



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Dasar Teori

II.1.1 Minyak Bumi

Minyak bumi (petroleum) dijuluki sebagai emas hitam. Minyak bumi adalah cairan kental, berwarna hitam atau kehijauan, mudah terbakar dan berada di lapisan atas dari beberapa tempat di kerak bumi. Minyak bumi merupakan salah satu bentuk hidrokarbon, yaitu senyawa kimia yang mengandung hidrogen dan karbon. Minyak bumi yang belum diolah disebut minyak mentah (crude oil) dan belum dapat digunakan. Minyak mentah diolah dengan cara dipisah-pisahkan berdasarkan titik didihnya. Hasil pengolahan minyak mentah berupa bensin, solar, avtur, minyak tanah, aspal, plastik, oli dan LPG.

Minyak (petroleum) berasal dari kata Petro yang berarti rock (batu) dan Leum yang berarti oil (minyak). Minyak bumi bila diproses hasilnya dapat diolah menjadi produk-produk yang dapat dipergunakan secara luas, sebagian besar sebagai sumber energi seperti bahan bakar kendaraan, bahan bakar pembangkit listrik, bahan bakar rumah tangga dan produk-produk lainnya. Secara fisik minyak bumi (Crude Oil) merupakan cairan kental yang berwarna coklat gelap. Dalam minyak bumi terkandung gas, cairan dan elemen-elemen padat yang terlarut didalamnya dan juga partikel-partikel padatan yang terbawa selama pengangkutannya ke permukaan bumi.

Minyak mentah (petroleum) adalah campuran yang kompleks, terutama terdiri dari hidrokarbon bersama-sama dengan sejumlah kecil komponen yang mengandung sulfur, oksigen dan nitrogen dan sangat sedikit komponen yang mengandung logam, proses pengolahan minyak bumi melibatkan 2 proses utama, yaitu :



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK DAN GAS BUMI CEPU



a. Proses pemisahan (separation processes)

Unit operasi yang digunakan dalam penyulingan minyak biasanya sederhana tetapi yang kompleks adalah interkoneksi dan interaksinya. Proses pemisahan tersebut adalah

1. Distilasi

Bensin, kerasin dan minyak gas biasanya disuling pada tekanan atmosfer, fraksi-fraksi minyak pelumas akan mencapai suhu yang lebih tinggi dimana zat-zat hidrokarbon mula terurai (biasanya kira-kira antara suhu 375 -400°C) karena itu lebih baik jika minyak pelumas disuling dengan tekanan yang diturunkan. Pengurangan tekanan diperoleh dengan menggunakan sebuah pompa vakum (vacum pump).

2. Absorpsi

Umumnya digunakan untuk memisahkan zat yang bertitik didih tinggi dengan gas. Minyak gas digunakan untuk menyerap gasolin alami dari gas-gas basah. Gas-gas dikeluarkan dari tangki penyimpanan gas sebagai hasil dari pemanasan matahari yang kemudian diserap ulang oleh tanaman. Steam stripping pada umumnya digunakan untuk mengabsorpsi hidrokarbon fraksi ringan dan memperbaiki kapasitas absorpsi minyak gas. Proses ini dilakukan terutama dalam hal-hal sebagai berikut :

- Untuk mendapatkan fraksi-fraksi gasolin alami yang dapat dicampurkan pada bensin
- Untuk pemisahan gas-gas rekahan dalam suatu fraksi yang sangat ringan (misalnya fraksi yang terdiri dari zat hidrogen, metana, etana) dan fraksi yang lebih berat yaitu yang mempunyai komponen-komponen yang lebih tinggi
- Untuk menghasilkan bensin-bensin yang dapat dipakai dari berbagai gas ampas dari suatu instalasi penghalus

3. Adsorpsi

Proses adsorpsi digunakan untuk memperoleh material berat dan gas. Pemakan terpenting proses adsorpsi pada perindustrian minyak adalah



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI CEPU**



- Untuk mendapatkan bagian-bagian berisi bensin (natural gasoline) dan gas-gas bumi, dalam hal ini digunakan arang aktif
- Untuk menghilangkan bagian-bagian yang memberikan warna dan hal-hal lain yang tidak dikehendaki dari minyak, digunakan tanah liat untuk menghilangkan warna dan baukiet (bijih oksida-aluminium)

4. Filtrasi

Digunakan untuk memindahkan endapan lilin dari lilin yang mengandung destilat Filtrasi dengan tanah hat digunakan untuk decolorisasi fraksi.

5. Kristalisasi

Sebelum di filtrasi lilin harus dikristalisasi untuk menyesuaikan ukuran kristal dengan cooling dan stirring. Lilin yang tidak diinginkan dipindahkan dan menjadi lilin mikrokristalin yang diperdagangkan.

6. Ekstraksi

Pengerjaan ini didasarkan pada pembagian dari suatu bahan tertentu dalam dua bagian yang memiliki sifat larut yang berbeda.

b. Proses Konversi (conversion processes)

Hampir 70% dari minyak mentah di proses secara konversi di USA, mekanisme yang terjadi berupa pembentukan "ion karbonium" dan "radikal bebas". Dibawah ini ada beberapa contoh reaksi konversi dasar yang penting

- Cracking atau Pyrolysis

Cracking atau pyrolysis merupakan proses pemecahan molekul-molekul hidrokarbon besar menjadi molekul-molekul yang lebih kecil dengan adanya pemanasan atau katalis. Proses cracking dilakukan untuk menghasilkan fraksi-fraksi bensin yang berat yaitu yang mempunyai bilangan oktan yang buruk karena umumnya bilangan oktan itu meningkat jika titik didihnya turun.

- Polimerisasi

Terbentuknya polimer antara ikatan molekul yang sama yaitu ikatan bersama dari light gasoline. Proses polimerisasi merubah produk samping



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK DAN GAS BUMI CEPU



gas hidrokarbon yang dihasilkan pada cracking menjadi hidrokarbon liquid yang bisa digunakan sebagai bahan bakar motor dan penerbangan yang memiliki bilangan oktan yang tinggi serta bahan baku petrokimia.

- Alkilasi

Proses alkilasi merupakan proses penggabungan olefin dari aromatik atau hidrokarbon parafin. Proses alkilasi adalah eksotermik dan pada dasarnya sama dengan polimerisasi, hanya berbeda pada bagian-bagian dari charging stock need be unsaturated. Sebagai hasilnya adalah produk alkilat yang tidak mengandung olefin dan memiliki bilangan oktan yang tinggi. Metode ini didasarkan pada reaktivitas dari karbon tersier dari isobutana dengan olefin, seperti propilen, butilen dan amilen.

- Hidrogenasi

Proses ini adalah penambahan hidrogen pada olefin, katalis hidrogen adalah logam yang dipilih tergantung pada senyawa yang akan direduksi dan pada kondisi hidrogenasi, misalnya Pt, Pd, Ni, dan Cu.

- Hydrocracking

Proses hydrocracking merupakan penambahan hidrogen pada proses cracking.

- Isomerisasi

Proses isomerisasi merubah struktur dari atom dalam molekul tanpa adanya perubahan nomor atom. Proses ini menjadi penting karena dapat menghasilkan isobutana yang dibutuhkan untuk membuat alkilat sebagai dasar gasoline penerbangan.

- Reforming atau Aromatisasi

Reforming merupakan proses konversi dari naphtha untuk memperoleh produk yang memiliki bilangan oktan yang tinggi, dalam proses ini biasanya menggunakan katalis rhenium, platinum, dan chromium (Zuhra, 2003)



II.1.2 Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan salah satu bidang ilmu yang mempelajari perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara material atau komponen. Dalam termodinamika energi yang berpindah satu tempat ketempat yang lain itu dinamakan dengan kalor. Kalor atau panas dapat didefinisikan sebagai suatu energi yang berpindah dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. Kalor akan berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Ketika kalor atau panas berpindah maka akan terjadi proses pertukaran panas dan kemudian akan berhenti disaat telah terjadi kesetimbangan suhu. Berdasarkan medium perantaranya perpindahan panas dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

a. **Perpindahan Panas Konduksi**

Perpindahan panas konduksi adalah perpindahan panas tanpa disertai dengan media pemanasnya. Perpindahan panas ini dapat terjadi pada suatu material yang mempunyai gradient sehingga kalor akan mengalir tanpa disertai suatu gerakan zat. Panas akan mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair, gas).

b. **Perpindahan Panas Konveksi**

Proses perpindahan panas konveksi adalah pengangkutan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan, proses ini terjadi pada permukaan material. Proses perpindahan panas secara konveksi juga dapat didefinisikan dengan proses transport energi dengan kerja gabungan dan konduksi kalor, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Hal yang utama dalam perpindahan panas konveksi adalah keadaan permukaan dan keadaan sekelilingnya serta kedudukan permukaan. Pada umumnya keadaan keseimbangan termodinamika di dalam bahan akibat proses konduksi, suhu permukaan bahan akan berbeda dan suhu sekelilingnya.



c. Perpindahan Panas Radiasi

Proses perpindahan panas radiasi adalah proses perpindahan panas yang diubah menjadi gelombang elektromagnetik yang merambat tanpa melalui media penghantar. Ketika gelombang tersebut telah sampai mengenai pada permukaan benda, maka gelombang mengalami transisi (diteruskan), refleksi (dipantulkan) dan absorpsi (diserap) kemudian menjadi kalor. Hal ini tergantung terhadap jenis bendanya (Maulana, 2019).

II.1.3 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.1.4 Prinsip Kerja Heat Exchanger

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

a. Secara kontak langsung

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

b. Secara kontak tak langsung

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

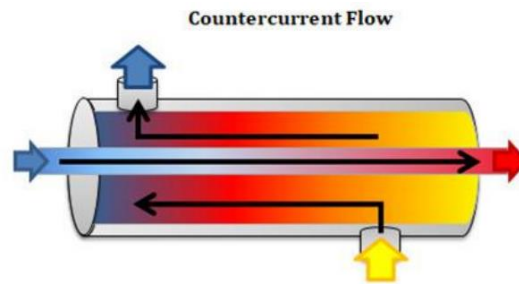
(Kern, 1965)

II.1.5 Jenis Aliran pada Heat Exchanger

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

a. *Counter current flow* (berlawanan arah)

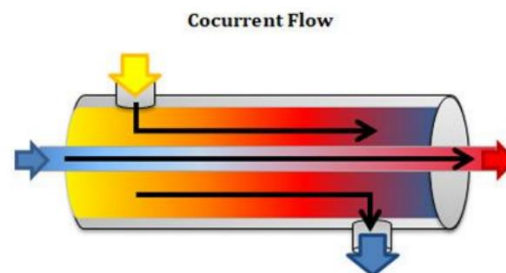
Penukaran jenis ini merupakan aliran berlawanan arah, di mana fluida yang satu masuk pada satu ujung penukar kalor, sedangkan fluida yang satu lagi masuk pada ujung penukar kalor yang lain, masing-masing fluida mengalir menuju arah yang berlawanan. Untuk tipe ini memberikan panas yang lebih baik bila dibandingkan dengan aliran searah. Sedangkan banyaknya pass (lintasan) juga berpengaruh terhadap efektifitas dari alat penukar panas.



Gambar II.1 Aliran *Counter Current Flow*

b. *Co-Current Flow* (Searah)

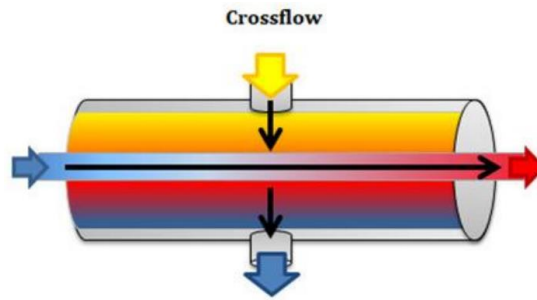
Penukaran panas jenis ini, kedua fluida (dingin dan panas) masuk pada sisi penukar yang sama, mengalir dengan arah yang sama dan keluar pada sisi yang sama pula. Karakter pada penukar panas jenis ini, temperatur fluida dingin yang keluar dari alat penukar panas tidak dapat melebihi temperatur fluida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



Gambar II.2 Aliran *Co-current Flow*

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.3 Aliran *Cross Flow*

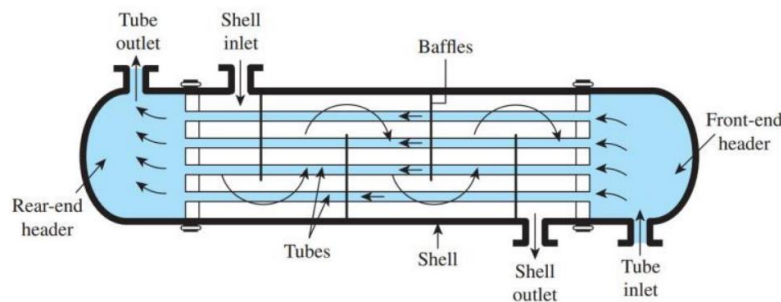
(Syaichurrozi dkk, 2014)

II.1.6 Jenis Heat Exchanger

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

a. *Shell and Tube heat exchanger*

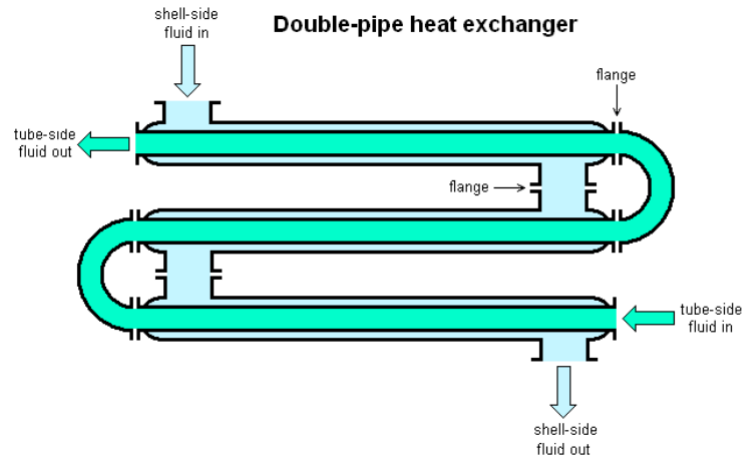
Jenis ini digunakan untuk laju alir yang lebih tinggi, sehingga sering digunakan di industri. Tube dipasang secara paralel dan banyak didalam satu shell. Fluida dingin masuk kedalam tube. Fluida panas masuk dari ujung yang berbeda aliran counter current di bagian shell.



Gambar II.4 Skema Sederhana *Shell and Tube Heat Exchanger* dan Alirannya

b. *Double-Pipe Heat Exchanger*

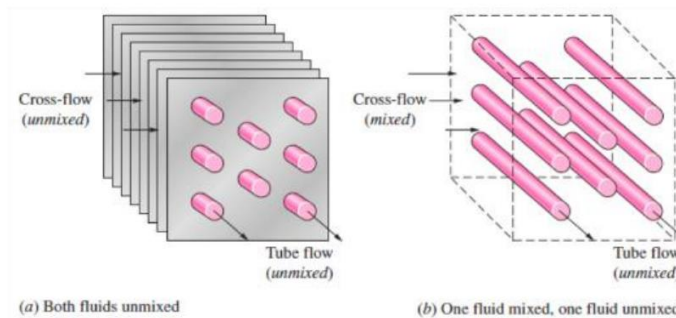
Jenis paling sederhana dari *heat exchanger*. Satu fluida mengalir dalam pipa bagian dalam dan fluida lain berada diantara 2 pipa yang ada. Aliran fluida dapat bersifat *co-current* atau *conter current*. *Heat exchanger* ini terbuat dari 2 pipa dengan panjang yang sama dan pada ujung pipa diberi *fitting*.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



Gambar II.5 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 temperatur yang paralel dan normal pada arah alirannya.



