

## OPTIMASI KINERJA *HEAT EXCHANGER 6-5A* PADA UNIT *CRUDE DISTILLER V (CDU V)* PT X

Philipus Bryan Rahanwatty<sup>1\*</sup>, Agus Setiyono<sup>1</sup>, Heriyanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada No. 38 Cepu, Blora Jawa Tengah, 58315

\*E-mail: [bryanphilipus02@gmail.com](mailto:bryanphilipus02@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi termal *Heat Exchanger 6-5A* pada unit *Crude Distiller* di PT X. Melalui pengumpulan data operasional, dihitunglah *Dirt Factor* (Rd) dan *Pressure Drop* untuk mengevaluasi kinerja alat. Hasil menunjukkan bahwa nilai *Dirt Factor* mencapai 0,0195945 Btu/hr ft<sup>2</sup>F, yang sesuai dengan standar D.Q.Kern, sedangkan *pressure drop* dibagian shell dan tube masing-masing adalah 0,1764831 Psi dan 3,2510719 Psi, jauh di bawah batas maksimum 10 psi. Efisiensi termal yang diperoleh sebesar 50,1%, menunjukkan bahwa *Heat Exchanger* mampu memindahkan sekitar dari potensi maksimum panas. Temuan ini mengindikasikan bahwa *Heat Exchanger 6-5A* berfungsi dengan baik dan memenuhi kriteria desain yang ditetapkan, sehingga berkontribusi pada efisiensi proses pengolahan *Crude Oil*.

**Kata kunci:** *Heat Exchanger*, Efisiensi Termal, *Dirt Factor*

### 1. PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas bumi memiliki kontribusi signifikan terhadap perkembangan ekonomi di Indonesia, khususnya dalam memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat, baik di dalam negeri maupun untuk pasar internasional [1]. PT X merupakan salah satu kilang yang berperan dalam pengolahan minyak mentah menjadi produk-produk bernilai tinggi seperti BBM, Non-BBM, dan Petrokimia. Dalam proses pengolahan tersebut, salah satu komponen penting adalah *Heat Exchanger* (HE) yang berfungsi sebagai penukar panas untuk memaksimalkan efisiensi energi pada unit pengolahan *Crude Oil*.

*Heat Exchanger 6-5A* pada unit *Crude Distiller V (CDU V)* memiliki peran utama dalam pemanasan awal minyak mentah sebelum masuk ke *Furnace* dengan menggunakan residu sebagai media pemanas. [2] Namun, selama beroperasi, kinerja HE 6-5A dapat terpengaruh oleh beberapa faktor seperti akumulasi kotoran (*fouling*) yang diindikasikan dengan meningkatnya *Dirt Factor*, serta tingginya *Pressure Drop* pada bagian shell dan tube. Kondisi ini dapat menyebabkan penurunan efisiensi perpindahan panas sehingga mempengaruhi proses keseluruhan. [3]. Oleh karena itu, optimasi kinerja HE 6-5A bertujuan untuk meningkatkan efisiensi proses perpindahan panas dan mengurangi kerugian energi. Langkah-langkah optimasi dilakukan melalui penerapan metode seperti pembersihan rutin untuk menjaga kebersihan permukaan perpindahan panas serta peningkatan isolasi termal untuk meminimalkan *heat loss*. [4].

### 2. METODE

Metode penelitian ini menggunakan metode Optimasi kinerja terhadap *Heat Exchanger 6-5A* pada unit *Crude Distiller V* di PT X. Data operasional dikumpulkan melalui pengukuran langsung parameter-parameter proses seperti *Dirt Factor*, *Pressure Drop*, dan efisiensi perpindahan panas. [5]

Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari kedua variabel tersebut terhadap kinerja HE 6-5A. Metode evaluasi meliputi pengukuran tekanan fluida pada bagian *shell* dan *tube*, serta perhitungan efisiensi termal untuk menentukan apakah nilai *Dirt Factor* dan *Pressure Drop* berada di atas ambang batas yang direkomendasikan. [6] Rekomendasi perbaikan yang diberikan didasarkan pada hasil analisis, seperti jadwal pembersihan rutin dan peningkatan isolasi termal untuk meminimalkan penurunan kinerja dan *heat loss* pada HE 6-5A. [7]

