

ANALISIS KINERJA *HEAT EXCHANGER* PADA *PREHEATER* CDU V DI KILANG RU V BALIKPAPAN**Ibnu Eka Rahayu^{1,*}, Siti Nur Izzah²⁾, dan Muhammad Rahadian Hidayat³⁾**^{1,2)} Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia³⁾ PT. PERTAMINA (Persero) RU V Balikpapan, Balikpapan Indonesia

*) Email : ibnu.polnes@gmail.com

(Received : 28-12-2020; Revised: 13-03-2021; Accepted: 14-03-2021)

Abstrak

Pemisahan minyak mentah dalam sebuah kilang pengolahan minyak bumi membutuhkan sebuah alat untuk penukar kalor (*Heat Exchanger*). *Heat Exchanger* digunakan untuk memindahkan panas antara dua buah fluida atau lebih yang mempunyai perbedaan temperatur yaitu fluida yang bertemperatur tinggi ke fluida yang bertemperatur rendah. Proses ini di PT. PERTAMINA RU V Balikpapan terdapat pada unit *Crude Distillation Unit V* (CDU V). Bagian *Heat exchanger* yang bertugas sebagai pemanasan awal minyak bumi adalah E-201-01A/B sampai dengan E-201-11 atau biasa di sebut juga sebagai rangkaian *pre-heater*. Pentingnya peran *pre-heater* pada unit *Crude Distillation Unit* (CDU V), untuk itu diperlukan evaluasi kinerja terhadap *heat exchanger* sehingga dapat dijadikan dasar untuk melakukan proses pembersihan jika ditemukan jika kinerjanya telah menurun. Evaluasi kinerja dilakukan dengan cara membandingkan *Dirt Factor/Fouling factor* (Rd) data desain dan data aktual yang didapatkan. Hasil yang didapatkan adalah *heat exchanger* E-201-04A/B, E-201-05A/B, E-201-06, E-201-08A/B, E-201-09, E-201-10A/B, dan E-201-11 memiliki nilai Rd aktual lebih tinggi dibanding Rd desain yang mengindikasikan bahwa telah terjadi penurunan performa pada *heat exchanger* tersebut. *Heat exchanger* E-201-04A/B, E-201-05A/B, E-201-06, E-201-08A/B, E-201-09, E-201-10A/B, E-201-11 memiliki nilai Rd aktual lebih rendah dibanding Rd desain yang mengindikasikan bahwa performa *heat exchanger* tersebut masih baik. *Heat exchanger* yang memiliki nilai Rd Aktual lebih tinggi di bandingkan Rd desain direkomendasikan segera dilakukan pembersihan sesuai kondisi alat.

Kata kunci: *heat exchanger; preheater; nilai Rd; minyak mentah; CDU V***Abstract**

Separation of crude oil in a petroleum processing plant requires a tool for heat exchanger. Heat Exchanger is used to transfer heat between two or more fluids that have a temperature difference, ranging from a high-temperature fluid to a low-temperature fluid. This process at PT. PERTAMINA RU V Balikpapan is located in the Crude Distillation Unit V (CDU V). The part of the heat exchanger that serves as preheating of petroleum is E-201-01A / B to E-201-11 or commonly referred as a pre-heater circuit. The important role of the pre-heater in the Crude Distillation Unit (CDU V) is significant in order to evaluate the performance of the heat exchanger so that it can be used as a basis for carrying out the cleaning process if it is found when its performance has decreased. Performance evaluation is conducted by comparing the Dirt Factor / Fouling factor (Rd) of the design data and the actual data obtained. The results obtained were heat exchanger E-201-04A / B, E-201-05A / B, E-201-06, E-201-08A / B, E-201-09, E-201-10A / B, and the E-201-11 had the actual Rd value higher than the design Rd, which indicated that there had been a decrease in performance on the heat exchanger. Heat exchanger E-201-04A / B, E-201-05A / B, E-201-06, E-201-08A / B, E-201-09, E-201-10A / B, E-201- 11 had the actual Rd value lower than the design Rd which indicated that the heat exchanger was still performing well. Heat exchangers that have a higher Actual Rd value than RD design are recommended to carry out immediate cleaning according to the conditions of the tool.

