Evaluasi Kinerja *Heat Exchanger* 1 (HE-1) dan *Heat Exchanger* 2 (HE-2) pada Unit Kilang

Alvin Siva Ananda, Angger Andini, Ifan Ramadana, Linda Septiana
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember

INFORMASI NASKAH

Diterima : 5 Agustus 2024
Direvisi : 26 Mei 2025
Disetujui : 12 Juni 2025
Terbit : 30 Juni 2025

Email korespondensi:
lindaseptiana782@gmail.com

Laman daring:
https://doi.org/10.37525/mz/2025-1/644

ABSTRAK

Heat exchanger merupakan salah satu alat utama yang digunakan dalam proses pengolahan *crude oil distillatioin* (CDU) di kilang PPSDM MIGAS. *Heat exchanger* berfungsi sebagai pemanasan awal (*preheater*) *crude oil* sebelum dipanaskan lebih lanjut pada *furnace*. Kinerja HE seiring waktu dapat menurun akibat *fouling* dan kondisi yang berubah, sehingga diperlukan adanya evaluasi kinerja secara berkala. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *Heat Exchanger* 1 dan *Heat Exchanger* 2 yang didasarkan pada *fouling factor* dan *pressure drop*. Metodologi penelitian yang digunakan yaitu pengamatan dan pengambilan data selama 5 hari terhadap kondisi operasi HE-01 dan HE-02 yang meliputi laju alir, densitas fluida, suhu *inlet* dan *outlet*. Efisiensi pada HE-1 adalah 65,64% dan pada HE-2 adalah 66,18%. Efisiensi kinerja *heat exchanger* relatif rendah karena usianya yang tua, telah dioperasikan dalam waktu lama, dan belum dilakukan pemeliharaan selama sekitar 3 tahun. Untuk menjaga dan meningkatkan kinerja HE-01 dan HE-02, perlu dilakukan pemeliharaan sesuai prosedur kerja serta evaluasi berkala untuk memantau kondisi *heat exchanger.*

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

ABSTRACT

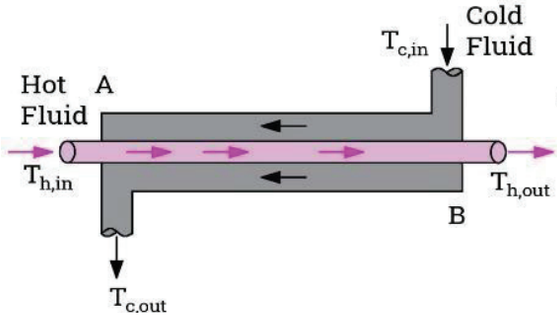
Heat exchanger is one of the main equipment used in the crude oil distillation process (CDU) at PPSDM MIGAS refinery. It functions as a preheater to heat crude oil before further heating in the furnace. Over time, the performance of heat exchangers can decline due to fouling and changing operating conditions, so regular performance evaluations are necessary. This study aims to evaluate the performance of Heat Exchanger 1 and Heat Exchanger 2 based on fouling factor and pressure drop. The research method involves observation and data collection over 5 days, covering flow rate, fluid density, and inlet and outlet temperatures of HE-01 and HE-02. The efficiency of HE-1 was 65.64%, and HE-2 was 66.18%. The relatively low efficiency is due to the long operating period, aging equipment, and lack of maintenance for about 3 years. To maintain and improve the performance of HE-01 and HE-02, maintenance according to standard procedures and regular evaluations are recommended.

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

PENDAHULUAN

Heat exchanger adalah alat yang memungkinkan perpindahan panas antara dua atau lebih fluida dengan temperatur berbeda (Gahana dkk., 2018). Fluida bisa berbentuk cair, uap, atau gas. Alat ini sangat penting dalam berbagai sistem industri, termasuk proses kilang minyak. *Heat exchanger* bermanfaat dalam memindahkan panas selama proses produksi minyak bumi, dengan prinsip dasar perpindahan panas tanpa adanya perpindahan massa (Kern, t.t.). *Heat exchanger* di kilang minyak PPSDM MIGAS digunakan untuk pemanasan awal *crude oil,* dengan solar yang diproduksi sendiri sebagai bahan pemanas.

