

---

# Study Kelayakan *Heat Exchanger* 03 Kilang PPSDM Migas

Rahmanto Widiyantoro, Rahmat Widodo

*Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi, PPSDM Migas*

## INFORMASI NASKAH

Diterima : 18 November 2023  
Direvisi : 20 November 2023  
Disetujui : 25 November 2023  
Terbit : 25 November 2023

Email korespondensi:  
[rwidiyantoro88@gmail.com](mailto:rwidiyantoro88@gmail.com)

Laman daring:  
<https://doi.org/10.37525/mz/2023-2/550>

## ABSTRAK

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi terdapat kilang minyak kapasitas pengolahan 320 m<sup>3</sup> per hari, hasil produk pengolahan kilang ini yaitu pertasol CA, pertasol CB, pertasol CC, solar, dan residu. Salah satu sarana alat yang digunakan dalam proses pengolahan adalah heat exchanger merupakan peralatan yang berfungsi untuk pertukaran energi antara aliran fluida berbeda suhu melalui kontak langsung maupun tidak langsung. Terdapat lima heat exchanger yang ada di kilang ini, salah satunya heat exchanger 03 (HE-03). Heat exchanger 03 ini sudah berumur maka perlu dilakukan penelitian dan analisis kelayakan peralatan ini. Dengan metode penelitian berupa studi lapangan dan studi pustaka, berupa pengambilan data kondisi operasi di Distributed Control System (DCS) dan secara riil data lapangan menggunakan Piping & Instrumentation Diagram (P&ID) sehingga dapat menghitung fouling factor, pressure drop dan efisiensi heat exchanger 03.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai  $R_d$  yang didapatkan pada Heat Exchanger 03 sebesar 0,1307 hr.ft<sup>2</sup>.oF/Btu. Besarnya nilai fouling factor ( $R_d$ ) ini menunjukkan adanya kotoran yang terakumulasi di dalam Heat Exchanger. Pressure Drop yang diperoleh pada shell yaitu sebesar 0.0003 Psi sedangkan pada tube sebesar 0,0005 Psi. Hasil perhitungan efektivitas kinerja Heat Exchanger 03 sebesar 83,77%. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa heat exchanger tersebut dinyatakan masih layak dioperasikan karena tidak melebihi standar batas yang diperbolehkan.

**Kata kunci:** heat exchanger, fouling factor, pressure drop, efisiensi.

## ABSTRACT

The Oil and Gas Human Resources Development Center has an oil refinery with a processing capacity of 320 m<sup>3</sup> per day, the processing products of this refinery are CA pertasol, CB pertasol, CC pertasol, diesel and residue. One of the tools used in the processing process is a heat exchanger, which is equipment that functions to exchange energy between fluid flows of different temperatures through direct or indirect contact. There are five heat exchangers in this refinery, one of which is heat exchanger 03 (HE-03). Heat exchanger 03 is old so it is necessary to carry out research and analysis of the feasibility of this equipment. With research methods in the form of field studies and literature studies, in the form of data collection on operating conditions in the Distributed Control System (DCS) and real field data using Piping & Instrumentation Diagrams (P&ID) so that fouling factors, pressure drops and heat exchanger 03 efficiency can be calculated.

Based on the calculation results, the  $R_d$  value obtained for Heat Exchanger 03 is 0.1307 hr.ft<sup>2</sup>.oF/Btu. The large fouling factor ( $R_d$ ) value indicates the presence of dirt accumulated in the Heat Exchanger. The pressure drop obtained on the shell is 0.0003 Psi while on the tube it is 0.0005 Psi. The calculation results for the effectiveness of Heat Exchanger 03 performance are 83.77%. The calculation results show that the heat exchanger is still suitable for operation because it does not exceed the permitted standard limits

**Keywords:** heat exchanger, fouling factor, pressure drop, efficiency

## PENDAHULUAN

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi mempunyai kilang tertua yang ada di Indonesia. Sarana peralatan operasi yang digunakan tergolong memiliki usia cukup lama. Salah satu peralatan yang digunakan adalah *Heat Exchanger*. Kilang PPSDM Migas ini memiliki lima *heat exchanger*, yaitu HE-01, HE-02, HE-03, HE-04, dan HE-05. Dari kelima HE tersebut, HE-04 yang tidak dapat beroperasi dengan baik, dikarenakan tube dan shell pada HE-04 mengalami kerusakan. Dengan adanya kerusakan pada HE-04 menyebabkan pemanfaatan panas dari produk hasil pengolahan menjadi berkurang dan membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak pada *furnace* agar dapat mencapai suhu *crude oil* yang sesuai dengan kondisi operasi pada saat proses separasi di kolom.