Keywords: *heat exchanger; preheater; Rd value; crude oil; CDU V*

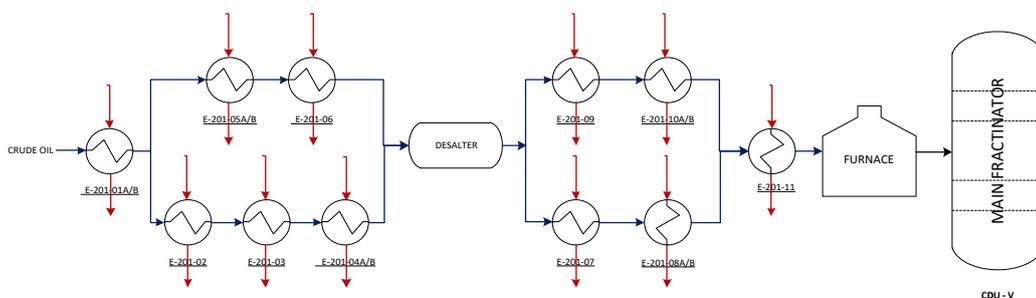
PENDAHULUAN

Alat perpindahan panas merupakan bagian yang sangat penting dalam sebuah kilang pengolahan minyak bumi. Alat penukar kalor (Heat Exchanger) adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas antara dua buah fluida atau lebih yang mempunyai perbedaan temperatur yaitu fluida yang bertemperatur tinggi ke fluida yang bertemperatur rendah. Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung begitu saja. Penukar panas sangat luas dipakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia maupun petrokimia, industri gas alam (Incropera dan Dewitt, 1981).

Minyak mentah di pisahkan menjadi fraksi-fraksi berdasarkan rentang titik didihnya dalam sebuah menara destilasi pada tekanan 1 atm pada suhu $\pm 350^{\circ}\text{C}$. untuk mencapai kondisi tersebut, minyak bumi dipanaskan secara bertahap dalam sebuah rangkaian alat penukar panas (*Heat Exchanger*) dan kemudian akan dipanaskan lagi pada *Furnace* agar mencapai suhu operasi yang dibutuhkan untuk masuk ke dalam kolom distilasi. Di PT. PERTAMINA RU V Balikpapan proses tersebut terdapat pada unit *Crude Distillation Unit V* (CDU V). Unit ini bertugas memisahkan minyak bumi mentah menjadi fraksi-fraksinya seperti LPG, *light naphta*, *heavy naphta*, *kerosene*, *Light Gas Oil* (LGO), *Heavy Gas Oil* (HGO), dan *long residue*. *Feed Crude* yang digunakan untuk desain CDU-V adalah *Indonesian Mixed Crude* (Attaka, Arun, Minas dan Duri) dan *Minas Crude* (Sumatra Light). Skema *pre-heater* CDU V Pertamina RU V ditampilkan pada Gambar 1. Bagian *heat exchanger* yang bertugas sebagai pemanasan awal minyak bumi di CDU V Pertamina RU V Balikpapan adalah E-201-01A/B sampai dengan E-201-11 atau biasa di sebut juga sebagai rangkaian *pre-heater*. Alat penukar panas yang digunakan disini seluruhnya berbentuk *Shell and Tube*.

Tabel 1. Jenis-jenis fluida yang mengalir pada masing-masing HE

Heat Exchanger	Fluida Tube	Fluida Shell
E-201-01A/B	<i>Crude</i>	Top PA (<i>naphta</i>)
E-201-02	<i>Crude</i>	Cold LGO
E-201-03	<i>Crude</i>	<i>Kerosene product</i>
E-201-04A/B	<i>Crude</i>	Cold Reduced <i>Crude</i>
E-201-05A/B	<i>Crude</i>	Cold <i>Kerosene PA</i>
E-201-06	<i>Crude</i>	LGO
E-201-07	<i>Crude</i>	Hot HGO
E-201-08A/B	Reduced <i>Crude</i>	<i>Crude</i>
E-201-09	<i>Crude</i>	Hot <i>Kerosene PA</i>
E-201-10A/B	<i>Crude</i>	LGO PA
E-201-11	Hot Reduced <i>Crude</i>	<i>Crude</i>



Gambar 1. Skema Preheater pada Crude Distillation Unit V (CDU – V)

