

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Proses

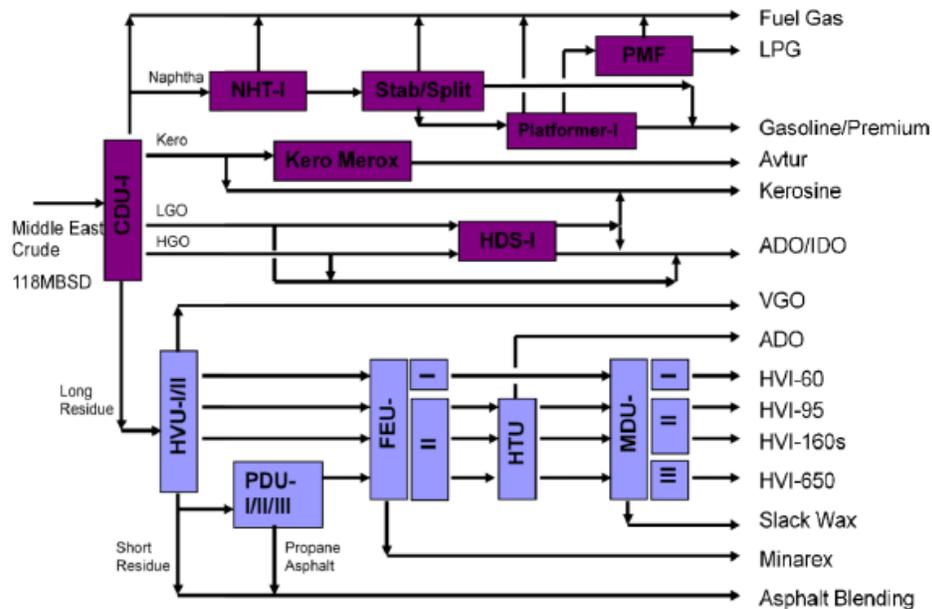
II.1.1 Kilang Minyak I

Pembangunan Kilang Minyak I dimulai pada tahun 1974 dan mulai beroperasi pada tanggal 24 Agustus 1976 setelah diresmikan oleh Presiden Soeharto. Kilang ini dirancang untuk memproses bahan baku minyak mentah dari Timur Tengah, seperti *Arabian Light Crude (ALC)*, *Iranian Light Crude (ILC)*, *Basrah Light Crude (BLC)*, *Nigerian Crude*, Vietnam, China, Australia, Tapis, dan lain – lain, yang kadar sulfurnya tinggi (sekitar 1 – 1,5% berat). Kilang ini didirikan dengan maksud selain menghasilkan BBM juga untuk mendapatkan produk Non BBM (NBM), yaitu berupa bahan dasar minyak pelumas (*lube base oil*) dan aspal yang sangat dibutuhkan di dalam negeri.

Pilihan mengolah minyak mentah dari Timur Tengah dikarenakan karakter minyak dalam negeri tidak bisa digunakan untuk menghasilkan bahan dasar pelumas dan aspal. Sulfur dapat berperan sebagai bahan antioksidan alami dalam pelumas tetapi kadar sulfur juga tidak boleh terlalu tinggi supaya tidak menyebabkan korosi pada tembaga, selain itu sulfur juga berperan dalam meningkatkan ketahanan aspal terhadap deformasi.

Kilang Minyak I ini dirancang dengan kapasitas pengolahan 118.000 barel/hari. Melalui proyek *Debottlenecking* kapasitas operasional meningkat menjadi 230.000 barel/hari. Kilang Minyak I Pertamina RU IV Cilacap meliputi :

1. *Fuel Oil Complex I (FOC I)*, untuk memproduksi BBM.
2. *Lube Oil Complex I (LOC I)*, untuk memproduksi bahan baku minyak pelumas (*lube base oil*) dan aspal.
3. *Utilitas Complex I (UTL I)*, menyediakan semua kebutuhan utilities dari unit – unit proses seperti *steam*, listrik, angin instrument, air pendingin serta *fuel system*.



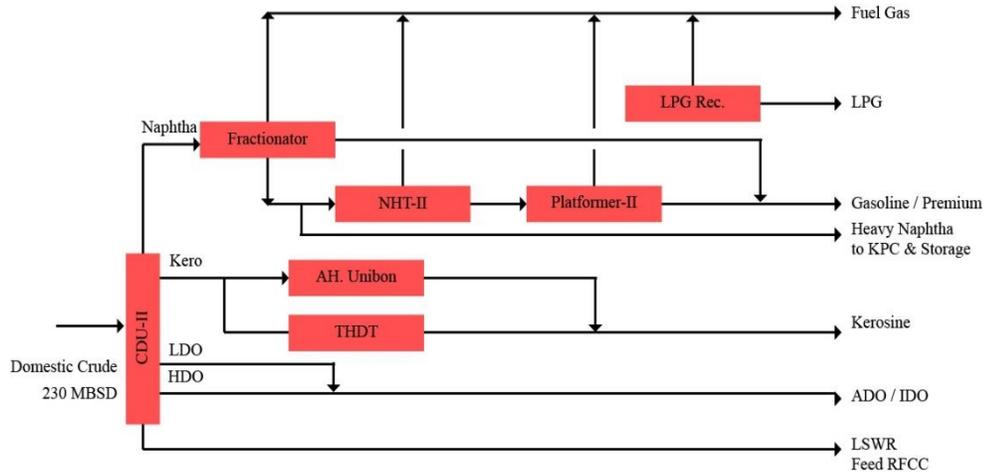
Gambar 8. Blok Diagram FOC I dan LOC I, II, III RU IV Cilacap

II.1.2 Kilang Minyak II

Kilang Minyak II dibangun pada tahun 1981 untuk memenuhi kebutuhan BBM dalam negeri yang terus meningkat dan baru beroperasi pada tahun 1983. Kilang ini dibangun khusus untuk mengolah minyak mentah campuran (*cocktail*) baik dalam negeri maupun luar negeri. Sebelum diadakan *Debottlenecking Project* pada tahun 1997/1998, kapasitas Kilang Minyak II hanya 200.000 barel/hari tetapi setelah diadakan proyek tersebut, kapasitasnya meningkat menjadi 230.000 barel/hari.

Kilang Minyak II meliputi :

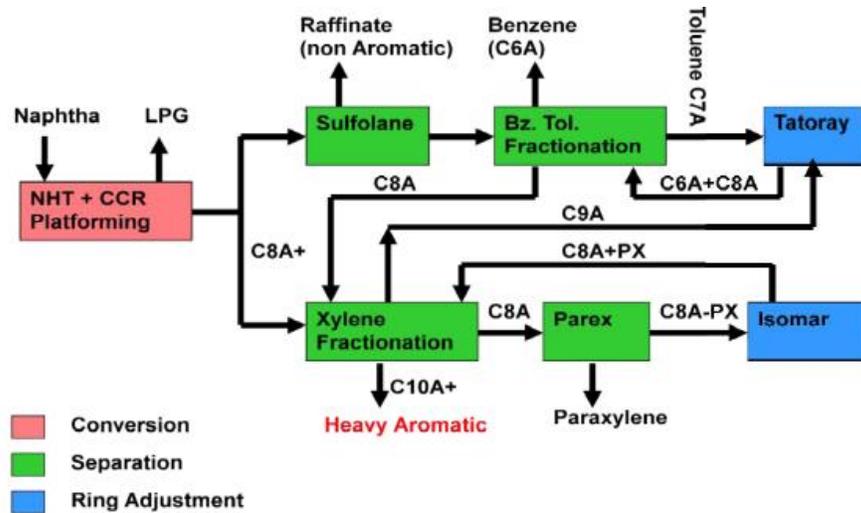
1. *Fuel Oil Complex II* (FOC II) yang memproduksi BBM.
2. *Lube Oil Complex II* (LOC II) dan *Lube Oil Complex III* (LOC III) yang memproduksi bahan dasar minyak pelumas dan aspal.
3. *Utilities complex II* (UTL II) yang fungsinya sama dengan UTL I.



Gambar 9. Blok Diagram FOC II RU IV Cilacap

II.1.3 Kilang Petrokimia Paraxylene (PX)

Berdasarkan pertimbangan adanya bahan baku naphtha produksi Kilang Minyak II dan sarana pendukung seperti tangki, dermaga dan *utilities* maka pada tahun 1988 dibangunlah Kilang Paraxylene Cilacap (PX).