Kerusakan pada HE-04 kemudian dilakukan penutupan *valve* yang berada di sebelum HE-05 dan dilakukannya proses *bypass* dari HE-03 menuju *stabilizer* dan proses produksi kembali normal. Proses *bypass* yang berlangsung di HE-03 ini perlu dilakukan penelitian analisis kelayakan peralatan ini. Dengan metode penelitian berupa studi lapangan dan studi pustaka, pengambilan data kondisi operasi di *Distributed Control System*

(DCS) dan data riil lapangan menggunakan sehingga dapat menghitung *fouling factor*, *pressure drop* dan efisiensi *heat exchanger 03*.

### 1.1 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari studi kelayakan HE-03 adalah sebagai berikut:

1. Menghitung dan mengetahui *fouling factor heat exchanger 03*?
2. Menghitung dan mengetahui *pressure drop heat exchanger 03*?
3. Menghitung dan mengetahui *effisiensi heat exchanger 03*?

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pelaksanaan penelitian dan analisis ini adalah mengetahui kelayakan dan efektivitas peralatan *heat exchanger-03* pada proses pengolahan minyak mentah di Kilang PPSDM Migas.

### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian dan analisis ini adalah hasil penelitian dan analisis yang dilakukan dapat dijadikan referensi untuk standard operasional *Heat Exchanger 03* di Kilang PPSDM Migas.

1.4 Lingkup Permasalahan

Ruang lingkup permasalahan berada di Kilang Pengolahan PPSDM Migas.

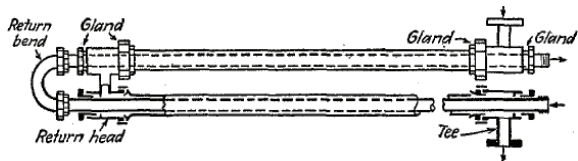
1.5 Tinjauan Pustaka

1.5.1 Peralatan Perpindahan Panas (*Heat Exchanger*)

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

a) *Double Pipe Heat exchanger*

Konstruksi peralatan ini adalah penukar pipa ganda, bagian utama adalah dua set pipa konsentris, dua tees penghubung, kepala kembali dan tikungan kembali. Pipa bagian dalam didukung di dalam pipa luar dengan kelenjar pengemas, dan fluida memasuki pipa bagian dalam melalui sambungan berulir yang terletak di luar bagian penukar. Tees memiliki nozel atau sambungan sekrup, untuk memungkinkan masuk dan keluarnya cairan annulus yang melintasi dari satu kaki ke kaki lainnya melalui kepala kembali. Dua panjang pipa bagian dalam dihubungkan oleh tikungan balik yang biasanya terbuka dan tidak memberikan permukaan perpindahan panas yang efektif. Alat penukar panas jenis ini dapat digunakan pada laju alir fluida yang kecil dan tekanan operasi yang tinggi.

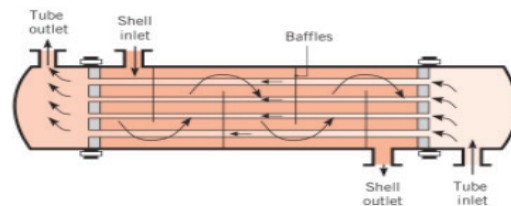


Gambar 1. *Double pipe heat exchanger*

*Double pipe heat exchanger* merupakan 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* yaitu aliran searah yang kedua fluida masuk pada ujung penukar panas yang sama dan keduanya mengalir searah menuju ujung penukar panas yang lain. Aliran *counter flow current* yaitu aliran berlawanan arah, dimana fluida masuk pada satu ujung penukar kalor yang berbeda, dan mengalir menuju arah berlawanan.

