$\Delta LMTD = 131,8732 \text{ } ^\circ F$	
Faktor Controlling Fluida (ke solar)	
$\Delta T_h = T_1 - T_2 = 266 \text{ } ^\circ F - 215,8571 \text{ } ^\circ F = 50,1429 \text{ } ^\circ F$	
$\Delta T_c = T_2 - t_1 = 215,8571 \text{ } ^\circ F - 89,6 \text{ } ^\circ F = 183,8571 \text{ } ^\circ F$	
$\Delta t_h = T_1 - t_2 = 266 \text{ } ^\circ F - 122,7714 \text{ } ^\circ F = 143,2286 \text{ } ^\circ F$	
Berdasarkan fig.17 Kern dengan $^{\circ}API = 37,5777$, diperoleh $k_c = 0,15$	
Menentukan Friksi Kalor (Fc)	
$\frac{\Delta T_c}{\Delta t_h} = \frac{183,8571 \text{ } ^\circ F}{143,2286 \text{ } ^\circ F} = 1,2837$	
Berdasarkan fig.17 Kern dengan $^{\circ}API = 37,5777$, diperoleh $f_c = 0,51$	
Menghitung Suhu Kalor	
$T_c = T_2 + f_c \times (T_1 - T_2)$	$t_c = t_1 + f_c \times (t_2 - t_1)$
$T_c = 215,8571 \text{ } ^\circ F + 0,5 \times 50,1429 \text{ } ^\circ F$	$t_c = 89,6 \text{ } ^\circ F + 0,5 \times (122,7714 \text{ } ^\circ F$
$T_c = 241,43 \text{ } ^\circ F$	$\quad \quad \quad - 89,6 \text{ } ^\circ F)$
	$t_c = 106,5174 \text{ } ^\circ F$
Menghitung Luas Penampang Shell (as), Diameter Equivalen (De), dan Luas Penampang Aliran Dinding Tube (at)	
$as = \frac{ID_s \times C \times B}{Pt}$	Berdasarkan table 10 Kern dengan
$= \frac{30,748 \text{ in} \times 0,25 \text{ in} \times 23,623}{144 \text{ ft}^2}$	OD = 1 in
$= 1,008833 \text{ ft}^2$	BWG = 14
Berdasarkan fig. 28 Kern dengan data	Diperoleh flow area pertube, table 10
OD = 1 in	Kern
Pt triangular = 1,25 in	$at' = 0,546$
Diperoleh De = 0,72 in	Sehingga
$De = \frac{0,72}{12} \text{ ft}$	$at = \frac{Nt \times at'}{144 \frac{\text{in}^2}{\text{ft}^2} \times n}$
$De = 0,06 \text{ ft}$	$= \frac{400 \times 0,546}{144 \frac{\text{in}^2}{\text{ft}^2} \times 1}$
	$= 1,516667 \text{ ft}^2$

	<p>Berdasarkan table 10 Kern, dengan data :</p> <p>BWG = 14</p> <p>Diperoleh IDt = 0,834 in</p> $IDt = \frac{0,834}{12}$ <p>IDt = 0,0695 ft</p>
Menghitung Laju Alir Massa	
$Gs = \frac{Ws}{as}$ $Gs = \frac{13726,49 \text{ lb/jam}}{1,008833 \text{ ft}^2}$ $Gs = 13606,3 \frac{\text{lbft}^2}{\text{jam}}$	$Gt = \frac{Wt}{at}$ $Gt = \frac{20497,26 \text{ lb/jam}}{1,516667 \text{ ft}^2}$ $Gt = 13514,68 \frac{\text{lbft}^2}{\text{jam}}$
Bilangan Reynold	
<p>Berdasarkan fig. 14 dengan $T_c = 241,43^\circ\text{F}$ dan $^\circ\text{API} = 37,5777$, maka</p> <p>$\mu = 0,75 \text{ Cps} \times 2,42$</p> $\mu = 1,815 \frac{\text{lb}}{\text{ft jam}}$ $Res = \frac{De \times Gs}{\mu}$ $= \frac{0,06 \text{ ft} \times 13606,3 \frac{\text{lbft}^2}{\text{jam}}}{1,815 \frac{\text{lb}}{\text{ft jam}}}$ $= 449,795$	<p>Berdasarkan fig. 14 dengan $t_c = 106,1857^\circ\text{F}$ dan $^\circ\text{API} = 38,6742$, maka</p> <p>$\mu = 3,2 \text{ Cps} \times 2,42$</p> $\mu = 7,744 \frac{\text{lb}}{\text{ft jam}}$ $Ret = \frac{IDt \times Gt}{\mu}$ $= \frac{0,0695 \text{ ft} \times 13514,68 \frac{\text{lbft}^2}{\text{jam}}}{7,744 \frac{\text{lb}}{\text{ft jam}}}$ $= 121,2901$
Koefisien Perpindahan Panas	
<p>Berdasarkan fig. 1 Kern diperoleh $k = 0,076 \text{ lb/jam } ^\circ\text{F ft}$</p> <p>Berdasarkan fig.28 maka diperoleh jH =12</p> $\frac{ho}{\theta_s} = \frac{jH \times k}{De} \times \left[\frac{Cp \times \mu}{k} \right]^{1/3}$	<p>Berdasarkan fig. 1 Kern diperoleh $k = 0,079 \text{ lb/jam } ^\circ\text{F ft}$</p> $\frac{L}{IDt} = \frac{10 \text{ ft}}{0,0695 \text{ ft}} = 143,8849$ <p>Berdasarkan fig.24 maka diperoleh jH =1,8</p>

$= \frac{12 \times 0,075}{0,06 \text{ ft}} \times \left[\frac{0,56 \times 1,815}{0,076} \right]^{1/3}$ $= 36,07951 \frac{\text{btu}}{\text{jam}^\circ\text{F ft}^2}$	$\frac{h_{io}}{\theta_t} = \frac{jH \times k}{IDt} \times \left[\frac{Cp \times \mu}{k} \right]^{1/3}$ $= \frac{1,8 \times 0,079}{0,0695 \text{ ft}} \times \left[\frac{0,48 \times 5,73871}{0,079} \right]^{1/3}$ $= 7,7471 \frac{\text{btu}}{\text{jam}^\circ\text{F ft}^2}$
Suhu Dinding Luar Tube (Tw)	
$Tw = tc + \frac{\frac{h_o}{\theta_s}}{\frac{h_o}{\theta_s} + \frac{h_{io}}{\theta_t}} (Tc - tc)$ $= 106,5174^\circ\text{F} + \frac{33,53265 \frac{\text{btu}}{\text{jam}^\circ\text{F ft}^2}}{33,53265 \frac{\text{btu}}{\text{jam}^\circ\text{F ft}^2} + 7,7471 \frac{\text{btu}}{\text{jam}^\circ\text{F ft}^2}} (239,8151^\circ\text{F} - 106,5174^\circ\text{F})$ $= 214,7986^\circ\text{F}$	
Koefisien Transfer Panas	
<p>Berdasarkan fig. 14 dengan Tw = 215,569°F dan °API = 37,5777, maka</p> $\mu = 1,2 \text{ Cps} \times 2,42$ $\mu = 2,904 \frac{\text{lb}}{\text{ft jam}}$ $\theta_s = \left[\frac{\mu}{\mu_w} \right]^{0,14}$ $= \left[\frac{1,815}{2,904} \right]^{0,14}$ $= 0,9363$ $h_o = \left[\frac{h_o}{\theta_s} \right] \times \theta_s$ $= 36,07951 \frac{\text{btu}}{\text{jam}^\circ\text{F ft}^2} \times 0,9363$ $= 33,7819 \frac{\text{btu}}{\text{jam}^\circ\text{F ft}^2}$	<p>Berdasarkan fig. 14 dengan Tw = 215,569°F dan °API = 38,0376, maka</p> $\mu = 1,2 \text{ Cps} \times 2,42$ $\mu = 2,904 \frac{\text{lb}}{\text{ft jam}}$ $\theta_t = \left[\frac{\mu}{\mu_w} \right]^{0,14}$ $= \left[\frac{7,744}{2,904} \right]^{0,14}$ $= 1,1472$ $h_{io} = \left[\frac{h_{io}}{\theta_t} \right] \times \theta_t$ $= 7,7471 \frac{\text{btu}}{\text{jam}^\circ\text{F ft}^2} \times 1,1472$ $= 9,8155 \frac{\text{btu}}{\text{jam}^\circ\text{F ft}^2}$
Clean Overall Coefficient (Uc)	
$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$ $= \frac{9,8155 \times 33,7819 \frac{\text{btu}}{\text{jam}^\circ\text{F ft}^2}}{9,8155 + 33,7819 \frac{\text{btu}}{\text{jam}^\circ\text{F ft}^2}}$	



$= 7,6056 \frac{btu}{jam \text{ } ^\circ F ft^2}$	
Desain Overall Coefficient (Ud)	
<p>Dari data diketahui :</p> <p>$OD \text{ Tube} = 1 \text{ in}$</p> <p>BWG = 14 maka didapat $a' = 0,2618$</p> <p>$A = Nt \times L \times a'$</p> <p>$= 400 \times 10 \times 0,2618$</p> <p>$= 1047,2 ft^2$</p> <p>$Ud = \frac{Q \text{ tube}}{A \times \Delta LMTD}$</p> <p>$= \frac{326363,3 \frac{btu}{jam}}{1047,2 ft^2 \times 131,8732^\circ F}$</p> <p>$= 2,3160 \frac{btu}{jam \text{ } ^\circ F ft^2}$</p>	
Dirt Factor (Rd)	
<p>$Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Rd}$</p> <p>$= \frac{7,6056 - 2,3160 \frac{btu}{jam \text{ } ^\circ F ft^2}}{7,6056 \times 2,3160 \frac{btu}{jam \text{ } ^\circ F ft^2}}$</p> <p>$= 0,300295$</p>	
Efektifitas Heat Exchanger	
<p>$\eta = \frac{Qt}{Qs} \times 100\%$</p> <p>$\eta = \frac{326363,3}{385439,7} \times 100\%$</p> <p>$\eta = 84,67297\%$</p>	
Pressure Drop (ΔP)	
<p>$Res = 449,795$</p> <p>Dari fig. 29 diperoleh :</p> <p>$f = 0,004 \frac{ft^2}{in^2}$</p>	<p>$Ret = 121,2901$</p> <p>Dari fig. 29 diperoleh :</p> <p>$f = 0,004 \frac{ft^2}{in^2}$</p>

$\begin{aligned} \text{°API} &= 37,5776 \\ T_c &= 241,43 \text{ °F} \\ \text{SG solar } 60/60 &= 0,8369 \\ \theta_s &= 0,936118 \\ G_s &= 13606,3 \frac{\text{lb ft}^2}{\text{jam}} \\ D_e &= 0,06 \text{ ft} \\ \text{Jumlah Crosses } (N + 1) &= 12 \times \frac{L}{B} \\ &= 12 \times \frac{10 \text{ ft}}{23,623 \text{ in}} \times \frac{12 \text{ ft}}{1 \text{ ft}} \\ &= 60,95754 \text{ ft} \\ \text{ID Shell} &= 30,748 \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \\ &= 2,56233 \\ \Delta P_s &= \frac{f \times G_s^2 \times \text{IDS} \times (N+1)}{5,225 \times 10^{10} \times D_e \times \text{SG}_{60}^{60} \times \theta_s} \\ &= \frac{0,004 \times 13606,3^2 \times 2,56233 \times 60,95754}{5,225 \times 10^{10} \times 0,06 \times 0,8369 \times 0,936118} \\ &= 0,047129 \text{ Psi} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{°API} &= 38,03764 \\ L &= 10 \text{ ft} \\ N &= 1 \text{ Buah} \\ t_c &= 106,5174 \text{ °F} \\ \text{SG crude oil } 60/60 &= 0,8346 \\ \theta_t &= 1,147191 \\ G_t &= 13514,68 \frac{\text{lb ft}^2}{\text{jam}} \\ \text{IDt} &= 0,0695 \text{ ft} \\ \Delta P_t &= \frac{f \times G_t^2 \times L \times n}{5,225 \times 10^{10} \times \text{IDt} \times \text{SG}_{60}^{60} \times \theta_t} \\ &= \frac{0,004 \times 13514,68^2 \times 10 \times 1}{5,225 \times 10^{10} \times 0,0695 \times 0,8346 \times 1,147191} \\ &= 0,002103 \\ v &= \frac{G_t}{\rho} \\ &= \frac{13514,68}{3600} / \frac{51,475}{5} = 0,072267 \frac{\text{ft}}{\text{s}} \\ \Delta P_r &= \frac{4n \times v^2}{\text{SG crude oil} \times 2g} \\ &= \frac{4 \times 1 \times 0,072267^2}{0,8346 \times 2 \times 32,2} \\ &= 0,00029 \text{ Psi} \\ \Delta P_{\text{total}} &= \Delta P_t + \Delta P_r \\ &= 0,002103 + 0,00029 \\ &= 0,002393 \text{ Psi} \end{aligned}$
--	---

II.2.3 Pembahasan

Evaluasi kinerja *heat exchanger*-01 ditujukan untuk mengetahui kinerja terbaru dari alat *heat exchanger*-01 tersebut. Kilang PPSDM Migas sendiri memiliki unit HE sebanyak 5 buah dengan penomoran HE-01, HE-02, HE-03, HE-04 dan HE-05. *Heat Exchanger* berfungsi untuk memanskan *crude oil* sebelum masuk ke *furnace*. Untuk mengevaluasi kinerja *heat exchanger*, parameter yang



digunakan adalah *fouling factor/dirt factor* (Rd). *Fouling* dapat didefinisikan sebagai akumulasi atau gabungan maksimum perpindahan panas yang diperlukan dari pembentukan padatan yang tidak diinginkan yang menempel di suatu permukaan dinding *shell and tube*.

Hasil yang didapatkan setelah mengolah data yang diperoleh dari lapangan yaitu melalui perhitungan panas yang diterima oleh *crude oil* sebesar 326363,3 BTU/jam, sedangkan panas yang diberikan oleh solar sebesar 385439,7 BTU/jam. Mass Flowrate dapat berdampak pada efektivitas Heat Exchanger. Mass Flowrate pada solar sebesar 13726,49 lb/jam dan *crude oil* sebesar 20497,26 lb/jam. Dapat dilihat bahwa debit *crude oil* yang melewati *Heat Exchanger* 01 semakin besar, maka panas yang akan diserap oleh *crude oil* semakin besar, sehingga perbandingan nilai q akan berdampak pada nilai efektifitas *Heat Exchanger* yaitu bernilai 84,67297 %.

Kinerja dari Heat Exchanger dapat dilihat dari kemampuan memindahkan panas yang sesuai dengan kebutuhan proses operasi. Besarnya nilai fouling factor (Rd) ini menunjukkan adanya kotoran yang terakumulasi di dalam *Heat Exchanger*. Kotoran ini berasal dari fluida yang mengalir di dalam *Heat Exchanger* baik dari pemanas solar maupun umpan *crude oil*. Nilai Rd pada *Heat Exchanger* 01 sebesar 0,300295 dimana hal ini tidak sesuai dengan yang diizinkan yaitu sebesar 0,003. Ketidaksesuaian ini dapat terjadi karena umur dan pemakaian peralatan sudah sangat lama sehingga membuat adanya *impurities* yang dapat membuat kerak (*fouling*) pada dinding pipa juga semakin tebal. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur, laju alir fluida dan *impurities* sangat berpengaruh pada nilai *fouling factor* (Rd). Semakin tinggi temperatur, maka semakin besar pula faktor pengotor dikarenakan suhu yang tinggi dapat menyebabkan kerak pada dinding pipa. Nilai koefisien perpindahan panas (Ud) sebesar 2,316013 btu/jam.°F.ft². Nilai Ud tersebut dipengaruhi oleh adanya Rd, karena semakin banyak kotoran yang menempel pada *tube* maka nilai koefisien perpindahan panas (Ud) akan mengalami penurunan.

Pressure Drop dari hasil perhitungan didapatkan sebesar 0,047129 psi pada *shell* dan 0,002393 psi pada *tube*. Hasil perhitungan tersebut masih dibawah standar



yang telah ditetapkan yaitu sebesar 10 psi. Hal ini menunjukkan bahwa alat *Heat Exchanger* 01 masih dapat digunakan hanya saja kurang efektif dalam perpindahan panas dikarenakan nilai *pressure drop* masih sangat jauh lebih rendah dari standar yang diizinkan. Penurunan tekanan yang besar akan menyebabkan penurunan *driving force* masing-masing fluida, sehingga dapat menurunkan performa dari alat *Heat Exchanger*. Jika *pressure drop* lebih besar maka dapat menyebabkan jumlah fluida yang mengalir pada *inlet* di *shell* dan di *tube* akan jauh berbeda dengan *outlet* yang ada pada *shell* dan *tube*. Adapun hilang panas (*heat loss*) pada *Heat Exchanger* 01 sebesar 15,3270%. *Heat loss* ini masih terhitung memiliki persentase yang rendah, beberapa faktor yang menyebabkan *Heat Exchanger* memiliki *heat loss* tinggi yaitu usia efektif unit operasi sudah mendekati masa akhir penggunaan sehingga performa alat terus menurun, juga bisa disebabkan karena zat – zat pengotor yang semakin menebal pada dinding – dinding alat sehingga menghambat laju perpindahan panas.