



BAB IX

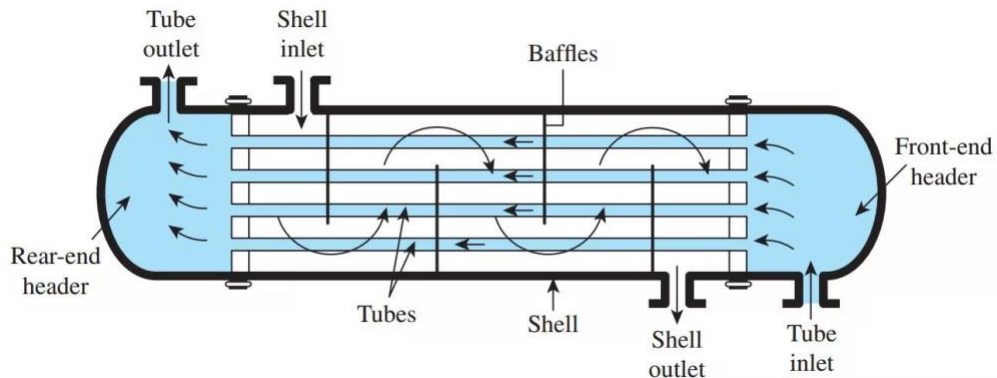
URAIAN TUGAS KHUSUS

IX.1 Pengertian

Alat penukar panas (*Heat Exchanger*) adalah suatu alat penukar panas dari suatu fluida yang mempunyai temperatur yang lebih tinggi ke fluida lain yang temperaturnya lebih rendah, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung begitu saja (Nugroho, 2021). Alat ini sering ditemukan di industri yang digunakan pada proses pemanasan atau pendinginan fluida. Industri dengan berbagai sektor umumnya menggunakan Heat Exchanger karena memiliki banyak keuntungan dan perawatan yang murah serta mudah. *Cooler* merupakan alat penukar panas dengan tipe *shell and tube* yang berbentuk vertikal dengan bagian atas terbuka. Fungsi *cooler* pada *Crude Distillation Unit* (CDU) di PPSDM Migas Cepu ini adalah untuk mendinginkan produk setelah melalui beberapa proses pengolahan. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi perpindahan panas adalah laju alir perpindahan fluida, dimana panas yang dilepaskan oleh fluida panas harus sama dengan panas yang diterima fluida dingin. Sehingga, laju perpindahan panas total yang terjadi (Epriansyah, 2024).

IX.2 Prinsip Kerja Cooler

Pada dunia industri, *cooler* mempunyai beberapa jenis. Tetapi salah satu yang banyak digunakan adalah *shell and tube* dimana alat ini terdiri dari sebuah *shell* silindris di bagian luar dan sejumlah *tube* di bagian dalam. Prinsip kerja *cooler* pada dasarnya sama seperti *Heat Exchanger*, yakni fluida panas mengalir dalam *shell* sedangkan media pendingin mengalir dalam *tube*.



Gambar IX. 1 Cooler dengan Tipe *Shell and Tube*

Cooler-07 pada *Crude Distillation Unit* (CDU) digunakan untuk mendinginkan produk berupa solar dengan media pendingin berupa air pendingin. Aliran fluida dalam *cooler* terjadi secara berlawanan atau *counter current* dimana solar masuk dalam *shell* dari bagian atas *inlet shell* sedangkan air pendingin masuk ke dalam *tube* dari arah bawah pada bagian *inlet tube* sehingga panas dari solar dengan *temperature* yang lebih tinggi berpindah ke air yang mempunyai *temperature* lebih rendah. Temperatur solar yang masuk dalam *cooler-07* sebesar 88°C akan didinginkan hingga menjadi maksimal 45°C. Perpindahan panas ini terjadi secara tidak langsung karena masing-masing fluida dipisahkan dengan dinding *tube*. Hasil dari proses tersebut adalah *temperature* solar yang masuk menjadi lebih dingin sedangkan *temperature* air menjadi lebih panas.

IX.3 Pemecahan Masalah yang Diambil

Data yang digunakan dalam perhitungan evaluasi *cooler-07* pada *Crude Distillation Unit* (CDU) di PPSDM Migas Cepu diperoleh pada tanggal 11 November 2024 – 16 November 2024 antara lain:

- a. Spesifikasi *Cooler-07* dengan tipe *Shell and Tube*
- b. Data kapasitas per-hari nya
- c. Data suhu masuk dan suhu keluar
- d. Data densitas solar dan air pendingin



IX.3.1 Pengambilan Data

Pengambilan data dalam mengevaluasi efisiensi *cooler-07* di unit kilang PPSDM Migas ini diperoleh dari:

1. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk memahami dan memberikan gambaran mengenai tahapan evaluasi, data yang perlu dikumpulkan, serta metode pengolahan data. Kegiatan ini dilakukan dengan menelaah laporan-laporan tugas sebelumnya serta jurnal terkait.

