
EVALUASI KINERJA HEAT EXCHANGER - 003 DI PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK DAN GAS BUMI (PPSDM MIGAS CEPU)

Oleh

Aliyah Shahab¹, Anggi Wahyuningsi²

^{1,2} Program Studi Teknik Pengolahan Migas, Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

E-mail: ¹aliyah@pap.ac.id, ²anggi_w@pap.ac.id

Article History:

Received: 05-12-2022

Revised: 12-12-2022

Accepted: 12-01-2023

Keywords:

Heat Exchanger, Faktor Pengotor, Solar, Maintenance, Shell, Tube

Abstract: Heat exchanger merupakan suatu alat yang menghasilkan perpindahan panas dari suatu fluida, baik yang digunakan didalam proses pemanasan maupun proses pendinginan. Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu (PPSDM Migas Cepu) sendiri memiliki lima heat exchanger yang terdiri dari dua HE yang tersusun secara horizontal dan tiga HE tersusun secara vertikal. Kelima HE tersebut memiliki jenis shell and tube dan fungsi yang sama, yaitu sebagai preheater dengan memanfaatkan panas dari unit distilasi sebelum crude oil memasuki furnace. Pada perencanaan HE ditambahkan sebuah faktor untuk mengantisipasi deposit dari kotoran dan kerak dengan sebuah tahanan (resistance) dikenal faktor pengotor (Rd). Evaluasi faktor pengotor (Rd) merupakan suatu analisa untuk mengetahui seberapa kotor dan seberapa baik kerja dari Heat Exchanger yang selama ini digunakan. Pada jurnal kali ini penulis melakukan evaluasi faktor pengotor pada Heat Exchanger-003 di PPSDM Migas Cepu. Evaluasi ini diharapkan dapat mengetahui HE-003 di PPSDM Migas Cepu masih layak beroperasi atau tidak. Prinsip kerja pada alat heat exchanger 003 tipe shell and tube yaitu indirect exchanger, dimana panas yang berpindah tidak terkontak secara langsung dimana fluida yang digunakan yaitu solar yang berada di shell dan crude oil berada tube. Nilai faktor pengotor (Rd) dipengaruhi oleh besar kecilnya nilai clean overall heat transfer maka diperoleh hasil faktor pengotor (Rd) yaitu sebesar $0,267 \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{F}^{-1}$, dimana nilai Rd lebih besar dari faktor pengotor (Rd) yang diizinkan yaitu $0,005 \text{ h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{F}^{-1}$, berdasarkan perhitungan tersebut maka heat exchanger 003 dalam kondisi kotor dan perlu di maintenance dan juga didapatkan nilai efisiensi dari heat exchanger 003 sebesar 52,582 %.

PENDAHULUAN

Perpindahan panas merupakan ilmu termodinamika berkaitan dengan transisi kuantitatif dan penata ulang energi sebagai panas dalam benda-benda. Perpindahan panas dengan menggunakan heat exchanger memiliki prinsip dasar perpindahan mekanisme umum yaitu: konduksi dan konveksi, dimana prinsip kerja pada heat exchanger shell and tube yaitu fluida panas dalam feed tank dan fluida yang akan dipanaskan dialirkan secara bersamaan dengan arah fluida panas masuk kedalam tube sedang kan fluida yang akan dipanaskan masuk edalam shell sehingga panas dari fluida dengan tempratur yang tinggi dapat berpindah ke fluida dengan tempratur yang lebih rendah. Heat exchanger ini dapat berfungsi sesuai kebutuhan yaitu sebagai pendingin atau pemanas (Bichkar et al., 2018).

Dalam aplikasinya dilapangan fungsi penukar kalor yang dipergunakan di industri lebih diutamakan untuk menukarkan energi dua fluida (boleh sama zatnya) yang berbeda temperaturnya. Pertukaran energi dapat berlangsung melalui bidang atau permukaan perpindahan kalor yang memisahkan kedua fluida atau secara kontak langsung (fluida bercampur). Energi yang dipertukarkan akan menyebabkan perubahan temperature fluida (kalor *sensible*) atau kadang dipergunakan untuk berubah fasa (kalor *laten*). Laju perpindahan energi dalam penukar kalor dipengaruhi oleh banyak factor, seperti : kecepatan aliran fluida, sifat-sifat fisik (viskositas, konduktivitas termal, kapasitas kalor spesifik, dan lain-lain), beda temperature antara kedua fluida, dan sifat permukaan bidang perpindahan kalir yang memisahkan kedua fluida (Bary Septian 2021). Salah satu tipe dari alat *Heat Exchanger* yang banyak digunakan adalah *Shell and Tube Heat Exchanger*. Alat ini terdiri dari sebuah shell silindris di bagian luar dan sejumlah tube dibagian dalam, dimana dalam penentuan penempatan fluida pada bagian shell maupun tube berdasarkan pada *cleanability*, korosif, tekanan, suhu, kuantitas, sediment, dan masih ada beberapa metode lagi dalam pemilihan penempatan fluida. Sehingga terjadi perpindahan panas antara aliran fluida didalam tube maupun diluar tube. Pemilihan yang tepat suatu alat penukar kalor akan menghemat biaya operasional harian dan perawatan (Wira, 2017).