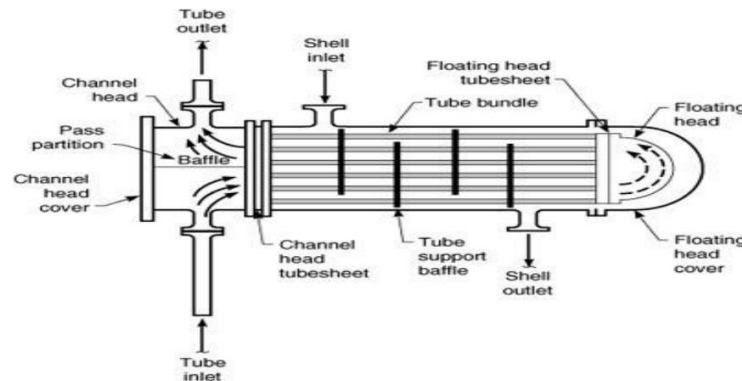
Gambar II.6 Skema Sederhana *Cross Flow Heat Exchanger* dan Alirannya

II.1.7 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 HE-2 sampai 5 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 (*process heat exchanger*)
- 2) Penukar panas pembangkit tenaga (*power plant heat exchanger*)



Gambar II. 7 Bagian *Shell and Tube Heat Exchanger*

Shell and Tube Exchanger memiliki 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 dipasang sekat atau penghalang atau *baffle*.

II.1.8 Komponen *Shell and Tube Heat Exchanger*

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

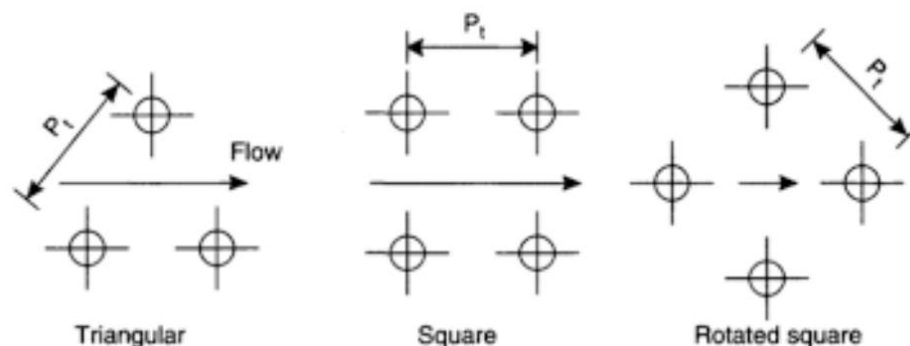
1. Shell

Konstruksi dari shell in bergantung pada kondisi tube yang akan ditempatkan di dalam shell dan temperatur fluida yang akan mengalir dalam shell tersebut, untuk temperatur yang sangat tinggi, kadang diberi sambungan ekspansi. Biasanya shell dalam sebuah heat exchanger berbentuk bulat memanjang (silinder) yang berisi tube bundle sekaligus sebagai wadah mengalirkan zat atau fluida. Untuk

kemungkinan korosi, tebal shell sering diberi kelebihan 1/8 inch. Pembagian tipe shell dibagi berdasarkan front-end stationary head type, shell type, dan rear head type.

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 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. Tube dalam shell memiliki beberapa jenis susunan. Susunan yang lazim digunakan adalah segitiga (triangular), persegi (square) dan diamond (rotated square).