b) *Shell And Tube Heat exchanger*

*Shell and tube heat exchanger* terdiri dari rangkaian tabung. Fluida mengalir di dalam tabung yang sedang dipanaskan atau didinginkan sehingga dapat memberikan panas atau menyerap panas yang dibutuhkan. *Shell and tube heat exchanger* biasanya digunakan untuk aplikasi tekanan tinggi dengan tekanan lebih dari 30 bar dan suhu lebih besar dari 260°C. *Heat exchanger* jenis ini digunakan untuk laju alir yang lebih tinggi dan *tube* dipasang secara paralel dan memiliki jumlah yang banyak didalam satu *shell*. Prinsip kerja dari *heat exchanger* ini adalah fluida dingin masuk kedalam *tube* sedangkan fluida panas masuk dari ujung yang berbeda sehingga aliran yang ada adalah aliran *countercurrent* di bagian *shell*.



Gambar 2. *Shell And Tube Heat exchanger*

1.5.2 Komponen utama *Heat exchanger Type Shell and Tube*

a) *Tube*

*Tube* adalah bagian yang berupa pipa-pipa kecil dalam jumlah dan diameter tertentu. Bahan *Tube* dari berbagai jenis logam seperti besi, tembaga, perunggu, aluminium, dan *stainless steel*.

b) *Tube Bundle*

*Tube Bundle* tersusun tube saling sambung menyambung antara ujung samping pangkal dari tube dalam 1 atau 2 sheet (lembar). *Tube bundle* adalah bagian penting dalam penukar panas, dan penentuan besarnya kapasitas.

c) *Tube Sheet*

*Tube Sheet* adalah tempat pengikatan tube terakhir, *Tube sheet* terbuat dari bahan dengan ketebalan dan jenis yang tergantung dari jenis cairan yang mengalir.

d) *Shell*

*Shell* berupa silinder yang terletak diluar bagian peralatan penukar panas. Ukuran dan bentuk *shell* dibatasi

terkait kemampuan pemeliharaan dan pembersihan dan jenis operasionalnya.

e) *Baffle Plate*

*Baffle plate* dipasang pada sekat *tube* seperti *shell*, *baffle* ini digunakan untuk merubah aliran fluida dalam *shell* menjadi lebih panjang dan berbelok, sehingga perpindahan panas lebih sempurna.

f) *Tie Rod*

*Tie Rod* adalah batang besi yang berbentuk bulat dan berulir pada kedua ujungnya dan ditempatkan dalam lembar *tube* (*tube sheet*).

1.5.3 Untuk analisa kelayakan unjuk kerja peralatan *Heat Exchanger*; dibutuhkan parameter sebagai berikut :

a) *Duty (Q)*

*Duty* adalah energi atau panas yang ditransfer per satuan waktu, baik pada fluida dingin atau fluida panas. Apabila *duty* pada saat operasi lebih kecil dibandingkan dengan *duty* pada desain, kemungkinan terjadi *heat losses*, *fouling* dalam *tube*, dan penurunan laju alir (fluida panas atau dingin) atau hal lainnya. *Duty* dapat meningkat seiring bertambahnya kapasitas. Perhitungan 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)

b) *Log Mean Temperature Difference (LMTD)*

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

*Keterangan:*

Δth = Beda temperatur tinggi (oF)

Δtc = Beda temperatur rendah (oF)

c) *Uc (Clean Overall Coeficient)*

$$Uc = \frac{hio \times ho}{hio + ho}$$

*Clean Overall Coeficient* adalah koefisien perpindahan panas pada awal *Heat exchanger* yang digunakan, hal ini ditentukan besarnya tahanan konveksi ho dan hio, sedangkan tahanan konduksi diabaikan karena sangat kecil bila dibandingkan dengan tahanan konveksi.

d) *Design/Dirty Overall Coeficient*

$$Ud = \frac{Q}{Nt \times a'' \times L \times LMTD}$$

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

e) *Heat Balance*

Apabila panas yang diterima fluida lebih kecil daripada panas yang dilepaskan fluida panas berarti panas yang hilang lebih besar dan ini akan mengurangi *performance Heat exchanger*.

