

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Proses

Pengolahan minyak mentah dapat ditentukan berdasarkan kriteria jenis minyak yang terkandung di dalam bumi. Kandungan minyak yang terkandung tersebut ditentukan proses yang dapat relevan dengan hasil yang diinginkan.

II.1.1 Proses Pemisahan (Separation Process)

Bumi memiliki banyak unsur dan bahan alam yang terkandung di dalamnya. Hal ini membuat industri memerlukan proses yang dapat memisahkan tiap unsur dari bahan alam yang terbawa pada proses pengangkutan. Industri minyak sangat umum akan proses pemisahan fase. Unit operasi yang digunakan dalam penyulingan minyak biasanya sederhana tetapi yang kompleks adalah interkoneksi dan interaksinya. Proses pemisahan tersebut dapat meliputi antara lain:

- a. Distilasi
- b. Filtrasi
- c. Absorpsi
- d. Kristalisasi
- e. Ekstraksi

Pemisahan fase pada fluida umumnya terjadi di alat separator. Fluida reservoir dapat terdiri dari campuran gas, minyak dan air. Pada saat fluida dari sumur masuk ke separator, dimana tekanan sudah menurun dibanding saat dari reservoir, fluida dengan perbedaan densitas, mulai terpisah secara alamiah. Semakin berat suatu benda, semakin besar kemungkinan benda tersebut bergerak ke dasar, hal ini diakibatkan pengaruh gravitasi.

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

Gas lebih ringan dari minyak, minyak lebih ringan dari air; oleh karena itu :

1. Air akan berada di tempat yang paling bawah
2. Minyak berada diantara air dan gas
3. Gas berada ditempat yang paling atas.

Sifat-sifat inilah yang dimanfaatkan dalam proses pemisahan fluida. Disamping itu akibat perubahan temperatur akan mempengaruhi specific gravity dan tekanan dari fluida tersebut. (Astrid, 2016)

II.1.2 Stripping

Proses stripping sering digunakan oleh industri minyak pada umumnya. Istilah dari proses stripping ialah proses pemisahan solute dalam solvent (fase liquid). Proses pemisahan fisik dimana satu atau lebih komponen dikeluarkan dari aliran cairan oleh aliran uap. Dalam aplikasi industri aliran cairan dan uap dapat memiliki arus searah atau arus berlawanan. Pemisahan ini berdasarkan beda titik didih antar fraksi dalam campuran. Proses stripping menggunakan alat bernama stripper yang memiliki bagian-bagian secara umumnya antara lain:

- a. **Tray**, Bagian ini berfungsi sebagai alat pengontak antar fraksi ringan dan berat, sehingga terjadi proses pemisahan. Tray terdiri dari beberapa macam yaitu bubble cup, sieve plate, valve plate dan flexi plate. Setiap jenis-jenis plate memiliki kelebihan serta kekutangan tertentu, tetapi tray yang paling banyak digunakan ialah bubble cup
- b. **Weir**, Merupakan salah satu alat yang berupa potongan plate yang berfungsi untuk mempertahankan tinggi permukaan di bawah down comer, agar ujung bawah down comer cukup hanya tercelup kedalam cairan, sehingga bertindak sebagai seal atau perapat untuk uap yang akan naik ke atas.
- c. **Down Comer**, Alat ini berfungsi untuk mengalirkan cairan dari atas yang menuju ke plate yang ada dibawahnya. Down comer terdiri dari dua macam yaitu down comer yang berbentuk pipa serta down comer yang berbentuk saluran pencurah. Untuk mencegah mengalirnya uap hidrokarbon keatas melalui sungkup down comer maka down comer harus memiliki seal yang

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

cukup atau ujung down comer cukup tercelup kedalam cairan yang berada pada plat dibawahnya.

- d. **Tab**, Merupakan kaki dari cap yang berfungsi untuk menahan valve tray agar tidak terlepas dari plate.
- e. **Support Ring**, Berfungsi sebagai tempat dudukan plate

II.1.3 Distilasi

Penyulingan atau distilasi adalah teknik pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih larutan. Penyulingan terfraksi digunakan untuk solution memiliki perbedaan titik didih tidak terlalu jauh dari sekitar 30°C atau lebih. Dasar pemisahan suatu campuran dengan penyulingan adalah perbedaan titik didih dari dua atau lebih cairan jika campuran dipanaskan, komponen titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Pengaturan suhu yang teliti dapat memproses penguapan secara bertahap.

Ada 4 jenis distilasi yang umum digunakan yaitu distilasi bertingkat, distilasi sederhana, distilasi fraksionasi, distilasi uap, dan distilasi vakum. Selain itu ada pula distilasi ekstraktif dan distilasi *azeotropic homogenous*, distilasi dengan menggunakan garam berion, distilasi *pressure-swing*, serta distilasi reaktif.

a. Distilasi Bertingkat

Dalam proses distilasi bertingkat, minyak mentah tidak dipisahkan menjadi komponen-komponen murni, melainkan ke dalam fraksi-fraksi, yakni kelompok-kelompok yang mempunyai kisaran titik didih tertentu. Hal ini dikarenakan jenis komponen hidrokarbon begitu banyak dan isomer-isomer hidrokarbon mempunyai titik didih yang berdekatan.

