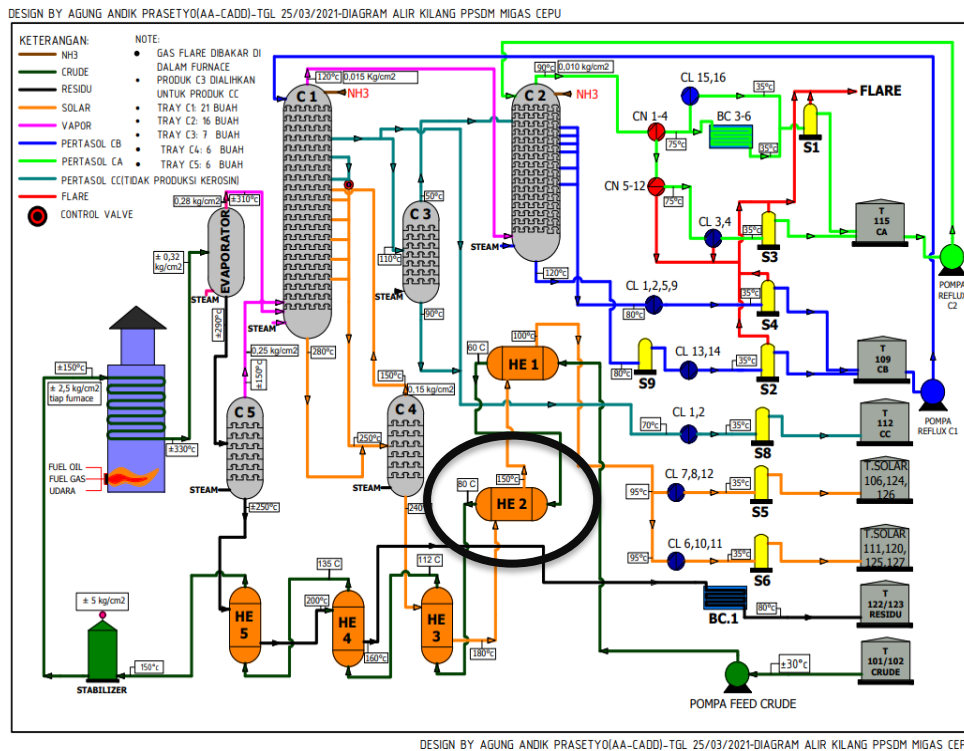


BAB IX TUGAS KHUSUS

IX.1 Heat Exchanger-02 di Kilang PPSDM Migas



Gambar 9.1 Posisi HE-02

Heat exchanger merupakan alat penukar panas yang berfungsi untuk memindahkan panas dari suatu fluida ke fluida lain yang memiliki perbedaan panas yang signifikan. Perpindahan panas tersebut bisa terjadi dengan kontak secara langsung maupun tidak langsung. Jenis alat penukar panas pada unit kilang PPSDM Migas Cepu adalah shell and tube heat exchanger dengan arah aliran counter current. Terdapat 5 alat penukar panas yang berada di unit kilang PPSDM Migas Cepu yaitu HE-01, HE-02, HE-03, HE-04, dan HE-05. Perbedaan antara kelima heat exchanger tersebut selain media pemanas dan pendinginnya berbeda, posisi heat exchangernya pun berbeda yaitu HE-01 dan HE-02 dipasangkan secara horizontal sedangkan HE-03, HE-04, dan HE-05 dipasangkan secara vertikal. Adapun alasan perbedaan posisi tersebut dikarenakan keterbatasan tempat. Pada saat ini, HE-01, HE-02 dan HE-03 ini bertugas untuk memanaskan bahan baku



berupa crude oil dan mendinginkan produk berupa solar sedangkan HE-04 dan HE-05 bertugas untuk memanaskan bahan baku berupa crude oil dan mendinginkan produk berupa residu. Pemanasan bahan baku (crude oil) ini bertujuan sebagai pemanasan awal sebelum masuk furnace agar dapat meringankan beban pemanasan furnace serta dapat menghemat energi sedangkan pendinginan produk berupa solar ataupun residu bertujuan untuk meringankan beban pendinginan pada cooler. Bahan baku (crude oil) bertindak sebagai fluida dingin ditempatkan di tube sedangkan produk (solar) sebagai media pemanas ditempatkan pada shell heat exchanger. Heat Exchanger-02 menggunakan energi panas yang berasal dari produk outlet HE-03 dan akan dikeluarkan menuju inlet HE-1. Crude oil berasal dari keluaran HE-01 yang kemudian akan menjadi masukan untuk HE-03.