Pada Unit Kilang PPSDM Migas Cepu terdapat 5 *Heat Exchanger* yang beroperasi berperan sebagai preheater untuk *crude oil* dimana HE-001 dan HE-002 menggunakan residu sebagai fluida panas dan HE-003, HE-004, dan HE-005 menggunakan solar sebagai fluida panas. Salah satu *Heat Exchanger* yang akan ditinjau pada *plant crude distillation unit* yaitu HE-003. Tube berisikan *crude oil* dan pada shell berisikan solar. *Crude oil* yang dimasukkan hasil keluaran proses dari HE-002 dan solar yang masuk berasal dari proses *stripping* C-3. Pada *crude oil* sebagai *cold fluid* dan solar sebagai *hot fluid* (Jalu, 2021). Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Asadi, 2013) pengaruh yang di berikan apabila terdapat nilai *fouling factor* yang berlebih akan berpengaruh pada perpindahan panas sehingga meningkatkan penggunaan energi, hal ini akan berpengaruh pada biaya operasional yang digunakan. Dan penelitian yang dilakukan oleh (Sudrajat, 2017) mengatakan bahwa semakin tinggi nilai *fouling factornya* semakin besar pula biaya operasional yang digunakan dan mengalami penurunan efisiensi yang sangat signifikan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Mufid, 2019) permasalahan pada *Heat Exchanger* sangat berpengaruh pada efisiensi dari perpindahan panas yang di hasilkan. Menjadi faktor penting utama dalam industri dikarenakan akan meningkatkan faktor ekonomi dari

perusahaan itu sendiri dikarenakan alat *Heat Exchanger* harus bekerja keras dalam menghasilkan panas yang di inginkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui *fouling factor* dan efisiensi pada *Heat Exchanger* pada HE- 003, dan untuk mengetahui apakah HE-003 masih bisa dioperasikan secara optimal.

2. Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas adalah menghitung nilai *fouling factor* untuk mengetahui apakah kinerja Heat Exchanger-003 masih optimal dengan perhitungan Evaluasi Kinerja *heat exchanger*-003 di PPSDM Migas Cepu Jawa Tengah.

3. Tujuan Penelitian

Menganalisa kinerja HE – 003 PPSDM Migas Cepu dengan cara perhitungan evaluasi kinerja *heat exchanger*-003 Di PPSDM Migas Cepu Jawa Tengah untuk mendapatkan nilai Fouling Factor apakah HE-003 masih aman dan layak untuk di operasikan dalam waktu yang cukup panjang.

4. Manfaat Penelitian

Dapat menganalisa kinerja HE – 003 PPSDM Migas Cepu dengan cara perhitungan evaluasi kinerja *heat exchanger*-003 Di PPSDM Migas Cepu Jawa Tengah untuk mendapatkan nilai Fouling Factor apakah HE-003 masih aman dan layak untuk di operasikan dalam waktu yang cukup panjang.

LANDASAN TEORI

1. Perpindahan Panas

Heat exchanger adalah suatu alat yang dimana terjadi aliran perpindahan panas diantara dua fluida atau lebih pada temperatur yang berbeda. Perbedaan temperatur harus terjadi karena berdasarkan hukum termodinamika ke-2, panas mengalir secara spontan dari benda dengan temperatur tinggi ke benda lain dengan temperatur lebih rendah, dan tidak mengalir secara spontan dalam arah kebalikannya (Jajat Sudrajat 2017). *Heat exchanger* adalah suatu alat yang biasa digunakan di industri untuk mentransfer energi panas (enthalpi) diantara 2 fluida atau diantara suatu permukaan padat dan suatu cairan atau diantara sesuatu yang padat dengan suatu cairan tertentu, dimana kedua atau lebih fluida tersebut mempunyai perbedaan suhu dan terjadi suatu kontak panas. *Shell and Tube Heat Exchanger* dapat digunakan pada laju aliran fluida yang relatif besar, biasanya banyak digunakan di industri. Pada *Heat Exchanger* ini, salah satu fluida akan mengalir di dalam pipa- pipa sedangkan fluida yang lainnya dialirkan melalui *shell* melintasi luar pipa. Bagian - bagian yang harus terdapat pada Heat Exchanger yaitu tube, shell, nozzle, dan *baffle*. *Shell* adalah salah satu bagian dari *Heat Exchanger* yang biasa disebut dengan cangkang sebagai lapisan luar tempat tubes berada. Didalam *shell* ini terdapat aliran fluida yang memiliki beda temperatur dengan fluida pada tube. *Baffle* berfungsi untuk menjamin fluida mengalir melalui *shell* dan melintas *tube*, sehingga perpindahan panas yang terjadi akan lebih tinggi (Yufinda, 2019).

