

EVALUASI FAKTOR KEKOTORAN PADA *HEAT EXCHANGER* – 03 *CRUDE DISTILATION UNIT* DI PPSDM MIGAS CEPU

Reyno Dwicahyo Putro Nugroho¹, Sri Rulianah¹, Raharjo², Christyfani Sindhuwati¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia

²Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas, Jl. Sorogo No. 1, Cepu,
Indonesia

reynodwi16@gmail.com, [rulianahpolinema@yahoo.com]

ABSTRAK

Umumnya pada perencanaan HE ditambahkan sebuah faktor untuk mengantisipasi deposit dari kotoran dan kerak dengan sebuah tahanan (resistance) bernama faktor kekotoran (Rd). Evaluasi faktor kekotoran (Rd) merupakan suatu analisis untuk mengetahui seberapa kotor dan seberapa baik kerja dari Heat Exchanger yang selama ini digunakan. Pada jurnal kali ini penulis mengevaluasi faktor kekotoran pada Heat Exchanger-03 di PPSDM Migas Cepu. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui HE-03 di PPSDM Migas Cepu masih layak beroperasi atau tidak. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai fouling factor (Rd) sebesar 0.00311 btu/hr.ft².°F. Hasil yang didapatkan melebihi dari nilai Rd ketetapan, tetapi masih dalam batas nilai toleransi yang ditetapkan di buku Kern, 1983. Nilai toleransi yang disarankan adalah 5-10%, dan hasil yang didapatkan 8.27% sehingga masih dalam batas toleransi hasil yang didapatkan. Dapat dinyatakan bahwa HE-03 untuk faktor kekotorannya masih dalam batas wajar yang ditetapkan.

Kata kunci: *Factor kekotoran, Heat Exchanger, Perpindahan Panas, Shell and Tube Heat Exchanger*

ABSTRACT

Generally, in HE planning, a factor is added to anticipate deposits from dirt and scale with a resistance called the dirt factor. Evaluation of the dirt factor (Rd) is an analysis to find out how dirty and how well the heat exchanger that has been used so far works. In this journal, the author evaluates the impurity factor in heat exchanger-03 at PPSDM Migas Cepu. This evaluation aims to determine whether HE-03 in the PPSDM Migas Cepu is still feasible to operate or not. The results of this study obtained a fouling factor (Rd) value of 0.003248 btu/hr.ft².°F. the results obtained exceed the Rd value of the determination, but are still within the tolerance value set in the book of Kern, 1983. The recommended tolerance value is 5-10% and the results obtained are 8.27% so it is still within the tolerance limits of the results obtained. It can be stated that the HE-03 for the dirtiness factor is still within the specified reasonable limits.

Keywords: *Fouling Factor, Heat Exchanger, Heat Transfer, Shell and Tube Heat Exchanger*

1. PENDAHULUAN

Alat penukar panas (Heat Exchanger) adalah suatu alat penukar panas dari suatu fluida yang mempunyai temperatur yang lebih tinggi ke fluida lain yang temperaturnya lebih rendah, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam hal ini alat penukar panas atau biasa disebut HE sangat digunakan dalam dunia industry dalam menjalankan prosesnya [1]. Perpindahan panas adalah proses pertukaran panas yang terjadi antara benda panas dan benda dingin, yang masing-masing disebut *source* and *receiver* (sumber dan penerima). Ada 3 macam cara perpindahan panas yaitu konduksi, konveksi dan radiasi [2].

Perpindahan panas konduksi adalah mekanisme perpindahan panas yang terjadi antar molekul yang saling berdekatan dan tidak diikuti oleh perpindahan molekul tersebut secara fisik. Perpindahan konveksi merupakan perpindahan panas antara bagian panas dan dingin dari suatu fluida karena adanya proses pencampuran atau dapat dikatakan bahwa perpindahan panas yang terjadi disebabkan oleh adanya pergerakan medium. Perpindahan radiasi merupakan perpindahan panas tanpa melalui media[3].

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 [4]. 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[5].