Penurunan efisiensi pada suatu alat penukar panas akan terjadi jika alat tersebut digunakan secara terus menerus tanpa dilakukan perawatan Hal ini terjadi dikarenakan adanya penimbunan deposit, kerak, korosi, kebocoran maupun aliran fluida yang dapat menyebabkan friksi terhadap dinding alat Penurunan efisiensi ini dapat dilihat dari parameter pressure drop yang tinggi, dan nilai dirt factor (Rd) yang tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan Oleh karena itu, untuk mengetahui penurunan efisiensi suatu alat khususnya heat exchanger diperlukan sebuah analisis kinerja heat exchanger.

IX.2 Perhitungan Heat Exchanger-02

Table 9.1 Dimensi Heat exchanger-02

SHELL			
Uraian	Notasi	HE-02	Satuan
Diameter luar	Ods	31,614	inci
Diameter dalam	ID	30,748	inci
Jumlah baffle	N	4	buah
Jarak antar baffle	B	23,623	inci
Jumlah passes	n	1	
Jenis fluida		solar	
TUBE			
Uraian	Notasi	HE-02	Satuan
Diameter luar	Odt	1	inci



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



Panjang tube	L	10	feed
Jumlah tube	Nt	400	buah
BWG		14	
Pitch	Pt	1,25	
Jarak antar tube	C''	0,25	inchi
Jumlah passes	n	1	inchi
Jenis fluida		crude oil	

Table 9.2 Data Lapangan HE-02 (Shell)

SOLAR (SHELL)				
Tanggal	Suhu masuk T1 (°C)	Suhu keluar T2 (°C)	SG 60/60°F	Flow rate (L/hari)
4/12/22	137	98	0,8447	38.132
5/12/22	138	102	0,8358	42.943
6/12/22	145	108	0,8477	42.246
7/12/22	142	105	0,8447	42.366
8/12/22	135	94	0,8431	53.532
Rata-rata	139	101	0,8432	43.843,8
	283 °F	215 °F	0,8432	64,5141 ft ³ /jam

Table 9.3 Data Lapangan HE-02 (Tube)

CRUDE OIL (TUBE)				
Tanggal	Suhu masuk t1 (°C)	suhu keluar t2 (°C)	SG 60/60°F	Flow rate (Liter/hari)
4/12/22	38	52	0,8248	104.596
5/12/22	41	62	0,8314	73.007
6/12/22	38	52	0,8445	95.226
7/12/22	35	48	0,8438	91.969
8/12/22	40	60	0,8253	88.807
Rata-rata	38	55	0,8340	90721
	101 °F	131°F	0,8340	133,491 ft ³ /jam



Tabel 9.4 Evaluasi Data *Heat Exchanger-02*

<i>Shell, Hot Fluid (Solar)</i>		<i>Tube, Cold Fluid (Crude Oil)</i>	
Suhu masuk T ₁ (°F)	283	Suhu masuk t ₁ (°F)	101
Suhu masuk T ₂ (°F)	215	Suhu masuk t ₂ (°F)	131
<i>Flow rate</i> V (ft ³ /jam)	64,5141	<i>Flow rate</i> V (ft ³ /jam)	133,4918
Sg 60/60 °F	0,8432	Sg 60/60 °F	0,8340
a. °API $API = \frac{141,5}{Sg \frac{60}{60} F} - 131,5$ $API = \frac{141,5}{0,8432} - 131,5$ $API = 36,3133$		a. °API $API = \frac{141,5}{Sg \frac{60}{60} F} - 131,5$ $API = \frac{141,5}{0,8340} - 131,5$ $API = 38,1724$	
b. Densitas $\rho_{solar} = \frac{Sg}{\rho_{air}}$ $\rho_{solar} = \frac{0,8432}{62,5 \text{ lb/ft}^3}$ $\rho_{solar} = 52,6999 \text{ lb/ft}^3$		b. Densitas $\rho_{crude\ oil} = \frac{Sg}{\rho_{air}}$ $\rho_{crude\ oil} = \frac{0,8340}{62,5 \text{ lb/ft}^3}$ $\rho_{crude\ oil} = 52,1225 \text{ lb/ft}^3$	
c. <i>Mass Flow</i> $W_{solar} = \rho_{solar} \times V$ $W_{solar} = 52,6999 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 64,5141 \text{ ft}^3$ /jam $W_{solar} = 3399,8902 \text{ lb/jam}$		c. <i>Mass Flow</i> $W_{co} = \rho_{solar} \times V$ $W_{co} = 52,1225 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 133,4918 \text{ ft}^3$ /jam $W_{co} = 6957,9243 \text{ lb/jam}$	
d. <i>Heat balance</i> $\Delta T = T_1 - T_2$ $\Delta T = 283 - 215$ $\Delta T = 68,4 \text{ °F}$ $C_{solar} = 0,56 \text{ Btu/lb °F} \quad \text{Fig.4 Kern}$ $Q_{solar} = W_{solar} \times C_{solar} \times \Delta T$ $Q_{solar} = 3393,8902 \text{ lb/jam} \times 0,56 \text{ Btu/lb.°F} \times 68,4 \text{ °F}$ $Q_{solar} = 130229,39 \text{ Btu/jam}$		d. <i>Heat balance</i> $\Delta t = t_2 - t_1$ $\Delta t = 131 - 101$ $\Delta t = 29,52 \text{ °F}$ $C_{co} = 0,487 \text{ Btu/lb °F} \quad \text{Fig.4 Kern}$ $Q_{co} = W_{co} \times C_{co} \times \Delta t$ $Q_{co} = 6957,9243 \text{ lb/jam} \times 0,487 \text{ Btu/lb.°F} \times 29,52 \text{ °F}$ $Q_{co} = 100029 \text{ Btu/jam}$	
$Q = Q_{solar} - Q_{co}$ $Q = 130229,39 - 100029$ $Q = 30200,6037 \text{ Btu/jam}$			