2. Klasifikasi Heat Exchanger

Heat exchanger memiliki beberapa klasifikasi dari berbagai sisi seperti berdasarkan bentuknya, berdasarkan fungsinya dan berdasarkan arah alirannya:

a. Alat Penukar Panas Berdasarkan Bentuknya

Alat penukar panas berdasarkan bentuknya dibedakan menjadi (Budiman, Syarief & Isworo, 2014):

1. *Shell and Tube Exchanger* yaitu aliran penukaran panas yang terdiri dari sejumlah tube yang terpasang di dalam sebuah shell yang berbentuk 9 silinder. Pada ujung tube terpasang tube sheet yang berguna untuk memisahkan aliran fluida dalam *tube* dan *sheet*. *Baffle* di pasang di dalam *shell* untuk mengatur aliran fluida dalam *shell* dan untuk memasang *tube*. Tujuan pemasangan fluida dalam *shell dan tube* adalah memperoleh efisiensi yang tinggi dan kemudian dalam pemeliharaan. Kemampuan transfernya dapat lebih besar dan dapat digunakan untuk bermacam jenis fluida.
2. *Double Pipe Heat Exchanger* yaitu alat penukar panas yang menggunakan dua pipa yang di letakan secara konsentrasi. Dimana suatu fluida mengalir melalui bagian dalam pipa kecil dan fluida lainnya mengalir keluar.
3. *Fixed Tube Side* yaitu alat penukar panas yang *tube sheet* nya bersatu dengan *shell*. Ditinjau dari segi perawatan dan pemeliharaannya tipe ini cukup sulit karena *tube bundle* tetap di dalam *shell*.
4. Tipe *U Tube* atau *U Bundle* yaitu alat penukar panas yang memiliki konstruksi konstruksi satu *tube sheet*, dimana *tube bundle* menjadi satu dan *tube bundle* dapat dikeluarkan dari *shell*-nya. Digunakan untuk perbedaan suhu tinggi.
5. Tipe *Floating Tube Sheet* atau *Floating Exchanger* yaitu alat penukar panas yang memiliki *Floating Head* sehingga *tube* akan mengembang atau menyusut secara longitudinal dengan bebas, dengan cara menarik atau mendorong *Floating head* yang dapat bergerak maju dan mundur di dalam *shell*. Digunakan untuk perbedaan suhu yang tinggi.
6. Tipe ketel yaitu alat penukar panas yang memiliki konstruksi *shell* nya di perbesar sebagian untuk ruangan uap atau ruangan pendingin untuk memudahkan pendinginan. Alat pemukar panas ini tidak mempunyai *shell cover* seperti pada alat penukar panas lainnya.
7. *Pipe Coil* yaitu alat penukar panas yang berfungsi untuk pemanas dan pendingin. Tipe ini juga mempunyai perpindahan panas yang relatif rendah.
8. *Tipe Box* yaitu alat penukar panas yang bagian *shell* nya berbentuk seperti box atau kotak, sedangkan fluida yang di lewatkan pada tube nya dan sebagai media pendingin digunakan air.

3. Faktor faktor yang Menentukan Efisiensi Kinerja Heat Exchanger

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi kinerja dari *heat exchanger* yang dapat terlihat dari hasil evaluasi di antara sekian banyak pengaruh dikelompokkan lagi menjadi empat faktor:

1. *Pressure Drop* *Pressure drop* merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi efisiensi kerja dari *heat exchanger*. Pada *heat exchanger* jenis *shell and tube* *pressure drop* berpengaruh pada proses pemompaan yang mana ketika tekanan yang terjadi menurun akan menghasilkan daya pemompaan yang lebih rendah sehingga

dapat mengurangi biaya operasi dan meningkatkan efisiensi. Pressure drop dapat ditingkatkan dengan pemilihan jenis baffle juga diameter dan tinggi shell and tube yang tepat sesuai dengan fluida yang digunakan (Bichkar et al, 2018; Abd et al, 2018)