2. Pengambilan Data

Data dikumpulkan dari beberapa lokasi, seperti lapangan unit kilang, control room, dan laboratorium PHP. Selama proses pengambilan data, penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti wearpack, helm keselamatan, dan sepatu *safety* adalah wajib. Suhu masuk dan keluar aliran shell dan tube pada *cooler-07* diperoleh melalui observasi langsung di lapangan unit kilang menggunakan pengukur suhu minyak. Kapasitas solar dan air diambil dari *control room*, sementara data densitas solar dan air berasal dari laboratorium PHP.

3. Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah untuk mengevaluasi kinerja *Cooler-07* di Unit Kilang PPSDM Migas Cepu, dengan fokus pada efisiensi perpindahan panas. Tahapan perhitungan dan analisis data dilakukan dengan mengacu pada buku *Process Heat Transfer* karya Donald Q. Kern serta laporan-laporan sebelumnya sebagai panduan untuk evaluasi *Cooler*.

4. Penyusunan Laporan

Setelah data diolah, laporan disusun dengan membahas dan menyimpulkan hasilnya. Penyusunan laporan ini dibimbing oleh pembimbing lapangan dari PPSDM Migas Cepu serta dosen Teknik Kimia UPN “Veteran” Jawa Timur, yang memberikan evaluasi dan perbaikan terhadap laporan tersebut.



IX.3.2 Data

IX.3.2.1 Spesifikasi Cooler-07

Data spesifikasi Cooler-07 dengan tipe 1,1 *shell and tube* ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel IX. 1 Spesifikasi *Shell and Tube Cooler* – 07

No	Keterangan	Notasi	Dimensi	Satuan
Shell				
1	Diameter luar	Ods	47.244	Inci
2	Diameter dalam	Ids	46.87	Inci
3	Jumlah <i>Passes</i>	N	1	Buah
4	Jarak antar <i>baffle</i>	B	31.7	Inci
5	Jumlah <i>baffle</i>	N	4	Buah
6	Jenis Fluida	Solar		
Tube				
1	Diameter luar	Odt	1.5	Inci
2	Diameter dalam	Idt		Inci
3	Panjang <i>tube</i>	L	6	feet
4	Jumlah <i>tube</i>	Nt	382	buah
5	BWG	-	12	
6	<i>Pitch</i>	Pt	1.875	Inci
7	Jarak antar <i>tube</i>	C	0.25	Inci
8	Jumlah <i>Passes</i>	N	1	buah
9	Jenis Fluida	Air		



IX.3.2.2 Data Operasi Cooler-07

Data Operasi Cooler-07 yang diambil pada tanggal 11 November – 16 November 2024 adalah sebagai berikut:

Tabel IX. 2 Data Operasi Cooler-07

Tanggal	Kapasitas (L/hari)	Suhu Masuk (°C)	Suhu Keluar (°C)	Densitas (gr/ml)	Densitas (lb/ft3)
Shell (Solar)					
1	167625	75.2	66.5	0.8407	52.4832
2	164106	99.2	40.2	0.8457	52.7954
3	177790	86.5	39	0.8425	52.5956
4	132995	87.3	38.5	0.8446	52.7267
5	190425	87.2	38.2	0.8428	52.6143
Rata-Rata	166588.2	87.08	44.48	0.84326	52.6430
Tube (Air)					
1	267542	32.1	38.8	0.997	62.2407
2	265341	34.2	40.6	0.997	62.2407
3	258273	34.3	41.5	0.997	62.2407
4	285355	34.5	41.8	0.997	62.2407
5	264943	33.8	42.3	0.997	62.2407
Rata-Rata	268290.8	33.78	41	0.997	62.2407

IX.3.2.3 Pengolahan Data

Perhitungan Cooler-07 dengan tipe 1,1 *shell and tube* ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel IX. 3 Perhitungan Evaluasi Cooler-07

Shell (Solar)	Tube (Air)
$T_1 = 188,744\text{ }^{\circ}\text{F}$	$t_1 = 92,804\text{ }^{\circ}\text{F}$
$T_2 = 112,064\text{ }^{\circ}\text{F}$	$t_2 = 105,8\text{ }^{\circ}\text{F}$
$V_s = 166588,2\text{ }\frac{\text{L}}{\text{hari}}$	$V_s = 268290,8\text{ }\frac{\text{L}}{\text{hari}}$