Sistem pemanasan awal (*preheat*) bertujuan untuk meningkatkan keekonomisan proses operasi karena dapat memanfaatkan energi secara efisien dengan tujuan memperkecil biaya operasi. Efisiensi dari sistem integrasi panas bergantung pada kinerja alat itu sendiri karena kalor yang diterima oleh *crude oil* akan berpengaruh terhadap pemakaian bahan bakar di *furnace* yang nantinya akan berdampak pada biaya operasi. Pada kondisi aktual di lapangan, efisiensi dari alat penukar panas akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu penggunaan. Semakin lama *heat exchanger* digunakan akan menyebabkan

pengotoran (*fouling*) pada bagian dalam *heat exchanger* tersebut. Lapisan pengotor ini menyebabkan penambahan tahanan termal dan menyebabkan laju perpindahan panas pada *heat exchanger* berkurang, yang pada akhirnya akan berpengaruh pada kinerja dari *heat exchanger*. Karena pentingnya peran *pre-heater* pada unit *Crude Distillation Unit* (CDU V), maka diperlukan evaluasi kinerja *heat exchanger* E-201-01A/B sampai dengan E-201-11 dengan cara membandingkan *Dirt Factor/Fouling factor* (Rd) data desain dan data aktual yang didapatkan, Hasil dari Evaluasi ini dapat dijadikan dasar untuk melakukan proses pembersihan jika ditemukan *Heat Exchanger* (HE) jika kinerjanya telah menurun.

Fouling dapat didefinisikan sebagai pembentukan deposit pada permukaan alat penukar panas yang dapat menghambat perpindahan panas dan meningkatkan hambatan aliran fluida pada alat penukar panas. Lapisan *fouling* dapat berasal dari partikel – partikel atau senyawa lainnya yang tersangkut di aliran fluida. Pertumbuhan lapisan pengotor dapat meningkat apabila permukaan deposit yang terbentuk mempunyai sifat adhesif yang cukup kuat dan gradient temperatur antara aliran dengan permukaan yang cukup besar. Pada umumnya proses pembentukan lapisan *fouling* merupakan fenomena yang sangat kompleks sehingga sukar untuk dianalisa secara analitik. *Fouling factor* dapat mempengaruhi proses perpindahan panas karena dapat menghambat pergerakan panas didalamnya yang diakibatkan karena deposit tersebut. Apabila nilai *fouling factor* hasil perhitungan lebih besar dari nilai *fouling factor* desain maka perpindahan panas yang terjadi didalam alat tidak memenuhi kebutuhan prosesnya dan harus segera dibersihkan.

Evaluasi *fouling factor* dilakukan supaya dapat mengetahui keberadaan kotoran di dalam alat dan waktu pembersihan harus dilakukan. Nilai *fouling factor* yang semakin besar akan mengakibatkan efisiensi perpindahan panas yang semakin menurun dan nilai *pressure drop* semakin tinggi. Hal tersebut dapat menyebabkan penurunan kinerja dari *heat exchanger*. *Fouling factor* dapat ditentukan berdasarkan harga koefisien perpindahan panas *overall* untuk kondisi *clean* dan *dirty* pada alat penukar panas yang digunakan.

METODOLOGI

Proses pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

A. Studi Pustaka

B. Pengumpulan Data

Data – data yang digunakan untuk mengevaluasi *heat exchanger* E-201-01A/B sampai dengan E-201-11 pada unit CDU- V diperoleh dari beberapa sumber, yaitu Data Sheet *Heat Exchanger* E-201- 01A/B sampai dengan E-201-11, data – data operasi *heat exchanger* E-201-01A/B sampai dengan E-201-11 pada bulan Februari 2020, data-data literatur, dan data teknis lain yang tersedia di CDU-V. Data-data tersebut meliputi:

- Data Desain shell and tube E-201-01A/B sampai dengan E-201-11
- Temperatur inlet dan outlet dalam shell and tube E-201-01A/B sampai dengan E-201-11
- Flowrate inlet shell and tube E-201-01A/B sampai dengan E-201-11
- Komposisi fluida dalam inlet shell dan tube E-201-01A/B sampai dengan E- 201-11