2. *Logaritmic Mean Temperature Design (LMTD)* Logaritmic Mean Temperature Design (LMTD) digunakan untuk menentukan driving force suhu perpindahan panas dalam sistem aliran khususnya dalam heat exchanger shell and tube. Semakin besar nilai LMTD maka semakin tidak efisien suatu heat exchanger, karena LMTD yang besar menyebabkan semakin banyak panas yang di transfer dan semakin banyak biaya yang dikeluarkan (Azwinur, 2019). Untuk mengurangi nilai LMTD sama halnya dengan cara peningkatan pressure drop yaitu dengan menambahkan penggunaan *baffle* juga memperhatikan penggunaan diameter dan tinggi shell and tube yang sesuai dengan fluida yang digunakan.
3. *Fouling Factor/ Dirt Factor (Rd)* *Fouling Factor/ Dirt Factor (Rd)* menunjukkan ketahanan suatu heat exchanger terhadap pengotor. Menurut buku Kern ketika Rd perhitungan lebih besar dari Rd minimum (0,005 hr.ft³/btu) dapat dikatakan tahanan heat exchanger terhadap pengotor adalah baik. Nilai Rd yang dibawah batas minimum dapat menyebabkan resistensi tambahan terhadap transfer energi (Abd et al, 2018). Nilai Rd dapat ditingkatkan dengan membersihkan heat exchanger dari pengotor atau pengeraknya secara rutin.
4. *Persentase Efisiensi Heat Exchanger di Lapangan* Efisiensi suatu heat exchanger dapat dilihat dalam hasil perhitungan dengan membagi hasil panas yang dapat terserap oleh tube dan panas keseluruhan yang ditransfer dari shell. Nilai persentase perhitungan efisiensi shell and tube dapat ditingkatkan dengan menyamakan nilai panas yang terserap oleh tube dengan panas keseluruhan yang di transfer oleh shell sehingga mendapatkan efisiensi maksimum (Coniwanti dkk, 2019).

METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 01 - 30 April 2022 yang dilaksanakan di Unit Kilang Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas) Cepu.

2. Langkah Penelitian

Dalam menghitung dirt factor atau faktor kekotoran yang terjadi pada HE-03 diperlukan sejumlah data untuk melakukan evaluasi seperti: data lapangan, dan data literatur. Pada data lapangan yang perlu diketahui adalah suhu masuk, suhu keluar, massa fluida, *specific gravity*, dan spesifikasi pada alat HE-003. Sedangkan untuk Langkah perhitungan menggunakan *hand book Heat Exchanger D.Q. Kern.1965*. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah pengambilan data setiap hari selama 3 hari, dan data yang didapatkan akan ditunjukkan dalam bentuk tabel.

Metode penelitian didasarkan pada perhitungan:

1. Heat duty Heat duty

Untuk mengetahui besarnya panas yang dapat ditransfer dari fluida panas ke fluida dingin pada HE dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$Q = M \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Keterangan:

Q = Jumlah panas yang dipindahkan (BTU/h)

M = laju alir fluida (lb/h)

ΔT = selisih antara suhu masuk dan keluar (°F)

C_p = Kapasitas kalor (Btu/lb. °F)

2. LMTD (Log Mean Temperature Difference) LMTD (Log Mean Temperatur Difference)

Untuk menentukan nilai perbedaan temperature yang terjadi dalam alat penukar kalor, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

3. Menghitung flow area

Menghitung flow area dari masing masing shell dan tube dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{- Sisi shell (as) } as = as \text{ (shell side)} = \frac{ID_s \times C' \times B}{144 \times P_T}$$

Keterangan:

C' = Jarak dinding antar pipa

P_t = tube pitch (inch)

B = Baffle space (in)

ID_s = diameter dalam shell (inch)

$$\text{- Sisi tube (at) } at = at \text{ (tube side)} = \frac{N_t \times a' \times t}{144 \times n}$$

Keterangan:

N_t = Jumlah tube

a' = Luas lubang tube (inch)

n = Jumlah lintasan tube (inch)

4. Menghitung kecepatan laju massa (G)

Menghitung kecepatan laju massa dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{- Sisi shell (Gs) } G_s = \frac{W_s}{as}$$

$$\text{- Sisi tube (Gt) } G_t = \frac{W_t}{at}$$

Keterangan:

G_s = mass velocity per cross section area sell, (lb/hr. ft²)

W = laju alir fluida pada shell side, (lb/hr)

as = flow area shell side, (ft²)