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



$V_s = 5882,9749 \frac{\text{ft}^3}{\text{hari}}$	$V_s = 9474,5489 \frac{\text{ft}^3}{\text{hari}}$
Menghitung Kecepatan Aliran (Ws) $W_s = V_s \times \rho_s$ $W_s = \left(5882,9749 \frac{\text{ft}^3}{\text{hari}} \right) \times$ $\left(52,6430 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \right) \times \left(\frac{\text{hari}}{24 \text{ jam}} \right)$ $W_s = 12904,06895 \frac{\text{lb}}{\text{jam}}$	Menghitung Kecepatan Aliran (Wt) $W_t = V_s \times \rho_s$ $W_t = \left(9474,5489 \frac{\text{ft}^3}{\text{hari}} \right) \times$ $\left(62,2407 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \right) \times \left(\frac{\text{hari}}{24 \text{ jam}} \right)$ $W_t = 24570,946 \frac{\text{lb}}{\text{jam}}$
Menghitung Suhu Rata-rata (T_{av}) $T_{av} = \frac{T_1 + T_2}{2}$ $T_{av} = \frac{188,744 \text{ } ^\circ\text{F} + 112,064 \text{ } ^\circ\text{F}}{2}$ $T_{av} = 150,404 \text{ } ^\circ\text{F}$	Menghitung Suhu Rata-rata (t_{av}) $t_{av} = \frac{t_1 + t_2}{2}$ $t_{av} = \frac{92,804 \text{ } ^\circ\text{F} + 105,8 \text{ } ^\circ\text{F}}{2}$ $t_{av} = 99,302 \text{ } ^\circ\text{F}$
Menghitung SG 60/60 Solar (SGs) Densitas $15^\circ\text{C} = 0,8433 \text{ gr/ml}$ Pada Tabel 3 ASTM-IP didapatkan: SGs = 0,8438	Menghitung SG 60/60 Air (SGt) Densitas $15^\circ\text{C} = 0,997 \text{ gr/ml}$ Pada Tabel 3 ASTM-IP didapatkan: SGs = 0,9979
Menghitung Cp $^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{SGs} - 131,5$ $^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{0,8438} - 131,5$ $^{\circ}\text{API} = 36,1938 \quad (\text{Tabel 3 ASTM-IP})$ Berdasarkan <i>fig.4</i> Kern didapatkan nilai $C_p = 0,5 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}}$	Menghitung Cp $^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{SGs} - 131,5$ $^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{0,9979} - 131,5$ $^{\circ}\text{API} = 10,2978 \quad (\text{Tabel 3 ASTM-IP})$ Berdasarkan <i>fig.2</i> Kern didapatkan nilai $C_p = 1,1 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}}$



Menghitung panas yang dibutuhkan shell (Qs) Qs = Ws × CP × (T1 – T2) Qs = 12904,06895 $\frac{lb}{jam}$ × 0,51 $\frac{Btu}{lb.^{\circ}F}$ × (188,744 °F – 112,064 °F) Qs = 494742,0035 $\frac{Btu}{jam}$	Menghitung panas yang dibutuhkan tube (Qt) Qt = Wt × CP × (t2 – t1) Qt = 24570,946 $\frac{lb}{jam}$ × 0,96 $\frac{Btu}{lb.^{\circ}F}$ × (105,8 °F – 92,804 °F) Qt = 351256,416 $\frac{Btu}{jam}$																						
Menghitung Neraca Panas Q = Qs – Qt Q = 494742,0035 $\frac{Btu}{jam}$ - 351256,416 $\frac{Btu}{jam}$ Q = 143485,5874 $\frac{Btu}{jam}$ $Q_{losses} = \frac{Q}{Q_s} \times 100\%$ $Q_{losses} = \frac{143485,5874 \frac{Btu}{jam}}{494742,0035 \frac{Btu}{jam}} \times 100\%$ $Q_{losses} = 29,0021\%$																							
Menghitung ΔT LMTD Pada data berikut																							
<table><tr><th colspan="2">Shell (Solar)</th><th colspan="2">Tube (Air)</th><th colspan="2">ΔT</th></tr><tr><td>T1</td><td>188,744 °F</td><td>t1</td><td>105,8 °F</td><td>Δth</td><td>82,944 °F</td></tr><tr><td>T2</td><td>112,064 °F</td><td>t2</td><td>92,804 °F</td><td>Δtc</td><td>19,260 °F</td></tr></table>						Shell (Solar)		Tube (Air)		ΔT		T1	188,744 °F	t1	105,8 °F	Δth	82,944 °F	T2	112,064 °F	t2	92,804 °F	Δtc	19,260 °F
Shell (Solar)		Tube (Air)		ΔT																			
T1	188,744 °F	t1	105,8 °F	Δth	82,944 °F																		
T2	112,064 °F	t2	92,804 °F	Δtc	19,260 °F																		
$LMTD = \frac{\Delta th - \Delta tc}{ln \frac{\Delta th}{\Delta tc}}$																							
$LMTD = \frac{82,944^{\circ}F - 19,260^{\circ}F}{ln \frac{82,944^{\circ}F}{19,260^{\circ}F}}$																							
LMTD = 43,6151 °F																							