PPSDM Migas Cepu memiliki enam alat penukar panas dengan tipe *shell and tube Heat Exchanger*. Salah satu *Heat Exchanger* yang akan ditinjau pada plant *crude distillation unit* yaitu HE-03. *Tube* berisikan *crude oil* dan pada *shell* berisikan solar. *Crude oil* yang dimasukkan hasil keluaran proses dari HE-02 dan solar yang masuk berasal dari proses *stripping C-3*. Pada *crude oil* sebagai *cold fluid* dan solar sebagai *hot fluid* [6].

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh [2] mengevaluasi kerja *dirt factor* dan *pressure drop* untuk mengetahui kinerja pemanas diketahui HE yang di evaluasi dalam keadaan layak dan aman untuk dijalankan. Manfaat yang diperoleh dengan mengetahui kinerja *heat exchanger* untuk mengetahui apakah HE tersebut perlu dibersihkan atau tidak agar lebih efisien.

Menurut [7] pengaruh yang di berikan apabila terdapat nilai *fouling factor* yang berlebihan akan mempengaruhi perpindahan panas dan meningkatkan penggunaan energi terkait biaya operasional yang digunakan. Dan penelitian yang dilakukan oleh [8] mengatakan bahwa semakin tinggi nilai *fouling factor*nya semakin besar pula biaya operasional yang digunakan dan mengalami penurunan efisiensi yang sangat signifikan.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh [9] permasalahan pada *Heat Exchanger* sangat lah 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 faktor kekotoran yang terjadi *Heat Exchanger* pada HE-03 , dan untuk mengetahui apakah HE-03 masih aman dan layak untuk di operasikan dalam waktu yang cukup panjang.

2. METODOLOGI 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-03. Sedangkan untuk data literatur data yang diperlukan adalah *specific heat*, viskositas, dan thermal kondivitas. [10]. Variabel yang

digunakan pada penelitian ini adalah pengambilan data setiap hari selama 1 minggu, dan data yang didapatkan akan ditunjukkan dalam bentuk tabel.

Metode penelitian didasarkan pada perhitungan :

2.1. Heat duty

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

$$Q = M \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (1)$$

Keterangan : Q = Jumlah panas yang dipindahkan (BTU/h)

M = laju alir fluida (lb/h)

ΔT = selisih antara suhu masuk dan keluar ($^{\circ}F$)

C_p = Kapasitas kalor (Btu/lb. $^{\circ}F$)

2.2. 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:

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2,3 \log \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} \quad (2)$$

2.3. Menghitung flow area

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

- Sisi *shell* (as)

$$as = \frac{ID_s \times C' \times B}{144 \times Pt} \quad (3)$$

Keterangan : C' = Jarak dinding antar pipa

Pt = *tube pitch* (inch)

B = *Baffle space* (in)

ID_s = diameter dalam *shell* (inch)

- Sisi *tube* (at)

$$at = \frac{Nt \times a'}{144 \times n} \quad (4)$$

Keterangan : Nt = Jumlah *tube*

a' = Luas lubang *tube* (inch)

n = Jumlah lintasan *tube* (inch)

2.4. Menghitung kecepatan laju massa (G)

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

- Sisi *shell* (Gs)

$$Gs = \frac{ms}{as} \quad (5)$$

- Sisi *tube* (Gt)

$$Gs = \frac{mt}{as} \quad (6)$$

2.5. Menghitung bilangan Reynold (Nre)

- Sisi *shell*

$$Nre = \frac{De \times Gs}{\mu \times 2.42} \quad (7)$$

Keterangan : Gs = kecepatan laju massa pada *shell*

De = diameter pada *shell*

μ = viscositas

Nre = bilangan Reynold pada *shell*

- Sisi *tube*

$$Nre = \frac{Dt \times Gt}{\mu \times 2.42} \quad (8)$$

Keterangan : Gt = kecepatan laju massa pada *tube*

Di = diameter pada *tube*

μ = viscositas

Nre = bilangan Reynold pada *tube*

2.6. Menghitung koefisien perpindahan panas konveksi

- Bagian *shell (outside)*

$$Ho : Jh \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{Cp \times \mu_l}{k} \right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad (9)$$

Keterangan : Jh = faktor perpindahan panas

De = diameter pada *shell* (ft)

K = konduktivitas thermal fluida pada *shell* (BTU/ft.h.°F)

Ho = koefisien perpindahan panas konveksi *outside*

- Bagian *tube*

$$Hi : Jh \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{Cp \times \mu_l}{k} \right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad (10)$$

Keterangan : Jh = factor perpindahan panas

De = diameter pada *shell* (ft)

K = konduktivitas thermal fluida pada *shell*

$$hio : hi \times \frac{ID}{OD} \quad (11)$$

Keterangan : Hio = Koefisien Perpindahan panas konveksi *inside*

ID = *inside* diameter

OD = *outside* diameter

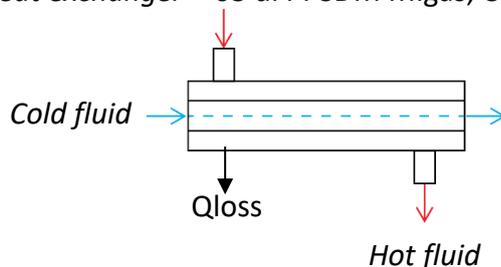
2.7. Menghitung *fouling factor* (Rd)

Perhitungan faktor kekotoran (*fouling factor*) sangat berpengaruh pada evaluasi alat *Heat exchanger* karna dari hasil perhitungan akan dapat memastikan bahwa HE tersebut dapat dikatakan masih layak atau tidaknya sebuah alat untuk beroperasi, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R_d = \frac{U_c + U_d \text{ koreksi}}{U_c \times U_d \text{ koreksi}} \quad (12)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi alat pada *Heat exchanger* – 03 di PPSDM Migas, Cepu



Gambar 1. Spesifikasi Alat *Heat Exchanger*-03 di PPSDM Migas, Cepu

Fungsi	: Memanaskan <i>crude oil</i> dengan media pemanas solar agar dapat meringankan beban <i>furnace</i>
Tipe	: <i>Shell and Tube heat exchanger</i> (STHE)
Jumlah	: 1 buah
Fluida dingin	: <i>Crude oil</i>
Fluida panas	: Solar
Laju alir fluida dingin	: 271,7 liter/hari
Laju alir fluida panas	: 157,299 liter/hari
Suhu fluida dingin	: masuk : 67 °C keluar : 90 °C
suhu fluida panas	: masuk : 260 °C keluar : 210 °C

Dari data spesifikasi *heat exchanger* – 03 di PPSDM Migas, Cepu. Dilakukan perhitungan dan didapatkan hasil seperti pada tabel 1 dibawah ini

Tabel 1. Data hasil perhitungan

Data Lapangan Rata-Rata		
Kondisi Peralatan	<i>Tube</i>	<i>Shell</i>
Suhu masuk (°C)	67	260
Suhu keluar (°C)	90	210
Laju alir (Liter/hari)	271,7	157,299
<i>Specific Gravity</i>	0,780	0,7
K (Btu/hr(ft ²)(°f/ft)	0,079	0,071
Densitas 15°C	839,4	838
Viskositas (cP)	1,028	0,24
<i>Specific Heat</i> (Cp)	0,64	0,67

Pada dasarnya perancangan HE ditambahkan sebuah factor untuk mengantisipasi deposit kotoran dan kerak dengan sebuah tahanan (*resistance*) atau biasa disebut dengan R_D (*Dirt Factor*) sebagai akibat gesekan antara fluida dengan dinding pipa HE [11]. 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 [12]. Oleh karena 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[4].

Nilai *fouling factor* yang melebihi nilai yang diijinkan akan menjadi beban dan waktu yang tinggi seringkali akan membuat performa *Heat Exchanger* mengalami penurunan [13]. Menurut [14] 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*.