Fungsi distilasi adalah memisahkan komponen-komponen cair, dua atau lebih, dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Distilasi ini juga dapat digunakan untuk campuran dengan perbedaan titik didih kurang dari 20°C dan bekerja pada tekanan atmosfer atau dengan tekanan rendah. Aplikasi dari distilasi jenis ini digunakan pada industri minyak mentah, untuk memisahkan komponen-komponen dalam minyak mentah.

Proses distilasi bertingkat ini dapat dijelaskan sebagai berikut:



Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

- Minyak mentah dipanaskan dalam boiler menggunakan uap air bertekanan tinggi sampai suhu $\sim 600^{\circ}\text{C}$. Uap minyak mentah yang dihasilkan kemudian dialirkan ke bagian bawah menara/tanur distilasi.
- Dalam menara distilasi, uap minyak mentah bergerak ke atas melewati pelat-pelat (*tray*). Setiap pelat memiliki banyak lubang yang dilengkapi dengan tutup gelembung (*bubble cap*) yang memungkinkan uap lewat.
- Dalam pergerakannya, uap minyak mentah akan menjadi dingin. Sebagian uap akan mencapai ketinggian dimana uap tersebut akan terkondensasi membentuk zat cair. Zat cair yang diperoleh dalam suatu kisaran suhu tertentu ini disebut fraksi.
- Fraksi yang mengandung senyawa-senyawa dengan titik didih tinggi akan terkondensasi di bagian bawah menara distilasi. Sedangkan fraksi senyawa-senyawa dengan titik didih rendah akan terkondensasi di bagian atas menara.

b. Distilasi Sederhana

Pada distilasi sederhana, dasar pemisahannya adalah perbedaan titik didih yang jauh atau dengan salah satu komponen bersifat volatil. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap lebih dulu. Selain perbedaan titik didih, juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah substansi untuk menjadi gas. Distilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer. Aplikasi distilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol.

c. Distilasi Uap

Distilasi uap digunakan pada campuran senyawa-senyawa yang memiliki titik didih mencapai 200°C atau lebih. Distilasi uap dapat menguapkan senyawa-senyawa ini dengan suhu mendekati 100°C dalam tekanan atmosfer dengan menggunakan uap atau air mendidih. Sifat yang fundamental dari distilasi uap adalah dapat mendistilasi campuran senyawa di bawah titik didih dari masing-masing senyawa campurannya. Selain itu distilasi uap dapat digunakan untuk campuran yang tidak larut dalam air di semua temperatur, tapi dapat didistilasi dengan air. Aplikasi dari distilasi uap adalah untuk mengekstrak beberapa produk alam seperti minyak eucalyptus dari eucalyptus, minyak citrus dari lemon atau jeruk, dan untuk ekstraksi minyak parfum

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

dari tumbuhan.

Campuran dipanaskan melalui uap air yang dialirkan ke dalam campuran dan mungkin ditambah juga dengan pemanasan. Uap dari campuran akan naik ke atas menuju ke kondensor dan akhirnya masuk ke labu distilat.

d. Distilasi Vakum

Distilasi vakum biasanya digunakan jika senyawa yang ingin didistilasi tidak stabil, dengan pengertian dapat terdekomposisi sebelum atau mendekati titik didihnya atau campuran yang memiliki titik didih di atas 150°C . Metode distilasi ini tidak dapat digunakan pada pelarut dengan titik didih yang rendah jika kondensornya menggunakan air dingin, karena komponen yang menguap tidak dapat dikondensasi oleh air. Untuk mengurangi tekanan digunakan pompa vakum atau aspirator. Aspirator berfungsi sebagai penurun tekanan pada sistem distilasi ini.

Tujuan dari percobaan penyulingan ini adalah untuk menentukan konsentrasi maksimum yang dapat diperoleh distilat, menentukan HETP (tinggi setara dengan piring teoretis) di total refluks, dan menentukan jumlah minimum tahap (Nmin) pada total reflux. HETP adalah panjang lapangan (kolom panjang) dibagi dengan jumlah potongan teoritis untuk mengetahui efisiensi kolom penyulingan. Prinsip ini didasarkan pada Undang-Undang Roult tekanan uap pada solusi ideal pada temperatur tertentu sebanding dengan tekanan uap dikalikan dengan fraksi murni murni. Dan Dalton's Law adalah tekanan ideal dalam campuran gas sama dengan tekanan parsial setiap komponen. (Ardita, 2018)

II.1.4 Adsorpsi

Adsorpsi atau penjerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penjerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terjerap, adsorbat) pada permukaannya. Proses adsorpsi digunakan untuk memperoleh material berat dari gas. Pemakaian terpenting proses adsorpsi pada perindustrian minyak adalah salah satunya untuk menghilangkan bagian-bagian yang memberikan warna dan hal-hal lain yang tidak dikehendaki dari minyak, digunakan tanah liat untuk menghilangkan



Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

warna dan baukiet (biji oksida-aluminium). (Astrid, 2016)

II.2 Uraian Tugas Khusus

II.2.1 Heat Exchanger

Heat Exchanger Menurut Incropera dan Dewiti (1981) dalam Za Tendra (2011), efektivitas suatu heat exchanger didefinisikan sebagai perbandingan antara perpindahan panas yang diharapkan (nyata) dengan perpindahan panas maksimum yang mungkin terjadi dalam heat exchanger tersebut. Secara umum, pengertian alat penukar panas atau heat exchanger adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai uap lewat panas (superheated steam) dan air biasa sebagai air pendingin (cooling water). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi sebagai pemanas karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun kedua bercampur langsung begitu saja. Penukar panas sangat luas dipakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia, maupun petrokimia, industri gas alam, refrigerasi, dan pembangkit listrik. (Wijaya, 2020)

II.2.2 Prinsip Kerja Heat Exchanger

Prinsip kerja heat exchanger yaitu memindahkan panas dari dua fluida pada temperatur berbeda di mana transfer panas dapat dilakukan secara langsung ataupun tidak langsung (Ikhsan, 2012)

a) Secara kontak langsung

Panas yang dipindahkan antara fluida panas dan dingin melalui permukaan kontak langsung yang 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 dua 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.



Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

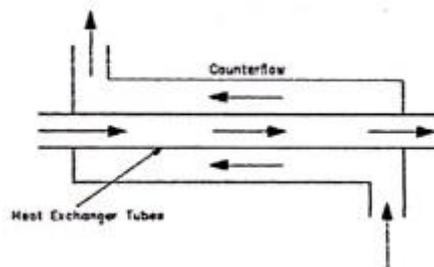
Dalam sistem ini, kedua fluida akan mengalir. (Wijaya, 2020)

II.2.3 Tipe Aliran Dalam Heat Exchanger

Pada alat heat erchanger terdapat empat tipe aliran dalam alat penukar panas, yaitu (Za Tendra, 2011):

a. Counter current flow (berlawanan arah)

Counter current flow atau counter flow adalah aliran berlawanan arah, dimana fluida yang satu masuk pada ujung penukar kalor, sedangkan fluida yang satu masuk pada ujung penukar panas yang lain, masing - masing fluida mengalir menurut arah yang berlawanan. Untuk tipe counter current flow ini memberikan panas yang lebih baik dibandingkan dengan aliran searah atau parallel. Sedangkan banyaknya pass (lintasan) juga berpengaruh terhadap efektifitas dari alat penukar panas yang digunakan.

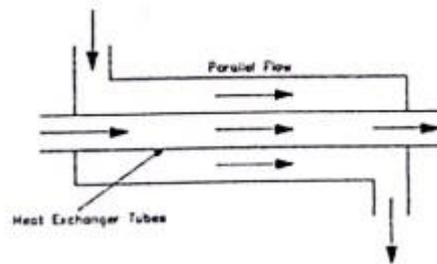


Gambar II.2 Tipe aliran *counter current flow* (berlawanan arah)

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 penukar panas yang lain.

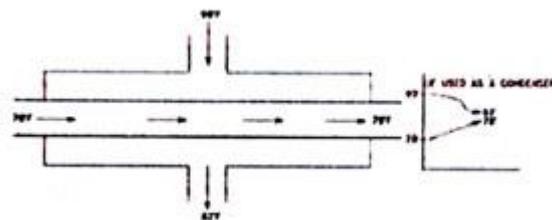
Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati



Gambar II.3 Tipe aliran *parallel flow/ co-current* (searah)

C. *Cross Flow* (Silang)

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



Gambar II.4 Tipe Aliran *Cross Flow* (silang)

II.2.4 Jenis *Heat Exchanger*

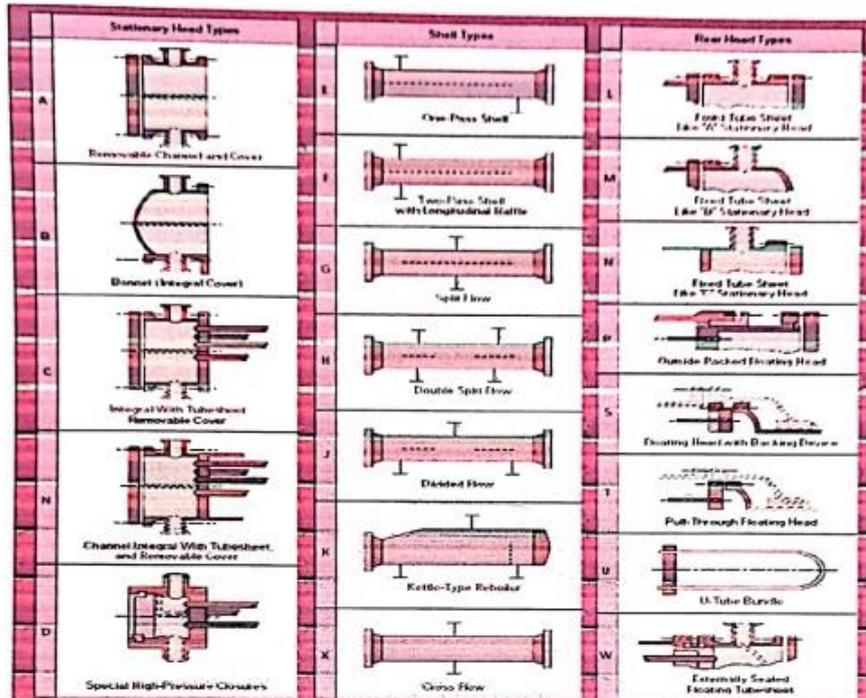
Kelas C, yaitu untuk *general purpose* perlu diketahui bahwa untuk alat-alat ini terdapat suatu terminologi yang telah distandarkan untuk menamai alat dan bagian-bagian alat tersebut yang dikeluarkan oleh asosiasi pembuat heat exchanger yang dikenal dengan *Tubular Exchanger Manufacturers Association* (Tema). Standarisasi tersebut bertujuan untuk melindungi para penggunaan dari bahaya kerusakan atau kegagalan alat, karena alat ini beroperasi pada temperature dan tekanan yang tinggi.