$$R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)}$$

$$R = \frac{(188,744^\circ\text{F} - 112,064^\circ\text{F})}{(105,8^\circ\text{F} - 92,804^\circ\text{F})}$$

$$R = 5,9003$$

$$S = \frac{(t_2 - t_1)}{(T_1 - t_1)}$$

$$S = \frac{(105,8^\circ\text{F} - 92,804^\circ\text{F})}{(188,744^\circ\text{F} - 92,804^\circ\text{F})}$$

$$S = 0,1355$$

Berdasarkan *fig.18* Kern didapatkan nilai $FT = 0,89$ sehingga

$$\Delta LMTD = FT \times LMTD$$

$$\Delta LMTD = 0,89 \times 43,6151^\circ\text{F}$$

$$\Delta LMTD = 38,8175^\circ\text{F}$$

Menghitung nilai Kc

$$\Delta t_h = T_1 - t_2 = 188,744^\circ\text{F} - 92,804^\circ\text{F} = 82,944^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_c = T_2 - t_1 = 112,064^\circ\text{F} - 105,8^\circ\text{F} = 19,260^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_h = T_1 - T_2 = 188,744^\circ\text{F} - 112,064^\circ\text{F} = 76,68^\circ\text{F}$$

$$\text{Menggunakan } ^\circ\text{API} = 36,1938$$

Berdasarkan *fig. 17* Kern didapatkan nilai $Kc = 0,2$

Menghitung friksi panas (Fc)

$$\frac{\Delta t_c}{\Delta t_h} = \frac{19,260^\circ\text{F}}{82,944^\circ\text{F}}$$

$$\frac{\Delta t_c}{\Delta t_h} = 0,2322$$

Berdasarkan *fig.17* Kern didapatkan nilai $Fc = 0,35$



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



Menghitung suhu panas <i>shell</i> (Tc) $T_c = T_2 + F_c (T_1 - T_2)$ $T_c = 112,064\text{ }^{\circ}\text{F} + 0,35 (188,744\text{ }^{\circ}\text{F} - 112,064\text{ }^{\circ}\text{F})$ $T_c = 138,902\text{ }^{\circ}\text{F}$	Menghitung suhu panas <i>tube</i> (tc) $t_c = t_1 + F_c (t_2 - t_1)$ $t_c = 92,804\text{ }^{\circ}\text{F} + 0,35 (105,8\text{ }^{\circ}\text{F} - 92,804\text{ }^{\circ}\text{F})$ $t_c = 97,3526\text{ }^{\circ}\text{F}$
Menghitung luas penampang <i>shell</i> (a_s) dan diameter ekuivale (D_e) $a_s = \frac{ID \times C \times B}{144 Pt}$ $a_s = \frac{46,87\text{ in} \times 0,375\text{ in} \times 31,7\text{ in}}{144 \times 1,875\text{ in}}$ $a_s = 2,0636\text{ ft}^2$ Berdasarkan <i>fig.28</i> Kern dengan data $OD = 1,5\text{ in}$ $Pt\text{ triangular} = 1,875\text{ in}$ Didapatkan nilai $D_e = 1,08\text{ in}$ $D_e = 0,09\text{ ft}$	Menghitung luas penampang <i>tube</i> (a_t) dan diameter dalam (ID_t) Berdasarkan tabel 10 Kern dengan data $OD = 1,5\text{ in}$ $BWG = 12$ Diperoleh ID_t dan <i>flow area</i> per tube $ID_t = 1,28\text{ in}$ $ID_t = 0,1067\text{ ft}$ $a'_t = 1,29\text{ in}^2$ sehingga $a_t = \frac{Nt \times a_{rt}}{144 \times n}$ $a_t = \frac{382 \times 1,29}{144 \times 1}$ $a_t = 3,42208\text{ ft}^2$
Menghitung kecepatan massa (G_s) $G_s = \frac{Ws}{a_s}$ $G_s = \frac{12904,06895\text{ } \frac{lb}{jam}}{2,0636\text{ ft}^2}$ $G_s = 6253,23796\text{ } \frac{lb}{ft^2 jam}$	Menghitung kecepatan massa (G_t) $G_t = \frac{Wt}{a_t}$ $G_t = \frac{24570,946\text{ } \frac{lb}{jam}}{3,42208\text{ ft}^2}$ $G_t = 7180,1133\text{ } \frac{lb}{ft^2 jam}$
Menghitung bilangan Reynold $T_c = 138,902\text{ }^{\circ}\text{F}$ $^{\circ}\text{API} = 36,1938$	Menghitung bilangan Reynold $t_c = 97,3526\text{ }^{\circ}\text{F}$ $^{\circ}\text{API} = 10,2978$



