

# Studi Kasus *Meg Cross Exchanger* Terhadap Suhu *Lean Meg* yang Melebihi Desain di PT Titis Sampurna

<sup>1</sup>Belly Kurniawan, <sup>2</sup>Erwana Dewi, <sup>3</sup>Anerasari

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Kimia, Program Studi Teknik Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang

E-mail : [kurniawan.belly@gmail.com](mailto:kurniawan.belly@gmail.com) [erwanadewi@gmail.com](mailto:erwanadewi@gmail.com) , [anerasari@polsri.ac.id](mailto:anerasari@polsri.ac.id)

(Received: Nopember 2024, Revised: Februari 2025, Accepted: April 2025)

**Abstract** — The MEG Cross Exchanger is a tool for the heat exchange between two fluids at different temperatures, where one fluid gives off heat and the other fluid receives heat. Mono Ethylene Glycol (MEG) is one of the chemical materials commonly use to prevent hydration formation in the production process of Liquid Petroleum Gas (LPG). The equipment used to inject MEG into the gas stream is a pump, which must withstand the heat of the flowing fluid. If the heat of the fluid exceeds the pump's capacity, it usually cause pump damage (pump Leakage). This case study in PT Titis Sampurna aims to evaluated the performance of the heat exchanger and to determine the optimum temperature of lean MEG entering the suction MEG pump by optimizing the inlet temperature of rich MEG and cleaning. The method used to evaluated the performance of the MEG cross exchanger is the calculation method from Kern and Carl Yaws" book by calculating the fouling factor. The fouling factor (Rd) value obtained before optimizing and cleaning was 0,8324 ft<sup>2</sup>.hr.F/Btu with lean MEG temperature at 173,8°F. After optimizing the rich MEG inlet temperature, the lean MEG temperature was reduce to 167°F with a fouling factor value of 0,7746 ft<sup>2</sup>.hr.F/Btu. This indicates that the MEG cross exchanger is dirty because the Rd value before cleaning is significantly higher than the design value of 0.0043 ft<sup>2</sup>.hr.F/Btu. After two rounds of cleaning the tube and shell, the Rd value was 0.0032 ft<sup>2</sup>.hr.F/Btu with lean MEG temperature at 142°F. This shows that cleaning improves the performance of the MEG Cross Exchanger, making heat transfer more efficient and ensuring that the lean MEG temperature entering the pump suction meets the MEG pump specifications.

**Keywords:** Mono Ethylene Glycol, Heat Exchange, Fouling Factor, Cleaning, Remperature Optimization.

**Intisari** — MEG Cross Exchanger adalah suatu alat sebagai tempat terjadinya pertukaran panas antara dua fluida yang berbeda temperaturnya, dimana satu fluida memberikan panas dan satu fluida lainnya menerima panas. Mono Ethylene Glycol (MEG) merupakan salah satu bahan chemical yang biasa digunakan untuk mencegah terjadinya hidrat dalam proses produksi Liquefied Petroleum Gas (LPG). Alat yang digunakan untuk menginjeksikan MEG ke aliran gas tersebut berupa pompa, yang mana pompa tersebut mempunyai daya tahan terhadap panas fluida yang dialirkan, apabila panas fluida yang dialirkan melebihi kemampuan pompa, biasanya akan menyebabkan pompa rusak (terjadinya kebocoran pompa). Studi kasus ini dilakukan di PT Titis Sampurna yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja heat Exchanger tersebut, dan mendapatkan suhu optimum lean MEG yang menuju ke suction pompa MEG dengan cara dilakukan optimasi suhu masuk rich MEG dan pembersihan. Metode yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja MEG cross exchanger adalah metode perhitungan buku Kern dan Carl Yaws dengan cara menghitung fouling factor. Nilai fouling factor (Rd) yang didapatkan sebelum dilakukan optimasi dan pembersihan yaitu 0,8324 ft<sup>2</sup>.hr.F/Btu dengan suhu lean MEG 173,8°F. Kemudian setelah dilakukan optimasi suhu masuk rich MEG dapat menurunkan suhu lean MEG ke 167°F dengan nilai fouling factor 0,7746

ft<sup>2</sup>.hr.F/Btu. Hal tersebut menandakan bahwa MEG cross exchanger dalam keadaan kotor karena nilai Rd sebelum dilakukan pembersihan jauh lebih besar dibandingkan dari nilai desain yaitu 0,0043 ft<sup>2</sup>.hr.F/Btu. Kemudian setelah dilakukan dua kali pembersihan di bagian tube dan shell didapatkan nilai Rd sebesar di 0,0032 ft<sup>2</sup>.hr.F/Btu dengan suhu lean MEG 142°F. Hal ini menandakan bahwa dengan dilakukanya pembersihan dapat menjadikan kinerja MEG Cross Exchanger Lebih baik, sehingga perpindahan panas lebih maksimal dan membuat suhu lean MEG yang menuju ke suction pompa sudah sesuai dengan spesifikasi pompa MEG

**Kata kunci :** MEG Cross Exchanger, Mono Ethylene Glycol, pertukaran panas, fouling factor, pembersihan, optimasi suhu.

## I. PENDAHULUAN

LPG Plant Limau Timur PT. Titis Sampurna merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan gas alam menjadi produk yang berupa *Liquid Petroleum Gas (LPG)*, *condensate* dan *lean gas*. Plant tersebut didirikan pada tahun 1999 dan mulai beroperasi pada tahun 2002.

Dalam membantu proses produksi di *LPG Plant* Limau Timur, terdapat beberapa unit utilitas yaitu penyediaan listrik, bahan bakar, air dan udara. Selain itu terdapat juga unit pendukung lainnya seperti *Hot Oil System* yang berfungsi sebagai pemanas untuk unit distilasi *fraksinasi* di *Reboiler De-Ethanizer*, *Reboiler De-Butanizer* dan pemanasan di *MEG Reboiler*. Kemudian terdapat juga unit *Propane Refrigeration* yang berfungsi sebagai media pendingin *feed gas*, dan unit *MEG Regeneration* yang berfungsi sebagai penyerap air dalam *feed gas*.

Unit *MEG Regeneration* merupakan salah satu unit yang berperan penting dalam proses produksi di *LPG plant* limau timur, unit ini terdiri dari beberapa peralatan utama yaitu *MEG Flash Drum (V-461)*, *Rich MEG Catridge Filter (F-460)*, *MEG Carbon Filter (F-461)*, *MEG Cross Exchanger (E-462)*, *MEG Reflux Condenser (E-461)*, *MEG Still Column (T-460)*, *MEG Reboiler (E-460)* dan *Lean MEG Pump (P-460 A/B)*.