### 3. PEMBAHASAN

#### A. Penjelasan Hasil Pengamatan

Pada tabel 1, suhu fluida dibagian *inlet shell* tercatat sebesar 294°C, sedangkan suhu *outlet* menunjukkan penurunan hingga 198°C. Penurunan sebesar 96°C ini menandakan terjadinya perpindahan panas dari fluida yang mengalir di dalam *shell* ke fluida yang berada di *tube*. Aliran fluida di bagian *shell* mencapai *flowrate* 1391 ton/hari dengan nilai *specific gravity* sebesar 0,9115. Nilai ini menunjukkan densitas fluida yang cukup tinggi, yang biasanya mengindikasikan jenis fluida dengan kandungan hidrokarbon berat, seperti residu. [8]

**Tabel 1. Data Pengamatan Shell HE 6-5A**

Tanggal	Pukul (WIB)	T (in) <sup>o</sup> C	T (out) <sup>o</sup> C	Flowrate (ton/day)	Spesifik Gravity
28 Agustus 2024	09:20	294	198	1391	0,9115

**Tabel 2. Data Pengamatan Tube HE 6-5A**

Tanggal	Pukul (WIB)	T (in) <sup>o</sup> C	T (out) <sup>o</sup> C	Flowrate (ton/day)	Spesifik Gravity
28 Agustus 2024	09:20	116	162	2793	0,8538

**Tabel 3. Data Design Alat HE**

DATA DESIGN ALAT						
Parameter	Sheel		Tube		Catatan	Satuan
Tipe	shell & tube					
Fluida Sirkulasi	Vapour		Crude Oil			
Fluida Panas in	562		-			F
Fluida Panas out	389		-			F
Fluida Dingin in	-		241			F
Fluida Dingin out	-		324			F
Jumlah Tube (Nt)	-		350			
Jumlah Baffle			26			
Jarak Baffle (B)	32		-			inch
Panjang tube	-		13.12			ft
Jumlah Pass	1		4			
ΔP	0.176483147		3.251071985			psi
Luas transfer panas						m2
Jarak antar sumbu			1.25			inch
Pitchtube/layout (a't)			0.479			in2
Dia. equivalent	0.158660651					ft
Diameter	28	2.6	1	0.08	ID/OD	inch/ft

Pada tabel 2, suhu fluida di bagian inlet tube tercatat sebesar 116°C dan mengalami kenaikan hingga 162°C di outlet. Peningkatan suhu sebesar 46°C menunjukkan adanya pemanasan pada fluida di dalam tube, yang disebabkan oleh perpindahan panas dari fluida di shell ke fluida di tube. Aliran fluida di bagian tube tercatat dengan flowrate 2793 ton/hari dan specific gravity sebesar 0,8538. Nilai specific gravity yang lebih rendah dibandingkan fluida di shell menandakan bahwa fluida di tube memiliki karakteristik yang lebih ringan, seperti minyak mentah atau komponen distilat yang lebih ringan. [9]. Tabel 3 merupakan data design HE.

*Shell = Long Residu*

- $T_1 = 294 \text{ }^\circ\text{C} = 32 + \left(\frac{9}{5} \times 227\right) = 562 \text{ }^\circ\text{F}$
- $T_2 = 198 \text{ }^\circ\text{C} = 389 \text{ }^\circ\text{F}$
- $T_1 - T_2 = 173 \text{ }^\circ\text{F}$
- $W = 1391.33 \text{ lb/jam}$
- $Spgr^{60\%60} = 0.9115$
- $API_{long\ residu} = \frac{141.5}{0.9115} - 131.5 = 23.74$

*Tube = Crude Oil*

- $t_1 = 116 \text{ }^\circ\text{C} = 32 + \left(\frac{9}{5} \times 227\right) = 241 \text{ }^\circ\text{F}$
- $t_2 = 162 \text{ }^\circ\text{C} = 324 \text{ }^\circ\text{F}$
- $t_2 - t_1 = 83 \text{ }^\circ\text{F}$
- $w = 2792.67 \text{ lb/jam}$
- $Spgr^{60/60} = 0.8538$
- $API_{Crude\ Oil} = \frac{141.5}{0.8538} - 131.5 = 34.23$