Berdasarkan <i>fig.14</i> Kern dengan data 35°API → $x = 10$ $y = 20$ 42°API → $x = 11.6$ $y = 16$ Interpolasi mencari μ_s ketika $T_c = 138.902^\circ\text{F}$ $\frac{36,2 - 35}{42 - 35} = \frac{x - 10}{11,6 - 10}$$X = 10,27$ $\frac{36,2 - 35}{42 - 35} = \frac{y - 20}{16 - 20}$$Y = 19,31$ Maka didapatkan $\mu_s = 1.95 \text{ cP}$ $\mu_s = 1,95 \times 2,42 \frac{\text{lb}}{\text{ft.jam}}$ $\mu_s = 4,719 \frac{\text{lb}}{\text{ft.jam}}$ $\text{Res} = \frac{De \times Gs}{\mu_s}$ $\text{Res} = \frac{0,09 \text{ ft} \times 6253,23796 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2 \text{ jam}}}{4,719 \frac{\text{lb}}{\text{ft.jam}}}$ $\text{Res} = 119,26074$	Berdasarkan <i>fig.14</i> Kern dengan data Air → $x = 10,2$ $Y = 13$ maka mencari μ_t ketika $T_c = 97.3526^\circ\text{F}$ didapatkan $\mu_t = 1,25 \text{ cP}$ $\mu_t = 1,25 \times 2,42 \frac{\text{lb}}{\text{ft.jam}}$ $\mu_t = 3,025 \frac{\text{lb}}{\text{ft.jam}}$ $\text{Ret} = \frac{IDt \times Gt}{\mu_t}$ $\text{Ret} = \frac{0,1067 \text{ ft} \times 7180,1133 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2 \text{ jam}}}{3,025 \frac{\text{lb}}{\text{ft.jam}}}$ $\text{Ret} = 253,18306$
Menghitung koefisien perpindahan panas lapisan film pada bagian luar <i>shell</i> ($\frac{h_o}{\phi_s}$) Berdasarkan <i>fig.4</i> Kern dengan data $T_c = 138,902^\circ\text{F}$	Menghitung koefisien perpindahan panas lapisan film pada bagian luar <i>shell</i> ($\frac{h_i}{\phi_t}$) Berdasarkan <i>fig.4</i> Kern dengan data $t_c = 97,3526^\circ\text{F}$



$^{\circ}\text{API} = 36,1937$ $C_p = 0,5 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2}$ Berdasarkan <i>fig.1</i> Kern didapatkan nilai $k = 0,078 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2}$ Berdasarkan <i>fig.28</i> Kern dengan data $\text{Res} = 119,26074$ didapatkan nilai $jH = 9$ $\frac{h_o}{\phi_s} = jH \times \frac{k}{D_e} \times \left(\frac{C_p \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}}$ $= 9 \times \frac{0,078 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2}}{0,09 \text{ ft}}$ $\times \left(\frac{0,5 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2} \times 4,719 \frac{\text{lb}}{\text{ft.jam}}}{0,078 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2}} \right)^{\frac{1}{3}}$ $\frac{h_o}{\phi_s} = 24,3036 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.}^{\circ}\text{F ft}^2}$	$^{\circ}\text{API} = 10,2978$ $C_p = 1,1 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2}$ Berdasarkan <i>fig.1</i> Kern didapatkan nilai $k = 0,066 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2}$ $\frac{L}{IDt} = 56,25$ Berdasarkan <i>fig.24</i> Kern dengan data $\frac{L}{IDt} = 56,25$ $\text{Ret} = 253,1831$ didapatkan nilai $jH = 4,7$ $\frac{h_i}{\phi_t} = jH \times \frac{k}{IDt} \times \left(\frac{C_p \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}}$ $= 4,7 \times \frac{0,066 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2}}{0,09 \text{ ft}}$ $\times \left(\frac{1,1 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2} \times 3,025 \frac{\text{lb}}{\text{ft.jam}}}{0,066 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2}} \right)^{\frac{1}{3}}$ $\frac{h_i}{\phi_t} = 10,7433 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.}^{\circ}\text{F ft}^2}$
Menghitung suhu dinding luar tube (T_w) $T_w = t_c + \left(\frac{\frac{h_o}{\phi_s}}{\frac{h_o}{\phi_s} + \frac{h_{io}}{\phi_t}} \right) \times (T_c - t_c)$ Dimana $\frac{h_{io}}{\phi_t} = \frac{h_i}{\phi_t} \times \frac{IDt}{OD}$ $\frac{h_{io}}{\phi_t} = 10,7433 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2} \times \frac{1,28 \text{ in}}{1,5 \text{ in}}$	