$$Q = W.Cp.(T1 - T2) = w.Cp.(t1 - t2)$$

f) *Rd atau Fouling factor*

*Rd* atau *Fouling factor* adalah *resistance* pada *heat exchanger* untuk mereduksi korosifitas akibat dari interaksi antara fluida dengan dinding pipa *heat exchanger*, setelah digunakan jangka waktu lama *Rd* akan mengalami akumulasi atau *deposited*, hal ini akan menghambat laju perpindahan panas antara *hot fluida* dan *cold fluida*. Untuk meminimalisir itu dilakukan pembersihan secara kimia berupa endapan karbonat dan klorinasi dan secara mekanis dengan penyikatan

serta penyemprotan air dengan kecepatan dan tekanan sangat tinggi. Bila  $R_d$  (deposited) >  $R_d$  (allowed) maka *Heat exchanger* tersebut perlu dibersihkan.  $R_d$  yang diijinkan sebesar 0,005 hr.ft<sup>2</sup>.°F/Btu.

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

g) Pressure Drop ( $\Delta P$ )

Penurunan tekanan di shell dan tube tidak boleh melebihi batas *pressure drop* yang diizinkan. Tekanan pada *heat exchanger* merupakan *Driving Force* untuk aliran fluida, jika *pressure drop* lebih besar dari yang diizinkan maka akan menyebabkan laju alir massa (lb/hr) inlet fluida di shell dan 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 :

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

*Pressure drop* pada tube dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta P_t = \frac{f. (G_t)^2 . L . n}{5,22 . 10^{10} . D_e . S_g . \phi_t}$$

Keterangan:

- f = fanning friction factor
- G<sub>s</sub> = laju aliran massa per satuan luas dalam shell
- N = jumlah pass/ laluan tube
- D = diameter dalam tube
- S<sub>g</sub> = specific gravity

Dalam menganalisa *performance* shell dan 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

**METODE PENELITIAN**

*2.1 Metodologi Penelitian*

Pada penelitian dan analisa ini menggunakan beberapa metode dalam penyelesaian masalah yang pertama yaitu adalah studi lapangan dan diskusi. Hal ini bertujuan untuk memahami kondisi real operasi dilapangan beserta masalah yang dihadapi, serta dilengkapi data-data yang diperlukan dan metode studi literatur. Berdasarkan data dan permasalahan yang ada dilakukan studi literatur terkait yang diharapkan dapat digunakan sebagai dasar analisis dan pengolahan data. Metode selanjutnya dalah pengolahan data. Pada penelitian ini pengolahan data dianalisis secara kuantitatif untuk menentukan kelayakan operasi pada *Heat Exchanger* 03.

*2.2 Alat dan Bahan*

Alat yang dibutuhkan dalam mengerjakan penelitian ini *Heat Exchanger* 03. Kemudian, bahan yang digunakan adalah data spesifikasi *crude oil* dan kondisi operasi pada tiap peralatan operasi yang berada sebelum dan setelah HE-03