### 1. Heat Balance

$$Q = W \cdot C (T_1 - T_2) = w \cdot c (t_1 - t_2) \quad (1)$$

- *Shell Side*

Diketahui :

$$T_{Avg} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{562 + 389}{2} = 475.40 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$C_{plongresidu} = 0.53 \text{ Btu/h F [2]}$$

$$Q_{longresidu} = M \times c_p \times (T_1 - T_2) = 14357725.2 \text{ Btu/jam} \quad (2)$$

- *Tube Side*

Diketahui :

$$t_{Avg} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{241 + 324}{2} = 282.50 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$C_{ptube} = 0.51 \text{ Btu/h F [2]}$$

$$Q_{tube} = M \times C_p \times (t_1 - t_2) = 121917121.77 \text{ Btu/jam}$$

## 2. Menghitung LMTD

Tabel 4. Heat Balance HE 6-5A

Heat Balance					
Shell			Tube		
Fluida Panas			Fluida Dingin		
Variabel	Nilai	Satuan	Variabel	Nilai	Satuan
T1	562	F	t1	241	F
T2	389	F	t2	324	F
ΔT (T1-T2)	173	F	ΔT (t2-t1)	83	F
Δth	238	F	Δtc	148	F
Flowrate	127828.75	lb/jam	Flowrate	256576.25	lb/jam
cp	0.65		cp	0.57	
Q	14357725.2	Btu/jam	Q	12197121.77	Btu/jam

$$\begin{aligned}
 LMTD &= \frac{(T_1-t_2)-(T_2-t_1)}{\ln\left(\frac{T_1-t_2}{T_2-t_1}\right)} = \frac{\Delta t_2-\Delta t_1}{\ln\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \quad (3) \\
 &= \frac{(562-324)-(389-241)}{\ln\left(\frac{562-324}{389-241}\right)} \\
 &= \frac{(238)-(148)}{\ln\left(\frac{238}{148}\right)} \\
 &= 189,396 \text{ }^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

$$R = \frac{T_1-T_2}{t_2-t_1} = \frac{173}{83} = 2,07$$

$$S = \frac{t_2-t_1}{T_1-t_2} = \frac{148}{238} = 0,26$$

Jadi, untuk R = 2,07 dan S = 0,26 didapat FT = 0,87 [2], maka didapatkan  $\Delta t = Ft \times LMTD$   
 $= 0,89 \times 189,39 \text{ }^\circ\text{F}$   
 $= 168,563 \text{ }^\circ\text{F}$

## 3. Perhitungan Suhu Caloric (Tc dan tc)

$$\frac{\Delta tc}{\Delta th} = \frac{148}{238} = 0,62 \text{ [2]}$$

Diketahui :

$$T_1-T_2 = 173 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$^\circ\text{API} = 23,74$$

Dari [2], diperoleh Kc = 0,46 diplot terhadap  $\frac{\Delta tc}{\Delta th} = 0,9$  maka diperoleh nilai Fc = 0,62

$$\begin{aligned}
 T_c \text{ (Shell)} &= T_2 + F_c \times (T_1 - T_2) \quad (4) \\
 &= 389 + 0,62 (173) \\
 &= 496,13 \text{ }^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_c \text{ (Tube)} &= t_1 + F_c \times (t_2-t_1) \quad (5) \\
 &= 241 + 0,62 \times (83) \\
 &= 292,50 \text{ }^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

**4. Luas Aliran (Flow Area), as dan at**

## a. Pada Shell

Diketahui :

Diameter dalam (ID) = 2,6 in

Pitch (Pt) = 1,25

Tube Clearance (C'') = Pt - OD

= 1,25 - 0,8 = 1,17 ft<sup>2</sup>

Jarak Baffle (B) = 32 in

Jumlah shell HE = 1 Sheel

Maka,

$$\begin{aligned}
 as &= \frac{ID \times C'' \times B}{144 Pt} & (6) \\
 &= \frac{2,6 \text{ in} \times 1,17 \text{ ft}^2 \times 32 \text{ in}}{144 \times 1,25 \text{ in}} \\
 &= 0,54 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

## b. Pada Tube

Diketahui :