Gt = mass velocity fluida pada tube sude.

w = laju alir fluida dingin (lb/hr)

at = flow area tube side (ft²)

5. Perhitungan Bilangan *Reynold Number*

a. Pada Sisi Shell (Res)

$$Re = \frac{De \times Gs}{\mu}$$

b. Pada Sisi Tube (Ret)

$$Ret = \frac{IDt \times Gt}{\mu}$$

Keterangan:

Re = Bilangan *reynold* fluida dalam shell

De = Diameter ekuivalen *shell side*

G = *Mass velocity per cross*, lb/hr. ft²

M = Viskositas fluida *shell side* pada temperature tc, lb/hr. ft

6. Perhitungan koefisien perpindahan panas konveksi

a. Pada bagian luar *shell* (ho)

$$\frac{ho}{\phi_s} = jH \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{Cp \times \mu}{k} \right)^{1/3}$$

Perhitungan koefisien perpindahan panas lapisan film pada bagian luar tube (hio)

$$\frac{hi}{\phi_t} = jH \times \frac{k}{IDt} \times \left(\frac{Cp \times \mu}{k} \right)^{1/3}$$

Keterangan:

ho = Koefisien perpindahan panas *outside*, Btu/hr. ft². °F

jH = Faktor perpindahan panas

De = Diameter ekuivalen *shell side*, ft

k = *Thermal conductivity fluida shell*, Btu/hr. ft². °F

μ = Viskositas fluida *shell side* pada temperature tc, lb/hr. ft

7. Perhitungan suhu dinding luar tube (Tw)

$$tw = tc + \frac{\frac{ho}{\phi_s}}{\frac{ho}{\phi_s} + \frac{hio}{\phi_t}} \times (Tc - tc)$$

Keterangan:

tw = Temperatur pada dinding tube, o F

tc = Temperatur pada dinding shell, o F

8. Perhitungan *corrected coefficient* ho dan hio pada tw**a. Pada Sisi *Shell side***

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

$$h_o = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s$$

b. Pada Sisi *Tube side*

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

$$h_{io} = \frac{h_{io}}{\phi_t} \times \phi_t$$

Keterangan:

ϕ_s = Viskositas fluida *shell side* pada temperature Tc, lb/hr.ft

ϕ_t = Viskositas fluida *tube side* pada temperature tc, lb/hr.ft

μ_w = Viskositas fluida pada temperature tw, lb/hr.ft

hio = koefisien perpindahan panas konveksi *inside*, (Btu/hr.ft².°F)

ho = koefisien perpindahan panas konveksi *outside*, (Btu/hr.ft².°F)

9. Perhitungan Clean Overall heat transfer Coefficient (Uc)

Clean overall heat transfer coefficient (Uc), adalah koefisien perpindahan panas pada saat alat penukar panas dalam keadaan bersih dan belum terdapat endapan atau kotoran.

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$$

Keterangan:

hio = Koefisien perpindahan panas konveksi *inside* (Btu/hr.ft².°F)

ho = Koefisien perpindahan panas konveksi *outside* (Btu/hr.ft².°F)

10. Perhitungan Design Overall Coefficient

Overall heat transfer coefficient design (Ud) adalah koefisien perpindahan panas dari alat penukar panas yang telah dioperasikan dan sudah terdapat endapan atau kotoran

$$A = N_t \times L \times a''$$

Keterangan:

A = heat transfer surface (ft²)

Nt = Jumlah tube

L = panjang tube

a'' = luas permukaan luar tube, (ft²)

Maka: $U_d = \frac{Q_{tube}}{A \times \Delta t}$

Keterangan:

Δt = LMTD terkoreksi, (°F)

A = luas permukaan perpindahan panas, (ft²)

11. Faktor Pengotoran (*Dirt/Fouling Factor*)

Faktor pengotor (R_d) adalah peristiwa terakumulasinya padatan yang tidak dikehendaki dipermukaan penukar panas yang terkontak dengan fluida kerja, termasuk permukaan perpindahan panas. Peristiwa tersebut adalah pengendapan, pergerakan, korosi dan proses-proses biologi lainnya.