C. Perhitungan kinerja *Heat Exchanger* yang dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Neraca Panas (*Heat Duty*)

Menghitung neraca panas untuk mengetahui panas yang dilepas fluida panas atau panas yang diterima fluida dingin. Persamaan umum untuk neraca panas yaitu :

$$Q = m \times C_p \times \Delta t \dots\dots\dots (1)$$

Dan apabila terjadi perubahan fasa :

$$Q = m \times \lambda \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- Q : Jumlah panas yang dipindahkan, J/s
- m : Lajur alir massa fluida, kg/h
- Cp : Kapasitas panas dari fluida , J/kg°C
- Δt : Perbedaan temperatur masuk dan keluar, °C
- λ : Panas Laten (*Latent Heat*), J/kg

2. *Log Mean Temperature Difference* (LMTD)

Perbedaan temperatur antara fluida panas dan dingin bervariasi sepanjang penukar kalor. Untuk itu digunakan perbedaan temperatur rata-rata. Persamaan umumnya, yaitu:

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

$$\Delta t_1 = T_{in} \text{ fluida panas} - T_{out} \text{ fluida dingin}$$

$$\Delta t_2 = T_{out} \text{ fluida panas} - T_{in} \text{ fluida dingin}$$

Keterangan:

- Δt_1 : Beda temperatur panas (°C)
- Δt_2 : Beda temperatur dingin (°C)

3. Corrected LMTD

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \dots \dots \dots (4)$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \dots \dots \dots (5)$$

Mencari F_T pada fig 18 Kern, menggunakan R dan S yang telah dihitung.

$$LMTD \text{ koreksi} = LMTD \times F_T \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

- R dan S : *Temperature efficiency*
- T_1 & T_2 : Temperatur *inlet* dan *outlet* fluida panas, °C
- t_1 & t_2 : Temperatur *inlet* dan *outlet* fluida dingin, °C
- F_T : Faktor perbedaan temperature
- Δt : *Corrected LMTD*, °C

4. Flow Area (a)

a. Flow area sisi tube

$$a_t = \frac{n_t \times a_{t'}}{144 \times n} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

- a_t : *Flow Area tube*, m²
- $a_{t'}$: *Flow area per tube*, inch² (Table 10-Kern)
- N_t : Jumlah *tube*
- N : Jumlah *pass*

b. Flow area sisi shell

$$a_s = \frac{ID \times C' \times B}{144 \times P_T} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

- a_s : *Flow Area shell*, m²
- ID : *Inside Diameter*, m
- C' : *Clearance*, m
- B : *Baffle space*, m
- P_T : *Pitch*, m

5. Mass Velocity (G)

$$G_s = \frac{W_s}{a_s} \dots \dots \dots (9)$$

$$G_t = \frac{W_t}{a_t} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan :

- G_s : *Mass velocity shell*, kg/s m²
- G_t : *Mass velocity tube*, kg/s m²
- W_s : Laju alir fluida di *shell*, kg/h

- W_t : Laju alir fluida di *tube*, kg/h
 a_s : *Flow area shell*, m²
 a_t : *Flow area tube*, m²

6. Bilangan Reynolds (Re)

a. Bilangan reynold di *shell*

$$Re_s = \frac{D_e \times G_s}{\mu} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

- Re_s : Bilangan Reynolds di sisi *shell*
 D_e : Diameter ekuivalen *shell*, m
 G_s : *Mass velocity shell*, kg/s m²
 μ : Viskositas fluida di *shell*, Pa.s

b. Bilangan Reynolds di *tube*

$$Re_t = \frac{D \times G_t}{\mu} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan:

- Re_t : Bilangan Reynolds di sisi *tube*
 D : Diameter ekuivalen *shell*, m
 G_t : *Mass velocity tube*, kg/s m²
 μ : Viskositas fluida di *shell*, Pa.s

7. Faktor perpindahan panas pada *shell* dan *tube* (Jh)

Setelah mendapatkan Reynold number, menentukan nilai Jh dari grafik pada fig. 28 *Kern* untuk *shell* dan fig. 24 *Kern* untuk *tube*. Untuk nilai k dan c pada temperatur kalorik diperoleh dari interpolasi k dan c yang terdapat di data desain. Bila *Reynold number over range*, nilai jH dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$J_H = 0,36 \left(\frac{ID \times G_t}{\mu} \right)^{0,55} \left(\frac{C_p \times \mu}{k} \right)^{0,5} \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan :

- J_H : *Heat transfer Factor*
 C_p : Kapasitas Panas dari fluida, J/kg. °C

8. Koefisien perpindahan panas (h)

a. Koefisien Perpindahan Panas di *tube*

$$h_i = j_H \times \left(\frac{k}{D} \right) \times \left(\frac{C_p \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \times \phi_t \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

- h_{i0} : Koefisien perpindahan panas *tube*, J/s m² °C
 j_H : *Heat transfer factor*
 k : Konduktivitas termal di *tube*, J/s m °C
 D : Diameter ekuivalen *tube*, m
 C_p : *Specific heat* fluida di *tube*, J/kg °C
 μ : Viskositas fluida di *tube*, Pa s
 ϕ_s : Viskositas ratio $[(\mu/\mu_w)^{0.14}]$

b. Koefisien Perpindahan Panas di *shell*

$$h_o = j_H \times \left(\frac{k}{D_e} \right) \times \left(\frac{C_p \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \times \phi_s \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan:

- h_o : Koefisien perpindahan panas *shell*, J/s m² °C
 k : Konduktivitas termal di *shell*, J/s m °C

- De : Diameter ekuivalen shell, m
- Cp : Specific heat fluida di shell, J/kg °C
- μ : Viskositas fluida di shell, Pa s
- ϕ_s : Viskositas ratio [(μ/μ_w)^{0.14}]

9. Koefisien Perpindahan Panas Overall pada saat Clean (U_c)

U_c (Clean Overall Coefficient) adalah koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai (masih bersih), besarnya ditentukan oleh besarnya tahanan konveksi h_o dan h_{io}, sedangkan tahanan konduksi diabaikan karena sangat kecil bila dibandingkan dengan tahanan konveksi.

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

Keterangan:

- U_c : Clean overall heat transfer coefficient, J/s m² °C
- h_{io} : Koefisien perpindahan panas di tube, J/s m² °C
- h_o : Koefisien perpindahan panas di shell, J/s m² °C

10. Koefisien Perpindahan Panas Overall pada saat ada pengotor (U_d)

Koefisien perpindahan panas overall pada saat ada pengotor (U_d) ini menyatakan mudah atau tidaknya panas berpindah dari fluida panas ke fluida dingin dan juga menyatakan aliran panas menyeluruh sebagai gabungan proses konduksi dan konveksi setelah alat beroperasi. Nilai U_d lebih kecil daripada nilai U_c.

$$A = a'' \times L \times N_t \dots\dots\dots(17)$$

$$U_d = \frac{Q}{A \times \Delta t} \dots\dots\dots(18)$$

Keterangan:

- A : Luas permukaan perpindahan panas, m²
- a'' : External Surface per ft, ft²/ft
- L : Panjang tube
- Q : Jumlah panas yang dipindahkan, J/h
- Δt : Corrected LMTD, °C
- U_d : Design overall heat transfer coefficient, J/s m² °C

11. Fouling factor/Dirt Factor (R_d)

Faktor Pengotor (R_d) merupakan tahanan dari heat exchanger dimaksudkan untuk mereduksi korosifitas akibat dari interaksi antara fluida dengan dinding pipa heat exchanger. Akan tetapi setelah digunakan beberapa lama, R_d akan mengalami akumulasi. Hal ini tidak baik untuk heat exchanger itu sendiri, karena R_d yang besar akan menghambat laju perpindahan panas antara fluida panas dan fluida dingin.