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 1. dapat diketahui bahwa nilai dari *Dirt Factor* atau R_D *actual* dari *Heat Exchanger* 03 pada *Crude Distillation Unit* PPSDM Migas adalah 0.00311 btu/hr ft² °F. Nilai tersebut ternyata lebih besar dari R_D desain yang dimuat dalam Kern,1983. Nilai *Dirt Factor* yang diizinkan untuk heavy hydrocarbon adalah sebesar 0,003 btu/hr ft² °F [4]. *Dirt Factor* yang melebihi desain merupakan indikasi bahwa performa *Heat Exchanger*-03 telah mengalami penurunan. 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. Faktor kekotoran sebesar 0.00311 btu/hr ft² °F masih dapat ditoleransi oleh peralatan penukar panas karena ambang batas maksimal *Dirt Factor* adalah 5-10% dari nilai R_D desain, sementara R_D aktual pada *Heat Exchanger*-03 masih 8,27% lebih besar sehingga masih termasuk dalam *range* dapat ditoleransi. 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*-03.

Dari penelitian yang dilakukan oleh [13] 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 ft² hr F/BTU, sedangkan batas normal untuk faktor pengotorannya sebesar 0,0024 ft² 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.

Dan penelitian yang dilakukan oleh [15] 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 perbandingan penelitian diatas, untuk hasil evaluasi HE-03 di PPSDM Migas Cepu, HE-03 masih dapat optimal bekerja hanya saja harus ada pembersihan yang terencana agar HE-03 dapat kembali optimal dalam mentransfer panas yang dibutuhkan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Proses pemanasan pada *Heat Exchanger* – 03 PPSDM fluida yang digunakan sebagai pemanas / pada bagian *tube* adalah solar yang keluar dari *stripper* C-4 dan pada bagian *shell* / fluida dingin adalah *Crude oil* yang keluar dari HE-02 dan masuk kedalam *tube* di *Heat Exchanger*. Dari hasil perpindahan panas pada HE-03 didapatkan *dirt factor* sebesar $0.00311 \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$. hasil tersebut masih dapat beroperasi dengan baik.

Saran penulis agar HE-03 segera untuk dibersihkan kembali dikarenakan apabila tidak di bersihkan secepatnya akan memperberat kerja dari HE-04. Agar semua proses dapat berjalan optimal sesuai dengan kapasitas dan kualitas alat itu sendiri.

REFERENSI

- [1] Sebayang, M., 2019, *Evaluasi Kinerja Heat Exchanger Dengan Metode Fouling Faktor Di Laboratorium Satuan Operasi Ptki Medan*, Ready Star, Vol. 2, No. 1, 11–15.
- [2] Setyoko, B., 2008, *Evaluasi Kinerja Heat Exchanger Dengan Metode Fouling Factor*, Jurnal Teknik Universitas Diponegoro, Vol. 29, No. 2, 148-153.
- [3] Nitsche, M., Olayiwola, P., 2015, *Heat Exchanger Design Guide*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [4] Kern, D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill International Book Company, Ohio.
- [5] 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.
- [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] Asadi, M., Haghghi, R., 2013, *Investigation Into Fouling Factor In Compact Heat Exchanger*, International Journal Innovation and Applied Studies, Vol. 2, No. 3, 238–249.
- [8] Sudrajat, J., 2017, *Analisis Kinerja Heat Exchanger Shell And Tube Pada Sistem Cog Booster Di Integrated Steel Mill Krakatau*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Mercubuana, Vol. 06, No. 3, 174–181.
- [9] Mufid, M., Hakim, A. R., Widiono, B., 2019, *Pengaruh Pitch Turbulator Terhadap Ntu Pada Double Pipe Heat Exchanger*, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 3, No. 1, 27-33.
- [10] Thaddeus, B., Okpara, I., 2013, *Performance Evaluation Of Heat Exchangers In A Polyethylene Plant*, International Journal Engineering and Technology Innovation, Vol.

- 3, No. 1, 49–57.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.