Menurut Ghifary achmad, dkk (2022) berkurangnya nilai panas yang di transfer (laju perpindahan panas), salah satunya dipengaruhi oleh *fouling factor*, karena *fouling* menyebabkan terbentuknya lapisan pengotor yang dapat meningkatkan penambahan tahanan *thermal*. Sedangkan menurut Muchamad (2022) penurunan *performa* (kinerja) *heat exchanger* terjadi karena penyerapan panas yang tidak maksimal oleh *fluida* yang dipanaskan, hal tersebut dikarenakan adanya kotoran dan deposit yang menempel pada tube sehingga menghambat proses perpindahan panas antara *fluida* yang berada didalam *tube* dengan *fluida* diluar *tube*. Menurut Yaqin Rizqi Ilma, dkk (2022) unjuk kerja dari sebuah *heat*

*exchanger* dapat dianalisa menggunakan analisa perpindahan panas baik berupa panas yang diserap *heat exchanger* (Q), *log mean temperature difference* dan Koefisien perpindahan panas (U).

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, penulis tertarik untuk melakukan studi kasus pada unit *MEG Cross Exchanger* (E-462 B) tipe *Shell and Tube* agar dapat mengetahui penyebab permasalahan dan membantu menyelesaikan masalah yang ada.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### MEG

*Mono ethylene glycol* merupakan produk petrokimia yang biasa digunakan sebagai bahan baku cat, resin, solven dan 60% diantaranya digunakan sebagai bahan baku poliester di industri tekstil (Ardian, 2018). *Mono ethylene glycol* adalah cairan tidak berwarna dengan rumus molekul  $C_2H_6O_2$ , yang memiliki berat molekul sebesar 62,07 g/mol dan memiliki *boiling point* diatas 387 °F pada tekanan 760mmHg (*MSDS MEG* PT.Titis Sampurna, 2023).

Pada industri minyak dan gas, *mono ethylene glycol* di injeksikan dengan tujuan agar tidak terbentuknya hidrat gas alam didalam pipa produksi bawah laut maupun fasilitas pengolahan gas alam dipermukaan (Gyidion, Dkk. 2022). Hidrat sendiri adalah suatu zat padat yang merupakan campuran antara air dan hidrokarbon ringan yang dapat terjadi diatas titik beku air. Terbentuknya hidrat karena banyak kondisi operasi yang melibatkan temperatur yang rendah dan tekanan yang tinggi, sehingga untuk mencegah hal tersebut dilakukan proses dehidrasi dengan berbagai macam metode salah satunya dengan menginjeksikan *mono ethylene glycol* ke dalam aliran gas (Samual, Dkk. 2019).

### Proses di MEG Regeneration Package

*Mono ethylene glycol regeneration package* di PT.Titis Sampurna merupakan fasilitas yang digunakan untuk meregenerasi atau memurnikan kembali *mono ethylene glycol*, unit ini terdiri dari beberapa peralatan utama yaitu *MEG Flash Drum* (V-461), *Rich MEG Catridge Filter* (F-460), *MEG Carbon Filter* (F-461), *MEG Cross Exchanger* (E-462), *MEG Reflux Condenser* (E-461), *MEG Still Column* (T-460), *MEG Reboiler* (E-460) dan *Lean MEG Pump* (P-460 A/B).

Adapaun proses regenerasinya yaitu dimulai dari *rich mono ethylene glycol* (MEG + air) mengalir dari *Low Temperature Separator* (V-402) menuju ke *MEG Reflux Condenser* (E-461), peralatan ini terdiri dari *Stainless Stell Coil* dengan *Still Column* yang berfungsi sebagai pemanasan awal *Rich MEG* dan berfungsi sebagai pendingin *Still Column* untuk mengurangi kehilangan *MEG*.

Kemudian *Rich MEG* dialirkan ke *MEG Cross Exchanger* (E-462 B), disini terjadi pertukaran panas antara *Rich MEG* dengan *Lean MEG*, sehingga

temperatur *Rich MEG* meningkat dan dialirkan ke *MEG Flash Drum* (V-461). Di dalam *MEG Flash Drum* memungkinkan gas hidrokarbon apapun yang terlarut dalam glikol keluar dan dibuang ke *flare*. Selanjutnya *rich MEG* dialirkan ke *Rich MEG Catridge Filter* (F-460) yang berfungsi untuk menangkap atau memisahkan *suspended solid* dari glikol. Setelah itu *rich MEG* dialirkan ke *MEG Carbon Filter* (F-461) dengan tujuan untuk menangkap atau memisahkan *impurities hydrocarbon* dari *Rich MEG*.

Kemudian larutan tersebut dialirkan ke *MEG Still Column* (T-460) dan masuk ke *MEG Reboiler* (E-460) untuk dilakukan regenerasi dengan cara dilakukan pemanasan menggunakan *Hot Oil* melalui tube dengan temperatur pemanasan sebesar  $\pm 250$  °F. Dengan suhu tersebut diharapkan air akan menguap dan akan bergerak menuju *still column* dan dibuang ke atmosfer. Selanjutnya *mono ethylene glycol* yang telah diregenerasi (kandungan airnya sudah berkurang) atau disebut *lean MEG* akan dialirkan ke *MEG Cross Exchanger* (E-462 B) untuk didinginkan menggunakan *rich MEG*. Setelah dingin *Lean MEG* dipompakan atau di injeksikan kembali ke *Gas to Gas Exchanger* (E-401) dan *Chiller* (E-402) dengan menggunakan *Lean MEG Pump* (P-460 A/B) (*Manual book* PT.Titis Sampurna).

### Komponen Fluida Rich dan Lean MEG

*Rich MEG* merupakan sebutan untuk fluida *glycol* yang sudah menyerap kandungan uap air, dan biasanya terdapat juga senyawa lainnya yang terikut dalam fluida *rich MEG* seperti kondensat,  $CO_2$ ,  $H_2S$  dan lain-lain (Putra, 2022). Sedangkan *lean MEG* merupakan sebutan untuk fluida *glycol* yang telah diregenerasi dengan kandungan *glycol* diatas 80% wt (*Manual Book* PT. Titis Sampurna).

### Perpindahan Panas

Perpindahan kalor adalah ilmu yang mempelajari berpindahnya suatu energi (berupa kalor) dari suatu sistem ke sistem lain karena adanya perbedaan temperatur. Perpindahan kalor tidak akan terjadi pada sistem yang memiliki temperatur sama. Proses perpindahan kalor terjadi dari suatu sistem yang memiliki tempertur yang lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Keseimbangan pada masing-masing sistem terjadi ketika sistem memiliki temperatur yang sama (Ratnawati dan Amir salim, 2018).

Perpindahan kalor dapat berlangsung dengan 3 (tiga) cara, yaitu :

1. Perpindahan kalor konduksi
2. Perpindahan kalor konveksi (Alami dan Paksa)
3. Perpindahan kalor radiasi

Perpindahan panas konduksi adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat

yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah, tetapi media untuk perpindahan panas tetap. Laju alir panas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain luas permukaan benda yang saling bersentuhan, perbedaan suhu awal antara kedua benda, dan konduktivitas panas dari kedua bahan tersebut. Konduktivitas panas ialah tingkat kemudahan untuk mengalirkan panas yang dimiliki suatu benda (Holman, 1987).

Konveksi adalah pengangkutan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan. Perpindahan kalor secara aliran konveksi merupakan suatu fenomena permukaan. Proses konveksi hanya terjadi dipermukaan bahan. Jadi dalam proses ini struktur bagian dalam bahan kurang penting. Keadaan permukaan dan keadaan sekelilingnya serta kedudukan permukaan itu adalah yang utama. Lazimnya, keadaan keseimbangan termodinamik didalam bahan akibat proses konduksi, suhu permukaan bahan akan berbeda dari suhu sekelilingnya (kern, 1950).

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena pancaran/sinaran/radiasi gelombang elektromagnetik. Perpindahan panas radiasi berlangsung dengan panjang gelombang pada interval tertentu. Jadi perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media, sehingga perpindahan panas dapat berlangsung dalam ruang hampa udara. Contohnya ialah panas matahari yang sampai ke bumi (Ratnawati dan Amir salim, 2018).

### **Heat Exchanger**

*Heat exchanger* adalah suatu alat penukar panas yang digunakan untuk memanfaatkan atau mengambil panas dari suatu fluida yang dipindahkan ke fluida lainya melalui suatu proses yang disebut dengan proses perpindahan panas (*Heat transfer*).

*Heat exchanger* dapat dikelompokkan menjadi beberapa macam yaitu :

1. *Heat exchanger* berdasarkan bentuknya dibedakan menjadi :
  - a. *Shell and Tube Exchanger*  
Merupakan *Heat Exchanger* yang terdiri dari suatu pipa besar yang berisi sejumlah *tube* yang lebih kecil. *Shell and tube exchanger* merupakan peralatan *heat exchanger* yang paling banyak digunakan pada industri proses, dikarenakan jenis ini mampu menerima laju alir fluida umpan dalam jumlah yang besar dan bersifat kontinyu (Grankoplis, 1993).
  - b. *Double Pipe Exchanger*  
Merupakan *heat exchanger* yang paling sederhana yang hanya terdiri atas pipa besar dan kecil yang disusun secara kosentris (Geankoplis, 1993).
  - c. *Plate and Frame Exchanger*

Merupakan *heat exchanger* yang terdiri atas plat-plat dan bingkai yang tegak lurus, bergelombang, atau profil lainnya. Pemisah antara tiap-tiap pelat tegak lurus dipasang penyekat lunak (biasanya terbuat dari karet). Pelat-pelat dan sekat tersebut disatukan oleh suatu perangkat penekan yang pada setiap sudut pelat (kebanyakan segi empat) terdapat lubang pengalir fluida. Melalui dua dari lubang ini, fluida dialirkan masuk dan keluar pada sisi yang lain, sedangkan fluida yang lain mengalir melalui lubang dan ruang pada sisi sebelahnya karena ada sekat (Hartono, 2008).

2. *Heat Exchanger* berdasarkan jenis alirannya dibedakan menjadi :
  - a. Aliran Berlawanan Arah (*Counter-current flow*)  
Merupakan jenis *heat exchanger* dimana kedua fluida (dingin dan panas) masuk pada sisi penukar panas yang berlawanan arah, kemudian mengalir dengan arah yang berlawanan dan keluar pada sisi yang berbeda. Kedua fluida tersebut akan kontak pada jarak di sepanjang *heat exchanger* dan menyebabkan temperatur kedua fluida tersebut berbeda dari temperatur sebelum masuk *heat exchanger* (McCabe, 1993)
  - b. Aliran Sejajar (*Co-Current flow / paralel flow*)  
Merupakan *heat exchanger* dimana fluida panas mengalir searah dengan media pendinginnya. (McCabe, 1993)
  - c. *Cross Flow*  
Merupakan *heat exchanger* dimana fluida panas mengalir dengan saling memotong arah dengan media pendinginnya. *Heat exchanger* ini merupakan gabungan dari *counter current* dan *co-current heat exchanger*.

### **Shell and Tube Heat Exchanger**

*Heat exchanger* tipe *shell and tube* pada dasarnya terdiri dari *tube bundles* yang dipasangkan didalam *shell* yang berbentuk silinder. Bagian ujung dari *tube bundles* dikencangkan pada kedudukan *tube* yang disebut *tube sheet* dan sekaligus berfungsi untuk memisahkan fluida yang mengalir disisi *shell* dan sisi *tube*. Pada *shell and tube exchanger* suatu fluida mengalir didalam *tube* sedangkan fluida yang lain mengalir diruang antara *tube bundle* dan *shell*.

Aliran fluida dalam *shell and tube heat exchanger* pada umumnya adalah paralel atau berlawanan. Untuk membuat aliran fluida dalam *shell and tube heat exchanger* menjadi *cross flow* biasanya ditambahkan penyekat atau *baffle*. Aliran *cross flow* yang didapat dengan menambahkan *baffle* akan

membuat luas kontak fluida dalam *shell* dengan dinding *tube* makin besar, sehingga perpindahan panas di antara kedua fluida meningkat. Selain untuk mengarahkan aliran agar menjadi *cross flow*, *baffle* juga berguna untuk menjaga supaya *tube* tidak melengkung berfungsi sebagai penyangga dan mengurangi kemungkinan adanya *vibrasi* atau getaran oleh fluida.