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

Dimana:

R_d = *Dirt Factor*, hr.ft.²/Btu

U_c = *Clean Overall Heat Transfer Coefficient*, Btu/hr. ft²

U_d = *Design/Dirty Overall Coefficient*, Btu/hr. ft²

12. Menghitung Neraca Perpindahan Panas

$$Q = Q_s - Q_t$$

$$\text{Losses} = \frac{Q}{Q_{\text{shell}}} \times 100\%$$

13. Menghitung Efisiensi Efektifitas

$$\eta = \frac{Q_{\text{tube}}}{Q_{\text{shell}}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang bangun HE selalu ditambahkan sebuah faktor untuk mengantisipasi deposit kotoran dan kerak biasa disebut dengan R_d (*Dirt Factor*) sebagai akibat gesekan antara fluida dengan dinding pipa HE (Yasunaga, 2019). Apabila HE telah digunakan untuk jangka waktu yang lama, maka kotoran-kotoran yang terbawa oleh fluida akan terakumulasi pada bagian dalam dan luar pipa HE. Keadaan tersebut dapat menyebabkan pengurangan luas bidang kontak antara fluida panas dengan fluida dingin akibat penebalan pengotor (*fouling*) yang bertambah didalam sisi tube dan membuat kemampuan transfer panas yang terjadi dalam HE menurun (Kim, 2016).

Oleh karna itu, HE harus dibersihkan saat plant sedang tidak beroperasi untuk mengembalikan fungsinya kembali. Hal ini juga menyebutkan jika nilai R_d perhitungan (*deposited*) > nilai R_d desain (*allowed*) maka HE tidak dapat memenuhi kebutuhan transfer panas yang sama sehingga perlu dilakukan pembersihan.

Tabel 1. Data hasil perhitungan evaluasi HE – 003 di PPSPDM Migas Cepu

No	Uraian	Nilai
1.	Heat Balance (Q) a.Shell b.Tube	842.113,287 btu/hr 442.799,863 btu/hr
2.	Log Temperature Difference (LMTD)	187,0748 °F
3.	Temperatur Kalori (T _i dan t _e) a. Shell b.Tube	355,17 °F 170,91 °F
4.	Flow Area (as dan at) a. Shell b.Tube	0,06 ft ² 1,51617 ft ²
5.	Kecepatan Massa/ Mass Velocity (G) a. Shell b.Tube	12.245,432 lb/ft ² /hr 17.296,946 lb/ft ² /hr
6.	Bilangan Reynold Number (Res & Ret) a. Shell b.Tube	1.008,66 414,53
7.	Koefisien Perpindahan Panas a. Shell b.Tube	35,263 btu/hr.ft ² °F 7,068 btu/hr.ft ² °F
8.	Tube Wall Temperature (tw)	324,4 °F
9.	Koefisien Transfer Panas (h _i & h _o) a. Shell b.Tube	34,205 btu/hr.ft ² °F 6,85 btu/hr.ft ² °F
10.	Koefisien Baseis (U _c)	5,71 btu/jam.ft ² °F
11.	Design Overall Coefficient (U _D)	2,26 btu/jam.ft ² °F
12.	Dirt Factor (R _d)	399.313,424 btu/jam.ft ² °F
13.	Losses	47,42 %
14.	Efisiensi/Efektifitas	52,582 %

Nilai fouling factor yang melebihi nilai yang diijinkan akan menjadi beban dan waktu yang tinggi seringkali akan membuat performa Heat Exchanger mengalami penurunan (Muchammad, 2017). Menurut (Reyno, 2021) faktor kekotoran dan korosi merupakan faktor terpenting dalam operasi heat exchanger dikarenakan masalah ini akan berpengaruh sangat besar pada faktor ekonomi. Sehingga evaluasi heat exchanger harus selalu di pantau sehingga tidak berpengaruh sangat besar pada biaya operasional dan efektifitas dari heat exchanger.

Kondisi operasi Heat Exchanger-003 tipe shell and tube yang digunakan sebagai bahan pengumpulan data saat di PPSDM Migas Cepu adalah temperatur inlet shell 417,2 (°F) outlet shell 308,5 (°F) dan temperatur inlet tube 157,3 (°F) outlet tube 189 (°F), lalu pengambilan data untuk flow rate pada sisi shell yang dialiri solar mendapatkan nilai sebesar 160.448 (L/D) = 236,15 (ft³ /hr) dan pada sisi tube 343.817 (L/D) = 505,91 (ft³/hr) sehingga didapatkan heat balance (Q) pada sisi shell 842.113,287 (btu/hr) dan pada sisi tube 442.799,863(btu/hr). Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 1. fouling factor (R_d) pada Heat Exchanger-003 yaitu 0,267 (hr.ft².°F/Btu) dimana nilai fouling factor (R_d) lebih besar dari nilai fouling factor (R_d) yang diizinkan yaitu 0,005 (berdasarkan tabel 12 fouling factor, Kern) hal ini mengidentifikasikan bahwa terdapat banyak fouling atau kerak yang dapat menghambat terjadinya perpindahan panas sehingga dapat menyebabkan nilai losses tinggi dan *efficiency* turun, didapatkan nilai losses sebesar 47,42% dan nilai *efficiency* sebesar 52,582% hal ini mengidentifikasikan bahwa Heat Exchanger-003 dalam kondisi kotor dengan nilai losses yang tinggi dan nilai *efficiency* yang rendah hal ini dapat menyebabkan terjadinya kerugian yang besar maka perlu dilakukan maintenance agar