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} \dots\dots\dots(19)$$

Keterangan:

- R_d : Dirt factor, m² s °C/J
- U_c : Clean overall heat transfer coefficient, J/s m² °C
- U_d : Design overall heat transfer coefficient, J/s m² °C

D. Melakukan Analisa kinerja Heat Exchanger berdasarkan perbandingan nilai R_d Desain dan R_d Aktual (hasil perhitungan)

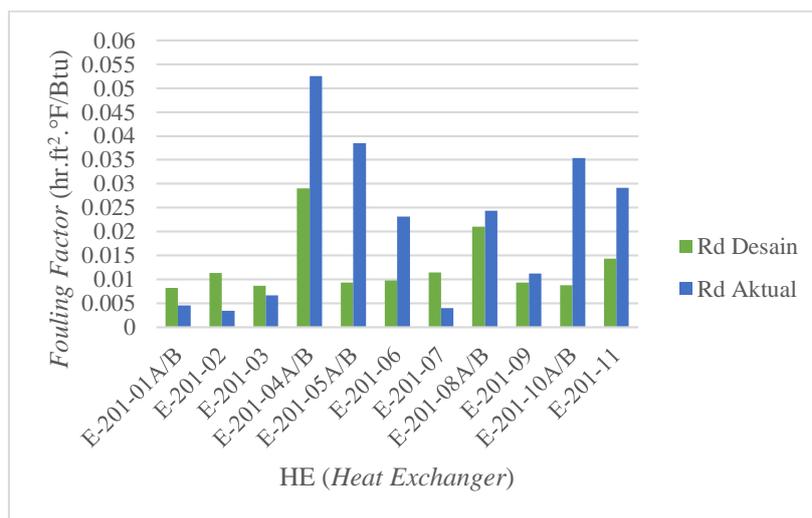
HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai R_d Heat exchanger E-201-01A/B sampai dengan E-201-11 berdasarkan nilai desain dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rd desain dan Rd Aktual (hasil perhitungan) Heat Exchanger E-201-01A/B sampai dengan E-201-11

HE	Rd (hr.ft ² .°F/Btu)	
	Rd Aktual	Rd Desain
E-201-01A/B	0.0045	0.0082
E-201-02	0.0034	0.0113
E-201-03	0.0067	0.0086
E-201-04A/B	0.0526	0.0291
E-201-05A/B	0.0385	0.0094
E-201-06	0.0232	0.0098
E-201-07	0.0040	0.0114
E-201-08A/B	0.0244	0.0210
E-201-09	0.0112	0.0094
E-201-10A/B	0.0354	0.0088
E-201-11	0.0292	0.0144

Fouling factor (Rd) merupakan parameter yang menunjukkan besarnya pengotor dalam alat penukar panas karena adanya pembentukan lapisan deposit pada permukaan perpindahan panas dari bahan atau senyawa yang tidak diinginkan. Bahan atau senyawa itu berupa kristal, sedimen, senyawa biologi, produk reaksi kimia atau korosi. Pembentukan lapisan deposit akan berkembang selama alat *heat exchanger* tersebut dioperasikan. Akumulasi deposit *heat exchanger* ini menyebabkan penurunan efisiensi perpindahan panas yang mengakibatkan *heat exchanger* tidak bekerja secara maksimal. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses pembersihan (*cleaning*) pada *tube heat exchanger*.



Gambar 2. Perbandingan Nilai Rd Desain dan Rd Aktual pada heat exchanger E-201-01A/B sampai dengan E-201-11

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa nilai Rd aktual pada E-201-01A/B, E-201-02, E-201-03, dan E-201-07 secara berturut-turut yaitu 0.0045 hr.ft².°F/Btu ; 0.0034 hr.ft².°F/Btu ; 0.0067 hr.ft².°F/Btu ; 0.0040 hr.ft².°F/Btu menunjukkan lebih kecil dibandingkan dengan Rd desain, sehingga kinerja dari *heat exchanger* tersebut masih baik dan tidak perlu dilakukan *cleaning*. Sedangkan nilai Rd aktual pada E-201-04A/B, E-201-05A/B, E-201-06, dan E-201-08A/B, E-201-09, E-201-10A/B, dan E-201-11 secara berturut-turut yaitu 0.0526 hr.ft².°F/Btu ; 0.0385 hr.ft².°F/Btu ; 0.0232 hr.ft².°F/Btu ; 0.0244 hr.ft².°F/Btu ; 0.0112 hr.ft².°F/Btu ; 0.0354 hr.ft².°F/Btu ; 0.0292 hr.ft².°F/Btu menunjukkan lebih besar dibandingkan dengan Rd desain. Semakin besar nilai *fouling factor* suatu *heat exchanger* terjadi karena terdapat jumlah pengotor (deposit) yang tinggi sehingga proses transfer panas tidak berjalan optimal, panas yang diserap fluida dingin tidak maksimal karena tahanan terhadap proses perpindahan panas

semakin besar sehingga koefisien perpindahan panas menjadi kecil, oleh karena itu dari hasil evaluasi Rd tersebut maka direkomendasikan untuk dilakukan *cleaning*.