Gambar 10. Blok Diagram Kilang *Paraxylene* RU IV Cilacap

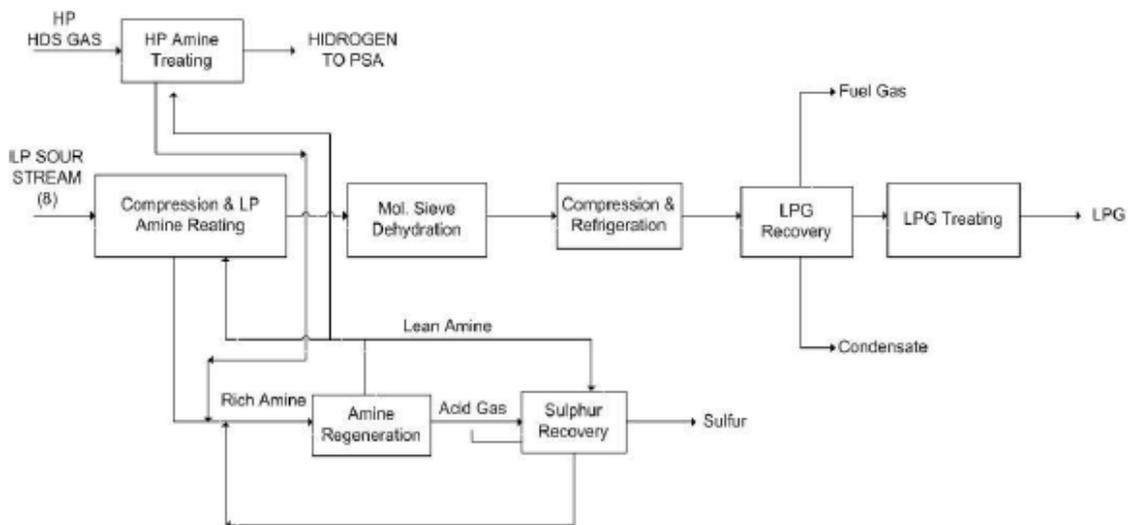
Jenis produk kilang *paraxylene* yakni *paraxylene*, *benzene*, LPG, *raffinate*, *heavy aromate* dan *fuel gas/excess*. Produksi Kilang Paraxylene Cilacap selain untuk memnuhi kebutuhan pusat aromatik dari RU III Plaju dan sebagian lagi diekspor.

Sedangkan produk benzene keseluruhannya diekspor, produk – produk lainnya dimanfaatkan untuk keperluan dalam negeri serta kebutuhan sendiri.

II.1.4 Kilang LPG dan Sulphur Recovery Unit (SRU)

Untuk mendukung komitmen terhadap lingkungan, pada tanggal 27 Februari 2002 RU IV Cilacap membangun kilang SRU dengan luas area proyek 24.000 m² yang terdiri dari unit proses dan unit penunjang. Proyek ini dapat mengurangi emisi gas dari kilang, khususnya SO₂ sehingga emisi yang dibuang ke udara akan lebih ramah terhadap lingkungan. Kilang ini mengolah *off gas* dari berbagai unit di RU IV menjadi produk berupa sulfur cair, LPG, dan *condensate*.

Kilang SRU ini memiliki beberapa unit antara lain, *Gas Treating Unit*, *LPG Recovery Unit*, *Sulphur Recovery Unit*, *Tail Gas Unit*, dan *Refrigeration*. Umpan pada *gas treating* unit terdiri dari 9 *stream sour gas* yang sebelumnya kesembilan *stream gas* ini hanya dikirim ke *fuel system* sebagai bahan bakar kilang atau dibakar di *flare*. Dengan adanya unit *LPG Recovery* pada kilang SRU ini akan menambah aspek komersial dengan pengambilan produk LPG yang memiliki nilai ekonomi tinggi dari *stream treated gas*.

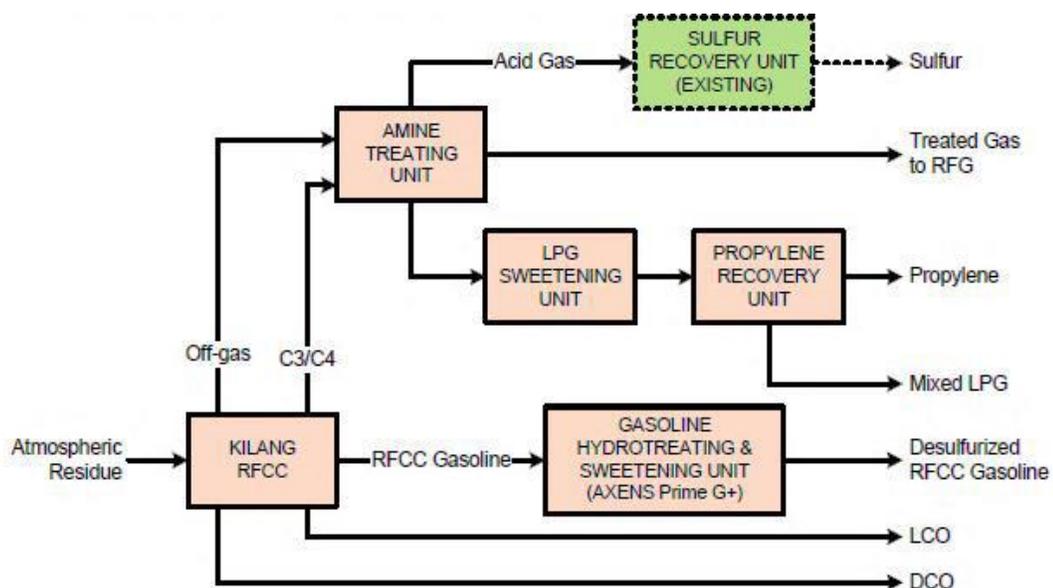


Gambar 11. Blok Diagram LPG dan *Sulphur Recovery* RU IV Cilacap

II.1.5 Kilang Residu *Fluid Catalytic Cracking* (RFCC)

Pembangunan RFCC *Project* Cilacap adalah untuk meningkatkan produksi HOMC 1,13 juta barel/bulan, meningkatkan produksi LPG 350.000 ton/tahun, menghasilkan produk baru *Prolypene* 140.000 ton/tahun, dan meningkatkan margin kilang dan daya saing RU IV. Dengan adanya RFCC proyek ini diharapkan ketergantungan Indonesia terhadap impor BBM dan produk petrokimia dapat berkurang, serta terjadi peningkatan *Complexity Index* kilang Pertamina RU IV Cilacap sehingga menambah *economic value* yang diperkirakan sebesar 154,82 juta dolar AS per tahun.

Feed kilang RFCC didesain berasal dari *low sulphur wax residue* (LSWR) ex-CDU II 011 (58 MBSD) dan *vacuum gas oil* ex-HVU 21/021 LOC I/II (4 MBSD) dengan kapasitas 62 MBSD. Sebagai basis desain dan *guarantee*, digunakan feed-1. Adapun *feed-2* sebagai *basis future crude*. *Feed hot* LSWR berasal langsung dari CDU II FOC II, sedangkan *cold* LSWR disimpan di 37T-103/104 & cold VGO di 35T-4.



Gambar 12. Blok Diagram Kilang RFCC RU IV Cilacap

II.2 Tugas Khusus

Hukum I Termodinamika atau sering dikenal dengan Hukum Kekekalan Energi menyatakan bahwa “Energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, tetapi hanya dapat diubah bentuknya dari suatu bentuk ke bentuk yang lain atau dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat yang lain”. Salah satu bentuk energi adalah panas. Dalam suatu proses, panas dapat mengakibatkan terjadinya kenaikan suhu suatu zat atau perubahan tekanan, reaksi kimia, dan kelistrikan.

Heat Exchanger (penukar kalor) adalah alat untuk memindahkan energi panas antara dua fluida dengan temperatur berbeda. Fluida yang bertukar energi dapat berupa fluida yang sama fasanya (cair ke cair atau gas ke gas) atau dua fluida yang berbeda fasanya.

Alat penukar kalor sangat berpengaruh dalam industri terhadap keberhasilan keseluruhan rangkaian proses, karena kegagalan operasi peralatan ini baik mekanikal maupun operasional dapat menyebabkan berhentinya operasi unit. Disamping itu dalam suatu kilang minyak, proses pertukaran panas sangat penting dalam rangka energi konservasi, keperluan proses, persyaratan keamanan dan perlindungan terhadap lingkungan. Maka suatu alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) dituntut untuk memiliki kinerja yang baik agar diperoleh hasil yang maksimal serta dapat menunjang penuh terhadap suatu operasi unit.