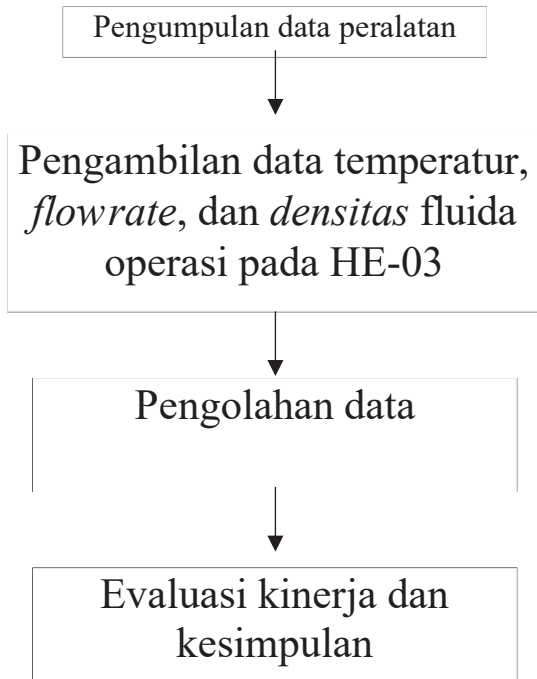
*2.3 Prosedur*

Tahapan dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Pemahaman masalah dan pengumpulan data terkait dengan studi lapangan atau observasi di operasional kilang dilengkapi tahapan diskusi bersama pembimbing dan juga beberapa operator lainnya. Beberapa data didapat dari arsip dan komponen yang masih terkait dengan kilang. Data yang dikumpulkan meliputi spesifikasi spesifikasi alat dan kondisi operasi.
- 2) Studi literatur menggunakan dasar teori terkait dengan analisa dan kelayakan *Heat Exchanger* 03
- 3) Mengamati dan menganalisa data yang diperoleh berdasarkan dasar teori yang ada dengan perhitungan excel.
- 4) Menyimpulkan Analisa dan kelayakan operasional *Heat Exchanger* 03.

2.4 Skematika Kerja

Skematik kerja pada penelitian ini dimulai dari tahapan pengumpulan data peralatan untuk mendapatkan data alat yang dibutuhkan. Kemudian dilakukan pengambilan data fluida pada HE 3. Kemudian dilakukan pengolahan data dan evaluasi kinerja. Tahapan skematik kerja ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skematik Kinerja

HASIL STUDY DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Pengamatan

Tahapan pertama pada penelitian ini dilakukan pengambilan data dari peralatan *heat exchanger*. Data yang dibutuhkan adalah data dimensi dari *tube* dan *shell* pada *Heat Exchanger*. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi *Heat Exchanger-03*

<i>SHELL</i>			
Uraian	Notasi	HE-3	Satuan
Diameter luar	Ods	31,614	inchi
Diameter dalam	ID	30,748	inchi
Jumlah <i>buffle</i>	N	4	buah
Jarak antar <i>buffle</i>	B	23,623	inchi

Jumlah Pases	n	1	
Jenis fluida		Solar	
<i>TUBE</i>			
Uraian	Notasi	HE-3	Satuan
Diameter	Odt	1	
Panjang	L	10	
Jumlah	Nt	400	
BWG		14	
Jarak antar <i>tube</i>	Pt	0,25	
Jumlah Pases	n	1	
Jenis fluida		<i>Crude Oil</i>	

Setelah mendapatkan data untuk peralatan *heat exchanger 03*, dilakukan pengambilan data untuk fluida yang mengalir di dalam *heat exchanger*. Data pertama yang didapatkan adalah *Spesific Gravity 60/60 °F solar* dan *crude oil* yang terdapat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. *Spesific Gravity 60/60 °F Solar* pada Tanggal 5-9 Desember 2022

Hari	Density 15°C	SG 60/60°F
1	0,8435	0,8439
2	0,8463	0,8477
3	0,8497	0,8511
4	0,8467	0,8471
5	0,8425	0,8429
Rata-rata	0,8457	0,8465

Tabel 3. *Spesific Gravity 60/60 °F Crude Oil* pada Tanggal 5-9 Desember 2022

Hari	Density 15°C	SG 60/60°F
1	0,8403	0,8407
2	0,8385	0,8389
3	0,8384	0,8388
4	0,8382	0,8386
5	0,8384	0,8388
Rata-rata	0,8388	0,8392

Selain data *spesific gravity*, juga diambil data untuk *flow rate/debit* pada fluida yang mengalir di *heat exchanger*. Hasil pengambilan data *flowrate* untuk kedua fluida terdapat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. *Flow Rate* Solar pada Tanggal 5-9 Desember 2022

Hari	Liter/hari	Ft <sup>3</sup> /jam
1	42.943	63,1886
2	47.558	69,9794
3	42.366	62,3396
4	53.523	78,7566
5	63.440	93,3490
Rata-rata	49.966	73,5227

Tabel 5. *Flow Rate Crude Oil* pada Tanggal 5-9 Desember 2022

Hari	Liter/hari	Ft <sup>3</sup> /jam
1	92.033	135,4223
2	66.658	98,0842
3	98.363	144,7366
4	98.312	144,6616
5	123.721	182,0497
Rata-rata	95.817	140,9909

Data selanjutnya yang diambil adalah data temperatur untuk masing-masing fluida pada kondisi masuk dan keluar. Kedua data tersebut terdapat pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Temperatur Solar HE-03 pada Tanggal 5-9 Desember 2022