$$\frac{h_{io}}{\phi t} = 9,1676 \frac{\text{Btu}}{\text{jam} \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{ft}^2}$$

Sehingga

$$T_w = 97,3526 \text{ } ^\circ\text{F} + \left(\frac{24,3036 \frac{\text{Btu}}{\text{jam} \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{ft}^2}}{24,3036 \frac{\text{Btu}}{\text{jam} \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{ft}^2} + 9,1676 \frac{\text{Btu}}{\text{jam} \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{ft}^2}} \right) \times (138,902^\circ\text{F} - 97,3526 \text{ } ^\circ\text{F})$$

$$T_w = 127,5218 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menghitung koefisien transfer panas bagian shell (ho)

$$T_w = 127,5218 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$^\circ\text{API} = 36,1937$$

Berdasarkan *fig.14* Kern dengan data

$$35^\circ\text{API} \rightarrow x = 10$$

$$y = 20$$

$$42^\circ\text{API} \rightarrow x = 11,6$$

$$y = 16$$

Interpolasi mencari μ_s ketika

$$T_w = 127,5218 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\frac{36,2 - 35}{42 - 35} = \frac{x - 10}{11,6 - 10}$$

$$X = 10,27$$

$$\frac{36,2 - 35}{42 - 35} = \frac{y - 20}{16 - 20}$$

$$Y = 19,31$$

Maka didapatkan

$$\mu_w = 0,45 \text{ cP}$$

$$\mu_w = 0,45 \times 2,42 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{jam}}$$

$$\mu_w = 1,089 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{jam}}$$

Menghitung koefisien transfer panas bagian tube (hio)

$$T_w = 127,5218 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$^\circ\text{API} = 10,2978$$

Berdasarkan *fig.14* Kern dengan data

$$\text{Air} \rightarrow x = 10,2$$

$$Y = 13$$

maka mencari μ_w ketika

$$T_w = 127,5218 \text{ } ^\circ\text{F}$$

didapatkan

$$\mu_w = 0,2 \text{ cP}$$

$$\mu_w = 0,2 \times 2,42 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{jam}}$$

$$\mu_w = 0,484 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{jam}}$$

$$\phi t = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$\phi t = \left(\frac{0,484 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{jam}}}{2,2264 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{jam}}} \right)^{0,14}$$

$$\phi t = 1,2925$$

$$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi t} \times \phi t$$



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



$\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$ $\phi_s = \left(\frac{4,719 \frac{\text{lb}}{\text{ft.jam}}}{1,089 \frac{\text{lb}}{\text{ft.jam}}} \right)^{0,14}$ $\phi_s = 1,2279$ $h_o = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s$ $h_o = 24,3036 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.}^\circ\text{F ft}^2} \times 1,2279$ $h_o = 29,8418 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.}^\circ\text{F ft}^2}$	$h_{io} = 10,7433 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.}^\circ\text{F ft}^2} \times 1,2925$ $h_{io} = 13,8855 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.}^\circ\text{F ft}^2}$
Menghitung Clean Overall Coefficient (Uc) $U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$ $U_c = \frac{13,8855 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.}^\circ\text{F ft}^2} \times 29,8418 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.}^\circ\text{F ft}^2}}{13,8855 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.}^\circ\text{F ft}^2} + 29,8418 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.}^\circ\text{F ft}^2}}$ $U_c = 9,4762 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.}^\circ\text{F ft}^2}$	
Menghitung koefisien desain (Ud) Dari data yang diketahui: ODt = 1,5 in BWG = 12 Berdasarkan tabel 10 Kern didapatkan a'' = 0,3925 ft $A = N_t \times L \times a''$ $A = 382 \times 6 \text{ ft} \times 0,3925 \text{ ft}$ $A = 899,61 \text{ ft}^2$	