Perpindahan kalor dapat terjadi bilamana adanya hubungan dari dua daerah yang memiliki perbedaan temperatur. Kalor akan mengalir dari daerah dengan temperatur relatif tinggi ke temperatur yang relatif rendah.

Proses perpindahan panas dapat berlangsung melalui tiga cara yaitu :

1. Perpindahan kalor konduksi yaitu secara molekuler.

Merupakan perpindahan panas antara molekul-molekul yang saling berdekatan antara yang satu dengan yang lain dan tidak diikuti oleh perpindahan molekul – molekul tersebut secara fisik. Molekul – molekul benda yang panas bergetar lebih cepat dibandingkan dengan molekul-molekul benda yang bergetar dalam

keadaan dingin. Getaran-getaran yang cepat ini tenaganya dilimpahkan kepada molekul di sekelilingnya sehingga menyebabkan getaran yang lebih cepat maka akan memberikan panas.

2. Perpindahan kalor konveksi yaitu melalui suatu aliran.

Perpindahan panas dari suatu zat ke zat lain disertai dengan gerakan partikel atau zat tersebut secara fisik.

3. Perpindahan kalor radiasi yaitu gelombang elektromagnet.

Merupakan perpindahan panas tanpa melalui media (tanpa melalui molekul). Suatu energi dapat menghantarkan dari suatu tempat ke tempat lain (dari benda panas ke benda dingin) dengan gelombang elektromagnetik dimana tenaga ini akan diubah menjadi panas jika tenaganya diserap oleh benda lain.

II.2.1 Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*)

Perpindahan energi atau panas adalah hal yang mendasar pada suatu industri besar maupun kecil. Dari sekian banyak macam dan jenis peralatan, *heat exchanger* memegang peranan penting untuk menjamin kelangsungan proses yang terjadi pada suatu pabrik. Tujuan perpindahan panas tersebut di dalam proses industri diantaranya adalah :

- a. Memanaskan atau mendinginkan fluida hingga mencapai temperatur tertentu yang dapat memenuhi persyaratan untuk proses selanjutnya, seperti pemanasan reaktan, pendinginan produk dan lain- lain.
- b. Mengubah keadaan (fase) fluida : *destilasi, evaporasi, kondensasi*.

Didalam prakteknya perpindahan panas ini sekaligus dimanfaatkan untuk penghematan energi, dimana panas yang terjadi pada suatu fluida ada kalanya dibuang dan pada fluida lainnya memerlukan panas tersebut tanpa harus kontak langsung atau bercampur satu sama lainnya. Dengan memanfaatkan panas buangan tersebut secara efisien, maka biaya operasi pabrik dapat ditekan sekecil mungkin. Adapun prinsip kerjanya adalah dimana fluida yang mengalir melalui dinding tube

dengan temperatur tinggi akan memberikan fluida dari dalam shell yang temperaturnya lebih rendah atau sebaliknya.

II.2.2 Jenis-Jenis Heat Exchanger

A. *Double Pipe Heat Exchanger*

Exchanger paling sederhana yakni *double pipe heat exchanger*, dimana salah satu fluida mengalir di dalam salah satu pipa dan fluida lainnya mengalir di dalam ruang antara dua pipa. Fluida dapat mengalir secara *cocurrent* maupun *countercurrent*. *Exchanger* dapat dibuat dari sepasang pipa panjang dengan *fitting* di akhir atau dari beberapa pasang pipa yang saling berhubungan secara seri. *Exchanger* tipe ini berguna untuk rate aliran yang kecil (Geankoplis, 1993).

B. *Single Pass 1-1 Exchanger*

Ketika 1 *shell* memuat banyak *tube*, maka lebih ekonomis. *Exchanger* tersebut karena hanya memiliki 1 *shell – side pass* dan 1 *tube-side pass*, dinamakan 1 – 1 *exchanger*. Pada *exchanger*, koefisien *shell – side* dan *tube – side heat transfer* sama pentingnya, dan keduanya harus bernilai besar jika ingin mencapai hasil yang memuaskan. Kecepatan dan keturbulenan cairan pada *shell – side* sepenting fluida pada *tube – side*. Untuk menaikkan arus silang dan mencapai kecepatan rata-rata fluida pada *shell – side*, dipasang *baffle* di dalam *shell*. *Baffle* terdiri dari piringan bulat lembaran logam dengan satu sisinya dibuang (Mc Cabe, 1998).

C. *Tubes and Tube Sheets*

Tubes digambarkan untuk mendefinisikan ketebalan dinding dalam aturan BWG dan diameter luar pasti (OD) dan tersedia dalam semua jenis logam. Standar panjang *tubes* untuk konstruksi *heat exchanger* yaitu 8, 12, 16, dan 20 ft. *Tubes* disusun dalam posisi triangular atau *square* yang dikenal dengan *triangular pitch* atau *square pitch*.

Triangular pitch digunakan kecuali jika *shell – side* endrung buruk karena

banyak *area heat transfer* dapat memenuhi *shell* dengan diameter yang diberikan daripada dengan *square pitch*. Jika jarak pusat ke pusat antartube terlalu kecil, *tube* dengan *triangular pitch* tidak dapat dibersihkan dengan menyikat antar baris, mengingat *tube* dengan *square pitch* siap dibersihkan. Dan juga, *square pitch* memberikan *pressure drop shell side* yang lebih rendah dari pada *triangular pitch*. (Mc Cabe, 1998).

II.2.3 Jenis dan Fungsi Alat Penukar Panas

Menurut Hafiz (2015) ada beberapa jenis alat penukar panas, yaitu :

1. *Heat Exchanger*

Alat penukar panas ini bertujuan untuk memanfaatkan panas suatu aliran fluida untuk memanaskan fluida yang lain. Sehingga akan terjadi 2 fungsi sekaligus, yaitu memanaskan fluida yang dingin dengan menggunakan fluida panas yang didinginkan.

2. *Reboiler*

Reboiler berfungsi untuk memanaskan kembali hasil dasar suatu kolom dengan menggunakan steam atau media pemanas lain.

3. *Cooler*

Cooler berfungsi untuk mendinginkan fluida cair dengan menggunakan air sebagai media pendingin.

4. *Heater*

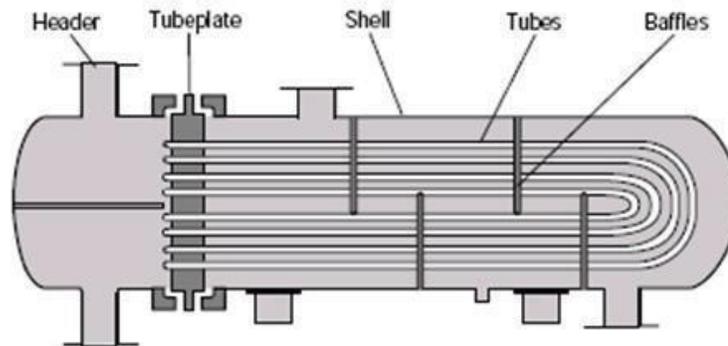
Heater berfungsi untuk memanaskan fluida cair, contohnya: *furnace*.

5. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mengkondensasikan uap hasil pengolahan sebelumnya dengan menggunakan air pendingin atau *fan* (udara).

II.2.4 *Shell and Tube Heat Exchanger*

Tipe alat penukar panas HE 57E1 adalah tipe *shell and tube* dimana perpindahan panas terjadi secara konduksi dan konveksi.



Gambar 13. Bagian *Shell and Tube Heat Exchanger*

Menurut Kern (1950) bagian – bagian dalam *shell and tube heat exchanger* adalah sebagai berikut :

1. *Shell*

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

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

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 2 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.

2. Tube

Tube pada sebuah *heat exchanger* biasanya berupa pipa – pipa kecil dalam jumlah tertentu dan dalam diameter tertentu pula. Diameter dalam tube merupakan diameter dalam aktual dalam ukuran inchi, dengan toleransi yang sangat tepat.

Tube dapat dibuat dari berbagai jenis logam seperti besi, tembaga, muniz metal, perunggu, 70 – 30 tembaga – nikel, aluminium perunggu, aluminium dan stainless steel. Untuk ukuran ketebalan pipa *tube* yang berbeda – beda dinyatakan dalam bilangan yang disebut *birningham wiregag* (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)*. Masing-masing jenis ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing. Kelebihan dan kekurangan ini dapat dilihat pada tabel berikut.

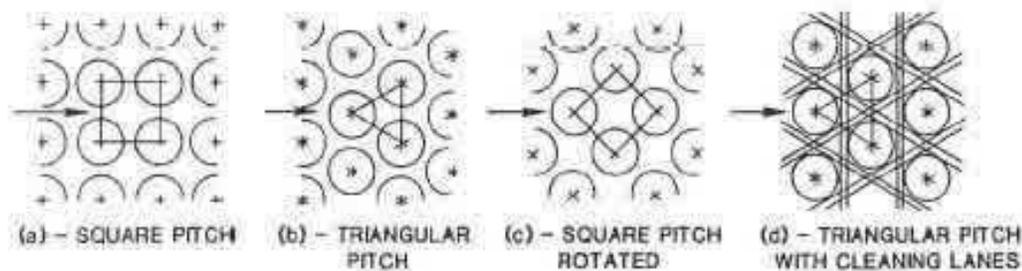
Tabel 2. Perbandingan Pola Segitiga (*Triangular*), Persegi (*Square*) dan Diamond (*Rotated Square*) pada Susunan *Tube* Jenis

Jenis	Kelebihan	Kekurangan
Segitiga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Laju perpindahan panas cukup besar 2. Jumlah tube dapat dibuat menjadi lebih banyak 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pressure drop cukup besar 2. Pembersihan sulit, menggunakan bahan kimia
Persegi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pressure drop rendah 2. Dapat dibersihkan secara mekanik 3. Cocok untuk menangani fluida fouling 	<ol style="list-style-type: none"> 1. koefisien film relative rendah
Diamon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Koefisien film lebih tinggi dibandingkan pola persegi, tapi dibawah pola segitiga. 2. Mudah dibersihkan secara mekanik 3. Baik untuk fluida fouling 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pressure drop tidak serendah square pitch 2. Koefisien film relative rendah

3. *Tube Pitch*

Lubang – lubang pipa pada penampang *shell and tube* tidak disusun secara begitu saja tetapi 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. 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*



Gambar 14. Jenis *Tube Pitch*

4. *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.

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 harga koefisien perpindahan panas yang didapat besar. Luas *baffle* \pm

75% dari penampungan *shell*. Spasi antar***baffle*** tidak lebih dekat dari $1/5$ diameter *shell* karena apabila terlalu dekat akan didapat kehilangan tekanan yang besar.

6. *Longitudinal Baffle*

Longitudinal baffle merupakan lempengan sekat yang dipasang sejajar poros *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*

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

Kelebihan *Heat Exchanger Shell and Tube*

Heat Exchanger dengan jenis *shell and tube* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan *heat exchanger* yang lainnya, antara lain :

1. Luas permukaan lebih besar, volume lebih kecil.
2. Mudah dibersihkan.
3. Pengoperasian mudah.
4. Dapat dibuat dengan berbagai material yang dapat disesuaikan dengan suhu.
5. Konstruksi sederhana, pemakaian ruang relatif kecil (tidak makan tempat).
6. Harganya relatif murah.

II.2.5 Pemilihan Fluida yang Dilewatkan Tube dan Shell

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan fluida dalam *shell* dan *tube* antara lain :

1. Korosif

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

2. Kekotoran fluida

Fluida kotor dilewatkan melalui *tube* karena *tube – tube* dengan mudah dapat dibersihkan. Fluida dilewatkan melalui *shell* ketika *tube* tidak dapat mengalirkan fluida yang sangat kotor. Sejumlah besar dari *coke*s atau reruntuhan yang terkumpul pada *shell* akan dihilangkan melalui tempat pembuangan *shell*.

3. Tekanan

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

4. Suhu

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

5. Kuantitas

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

6. Viskositas

Fluida yang memiliki viskositas rendah atau memiliki laju alir rendah akan dilewatkan melalui *shell* karena alirannya dapat dibantu oleh *baffle*.

7. *Pressure drop*

Peletakan fluida dalam *tube* akan lebih mudah dalam pengkalkulasian *pressure drop*.

Dalam 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 melalui 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, yakni mampu memindahkan panas sesuai dengan kebutuhan proses operasi dalam keadaan kotor (*fouling factor* atau R_d). R_d 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 :

1. Untuk aliran uap dan gas : ΔP tidak melebihi 0,5 – 2,0 psi.
2. 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.2.6 Analisa *Performance Heat Exchanger*

Untuk menganalisa *performance* suatu *heat exchanger*, adapun beberapa parameter yang digunakan adalah (Kern, 1950) :

1. U_c (*Clean Overall Coefficient*)

Adalah koefisien panas menyeluruh pada awal *heat exchanger* yang dipakai (masih bersih), biasanya ditentukan oleh besarnya tahanan konveksi h_o dan h_{io} , sedangkan tahanan konduksi diabaikan karena sangat kecil bila dibandingkan dengan tahanan konveksi.

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

2. U_D (*Design / Dirty Overall Coefficient*)

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

$$U_D = \frac{Q}{A \times \Delta T_{LMTD}}$$

3. *Heat Balance*

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

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

4. *Fouling Factor*

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

$$R_D = \frac{U_C - U_D}{U_C \times U_D}$$

5. *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 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* dari masing-masing fluida adalah konstan.
- e. Tidak ada perubahan fasa uap pada setiap bagian dari *HE*.
- f. *Heat Loss* diabaikan.

II.2.7 Pengolahan Data

Data yang sudah didapat berupa spesifikasi ekstrak mix dari produk MMO berupa *flow* aliran, *temperature inlet*, *temperature outlet* dan juga *flow* aliran dari *Hot Oil System* (HOS) berupa *flow* aliran dan *temperature inlet* pada bulan Februari – Maret 2018.

Dari data yang telah ada, kemudian dilakukan evaluasi kinerja dari *heat exchanger* unit 023E–105A–F dengan menggunakan *software Hysys*. Adapun langkah – langkah pengolahan data dengan *Hysys* adalah sebagai berikut :

1. Membuka *flowsheet monitoring ekstrak grade* MMO pada *Hysys* yang sudah ada.

Mula – mula *softfile flowsheet monitoring ekstrak grade* MMO yang sudah ada dibuka pada aplikasi *Hysys*. Terdapat 3 *heat exchanger* dalam *flowsheet* tersebut yaitu *heat exchanger* AB, CD, dan EF. Setiap *heat exchanger* tersebut memiliki data aliran yang berbeda – beda.

2. Menyortir data *Heat Exchanger* untuk *Grade* MMO

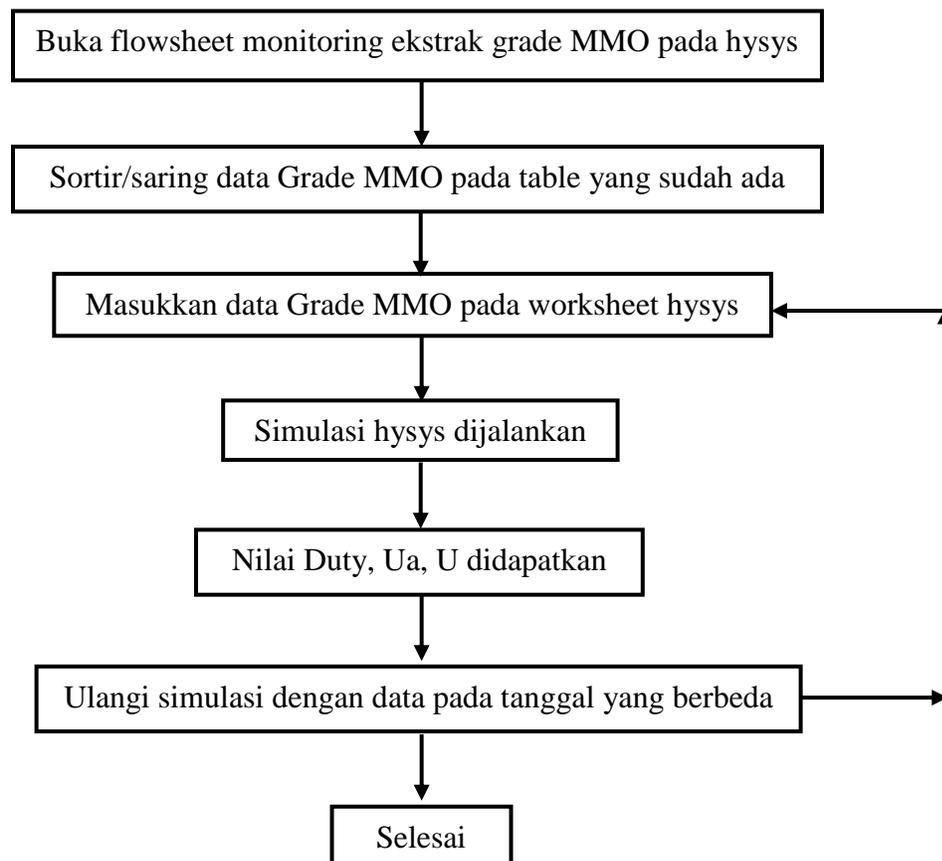
Pada data yang sudah ada terdapat beberapa *grade* yaitu MMO, LMO, dan DAO dalam bulan Februari – Maret 2018. Data yang akan kita evaluasi adalah *grade* MMO.

3. Memasukkan data *grade* MMO pada *hysys*

Data yang sudah ada seperti *flow* aliran, *temperature inlet* dan *outlet* dimasukkan dalam *worksheet heat exchanger* pada *hysys*. Data yang dimasukkan harus sesuai dengan kondisi operasi pada setiap *heat exchanger* A–F.

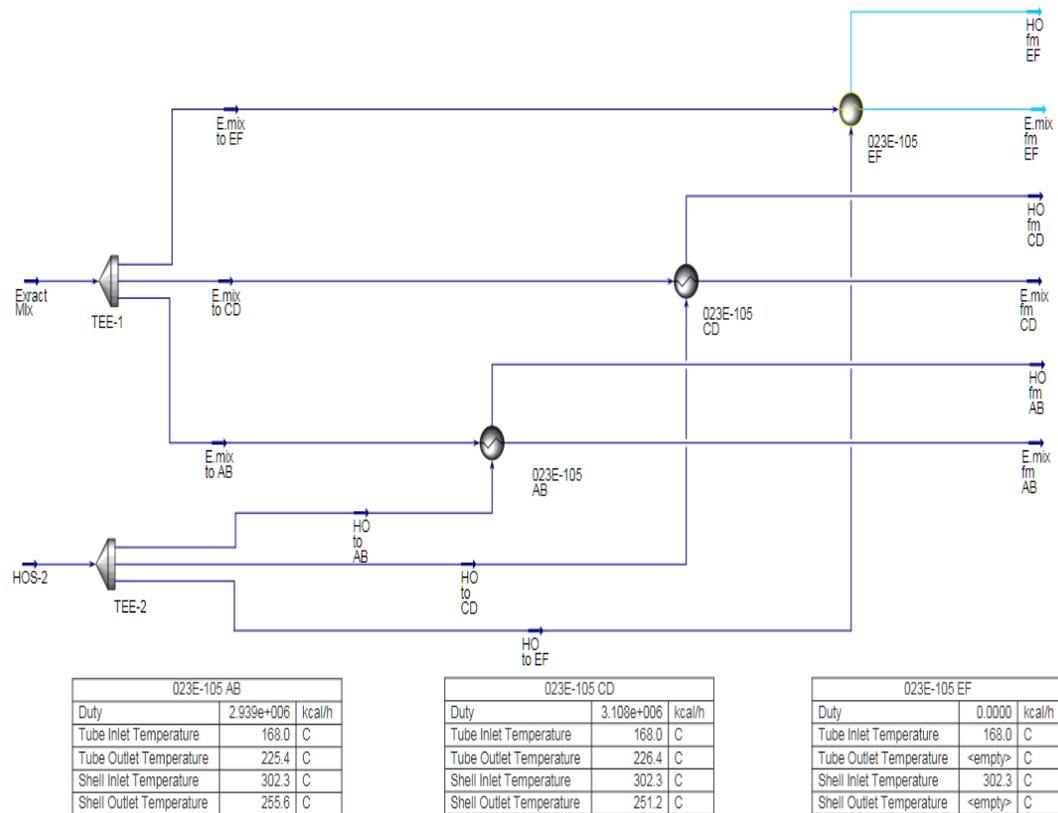
4. Lakukan simulasi *Hysys*

Setelah data sudah dimasukkan, simulasi *hysys* dilakukan. Pada simulasi tersebut akan didapatkan nilai beban *heat exchanger* (*duty*), UA, dan koefisien perpindahan panas (*U*). hasil tersebut lalu dimasukkan dalam data tabel yang sudah ada.



Gambar 15. *Flow Chart* Urutan Penyelesaian Simulasi *Hysys*

II.2.8 Hasil Simulasi Hysys



Gambar 16. Flowsheet Heat Exchanger Unit 023E-105ABCDEF

Hasil Simulasi disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil *Duty* Unit 023E–105AB

023E-105 A/B	Tube Side (Ekstrak Mix)			Shell Tube (Hot Oil)			Duty MM kcal/hr
	Satuan Tag number	Flow m ³ /hr	T. Inlet °C	T. Outlet °C	Flow m ³ /hr	T. Inlet °C	
	023FIC_009	023TI_014	023TI_013.PV	023FIC_010	025TI_091.PV	023TI_012	
Desain	177.6	173	225	129.3	310	260	4.156
01-Feb-18	29.11	166.89	219.64	135.41	302.77	262.94	3.33
02-Feb-18	34.15	166.77	221.71	168.87	302.80	264.93	3.95
09-Feb-18	32.96	166.69	220.86	168.28	303.07	266.59	3.80
10-Feb-18	32.35	165.73	219.34	159.48	302.18	264.47	3.71
11-Feb-18	31.61	166.30	221.23	163.95	302.28	266.20	3.66
19-Feb-18	36.19	166.05	218.79	168.87	300.90	261.13	4.14
20-Feb-18	36.79	166.53	218.81	168.87	301.12	260.78	4.19
21-Feb-18	36.12	166.02	217.98	168.87	301.38	261.90	4.11
22-Feb-18	34.71	165.71	215.36	168.87	301.25	263.92	3.89
01-Mar-18	32.29	166.63	220.04	167.19	300.32	264.39	3.71
02-Mar-18	32.43	166.46	220.63	168.82	301.05	265.20	3.74
03-Mar-18	32.29	165.97	218.45	168.67	303.13	267.86	3.68
04-Mar-18	33.16	166.18	218.80	168.87	303.35	267.12	3.79
12-Mar-18	35.92	167.29	220.37	168.87	301.39	261.84	4.12

13- Mar-18	35.92	167.29	220.37	168.87	301.37	261.81	4.12
14- Mar-18	35.92	167.29	220.37	168.87	301.44	261.89	4.12
15- Mar-18	35.92	167.29	220.37	168.87	301.96	262.43	4.12
21- Mar-18	31.98	166.63	219.69	153.50	302.44	263.79	3.66
22- Mar-18	31.32	166.52	219.05	155.48	300.69	263.39	3.58
23- Mar-18	31.25	166.72	221.08	165.31	300.03	264.68	3.61
24- Mar-18	31.96	166.09	217.36	166.52	302.24	267.10	3.62
31- Mar-18	34.05	166.71	221.88	168.87	301.29	263.41	3.95

Tabel 4. Hasil Koefisien Perpindahan Panas Unit 023E – 105AB

023E-105 A/B	Tube Side (Ekstrak Mix)			Shell Tube (Hot Oil)			U Kcal/h.m ² C		
	Satuan Tag number	Flow m ³ /hr	T. Inlet °C	T. Outlet °C	Flow m ³ /hr	T. Inlet °C		T. Outlet °C	
Desain	023FIC_009	177.6	023TI_014	225	023FIC_010	025TI_091.PV	310	023TI_012	260
01-Feb-18	29.11	166.89	219.64	135.41	302.77	262.94	790.26		
02-Feb-18	34.15	166.77	221.71	168.87	302.80	264.93	927.62		
09-Feb-18	32.96	166.69	220.86	168.28	303.07	266.59	877.68		
10-Feb-18	32.35	165.73	219.34	159.48	302.18	264.47	871.70		
11-Feb-18	31.61	166.30	221.23	163.95	302.28	266.20	851.61		
19-Feb-18	36.19	166.05	218.79	168.87	300.90	261.13	1004.17		
20-Feb-18	36.79	166.53	218.81	168.87	301.12	260.78	1021.35		
21-Feb-18	36.12	166.02	217.98	168.87	301.38	261.90	986.73		
22-Feb-18	34.71	165.71	215.36	168.87	301.25	263.92	915.48		
01-Mar-18	32.29	166.63	220.04	167.19	300.32	264.39	885.63		
02-Mar-18	32.43	166.46	220.63	168.82	301.05	265.20	883.67		
03-Mar-18	32.29	165.97	218.45	168.67	303.13	267.86	837.62		
04-Mar-18	33.16	166.18	218.80	168.87	303.35	267.12	865.32		
12-Mar-18	35.92	167.29	220.37	168.87	301.39	261.84	997.89		

13- Mar-18	35.92	167.29	220.37	168.87	301.37	261.81	998.20
14- Mar-18	35.92	167.29	220.37	168.87	301.44	261.89	997.13
15- Mar-18	35.92	167.29	220.37	168.87	301.96	262.43	989.30
21- Mar-18	31.98	166.63	219.69	153.50	302.44	263.79	865.42
22- Mar-18	31.32	166.52	219.05	155.48	300.69	263.39	856.81
23- Mar-18	31.25	166.72	221.08	165.31	300.03	264.68	863.61
24- Mar-18	31.96	166.09	217.36	166.52	302.24	267.10	831.36
31- Mar-18	34.05	166.71	221.88	168.87	301.29	263.41	946.69

Tabel 5. Hasil *Duty* Unit 023E–105CD

023E-105 C/D	Tube Side (Ekstrak Mix)			Shell Tube (Hot Oil)			Duty MM kcal/hr
	Satuan Tag number	Flow m ³ /hr	T. Inlet °C	T. Outlet °C	Flow m ³ /hr	T. Inlet °C	
	023FIC_009	023TI_014	023TI_013.PV	023FIC_010	025TI_091.PV	023TI_012	
Desain	177.6	173	225	129.3	310	260	4.156
01-Feb-18	27.21	169.55	220.57	168.70	302.77	273.32	3.09
02-Feb-18	29.99	169.43	220.58	168.87	302.80	270.29	3.40
09-Feb-18	31.05	169.36	220.46	168.87	303.07	269.41	3.52
10-Feb-18	30.94	168.42	220.21	168.87	302.18	268.49	3.52
11-Feb-18	30.06	168.96	221.26	168.87	302.28	269.47	3.43
19-Feb-18	-3.00	46.88	221.99	0.00	300.90	0.00	0.00
20-Feb-18	-3.00	46.77	222.57	0.00	301.12	0.00	0.00
21-Feb-18	-3.00	47.92	219.78	0.00	301.38	0.00	0.00
22-Feb-18	-3.00	48.27	220.91	0.00	301.25	0.00	0.00
01-Mar-18	-3.00	45.71	221.66	0.00	300.32	0.00	0.00
02-Mar-18	-3.00	45.32	220.87	0.00	301.05	0.00	0.00
03-Mar-18	-3.00	44.54	219.97	0.00	303.13	0.00	0.00
04-Mar-18	-3.00	43.93	219.17	0.00	303.35	0.00	0.00
12-Mar-18	-3.00	39.58	45.31	0.00	301.39	0.00	0.00

13- Mar-18	-3.00	39.58	51.27	0.00	301.37	0.00	0.00
14- Mar-18	-3.00	39.58	32.26	0.00	301.44	0.00	0.00
15- Mar-18	-3.00	39.58	29.25	0.00	301.96	0.00	0.00
21- Mar-18	-3.00	40.62	29.11	0.00	302.44	0.00	0.00
22- Mar-18	-3.00	40.45	29.79	0.00	300.69	0.00	0.00
23- Mar-18	-3.00	42.22	30.88	0.00	300.03	0.00	0.00
24- Mar-18	-3.00	41.86	31.57	0.00	302.24	0.00	0.00
31- Mar-18	-3.00	41.65	31.57	0.00	301.29	0.00	0.00

Tabel 6. Hasil Koefisien Perpindahan Panas Unit 023E–105CD

023E-105 C/D	Tube Side (Ekstrak Mix)			Shell Tube (Hot Oil)			U Kcal/h.m ² C	
	Satuan Tag number	Flow m ³ /hr	T. Inlet °C	T. Outlet °C	Flow m ³ /hr	T. Inlet °C		T. Outlet °C
Desain	023FIC_009	177.6	023TI_014	023TI_013.PV	129.3	025TI_091.PV	023TI_012	260
01-Feb-18	27.21	169.55	220.57	168.70	302.77	273.32	687.80	
02-Feb-18	29.99	169.43	220.58	168.87	302.80	270.29	774.10	
09-Feb-18	31.05	169.36	220.46	168.87	303.07	269.41	804.32	
10-Feb-18	30.94	168.42	220.21	168.87	302.18	268.49	811.54	
11-Feb-18	30.06	168.96	221.26	168.87	302.28	269.47	787.82	
19-Feb-18	-3.00	46.88	221.99	0.00	300.90	0.00	-59.09	
20-Feb-18	-3.00	46.77	222.57	0.00	301.12	0.00	0.00	
21-Feb-18	-3.00	47.92	219.78	0.00	301.38	0.00	0.00	
22-Feb-18	-3.00	48.27	220.91	0.00	301.25	0.00	0.00	
01-Mar-18	-3.00	45.71	221.66	0.00	300.32	0.00	0.00	
02-Mar-18	-3.00	45.32	220.87	0.00	301.05	0.00	0.00	
03-Mar-18	-3.00	44.54	219.97	0.00	303.13	0.00	0.00	
04-Mar-18	-3.00	43.93	219.17	0.00	303.35	0.00	0.00	
12-Mar-18	-3.00	39.58	45.31	0.00	301.39	0.00	-0.50	

13- Mar-18	-3.00	39.58	51.27	0.00	301.37	0.00	0.00
14- Mar-18	-3.00	39.58	32.26	0.00	301.44	0.00	0.64
15- Mar-18	-3.00	39.58	29.25	0.00	301.96	0.00	0.00
21- Mar-18	-3.00	40.62	29.11	0.00	302.44	0.00	0.00
22- Mar-18	-3.00	40.45	29.79	0.00	300.69	0.00	0.00
23- Mar-18	-3.00	42.22	30.88	0.00	300.03	0.00	0.00
24- Mar-18	-3.00	41.86	31.57	0.00	302.24	0.00	0.00
31- Mar-18	-3.00	41.65	29.69	0.00	301.29	0.00	0.00

Tabel 7. Hasil *Duty* Unit 023E-105EF

023E-105 E/F	Tube Side (Ekstrak Mix)			Shell Tube (Hot Oil)			Duty MM kcal/hr
	Satuan Tag number	Flow m ³ /hr	T. Inlet °C	T. Outlet °C	Flow m ³ /hr	Temp. Inlet °C	
	023FIC_009	023TI_014	023TI_013.PV	023FIC_010	025TI_091.PV	023TI_012	
Desain	177.6	173	225	129.3	310	260	4.156
01-Feb-18	4.07	34.63	30.52	0.00	302.77	0.00	0.00
02-Feb-18	3.93	34.50	30.47	0.00	302.80	0.00	0.00
09-Feb-18	4.00	34.80	30.56	0.00	303.07	0.00	0.00
10-Feb-18	3.93	34.78	30.79	0.00	302.18	0.00	0.00
11-Feb-18	3.95	33.98	30.39	0.00	302.28	0.00	0.00
19-Feb-18	30.54	170.00	224.21	159.18	300.90	265.03	3.52
20-Feb-18	31.45	170.54	223.79	167.36	301.12	266.19	3.61
21-Feb-18	30.89	170.05	223.66	163.82	301.38	266.28	3.55
22-Feb-18	30.02	169.73	221.41	168.07	301.25	268.38	3.42
01-Mar-18	31.80	170.64	224.49	165.14	300.32	264.36	3.66
02-Mar-18	30.96	170.46	225.36	163.87	301.05	265.62	3.59
03-Mar-18	32.10	170.00	224.33	165.44	303.13	266.93	3.71
04-Mar-18	33.60	170.26	224.18	168.87	303.35	266.29	3.87
12-Mar-18	35.81	171.64	223.35	168.87	301.39	262.19	4.08