Jumlah Tube (Nt) = 350

Jumlah Pass (n) = 4 pass

Diameter Luar (OD) = 0,8

BWG = 12

Maka,

a't = 0,479 in<sup>2</sup> [2]

$$\begin{aligned}
 at &= \frac{Nt \times a't}{144 n} & (7) \\
 &= \frac{350 \times 0,223}{144 \times 4} = 0,29 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

**5. Kecepatan Massa (Mass Velocity), Gs dan Gt**

## a. Pada Shell

Diketahui :

Ws = 127828,75 lb/hr

as = 0,540 ft<sup>2</sup>

Maka,

$$\begin{aligned}
 Gs &= \frac{Ws}{as} & (8) \\
 &= \frac{127828,75 \text{ lb/hr}}{0,540 \text{ ft}^2} \\
 &= 236369,73 \text{ lb/hr ft}^2
 \end{aligned}$$

## b. Pada Tube

Diketahui :

Wt = 256576,25 lb/hr

at = 0,29105 ft<sup>2</sup>

Maka,

$$\begin{aligned}
 Gt &= \frac{wt}{at} & (9) \\
 &= \frac{\text{lb/hr}}{\text{ft}^2} \\
 &= \frac{256576,25 \text{ lb/hr}}{0,29105 \text{ ft}^2} \\
 &= 881526,51 \text{ lb/hr.ft}^2
 \end{aligned}$$

## 6. Bilangan Reynold

### a. Pada Shell

Diketahui :

$$\begin{aligned}\mu &= 0,53 \text{ Cp} \times 2,42 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{hr}} \\ &= 1,3 \text{ lb/ft.hr}\end{aligned}\tag{10}$$

Maka,

$$de = \frac{4 \times (P_i^2 - \frac{\pi d_0^2}{4})}{\pi d_0}\tag{11}$$

$$De = 0,15 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}\text{Res} &= \frac{De \times Gs}{\mu} \\ &= \frac{0,158661 \text{ ft} \times 236369,73 \text{ lb/hr.ft}^2}{1,3 \text{ lb/ft.hr}} \\ &= 29239,49\end{aligned}\tag{12}$$

### b. Pada Tube

Diketahui :

$$\begin{aligned}\mu &= 0,51 \text{ Cp} \times 2,42 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{hr}} \\ &= 1,23 \text{ lb/ft.hr}\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}Dt &= 0,532 \text{ in} \\ &= 0,044 \text{ ft} \quad [2]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ret} &= \frac{Dt \times Gt}{\mu} \\ &= \frac{0,044 \text{ ft} \times 881526,15 \text{ lb/hr.ft}^2}{1,23 \text{ lb/ft.hr}} \\ &= 31663,82\end{aligned}\tag{13}$$

## 7. Faktor Perpindahahn Panas (jH)

### a. Pada Shell

Diketahui :

$$\text{Re}_s = 29239,494$$

Maka,

$$jH = 98 \quad [2]$$

### b. Pada Tube

Diketahui :

$$\text{Re}_t = 31664,815$$

$$L = 13,12 \text{ ft}$$

$$Dt = 0,044 \text{ ft}$$

$$L/D = 295,94$$

Maka,

$$jH = 100 \quad [2]$$

## 8. Koefesien Perpindahan Panas

### a. Pada Shell

Diketahui :

$$\text{Tc} = 496,136 \text{ }^\circ\text{F} \text{ dan API} = 23,74 \text{ didapatkan :}$$

$$\text{Cp} = 0,53 \text{ Btu/lb }^\circ\text{F} \quad [2]$$

$$K = 0,071 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr } ^\circ\text{F} \quad [2]$$

Maka,

$$\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,53 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F} \times 1,3 \text{ lb/ft} \cdot \text{hr}}{0,071 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr } ^\circ\text{F}}\right)^{1/3} = 2,12 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

b. Pada *Shell*

Diketahui :

$$t_c = 292,508 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ dan } \text{API} = 34,23 \text{ didapatkan :}$$

$$C_p = 0,51 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F} \quad [2]$$

$$K = 0,073 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr } ^\circ\text{F} \quad [2]$$

Maka,

$$\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,51 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F} \times 1,23 \text{ lb/ft} \cdot \text{hr}}{0,073 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr } ^\circ\text{F}}\right)^{1/3} = 2,05 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