*Shell and tube heat exchanger* sejauh ini paling umum digunakan untuk proses perpindahan panas di industri kimia. Keuntungan yang diperoleh dari *heat exchanger* jenis ini adalah :

1. Konfigurasinya memberikan luas permukaan yang besar dengan volume yang kecil
2. Secara mekanis, bentuknya cocok untuk proses bertekanan
3. Teknik pembuatannya lebih mudah
4. Lebih mudah dibersihkan
5. Prosedur perancangan mudah
6. Dapat digunakan untuk berbagai jenis bahan proses
7. Dapat dibuat dengan berbagai jenis bahan

### Dasar Pertimbangan Fluida Yang Mengalir Di Bagian Shell Dan Tube

Menurut Sadik (2002), Secara umum dasar pertimbangan fluida yang mana yang mengalir melalui bagian *tube* dan yang mana akan mengalir melalui *shell* yaitu sebagai berikut :

1. Fluida yang tingkat *fouling* nya lebih tinggi dialirkan melalui bagian *tube*, karena bagian *tube* lebih mudah untuk dibersihkan.
2. Fluida dengan tekanan lebih tinggi dialirkan melalui *tube*, karena diameter *tube* lebih kecil, dan ketebalan normal *tube* dapat menahan tekanan yang lebih tinggi.
3. Fluida dengan tingkat *corrosive* yang lebih tinggi harus dialirkan melalui *tube*, karena jika tidak maka *tube and shell* akan terkorosi. *Speacial alloy* digunakan untuk menahan korosi, dan lebih murah membuat *tube* dengan bahan *special alloy* dibandingkan harus membuat keduanya.
4. Fluida yang memiliki koefisien perpindahan yang lebih rendah dialirkan melalui *shell* karena lebih mudah di *design outside finned tubes* secara umum, fluida dengan laju alir massa yang lebih rendah, lebih baik dialirkan di *shell*.

### Penyebab Korosi Pada Heat Exchanger

Korosi adalah suatu reaksi *redoks* antara logam dengan berbagai zat yang ada dilingkungannya sehingga menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki (Nasution, 2019). Sedangkan menurut Roberge dalam pangidoman (2022) korosi merupakan suatu peristiwa rusaknya logam karena reaksi dengan lingkungannya.

Menurut Fadly, Muhammad (2021) pemilihan material logam untuk peralatan statik seperti *heat exchanger dan pressure valve* di industri minyak dan gas perlu perhatian yang utama, karena peralatan tersebut rentan terhadap fluida yang mengandung hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ).

Masalah korosi yang terjadi pada industri minyak dan gas dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Sari dkk, 2015):

#### a. Sweet Corrosion

Karbon dioksida dapat mengakibatkan terjadinya korosi yang menyebabkan terbentuknya *deep pitting*. Tanpa adanya air,  $CO_2$  tidak korosif. Akan tetapi jika ada air, maka  $CO_2$  akan larut dan membentuk asam karbonat. Asam karbonat akan menyebabkan menurunnya pH dan bersifat sangat korosif pada baja

#### b. Sour Corrosion

*Sour Corrosion* disebabkan oleh adanya  $H_2S$  dan air, tanpa adanya air  $H_2S$  tidak korosif. Dengan adanya air, maka  $H_2S$  akan terionisasi dan menjadi bersifat korosif.  $FeS$  sebagai produk korosi antara baja dan  $H_2S$  akan cenderung menyebabkan serangan korosi lokal.

### Analisa Kinerja Heat Exchanger

Menurut Yaqin, dkk (2022), untuk menganalisa kinerja *heat exchanger*, dapat digunakan beberapa parameter-parameter diantaranya *duty*, koefisien perpindahan panas dan *Log Mean Temperature Diffirence* (LMTD).

### Fouling Factor

*Fouling factor/dirty factor* ( $R_d$ ) adalah hambatan perpindahan panas karena adanya endapan-endapan didalam HE, nilai  $R_d$  ini dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain : jenis fluida, temperatur, jenis material tube dan shell dan kecepatan aliran serta lamanya operasi (Sebayang, 2019). Sedangkan menurut Malwindasari (2017), *fouling* merupakan deposit yang berada pada permukaan *heat transfer* yang menghambat proses perpindahan pada *heat exchanger*, sehingga dapat meningkatkan hambatan aliran fluida dan menjadikan nilai pressure drop semakin tinggi.

Berikut ini adalah persamaan dalam menentukan nilai *fouling factor*.

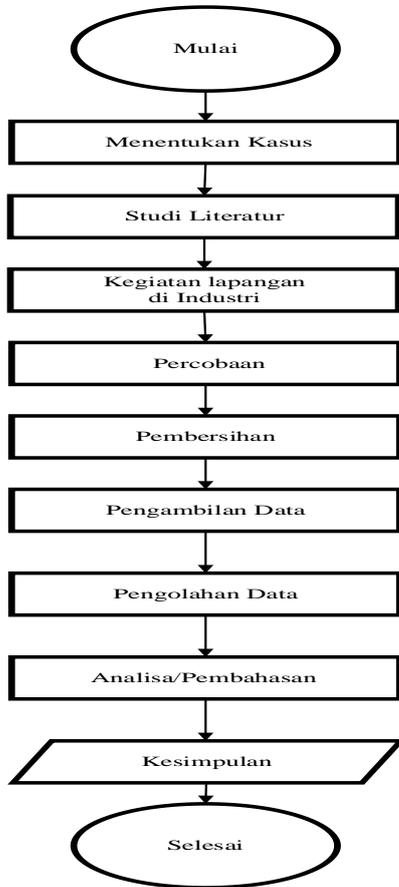
$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d}$$

## III. METODOLGI PENELITIAN

Studi kasus *MEG Cross Exchanger* terhadap suhu *lean MEG* yang melebihi desain dilaksanakan di PT. Titis Sampurna yang berlokasi di desa Kemang Tanduk, Kota Prabumulih, Sumatera Selatan.

Pengamatan dan pengambilan data dilakukan pada bulan November-Januari 2024.

Dalam studi kasus ini bahan yang digunakan berupa lingkup kerja yang akan dilakukan analisis, yaitu berupa data operasional di *MEG cross exchanger*.



Gambar 1. Diagram Alir Studi Kasus

Dalam studi kasus ini data yang digunakan adalah data primer dan juga data sekunder. Data primer diperoleh dari sumber pertama. Dalam studi kasus ini, data primer diperoleh dengan cara melakukan observasi langsung terhadap peralatan yang di evaluasi dan wawancara dengan departemen yang terkait seperti *Departemen Operation, Maintenance Dan Laboratory*. Data sekunder diperoleh dari berbagai literatur baik jurnal atau media lainnya mempunyai hubungan dengan studi kasus. Data penunjang dikumpulkan melalui dokumen yang dimiliki oleh PT. Titis Sampurna.

Metode analisa yang digunakan dalam penyelesaian masalah pada studi kasus ini yaitu analisa deskriptif dan analisa matematis. Analisa deskriptif digunakan untuk menggambarkan dan menjelaskan bagaimana kinerja *MEG cross exchanger* terhadap suhu *lean MEG* berdasarkan fouling factor, serta pengaruh suhu pendingin (*rich MEG*) terhadap suhu *lean MEG*. Adapaun analisa matematis dilakukan untuk menghitung nilai *fouling factor*.

IV. HASIL PENELITIAN

Data Hasil Studi Kasus

Data hasil pengamatan studi kasus ini diambil dalam beberapa tahapan, yaitu pada tahap pertama adalah pengambilan data desain parameter di *MEG cross exchanger*, serta kondisi operasi sebelum dilakukan percobaan (optimasi) dan pembersihan *MEG cross exchanger*, data tersebut diambil selama 5 hari. Tahap kedua dilakukan pengambilan data pada saat optimasi suhu *rich MEG* yang masuk ke *MEG cross exchanger* dengan suhu masuk *rich MEG* -1°F sampai -5°F. Sedangkan tahap ketiga dilakukan pengambilan data kondisi operasi setelah dilakukan pembersihan pada bagian *tube MEG cross exchanger*, kemudian tahap ke empat dilakukan pengambilan data setelah pembersihan pada bagian *shell MEG cross exchanger*. Selanjutnya tahap kelima dilakukan pengambilan data setelah dilakukan pembersihan yang kedua di bagian *tube* dan *shell MEG cross exchanger*. Penyelesaian studi kasus dengan tahapan-tahapan tersebut dituangkan dalam bentuk *Standar Operating Prosedure (SOP)* yang terlampir pada laporan. Pengambilan data pada saat optimasi dan pembersihan masing-masing dilakukan setelah *MEG cross exchanger* di running dua jam dan data diambil setiap dua jam. Dari data-data tersebut kemudian dilakukan analisis dan perhitungan yang mengacu kepada metodologi, sehingga didapatkan data seperti tabel berikut ini:

Tabel 1. Data Desain Parameter *MEG Cross Exchanger*

Parameter	Shell Side	Tube Side
Fluida yang mengalir	<i>Lean MEG</i>	<i>Rich MEG</i>
Laju Alir (lb/hr)	8787	9602
Suhu masuk (°F)	278,77	-2,00
Suhu keluar (°F)	100,00	171,00
<i>Fouling resistance</i> (ft <sup>2</sup> .hr.F/Btu)	0,00430	0,00430
Luas permukaan (ft <sup>2</sup> )		872,969
LMTD (°F)		105,75
Heat duty (Q) Btu/hr		1162300

Tabel 2. Data Rata-rata Hasil Pengamatan Kondisi Operasi dan Perhitungan di *MEG Cross Exchanger* Sebelum Dilakukan Optimasi dan Pembersihan

Parameter	Tube Side	Shell Side
Fluida yang mengalir	<i>Lean MEG</i>	<i>Rich MEG</i>
Laju Alir (lb/hr)	1885	2024
Suhu Masuk (°F)	246	-1.4
Suhu Keluar (°F)	173.8	63.8
<i>Fouling Factor</i> (ft <sup>2</sup> .hr.F/Btu)		0,8324
Heat Duty (Btu/hr)		98560

Tabel 3. Pengaruh Suhu *Rich MEG* Terhadap Suhu *Lean MEG* Pada Saat Dilakukan Optimasi

Suhu <i>rich MEG</i> (°F)	Suhu <i>lean MEG</i> (°F)
-1	172

-2	170
-3	169
-4	168
-5	167

**Tabel 4.**Data Rata-rata Hasil Pengamatan Kondisi Operasi dan Perhitungan di *MEG Cross Exchanger* Pada Saat Dilakukan Optimasi

Parameter	<i>Tube Side</i>	<i>Shell Side</i>
Fluida yang mengalir	<i>Lean MEG</i>	<i>Rich MEG</i>
Laju Alir (lb/hr)	1875	2020
Suhu Masuk (°F)	246,60	-3
Suhu Keluar (°F)	169,2	62,4
Fouling Factor (ft <sup>2</sup> .hr.F/Btu)		0,7746
Heat Duty (Btu/hr)		105280

**Tabel 5.** Data Rata-rata Hasil Pengamatan Kondisi Operasi dan Perhitungan di *MEG Cross Exchanger* Setelah Pembersihan dibagian *Tube*

Parameter	<i>Tube Side</i>	<i>Shell Side</i>
Fluida yang mengalir	<i>Lean MEG</i>	<i>Rich MEG</i>
Laju Alir (lb/hr)	1897	2083
Suhu Masuk (°F)	247,40	-1,80
Suhu Keluar (°F)	163,60	68,00
Fouling Factor (ft <sup>2</sup> .hr.F/Btu)		0,5917
Heat Duty (Btu/hr)		14524

**Tabel 6.** Data Rata-rata Hasil Pengamatan Kondisi Operasi dan Perhitungan di *MEG Cross Exchanger* Setelah Pembersihan dibagian *shell*

Parameter	<i>Tube Side</i>	<i>Shell Side</i>
Fluida yang mengalir	<i>Lean MEG</i>	<i>Rich MEG</i>
Laju Alir (lb/hr)	1889	2052
Suhu Masuk (°F)	247,60	-1,40
Suhu Keluar (°F)	157,00	73,60
Fouling Factor (ft <sup>2</sup> .hr.F/Btu)		0,3932
Heat Duty (Btu/hr)		120669

**Tabel 7.** Data Rata-rata Hasil Pengamatan Kondisi Operasi dan Perhitungan di *MEG Cross Exchanger* Setelah Pembersihan kedua

Parameter	<i>Tube Side</i>	<i>Shell Side</i>
Fluida yang mengalir	<i>Lean MEG</i>	<i>Rich MEG</i>
Laju Alir (lb/hr)	1892	2067
Suhu Masuk (°F)	247,00	-1,6
Suhu Keluar (°F)	142	89,80
Fouling Factor (ft <sup>2</sup> .hr.F/Btu)		0.0032
Heat Duty (Btu/hr)		136861

**Pembahasan**

Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa suhu *lean MEG* keluaran *tube side MEG cross exchanger* yang menuju ke pompa *lean MEG* yaitu 173,8°F dan sudah melebihi desain pompa, yang mana desain *maximum liquid temperatur* yang melewati pompa yaitu sebesar 160°F. Dengan kondisi operasi tersebut, jika dibiarkan dapat menyebabkan pompa *lean MEG* mengalami kebocoran. Adapun penyelesaian masalah tersebut, selama ini hanya dilakukan dengan cara memperbaiki pompa *lean MEG* yang rusak (bocor). Untuk mendapatkan suhu optimum *lean MEG* yang menuju ke *suction* pompa, maka dilakukan percobaan optimasi sesuai dengan SOP yang telah dibuat dan terlampir pada laporan ini. Adapun hasil percobaan tersebut dapat dilihat pada tabel 3 yang bisa di deskripsikan pada gambar berikut ini.

Suhu Rich   Suhu aktual	Max suhu <i>Lean MEG</i>
-1	172
-2	170
-3	169
-4	168
-5	167

**Gambar 2.** Pengaruh Suhu *Rich MEG* Terhadap Suhu *Lean MEG* Saat Dilakukan Optimasi

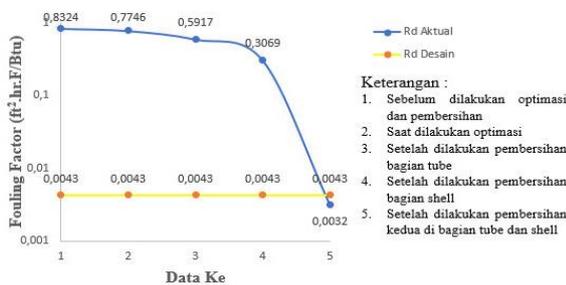
Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa suhu awal *rich MEG* yang masuk ke *MEG cross exchanger* sebelum optimasi yaitu -2°F sedangkan suhu awal *rich MEG* keluaran *MEG cross exchanger* yaitu 68°F dan suhu awal *lean MEG* keluaran *MEG cross exchanger* yaitu 170°F. kemudian dilakukan *optimasi* dengan mengatur suhu masuk *rich MEG*, yang mana dengan suhu masuk *rich MEG* -1°F didapatkan suhu *lean MEG* 172°F. untuk suhu masuk *rich MEG* -3°F didapatkan suhu *lean MEG* 169°F, kemudian dengan suhu masuk *rich MEG* -4°F didapatkan suhu *lean MEG* 168°F, selanjutnya untuk suhu masuk *rich MEG* -5°F didapatkan suhu *lean MEG* 167°F. Dari hasil optimasi tersebut dapat diketahui bahwa terjadi penurunan suhu *lean MEG* yang semula dari 170 °F turun ke 167°F, namun penurunan tersebut tidak terlalu signifikan dan suhu *lean MEG* yang menuju ke *suction* pompa masih diatas desain suhu operasi pompa *Lean MEG*. Adapun optimasi ini hanya

dibatasi sampai suhu  $-5^{\circ}\text{F}$  dikarenakan dengan rendahnya suhu masuk *rich MEG* juga akan mempengaruhi terhadap suhu keluar *rich MEG* yang juga akan semakin rendah, hal tersebut dapat menyebabkan kerja dari *reboiler MEG* akan semakin berat.

Dari tabel 3 dan 4 dapat diketahui nilai *fouling factor* ( $R_d$ ) aktual yaitu  $0,8324 \text{ ft}^2.\text{hr.F/Btu}$  dan  $0,7746 \text{ ft}^2.\text{hr.F/Btu}$ , nilai tersebut sudah melebihi nilai  $R_d$  desain yaitu sebesar  $0,00430 \text{ ft}^2.\text{hr.F/Btu}$ . Hal tersebut menandakan bahwa *MEG Cross Exchanger* memiliki kandungan impuritis (kotoran) didalamnya, sehingga menyebabkan perpindahan panas yang tidak maksimal dan tingginya suhu *lean MEG* yang menuju ke pompa

Untuk mengurangi atau menghilangkan *fouling* dalam *MEG Cross Exchanger* dapat dilakukan dengan cara *cleaning* (permembersihan), salah satu caranya dengan menginjeksikan air tekanan tinggi ke dalam *MEG Cross Exchanger* (Astuti.D., 2019). Dalam studi kasus ini, *cleaning MEG Cross Exchanger* akan dilakukan tanpa melakukan pembongkaran, karena hal tersebut dapat memakan banyak waktu dan juga biaya. Sehingga *cleaning* dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas yang telah ada dan sesuai dengan prosedur yang telah dibuat pada lampiran laporan ini.

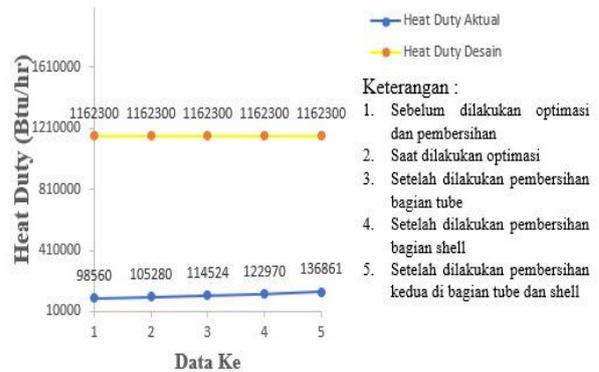
Dari tabel 4 yang merupakan data pada saat optimasi dan dari tabel 5, 6 serta tabel 7 yang merupakan data setelah dilakukan pembersihan terhadap *MEG cross exchanger* dapat dibandingkan dengan data sebelum dilakukan optimasi dan pembersihan pada tabel 2 yang bisa di deskripsikan pada gambar berikut ini



**Gambar 3.** Perbandingan Nilai *Fouling factor* sebelum optimasi dan pembersihan dengan sesudah optimasi dan pembersihan

Dari gambar 3 dapat dilihat nilai *fouling factor* sebelum optimasi dan pembersihan pada data ke-1 yaitu  $0.8324 \text{ ft}^2.\text{hr.F/Btu}$ , kemudian setelah dilakukan optimasi yang nilainya pada data ke-2 didapati nilai *fouling factornya* sebesar  $0,7746 \text{ ft}^2.\text{hr.F/Btu}$ . Hal tersebut menandakan bahwa *MEG cross exchanger* masih dalam keadaan kotor.

Kemudian dilakukan pembersihan pada bagian tube *MEG Cross Exchanger* dan didapati nilai *fouling factornya* pada data ke-3 sebesar  $0.5917 \text{ ft}^2.\text{hr.F/Btu}$ , kemudian dilanjutkan dengan pembersihan dibagian shell dan didapati nilai *fouling factornya* pada data ke-4 yaitu sebesar  $0.3069 \text{ ft}^2.\text{hr.F/Btu}$ . Selanjutnya pada data ke-5 yang merupakan nilai *fouling factor* setelah pembersihan kedua pada bagian *tube* dan *shell MEG cross exchanger*, didapati nilai *fouling factornya* sebesar  $0.0032 \text{ ft}^2.\text{hr.F/Btu}$ . Hal tersebut menandakan bahwa setelah dilakukan pembersihan ada penurunan nilai *fouling factor* dan setelah dilakukan pembersihan yang kedua, nilainya sudah dibawah nilai *fouling factor* desain, karena kotoran atau *impuritis* yang terdapat di dalam *MEG cross exchanger* telah berkurang akibat dari pembersihan. Adapun faktor-faktor yang dapat sebabkan *fouling* menurut rahmawati (2022) yaitu karena adanya pengendapan zat padat dalam larutan.

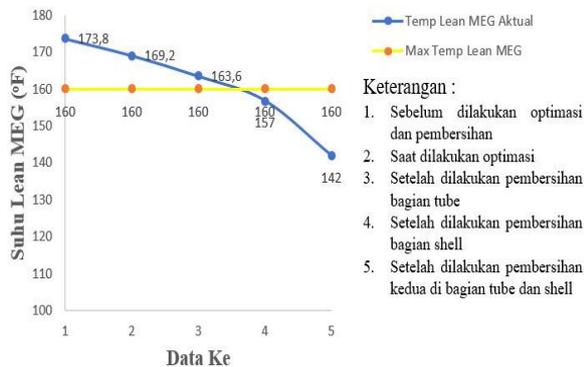


**Gambar 4.** Perbandingan Nilai *Heat Duty* sebelum optimasi dan pembersihan dengan sesudah optimasi dan pembersihan

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai *heat duty* sebelum pembersihan yaitu  $98560 \text{ Btu/hr}$ , setelah dilakukan optimasi ada kenaikan nilai *heat duty* yaitu  $105280 \text{ Btu/hr}$ . Kemudian setelah dilakukan pembersihan pada bagian *tube MEG cross exchanger* nilai *heat dutynya* naik ke  $114524 \text{ Btu/hr}$ , dan setelah dilakukan pembersihan bagian *shell MEG cross exchanger* nilai *heat dutynya* naik lagi ke  $120669 \text{ Btu/hr}$ . Selanjutnya setelah dilakukan pembersihan kedua di bagian *tube* dan *shell MEG cross exchanger*, didapati nilai *heat dutynya* sebesar  $136861 \text{ Btu/hr}$ .

Kenaikan nilai *heat duty* tersebut dikarenakan kotoran atau *impuritis* yang dapat menghalangi perpindahan panas telah berkurang akibat dari pembersihan di *MEG cross exchanger* sehingga perpindahan panas yang terjadi di *MEG cross exchanger* menjadi lebih baik. Hal ini sesuai dengan pendapat muchammad (2017) yang menyatakan bahwa perpindahan panas yang kurang sempurna disebabkan oleh adanya kotoran yang menempel pada tube. Adapun nilai *heat duty* sebelum dan sesudah pembersihan masih jauh dari nilai desain,

hal tersebut bisa dikarenakan oleh laju alir *feed gas* secara aktual berbeda dengan desain, sehingga laju alir *Rich* dan *Lean MEG* juga berbeda antara aktual dan desain yang dapat berpengaruh terhadap nilai *heat duty*



**Gambar 5.** Perbandingan suhu *Lean MEG* sebelum optimasi dan pembersihan dengan sesudah optimasi dan pembersihan.

Dari gambar 5 dapat dilihat perbandingan suhu *lean MEG* sebelum dilakukan pembersihan, setelah optimasi dan sesudah dilakukan pembersihan, suhu *lean MEG* sebelum dilakukan pembersihan yaitu 173,8°F, setelah dilakukan optimasi didapati suhu *lean MEG* turun menjadi 169,2 °F, penurunan tersebut tidak terlalu signifikan. Kemudian setelah dilakukan pembersihan pada bagian *tube MEG cross exchanger* suhu *lean MEG* turun menjadi 163,6°F. Suhu tersebut masih diatas desain operasi pompa *lean MEG*. Selanjutnya setelah dilakukan pembersihan pada bagian *shell MEG cross exchanger*, suhu *lean MEG* turun ke 157 °F. Suhu tersebut sudah dibawah desain operasi pompa *lean MEG*, namun belum optimum. Kemudian setelah dilakukan pembersihan yang kedua pada bagian *tube* dan *shell MEG cross exchanger*, suhu *lean MEG* turun ke 142°F. Penurunan suhu ini lebih dominan disebabkan oleh pembersihan, karena kotoran atau impuritis yang berada di dalam *MEG cross exchanger* berkurang, sehingga akan meningkatkan perpindahan panas (penyerapan panas) di *MEG cross exchanger* dan menyebabkan suhu *lean MEG* turun. Hal ini sesuai dengan pernyataan adanya *fouling* dapat menyebabkan nilai koefisien perpindahan panas mengecil sehingga proses perpindahan akan terhambat (Ghifary,dkk, 2022).

Secara keseluruhan dapat diketahui juga bahwa setelah dilakukannya pembersihan yang kedua, maka nilai *fouling factor* yang didapatkan sudah memenuhi nilai yang di izinkan, yaitu dibawah 0,0043 ft<sup>2</sup>.hr.F/Btu, dan juga suhu *lean MEG* yang menuju kepompa sudah dibawah desain *maximum liquid temperatur* pompa, yaitu dibawah 160°F dan diharapkan kerusakan atau kebocoran pompa tidak terjadi lagi. Adapun suhu *lean MEG* tidak sama atau masih berada diatas desain *MEG cross exchanger*

bisa disebabkan oleh adanya perbedaan laju alir antara desain dan kondisi aktual dilapangan, baik laju alir *lean MEG* maupun laju alir *rich MEG*. Achmad,dkk (2022) menyatakan bahwa perpindahan panas juga dipengaruhi oleh laju alir fluida di *heat exchanger*. Tidak tercapainya suhu *lean MEG* sesuai desain *MEG Cross Exchanger* juga bisa disebabkan akibat proses *cleaning MEG cross exchanger* yang kurang maksimal, karena hanya memanfaatkan fasilitas yang tersedia dan tidak dilakukannya pembongkaran terhadap unit *MEG cross exchanger*.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi kasus yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Suhu optimum *lean MEG* dengan kondisi operasi pada saat dilakukannya studi kasus ini yaitu 142°F dan sudah sesuai dengan desain operasi pompa *lean MEG*.
2. Suhu optimum *rich MEG* (pendingin) yang masuk ke *MEG cross exchanger* dengan kondisi operasi pada saat dilakukannya studi kasus ini yaitu -5°F.
3. Suhu *lean MEG* yang memenuhi *fouling factor* yang di izinkan dengan kondisi operasi pada saat dilakukannya studi kasus ini yaitu berkisar dari 139°F sampai 145°F, sedangkan dengan suhu *rich MEG* -1°F sampai -2 °F sudah memenuhi *fouling factor* yang di izinkan, dengan laju alir *rich MEG* 2067 lb/hr.
4. Penyebab utama suhu *lean MEG* yang menuju ke *suction* pompa melebihi desain salah satunya yaitu karena adanya pengotor di *MEG Exchanger*, sehingga menyebabkan perpindahan panas tidak maksimal. Sedangkan optimasi suhu masuk *rich MEG* tidak terlalu berpengaruh ke suhu *lean MEG*.

### B. SARAN

1. Disarankan agar alat *MEG Cross Exchanger* bekerja baik sebagai tempat terjadinya pertukaran panas antara dua fluida yang berbeda temperaturnya, dimana satu fluida memberikan panas dan satu fluida lainnya menerima panas agar diperlukan ketelitian.
2. Sebelum dilakukan optimasi dan pembersihan yaitu 0,8324 ft<sup>2</sup>.hr.F/Btu dengan suhu *lean MEG* 173,8°F. Kemudian setelah dilakukan optimasi suhu masuk *rich MEG* dapat menurunkan suhu *lean MEG* ke 167°F dengan nilai *fouling factor* 0,7746 ft<sup>2</sup>.hr.F/Btu.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Caroline Cindy, Ibu Abdul Rosid. (2022). Pengukuran Effisiensi Perpindahan Panas Pada Heat Exchanger

- Shell and Tube Dengan Metode Log Mean Temperature Difference (LMTD). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan*. 7(1).
- [2] Fadly, Muhammad. (2021). *Sintesis Graphene Oxide Dengan Metode Liquid Phase Exfoliation Untuk Pemanfaatan Dalam Penanggulangan Korosi Peralatan Pemboran*. (Skripsi Sarjana, Universitas Islam Riau)
- [3] Geankoplis, Christie J. 1993. *Transfer Process and Unit Operation, 3<sup>th</sup> Edition*. Prantice Hall International., New York.
- [4] Ghifary achmad, d. (2022). Evaluasi Kinerja Heat Exchanger E-401 Pada Unit PE3 Pt. Lotte Chemical Titan Nusantara. *Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology)*, 20(1).
- [5] Holman, J. P. 1986. *Heat Transfer, 10<sup>th</sup> Edition*. MCGrawHill Book Company, Inc., New York.
- [6] Kakak, Sadik and Hongtan Liu. 2002. *Heat Exchanger Selection, Rating and Thermal Design, Second Edition*. New York : CRC Press
- [7] Kern, D.Q. 1983. *Process Heat Transfer. Associates and Professorial Lecture in Chemical Engineering Case Institute of Technology*, MCGrawHill Book Company, Inc., New York.
- [8] Mc Cabe, W. L. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering, 5<sup>th</sup> Edition*. MCGrawHill Book Company, Inc., New York.
- [9] Nasution, M. (2019). Kajian Tentang Hubungan Deret Volta dan Korosi Serta Penggunaannya Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*, 251-254.
- [11] Perry, R.H., and Green, D.W. 1997. *Perrys Chemical Engineering Handbook, 7<sup>th</sup> Edition*. MCGrawHill Book Company, Inc., New York.
- [12] Putra, A. M. (2022). *Analisis Proses Dehidrasi Gas Menggunakan Metode Monoethylene Glycol pada Geragaigas Plant Dan Molsieve Pada Betara Gas Plant diblok Jbg*. (Skripsi Sarjana, Universitas Islam Riau).
- [13] PT. Titis Sampurna. 2001. *Manual Book for Precessing Plant Limau Timur*. PT. Titis Sampurna., Prabumulih.
- [14] Rahayu, Ibu Eka, dkk. (2021). Analisa Kinerja Heat Exchanger pada Preheater CDU Di Kilang RU V Balikpapan. *Jurnal Teknik Kimia Vokasi*, 1(1).
- [16] Ratnawati dan Amir Salim. (2018). Desain Ulang enukar Kalor Tipe Shell And Tube Denagan Material Tube Carbon Stell Dan Stainless Stell 304. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro*, 7(1).
- [17] Sari, Y. & Dwiyanti S. T. (2015). Korosi H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub> pada Peralatan Statik di Industri Minyak dan Gas. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 18-22.
- [18] Sari, Ayu Fatikha. 2019. *Shell and tube Heat Exchanger Design pada Heater dengan Pemanas Steam pada Ethanolamine Plant*. (Skripsi Sarjana. Universitas Negeri Semarang)
- [19] Sembiring Samual, dkk. 2019. Pemanfaatan Gas Alam sebagai LPG (liquified Petroleum Gas). *Jurnal Teknik ITS*. 8 (2).
- [20] Sebayang, Meriani. 2019. *Evaluasi Kinerja Heat Exchanger dengan Metode Fouling Faktor di Laboratorium Satuan Operasi PTKI Medan*. *Ready Star*, 2(1), 11-15.
- [21] Sutanto, dkk. (2020). Evaluasi Kinerja Methyl Dietanolamine (MEDA) Dalam Penyerapan Kandungan H<sub>2</sub>S Pada Proses Pengoolahan Gas alam. *Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*. 20(1).
- [22] Utami, Intan Tri. 2018. *Optimasi Desain Heat Exchanger Shell and Tube Menggunakan Teknologi Helical Baffle dan Twisted Tape*. (Thesis. Universitas Teknologi Sepuluh Nopember)
- [23] Yakin, Rizqi Ilmal, dkk. (2022). Analisa Perpindahan Panas Heat Exchanger Mesin Induk. *Jurnal Teknologi Terapan*. 8(1).
- [24] Yaws, C. L., 1992. *Chemical Properties Handbook*. MCGrawHill Book Company, Inc., New York.
- [25] Zain Muhammad Rais & Asalil Mustain. (2020). Evaluasi Efisiensi Heat Exchanger (HE-4000) dengan Metode Kern. *Jurnal Teknologi Separasi*, 06-2.