Hari	T1 (°C)	T2 (°C)
1	240	180
2	200	145
3	200	92
4	200	108
5	220	131
Rata-rata	212	131

Tabel 7. Tabel Temperatur *Crude Oil* HE-03 pada Tanggal 5-9 Desember 2022

Hari	t1 (°C)	t2 (°C)
1	80	112
2	70	94
3	52	89,5
4	45	98
5	60	98
Rata-rata	61	98

Berdasarkan data-data fluida yang telah didapatkan maka data-data tersebut digunakan untuk perhitungan kelayakan pada *heat exchanger-03*. Data yang digunakan untuk perhitungan adalah nilai rata-rata.

### B. Perhitungan Kelayakan *Heat Exchanger-03*

<i>Shell, Hot Fluid (Solar)</i>	<i>Tube, Cold Fluid (Crude Oil)</i>
---------------------------------	-------------------------------------

<b>Densitas</b> $\rho_{Solar} = SG_{Solar} \times \rho_{air}$ $= 52,91 \text{ lb/ft}^3$	<b>Densitas</b> $\rho_{CO} = SG_{CO} \times \rho_{air}$ $= 52,45 \text{ lb/ft}^3$
---	---

<b>Mass flow</b> $\dot{m}_{Solar}$ $\rho_{Solar} \times \text{flow rate}$ $= 3889,99 \text{ lb/jam}$	<b>Mass flow</b> $\dot{m}_{CO}$ $\rho_{CO} \times \text{flow rate}$ $= 7394,62 \text{ lb/jam}$
---	---

<b>Spesific heat</b> $T_{AV} = \frac{T_1 + T_2}{2}$ $= 341 \text{ }^\circ\text{F}$	<b>Spesific heat</b> $T_{AV} = \frac{t_1 + t_2}{2}$ $= 176 \text{ }^\circ\text{F}$
--	--

$^{\circ}\text{API}$ $= \frac{141,5}{SG_{Solar}} - 131,5$ $= 35,65$	$^{\circ}\text{API}$ $= \frac{141,5}{SG_{CO}} - 131,5$ $= 37,12$
---	--

Sehingga $C_{Solar} = 0,57 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$ (Kern,1965)	Sehingga $C_{CO} = 0,55 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$ (Kern,1965)
--	---

<b>Heat balance</b> $\Delta T = T_1 - T_2$ $= 146 \text{ }^\circ\text{F}$	<b>Heat balance</b> $\Delta T = t_2 - t_1$ $= 66 \text{ }^\circ\text{F}$
---	--

$Q = \dot{m}_{Solar} \times C_{Solar} \times \Delta T$ $= 322483 \text{ Btu/jam}$	$Q = \dot{m}_{CO} \times C_{CO} \times \Delta T$ $= 270133 \text{ Btu/jam}$
--	--

<b>% Losses</b> $Q_L = Q_{Solar} - Q_{CO} = 52350,16$ $\% \text{Losses} = \frac{Q_L}{Q_{Solar}} \times 100\% = 16,23\%$
---

<b><math>\Delta LMTD</math></b> $\Delta LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$ $= 161,95 \text{ }^\circ\text{F}$
---

$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = 2,21$ $S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = 0,32$ Sehingga didapatkan $FT = 0,86$ (Kern,1965)
--