dapat menghemat biaya produksi dan usia pakai *Heat Exchanger* menjadi lebih lama. Penyebab dari meningkatnya nilai Dirt Factor dapat disebabkan oleh timbulnya kerak yang menempel pada dinding dalam atau luar tube sehingga menghambat perpindahan panas yang terjadi. Kotoran atau kerak tersebut dimungkinkan merupakan impurities seperti coke atau senyawa sulfur yang terbawa oleh fluida proses baik crude oil maupun solar. Selain itu fouling juga dapat disebabkan oleh adanya karat pada logam tube akibat terjadinya korosi (Reyno, 2021). Meskipun demikian cleaning pada Heat Exchanger tetap diperlukan dan seharusnya dilakukan sedini mungkin. Hal itu dikarenakan kotoran dapat menumpuk pada permukaan area kontak sehingga dapat meningkatkan nilai dari Dirt Factor yang bisa menyebabkan berkurangnya laju perpindahan panas pada Heat Exchanger-003. Dari penelitian yang dilakukan oleh (Muchammad, 2017) dalam menganalisa penurunan performa *Heat Exchanger* di PT. Pertamina *Refinery Unit IV* Cilacap, dalam menghitung faktor kekotoran yang terdapat pada Heat Exchanger hasil yang didapatkan mengalami peningkatan dari batas wajar yang ditetapkan. Didapatkan nilai faktor pengotoran $0,00272 \text{ ft}^2 \text{ hr F/BTU}$, sedangkan batas normal untuk faktor pengotorannya sebesar $0,0024 \text{ ft}^2 \text{ hr F/BTU}$. Dari hasil yang didapatkan faktor pengotor masih dalam batas wajar yang ditetapkan, dan HE direkomendasikan untuk dilakukan perbaikan berupa pembersihan untuk mengembalikan performa HE tersebut. (Nugroho, dkk, 2022) mengevaluasi kinerja Heat Exchanger (E-1201) di PT Petrokimia Gresik. Hasil yang didapatkan untuk perhitungan faktor kekotoran pada Heat Exchanger sebesar $0,00712 \text{ ft}^2 \text{ hr F/BTU}$ sedangkan untuk faktor kekotoran yang di izinkan sebesar $0,007 \text{ ft}^2 \text{ hr F/BTU}$. Nilai tersebut masih dalam batas normal yang di izinkan sehingga HE E-1201 masih dapat beroperasi secara optimal. Dari beberapa pembandingan penelitian diatas, untuk hasil evaluasi HE-003 di PPSDM Migas Cepu, bahwa Heat Exchanger-003 dalam kondisi kotor dengan nilai losses yang tinggi dan nilai efficiency yang rendah hal ini dapat menyebabkan terjadinya kerugian yang besar maka perlu dilakukan maintenance agar dapat menghemat biaya produksi dan usia pakai Heat Exchanger menjadi lebih lama.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian mengenai performa Heat Exchanger-003 di PPSDM Migas Cepu Dapat disimpulkan bahwa *heat exchanger*-003 di PPSDM Migas Cepu merupakan Heat Exchanger tipe shell and tube yang memiliki prinsip kerja indirect didapatkan nilai Rd sebesar 0,267 dimana nilai tersebut lebih besar dari yang di izinkan yaitu 0.005, lalu didapatkan juga loses yang yang tinggi sebesar 47,42% dan didapatkan nilai Effisiensi rendah sebesar 52,582% dimana hal tersebut karena umur dari Heat Exchanger-003 yang sudah cukup tua yang telah beroperasi dari tahun 1991 atau sudah 31 tahun, maintenance yang sedikit terlambat dari yang dijadwalkan, dan pengambilan data yang diambil sebulan sebelum dilaksanakan maintenance.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arfeng, dan Mufid, Mufid Dkk. 2020. Pengaruh Pitch Pada Tabulator Terhadap NTU Pada Double Pipe Heat Exchanger. Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan. 3(1) 27-33 ISSN: 2579 – 8537, E-ISSN: 2579 – 9746. Jurusan Teknik Kimia. Politenik Negeri Malang.