Gambar II.8 Pola susunan *tube* dalam *shell*

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

Tabel II. 1 Perbandingan pola segitiga, persegi dan diamond pada susunan *tube*

Jenis	Kelebihan	Kekurangan
Segitiga	• Laju perpindahan panas cukup besar	• <i>Pressure drop</i> cukup besar



LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI CEPU



	<ul style="list-style-type: none">• Jumlah <i>tube</i> dapat dibuat menjadi lebih banyak	<ul style="list-style-type: none">• Pembersihan sulit karena menggunakan bahan kimia
Persegi	<ul style="list-style-type: none">• <i>Pressure drop</i> rendah• Dapat dibersihkan secara mekanik• Cocok untuk menangani fluida <i>fouling</i>	<ul style="list-style-type: none">• Koefisien film relative rendah
Diamond	<ul style="list-style-type: none">• Mudah dibersihkan secara mekanik• Baik untuk fluida <i>fouling</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Pressure drop</i> tidak serendah <i>square pitch</i>• Koefisien film relative rendah

3. Tube Sheet

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

4. 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:

5. Square pitch

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

6. Triangular pitch

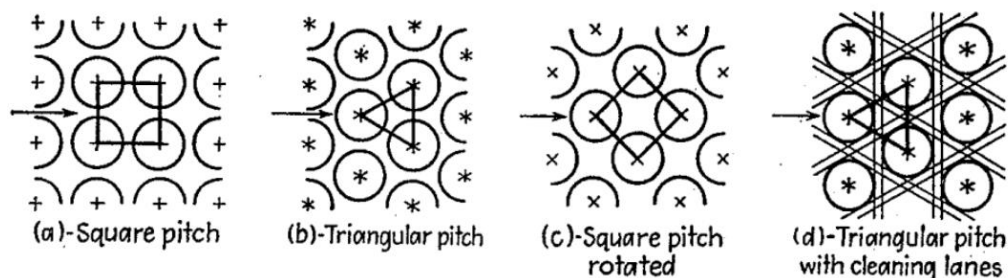
Digunakan untuk fluida yang tingkat kekotorannya tinggi ataupun rendah. Pusat-pusat tube saling membentuk sudut 60° searah dengan aliran fluidanya.

7. 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° .

8. Triangular pitch with cleaning lanes

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



Gambar II.9. Jenis-jenis *Tube Pitch*

9. 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.

10. Baffle

Baffle merupakan bagian yang penting dari alat penukar panas. Kondisi kecepatan aliran baik dalam shell maupun tube dapat diatur oleh baffle. Fungsi baffle ini adalah untuk membuat aliran turbulen sehingga perpindahan panas menjadi lebih baik, dimana harga koefisien perpindahan panas yang didapat besar



serta menambah waktu tinggal (residence time). Tetapi pemasangan baffle akan memperbesar pressure drop operasi dan menambah beban kerja pompa, sehingga laju alir fluida yang dipertukarkan panasnya harus diatur. Luas baffle $\pm 75\%$ dari penampang shell. Spasi antar baffle tidak lebih dekat dari $1/5$ diameter shell karena apabila terlalu dekat akan didapat kehilangan tekanan yang besar.

11. Longitudinal Baffle

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

12. Channel

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

13. Nozzle

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

II.1.9 Pemilihan Fluida yang dilewatkan *Tube and Shell*

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

1. Kemudahan perawatan

Jika dibandingkan cara membersihkan tube and shell, maka pembersihan shell jauh lebih sulit. Untuk itu fluida yang bersih biasanya dialirkan pada bagian shell dan fluida yang kotor melalui tube. Fluida kotor dilewatkan melalui tube karena tube-tube mudah untuk dibersihkan.

2. Sifat aliran fluida

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 dapat mencegah terjadinya endapan.