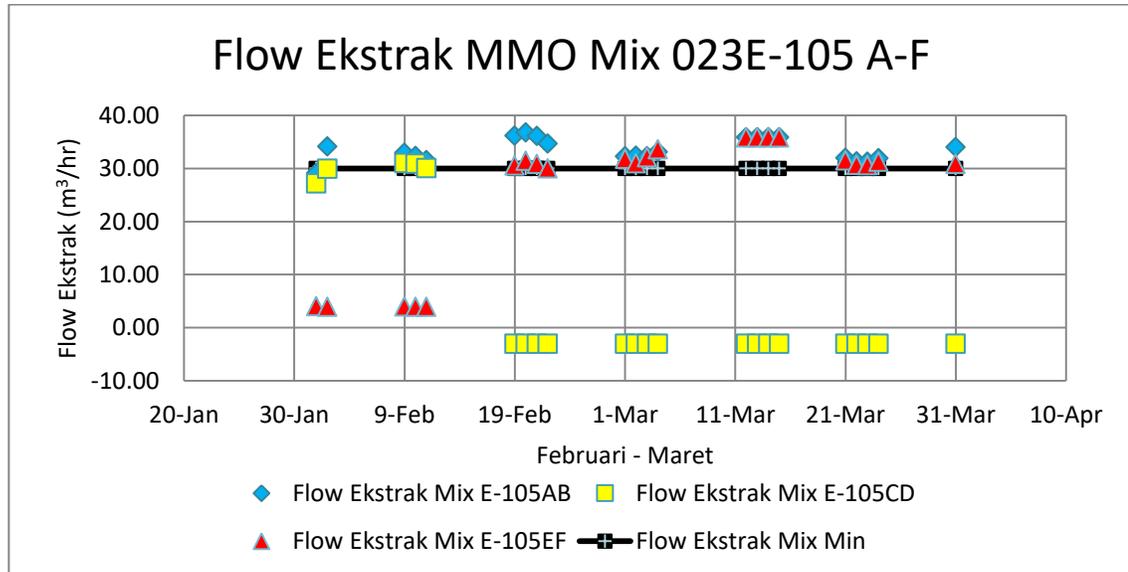
13- Mar-18	35.81	171.64	223.35	168.87	301.37	262.16	4.08
14- Mar-18	35.81	171.64	223.35	168.87	301.44	262.24	4.08
15- Mar-18	35.81	171.64	223.35	168.87	301.96	262.78	4.08
21- Mar-18	31.50	170.49	225.19	163.01	302.44	266.28	3.64
22- Mar-18	30.68	170.44	225.66	168.87	300.69	266.58	3.56
23- Mar-18	30.62	170.71	225.73	167.45	300.03	265.70	3.55
24- Mar-18	31.31	170.12	222.40	168.87	302.24	268.02	3.58
31- Mar-18	30.87	170.69	225.00	168.86	301.29	267.15	3.57

Tabel 8. Hasil Koefisien Perpindahan Panas Unit 023E–105EF

023E-105 E/F	Tube Side (Ekstrak Mix)			Shell Tube (Hot Oil)			U Kcal/h.m ² C
	Satuan Tag number	Flow m ³ /hr 023FIC_009	Temp. Inlet °C 023TI_014	Temp. Outlet °C 023TI_013.PV	Flow m ³ /hr 023FIC_010	Temp. Inlet °C 025TI_091.PV	
Desain	177.6	173	225	129.3	310	260	
01-Feb-18	4.07	34.63	30.52	0.00	302.77	0.00	-0.48
02-Feb-18	3.93	34.50	30.47	0.00	302.80	0.00	-0.45
09-Feb-18	4.00	34.80	30.56	0.00	303.07	0.00	-0.48
10-Feb-18	3.93	34.78	30.79	0.00	302.18	0.00	-0.45
11-Feb-18	3.95	33.98	30.39	0.00	302.28	0.00	-0.41
19-Feb-18	30.54	170.00	224.21	159.18	300.90	265.03	851.11
20-Feb-18	31.45	170.54	223.79	167.36	301.12	266.19	864.29
21-Feb-18	30.89	170.05	223.66	163.82	301.38	266.28	846.64
22-Feb-18	30.02	169.73	221.41	168.07	301.25	268.38	798.41
01-Mar-18	31.80	170.64	224.49	165.14	300.32	264.36	895.48
02-Mar-18	30.96	170.46	225.36	163.87	301.05	265.62	864.43
03-Mar-18	32.10	170.00	224.33	165.44	303.13	266.93	868.96
04-Mar-18	33.60	170.26	224.18	168.87	303.35	266.29	911.06
12-Mar-18	35.81	171.64	223.35	168.87	301.39	262.19	1007.86

13- Mar-18	35.81	171.64	223.35	168.87	301.37	262.16	1008.18
14- Mar-18	35.81	171.64	223.35	168.87	301.44	262.24	1007.08
15- Mar-18	35.81	171.64	223.35	168.87	301.96	262.78	999.04
21- Mar-18	31.50	170.49	225.19	163.01	302.44	266.28	865.44
22- Mar-18	30.68	170.44	225.66	168.87	300.69	266.58	854.55
23- Mar-18	30.62	170.71	225.73	167.45	300.03	265.70	862.71
24- Mar-18	31.31	170.12	222.40	168.87	302.24	268.02	834.53
31- Mar-18	30.87	170.69	225.00	168.86	301.29	267.15	848.33

II.2.9 Grafik dan Pembahasan



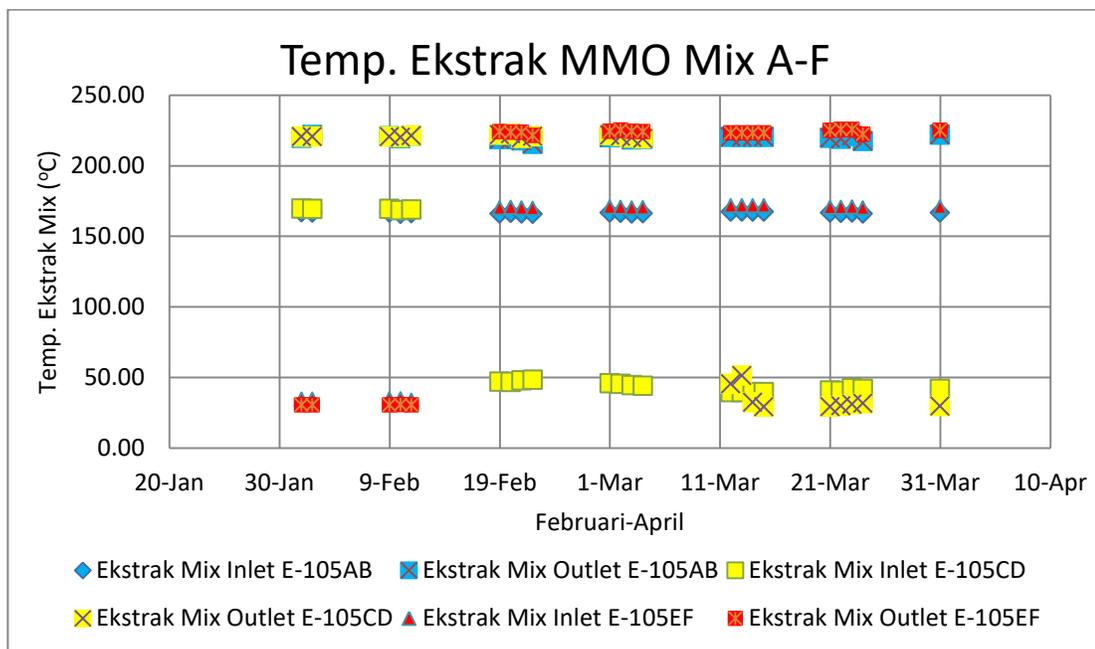
Gambar 17. Grafik *Flow Ekstrak MMO Mix 023–105AF*

Flow ekstrak mix pada HE unit 023E–105 dipompa dari C–103B melewati HE menuju ke C–103A untuk dipisahkan antara *solvent furfural* dengan ekstraknya. Pada saat memasuki HE, flow aliran dibagi menjadi 3 aliran menuju E–105AB, E–105CD, dan E–105EF. Pada setiap HE memiliki *flow* aliran yang berbeda – beda pada waktu yang berbeda pula. Ekstrak *mix* pada unit ini memiliki target yang diinginkan *flow* ekstrak *mix* minimal sebesar 30 m³/hr, agar ketika memasuki HE aliran tidak laminar. Jika laminar, maka akan mengakibatkan terjadinya fouling.

Pada grafik dapat dilihat terdapat tiga HE yaitu E–105AB, CD, EF dimana ketiganya tidak berjalan secara bersamaan. Flow aliran Ekstrak mix pada HE ini ditargetkan memiliki *flow* aliran diatas 30 m³/hr agar HE tidak terjadi kemungkinan fouling. Lalu pada flow aliran ekstrak *mix flow* yang memiliki besar diatas 30 m³/hr adalah pada E–105AB tanggal 1 Februari – 31 Maret 2018, lalu pada E–105CD terjadi penurunan *flow* aliran tanggal 6 Februari – 31 Maret 2018 yang dianggap *idle* atau tidak berjalan. Kemudian pada E–105EF pada tanggal 1 – 11 Februari 2018

memiliki *flow* aliran yang sangat kecil dimana *flow* aliran pemanas juga 0 yang bisa dianggap HE tidak berjalan.