$\Delta LMTD\ correction = FT \times \Delta LMTD = 139,28$ °F	
<b>Temperatur Caloric</b> $\Delta t_c = \frac{T2 - t1}{T1 - t2}$ = 0,6139	<b>Temperatur Caloric</b> $\Delta t_c = \frac{T2 - t1}{T1 - t2}$ = 0,6139
Didapatkan Kc = 0,17 (Kern, 1965) Fc = 0,46 (Kern,1965) Tc = T2 + Fc (T1-T2) = 335,06 °F	Didapatkan Kc = 0,17 (Kern, 1965) Fc = 0,46 (Kern,1965) Tc = t2 + Fc (t2-t1) = 173,07 °F
<b>Flow Area</b> ID <i>Shell</i> = 30,75 (Kern,1965) Pt = 1,25 <i>triangular pitch</i> C" = 0,25 ft <sup>2</sup>	<b>Flow Area</b> Nt standar = 400 (Kern,1965) Pass (n) = 1 Odt = 1 in BWG = 14
<b>Mass velocity</b> $G_s = \frac{\dot{m}}{a_s}$ = 3855,92 lb/hr.ft <sup>2</sup>	<b>Mass velocity</b> $G_t = \frac{\dot{m}}{a_t}$ = 4875,57 lb/hr.ft <sup>2</sup>
<b>Bilangan Reynold</b> de = 0,72 in (Kern,1965) De = 0,06 ft Tc = 335,06 °F °API = 35,65 $\mu = 0,9978$ lb/ft.jam Sehingga, $Re = \frac{De \times G_s}{\mu}$ = 231,86	<b>Bilangan Reynold</b> de = 0,83 in (Kern,1965) De = 0,0695 ft Tc = 173,07 °F °API = 37,12 $\mu = 3,3404$ lb/ft.jam Sehingga, $Re = \frac{De \times G_t}{\mu}$ = 101,44
<b>Factor heat transfer</b> JH = 6 (Kern,1965)	<b>Factor heat transfer</b> L = 10 ft D = 0,0695 L/D = 143,88 JH = 1,5 (Kern,1965)
<b>Bilangan Prandtl</b> c = 0,56 (Kern,1965) k = 0,074 (Kern,1965) $Pr = \left[ \frac{c \times \mu}{k} \right]^{\frac{1}{3}}$ = 1,96	<b>Bilangan Prandtl</b> c = 0,51 (Kern,1965) k = 0,079 (Kern,1965) $Pr = \left[ \frac{c \times \mu}{k} \right]^{\frac{1}{3}}$ = 2,78

<b>Koefisien perpindahan fluida</b> $\frac{h_o}{\phi_s} = JH \times \frac{k}{DE} \times Pr$ = 14,51 Btu/ft <sup>2</sup> hr°F	<b>Koefisien perpindahan fluida</b> $\frac{h_i}{\phi_s} = JH \times \frac{k}{ID} \times Pr$ = 4,74 Btu/ft <sup>2</sup> hr°F $\frac{h_{io}}{\phi_s} = \frac{h_i}{\phi_s} \times \frac{ID}{OD}$ = 3,95 Btu/ft <sup>2</sup> hr°F
<b>Tube wall temperature</b>	
$tw = tc + \frac{\frac{h_o}{\phi_s}}{\frac{h_o}{\phi_s} + \frac{h_{io}}{\phi_s}} (Tc - tc)$ = 300,36 °F	
<b>Rasio viskositas dalam shell</b> $\mu_w = 0,9978$ lb/ft.hr (Kern,1965) $\phi_s = \left[ \frac{\mu}{\mu_w} \right]^{0,14}$ = 1	<b>Rasio viskositas dalam shell</b> $\mu_w = 3,304$ lb/ft.hr (Kern,1965) $\phi_t = \left[ \frac{\mu}{\mu_w} \right]^{0,14}$ = 1
<b>h<sub>o</sub> koreksi</b> $h_o = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s$ = 14,51 Btu/ft <sup>2</sup> hr°F	<b>h<sub>io</sub> koreksi</b> $h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi_t} \times \phi_t$ = 3,96 Btu/ft <sup>2</sup> hr°F
<b>Menghitung Uc</b> $Uc = \frac{h_o \times h_{io}}{h_o + h_{io}}$ = 3,11 Btu/hr.ft <sup>2</sup> °F	
<b>Menghitung Ud</b> A = Nt x L x a" = 1047,2 $Ud = \frac{Q_s}{A \times \Delta LMTD} = 2,21$	
<b>Menghitung Rd</b> $Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Ud}$ = 0,13	
<b>Pressure drop</b> f = 0,0045 (Kern,1965) Ds = 30,748 in N + 1 = 12 x $\frac{L}{B}$ = 5 $\Delta P_s = \frac{f(G_s^2 \cdot IDs(N + 1))}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot IDs \cdot SG \cdot \phi}$ = 0,0003 psia	<b>Pressure drop</b> f = 0,00032 (Kern,1965) $\Delta P = \frac{f(G_t^2 \cdot L \cdot n)}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot IDs \cdot SG \cdot \phi}$ = 0,0005 psia