$losses = \frac{Q}{Q_{solar}} \times 100\%$ $losses = \frac{30200,6037}{130229,39} \times 100\%$ $losses = 23,19\%$	
$Q_{losses} = \%losses \times Q$ $Q_{losses} = 23,19\% \times 30200,6037$ $Q_{losses} = 7003,6145 \text{ Btu/jam}$ $Q_{transfer} = Q - Q_{losses}$ $Q_{transfer} = 30200,6037 - 7003,6145$ $Q_{transfer} = 23196,9892 \text{ Btu/hr}$	
$\eta = \frac{Q_{transfer}}{Q} \times 100\%$ $\eta = \frac{23196,9892}{30200,6037} \times 100\%$ $\eta = 76,81\%$	
<p>e. ΔT LMTD</p> $\Delta t_h = T_1 - t_2 = 283 - 131 = 152 \text{ }^\circ\text{F}$ $\Delta t_c = T_2 - t_1 = 215 - 101 = 114 \text{ }^\circ\text{F}$ $\Delta_{LMTD} = \frac{\Delta t_h - \Delta t_c}{\ln \ln \frac{\Delta t_h}{\Delta t_c}}$ $\Delta_{LMTD} = \frac{152 - 114}{\ln \ln \frac{152}{114}} = 131,8862 \text{ }^\circ\text{F}$ $R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{68}{29} = 2,3171$ $S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - T_2} = \frac{29}{68} = 0,16$ <p>FT= 0,98 Fig.18 Kern</p> $\Delta T \text{ LMTD correction} = FT \times \Delta T \text{ LMTD} = 129,2485 \text{ }^\circ\text{F}$	
<p>f. Temperatur Kalor</p> $\frac{\Delta t_c}{\Delta t_h} = 0,7447$ <p>Kc = 0,17 fig.17 Kern Fc = 0,47 fig.17 Kern Tc = T2 + Fc(T1-T2) = 215 + 0,47(283-215) = 246,668 °F</p>	<p>f. Temperatur Kalor</p> $\frac{\Delta t_c}{\Delta t_h} = 0,7447$ <p>Kc = 0,17 fig.17 Kern Fc = 0,47 fig.17 Kern tc = t2 + Fc(t2-t1) = 131 + 0,47(131-101) = 114,9944 °F</p>
<p>g. Flow Area</p> <p>L = 10 ft OD = 31,614 in BWG = 14 a'' = 0,2618 ft²</p>	<p>g. Flow Area</p> <p>Nilai At'' = 0,546 tabel 10 Kern</p> $At = \frac{Nt \times At''}{144 \times n}$