Dalam standar mekanik TEMA, terdapat tiga macam kelas *heat exchanger*, yaitu:

1. Kelas R, yaitu untuk peralatan yang bekerja dengan kondisi berat, misalnya untuk industri minyak dan kimia berat, dengan didasarkan pada segi ekonomis dan ukuran kecil, digunakan untuk proses umum industri

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

2. Kelas B, yaitu untuk menentukan desain dan fabrikasi untuk proses kimia
Dalam gambar II.5 diperlihatkan tipe-tipe *shell and tube heat exchanger*



Gambar II.5 Desain TEMA untuk *Shell and Tube Heat Exchanger*

Dari seluruh tipe shell diatas, tipe E merupakan tipe yang paling banyak digunakan karena konstruksinya yang sederhana dan relatif lebih murah. Tipe F memiliki luas permukaan yang lebih besar karena shell tipe ini memiliki dua aliran. Kondisi aliran terbelah seperti pada tipe G, H dan J digunakan pada kondisi khusus, seperti pada kondensor dan boiler thermosiphon. Shell tipe K biasa digunakan untuk pemanas kolam air dan shell tipe X digunakan untuk menurunkan tekanan uap.

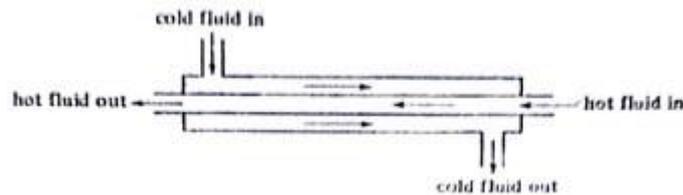
Beberapa contoh *heat exchanger* adalah :

1. *Double-pipe heat exchanger*

merupakan jenis paling sederhana dari *heat exchanger*. Satu fluida mengalir dalam pipa bagian dalam dan fluida lain berada diantara dua pipa yang ada. Aliran fluida dapat bersifat *cocurrent* atau *counter current*. Heat exchanger ini terbuat dari 2 pipa dengan industri yang sama dan pada ujung diberi fitting. Jenis ini biasa digunakan

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

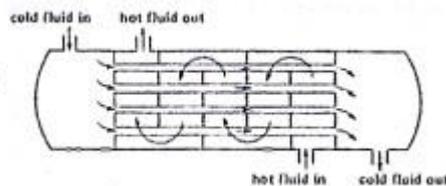
untuk laju alir rendah



Gambar II.6 Skema Sederhana Double Pipe Heat Exchanger

2. Shell and Tube Heat Exchanger

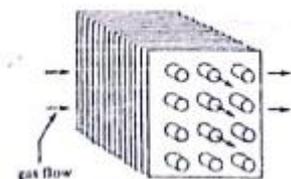
Jenis ini digunakan untuk laju alir yang lebih tinggi, sehingga sering digunakan di industri. *Tube* dipasang secara parallel dan banyak didalam satu *shell*. Fluida dingin masuk ke dalam *tube*. Fluida panas masuk dari ujung yang berbeda dengan aliran *countercurrent* di bagian *shell*



Gambar II.7 Skema sederhana *Shell and Tube Heat Exchanger*

3. Cross Flow Exchanger

Jenis ini biasa digunakan untuk memanaskan atau mendinginkan udara. Cairan dialirkan kedalam *tube* dan gas dialirkan di bagian luar *tube* baik menggunakan gaya ataupun konveksi alami



Gambar II.8 Skema Sederhana *Cross Flow Exchanger*

(Wijaya, 2020)

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

II.2.5 Shell and Tube Heat Exchanger

Shell and tube heat exchanger merupakan jenis penukar panas yang paling banyak digunakan dalam industri perminyakan. Alat ini terdiri dari sebuah *shell* (tabung/silinder besar) dimana didalamnya terdapat suatu *bundle* (berkas) pipa dengan diameter yang relatif kecil. Satu jenis fluida mengalir di dalam pipa-pipa sedangkan fluida lainnya mengalir pada bagian luar pipa tetapi masih di dalam *shell*

Keuntungan *shell and tube heat 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 diantara yang lain. Untuk menjamin bahwa fluida pada *shell side* mengalir melintasi tabung dan dengan demikian menyebabkan perpindahan kalor yang lebih tinggi, maka didalam *shell* tersebut dipasangkan sekat/penghalang/*baffle* (Kern, 1950).

II.2.6. Komponen-Komponen Utama Shell and Tube Heat Exchanger

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 “Birmingham Wire Gage” (BWG). Ukuran pipa tersebut secara umum biasanya digunakan dengan mengikuti ukuran-ukuran yang telah baku. Semakin besar bilangan BWG maka semakin tipis *tubenya*.

2. Tube Pitch

Lubang-lubang pipa pada penumpang *shell and 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

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

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*
- b. *Triangular pitch*
- c. *Square pitch rotated*
- d. *Triangular pitch with cleaning lanes*

3. *Tube Sheet*

Tube Sheet dalam *Heat Exchanger shell and tube* berupa plat berlubang untuk pemasangan *tube* yang dilengkapi dengan packing dan baut untuk melekatkan *shell*. *Tube sheet* harus tahan korosi terhadap fluida

4. *Shell*

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*, dan *rear head type*.

5. *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 koefisien perpindahan panas yang didapat besar. Luas *baffle* $\pm 75\%$ dari penampung *shell*. Spasi antar *baffle* tidak lebih dekat dari 1/5 diameter *shell* karena apabila terlalu dekatakan didapat kehilangan tekanan yang besar.