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



$U_d = \frac{Q_t}{A \times \Delta T_{LMTD}}$ $U_d = \frac{351256,416 \frac{Btu}{jam}}{899,61 ft^2 \times 43,6151^\circ F}$ $U_d = 8,9553 \frac{Btu}{jam ft^2 \cdot ^\circ F}$	
Menghitung nilai Rd $R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d}$ $R_d = \frac{9,4762 \frac{Btu}{jam \cdot ^\circ F ft^2} - 8,9553 \frac{Btu}{jam ft^2 \cdot ^\circ F}}{9,4762 \frac{Btu}{jam \cdot ^\circ F ft^2} \times 8,9553 \frac{Btu}{jam ft^2 \cdot ^\circ F}}$ $R_d = 0,0062 \frac{jam \cdot ^\circ F ft^2}{Btu}$	
Menghitung efisiensi $\eta = \frac{Q_t}{Q_s} \times 100\%$ $\eta = \frac{306551,054 \frac{Btu}{jam}}{504636,8435 \frac{Btu}{jam}} \times 100\%$ $\eta = 70,9979\%$	
Pressure Drop	
Menghitung Pressure drop bagian shell (ΔP_s) Res = 119,26074 Berdasarkan <i>fig.29</i> Kern didapatkan $f = 0,0058 \frac{ft^2}{in^2}$ Jumlah crosses $(N+1) = 12 \times \frac{L}{B}$	Menghitung Pressure drop bagian tube (ΔP_t) Res = 253,1831 Berdasarkan <i>fig.26</i> Kern didapatkan $f = 0,0015 \frac{ft^2}{in^2}$ IDt = 1,28 in IDt = 0,10667 ft



$(N+1) = 12 \times \frac{6}{31,7}$ $(N+1) = 2,2713$ $IDs = 46,87 \text{ in}$ $IDs = 3,90583 \text{ ft}$ $\Delta Ps = \frac{f \times Gs^2 \times IDs \times (N+1)}{5,22 \times 10^{10} \times De \times SGs \times \varphi s}$ $= \frac{0,0058 \frac{ft^2}{in^2} \times 6253,23796^2 \times 3,9058 \times 2,2713}{5,22 \times 10^{10} \times 0,09 \times 0,8438 \times 1,2278}$ $= 0,0004113 \text{ Psi}$	$\Delta Pt = \frac{f \times Gt^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times IDt \times SGt \times \varphi t}$ $= \frac{0,0015 \frac{ft^2}{in^2} \times 7180,1133^2 \times 6 \times 1}{5,22 \times 10^{10} \times 0,10667 \times 0,9979 \times 1,2925}$ $= 0,00064 \text{ Psi}$ $v = \frac{Gt}{\rho}$ $v = \frac{7180,1133 \frac{lb}{ft^2 jam}}{62,2407 \frac{lb}{ft^3}}$ $v = 115,36039 \frac{ft}{jam}$ $v = 0,03204 \frac{ft}{detik}$ sehingga $\Delta Pr = \frac{4 \times n}{SGt} \times \frac{v^2}{2g'} \left(\frac{62,5}{144} \right)$ $\Delta Pr = \frac{4 \times 1}{0,9979} \times \frac{0,03204^2}{2(32,174)} \left(\frac{62,5}{144} \right)$ $\Delta Pr = 0,028739 \text{ Psi}$ Maka $\Delta PT = \Delta Pt + \Delta Pr$ $\Delta PT = 0,0288037 \text{ Psi}$
--	--

IX.3.2.4 Hasil Evaluasi Cooler-07

Data hasil evaluasi Cooler-07 ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel IX. 4 Data hasil evaluasi Cooler-07

Data Perhitungan	Satuan	Standar	Hasil Perhitungan	Keterangan
Uc	$\frac{\text{Btu}}{\text{jam. } ^\circ\text{F ft}^2}$	$Uc > Ud$	9,4762	Sesuai



Ud	$\frac{\text{Btu}}{\text{jam. } ^\circ\text{F ft}^2}$	$U_c > U_d$	8,9553	Sesuai
Rd	$\frac{\text{jam. } ^\circ\text{F ft}^2}{\text{Btu}}$	Tidak melebihi 0,003	0,0062	Tidak sesuai
η	%	-	70,9979	-
ΔP_s	Psi	Tidak melebihi 10	0,0004113	Sesuai
ΔP_T	Psi	Tidak melebihi 10	0,0288037	Sesuai

IX.3.2.5 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, diperoleh laju alir solar yang masuk pada *cooler-07* sebesar 12904,06895 lb/jam dengan suhu masuk sebesar 188,744°F dan suhu keluarnya sebesar 112,064°F sedangkan untuk aliran air pendingin yang digunakan pada *cooler-07* ini sebesar 24570,946 lb/jam dengan suhu air pendingin yang masuk sekitar 92,804°F serta suhu keluar sekitar 105,8°F. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh nilai beban panas (Q) yang dilepaskan oleh solar sebesar 494742,0035 Btu/jam dan beban panas yang diterima oleh air pendingin (Q) sebesar 351256,416 Btu/jam.