Tipe *heat exchanger* di kilang PPSDM MIGAS adalah *shell and tube*. Alat ini memiliki dua bagian utama *shell* berbentuk silinder dan *tube* yang terbuat dari logam anti korosi. Fluida panas mengalir melalui *shell,* sementara fluida dingin mengalir melalui *tube* di dalam *shell,* tanpa bersentuhan langsung. Panas berpindah dari fluida panas (solar) ke fluida dingin *(crude oil)* melalui dinding *tube*.



Gambar 1. Aliran *counter curent*

Aliran *heat exchanger* di kilang ini adalah *counter current,* di mana fluida panas dan dingin bergerak berlawanan arah, menciptakan perbedaan temperatur yang besar dan meningkatkan efisiensi perpindahan panas (Kern, t.t.), (Syah, 2013), (Pratama Saputra, 2021).

Penggunaan *heat exchanger* (HE-1) dan (HE2) secara terus-menerus dapat menyebabkan penurunan kinerja. Evaluasi sangat penting mengingat peran *heat exchanger* dalam memanaskan *crude oil* sebelum diolah menjadi produk jadi. Penurunan kinerja HE dapat ditunjukkan oleh beberapa indikator, seperti peningkatan *pressure drop* yang signifikan, efisiensi perpindahan panas yang rendah, dan nilai *fouling factor* yang melebihi batas yang diizinkan (tidak melebihi 0,005 ft^2jam°F/Btu) (Kern, 1965). *Fouling factor* dapat mengurangi efisiensi perpindahan panas antara solar dan *crude oil,* sehingga menurunkan kinerja HE (Muchammad, t.t.). *Fouling* juga menyebabkan terbentuknya area *hot spot* yang berpotensi menimbulkan kebocoran pada HE (Jalu Prabaswara dkk., t.t.).

Penurunan tekanan atau *pressure drop* (ΔP) pada *heat exchanger* dapat mempengaruhi *driving force fluida*, yang dapat menurunkan performa *heat exchanger*. Jika *pressure drop* melebihi batas yang diizinkan, jumlah fluida yang mengalir melalui *inlet shell* dan *tube* akan berbeda signifikan dengan jumlah fluida yang keluar dari *outlet shell* dan *tube*, mengakibatkan ketidakseimbangan dalam aliran dan kinerja yang tidak optimal (Halim dkk., 2022).

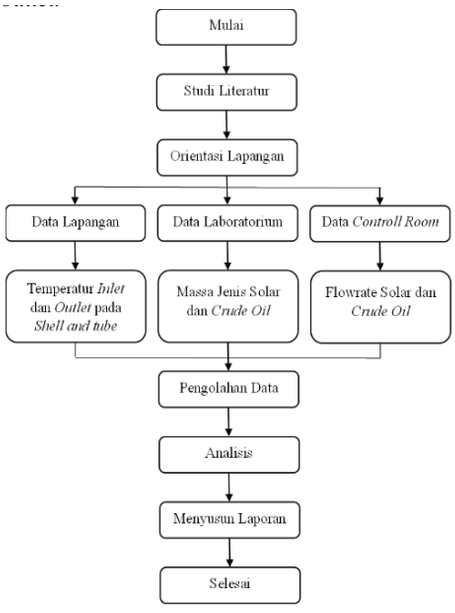
Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur kinerja terkini *heat exchanger* (HE-01) dan (HE-02) di kilang PPSDM Migas. Penilaian kinerja dilakukan dengan menggunakan persamaan perpindahan panas, yang dipengaruhi oleh suhu fluida pendingin dan fluida panas. Fenomena perpindahan panas melibatkan proses pelepasan dan penerimaan panas antara fluida, yang menyebabkan perubahan suhu (Pratama Saputra, 2021). Evaluasi ini membantu mengidentifikasi potensi perbaikan dan pemeliharaan yang diperlukan untuk memastikan bahwa *heat exchanger* beroperasi sesuai dengan standar, yang diharapkan untuk menjaga efisiensi proses produksi di kilang (Nugroho dkk., t.t.).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pengambilan data lapangan pada HE-1 dan HE-2 yang terdapat pada unit kilang PPSDM MIGAS serta perhitungan berdasarkan data yang diperoleh. Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:

A. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data lapangan dan data lain berupa data literatur. Pengumpulan data dilakukan selama 5 hari kemudian dilakukan rata-rata yang nilainya digunakan sebagai dasar perhitungan. Data lapangan yang dikumpulkan berupa laju alir, densitas fluida, suhu *inlet* dan *outlet.*



Gambar 2. Skema kerja

B. Perhitungan

1. Menentukan *Heat Balance* Perhitungan *heat balance* digunakan untuk mengetahui jumlah panas yang dipindahkan dari *hot fluid* (solar) ke *cold fluid* (*crude oil*).

   Perhitungan dapat dilakukan dengan persamaan neraca panas (Kern, t.t.), (Zain & Mustain, 2020).

   $$Qs = Qt \quad (1)$$

   $$Q = W \times Cp \times \Delta T \quad (2)$$

   $$Q = Qs - Qt \quad (3)$$

   $$\%loss = \frac{Q}{Qs} x100\% \quad (4)$$

   Keterangan:

   Q = jumlah panas yang dipindahkan (Btu/jam)

   W = laju massa fluida (lb/jam)

   Cp = *specific heat* (Btu/lb^{o}F)

   ΔT = perbedaan suhu (^{o}F)

2. Menghitung ΔT LMTD

   ΔT LMTD merupakan rata-rata beda suhu logaritmik di sepanjang heat exchanger yang digunakan untuk menghitung besarnya perpindahan panas (Kern, t.t.). Nilai ΔT LMTD didapat dengan mengalikan nilai LMTD dengan *correction factor* (Ft). LMTD merupakan rata-rata logaritmik dari perubahan suhu antara aliran dingin dan aliran panas dalam *heat exchanger.* Nilai LMTD dapat dicari dengan persamaan berikut (Kern, t.t.).

   $$LMTD = \frac{(T1-t2)-(T2-t1)}{\ln\frac{(T1-t2)}{(T2-t1)}} \quad (5)$$

   Nilai Ft dapat dicari dengan nilai *heat capacity* (R) dan *temperature efficiency* (S) yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

   $$R = \frac{T1-T2}{t2-t1} \quad (6)$$

   $$S = \frac{t2-t1}{T1-t1} \quad (7)$$

   Berdasarkan nilai R dan S yang telah dihitung maka nilai Ft dapat dicari dengan menggunakan *figure* 18 pada buku Kern. Nilai ΔT LMTD dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Kern, t.t.):

   $$\Delta T\ LMTD = LMTD \times Ft \quad (8)$$

3. Menghitung *Caloric Temperaure* pada *Shell and Tube* (Tc dan tc)

   Caloric temperature merupakan temperatur

rata-rata fluida yang terlibat dalam suatu pertukaran panas. *Caloric temperature* digunakan untuk menentukan sifat-sifat dari suatu fluida yang mengalir. Untuk menghitung Tc dan tc dibutuhkan nilai Fc yang diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\frac{\Delta tc}{\Delta th} = \frac{(T2-t1)}{(T1-t2)} \quad (9)$$

Nilai Fc diperoleh dari *figure* 17 pada buku Kern dengan memasukkan nilai Kc dan nilai Kc diperoleh dari *figure* 17 pada buku Kern. *Caloric temperature* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Kern, t.t.):

- *Caloric temperature* pada *shell* (Tc)
$$Tc = T2 + Fc \;\; T1 - T2 \quad (10)$$
- *Caloric temperature* pada *tube* (tc)
$$tc = t1 + Fc\,(t2 - t1) \quad (11)$$