6. Longitudinal *baffle*

Longitudinal *baffle* merupakan lempengan sekat yang dipasang sejajarporos

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

shell yang berfungsi memperbanyak jumlah aliran fluida dalam *shell*

7. Channel

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

8. Nozzle

Merupakan saluran masuk dan keluar fluida dalam *shell* ke dalam *tube*

(Wijaya, 2020)

II.2.7 Faktor-Faktor Penting dalam Perancangan Heat Exchanger

Ada beberapa factor-faktor penting dalam perancangan *heat exchanger* yaitu sebagai berikut :

1. Luas Permukaan (A)

Luas Permukaan perpindahan panas ini diperoleh dengan menghitung beban panas. Semakin luas permukaan *Heat Exchanger* maka semakin besar pula laju perpindahan panas dan juga tergantung pada diameter dalam pipa.

2. Perbedaan Suhu (ΔT_{LMTD})

Beda suhu ini disebut beda suhu rata-rata log (*log mean temperature difference* = LMTD). Dengan kata lain, LMTD ialah beda-suhu pada satu ujung penukar-kalor dikurangi beda-suhu pada ujung yang satu lagi dibagi dengan logaritma alamiah dari perbandingan kedua beda suhu tersebut. Capaian suhu *Heat Exchanger* ini tidak boleh melebihi 250°F karena akan menyebabkan *fouling*. Beda suhu ini nanti akan diperoleh koefisien perpindahan panas secara menyeluruh (UD).

3. Pressure Drop (AP)

Pressure drop pada *shell* and *tube* tidak boleh melebihi batas yang diizinkan. Jika *pressure drop* lebih besar dari batas yang diizinkan maka akan menyebabkan laju alir massa inlet fluida di *tube* akan jauh berbeda dengan outlet masing-masing fluida.

II.2.8. Kelebihan Heat Exchanger Shell and Tube

Heat Exchanger dengan jenis *shell* and *tube* memiliki beberapa kelebihan

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

dibandingkan dengan Heat Exchanger yang lainnya, antara lain

- a) Luas permukaan lebih besar, volume lebih kecil
- b) Mudah dibersihkan
- c) Pengoperasian mudah
- d) Dapat dibuat dengan berbagai material yang dapat disesuaikan dengan suhu dan tekanan operasinya
- e) Kontruksi sederhana, pemakaian ruang relatif kecil (tidak makan tempat)
- f) Harganya relatif murah

II.2.9. Pemilihan Fluida yang Dilewatkan Shell and Tube

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

1. Kemudahan perawatan

Aliran dalam *tube* mempunyai kecepatan yang besar sehingga dan dapat mencegah terjadinya endapan

2. Sifat aliran fluida

Apabila laju arus fluida dalam *tube* kecil maka pola alirannya laminar sehingga tidak sesuai dengan yang diinginkan. Pola aliran dalam *tube* harus turbulen karena koefisien perpindahan panasnya akan besar

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

Fluida korosif membutuhkan jenis material yang lebih mahal, oleh karena alasan ekonomi maka fluida korosif dilewatkan pada *tube*

5. Tekanan

Fluida bertekanan tinggi dilewatkan pada *tube* karena bila dilewaatkan *shell*

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

membutuhkan diameter dan ketebalan yang lebih sehingga membutuhkan biaya yang lebih mahal

6. Suhu

Fluida dengan suhu tinggi dilewatkan pada *tube* karena apabila dilewatkan *shell* membutuhkan ketebalan, insulasi, dan *safety* yang lebih tinggi

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*

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 sebagai berikut :

1. 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.
2. Penurunan tekanan yang terjadi pada masing-masing aliran berbeda dalam batas-batas yang diijinkan, yaitu:

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

- 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,1950)

II.2.10. Faktor yang Menyebabkan Pembentukan Endapan (Fouling)

Endapan (*fouling*) dalam *heat exchanger* sangat tidak diinginkan karena dapat menambah tahanan transfer panas. Penambahan ini akan mengurangi nilai dari koefisien transfer panas dan mengakibatkan panas yang ditransfer juga akan mengalami pengurangan karena luas permukaan yang juga akan berkurang

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terbentuknya *fouling* :

- a. Suhu operasi diatas 250° F
- b. Proses pemanasan lebih besar daripada proses pendinginan
- c. Terjadi penguapan
- d. Kecepatan aliran yang relatif kecil
- e. Adanya reaksi organis antara feed dan oksigen saat di storage tank

II.2.11. Pembersihan Heat Exchanger

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

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

II.2.12. Analisa Performance Heat Exchanger

Untuk menganalisa *performance* suatu *heat exchanger* adapun beberapa parameter

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

yang digunakan adalah :

1. UC (*Clean Overall Coefficient*)

Adalah *Coefficient* panas menyeluruh pada awal *heat exchanger* yang dipakai (masih bersih), biasanya ditentukan oleh besarnya tahanan konevksi ho dan hio, sedangkan tahanan konduksi diabaikan karena sangat kecil bila dibandingkan dengan tahanan konveksi

2. UD (*Design/Dirty Overall Coeficcient*)

Adalah koefisien perpindahan panas menyeluruh setelah terjadi pengotoran pada *heat exchanger*, besarnya UD lebih kecil daripada UC.

