Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi e-ISSN: 2549-4236, p-ISSN: 1411-8939
Lembaga Penellitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Vol 24, No 2 (2024): Juli, 1314-1318
DOI: 10.33087/jiubj.v24i2.4718

Analisis Efisiensi Kinerja *Heat Exchanger* Tipe *Shell and Tube* Berdasarkan Parameter Laju Alir dan *Fouling Factor*

Salwa Malani, Cintiya Septa Hasannah
Program Studi Teknik Kimia, Universitas Singaperbangsa Karawang
Correspondence: 1910631230013@student.unsika.ac.id, cintiya.septa@ft.unsika.ac.id

Abstrak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil evaluasi efisiensi kinerja *heat exchanger tipe shell and tube* berdasarkan parameter laju alir dan *fouling factor*. Pada evaluasi kinerja *Heat Exchanger* (HE-105) dilakukan dua jenis pengumpulan data yaitu pengumpulan data primer digunakan untuk dasar analisa evaluasi kinerja *Heat Exchanger* (HE-105) pada PT X dan pengumpulan data sekunder dilakukan sebagai langkah perhitungan pada evaluasi kinerja *Heat Exchanger* (HE-105). Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata Rd (*fouling factor*) aktual 0,0012 kcal/m^2 hr C lebih besar dari nilai Rd desain 0,0011 kcal/m^2 hr C, hal ini menunjukkan adanya *fouling* yang terakumulasi. Nilai rata-rata efisiensi pada desain sebesar 98,41%, dan pada efisiensi aktual 86,29%. Nilai efisiensi rata-rata aktual lebih kecil dibandingkan nilai efisiensi rata-rata desain, hal ini disebabkan karena pengaruh tingginya laju alir yang menyebabkan waktu kontak antar temperatur berkurang. Namun, nilai rata-rata efisiensi masih tergolong tinggi menunjukkan *Heat Exchanger* (HE-105) masih sangat layak digunakan.

Kata kunci : *heat exchanger*, parameter laju alir, *fouling factor*

Abstract. *The purpose of this study is to determine the results of the evaluation of shell and tube type heat exchanger performance efficiency based on flow rate parameters and fouling factors. In the evaluation of Heat Exchanger (HE-105) performance, two types of data collection were carried out, namely primary data collection used for basic analysis of Heat Exchanger (HE-105) performance evaluation at refinery facilities at PT X and secondary data collection was carried out as a calculation step in the evaluation of Heat Exchanger (HE-105) performance. The results showed that the actual average Rd (fouling factor) value of 0.0012 kcal/m2 hr C is which greater than the design Rd, this is due to the accumulated fouling. The average value of efficiency in the design is 98.41%, and the actual efficiency is 86.29%. The actual average efficiency value is smaller than the design average efficiency value, this is due to the influence of the high flow rate which causes the contact time between temperatures to decrease. However, the average efficiency value is still relatively high, indicating that the Heat Exchanger (HE-105) is still very feasible to use.*

Keywords **:** *heat exchanger, flow rate parameter, fouling factor*

PENDAHULUAN

Salah satu energi yang dapat berpindah adalah Panas. Perpindahan panas terjadi akibat adanya perbedaan suhu antara dua (atau lebih) tempat maupun zat yang berpindah dari suhu tinggi ke rendah (Eryati & Nur, 2021). Terdapat tiga jenis proses perpindahan panas yaitu: konduksi, konveksi dan radiasi (Flynn et al., 2019). Konduksi adalah jenis perpindahan panas dimana laju perpindahan energi tidak disertai dengan perpindahan media/partikelnya. Perpindahan panas ini dapat terjadi pada satu media (panas, cair, dan gas). Konveksi adalah jenis perpindahan panas dimana laju perpindahan energi disertai dengan berpindahnya partikel-partikel dari zat penghantarnya, dimana proses perpindahan panas konveksi terjadi antara pergerakan fluida yang berkontakkan dengan permukaan padat. Radiasi merupakan perpindahan panas yang dipancarkan oleh benda karena suhunya, sehingga proses perpindahan panas oleh radiasi tidak memerlukan media perantara seperti konduksi dan konveksi.

Heat Exchanger (HE) merupakan alat yang berfungsi sebagai penukar panas antara dua fluida dengan analisa yang berbeda tanpa mencampurkan fluida satu dengan yang lain, sehingga terjadi perpindahan panas karen adanya perbedaan suhu diantara kedua fluida tersebut (Sari et al., 2022). Panas yang dilepaskan oleh suatu benda sama dengan panas yang akan diterima oleh benda lainnya, kemampuan untuk menerima panas dipengaruhi oleh tiga hal yaitu *overall coefficient*, luas bidang perpindahan panas, dan selisih rata-rata logaritmik (ΔTLMTD) (Putra, 2017).