-
- [2] Azwinur dan Zulkifli. (2019). Kaji Eksperimen Pengaruh Baffle pada Alat Penukar Panas Aliran Searah Dalam Upaya Optimasi Sistem Pengering. SINTEK: Jurnal Mesin Teknologi, 8-14.
 - [3] Dwicahyo, Reyno; Rulianah, Sri; Raharjo, Sindhuwati, Christyfani. Evaluasi Faktor Kekotoran Pada Heat Exchanfer – 03 Crude Distillation Unit di PPSDM Migas Cepu. 2021. Distilat. 2021, 8 (1), 64-71 p-ISSN: 1978-8789, e-ISSN: 2714-7649. Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia.
 - [4] Hou, T., Kazi, S., Mahat, A., Teng, C., Al-Shamma'a, A., Shaw, A., 2017, Industrial Heat Exchanger: Operation And Maintenance To Minimize Fouling And Corrosion, Heat Exchangers - Advanced Features and Applications, Vol. 1, No. 9, 193-207.
 - [5] Imron, M., 2018, Evaluasi Kinerja Heat Exchanger (E-1201) Shell And Tube Unit Asam Sulfat Departemen Produksi Pt Petrokimia Gresik, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
 - [6] Jalu, R., Dwicahyo, R., 2021, Evaluasi Kinerja Heat Exchanger-03 Pada Crude Distillation Unit Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi, Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang, Malang.
 - [7] Kern D.Q. 1965. Process Heat Transfer. McGRAW-HILL BOOK COMPANY. Inc: New York. Nelson, Wilber L, 2005. Petroleum Refinery Engineering, McGraw-Hill Book Company: New York.
 - [8] Kim, M., Lee, S., Yoon, S., 2016, *Thermal Performance Evaluation And Parametric Study Of A Horizontal Ground Heat Exchanger*, Geothermics, Vol. 60, No. 8, 134–143.
 - [9] Muchammad, 2017, Analisis Penurunan Performa Heat Exchanger Stabilizer Reboiler Di Pt Pertamina Refinery Unit Iv Cilacap, Jurnal Ilmiah Momentum, Vol. 13, No. 2, 72–77.
 - [10] Nurhasanah, Paliya dan Pratiwi Dwita Cahaya. 2022. Evaluasi Kinerja Heat Exchanger 05 (HE-05) Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu (PPSDM MIGAS Cepu). Majalah Ilmiah Swara Patra Vol 12 No. 2 Tahun 2022. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
 - [11] Pamilia Coniwanti, Fadhel Zamali, Vincent Low Rance. (2019). Evaluasi Efisiensi Heat Exchanger di Refinery Plant Industri Minyak Goreng. Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya, 18-20.
 - [12] PPSDM MiGas Cepu. (2022, April). Profil Kilang. Retrieved March 22, 2022, from ppsdmmigas.esdm.go.id: <https://ppsdmmigas.esdm.go.id/pkl/Index/profilekilang>
 - [13] Pranita Bichkar, Ojas Dandgaval, Pranita Dalvi, Rhushabh Godase, and Tapobrata Dey. (2018). Study of Shell and Tube Heat Exchanger With the Effect of Types of Baffles. Elsevier, 195-200.
 - [14] Rahmatika Pramata, Yufinda Dkk. 2019. Desain Sistem Kontrol Suhupada Parallel Split Flow Heat Exchanger Dengan Algoritma Fuzzy. Jurnal Elkolind. 6(2). Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Malang.
 - [15] Septian, Bary Dkk. 2021. Desain Dan Rancang Bangun Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger) Jenis Shell Dan Tube. Jurnal Baut Dan Manufaktur. 3(1) ISSN:2686 – 5351. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Assyafi`Iyah Jakarta.
 - [16] Sudrajat, Jajat. 2017. Analisa Kinerja Heat Exchanger Shell & Tube Pada Sistem COG Booster Di Integrated Steel Mill Krakatau. Juranal Teknik Mesin (JTM). 6(3) ISSN: 2549 – 2888. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Marcu Buana.

- [17] Wahyudi, Agus Tri; Leestiana, Fanny; Widodo, Rahmat. Evaluasi kinerja Heat Exchanger pada Fasilitas Kilang PPSDM Migas dengan Metode Perhitungan Fouling Factor. 2022. Swara Patra 2022. PPSDM Migas, Cepu.
- [18] Wira, S., 2017, Optimasi Jadwal Pembersihan Jaringan Penukar Panas Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO), Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institute Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [19] Yasunaga, T., Noguchi, T., Morisaki, T., 2018, Basic Heat Exchanger Performance Evaluation Method On Otec, Journal of Marine Science and Engineering, Vol. 6, No. 2, 1-12.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN