BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Proses

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.

Proses pemisahan secara distilasi berdasarkan tiga tahapan operasi, yaitu: proses penguapan atau penambahan sejumlah panas ke dalam larutan yang akan dipanaskan, proses pembentukan fase seimbang dan proses pemisahan kedua fase setimbang. Ketiga tahap distilasi dilakukan di dalam kolom distilasi jenis bubble cap tray tower dengan suhu puncak kolom ± 115^{o}C dan suhu dasar kolom ± 270^{o}C.

II.1.1 Langkah-Langkah Proses

a. Menjalankan operasi kilang

1. Persiapan

Persiapan bahan baku dimaksudkan untuk mengurangi kadar air yang terikut dalam crude oil yang berasal dari Pertamina Menggung, dimana kadar air yang diizinkan 0,5% volume. Bahan baku yang digunakan adalah campuran minyak mentah Kawengan (HPPO = High Pour Point Oil) yang bersifat parafinis dan minyak mentah Ledok (LPPO = Low Pour Point Oil) yang bersifat aspaltis, dengan perbandingan 70% bagian minyak mentah Kawengan dan 30% bagian minyak mentah Ledok. Dilakukan pencampuran agar pada saat proses pengolahan

akan lebih effisien. Apabila dilakukan secara terpisah maka dibutuhkan dua kondisi operasi yang berbeda pada saat pemanasan.

Minyak mentah yang baru saja ditambang perlu dilakukan proses sedimentasi atau pengendapan. Sedimentasi bertujuan untuk menghilankan kotoran yang terdapat pada minyak mentah, terutama kandungan airnya.Minyak mentah dimasukkan ke dalam tangki penampungan sementara dan didiamkan selama 24 jam.

Di pusat penampungan Menggung, minyak mentah didiamkan beberapa hari atau dalam waktu tertentu agar proses pemisahannya lebih sempurna hingga kandungan air dalam minyak mentah maksimal 0,5% dari volume. Dari Menggung, minyak mentah dialirkan dengan pompa sentrifugal menuju tangki penampungan T-101 dan T-102 yang berada di kilang.

Tahap persiapan berikutnya adalah memeriksa tangki produk, tangki feed, dan tangki distilasi. Selanjutnya adalah memeriksa air pendingin, steam, listrik, dan fuel gas. Kemudian menyiapkan solar untuk proses sirkulasi dan melakukan sirkulasi dingin dimana feed yang diunakan adalah solar.

2. Sirkulasi Dingin

Sirkulasi dingin bertujuan untuk mengetahui kebocoran yang terjadi, sehingga dapat diatasi sebelum operasi berjalan. Pada sirkulasi dingin, solar dialirkan ke dalam alat-alat utama pada temperature kamar. Langkah sirkulasi dingin adalah sebagai berikut:

Solar dipompakan dengan menggunakan pompa feed menuju HE melalui sistem perpipaan feed. Setelah itu solar dialirkan ke furnace, kemudian dilanjutkan ke evaporator dan ke residu kembali ke HE. Solar yang telah digunakan untuk sirkulasi dingin dialirkan dalam cooler dan ditampung dalam tangki penyimpanan solar T-107.

Langkah-langkah pada sirkulasi dingin:

a) Menjalankan air pendingin pada cooler dan kondensor.
b) Melakukan purging dalam ruang pembakaran selama 30 – 60 detik dan api dinyalakan kecil.
c) Temperature furnace dinyalakan secara perlahan-lahan dan untuk sementara ditahan, kemudian diperiksa lagi kebocoran yang mungkin terjadi. Suhu ditahan ± 100^{o}C.
d) Bila tidak ada gangguan, suhu furnace dinaikkan dengan menambah bahan bakar solar yang diatomizing dengan udara panas bertekanan, sampai suhu fluida ± 100^{o}C.

Jika suhu outlet solar sirkulasi 275-280 ^{o}C, feed yang mula-mula dari tangki penyimpanan solar diganti dengan minyak mentah, sementara solar diganti sebagai pembakar di furnace diganti fuel oil.

3. Sirkulasi Panas

Sirkulasi panas bertujuan untuk memeriksa kebocoran dengan menggunakan temperature yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan sirkulasi dingin dan memberikan pemanasan pendahuluan secara perlahan-lahan sehingga merata keperalatan yang bekerja dengan panas, sehingga bila peralatan dijalankan pada suhu yang relative lebih tinggi tidak mengalami pemanasan yang mendadak.

b. Proses Distilasi Atmosferik

Proses pengolahan dengan distilasi atmosferis bertujuan untuk memisahkan crude oil menjadi produk hasil pemisahan pada berbagai fraksi, yaitu pertasol CA, pertasol CB, pertasol CC, solar dan residu.

Produk dihasilkan dari beberapa tahapan yaitu pemanasan, penguapan dan pemisahan, pengembunan dan pendinginan, serta pemisahan. Proses berlangsung pada tekanan sedikit atmosfer sehingga disebut Distilasi Atmosferik. Proses Pengolahan ini meliputi:

1. Pemanasan

Pemanasan ini dimaksudkan untuk membantu evaporator dalam mencapai temperature optimum sehingga fraksi berat dan ringan dapat dipisahkan dengan baik.

a. Pemanasan Awal (Pre-Heat) Pada Heat Exchanger (HE-2,3,4,5)

Minyak mentah dari tangki penampungan T-101 dan T102 dipompa dengan pompa centrifugal P 100-3, P 100-4, dan P 100-5 menuju HE untuk mendapatkan pemanasan pendahuluan. Minyak mentah masuk ke HE-2,3,4,5.

Proses pemanasan pada HE-2 minyak mentah masuk pada suhu 34^{o}C dan keluar dari HE-2 pada suhu 58^{o}C. Kemudian masuk menuju HE-3 dengan suhu 58^{o}C dan keluar pada suhu ±70 ^{o}C. Pada HE-2,3 berupa solar. Selanjutnya pemanasan pada HE-4 dengan suhu masuk ±70^{o}C dan keluar dengan suhu 110^{o}C. Dilanjutkan dengan pemanasan di HE-5 dengan suhu masuk 110oC dan keluar dengan suhu 120^{o}C. Pemanas pada HE-4 dan HE-5 adalah residu.

b. Pemanasan Pada Furnace (F-1,3)

Furnace berfungsi sebagai pemanas lanjut dari minyak mentah, yang sebelumnya mendapat pemanasan awal didalam Heat Exchanger. Perpindahan panas pada furnace terjadi secara tidak langsung dengan media perantara berupa tube-tube yang didalamnya mengalir minyak mentah. Sedangkan sumber panasnya berasal dari pembakaran bahan bakar.

Minyak mentah melalui HE-2,3,4,5 kemudian masuk Furnace-1,3 melalui tube bagian atas pada suhu 120^{o}C dan diteruskan kebagian bawah. Panas hasil pembakaran digunakan untuk memanasi seluruh ruang bakar dan tube-tube yang didalamnya mengalir minyak mentah, maka terjadi perpindahan panas secara tidak langsung. Bahan yang digunakan terdiri dari fuel oil, fuel gas dan udara bertekanan.

Setelah mengalami pemanasan, fraksi-fraksi ringan yang terdapat dalam minyak mentah akan berubah menjadi uap, sedang fraksi beratnya tetap menjadi cairan. Minyak mentah keluar dari furnace pada suhu 330^{o}C, yang akan dimasukkan ke dalam suatu ruangan atau kolom pemisah (V-1).

2. Penguapan dan Fraksinasi

a. Proses Pemisahan Pada Evaporator (V-1)

Proses yang terjadi merupakan proses secara fisika yaitu proses pemisahan uap minyak dan cairannya atau antara fraksi berat dan ringannya. Minyak mentah masuk pada bagian tengah kolom pemisah pada suhu 330^{o}C. Di dalam kolom pemisah tersebut, dengan adanya steam stripping dan pemanasan, maka senyawa H yang telah sampai pada titik didihnya akan berubah menjadi fase uap dan yang belum akan tetap berupa cairan. Untuk meningkatkan efisiensi penguapan, maka aliran feed dibuat tidak langsung ketengah kolom tetapi dibuat serong mendekati dinding bagian dalam kolom.

Disamping itu, agar penguapan berjalan baik, maka dari bawah evaporator diinjeksikan steam (steam stripping) pada suhu 170^{o}C dan tekanan 1,25 kg/cm2, yang berfungsi untuk menurunkan tekanan partiil hidrokarbon, sehingga titik didihnya menjadi turun dan akan menguap. Fraksi ringan akan keluar sebagai hasil atas kolom pemisah pada suhu 340^{o}C dan tekanan 0,26 kg/cm2. sedang fraksi berat akan keluar sebagai hasil bawah pada suhu 295^{o}C.

b. Proses Pemisahan Pada Kolom Residu Stripper (C-5)

Residu yang merupakan hasil bnawah kolom pemisah (V1), secara gravitasi masuk ke kolom residu stripper (C-5) pada tray ke-4 dengan suhu 295^{o}C. di dalam kolom, cairan (fraksi berat) akan turun ke bawah melewati tray-tray yang ada di dalam kolom. Dengan adanya weir pada setiap tray, maka cairan yang turun ini akan mengisi tray dengan ketinggian tertentu dan cairan yang melebihi weir akan turun melalui down comer ke tray dibawahnya.

Untuk meningkatkan efisiensi pemisahan, maka diinjeksikan steam secara tidak langsung dari bawah kolom dengan suhu 150^{o}C dan tekanan 2,8 kg/cm^{2}, Steam akan naik keatas melalui riser yang ada pada tray, kemudian oleh cap dibelokkan melalui slot-slot dan menembus cairan, maka akan terjadi kontak langsung anatara uap dan cairan. Kontak ini akan menyebabkan perpindahan panas dari cairan ke steam. Turunnya suhu cairan menyebabkan penurunan tekanan partial hidrokarbon, sehingga titik didih cairan akan turun dan hidrokarbon yang mempunyai titik didih rendah (fraksi ringan) akan menguap dan terpisah dari fraksi beratnya. Proses ini berlangsung pada setiap tray.

Fraksi ringan akan naik ke atas kolom residu stripper dan keluar sebagai hasil atas pada suhu 292^{o}C dan tekanan 0,21 kg/cm^{2}. Sedangkan hasil bawah kolom residu stripper berupa residu keluar pada suhu 250^{o}C. Kemudian dimanfaatkan panasnya dengan melewatkannya pada HE-2,3,4,5 yang sekaligus sebagai pemanasan pendahuluan sebelum minyak mentah dipanaskan didalam furnace.

c. Proses Pemisahan Pada Kolom Fraksinasi 1 (C-1)

Kolom ini berfungsi untuk memisahkan fraksi-fraksi minyak bumi berdasarkan trayek didihnya. Fraksi-fraksi minyak yang masuk ke kolom fraksinasi 1 (C-1) sebagai umpan terdiri dari :

a. Hasil atas kolom pemisah (V-1)
   Masuk pada plate nomor 1, pada suhu 340^{o}C dan tekanan 0,23 kg/cm^{2}.
b. Hasil atas residu stripper (C-5)
   Masuk pada plate nomor 2, pada suhu 292^{o}C dan tekanan 0,21 kg/cm^{2}.
c. Hasil atas kerosene stripper (C-3)
   Masuk pada plate nomor 16, pada suhu 130^{o}C dan tekanan 0,18 kg/cm^{2}.
d. Hasil atas solar stripper (C-4)

Masuk pada plate nomor 12, pada suhu 258°C dan tekanan 0,14 kg/cm^2.

e. Refluks

Berupa naptha dari side stream kolom C-2 masuk pada plate nomor 21 dengan suhu 85°C.

Untuk mempertahankan dan mengatur suhu yang dikehendaki, maka pada top kolom fraksinasi C-1 (fraksinasi 1) dilengkapi dengan refluk naptha dari Separator 2 yang sebelumnya telah didinginkan terlebih dahulu pada cooler. Cairan refluk ini akan turun ke bawah kolom melewati tray-tray yang ada dalam kolom.

Sedangkan uap yang berasal dari feed akan bergerak naik ke atas melalui riser. Dengan adanya cap, uap akan melalui slotslot dan menembus cairan. Maka terjadi kontak antara uap dan cairan yang diikuti transfer panas dan transfer massa.

Transfer panas ini terjadi karena panas yang dibawa uap, diambil oleh cairan dingin, sehingga cairan yang menerima panas sebagian akan menguap (cairan yang mempunyai titik didih rendah) dan fase cair berpindah ke fase uap.

Sedangkan uap yang mempunyai titik didih lebih rendah atau sama dengan titik didih cairan akan mengembun dan fase uap akan berpindah ke fase cair. Fraksi-fraksi yang bertitik didih rendah akan keluar sebagai hasil atas, sedangkan fraksi yang mempunyai titik didih tinggi akan keluar sewbagai hasil bawah dan sebagian akan keluar sebagai hasil samping/ side stream. Produk dari kolom fraksinasi 1 (C-1) terdiri dari:

1. Hasil atas kolom

   Berupa uap pertasol CA dan pertasol CB yang keluar pada suhu 116°C dan tekanan 0,16 kg/cm^2.

2. Hasil samping kolom

   a. Pertasol CC yang keluar pada temperatur 118°C.

   b. Solar yang keluar dari tray ke-4,6,8,10,12,14 pada suhu 220 °C.

3. Hasil bawah kolom

   Berupa Parafin High Solar yang keluar pada 270^{o}C.

d. Proses Pemisahan dalam Kolom Solar Stripper (C-4)

Kolom solar stripper (C-4) berfungsi untuk memisahkan fraksi ringan yang masih terikut dalam solar. Hasil samping kolom fraksinasi 1 (C-1) berupa solar dan fraksi ringan yang terikut keluar dari tray ke-1,6,8,10,12,dan 14, masuk ke kolom solar stripper pada tray ke-4 dengan suhu 252^{o}C.

Untuk meningkatkan efisiensi pemisahan, dari bawah kolom diinjeksikan steam pada suhu 170^{o}C dan tekanan 2,8 kg/cm^{2}. Steam akan naik keatas mellaui riser yang ada pada tray, kemudian olehcap dibelokan melewati slot-slot menembus cairan, maka akan terjadi kontak langsung antara uap dan cairan.

Kontak ini menyebabkan perpindahan panas dari cairan ke steam. Turunnya suhu cairan menyebabkan penurunan tekanan partiil hidrokarbon, sehingga titik didih cairan akan turun dan hidrokarbon yang mempunyai titik didih rendah (fraksi ringan) akan menguap dan terpisah dari solar.

Fraksi ringan dalam bentuk uap akan keluar sebagai hasil atas pada suhu 245^{o}C dan tekanan 0,14 kg/cm^{2}. Sedangkan hasil bawah yang berupa solar keluar pada suhu 240^{o}C, kemudian dimanfaatkan panasnya dengan melewatkan pada HE-1 yang berfungsi sebagai pemanasan pendahuluan sebelum crude oil dipanaskan dalam furnace.

e. Proses Pemisahan pada Kolom Fraksinasi 2 (C-2)

Kolom ini berfungsi untuk memisahkan fraksi-fraksi pertasol CA dan pertasol CB berdasarkan trayek didihnya. Fraksi-fraksi minyak yang masuk ke kolom fraksinasi 2 sebagai umpan terdiri dari:

1. Hasil atas kolom fraksinasi 1 (C-1)

   Masuk pada plate nomor 1, yang berupa uap pertasol CA dan pertasol CB pada suhu 122^{o}C dan tekanan 0,16 kg/cm^{2}.

2. Refluk Pertasol CA

Masuk pada plate nomor 16, dengan suhu 72°C. Uap dari feed akan bergerak naik keatas melalui riser, dengan adanya cap akan melalui slot-slot dan menembus cairan. Maka terjadi kontak antara uap dan cairan yang diikuti transfer panas dan transfer massa.Transfer panas ini terjadi karena uap akan memindahkan sebagian panasnya ke cairan, sehingga uap akan turun suhunya. Uap yang menembus cairan akan berbentuk gelembunggelembung, dimana uap yang titik didihnya lebih rendah dari suhu uap yang naik akan tetap berupa uap terus naik keatas. Sedangkan uap yang titik didihnya lebih tinggi dari suhu uap yang naik, akan berubah fase menjadi cairan dan akan terikut sebagai fraksi cair. Pada keadaan setimbang, uap yang berhasil lolos dan masuk pada tray diatasnya merupakan uap yang mempunyai titik didih rendah, sehingga makin keatas makin rendah suhunya. Sebaliknya, semakin kebawah suhunya makin tinggi. Dengan demikian fraksi yang bertitik didih rendah akan keluar akan keluar sebagai hasil atas, sedangkan fraksi yang bertitik didih tinggi keluar sebagai hasil bawah dan sebagian akan keluar sebagai hasil samping (side stream). Adapun produk-produk yang dihasilkan kolom fraksinasi (C-2) meliputi:

1) Hasil atas kolom

Berupa uap pertasol CA yang keluar pada suhu 90°C dan tekanan 0,09 kg/cm^2.

2) Hasil samping kolom

Berupa pertasol CB yang keluar dari tray 7-14 pada suhu 111°C.

3) Hasil bawah kolom

Berupa pertasol CB yang keluar pada suhu 122°C.

Pada top kolom fraksinasi 1 (C-1) dan top kolom fraksinasi (C-2) dinjeksikan NH_3 berupa uap untuk mengikat asam klorida (HCl) yang berasal dari garam-garam tanah yang terikat dan untuk mengikat H_2S yang terdapat pada minyak mentah.

Dengan pengikatan ini, maka kadar asam dapat dikurangi sehingga pH dapat diusahakan netral dan korosi dapat ditanggulangi.

Reaksi:

$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$

$H_2S + 2NH_3 \rightarrow (NH_4)_2S$

$MgCl + H_2O \rightarrow MgOH + HCl$

$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl$

NH_4Cl dan $(NH_4)_2S$ yang berbentuk uap dan bersifat larut dalam air ini, setelah melalui kondensor bersama-sama uap akan terkondensasi dan larut dalam air. Pemisahannya dengan produk dilakukan dengan separator berdasarkan perbedaan densitasnya, dimana NH_4Cl dan $(NH_4)_2S$ terlarut dalam air dan keluar melalui bagian bawah separator karena mempunyai density yang lebih besar daripada produk.

3. Pengembunan dan Penguapan

Hasil pemisahan kolom fraksinasi kolom fraksinasi dan kolom stripper yang berupa uap dimasukkan dalam kondensor dan cooler, sedangkan yang berupa cairan dimasukkan dalam cooler.

Didalam kondensor dan cooler terjadi kontak tidak langsung antara kedua fluida yang mempunyai perbedaan temperatur. Maka terjadi perpindahan panas secara konduksi antara kedua fluida. Adapun proses pengembunan dan pendinginan itu sendiri dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Residu dari hasil bawah residu stripper

Residu setelah melewati HE-5 kemudian masuk ke He-4, lalu menuju ke Box Cooler BC1 pada suhu ± 110^oC. Didalam box cooler terjadi kontak tidak langsung dengan air pendingin bersuhu 26^oC yang berasal dari cooling tower. Residu mengalami pengurangan panas karena memberikan sebagian panasnya

kepada air, sehingga suhu residu menjadi turun. Sedangkan air mengalami penambahan panas, sehingga suhu air menjadi naik. Residu dari box cooler BC-1 pada suhu 75°C, sedangkan air pada suhu 32^{0}C.

b. Parafin High Solar dari hasil bawah kolom fraksinasi C-1

Parafin High Solar dari hasil bawah kolom fraksinasi C-1 masuk ke C-4 Solar stripper pada suhu 270 °C. Kemudian masuk ke box cooler BC-2 pada suhu 270°C. Di dalam box cooler terjadi kontak langsung dengan air pendingin bersuhu 26°C yang berasal dari cooling tower. Solar mengalami pengurangan panas karena memberikan sebagian panasnya kepada air, sehingga suhu Solar menjadi turun. Sedangkan air mengalami penambahan panas, sehingga suhu air menjadi naik. Solar keluar dari box cooler BC-2 pada suhu 78°C, sedangkan air pada suhu 30°C.

c. Solar dari hasil bawah solar stripper (C-4)

Solar setelah melewati HE-2,3 masuk ke cooler CL-6,10,11 pada suhu 100°C. Di dalam cooler terjadi kontak tidak langsung dengan air pendingin bersuhu 26°C yang berasal dari cooling tower. Solar mengalami pengurangan panas karena memberikan panasnya kepada air , sehingga suhu solar menjadi turun. Sedangkan air mengalami penambahan panas, sehingga suhu air menjadi naik. Solar keluar dari cooler pada suhu 40°C, sedangkan air pada suhu 32°C.

d. Pertasol CC dari hasil samping kolom fraksinasi 1(C-1)

Pertasol CC masuk ke cooler CL-1,2 pada suhu 100°C. Di dalam cooler terjadi kontak tidak langsung dengan air pendingin bersuhu 26°C yang berasal dari cooling tower. Pertasol CC keluar cooler pada suhu 45°C dan air pada suhu 32°C.

e. Naptha dari hasil bawah kolom fraksinasi 2 (C-2)

Naptha masuk ke cooler CL-13,14 pada suhu 122°C. Di dalam cooler terjadi kontak tidak langsung dengan air pendingin yang bersuhu 26°C, yang

berasal dari cooling tower. Naptha keluar dari cooler pada suhu 40°C, sedangkan air keluar pada suhu 32°C.

f. Pertasol CB dari hasil samping kolom fraksinasi 2 (C-2)

Pertasol CB masuk ke cooler CL-5,9 pada suhu 111°C. Di dalam cooler terjadi kontak tidak langsung dengan air pendingin bersuhu 26°C yang berasal dari cooling tower. Pertasol CB keluar dari cooler pada suhu 56°C, sedangkan air pada suhu 30°C.

g. Pertasol CA dari hasil atas kolom fraksinasi 2 (C-2)

Uap pertasol CA masuk ke kondensor CN 1-4 pada suhu 90°C. Didalam kondensor terjadi kontak tidak langsung dengan air pendingin bersuhu 26°C yang berasal dari cooling tower. Pertasol CA keluar dalam bentuk cairan pada suhu 46°C kemudian dialirkan ke box cooler (BC 3-6) dan cooler (CL15,16), sedangkan air keluar dari kondensor pada suhu 32°C. Uap yang belum terkondensasikan dalam kondensor CN 1-4, dimasukkan dalam sub-kondensor CN 5-12 pada suhu 46°C. Setelah melewati kondensor, uap pertasol CA berubah menjadi cair dan didinginkan dalam cooler (CL-4). Pertasol keluar dari cooler pada suhu 39°C, sedangkan air pada suhu 30°C. Walaupun sudah beberapa kali kondensasi, masih ada uap dalam jumlah relatif kecil yang tidak dapat berubah menjadi cair dan uap ini dibuang ke udara sebagai gas flare.

4. Pemisahan

Produk yang didinginkan dalam cooler kemudian mengalami proses pemisahan dalam separator. Proses pemisahan berdasarkan berat jenis produk minyak dengan air, karena berat jenis air lebih besar daripada minyak, mengakibatkan air berada dibagian bawah dan produk minyak dibagian atas. Air akan keluar melalui bagian bawah separator dan produknya ditampung dalam tangki penampungan.

c. Proses Treating

Minyak bumi mengandung kotoran-kotoran hidrogen sulfida (H_2S), merchaptan (RSH), $MgCl_2$, NaCl dan lain-lain dalam jumlah tertentu. Kotoran-kotoran tersebut tidak diinginkan dalam pengolahan karena dapat menimbulkan korosi yang dapat merusak peralatan proses dan juga dapat menurunkan mutu produk. Untuk mencegah hal tersebut maka dilakukan injeksi NH3 pada puncak kolom fraksinasi serta soda treating.

1. Ammonia (NH3)

Ammonia bertujuan untuk mencegah dan mengurangi korosi.

Reaksi:

$$MgCl_2 + 2\ H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + HCl$$

$$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl$$

$$H_2S + 2NH_3 \rightarrow (NH_4)_2S$$

Garam-garam yang terbentuk dalam air dapat dipisahkan dalam separator. Penambahan soda dimaksudkan untuk menghilangkan merchaptan dan senyawa belerang lainnya.

Reaksi:

1. $RSH + NaOH \rightarrow RSNa + H_2O$
2. $H_2S + NaOH \rightarrow Na_2S + 2\ H_2O$

Kadar larutan kaustik soda yang digunakan berkadar 25%. RSNa dan Na_2S yang terjadi akan larut dalam larutan soda dan secara setting dapat dipisahkan dari pertasol. Jadi soda treating bertujuan untuk menghindari senyawa-senyawa belerang yang terkandung dalam pertasol karena senyawa-senyawa ini bisa mengakibatkan korosi pada pipa maupun tangki.

d. Proses Blending

Blending adalah suatu proses pencampuran dua atau lebih minyak bumi dari suatu proses pengolahan yang berbeda spesifikasinya, untuk mendapatkan minyak jenis baru yang memenuhi persyaratan atau proses pencampuran minyak bumi hasil pengolahan dengan suatu zat kimia tertentu untuk memperbaiki salah satu spesifikasi yang ada pada minyak bumi tersebut sehingga memenuhi ketentuan yang ada sesuai dengan kebutuhannya.

e. Peralatan Utama Unit Distilasi

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 satuatmosfer.

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

1. Pompa

Fungsi pompa di kilang adalah untuk mengalirakan cairan dari suatu tempat ketempat.Yang digunakan adalah pompa torak dengan penggerak steam, pompa centrifungal dengan penggerak listrik dan pompa screw dengan penggerak motor listrik. Penggunaan pompa menurut fungsinya adalah sebagi berikut :

1) Pompa *Feed* (umpan) : digunakan untuk memompa *feed* (umpan) dari tangki *feed* ke proses.
2) Pompa *Reflux* : digunakan untuk memompa dari tangki naphta ke kolom C-1 danC-2
3) Pompa *Fuel Oil* : digunakan untuk memompa bahan bakar (*fuel oil*) dari tangki *fuel oil* ke furnance danboiler
4) 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 effisiensi 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 ℃. menjadi kurang lebih 120 ℃.

3. *Stabilizer*

Setelah keluar dari *Heat Exchanger* (HE), produk yang bersuhu 120 ℃ 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 110 ℃. menjadi kurang lebih 330 ℃. 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 *furnace* dengan suhu 330℃ 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

II.2.1 *Heat Exchanger*

Heat transfer merupakan suatu alat penukar panas yang digunakan untuk memanfaatkan atau mengambil panas dari suatu fluida, sehingga dapat

dipindahkan ke fluida lain. *Heat transfer* sebagai ilmu dasar yang paling sering digunakan pada industri pabrik kimia. Efisiensi penggunaan dan pemanfaatan panas dari proses *heat exchanger* dapat mempengaruhi ekonomi operasi pada kilang. *Heat exchanger* 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)*.

Proses pengilangan minyak, peralatan yang paling sering digunakan salah satunya yaitu *heat exchanger*. Pengoperasian dan pemanfaatan *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 perlindungan terhadap lingkungan.

Pada alat *Heat Exchanger* memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap keberhasilan dari keseluruhan rangkaian proses pada suatu industri. Jika 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. Oleh karena itu 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.

II.2.1.1 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 secaralangsung 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, sehingga sistem ini, kedua fluida akan mengalir.

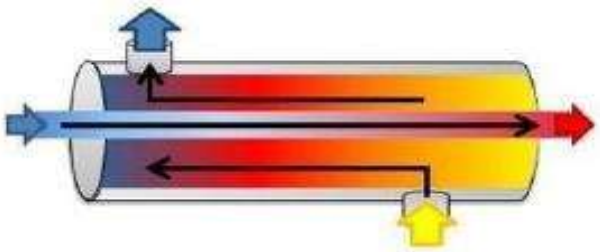
(Kern, 1965)

II.2.1.2 Jenis Aliran pada *Heat Exchanger*

Pada alat *heat exchanger* terdapat empat tiga aliran dalam alat penukar panas, berikut ini :

a) *Counter current flow* (berlawanan arah)

Penukaran jenis ini merupakan 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 ini memberikan panas yang lebih baik bila dibandingkan dengan aliran searah. Sedangkan banyaknya *pass* (lintasan) juga berpengaruh terhadap efektifitas dari alat penukar panas.

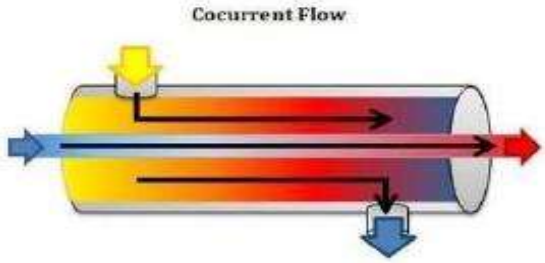


Gambar II. 4 Aliran Counter current flow (berlawanan arah)

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

Penukaran panas jenis ini, kedua fluida (dingin dan panas) masuk pada sisi penukar yang sama, mengalir dengan arah yang sama dan keluar pada sisi yang sama pula. Karakter pada penukar panas jenis ini, temperatur fluida dingin yang keluar dari alat penukar panas tidak dapat melebihi temperatur fluida panas yang

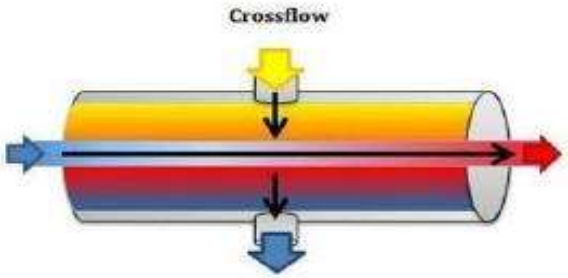
keluar dari alat penukar panas sehingga diperlukan media pendingin/pemanas yang banyak.



Gambar II. 5 Aliran Parallel flow / co-current (searah)

c) *Cross flow* (silang)

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



Gambar II. 6 Aliran *Cross flow* (silang)

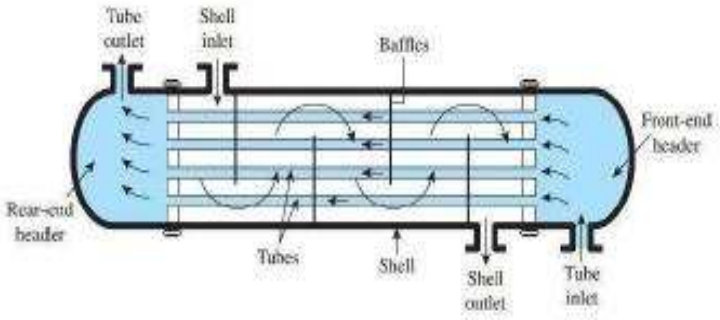
(Syaichurrozi dkk, 2014)

II.2.1.3 Jenis *Heat Exchanger*

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

a) Shell and Tube heat exchanger

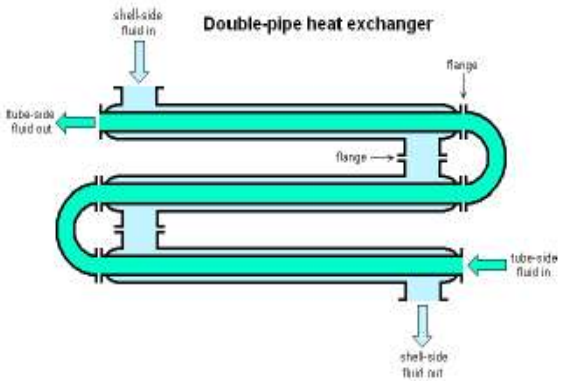
Jenis ini digunakan untuk laju alir yang lebih tinggi, sehingga sering digunakan di industri. *Tube* dipasang secara parallel dan banyak didalam satu shell. *Fluida* dingin masuk kedalam *tube.* Fluida panas masuk dari ujung yang berbeda aliran *countercurrent* di bagian shell.



Gambar II. 7 Skema Sederhana *Shell and Tube Heat Exchanger* dan Alirannya

b) *Double-pipe heat exchanger*

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.

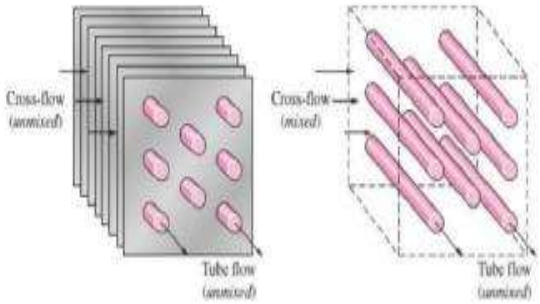


Gambar II. 8 Skema Sederhana Double Pipe *Heat Exchanger* dan Alirannya

c) *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 tempratur yang parallel dan normal pada arah alirannya.



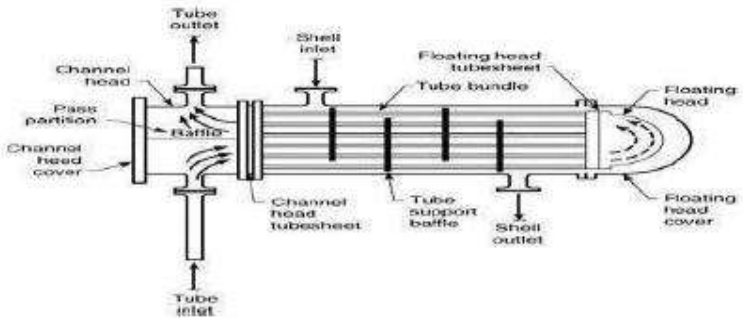
Gambar II. 9 Skema Sederhana Cross Flow Exchanger dan Alirannya

II.2.1.4 *Shell and Tube heat exchanger*

Tipe alat penukar panas ini yang paling sering digunakan di industri terutama industri petrokimia karena harganya yang relatif murah dan perawatannya yang mudah. Tipe alat penukar panas pada 11E-25 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. 10 Bagian *Shell and Tube Heat Exchanger*

(Kern, 1965)

Shell And Tube Exchanger memilki keuntungan yaitu 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 atau penghalang atau *baffle.*

II.2.1.5 Komponen *Shell and Tube heat exchanger*

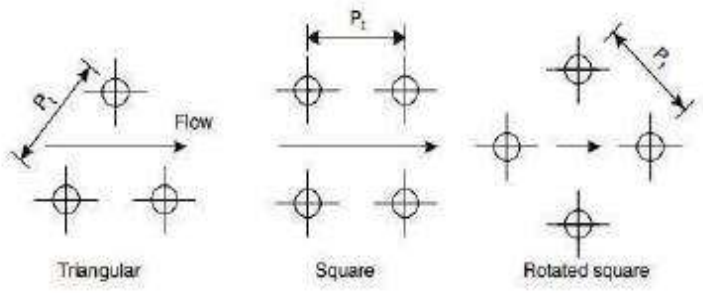
Komponen-komponen utama *shell and tube heat exchanger* ini terdiri dari :

1. 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 tempratur 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*.

2. Tube

Tube pada sebuah *Heat Exchanger* biasanya berupa pipa-pipa kecil dalam jumlah tertentu dan dalam diameter tertentu pula. Diameter dalam 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. 11 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	• Laju perpindahan panas cukup besar • Jumlah tube dapat dibuat lebih banyak	• Pressure drop cukup besar • Pembersihan sulit, menggunakan bahan kimia
Persegi	• Pressure drop kecil • Dapat dibersihkan secara mekanik • Cocok untuk menangani fluida fouling	• Koefisien film relative rendah
Diamond	• Mudah dibersihkan secara mekanik • Baik untuk fluida fouling •	• Pressure drop tidak serendah square pitch • Koefisien film relative rendah

(Sumber : Diolah dari Berbagai Sumber)

3. Tube sheet

Berfungsi sebagai tempat untuk merangkai ujung-ujung *tube* sehingga menjadi satu yang disebut *tube bundle*. *Tube* sheetterbuat dari material dengan ketebalan dan jenis tertentu tergantung dari jenis *fluida* yang mengalir pada peralatan tersebut. *Heat exchanger* dengan tube lurus pada umunya 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. 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 danpembersihan secara mekanik dilakukan pada bagian luar *tube*. Pusat-pusat tube saling membentuk sudut 90^{o}.

b) Triangular pitch

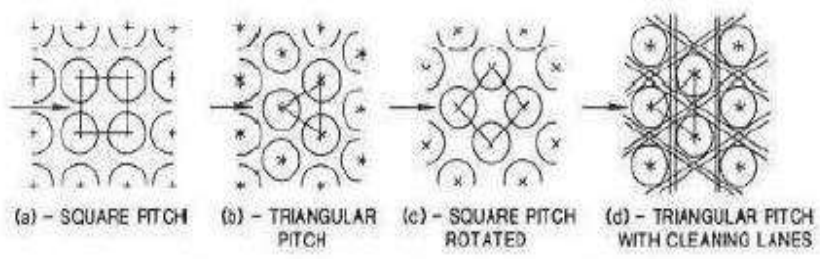
Digunakan untuk fluida yang tingkat kekotorannya tinggi ataupun rendah. Pusat-pusat tube saling membentuk sudut 60o searah dengan aliran fluidanya.

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$^{o.}$

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. 12 Jenis-Jenis Tube Pitch

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. 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 pemasnagan *baffle* akan memperbesar pressure drop operasi dan menambah beban kerja pompa, sehingga laju alir fluida yang dipertukrkan panasnya harus diatur. Luas baffle ± 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.*

II.2.1.6 Pemilihan Fluida yang dilewatkan *Tube and Shell*

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

1. Kemudahan perawatan

Jika dibandingkan cara embersihkan *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

Jika 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 *cokes* 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 karen 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 ditrasnfer seluruh 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 pengalkulasian *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*.

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

a) Hal yang berkaitan dengan kemampuan alat untuk mengalihkan panas dari fluida dingin lewat dinding *tube*.

b) 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 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.

II.2.1.7 Pembersihan dan Pemeliharaan *(maintenance) Heat Exchanger*

Umumnya pembersihan pada *heat exchanger* dengan melihat perhitungan faktor kekotorannya setelah beberapa periode tertentu. Jika sudah mendekati periode tersebut *heat exchanger* tersebut tidak dapat bekerja secara maksimal karena adanya kotoran-kotoran yang melekat pada dinding *shell* maupun *tube* sehingga ini dapat diatasi dengan cara memberhentikan *heat exchanger* sementara kemudian dilakukan pembersihan. Pada 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 *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) Preventuve 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

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.

II.2.1.8 Analisa Performance *Heat Exchanger*

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 :

$Q = W\ x\ Cp\ x\ \Delta T$

Keterangan :

Q = Jumlah panas yang dipindahkan (Btu/hr)

W = Laju alir (lb/hr)

Cp = *Specific heat fluida* (Btu/lb ^{o}F)

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

2. Log Mean Temperature Difference (LMTD)

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

Keterangan :

Δth = Beda temperatur tinggi (°F)

Δtc = Beda temperatur rendah (°F)

3. Clean Overall Coeficient (Uc)

Clean Overall Coeficient 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.

$$UC = \frac{hio\ x\ ho}{hio + ho}$$

4. Design or Dirty Overall Coeficient (Ud)

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

$$U_d = \frac{Q}{N_{t\ x\ a^n\ x\ L\ x\ LMTD}}$$

5. Heat balance

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

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)

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

$$R_D = \frac{U_C - U_D}{U_C \; X \; U_D}$$

Bila Rd *(deposited)* > Rd *(allowed)* maka *Heat Exchanger* tersebut perlu dibersihkan. Rd yang diijinkan sebesar 0,004 hr. ft^2. ˚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 dirumuska sebgai berikut :

$$\Delta P_s = \frac{f \; x (G_s)^2 x \; (D_s) \; x \; (N+1)}{(5{,}22 \; X \; 10^{10}) \; x \; D_s \; x \; S_g \; x \; \emptyset_s}$$

Pressure drop pada *tube* dapat dirumuska sebgai berikut :

$$\Delta P_t = \frac{f \; x (G_s)^2 x \; L \; x \; n}{(5{,}22 \; X \; 10^{10}) \; x \; D \; x \; S_g \; x \; \emptyset_s}$$

Keterangan :

f = *Fanning Friction Factor*

Gs = laju aliran massa per satuan luas dalam

N = jumlah pass/ laluan *tube*

D = Diameter dalam *Tube*

Sg = *Specific Gravity*

Dalam menganalisa *performance shell and tube heat exchanger* diasumsikan :

1) Terdapat *heating surface* yang sama pada setiap pass.

2) *Overall Coefficient Heat Transfer* (Uc) 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

II.2.2.1 Dimensi *Heat Exchanger* (HE-003)

Tabel II. 2 Dimensi *Heat Exchanger*-003

No	Uraian	Notasi	Satuan	HE - 003
	Shell			
1.	Diameter luar	ODs	Inchi	31,614
2.	Diameter dalam	ID	Inchi	30,748
3.	Jumlah baffle	N	Buah	4
4.	Jarak antar baffle	B	Inchi	23,623
5.	Jumlah passes	N		1
6.	Jenis fluida			Solar
	Tube			
1.	Diamter luar	ODt	Inchi	1
2.	Panjang *tube*	L	Feet	10
3.	Jumlah *tube*	Nt	Buah	400
4.	BWG			14
5.	Pitch		Inchi	1,25
6.	Jarak antar *tube*	Pt	Inchi	0,25

7.	Jumlah passes	N		1
8.	Jenis fluida			Crude Oil
	Tahun Pembuatan			2008

II.2.2.2 Data Lapangan

Tabel II. 3 Data diambil dari rata-rata data harian per tanggal 14 - 16 Oktober 2021

Shell, Hot Fluida (Solar)		*Tube*, Cold Fluida (Crude Oli)	
Suhu masuk T_1(◦C)	206	Suhu masuk t_1(◦C)	43,2
Suhu keluar T_2(◦C)	85,2	Suhu keluar t_2(◦C)	74,2
Flowrate (L/hari)	186033,33	Flowrate (L/hari)	332784,00
Sg	829,06	Sg	828,83

II.2.2.3 Evaluasi Data *Heat Exchanger* (HE-003)

Tabel II. 4 Evaluasi Data *Heat Exchanger*-003

Shell, Hot fluida (solar)		Tube, Cold fluida (crude oil)	
Suhu masuk T_1(◦F)	402,8	Suhu masuk t_1(◦F)	109,76
Suhu keluar T_2(◦F)	185,36	Suhu keluar t_2(◦F)	165,56
1). Mass flow (W) Flow rate = 186033,33 Mass flow = 186033,33 L/hari x 0,8291 kg/L x 2,205 lb/kg x $\frac{1\ hari}{24\ jam}$ = 14170,06 lb/jam		1). Mass flow (W) Flow rate = 332784 L/hari Mass flow = 332784 L/hari x 0,8288 kg/L x 2,21 lb/kg x $\frac{1\ hari}{24\ jam}$ = 25341 lb/jam	
2). Specific Gravity Solar Rata-rata nilai Sg = 829,06 ρ Solar = rata-rata Sg Solar x ρ air = 829,06 x 0,0624 lb/ft^3		2). Specific Gravity Crude Oil Rata-rata nilai Sg = 828,82 ρ Crude Oil = rata-rata Sg Crude Oil x ρ air	

= 51,7331 lb/ft^3 $maka\ sg\ solar = \frac{\rho Solar}{\rho Air}$ $= \frac{51{,}7331\ lb/ft3}{0{,}016\ lb/ft3}$ = 0,8277	= 828,82 x 0,0624 lb/ft^3 = 51,7192 lb/ft^3 $maka\ sg\ crude\ oil = \frac{\rho Crude\ Oil}{\rho Air}$ $= \frac{51{,}7192\ lb/ft3}{0{,}016\ lb/ft3}$ = 0,8275
3) °API (°API) $= \frac{141{,}5}{Sg\ \frac{60}{60}F} - 131{,}5$ $= \frac{141{,}5}{0{,}8277} - 131{,}5$ = 39,4497	3) °API (°API) $= \frac{141{,}5}{Sg\ \frac{60}{60}F} - 131{,}5$ $= \frac{141{,}5}{0{,}8275} - 131{,}5$ = 39,4955

1.) Menghitung *heat balance*

a. Pada shell (Solar)

Diketahui :

$$T_{avg} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{402{,}8 + 185{,}36}{2} = 294{,}08\ F$$

Cp = 0,58 Btu/lb°F.....(Kern, Fig4)

ΔT = T1 – T2 = 402,8 – 185,36 = 217,44 °F

Qs = W x Cp x ΔT

$= 14170{,}062 \frac{lb}{jam}$ x $0{,}58 \frac{Btu}{lb°F}$ x $217{,}44°F = 1787060{,}217 \frac{Btu}{jam}$

b. Pada *Tube* (Crude Oil)

$$t_{avg} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{165{,}56 + 109{,}76}{2} = 137{,}66^oF$$

Cp = 0,51 Btu/lb°F.....(Kern, Fig 4)

ΔT = $t_1 - t_2$ = 165,56 – 109,76 = 55,8 °F

Qt = W x Cp x ΔT

$= 25341{,}19 \frac{lb}{jam}\ x\ 0{,}51 \frac{Btu}{lb^oF} \text{x}\ 55{,}8\ ^oF = 721159{,}5741 \frac{Btu}{jam}$

c. Menghitung Neraca Perpindahan Panas :

Q = Qs- Qt

$= 1787060{,}217 \frac{Btu}{jam} - 721159{,}5741\ \frac{Btu}{jam} = 1065900{,}643\ \frac{Btu}{jam}$

$$Losses = \frac{Q}{Q_s} x\ 100\% = \frac{1065900{,}643 \frac{Btu}{jam}}{1787060{,}217 \frac{Btu}{jam}}\ x\ 100\%$$

= 0,5964 x 100%

= 59,6455 %

Q losses = % Loses x Q= 59,6455 % x 1065900,643 Btu/jam

= 635761,5537 Btu/jam

Q transfer = Q – Q losses

= 1065900,643 Btu/jam – 635761,5537 Btu/jam

= 430139,0889 Btu/jam

2. Menghitung Log Mean Temperature Difference (LMTD)

Shell (Solar)(°F)			Tube (Crude Oil) (°F)			
Higher temp	T_1	402,8	t_2	165,56	Δt_h	237,24
Lower temp	T_2	185,36	t_1	109,76	Δt_c	75,6

Difference	T_1-T_2	217,44	t_2-t_1	55,8	Δt_h-Δt_c	161,64

$$LMTD = \frac{\Delta th - \Delta tc}{\ln \Delta th/\Delta tc} = \frac{161,64}{ln\frac{237,24}{75,6}} = 141,3411 \text{ F}$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{217,44}{75,6} = 3,8967$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \frac{55,8}{293,04} = 0,1904$$

Pada buku D.Q Kern didapatkan HE-003 menggunakan 1 *shell pass and 2 or more tube pass*, sehingga :

Ft = 0,89…….(Kern, Fig 18)

$$\Delta t = LMTD \times F_T = 141,3411\ °F \times 0,89 = 125,7936°F$$

2. Menghitung T_c dan t_c

$$\frac{\Delta tc}{\Delta th} = \frac{75,6\ °F}{237,24°F} = 0,3187$$

Didapatkan :

Kc = 0,32 ……..(Kern, Fig 17)

Fc = 0,38 ……..(Kern, Fig 17)

Sehingga :

a. Pada shell :

$$T_c = T_2 + F_c(T_1 - T_2) = 185,36 + 0,38\ (402,8\text{-}185,36) = 267,98°F$$

b. Pada tube :

$$t_c = t_1 + F_c(t_2 - t_1) = 109,76 + 0,38\ (165,56 + 109,76) = 130,964\ °F$$

Shell side, Hot fluid (Solar)	Tube side, cold fluida (crude oil)
4) Flow area (A_s) Diketahui : Diameter dalam (ID) = 30,748 Inchi Pitch (Pt) = 1,25 in Tube clearance (C") = Pt – OD = 1,25 - 1 = 0,25 in Jarak antar buffle (B) = 23,623 in $A_S = \frac{ID\ X\ C''\ X\ B}{144\ X\ P_t}$ $= \frac{30{,}758\ in\ X\ 0{,}25\ in\ X\ 23{,}623\ in}{\frac{144\ in^2}{1\ ft^2}\ X\ 1{,}25\ inc}$ $= 1{,}0088 ft^2$	4) Flow area (A_t) Diketahui : Jumlah tube (Nt) = 400 Jumlah pass (n) = 1 Diameter dalam (OD) = 1 in , BWG 14 didapatkan nilai At'' = 0,546 in^2 .....(Kern, Tabel 10) $A_t = \frac{N_t\ X\ At''}{144\ X\ n}$ $= \frac{400\ X\ 0{,}546\ inc^2}{\frac{144\ in^2}{1\ ft^2}\ X\ 1}$ $=1{,}5167 ft^2$
5) Mass velocity $G_S = \frac{W}{A_S} = \frac{14170{,}06211}{1{,}0088}$ = 14045,98 $lb/jam ft^2$	5) Mass velocity $G_t = \frac{W}{A_t} = \frac{25341{,}1896\ lb/jam}{1{,}5167\ ft^2}$ = 16708,47 $lb/jam ft^2$
6) Reynold Number (Res) Pada OD = 1 in dan Pt = 1,25 in Triangular pitch didapatkan : D_e = 0,72 in …….(Kern, Fig 28) = 0,72 :12 = 0,06 ft	6) Reynold Number (Ret) Pada OD = 1 in dan Bwg = 14 didapatkan : D = 0,834 in …..(Kern, Tabel 10) = 0,834 :12 = 0,07 ft