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI CEPU**



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. Kekorosan fluida

Masalah korosi sangat dipengaruhi oleh penggunaan dari paduan logam. Paduan logam tersebut mahal oleh karena itu fluida yang korosif dialirkan melalui tube untuk menghemat biaya yang terjadi karena kerusakan shell.

5. Tekanan

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

6. Suhu

Fluida dengan suhu tinggi dilewatkan pada tube karena panasnya ditransfer 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 pengkalkulasian pressure drop.



10. Sediment/Suspend 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.1.10 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* :

1. Suhu operasi di atas 250°F
2. Proses pemanasan lebih besar daripada proses pendinginan
3. Terjadi penguapan
4. Kecepatan aliran yang relatif kecil
5. Adanya reaksi organis antara *feed* dan oksigen saat di *storage tank*.

II.1.11 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 meminimalkan kadar korosi serat deposit garam dalam alat tersebut maka biasanya digunakan suatu katalisator negatif dalam sistem pengoperasiannya.

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

- a. *Preventive Maintenance*, tindakan agar peralatan tidak mengalami kerusakan atau gangguan. Oleh karena itu, tindakan ini bertujuan menekan suatu tingkat keadaan yang menunjukkan gejala kerusakan sebelum peralatan tersebut mengalami kerusakan fatal sehingga umur pemakaiannya panjang.
- b. *Corrective Maintenance*, tindakan *corrective* atau perbaikan tidak saja hanya memperbaiki kerusakan akan tetapi terutama mempelajari sebab-sebabnya dan bagaimana cara mengatasinya agar tidak terulang lagi, frekuensi *corrective* sangat dipengaruhi sejauh mana *preventive* dilakukan.



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
MINYAK DAN GAS BUMI CEPU**



- 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.1.12 Analisis Performances Heat Exchanger

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

1. *Duty* (Q)

Duty merupakan besarnya energi atau panas yang ditransfer per waktu. *Duty* dapat dihitung baik pada fluida dingin atau fluida panas. Apabila *duty* pada saat operasional lebih kecil dibandingkan dengan *duty* pada kondisi desain, kemungkinan terjadi *heat losses*, *fouling* dalam tube, penurunan laju alir (fluida panas atau dingin), dan lain-lain. *Duty* dapat meningkat seiring bertambahnya kapasitas. Untuk menghitung unjuk kerja alat penukar panas, pada dasarnya menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan:

Q = Jumlah panas yang dipindahkan (Btu/hr)

W = Laju alir (lb/hr)

Cp = Specific heat fluida (Btu/lb °F)

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

2. *Log Mean Temperature Difference* (LMTD)

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

Keterangan:

Δt_h = Beda temperatur tinggi (°F)

Δt_c = Beda temperatur rendah (°F)

3. *Clean Overall Coefficient* (Uc)

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



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

4. Design or Dirty Overall Coefficient (U_d)

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

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

5. Heat Balances

$$Q = W \times Cp \times (T_1 - T_2) = W \times Cp \times (t_1 - t_2)$$

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

6. Fouling Factor (R_d)

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

$$R_d = \frac{U_c - U_D}{U_c x U_D}$$

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



7. Pressure Drop

Penurunan tekanan baik di shell maupun di tube tidak boleh melebihi batas pressure drop yang diizinkan. Tekanan dalam heat exchanger, merupakan Driving Force bagi aliran fluida di shell maupun di tube, jika pressure drop lebih besar dari yang diizinkan maka akan menyebabkan laju alir massa (lb/hr) inlet fluida di shell dan di tube jauh berbeda dengan laju alir massa outlet masing-masing fluida. Hal ini akan menurunkan performance dari Heat Exchanger tersebut. Pressure drop pada shell dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Pressure drop pada shell dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Keterangan:

f = Fanning Friction Factor

G_s = Laju alir massa per satuan luas dalam

N = Jumlah pass / laluan tube

D = Diameter dalam tube

S_g = Specific Gravity

Dalam menganalisis performance shell and tube heat exchanger diasumsikan:

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