## 9. $h_o/\Phi_s$ dan $h_{io}/\Phi_t$

a. Pada *Shell*

Diketahui :

$$jH = 98$$

$$k/De = 0,053 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr } ^\circ\text{F} / 0,15 \text{ ft} \\ = 0,71$$

$$\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} = 2,12 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} = 1,03$$

Maka,

$$h_o = jH \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right) \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} \quad (14) \\ = 98 \times 0,71 \times 2,12 \text{ Btu/ft } ^\circ\text{F} \times 1,035 \\ = 93,12181 \text{ Btu/h ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

b. Pada *Tube*

Diketahui :

$$jH = 100$$

$$k/Dt = 0,053 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{hr } ^\circ\text{F} / 0,44 \text{ ft} \\ = 0,73$$

$$\left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right)^{1/3} = 2,05 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} = 1,02$$

Maka,

$$h_i = jH \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{c \cdot \mu}{k}\right) \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} \quad (14) \\ = 100 \times 0,73 \times 2,05 \text{ Btu/ft } ^\circ\text{F} \times 1,029 \\ = 337,65513 \text{ Btu/h ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Maka,

$$h_{io} = h_i \times \frac{ID}{OD} \quad (15) \\ = 337,65513 \text{ Btu/h ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 0,532/0,8 \\ = 2245,407 \text{ Btu/h ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

## 10. Clean Overall Coefficient, $U_c$

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} \times h_o} \quad (16)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2312,54 \frac{\text{Btu}}{\text{hf}} \text{ft}^2 \text{ F} \times 96,4238 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \text{ft}^2 \text{ F}}{2312,54 \frac{\text{Btu}}{\text{hf}} \text{ft}^2 \text{ F} + 96,4238 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \text{ft}^2 \text{ F}} \\
 &= 92,564228 \text{ Btu/h ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

### 11. Design Overall Coefficient, Ud

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{OD} &= 1 \text{ in} \\
 \text{BWG} &= 12 \\
 a'' &= 0,204 \text{ ft}^2/\text{ft} \\
 L &= 13,12 \text{ Ft} \\
 N_t &= 350 \\
 \text{Shell} &= 1 \\
 \text{Maka,} \\
 A &= (a'' \times L \times N_t) 1 \\
 &= (1,2598 \text{ ft}^2/\text{ft} \times 13,12 \text{ ft} \times 350) \\
 &= 2199,568 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$U_d = \frac{Q}{A \times \Delta t} = \frac{12197121,77 \text{ Btu/hr}}{2199,568 \text{ ft}^2 \times 168,563 \text{ F}} = 32,897148 \text{ Btu/h ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

### 12. Faktor Pengotor, Rd

$$\begin{aligned}
 R_d &= \frac{U_c - U_d}{U_c - U_d} = \frac{92,56422884 \frac{\text{Btu}}{\text{hf}} \text{ft}^2 \text{ F} - 32,8971479 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \text{ft}^2 \text{ F}}{92,56422884 \frac{\text{Btu}}{\text{hf}} \text{ft}^2 \text{ F} \times 32,8971479 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \text{ft}^2 \text{ F}} \\
 &= 0,0195945 \text{ H ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}/\text{Btu}
 \end{aligned}$$

### 13. Pressure Drop

a. Pada Shell

$$\begin{aligned}
 1). \text{ Untuk Res} &= 29239,49 \\
 f &= 0,0018 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ [2]} \\
 T_c &= 496,136 \text{ }^\circ\text{F} \\
 \text{ }^\circ\text{API} &= 23,74 \\
 S &= 0,85 \\
 D_s &= \frac{ID}{12 \text{ ln/ft}} = \frac{28}{12 \text{ ln/ft}} \\
 &= 2,33 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

(17)

2). Not of Crosses

$$\begin{aligned}
 (N + 1) &= \frac{12 L}{B} \\
 &= \frac{12 \times 13,12 \text{ ft}}{32} \\
 &= 4,92
 \end{aligned}$$

(18)

Pressure Drop ( $\Delta P_s$ )

$$\begin{aligned}
 \Delta P_s &= \frac{f \cdot G_s^2 D_s (N+1)}{5,22 \times 10^{10} \cdot s \cdot \Phi_s} \\
 &= \frac{0,0018 \frac{\text{ft}^2}{\text{in}^2} \times (236369,73 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \text{ft}^2) 2 \times 2,6 \text{ ft} \times 4,92}{5,22 \times 10^{10} \times 0,158 \text{ ft} \times 0,84 \times 1,035} \\
 &= 0,178584141 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