Fouling pasti akan terbentuk pada permukaan *tube heat exchanger* seiring berjalannya waktu, sehingga dibutuhkan *cleaning* yang dilakukan secara berkala agar perpindahan panas dapat lebih efisien. Terdapat dua metode pembersihan (*cleaning*) *heat exchanger* yaitu dengan *mechanical cleaning* dan *chemical cleaning*. Metode *mechanical cleaning* adalah dengan cara membongkar bagian *heat exchanger* untuk membersihkan bagian yang kotor. Sedangkan metode *chemical cleaning* adalah dengan mengalirkan bahan kimia kedalam *heat exchanger* untuk melarutkan kerak pada dinding *heat exchanger* dan membawanya keluar. Pada umumnya proses pembentukan lapisan *fouling* merupakan fenomena yang sangat kompleks sehingga sukar untuk dianalisa secara analitik. Mekanisme pembentukan *fouling* dan metode pendekatannya juga sangat beragam dan berbeda – beda. Berdasarkan proses terbentuknya endapan atau kotoran, *fouling* dibagi menjadi lima jenis antara lain:

1. *Precipitation Fouling*, Pengotoran jenis ini biasanya terjadi pada fluida yang mengandung garam – garam yang terendapkan pada suhu tinggi seperti garam, kalsium, fosfat, sulfat dan lain – lain.
2. *Particulate Fouling*, Pengotoran ini terjadi akibat pengumpulan partikel – partikel padat yang terbawa oleh fluida diatas permukaan perpindahan panas, seperti debu pasir dan lain – lain.
3. *Chemical Reaction Fouling*, Pengotoran ini terjadi akibat adanya reaksi kimia didalam fluida yang terjadi diatas permukaan perpindahan panas dimana material bahan permukaan perpindahan panas tidak ikut bereaksi. Contohnya adalah reaksi polimerisasi.
4. *Corrosion Fouling*, Pengotoran ini terjadi akibat reaksi kimia antara fluida kerja dengan material bahan permukaan perpindahan panas.
5. *Biological Fouling*, Pengotoran ini berhubungan dengan aktifitas organisme biologis yang terdapat atau terbawa aliran fluida seperti lumut, jamur, dan lain – lain

Untuk mencegah terjadinya *fouling* dapat dilakukan dengan tindakan-tindakan berikut :

1. Menggunakan bahan konstruksi yang tahan korosi.
2. Menekan potensi *fouling*, dapat dengan cara melakukan penyaringan.
3. Menginjeksi anti *foulant* pada fluida.
4. Menempatkan *nozzle* (*shell side* dan *tube side*) di permukaan terendah atau tertinggi pada HE untuk menghindari terjadinya kantung-kantung gas ataupun kantung volume fluida diam.

Namun jika telah terjadi *fouling* di dalam *heat exchanger*, maka sebaiknya segera dilakukan pembersihan (*cleaning*) agar tidak menimbulkan kerusakan lainnya. Terdapat tiga tipe cara pembersihan (*cleaning*) yang mungkin dapat dilakukan seperti :

1. *Chemical/Physical Cleaning*

Metode pembersihan dengan mensirkulasikan *agent* melalui peralatan, biasanya menggunakan HCl 5 – 10%.

Kelebihan :

- Tidak perlu membongkar alat, sehingga menghemat waktu dan pekerja.
- Tidak ada kerusakan mekanik pada *tube*.

Kelemahan :

- Hanya membersihkan beberapa tipe deposit, dalam hal ini *coke* sukar dilakukan.
- *Tube* yang tersumbat penuh, disarankan untuk melakukan *mechanical cleaning* terlebih dahulu karena sirkulasi dari *cleaning agent* tidak mungkin dilakukan.
- Sangat sukar untuk meyakinkan bahwa peralatan benar-benar telah bersih.
- Deposit kemungkinan dapat terakumulasi di tempat dimana aliran relatif lambat.

2. *Mechanical Cleaning*

Terdapat tiga tipe *mechanical cleaning* yang dapat dilakukan seperti :

- *Drilling* atau *Turbining*

Pembersihan ini dilakukan dengan mengedril deposit yang menempel pada dinding *tube*. Pembersihan ini paling dianjurkan untuk *tube* yang tertutup total.

- *Hydro jeting*

Pembersihan ini dilakukan dengan cara menginjeksikan air ke dalam *tube* pada tekanan tinggi, untuk jenis deposit yang lunak.

- *Sand Blasting*

Pembersihan ini dilakukan dengan cara menyemprotkan campuran air dengan pasir ke dalam *tube* pada tekanan tinggi.

3. Gabungan keduanya

Merupakan gabungan dari *chemical cleaning* diikuti dengan *mechanical cleaning*. Pembersihan dengan cara ini pada kondisi tertentu dapat meningkatkan efektivitas pembersihan *fouling* pada *heat exchanger*.

SIMPULAN

Hasil yang didapatkan dari evaluasi kinerja *heat exchanger* ini adalah terdapat beberapa *heat exchanger* yang memiliki nilai R_d aktual lebih tinggi dibanding R_d desain yang mengindikasikan bahwa telah terjadi penurunan performa pada *heat exchanger* tersebut. Berikut nomor seri dari *heat exchanger* tersebut, antara lain :E-201-04A/B, E-201-05A/B, E-201-06, E-201-08A/B, E-201-09, E-201-10A/B, E-201-11. Terdapat beberapa *heat exchanger* yang memiliki nilai R_d aktual lebih rendah dibanding R_d desain yang mengindikasikan bahwa performa *heat exchanger* tersebut masih baik. Berikut nomor seri dari *heat exchanger* tersebut, antara lain :E-201-01A/B, E-201-02, E-201-03, E-201-07. Untuk *heat exchanger* yang memiliki nilai R_d Aktual lebih tinggi di dibandingkan R_d desain direkomendasikan segera di laksanakan cleaning sesuai kondisi alat masing-masing.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terselesaikannya artikel ini, Penulis ingin mengucapkan Terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Seluruh Manajemen Politeknik Negeri Samarinda Khususnya Pengelola jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda
2. Seluruh Manajemen PT.PERTAMINA (Persero) RU V Balikpapan, khususnya Bagian *Process Engineering*, dan Seluruh operator di Ruang Pusat Pengendalian Kilang (RPPK) PT.PERTAMINA (Persero) RU V Balikpapan.
3. Pihak-pihak lain yang secara langsung terlibat dalam penyelesaian artikel ini

DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Y.A. (2006). *Heat Transfer: A Practical Approach (2nd Ed)*. Ohio: McGraw- Hill Higher Education.
- Donald Q. Kern. (1965). *Process Heat Transfer*. McGraw Hill, New York.
- Hardjono, A. (2000). *Teknologi Minyak Bumi*. Gadjah Mada University Press.
- Holman, J.P. Alih bahasa E.Jasifi. *Perpindahan Kalor*. Erlangga, Jakarta.
- Incropera, F.P, Dewitt D.P. (1965). *Fundamental of Heat and Mass Transfer (4th Ed)*. J. Wiley, New York.
- Incropera, D.W, Heat and Mass Transfer,Mc.Graw Hill Book Company,NY, 1987.
- Incropera, F.P., De Witt D.P. (1960) *Fundamentals of Heat and Mass Transfer,Third Edition*, J. Wiley, New York.
- J. P. Holman. (1994). *Heat Transfer (6th Ed)*. Erlangga, Jakarta.
- Kakac, S., Liu, H. (2002). *Heat exchanger: Selection, Rating, and Thermal Design (2nd Ed)*. CRC Press, Florida.
- Kothandaraman, C.P. (2006). *Fundamentals of Heat and Mass Trasfer (3rd Ed)*. New Age, New Delhi.
- Kreith, F, Prinsip Perpindahan Panas,Erlangga, Jakarta, 1986.
- Max Jacob & George A. Hawkins, Purdue Univerity. (1957), *Elements Of Heat Transfer (3th Ed)*. J. Wiley, New York.
- Sitompul, Tunggul, M. (1991). *Alat Penukar Kalor*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.