<p>Nt = 400 ID shell = 30,748 in Pass (n) = 1 Pt = 1,25 Triangular pitch C'' = 0,25 ft² B = 23,623 in as = $\frac{ID \times C'' \times B}{144 \times Pt}$ as = $\frac{30,748 \times 0,25 \times 23,623}{144 \times Pt}$ as = $\frac{144 \times Pt}{144 \times Pt}$ as = 1,0088 ft²</p>	$At = \frac{400 \times 0,546}{144 \times 1}$ <p>At = 1,5167 ft²</p>
<p>h. <i>Mass Celocity</i></p> $Gs = \frac{W}{as}$ $Gs = \frac{3399,8902 \text{ lb/hr}}{1,0088 \text{ ft}^2}$ <p>Gs = 3370,1207 lb/hr ft²</p>	<p>h. <i>Mass velocity</i></p> $Gt = \frac{W}{at}$ $Gs = \frac{6957,9243 \text{ lb/hr}}{1,5167 \text{ ft}^2}$ <p>Gt = 4587,6424 lb/hr ft²</p>
<p>i. Bilangan Reynold</p> <p>De = 0,72 in = 0,06 ft Tc = 246,668 °F °API = 36,3133 Diketahui °API = 35; x = 10; y = 20; μ = 0,75 °API = 42; x = 11,6; y = 16; μ = 0,41 Untuk °API = 36,3133</p> $\frac{\mu - 0,75}{0,41 - 0,75} = \frac{36,3133 - 35}{42 - 35}$ <p>μ = 1,6606 lb/ft hr</p> $Re = \frac{De \times Gs}{\mu}$ $Re = \frac{0,06 \times 3370,1207}{1,6606}$ <p>Re = 121,7653</p>	<p>i. Bilangan Reynold</p> <p>D = 0,834 in = 0,0695 ft Tc = 114,9944 °F °API = 38,1724 Diketahui °API = 35; x = 10; y = 20; μ = 2,5 °API = 42; x = 11,6; y = 16; μ = 1,1 Untuk °API = 38,1724</p> $\frac{\mu - 2,5}{1,1 - 2,5} = \frac{38,1724 - 35}{42 - 35}$ <p>μ = 4,5146 lb/ft hr</p> $Re = \frac{D \times Gt}{\mu}$ $Re = \frac{0,0695 \times 38,1724}{4,5146}$ <p>Re = 70,6251</p>
<p>j. Faktor <i>heat transfer</i></p> <p>Jh = 6,5 fig. 28 kern</p>	<p>j. Faktor <i>heat transfer</i></p> <p>L/D = 143,8849 Jh = 1,5 fig. 24 kern</p>
<p>k. Bilangan Prandtl</p> <p>Tc = 246,6680 °F °API = 36,3133 c = 0,56 Btu/lb °F fig. 4 kern k = 0,075 Btu/ft² hr (°F.ft) fig 1 Kern μ = 1,6606 lb/ft hr</p> $Pr = \left[\frac{c \times \mu}{k} \right]^{\frac{1}{5}}$	<p>k. Bilangan Prandtl</p> <p>Tc = 114,9944 °F °API = 38,1724 c = 0,5 Btu/lb °F fig. 4 kern k = 0,0079 Btu/ft² hr (°F.ft) fig 1 Kern μ = 4,5146 lb/ft hr</p>



$Pr Pr = 2,3146$	$Pr = \left[\frac{c \times \mu}{k} \right]^{\frac{1}{5}}$ $Pr Pr = 3,0572$
<p>l. Koefisien perpindahan fluida (h_0)</p> $h_0 = j_H \times \frac{K}{D_e} \times \left[\frac{c \times \mu}{K} \right]^{1/3} \times \phi_s$ <p>$h_0/\phi_s = 18,8057 \text{ btu/ft}^2\text{hr}^\circ\text{F}$</p>	<p>l. Koefisien perpindahan fluida (h_i)</p> $h_i = j_H \times \frac{K}{D} \times \left[\frac{c \times \mu}{K} \right]^{1/3} \times \phi_s$ <p>$h_i/\phi_t = 5,2126 \text{ btu/ft}^2\text{hr}^\circ\text{F}$ $h_{i0}/\phi_t = \frac{h_i \times ID}{\phi_t \times OD}$ $= 4,3473 \text{ btu/ft}^2\text{hr}^\circ\text{F}$</p>
<p>m. Suhu <i>Tube Wall</i></p> <p>$T_c = 246,680 \text{ }^\circ\text{F}$</p> <p>$t_c = 114,9944 \text{ }^\circ\text{F}$</p> <p>$T_c - t_c = 131,6736 \text{ }^\circ\text{F}$</p> <p>$t_w =$</p> $t_c + \frac{\frac{h_0}{\phi_s}}{\frac{h_0}{\phi_s} + \frac{h_{i0}}{\phi_t}} \times (T_c - t_c)$ <p>$t_w = 221,9445 \text{ }^\circ\text{F}$</p>	
<p>n. Rasio viskositas dalam <i>shell</i> (ϕ_s)</p> <p>$t_w = 221,9445 \text{ }^\circ\text{F}$</p> <p>$^\circ\text{API} = 36,3133$</p> <p>Diketahui</p> <p>$^\circ\text{API} = 35; x = 10; y = 20; \mu_w = 0,95$</p> <p>$^\circ\text{API} = 42; x = 11,6; y = 16; \mu = 0,47$</p> <p>Untuk $^\circ\text{API} = 36,3133$</p> <p>$\mu_w = 2,0811 \text{ lb/ft hr}$</p> $\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$ <p style="text-align: center;">$\phi_s = 0,9689$</p>	<p>n. Rasio viskositas dalam tube (ϕ_t)</p> <p>$t_w = 221,9445 \text{ }^\circ\text{F}$</p> <p>$^\circ\text{API} = 38,4741$</p> <p>Diketahui</p> <p>$^\circ\text{API} = 35; x = 10; y = 20; \mu_w = 0,95$</p> <p>$^\circ\text{API} = 42; x = 11,6; y = 16; \mu = 0,47$</p> <p>Untuk $^\circ\text{API} = 38,1724$</p> <p>$\mu_w = 1,7726 \text{ lb/ft hr}$</p> $\phi_t = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$ <p style="text-align: center;">$\phi_t = 1,1398$</p>
<p>o. Hitung h_0 koreksi</p> $h_0 = \frac{h_0}{\phi_s} \times \phi_s$ <p style="text-align: center;">$h_0 = 18,8057 \times 0,9689$</p> <p>$h_0 = 18,2208 \text{ Btu/hr ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$</p>	<p>o. Menghitung h_{i0} koreksi</p> $h_{i0} = \frac{h_i}{\phi_t} \times \phi_t$ <p style="text-align: center;">$h_{i0} = 4,3473 \times 1,1398$</p> <p>$h_{i0} = 4,9552 \text{ Btu/hr ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$</p>
<p>p. Menghitung U_c</p> $U_c = \frac{h_{i0} \times h_0}{h_{i0} + h_0}$	



$Uc = \frac{4,9552 \times 18,2208}{4,9552 + 18,2208}$ $Uc = 3,8957 \text{ Btu/hr ft}^{2\circ}\text{F}$	
<p>q. Menghitung Ud</p> $A = NtxLxa'' = 1047,2$ $Ud = \frac{Qs}{Ax\Delta T LMTD}$ $Ud = \frac{130229,39}{1047,2 \times 129,2485}$ $Ud = 0,9622$	
<p>r. Menghitung Rd</p> $Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Ud}$ $Rd = \frac{3,8957 - 0,9622}{3,8957 \times 0,9622}$ $Rd = 0,7826 \text{ hr.ft}^2.\text{°F/Btu}$	
<p>Shell</p> <p>Res = 121,7653 f = 0,0058 fig.29 kern Sg = 0,8432 Ds = 30,748 in = 2,5623 ft Number of crosses $N+1 = 12 \times \frac{L}{B}$ = 5</p> <p>Pressure drop</p> $\Delta P_s = \frac{f \times (G_s)^2 \times D_s \times (N + 1)}{(5,22 \times 10^{10}) \times D_s \times S_g \times \phi_s}$ $\Delta P_s = \frac{0,0053 \times (3882,6639)^2 \times 2,5623 \times 5}{(5,22 \times 10^{10}) \times 2,5623 \times 0,8444 \times 0,9686}$ $\Delta P_s = 0,00034 \text{ Psi}$	<p>Tube</p> <p>Res = 70,6251 f = 0,008 fig.29 Kern Sg = 0,8340</p> <p>Pressure drop</p> $\Delta P_t = \frac{f \times (G_t)^2 \times L \times N}{(5,22 \times 10^{10}) \times D \times S_g \times \phi_t}$ $\Delta P_t = \frac{0,0061 \times (4836,7618)^2 \times 10 \times 1}{(5,22 \times 10^{10}) \times 0,0695 \times 0,8325 \times 1,1392}$ $\Delta P_t = 0,00049 \text{ Psi}$

IX.3 Pembahasan

Suatu alat perpindahan panas dinilai mampu berfungsi dengan baik apabila memenuhi dua ketentuan, yaitu nilai *fouling factor* (Rd) tidak melebihi 0,003 hr.ft².°F/Btu dan *pressure drop* tidak melebihi 10 psi. *Fouling factor* atau *dirt factor* (Rd) adalah nilai yang menunjukkan besarnya faktor pengotor, dikarenakan adanya endapan sehingga memberikan tahanan tambahan terhadap aliran panas. *Pressure drop* merupakan penurunan tekanan yang terjadi pada suatu aliran karena gesekan



dinding/saluran (Kern, 1950). *Fouling factor* dan *pressure drop* dapat mempengaruhi efisiensi kinerja heat exchanger.