(19)

b. Pada Tube

$$\begin{aligned}
 \text{Ret} &= 31664,815 \\
 f &= 0,00019 \text{ ft}^2/\text{in}^2 \text{ [2]} \\
 t_c &= 292,508 \text{ }^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{°API} &= 34,23 \\ S &= 0,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Gt &= \frac{lb}{jam} ft^2 & (20) \\ L &= 13,12 ft \\ n &= 4 \\ \Phi t = \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)_{0,14} &= 1,029897 \end{aligned}$$

1). Pressure Drop ( $\Delta P_s$ )

$$\begin{aligned} \Delta P_t &= \frac{f \cdot Gt^2 \cdot L \cdot n}{5,22 \times 10^{10} D \cdot s \cdot \Phi t} \\ &= \frac{0,00019 \frac{ft^2}{ln^2} \times (881526,51 \frac{lb}{jam} ft^2)^2 \times 13,12 ft \times 4}{5,22 \times 10^{10} \times 0,044 ft \times 1,029897} \\ &= 3,25107198 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$2). Gt = 881526,51 \frac{lb}{jam} ft^2$$

$$\frac{v^2}{2g'} \text{ psi} = 0,098 \text{ Psi} \quad [2]$$

Maka,

$$\begin{aligned} \Delta P_r &= 2 \frac{4 \times n}{s} \times \frac{v^2}{2g} & (21) \\ &= 2 \frac{4 \times 4}{0,82} \times 0,098 \\ &= 1,912195 \text{ Psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3). \Delta P_T &= \Delta P_t + \Delta P_r & (22) \\ &= 3,251071 \text{ psi} + 1,912195 \text{ psi} \\ &= 5,163267 \text{ Psi} \end{aligned}$$

#### 14. Efektivitas Kerja HE

$$a. \text{ Efisiensi} = \frac{Q_{actual}}{Q_{max}} \times 100\% \quad (23)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{10913214,22 \text{ btu/jam}}{21747505,24 \text{ btu/jam}} \times 100\% \\ &= 50,1 \% \end{aligned}$$

Tabel 5. Efisiensi Kerja HE 6-5A

KETERANGAN VARIABEL	SATUAN	SHELL SIDE (SOLAR)	TUBE (CRUDE OIL)
Temperatur <i>Inlet</i>	°F	294	116
Temperatur <i>Outlet</i>	Btu/ib. °F	198	162
<i>Spesific Heat</i> (Cp)	Lb/jam	0,53	0,51
<i>Flow Rate</i> (W)	Btu/jam	127828,75	256576,67
Beban Panas (Q)	Btu/jam	14357725,2	12197121,77
Q yang dimanfaatkan	Btu/jam	14357725,75	
Q yang tidak dimanfaatkan	Btu/jam	12197121,77	
LMTD	°F	168,5628	

Faktor koreksi LMTD	°F	0,89	
LMTD Terkoreksi	°F	189,396	
Temperatur kalorik	°F	496,136	292,508
Luas area (A)	Lb/jam.ft <sup>2</sup>	0,5408	0,2910
Kecepatan Massa (G)	Lb/jam.ft <sup>2</sup>	236369,73	881526,51
Bilangan <i>Reynold</i> (Re)		29239,494	31664,815
Faktor jH		98	100
Koefisien Perpindahan Panas	Btu/jam.ft <sup>2</sup>	93,1218177	337,655135
Koefisien Perpindahan Panas Terkoreksi	Btu/jam.ft <sup>2</sup>	96,42379	347,7502
Temperatur Dinding Tube (Tw)	°F	300,61661	
Koefisien <i>Clean Overall</i> (Uc)	Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	92,56422884	
Koefisien <i>Design Overall</i> (Ud)	Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	32,8971479	
<i>Fouling Factor</i> (Rd)	Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	0,0195945	
<i>Pressure Drop</i>	Psi	0,17648315	3,25107198
<i>Pressure Drop Return</i>	Psi	5,16326711	

Tabel 3 menyajikan data operasional HE 6-5A, yang mencakup sisi *shell* (solar) dan tube (*crude oil*). Temperatur *inlet* dan *outlet* menunjukkan perbedaan suhu, dengan *inlet shell* lebih tinggi. *Spesific heat* untuk kedua fluida hampir setara, dan *flow rate* yang lebih tinggi di sisi *shell*. Beban panas (Q) mencatat total energi yang dipindahkan, dengan Q yang dimanfaatkan menunjukkan efisiensi. LMTD dan faktor koreskinya digunakan untuk menghitung perbedaan suhu rata-rata. Bilangan *reynold* (Re) menandakan jenis aliran, sedangkan koefisien perpindahan panas menunjukkan efektivitas perpindahan panas. Nilai *fouling factor* yang tinggi mengindikasikan penumpukan kerak, sementara *pressure drop* menunjukkan penurunan tekanan pada kedua sisi, penting untuk evaluasi kinerja sistem. Data ini berguna untuk meningkatkan efisiensi operasional *Heat Exchanger*.

Optimasi kinerja Heat Exchanger (HE) 6-5A pada Unit Crude Distiller V (CDU V) menunjukkan efisiensi termal sebesar 50,1%, dengan Dirt Factor (Rd) mencapai 0,0196 BTU/hr.ft<sup>2</sup>.°F, jauh di atas batas desain 0,005 BTU/hr.ft<sup>2</sup>.°F, yang mengindikasikan fouling signifikan pada dinding Tube. Pressure Drop tercatat sebesar 0,176 Psi pada Shell dan 3,25 Psi pada Tube, masih di bawah batas maksimum 10 Psi. Heat loss mencapai 49,9% akibat isolasi termal yang kurang optimal. Untuk meningkatkan efisiensi dan memperpanjang masa pakai, direkomendasikan pembersihan rutin untuk mengurangi fouling, perbaikan isolasi termal guna mengurangi heat loss, serta monitoring lebih ketat pada suhu dan tekanan. [10]

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa:

1. Efisiensi Termal yang diperoleh adalah 50,1% merupakan efisiensi yang dari perolehan dari hasil optimasi yang sebelumnya 45%

2. *Dirt factor* (Rd) yang diperoleh adalah 0,019594 hasil yang diperoleh sudah sesuai dengan standar buku D.Q. Kern yang diperoleh yaitu  $0,001 \text{ Btu/hr ft}^2\text{°F} - 0,005 \text{ Btu/hr ft}^2\text{°F}$ .
3. *Pressure drop* yang diperoleh pada HE 6-5A pada *shell* adalah 0,1764831 Psi, dan pada *tube* adalah 3,251072 Psi. Dari hasil yang diperoleh sudah memenuhi standar dari buku D.Q. Kern dengan batas maksimal *pressure drop* yaitu 10 psi.

## **5. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] N. a. T. Broadway, *Standart of the Tubular Exchanger Manufactur Association Tubular Exchanger Manufaktur*.
- [2] D. Kern, 0.PDF, 1983, p. 423.
- [3] J. SUDRAJAT, “Bagian-bagian *shell* dan *tube Heat Exchanger*,” *Journal Teknik Mesin*, vol. Vol 6, no. 178, p. 3, 2017.
- [4] A. M. A. Ghifary, A. N. Nasya, T. Riadz dan L. Cundari, “Evaluasi Kinerja *Heat Exchanger* E-401 Unit Pe3,” vol. 20, p. 01, 2002.
- [5] H. Huda, T. R. Fathoni dan T. D. Larasati, “*Prediction Analysis of Fouling Model on Heat Exchanger in the Crude Oil Refinery*,” vol. 6, p. 1, 2002.
- [6] C. J. Geankoplis, *Transport proses and unit operation, New Jersey: PTR Prentice-Hall Inc Englewood*, 1983.
- [7] P. R. I. Plaju, *Design Data Sheet*, Palembang: RU III PLAJU, 2010.
- [8] P. R. I. Plaju, *Deskripsi Proses Unit CD&GP*, Palembang: RU III PLAJU, 2010.
- [9] P. Persero, *Sejarah PT. Pertamina RU III Plaju*, Palembang: RU III Plaju, 2010.
- [10] KESDM, *Jumlah Konsumsi dan Produksi LPG di Indonesia*, 2022.