3. *Heat Balance*

Bila panas yang diterima fluida lebih kecil daripada panas yang dilepaskan fluida panas berarti panas yang hilang lebih besar dan ini mengurangi *performance* suatu *heat exchanger*

4. *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 melakukan penyemprotan air dengan kecepatan sangat tinggi. Pembersihan ini membutuhkan waktu yang tidak singkat sehingga terkadang operasi produksi harus dihentikan. Bila $Rd (deposited) > Rd (allowed)$ maka *heat exchanger* tersebut perlu dibersihkan

5. Pressure Drop

Penurunan tekanan baik di *shell* maupun di *tube* tidak boleh melebihi batas

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

pressure drop yang diizinkan. Tekanan dalam *heat exchanger*. Merupakan *driving force* bagi aliran fluida di shell maupun di tube, jika *pressure drop* lebih besar dari yang diizinkan maka akan menyebabkan laju alir massa inlet fluida di tube jauh berbeda dengan laju alir massa outlet masing-masing fluida. Hal ini akan menurunkan *performance* dari *heat exchanger* tersebut.

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

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

(Wijaya, 2020)

**Laporan Praktek Kerja Lapangan
PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati**

II.3.1 Metode Perhitungan

Data yang didapat :

Tabel 3.1 Data Sekunder Heat Exchanger E - 4000

Tanggal	TUBE (AIR)			SHELL (MINYAK)		
	TUBE IN	TUBE OUT	FLOW RATE BOPD	SHELL IN	SHELL OUT	FLOW RATE BOPD
	°F	°F		°F	°F	
8/17/2021	219	216	35400	117	150	4306
8/18/2021	221	218	35400	116	150	4172
8/19/2021	223	219	35900	116	149	4124
8/20/2021	222	219	35200	119	150	4204
8/21/2021	223	220	36300	117	148	4135
8/22/2021	222	218	36500	117	151	4110
8/23/2021	222	219	36500	118	150	4175

Data Hasil Perhitungan :

Pengolahan Data

Dari data primer dan sekunder yang didapat maka dilakukan pengolahan data melalui perhitungan menggunakan cara Kern, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung Neraca Panas

Neraca panas adalah persamaan sistematis yang menyatakan hubungan antara panas masuk dan panas keluar suatu system yang berdasarkan satuan waktu operasi.

Untuk perhitungan kerja alat penukar panas, persamaan yang digunakan

yaitu :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T / Q = m \cdot \lambda$$

Keterangan :

Q = Jumlah yang diinginkan, btu/hr

m = Laju alir massa, lb/hr



Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

c = specific heat, btu/lb.°F

ΔT = Perbedaan temperatur yang masuk dan keluar.°F

λ = enthalpy

2. Menghitung *Log Mean Temperature Difference (LMTD)*

LMTD merupakan beda suhu rata-rata di sepanjang *Heat Exchanger* yang dinyatakan dalam beda suhu rata-rata logaritmik. Nilai tergantung dari konfigurasi aliran fluida di dalam HE.

Mean Temperature Difference (ΔT) pada beberapa literatur (misalnya Kern, 1950) sering disebut dengan (ΔT)LMTD (*LMTD: Log Mean Temperature Difference*). Untuk HE *multi-pass*, terdapat faktor koreksi FT. Nilai FT dapat dibaca pada Fig. 18 Kern, dengan menghitung R dan S.

$$LMTD = \frac{(T_{hin} - T_{cout}) - (T_{hout} - T_{cin})}{\ln(T_{hin} - T_{cout}) / (T_{hout} - T_{cin})}$$

3. Menghitung *Flow Area*

□ Pada *Tube*

$$a_t = N_t \times a'_t n$$

□ Pada *Shell*

$$a_s = \frac{ID \cdot C' \cdot B}{P_t}$$

Keterangan :

a_t = Flow area tube, ft^2

N_t = Jumlah tube

a'_t = Flow area per tube, ft^2

N = Jumlah pass

A_s = Luas Permukaan Shell, ft^2

ID = Inside Diameter Shell, ft

C'' = Jarak antar tube, ft

B = Baffle space, ft

P_t = Pitch, ft

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

4. Menghitung Mass Velocity

□ Pada Tube

$$GT = \frac{Wt}{at}$$

□ Pada Shell

$$Gs = \frac{Ws}{as}$$

Keterangan :

GT = Mass velocity tube, lb/hr. $f t^2$

Gs = Mass velocity shell, lb/hr. $f t^2$

Wt = Flow rate fluida tube, lb/hr

Ws = Flow rate fluida shell, lb/hr

at = Flow area tube, $f t^2$

as = Flow area shell, $f t^2$

5. Menghitung Bilangan Reynold (Re)

Bilangan tak berdimensi yang digunakan untuk mempelajari suatu sistem fluida dengan berbagai pola aliran suatu fluida, sifat fluida, dan berbagai parameter mekanika fluida.

Dapat dihitung dengan persamaan :

□ Pada Tube

$$Ret = \frac{ID \times Gt}{\mu t}$$

□ Pada Shell

$$Res = \frac{De \times Gs}{\mu s}$$

Keterangan :

Ret = Reynold number tube

Res = Reynold number shell

D/ ID = Diameter ekivalen tube, ft (Table 10, Kern)

De = Diameter ekivalen shell, ft (Table 10, Kern)

Gt =Mass velocity tube, lb/hr. $f t^2$

Gs =Mass velocity shell, lb/hr. $f t^2$

μ =Viskositas pada temperature cal, lb/ft.hr

Gs =Visk. pada temperatur. cal,lb/fthr

6. Faktor Perpindahan Panas, jH

Nilai jH dapat diperoleh dari fig.24, kern untuk shell dan fig. 28, Kern untuk tube.

Namun apabila nilai Reynold number over range, nilai jh dapat dihitung menggunakan persamaan :

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

Pada Tube

$$jH = \frac{hi \cdot D}{k} \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{-\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0,14}$$

atau

Membaca pada *fig.28*, Kern

□ Pada Shell

$$jH = \frac{ho \cdot De}{k} \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{-\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0,14}$$

7. Menghitung Koefisien Panas h

□ Pada Shell □ Pada Tube

$$ho = jH \times \frac{k}{D} \times (c \times \mu k)^{1/3} \times \phi_s$$

$$hi = jH \times \frac{k}{D} \times (c \times \mu k)^{1/3} \times \phi_t$$

$$\frac{ho}{\phi_t} = \frac{hi}{\phi_t} \times \frac{ID}{OD}$$

atau Memakai asumsi dan melakukan pembacaan pada *fig.15.11*, Kern untuk Shell

Keterangan :

ho = Coeffision transfer di-shell, $btu/hr.ft^2.^\circ F$

k = Konduktivitas pada temperature kalorik, $btu/hr.ft^2.^\circ F$

c = Specific heat pada temperature kalorik, $btu/lb.ft^2.^\circ F$

G = Viskositas pada temperature kalorik, $^\circ F$

ϕ = Viscosity ratio

D = Diameter ekivalen tube

Jh = Faktor perpindahan panas

hi = Koefisien transfer di-tube, $btu/hr.ft^2.^\circ F$

8. Menghitung Overall Coeficient

Merupakan keofisien perpindahan panas gabungan dari keseluruhan proses transfer pada yang terjadi dalam HE. Nilai koefisien transfer panas keseluruhan (U) secara umum tergantung pada mekanisme perpindahan panas yang terjadi dalam



Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

HE (seperti: konduksi, konveksi, radiasi, dan lain-lain), sifat-sifat fluida, dan jenis HE.

Untuk estimasi awal pada saat perancangan/desain, kisaran nilai U dapat dibaca pada literatur (Table 8, Kern). Pada saat desain dilakukan, U akan terkoreksi dari perhitungan. Koefisien perpindahan panas keseluruhan (U) yang diperlukan untuk memenuhi kondisi operasi dalam HE dapat ditentukan dari Persamaan Umum pada Nomor 1, jika A, Q dan ΔT diketahui. Jika A tidak diketahui, maka U tidak dapat dihitung sehingga harus dihitung terpisah berdasarkan koefisien perpindahan panas konveksi dari pipa dalam (h_{io}) dan koefisien perpindahan.

$$U_c = \frac{h_{io} + h_o}{h_{io} \times h_o}$$

Keterangan :

U_c = Clean overall Coeficient, $\text{btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

h_o = koefisien transfer di shell, $\text{btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

h_{io} = Koefisien tranfer di tube, $\text{btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

9. Menghitung *Design Overall Coefficient (U_d)*

Design Overall Coeficient merupakan koefisien perpindahan panas menyeluruh setelah terjadi pengotoran pada Heat Exchanger, misalnya pembentukan kerak atau deposit. Terbentuknya kerak ini dapat menambah resistansi atau hambatan perpindahan panas sehingga dapat menurunkan performa dari HE dan perpindahan panas menjadi tidak maksimal. Untuk mengatasinya perlu dipertimbangkan adanya fouling factor (R_d). Besarnya U_d lebih kecil dari U_c.

$$U_d = \frac{Q}{A \times \Delta T}$$

Keterangan :

U_d = Overall Heat Transfer Koefisient, $\text{btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

A = Total *surface*

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

10. Fouling Factor, Rd

Fouling Factor dapat menjadi dasar pertimbangan apakah suatu hasil rancangan HE dapat diterima atau tidak. Rancangan HE dapat diterima jika Rd terhitung lebih besar dari Rd yang diperlukan (*required Rd*). Dengan kisaran nilai Rd tergantung dari jenis fluida dan prosesnya (Table 12, Kern) (Flynn, Akashige and Theodore, 1950).

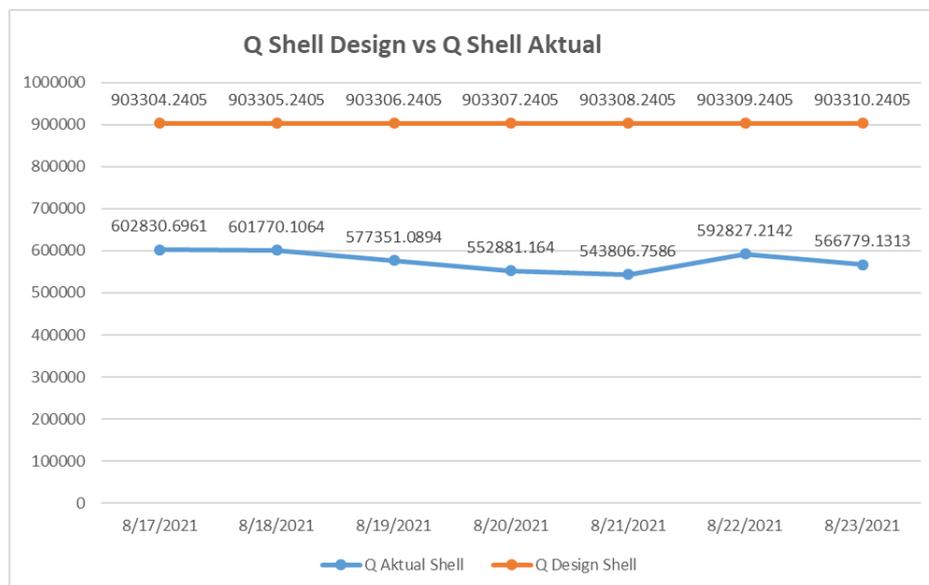
$$Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Ud}$$

Keterangan :

Uc = Clean overall Coeficient, $btu/hr.ft^2.^{\circ}F$

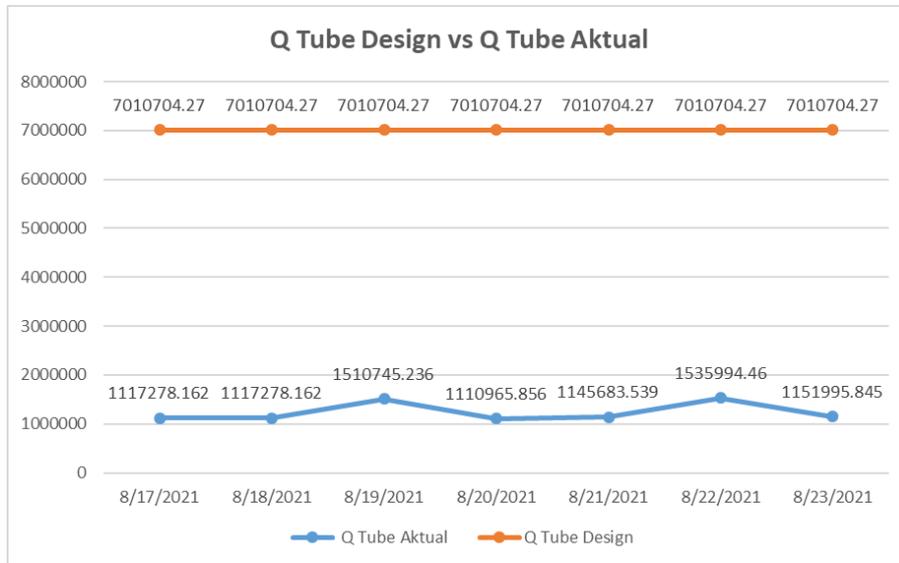
Ud = Overall Heat Transfer Coeficient, $btu/hr.ft^2.^{\circ}F$

III.3.2 Pembahasan

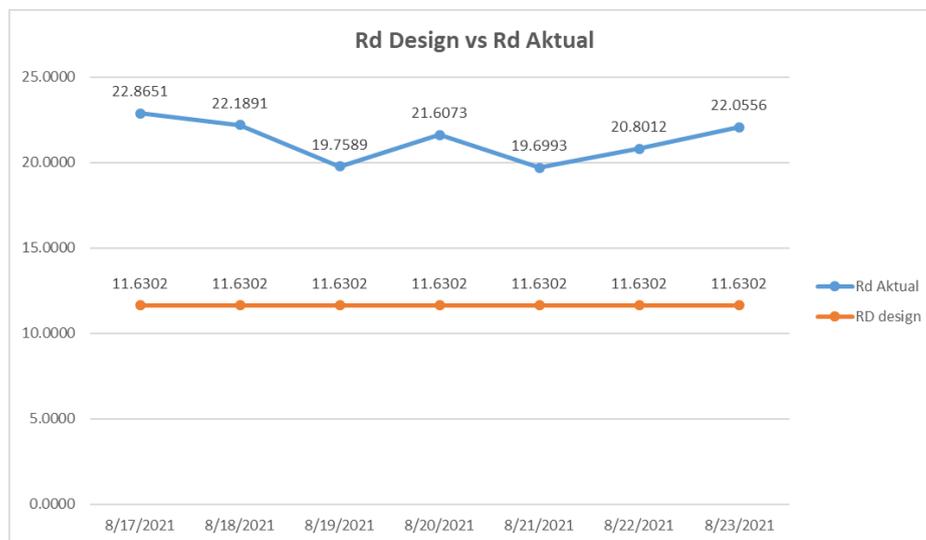


Grafik 1. Perbandingan Q Shell Design hitung dengan Q Shell Aktual

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati



Grafik 2. Perbandingan Q Tube Design hitung dengan Q Tube Aktual



Grafik 3. Perbandingan RD Design dengan RD Aktual

Berdasarkan grafik 1 dan grafik 2 pada tanggal 17 Agustus 2021 – 23 Agustus 2021 terlihat kalor untuk keluaran tube dan shell tidak sesuai dengan kalor desain. Perbedaan antar kalor tersebut disebabkan karena *fouling factor* dari *heat exchanger* yang tinggi. Dapat dilihat dari grafik 3 perbandingan *fouling factor* (Rd)

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati

aktual yang nilainya lebih besar dari *fouling factor* (Rd) desain. Hal ini menunjukkan bahwa dinding tube bagian dalam dan luar *heat exchanger* terdapat kerak yang mengakibatkan transfer panas dari *heat exchanger* kurang efisien. Maka perlu dilakukan pembersihan pada *heat exchanger* untuk mengurangi nilai Rd dan menaikkan kembali efisiensi penukaran panas.

Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Pertamina EP Asset 4 Field Sukowati