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut kemudian diperoleh *dirt factor* (Rd) pada *cooler-07* sebesar 0,006175901 hr.ft².°F/btu. Menurut (Kern, 1950) nilai *dirt factor* yang diizinkan untuk *cooler* dengan air sebagai media pendinginnya yaitu sebesar 0,003 hr.ft².°F/btu, sehingga nilai *dirt factor* hasil perhitungan dari *cooler-07* ini masih lebih besar dari *dirt factor* yang diizinkan. *Dirt factor* sebesar 0,006175901 hr.ft².°F/btu ini masih dapat ditoleransi untuk peralatan penukar panas karena ambang batas maksimal *dirt factor* adalah 5-10% dari nilai Rd desain. Meskipun demikian, *cleaning* pada *cooler-07* ini tetap diperlukan agar tidak semakin menyebabkan berkurangnya laju perpindahan panas pada *cooler-07*. Pada perhitungan dalam menentukan *pressure drop* di *cooler-07*, diperoleh nilai *pressure drop* untuk *shell* sebesar 0,000413349 psi dan *pressure drop* total untuk *tube* pada



cooler-07 sebesar 0,028803764 psi. Menurut (Kern, 1950), nilai *pressure drop* yang diizinkan untuk aliran fluida cair adalah maksimal sebesar 5-10 psi sehingga pada perhitungan tersebut, nilai *pressure drop cooler-07* masih dalam batas aman karena jauh di bawah nilai maksimal yang telah ditetapkan. Berdasarkan perhitungan evaluasi yang telah dilakukan pada *cooler-07* diperoleh nilai efisiensi alat pada *cooler* sebesar 70,9979%. Sehingga dari semua data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan dan perhitungan nilai *dirt factor* (R_d) dan juga *pressure drop* serta nilai efisiensi alat, bisa disimpulkan bahwa *cooler-07* pada unit kilang PPSDM Migas masih sangat layak untuk beroperasi dalam mendinginkan produk solar.

Berdasarkan perhitungan serta pengamatan yang telah dilakukan, hasil yang diperoleh bisa dikatakan sudah sesuai dengan teori yang ada, jika nilai *fouling factor* lebih kecil dari nilai *fouling factor* standar maka rentang waktu *maintenance* lebih singkat sehingga menyebabkan biaya perawatan yang dikeluarkan akan semakin meningkat. Sedangkan jika nilai *fouling factor* lebih besar daripada nilai *fouling factor* standar, maka rentang waktu *maintenance* akan lebih panjang tetapi biaya investasi yang dikeluarkan akan besar. Nilai *fouling factor* yang baik untuk *heat exchanger* adalah yang termasuk dalam rentang standar sehingga luas permukaan panas yang dibutuhkan dapat terpenuhi dengan baik dan biaya investasinya menjadi lebih efisien.



BAB X KESIMPULAN DAN SARAN

X.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, dapat disimpulkan seperti sebagai berikut:

1. Nilai efisiensi *cooler-07* pada Unit Kilang PPSDM Migas sebesar 70,99% sehingga *cooler-07* bisa dikatakan masih layak beroperasi
2. Nilai *dirt factor* (R_d) pada *cooler-07* diperoleh sebesar 0,006175901 hr.ft².°F/btu dimana hasil tersebut membuktikan bahwa *cooler-07* masih layak untuk beroperasi karena nilai yang diperoleh masih jauh dari batas maksimal *dirt factor*
3. Pada *cooler-07* yang masih beroperasi, terdapat beban panas yang hilang (*heatloss*) sebesar 29,0021% yang diakibatkan oleh kinerja alat yang tidak maksimal
4. Nilai *pressure drop* yang diperoleh pada bagian *shell* sebesar 0,000413349 psi dan *pressure drop* total untuk *tube* pada *cooler-07* sebesar 0,028803764 psi dimana hasil tersebut masih diizinkan pada alat *Heat Exchanger* berada pada kisaran 5-10 psi.

X.2 Saran

Untuk lebih mengoptimalkan kinerja, dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah:

1. Memberikan perawatan yang dilakukan secara berkala pada *cooler-07* dengan cara melakukan pembersihan kerak-kerak yang terbentuk pada dinding *cooler*.
2. Melakukan evaluasi kembali pada kapasitas *cooler-07* agar proses transer panas yang terjadi dapat dilakukan secara maksimal.