Berdasarkan perhitungan yang telah diperoleh, nilai dirt factor (Rd) HE-02 sebesar $0,7826 \text{ hr.ft}^2.\text{°F/Btu}$, nilai ini sedikit melebihi ambang batas yang telah ditentukan $0.003 \text{ hr.ft}^2.\text{°F/Btu}$. Hal tersebut membuktikan bahwa terdapat kerak yang menempel pada dinding heat yang dapat menurunkan efisiensi kinerja heat exchanger (Kern, 1950). Fluida yang mengalir secara terus menerus dalam suatu alat akan membawa pengotor yang ikut terbawa kedalam aliran, pengotor tersebut akan menempel pada dinding-dinding shell and tube heat exchanger. Pengotor tersebut dalam waktu yang lama akan membentuk kerak sehingga dapat menghambat laju perpindahan panas dan penyumbatan aliran fluida dalam heat exchanger. Penyumbatan aliran fluida dapat menyebabkan naiknya pressure drop saat alat beroperasi sehingga dapat menurunkan efisiensi alat. Selain itu, penumpukan kerak juga dapat menyebabkan localize overheating karena kerak yang menempel tidak akan merata maka akan terjadi kenaikan suhu pada spot tertentu dan jika terjadi terus menerus tanpa ada maintenance akan meyebabkan kebocoran pada heat exchanger.

Nilai *pressure drop* pada *shell and tube* HE-02 ini secara berturut turut yaitu 0.00034 psi dan $0,00049 \text{ psi}$, nilai tersebut masih di bawah batas yang ditentukan yaitu 10 psi . Nilai yang melebihi batas yang telah ditentukan akan menyebabkan laju alir massa masukan *shell and tube* jauh berbeda dengan laju alir massa keluaran aliran *shell and tube*. Penurunan tekanan yang besar akan menyebabkan menurunnya driving force masing-masing fluida sehingga menyebabkan penurunan kinerja heat exchanger yang digunakan. Adapun nilai efisiensi kinerja HE-02 adalah sebesar $76,81\%$. Nilai *pressure drop*, *dirt factor* (Rd) dan efisiensi membuktikan bahwa heat exchanger-02 masih layak untuk digunakan pada unit kilang PPSDM Migas Cepu, namun tetap perlu pengawasan terhadap keberadaan kerak yang terdapat di dalam *heat exchanger* agar efisiensi dapat ditingkatkan.



BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

X.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan terhadap performa heat exchanger 02, dapat disimpulkan bahwa :

1. Efisiensi *Heat Exchanger-02* sebesar 76,81%. Nilai *pressure drop shell and tube* berturut-turut adalah 0.00039 psi dan 0,00049 psi, nilai tersebut masih di bawah batas yang ditentukan yaitu 10 psi. Nilai dirt factor (Rd) 0.7826 hr.ft².°F/Btu, nilai ini sedikit melebihi ambang batas yang telah ditentukan 0.003 hr.ft².°F/Btu, disebabkan adanya kerak/deposit yang menempel pada dinding tube.
2. Nilai efisiensi, *pressure drop*, dan *dirt factor* (Rd) membuktikan bahwa *heat exchanger-02* masih layak untuk digunakan pada unit kilang PPSDM Migas Cepu, namun tetap perlu pengawasan terhadap keberadaan kerak yang terdapat di dalam *heat exchanger* agar efisiensi dapat berjalan dengan sempurna

X.2 Saran

Setelah menganalisis dari hasil perhitungan dan permasalahan yang terjadi pada *heat exchanger-02*, penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Untuk menjaga efektivitas kinerja *heat exchanger-02*, hingga meningkatkan efektivitas kinerja maka sebaiknya dilakukan perawatan secara berkala.
2. Memberikan isolasi pada dinding shell untuk menekan heat loss sehingga effisiensinya meningkat.