4. Menghitung Luas Area pada *shell and tube* dan At)
   - Luas Area pada *shell* (As)
   $$As = \frac{IDs \times B \times C'}{144 \times Pt} \quad (12)$$
   - Luas Area pada *tube* (At)
   $$At = \frac{Nt \times At'}{144 \times n} \quad (13)$$
5. Menghitung kecepatan massa pada *shell and tube* (Gt) dan Kecepatan Massa pada *shell* (Gs)
   - Kecepatan Massa pada *shell* (Gs)
   $$Gs = \frac{Ws}{As} \quad (14)$$
   - Kecepatan Massa pada *tube* (Gt)
   $$Gt = \frac{Wt}{At} \quad (15)$$
6. Menghitung Bilangan Reynold (Re)
   - Bilangan Reynold pada *shell* (Res)
   $$Res = \frac{De \times Gs}{\mu} \quad (16)$$
   - Bilangan Reynold pada *tube* (Ret)
   $$Ret = \frac{IDt \times Gt}{\mu} \quad (17)$$

   Berdasarkan nilai Res dan Ret kemudian didapatkan nilai jH pada bagian *shell and tube* dari *figure* 28 pada buku Kern (Kern, t.t.), (Handoyo, 2000).
7. Menghitung nilai Koefisien Perpindahan Panas Pada Bagian *Shell*

$$\frac{ho}{\emptyset s} = jH \frac{k}{De} \times \left(\frac{Cp \times \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (18)$$

Pada Bagian *Tube*

$$\frac{hi}{\emptyset t} = \breve{jH} \frac{k}{IDt} \times \left(\frac{Cp \times \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (19)$$

8. Menghitung nilai temperatur pada dinding *tube*

$$\frac{hio}{\emptyset t} = \frac{hi}{\emptyset t} \times \frac{IDt}{OD} \quad (20)$$

Temperatur pada dinding *tube* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$tw = tc + \frac{\frac{ho}{\emptyset s}}{\frac{ho}{\emptyset s} + \frac{hio}{\emptyset t}} \times (Tc - tc) \quad (21)$$

9. Menghitung Nilai ho, hi, dan hio
   - Pada bagian *shell*
   $$ho = \frac{ho}{\emptyset s} \times \emptyset s \quad (22)$$
   - Pada bagian *tube*
   $$hi = \frac{hi}{\emptyset t} \times \emptyset t \quad (23)$$
   $$hio = \frac{hio}{\emptyset t} \times \emptyset t \quad (24)$$
10. Menghitung *Coefficient Clean Overall* (Uc) *Coefficient Clean Overall* (Uc) merupakan nilai yang menunjukkan ketika *heat exchanger* dalam keadaan bersih yang mana di dalamnya belum terbentuk kerak yang dapat menyebabkan adanya hambatan pada saat proses perpindahan panasnya. Nilai *Coefficient Clean Overall* (Uc) dapat dihitung dengan persamaan berikut:
    $$Uc = \frac{hio \times hc}{hio + hc} \quad (25)$$
11. Menghitung *Coefficient Dirty Overall* (Ud) *Coefficient Dirty Overall* (Ud) merupakan nilai yang menunjukkan ketika *heat exchanger* dalam keadaan kotor atau setelah ada pengotor. *Coefficient Dirty Overall* (Ud) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:
    $$Ud = \frac{Qt}{A \times \Delta T\, LMTD} \quad (26)$$
12. Menghitung *Fouling Factor* (Rd) *Fouling Factor* (Rd) merupakan hambatan dalam proses perpindahan panas dikarenakan adanya

pengotor atau endapan-endapan di dalam *heat exchanger. Fouling Factor* (Rd) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Ud} \quad (27)$$

13. Menghitung Efisiensi *Heat Exchanger*

$$\eta = \frac{Qt}{Qs} x100\% \quad (28)$$

14. Menghitung *Pressure Drop* (ΔP) *Pressure Drop* (ΔP) atau penurunan tekanan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

- *Pressure Drop* pada *shell* (ΔPs)

$$\Delta Ps = \frac{f \times (Gs)^2 \times (N+1)}{5{,}225 \times (10)^{10} \times De \times SG \times \emptyset s} \quad (29)$$

- *Pressure Drop* pada *tube* (ΔPt)

$$\Delta Pt = \frac{f \times (Gt)^2 \times n}{5{,}225 \times (10)^{10} \times IDt \times SG \times \emptyset t} \quad (30)$$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan

Data spesifikasi alat dan data pengamatan operasi pada *Heat Exchanger* 1, 2 (HE-1 dan HE2) yang digunakan pada unit kilang PPSDM MIGAS dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Spesifikasi HE-1 dan HE-2

No	Uraian	Notasi	Nilai	
	***Tube* (*Crude Oil*)**			
1	Dimensi Dalam	ID	0,834	Inci
2	Dimensi Luar	OD	1	Inci
3	BWG		14	
4	Jumlah *Tube*	Nt	400	Buah
5	*Pitch*	Pt	1,25	Inci
	***Shell* (Solar)**			
1	Panjang *Shell*	L	120	Inci
2	Diameter Dalam	ID	30,748	Inci
3	Diameter Luar	OD	31,614	Inci
4	Jumlah *Baffle*	N	4	Buah
5	Jumlah *passes*	n	1	

Tabel 2. Data pengamatan operasi HE-1

***Tube* (*Crude oil*)**				
No	**Kapasitas (L/hari)**	**Densitas (Ltr ·15°C)**	**t_1 (°C)**	**t_2 (°C)**
1	275,155	0,8401	36	44
2	274,788	0,8372	37	47
3	277,498	0,8379	36	45
4	278,490	0,8377	35	44
5	299,129	0,8377	37	46
Avg	281,012	0,8381	36,2	45,2
***Shell* (Solar)**				
No	**Kapasitas (L/hari)**	**Densitas (Ltr ·15°C)**	**T_1 (°C)**	**T_2 (°C)**
1	165,162	0,8410	78	54
2	166,474	0,8410	92	74
3	182,730	0,8417	90	70
4	169,117	0,8423	100	75
5	176,377	0,8414	92	70
Avg	171,972	0,8415	90,4	69,6

Tabel 3. Data pengamatan operasi HE-2

***Tube* (*Crude oil*)**				
No	**Kapasitas (L/hari)**	**Densitas (Ltr ·15°C)**	**t_1 (°C)**	**t_2 (°C)**
1	275,155	0,8401	36	48
2	274,788	0,8372	42	51
3	277,498	0,8379	38	50
4	278,490	0,8377	45	55
5	299,129	0,8377	46	60
Avg	281,012	0,8381	41,4	52,8
***Shell* (Solar)**				
No	**Kapasitas (L/hari)**	**Densitas (Ltr ·15°C)**	**T_1 (°C)**	**T_2 (°C)**
1	165,162	0,8410	108	78
2	166,474	0,8410	100	92
3	182,730	0,8417	120	90
4	169,117	0,8423	126	100
5	176,377	0,8414	120	92
Avg	171,972	0,8415	114,8	90,4

Berdasarkan pengolahan data pengamatan di atas, didapatkan data fluida yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Pengolahan data

Keterangan	HE-1	HE-2
Flowrate	*Cold fluid* = 413,491 ft^3/jam; *Hot fluid* = 253,045 ft^3/jam	
Perbedaan suhu (T_{av})	*Cold fluid* = 105,26 °F *Hot fluid* = 175,6 °F	*Cold fluid* = 116,78 °F *Hot fluid* = 216,68 °F
Neraca panas (Q)	88180,28 Btu/jam	106.735,756 btu/jam
Q *losses*	34,36%	33,82%
ΔT LMTD	76,47°F	97,45°F
Flow area	*Tube* = 1,5 ft^2 *Shell* = 1,0 ft^2	*Tube* = 1,51 ft^2 *Shell* = 1,01 ft^2
Kecepatan massa (Gs)	*Tube* = 14281,22 lb/ft^2jam *Shell* = 13191,87 lb/ft^2jam	*Tube* = 14.281,12 lb/ft^2jam *Shell* = 13.176,36 lb/ft^2 jam
Koefisien perpindahan panas	*Tube* = 7,009 btu/j ft^2 °F *Shell* = 28,48 btu/j ft^2 °F	*Tube* = 7,3 btu/j ft^2 °F *Shell* = 22,05 btu/j ft^2 °F
Coeficient clean overall (Uc)	5,783 btu/j·ft^2·°F	5,14 btu/j·ft^2·°F
Coeficient dirty overall (Ud)	2,103 btu/j·ft^2·°F	2,04 btu/j·ft^2·°F
Dirty factor	0,302 btu/j·ft^2·°F	0,29 btu/j·ft^2·°F
Efisiensi	65,64%	66,18%
ΔP *tube*	0,000273 psi	0,002567 psi
ΔP *shell*	0,0169 psi	0,0104 psi

B. Pembahasan

Penelitian dilakukan melalui pengamatan secara langsung pada *heat exchanger* 1, 2 (HE-1 dan HE-2) di *Crude Distillation Unit* PPSDM MIGAS Cepu. Data dikumpulkan selama 5 hari dimulai pada tanggal 3 Juli – 7 Juli 2024. Perancangan *heat exchanger* dilakukan guna untuk memastikan bahwa *heat exchanger* dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi minimum untuk proses pertukaran panas yang efisien.

Jumlah rata-rata kapasitas minyak mentah (*crude oil*) yang masuk ke dalam HE-1 dan HE-2 adalah 281,012 L/hari atau 413,491 ft^3/jam, sedangkan jumlah rata-rata kapasitas solar yang masuk ke dalam HE-1 dan HE-2 adalah 171,972 L/hari atau 253,045 ft^3/jam. Alat pemindah panas (*heat exchanger*) dianggap dapat melakukan fungsinya dengan baik jika memenuhi syaratsyarat tertentu. Syarat-syarat tersebut adalah nilai Rd < 0,005 ft^2 jam°F/Btu, *pressure drop* tidak melebihi 10 psi untuk *shell* dan tidak melebihi 0,2 untuk *tube,* serta kemampuan dalam mentransfer panas yang baik (Shahab & Wahyuningsi, 2023).

Nilai *overall heat transfer* digunakan untuk mengetahui mudah atau tidaknya panas yang berpindah dari fluida bersuhu tinggi ke fluida yang bersuhu lebih rendah. Nilai tersebut juga menyatakan aliran panas menyeluruh sebagai gabungan dari proses konduksi dan konveksi. Besarnya transfer panas yang diberikan *hot fluid* (solar) ke *cold fluid* (*crude oil*) pada HE-1 sebesar 34,36% dengan koefisien perpindahan panas pada *shell* = 28,48 Btu/jam ft^2 °F dan *tube* = 7,009 Btu/jamvft^2 °F, sedangkan transfer panas pada HE2 sebesar 33,82% dengan koefisien perpindahan panas pada *shell* = 22,05 Btu/jam ft^2 °F dan *tube* = 7,3 Btu/jam·ft^2 °F.

Perbandingan antara banyaknya panas yang dilepas oleh solar dan panas yang diterima oleh *crude oil* menunjukkan efektivitas alat penukar panas. Efisiensi pada HE-1 adalah 65,64%, sedangkan pada HE-2 adalah 66,18%. Efektivitas yang dihasilkan dari perhitungan masih relatif kecil. Hal tersebut dapat dimungkinkan karena adanya penurunan efektivitas karena pengaruh tebal isolasi pada *shell* yang merupakan tempat mengalirnya fluida panas (solar), sehingga panas pada sistem keluar ke lingkungan (Wildani dkk.,

2018).

Adanya penumpukan material yang tidak diinginkan (*fouling*) yang berasal dari aliran fluida pada permukaan perpindahan panas juga dapat menyebabkan penurunan efisiensi *heat exchanger* (Nugroho dkk., t.t.), (Wahyudi dkk., 2022). Keadaan tersebut menyebabkan penebalan pengotor yang lebih besar di sisi *shell* yang dapat mengurangi luas bidang kontak antara fluida panas dan fluida dingin. Akibatnya, kemampuan transfer panas HE menurun (Kim dkk., 2016). Oleh karena itu, nilai faktor pengotor (Rd) perlu dihitung. Nilai Rd yang diizinkan sesuai Kern adalah tidak melebihi 0,005 $ft^2 jam^oF/Btu$ dengan nilai Uc harus lebih besar daripada nilai Ud yang merupakan *excess surface* (Kern, t.t.). Berdasarkan hasil perhitungan, nilai Rd yang didapat pada HE-1 adalah 0,302 Btu/jam·ft^{o}F dengan Uc = 5,783 Btu/jam.ft dan Ud = 2,103 Btu/jam ft^{2o}F, sedangkan nilai Rd pada HE-2 adalah 0,294 Btu/jam ft^{o}F dengan nilai Uc = 5,14 Btu/jam·ft^{2o}F dan Ud = 2,04 Btu/jam ft^{2o}F. Nilai Rd yang didapatkan dari perhitungan lebih besar dari batas yang diizinkan, yaitu 0,005 (Kern, t.t.). Hal tersebut dapat terjadi karena alat HE telah dioperasikan dalam waktu yang lama dan belum di *cleaning* sekitar 3 tahun, sehingga terdapat *fouling* yang dapat mempengaruhi suhu keluaran fluida. *Fouling* dapat menurunkan kinerja *heat exchanger* karena menghambat laju perpindahan panas antara solar dan *crude oil.* Selain itu, *fouling* juga dapat menyebabkan area *hot spot area* yang dapat menyebabkan kebocoran pada *heat exchanger* (Dardiri & Sudarni, 2023).

Penurunan tekanan atau *pressure drop* (ΔP) pada *heat exchanger* dapat menyebabkan *driving force* masing-masing fluida dan menurunkan performa pada *heat exchanger*. Hal tersebut dapat terjadi jika penurunan tekanan pada *heat exchanger* lebih besar daripada batas yang diizinkan, sehingga jumlah fluida yang mengalir pada *inlet shell* dan *tube* akan berbeda dengan jumlah fluida yang mengalir pada *outlet shell* dan *tube.* Berdasarkan hasil perhitungan, pada HE-1 nilai (ΔP)*shell* adalah 0,0169 psi dan nilai (ΔP)*tube* adalah 0,000273 psi. Pada HE-2, nilai nilai(ΔP)*shell* adalah 0,0104 psi dan nilai (ΔP)*tube* adalah 0,02567 psi. Nilai *pressure drop* sudah memenuhi kriteria, yaitu tidak melebihi 10 psi untuk *shell* dan tidak melebihi 0,2 untuk *tube* (Kern, t.t.).

KESIMPULAN

Heat exchanger yang berada di PPSDM MIGAS Cepu merupakan jenis *shell and tube.* Berdasarkan analisa dan perhitungan terhadap kinerja *heat exchanger-01* dan *heat exchanger-02* di unit Kilang PPSSDM MIGAS Cepu diperoleh nilai dari parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan efisiensi kerja dari *heat exchanger-01* dan *heat exchanger-02* yakni, *dirt factor* (Rd) pada HE-1 adalah 0,302 Btu/jam·ft ^{o}F dan pada HE-2 adalah 0,294 Btu/jam·ft^{o}F. *Preasure drop* pada HE-1 bagian *shell* sebesar 0,0169 psi dan pada bagian *tube* sebesar 0,000273 psi. *Preasure drop* pada HE-2 bagian *shell* sebesar 0,0104 psi dan pada bagian *tube* sebesar 0,002567 psi. Nilai efisiensi pada HE-1 sebesar 65,64% dan pada HE-2 sebesar 66,18%. Menurut hasil perhitungan, dapat disimpulkan bahwa efisiensi kinerja dari *heat exchanger* relatif rendah. Hal tersebut dikarenakan usia dari *heat exchanger* yang sudah tua dan sudah dioperasikan dalam waktu yang lama serta belum dilakukan *maintenance* kurang lebih sekitar 3 tahun. Pengendalian kondisi operasi seperti laju alir dan suhu diperlukan untuk memaksimalkan perpindahan panas.

DAFTAR PUSTAKA

Dardiri, F. A., & Sudarni, D. H. A. (2023). *Evaluasi Kinerja Heat Exchanger 02 di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia (PPSDM) Minyak dan Gas Bumi Cepu*. *2*(6).

Gahana, D., Alfian, C., & Supriyadi, D. (2018). Analisis Kinerja High Pressure Heater (HPH) Tipe Shell and Tube Heat Exchanger. Dalam *Journal of Science and Applicative Technology-Institut Teknologi Sumatera: Vol. II* (Nomor 2).

Halim, A., Arumsari, A. G., & Sulistianingrum, E. A. (2022). Evaluasi Fouling Factor Pada Heat Exchanger Dalam Proses Pengolahan Minyak Gas Dan Bumi. *Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal*, *4*(1), 100–109. https://doi.org/10.36441/seoi.v4i0.xxx

Handoyo, E. A. (2000). Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas Shell-and-Tube Heat Exchanger. Dalam *Fakultas Teknologi Industri* (Vol. 2, Nomor 2). http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/86

Jalu Prabaswara, R., Rulianah, S., Sindhuwati, C., & Raharjo. (t.t.). *Evaluasi Pressure Drop Heat Exchanger-03 pada Crude Distillation Unit PPSDM Migas Cepu*. *2021*(2), 505–513. http://distilat.polinema.ac.id

Kern, D. Q. (t.t.). *Process Heat Transfer*.

Kim, M. J., Lee, S. R., Yoon, S., & Go, G. H. (2016). Thermal performance evaluation and parametric study of a horizontal ground heat exchanger. *Geothermics*, *60*, 134–143. https://doi.org/10.1016/J.GEOTHERMICS.2015.12.009

Muchammad. (t.t.). *Analisis Penurunan Performa Heat Exchanger Stabilizer Reboiler 011E120 di PT. Pertamina Refinery Unit IV Cilacap*.

Nugroho, R. D. P., Rulianah, S., & Sindhuwati, C. (t.t.). *Evaluasi Faktor Kekotoran pada Heat Exchanger-03 Crude Distilation Unit di PPSDM Migas Cepu*. *2021*(1), 64–71. http://distilat.polinema.ac.id

Pratama Saputra, A. (2021). *Analisa Unjuk Kerja dari Heat Exchanger Tipe Shell and Tube Menggunakan Air Sebagai Fluida Panas dan Fluida Dingin (Performance Analysis of Shell nd Tube Heat Exchanger Using Water s Hot nd Cold Fluid)*. *01*.

Shahab, A., & Wahyuningsi, A. (2023). Evaluasi Kinerja Heat Exchanger-003 di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas Cepu). *Cetak) Journal of Innovation Research and Knowledge*, *2*(8).

Syah, H. (2013). Kajian Kinerja Penukar Panas Tipe Shell and Tube Satu Haluan dengan Pengontrolan Suhu Outlet. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, *9*(4), 158–165. https://doi.org/10.23955/rkl.v9i4.1228

Wahyudi, A. T., Leestiana, F., & Widodo, R. (2022). Evaluasi Kinerja Heat Exchanger pada Fasilitas Kilang PPSDM Migas dengan Metode Perhitungan Fouling Factor. *Majalah Ilmiah Swara Patra*, *12*(1). https://doi.org/10.37525/sp/2022-1/322

Wildani, Ridlo, & Syakur A. (2018). *Evaluasi Kinerja Heat Exchanger – 02 Tipe Shell and Tube di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu (PPSDM Migas Cepu)*.

Zain, M. R., & Mustain, A. (2020). *Evaluasi Efisiensi Heat Exchanger (HE-4000) Dengan Metode Kern*. *2020*(2), 415–421. http://distilat.polinema.ac.id