Berdasarkan data yang didapatkan dari pengamatan heat exchanger 3 ini memanaskan crude oil dengan memanfaatkan kalor produk dari solar hasil pengolahan pada kolom distilasi. Crude oil dipanaskan dari temperature awal 143°F menjadi 209°F. Berdasarkan hasil perhitungan menunjukan bahwa nilai kalor yang diterima oleh crude oil adalah sebesar 270.133 Btu/jam. Sedangkan pada produk solar mengalami penurunan temperature dari 414 °F menjadi 268 °F. Sehingga kalor yang dilepaskan oleh 322.483 Btu/jam.

Hasil perhitungan menunjukan bahwa nilai kalor yang hilang pada heat exchanger 3 adalah

52350 Btu/jam atau sebesar 16,23%. Sehingga nilai efisiensi yang didapatkan dari heat exchanger 3 ini adalah sebesar 83,77%. Kondisi ini tidak dapat dihindari pada penggunaan heat exchanger, meskipun pada kondisi idealnya adalah semua kalor yang dilepaskan oleh solar harus diterima oleh crude oil sebagai fluida yang dipanaskan. Sehingga semakin mendekati nilai sempurna atau 100%, dengan kata lain semakin sedikit heat loss atau kalor yang hilang.

Salah satu penyebab tingginya heat loss adalah adanya pengotor/deposit pada aliran di dalam heat exchanger. Variabel yang menunjukan rendah/tingginya deposit atau pengotor pada heat exchanger adalah nilai fouling factor (Rd). Hasil perhitungan pada penelitian ini menunjukan bahwa nilai fouling factor sebesar 0,1307 hr.ft<sup>2</sup>.oF/Btu. Nilai fouling factor yang diizinkan pada sebuah heat exchanger adalah sebesar 0,005 hr.ft<sup>2</sup>.oF/Btu. Hal ini menunjukan bahwa pada heat exchanger sudah banyak material pengotor sehingga dibutuhkan perawatan. Salah satu cara perawatan untuk menurunkan nilai fouling factor adalah dengan cara dibersihkan secara mekanis atau pun kimiawi. Dengan cara dibersihkan ini akan menurunkan nilai fouling factor, sehingga nilai heat loss akan berkurang dan dapat meningkatkan nilai efisiensi dari nilai efisiensi hasil perhitungan. Sehingga nilai heat loss akan lebih kecil dari 16,23% dan efisiensi akan meningkat lebih besar dari 83,77%.

Nilai pressure drop yang didapatkan berdasarkan hasil perhitungan adalah sebesar 0,0003 psi pada tube. Nilai pressure drop ini masih diizinkan karena nilai Batasan pressure drop yang diizinkan adalah sebesar 5-10 psi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa kelayakan yang dilakukan nilai Rd yang didapatkan untuk Heat Exchanger 03 sebesar 0,1307 hr.ft<sup>2</sup>.oF/Btu dan Pressure drop  $\Delta P$  pada shell sebesar 0,0003 psi serta Pressure drop  $\Delta P$  pada tube sebesar 0,0005 psi dan prosentase losses didapat 16,23%. dirt factor yang diijinkan sebesar 0,005 hr.ft<sup>2</sup>.oF/Btu dan penurunan tekanan ( $\Delta P$ ) yang terjadi pada aliran fluida tidak melebihi 5-10 psi. Dari hasil tersebut sehingga Rd (deposited) > Rd (allowed) maka Heat exchanger 03 perlu dibersihkan secara kimia maupun mekanik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. (2013). *Peralatan Proses dan Utilitas*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Jakarta.
- Kern, D.Q. (1965). *Process Heat Transfer*. Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Maulana, P. (2019). 'Perancangan Heat Exchanger Tipe Shell and Tube Pada Perancangan Pabrik Propilen Glikol Kapasitas 50000 Ton/Tahun'. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(1).
- Sigit, dkk. (2020). *Buku Panduan Proses Kilang PPSDM Migas*. Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi, Cepu Jawa Tengah.