Pada data yang ada diatas, didapatkan rata-rata *flow* aliran untuk E-105AB sebesar 33,56 m³/hr, untuk E-105CD sebesar 29,85 m³/hr, dan untuk E-105EF sebesar 32,33 m³/hr. dari nilai tersebut diketahui bahwa *flow* aliran pada E-105CD masih di bawah rata – rata yang mengakibatkan kemungkinan fouling tinggi.

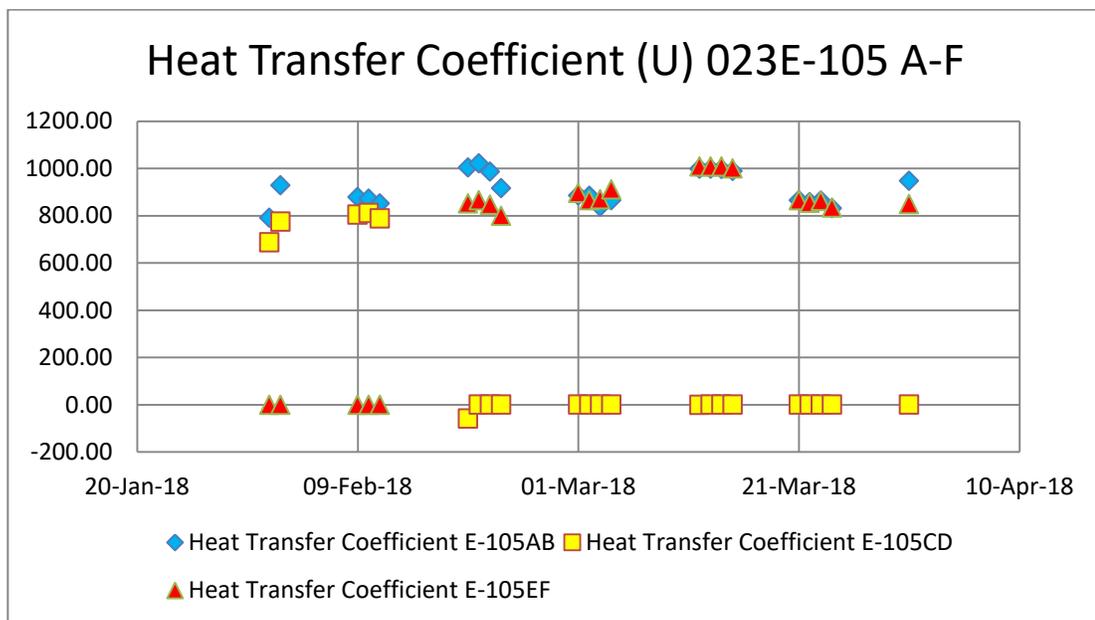


Gambar 18. Grafik Temperatur Ekstrak MMO *Mix* A-F

Pada ekstrak *mix* ini memiliki dua komponen yang akan dipisahkan yaitu *solvent furfural* dan ekstraknya. Untuk *solvent furfural* ini temperatur outletnya dibatasi dengan target temperatur kurang dari 225 °C, agar ketika dipisahkan *solvent furfural* ini tidak terdegradasi atau terjadi *crack* yang mengakibatkan *solvent* hilang.

Pada grafik dapat dilihat temperatur ekstrak *mix outlet* pada E-105AB tanggal 1 Februari – 30 Maret 2018 rata – rata memiliki temperatur sebesar 219,64 °C. kemudian pada E-105CD tanggal 1 – 19 Februari 2018 temperatur rata – rata sebesar 220,84 °C tetapi pada tanggal 12 – 21 Maret 2018 terjadi penurunan dikarenakan

tidak adanya *flow* aliran yang masuk pada HE atau *idle*. Lalu pada E-105EF tanggal 1 – 11 Februari 2018 memiliki temperatur yang kecil dikarenakan pada tanggal tersebut HE tidak berjalan karena *flow* aliran ekstrak *mix* dan HOS tidak ada, tetapi pada tanggal 19 Februari – 31 Maret 2018 *temperature outlet* ekstrak *mix* rata – rata sebesar 224,05 °C dimana pada temperatur sebesar itu ada kemungkinan *solvent furfural* akan terdegradasi.



Gambar 19. Grafik Heat Transfer Coeffisient HE E105A–F

Dalam penggunaan alat *heat exchanger* terdapat faktor yang mempengaruhi berat beban *heat exchanger* (*Duty*) dan *heat transfer coefficient* (*U*). factor yang mempengaruhinya tersebut yaitu besar kecilnya *flow* aliran dan juga besarnya panas yang diterima dan yang dikirim melalui *heat exchanger*.

Dalam data di atas bisa dilihat koefisien perpindahan panas pada E-105AB sebesar 910,41 kcal/hm²C, lalu pada E-105CD sebesar 773,12 kcal/hm²C, dan juga pada E-105EF sebesar 893,42 kcal/hm²C. Besar beban HE pada E-105AB sebesar 3,87 MMkcal/hr, lalu pada E-105CD sebesar 3,39 MMkcal/hr, dan pada E-105EF sebesar 3,72 MMkcal/hr. nilai tersebut berpengaruh terhadap nilai transfer *ratanya*

dimana ketika *design transfer rate* di bawah 80 maka bisa dikatakan jika HE tersebut *fouling* atau kotor.

Untuk mencegah terjadinya *fouling* tersebut, diharapkan *flow* aliran ekstrak *mix* diatas 30 m³/hr seperti pada E-105AB dan E-105EF sebesar 33,56 m³/hr dan 32,33 m³/hr dan juga panas yang dikeluarkan pada *hot oil system* diharapkan bisa stabil sehingga *heat exchanger* bisa berjalan efisien.

II.2.10 Kesimpulan

Hasil data yang sudah didapat dapat disimpulkan bahwa pada *heat exchanger* E-105AB beroperasi secara penuh pada tanggal 1 Februari – 31 Maret 2018. Kemudian, pada *heat exchanger* E-105CD beroperasi pada tanggal 1 – 11 Februari 2018, sedangkan pada tanggal 19 Februari – 21 Maret 2018 tidak berjalan atau *idle*. Kemudian pada *heat exchanger* E-105EF pada tanggal 1 – 11 Februari 2018 tidak beroperasi atau *idle*, sedangkan pada tanggal 19 Februari – 31 Maret 2018 beroperasi secara lancar. Berikut keadaan *heat exchanger* yang berpengaruh pada kinerjanya :

1. Flow aliran rata – rata yang memenuhi target di atas 30 m³/hr yaitu pada *heat exchanger* E-105AB sebesar 33,56 m³/hr dan E-105EF sebesar 32,33 m³/hr, sedangkan pada E-105CD sebesar 29,85 m³/hr yang dapat mengakibatkan HE *fouling* tinggi.
2. Temperatur ekstrak *mix* pada *heat exchanger* yang memenuhi target di bawah 225 °C yaitu pada *heat exchanger* E-105AB sebesar 219,64 °C dan pada E-105CD sebesar 220,63 °C, sedangkan pada E-105EF sebesar 224,05 °C dimana temperaturnya mendekati 225 °C yang memungkinkan terjadinya degradasi pada *solvent furfural*.
3. *Transfer rate* pada *heat exchanger* memiliki nilai rata – rata sebesar 87,07 dimana itu sesuai dengan batas minimum *design heat exchanger*.
4. Hasil *temperature outlet* ekstrak *mix* dapat dijaga dengan meningkatkan atau menstabilkan *flow* aliran *hot oil* dan temperatur inletnya dengan syarat *flow* aliran ekstrak *mix* diatas 30 m³/hr.

II.2.11 Saran

1. Untuk meningkatkan flow ekstrak mix yang memiliki flow aliran di bawah 30 m³/hr seperti pada E-105CD disarankan untuk menjaga *temperature solvent furfural* pada ekstrak *mix* di bawah 225 °C agar tidak terjadi degradasi atau *crack*.
2. Performa HE pada E-105AB turun maka dapat dilakukan pergantian unit HE dengan unit HE lain seperti E-105CD dan unit HE pada E-105AB disarankan untuk di-*cleaning* atau di *maintance*.