Saat T_c = 267,9872 °F °API = 39,4497 didapatkan : μ = 0,57 cps …….(Kern, Fig 14) = 0,57 × 2,42 = 0,6655 $lb/ft\ hr$ $R_{es} = \frac{De\ x\ Gs}{\mu} = \frac{0,06\ x\ 14045,98}{1,3795 \frac{lb}{jam} ft2} = 610,96$	Saat tc = 130,964 °F °API = 39,4955 didapatkan : μ = 1,2 cps …..(Kern, Fig 14) = 1,2 × 2,42 = 2,904 $lb/ft\ hr$ $R_{et} = \frac{De\ x\ Gs}{\mu} = \frac{0,07\ x\ 16708,47}{2,904} = 399,87$
7) *Factor for heat transfer* Pada R_{es} = 610,96, didapatkan jH = 13…….....(Kern, fig 28)	7) *Factor for heat transfer* L = 10 ft D = 0,075 ft L/D = $\frac{10\ ft}{0,07\ ft}$ = 143,9 R_{et} = 339,87 Didapatkan : j_H = 2,8.....(Kern, fig 24)
8) Bilangan Prandtl Saat T_c = 267,9872 °F °API = 39,4497 didapatkan : c = 0,58 $Btu/lb\ °F$…..(Kern, Fig 4) K=0,077Btu/ft^2hr(°F/ft).....(Kern, Fig 1) μ = 1,3794 $lb/ft\ hr$ $P_r = [\frac{C\ X\ \mu}{K}]^{\frac{1}{3}}$	8) Bilangan Prandtl $Saat\ t_c$ = 130,964 °F °API = 39,4955 didapatkan : c = 0,5 Btu/lb °F..... (Kern, fig 4) k = 0,079Btu/ft^2hr(°F/ft) .....(Kern, fig 1) μ = 2,904 $lb/ft\ hr$

$=[\frac{0{,}58\frac{Btu}{lb}°F\ X\ 1{,}3794{,}0^{1/3}\frac{lb}{fthr}}{0{,}077\frac{Btu}{ft^2hr}(\frac{°F}{ft})}]^{\frac{1}{3}}$ =2,182	$P_r = \frac{C\ X\ \mu^{\frac{1}{3}}}{K}$ $=[\frac{0{,}5\frac{Btu}{lb}°F\ X\ 2{,}9040\frac{lb}{fthr}}{0{,}079\frac{Btu}{ft^2hr}(\frac{°F}{ft})}]^{\frac{1}{3}}$ =2,639
9. Koefisien perpindahan panas fluida (h_o) ho = J_H x $\frac{K}{D_e}$ x $[\frac{C\ X\ \mu}{K}]^{\frac{1}{3}}$ x $\emptyset s$ $\frac{ho}{\emptyset s}$ = 13 x $\frac{0{,}077\frac{Btu}{ft^2hr}(\frac{°F}{ft})}{0{,}06\ ft}$ x 2,182 = 36,4048 Btu/ft^2 hr °F	9. Koefisien Perpindahan Panas Fluida (hi) hi = J_H x $\frac{K}{D_e}$ x $[\frac{C\ X\ \mu}{K}]^{\frac{1}{3}}$ x $\emptyset t$ $\frac{hi}{\emptyset t}$ = 3 x $\frac{0{,}079\frac{Btu}{ft^2hr}(\frac{°F}{ft})}{0{,}07\ ft}$ x 2,639 = 8,3994 Btu/ft^2 hr °F
10) Tube wall temperature T_c = 267,9872^oF t_c = 130,9640^oF T_c - t_c = 137,0232 ^oF $t_w = t_c + \frac{\frac{ho}{\emptyset s}}{\frac{ho}{\emptyset s}+\frac{hio}{\emptyset t}}$ x ($T_c - t_c$) t_w = 130,96 + $\frac{36{,}405}{36{,}405+7{,}0051}$ x (137,02) = 245,8757 F	10) Menghitung $\frac{h_{io}}{\emptyset_t}$ ID = 0,834 in OD = 1 in $\frac{hio}{\emptyset t} = \frac{hi}{\emptyset t}\ x\ \frac{ID}{OD}$ = 8,3994 Btu/ft^{2}hr^{o}F x $\frac{0{,}834\ in}{1\ in}$ = 7,0051 Btu/ft^{2}hr^{o}F
11) Saat t_w = 245,8785 °F	11) Saat t_w = 245,8757 °F

didapatkan : μ_w = 0,42 cps…(Kern, Fig 14) = 0,42 × 2,42 = 1,016 lb/ft hr $\emptyset s = [\frac{\mu}{\mu_w}]^{0,14}$ $=[\frac{1,379\ lb/fthr}{1,016\ lb/fthr}]^{0,14}$ = 1,0437	didapatkan : μ_w = 0,52 cps…(Kern, Fig 14) = 0,52 × 2,42 = 1,258 lb/ft hr $\emptyset t = [\frac{\mu}{\mu_w}]^{0,14}$ $=[\frac{2,904\ lb/fthr}{1,258\ lb/fthr}]^{0,14}$ = 1,1242
12) h_o terkoreksi ho = $\frac{ho}{\emptyset s}\ x\ \emptyset s$ = 36,4048 Btu/ft2jam F x 1,0437 = 37,9949 Btu/ft2jam F	12) h_i terkoreksi hio = $\frac{hio}{\emptyset t}\ x\ \emptyset t$ = 7,0051 Btu/ft2jam°F x 1,1242 = 7,8751 Btu/ft2jam°F

13) Menghitung Uc

$$UC = \frac{hio\ x\ ho}{hio+ho} = \frac{7,8751\frac{Btu}{ft^2hr}°F\ x\ 37,9949 Btu/ft^2hr°F}{(7,8751+37,9949) Btu/ft^2hr°F} = 6,5231\ \text{Btu/ft}^2\text{hr°F}$$

14) Menghitung Ud

OD = 1 inc dan BWG = 14

didapatkan a"= 0,262 ft^2/ft.....……(Kern, tabel 10)

Nt = 400

L = 10 ft

$$U_d = \frac{Q_{tube}}{N_t\ x\ a^n\ x\ L\ x\ LMTD} = \frac{721159,5741\ Btu/hr}{400\ x\ 0,2618\frac{ft^2}{ft}\ x\ 10\ ft\ x\ 141,34\ °F} = 4,8723\ \text{Btu/hr ft}^2\ °F$$

15) Menghitung Rd

$$R_D = \frac{U_C - U_D}{U_C \; X \; U_D} = \frac{(6{,}5231 - 4{,}8723) Btu/hr ft^{2\circ}\text{F}}{6{,}5231 \frac{Btu}{hr ft^2}{}^{\circ}\text{F} \; x \; 4{,}8723 \; Btu/hr ft^{2\circ}\text{F}} = 0{,}0519 \text{ hr ft}^{2\circ}\text{F/ Btu}$$

16) Menghitung effisiensi efektivitas

$$\eta = \frac{Q \; tube}{Q \; shell} = \frac{721159{,}574 \; Btu/jam}{1787060{,}22 \; Bbtu/jam} \text{ x } 100\% = 40{,}3545 \%$$

Pressure Drop	
Shell side, Hot fluid (Solar)	Tube side, Cold fluid (Crude Oil)
1. Factor friksi (f) R_{es} = 610,96 f = 0,0035 ft^2/in^2 ..(Kern, fig 29) Sg = 0,8277 Ds = 30,748 *in* = 30,748 *in* : 12 = 2,5623 ft	1, Faktor friksi (f) R_{et} = 399,8757 f = 0,0039 ft^2/in^2 ..(Kern, fig 29) Sg = 0,8275
2, Jumlah Crosses L = 10 ft B = 23, 623 in $N + 1 = \frac{12\,L}{B} = \frac{12 \; x \; 10}{23{,}623} = 5, 0798$	2, Pressure Drop (ΔPt) $\Delta Pt = \frac{f \; x \; (Gt)^2 \; x \; L \; x \; n}{5{,}22 \; x \; 10^{10} \; x \; D \; x \; Sg \; x \; \emptyset t}$ $= \frac{0{,}0039 \; x \; (16708{,}47)^2 x \; 10 \; x \; 1}{5{,}22 \; x \; 10^{10} \; x \; 0{,}07 \; x \; 0{,}8277 \; x \; 1{,}1242}$ = 0,003226 psi
3, Pressure Drop (ΔPs) $\Delta Ps = \frac{f \; x \; (Gs)^2 \; x \; \; Ds \; x \; (N+1)}{5{,}22 \; x \; 10^{10} \; x \; De \; x \; Sg \; x \; \emptyset s}$ $= \frac{0{,}0035 \; x \; (14045{,}99)^2 x \; 5{,}08 \; x \; (5{,}0798)}{5{,}22 \; x \; 10^{10} \; x \; 0{,}06 \; x \; 0{,}8277 \; x \; 1{,}0437}$ = 0, 0033 psi	3, Menghitung (ΔPr) G_t = 16708,47 $lb/jam.\, ft^2$ $v = \frac{Gt}{\rho t}$ $= \frac{16708{,}47 \; lb/jam ft^2}{51{,}7192 \; lb/ft^3} \text{ x } \frac{1 \; jam}{3600 \; s}$ = 0,0897 ft/s $\Delta Pr = \frac{4n}{Sg} \text{ x } \frac{v^2}{2gc}$ $= \frac{4(1)}{0{,}8275} \text{ x } \frac{0{,}0897^2}{2(32{,}2)}$

	= 0,000604 psi

4. Menghitung Tekanan Total

ΔP_{total} $= \Delta Pt + \Delta Pr$

$= 0{,}0032\ psi + 0{,}000604\ psi$

$= 0{,}003830\ psi$

II.2.2.4 Data Hasil Evaluasi

U_c ***(Clean Overall Heat Transfer Coeffcient)***	6,5231 Btu/(ft^2)(hr)(°F)
U_d ***(Dirt Overall Heat Transfer Coefficient)***	4,8723 Btu/(ft^2) (hr)(˚F)
R_d ***(Dirt Factor Coeficient)***	0,05194 (hr)(ft^2)(◦F)/Btu
ΔP_{shell}	0, 0033 psi
ΔP_{tube}	0,003226 psi

II.2.3 Pembahasan

Pada penelitian ini *heat exchanger* yang diamati yaitu *heat exchanger*-003 jenis shell and *tube* yang disusun secara seri berfungsi untuk memanaskan crude oil sebelum dipanaskan dalam furnance, dengan memanfaatkan panas yang berasal dari solar. Dimana shell dilalui fluida panas yaitu solar sedangkan *tube* dilalui oleh fluida dingin yaitu crude oil. Pada *heat exchanger*-003 ini juga berfungsi untuk menurunkan temperature dari solar sebelum masuk cooler. Untuk mengetahui seberapa besar penurunan kinerja dari *heat exchanger*-003 maka diperlukan analisis dengan perhitungan.

Dari data lapangan yang diperoleh berupa temperature, flow rate dan density. Maka dilakukan analisis perhitungan panas yang diterima oleh *crude oil*

sebesar 721159,5741 Btu/hr sedangkan panas yang diberikan oleh solar sebesar 1787060,217 Btu/hr, sehingga perpindahan panas yang terjadi pada solar ke *crude oil* mengalami kehilangan panas sebesar 635761,5537 Btu/hr dan persen Q losses sebesar 59,6455 %. Sedangkan efisiensi panas diperoleh sebesar 40,3545%. *Dirt factor* (Rd) yang diperoleh sebesar 0,05194 (hr)(ft^2)(◦F)/Btu, koefisien perpindahan panas (Ud) diperoleh sebesar 4,8723 Btu/(hr)(ft^2)(◦F). Untuk pressure drop pada shell (solar) dihasilkan sebesar 0,0033 psi dan *pressure drop* pada *tube (Crude Oil)* sebesar 0,003226 psi.

Pada hasil perhitungan diperoleh bahwa *Dirt factor* (Rd) pada HE-003 yaitu sebesar 0,05194 Btu/(hr)(ft^2) (◦F), dengan nilai efisiensi HE-003 sebesar 40,3545% pada table 12 *fouling factor* "Kern" nilai Rd yang diizinkan adalah 0,002 (hr)(ft^3)/(Btu) maka dapat dikatakan bahwa nilai Rd perhitungan masih belum memenuhi nilai Rd yang diizinkan. Dikarenakan nilai Rd hitung lebih besar dari nilai Rd ketentuan. Maka menunjukkan bahwa *heat exchanger*-003 memiliki factor pengotor yang cukup banyak. Nilai faktor pengotor sangat berpengaruh pada proses perpindahan panas yang masuk kedalam shell maupun *tube*. Dalam pengendaliannya perlu dilakukan proses penghilangan kadar impurities yang dapat membuat kerak pada dinding-dinding pipa. Hal ini menunjukkan bahwa temperature dan laju alir fluida dan impurities sangat berpengaruh pada nilai fouling factor (Rd).

Nilai kehilangan panas yang diperoleh sebesar 635761,5537 Btu/hr maka panas yang terbuang dapat dikatakan cukup besar. Jadi pemanfaatan panas dari solar dan diterima kurang baik oleh crude oil. Sedangkan untuk nilai coeffisien dirt overall (Ud) diperoleh sebesar 4,8723 Btu/(hr)($ft2$)(˚F) dan nilai coeffisien clean overall (Uc) sebesar 6,5231 Btu/(hr)($ft2$)(℉). Pada nilai koeffisien perpindahan panas tersebut juga dipengaruhi oleh adanya fouling factor (Rd) karena semakin banyak kotoran yang menempel pada *tube* maupun shell maka nilai koeffisien perpindahan panas (Ud) akan mengalami penurunan. Hal ini menunjukan bahwa hantaran perpindahan panas dalam keadaan ini sangatlah kotor sehingga (fouling factor atau Rd) kotoran yang menempel pada bagian

permukaan dinding shell dan *tube* akan mengurangi perpindahan panas yang terjadi.

Fouling factor juga berpengaruh terhadap pressure drop, dimana semakin tinggi pressure drop makan semakin tinggi pula *fouling factornya*. Hal ini disebabkan karena adanya impurities yang dibawa oleh fluida yang menyebabkan friksi pada *tube* dan shell akan semakin banyak dan perpindahan panas yang terjadi akan terganggu. Nilai pressure drop yang diperoleh masih dibawah nilai standart yang diperbolehkan, yaitu sebesar 10 Psi. Hal ini menunjukkan bahwa *heat exchanger*-003 dinyatakan masih layak dioperasikan karena tidak melebihi standart batas yang diperbolehkan.

Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *dirt factor* pada *heat exchanger*-003 lebih besar dari *dirt factor* yang diizinkan, karena nilai *dirt factor* yang lebih besar sehingga akan menghambat laju perpindahan panas antara *hot fluid* dan *cold fluid*. Oleh karena itu, perlu dilakukan pembersihan pada unit kilang secara teratur. Hal ini bertujuan agar alat-alat proses khususnya *heat exchanger*-003 menjadi lebih baik selama proses berlangsung, serta pembersihan pada *heat exchanger*-003 akan mengurangi menumpukkan kerak pada dinding dalam maupun luar *tube,* sehingga pertukaran panas bisa berjalan dengan maksimum.