Dalam memenuhi kebutuhan teknis berbagai produk, penggunaan *Heat Exchanger* sebagai alat penukar kalor telah banyak digunakan pada berbagai analisa (Putra, 2017). Berdasarkan TEMA (*Turbular Exchanger Manufacturer Association*) jenis penukar kalor dibagi menjadi tiga kelompok kelas berdasarkan kegunaannya (Sari dkk., 2022). Kelas R, seringkali digunakan pada industri minyak dan analisa kimia dengan kondisi kerja yang berat. Kelas B, diperuntukkan untuk pelayanan proses kimia standar. Kelas C, untuk keperluan umum (*general purpose*) berdasarkan produksi yang lebih memperhatikan ukuran aspek ekonomi dan kapasitas panas yang kecil.

Berikut ini merupakan beberapa alat penukar panas berdasarkan konstruksinya: *Shell and Tube Heat Exchanger* memiliki ciri adanya sekumpulan "*Tube*" yang berada pada bagian dalam "*Shell*". Penukar kaor jenis *shell and tube* umumnya digunakan pada industri analisa kimia (Gresta dkk., 2022). *Double Pipe Heat Exchanger* merupakan jenis penukar kalor yang terdiri dari pipa ganda dengan perbedaan ukuran diameter. Alat penukar kalor tipe ini menggunakan proses perpindahan panas secara konveksi (Robiyanyusra et al., 2021). *Plate Heat Exchanger* banyak digunakan pada analisa *Heating Ventilation* dan *Air-Conditioning* (HVAC). *Plate Heat Exchanger* terdiri dari beberapa pelat logam tipis tegak lurus yang bergelombang atau memiliki pola herringbone tipis (Li & Hrnjak, 2021).

Hambatan pada perpindahan panas akibat adanya endapan – endapan didalam *Heat Exchanger* disebut *fouling* (Sebayang, 2019). Hambatan terjadi akibat adanya penumpukan kotoran pada alat, penumpukan kotoran dapat berupa kristal, sedimen, senyawa biologi dan korosi dari suatu partikel atau senyawa yang ikut terbawa oleh fluida. Hal ini dapat mempengaruhi produktivitas dan menurunkan efisiensi *Heat Exchanger* (Wahyudi dkk., 2022).

METODE

Pada evaluasi kinerja *Heat Exchanger* (HE-105) dilakukan dua jenis pengumpulan data. Adapun data tersebut diambil dari nilai rata-ratanya dan dibandingkan dengan kondisi desain alat diantaranya: (a) pengumpulan data primer digunakan sebagai dasar analisa evaluasi kinerja *Heat Exchanger* (HE-105) di PT X; dan (b) pengumpulan data sekunder dilakukan sebagai langkah perhitungan pada evaluasi kinerja *Heat Exchanger* (HE-105). Data tersebut diperoleh dari studi lapangan dan studi literatur. Pada studi lapangan data yang diperoleh berupa data kondisi operasi aktual mencakup data tempratur *inlet* dan *outlet*, serta laju alir pada *shell* dan *tube Heat Exchanger* (HE-105). Sedangkan pada studi literatur, data yang diperoleh berupa langkah perhitungan *Heat Exchanger* (HE-105), Grafik dan Tabel.

HASIL

Tabel 1
Spesifikasi *Heat Exchanger*

Parameter	*Shell side*		*Tube side*	
Fluid circulated	RA		CO	
State	*Liquid*		*Liquid*	
Flowrate (kg/hr)	542640		774710	
Temperature in/out (^oC)	221	178	115	147
Pressure (kg/cm^2)	19		14	
Rd ($kcal/m^2$ hr ^oC)			0,0011	
Efisiensi			98,4%	

Sumber: data olahan

Pengamatan kondisi aktual HE-105 di PT X dilakukan selama 7 (tujuh) hari untuk memperoleh data yang diperlukan untuk perhitungan evaluasi kinerja HE-105, data yang hasil observasi pada Tabel 2 diasumsikan telah mewakili kondisi sebenarnya pada HE-105.

Tabel 2
Kondisi aktual HE-105

Hari ke-	Flow RA	T in (^oC)	T out (^oC)	Flow CO	T in (^oC)	T out (^oC)
1	443.538	207	165	828.658	122	143
2	405.833	197	155	837.875	117	136
3	424.421	203	161	835.597	122	142

4	451.261	205	162	831.401	113	135
5	451.187	205	162	832.747	114	135
6	448.831	206	162	830.883	114	136
7	451.261	208	162	831.401	113	135

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 2 data yang telah diperoleh maka dilakukan penyelesaian masalah berupa pengolahan data melalui perhitungan pada langkah-langkah berikut ini:

1. Menghitung Neraca Panas (Kern, 1965)
   $Q = m \times cp \times \Delta T$
2. Menghitung *Log Mean Temperature Diffrence* (LMTD) (Kern 2nd Ed)
   $LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$
3. Menghitung *Log Mean Temperature Difference* (LMTD) *Correction Factor* (Kern, 2nd Ed)
   $R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}$
   $P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - T_2}$
   Hasil perhitungan dapat diketahui nilai F_T sesuai pada Kern, 1965 Fig. 18, sehingga diperoleh: (Kern, 1965)
   $\Delta T_{LM} = F_T \times LMTD$
4. Menentukan Temperatur Kalorik (Kern,1965)
   $Tc = T_2 + Fc\,(T_2 - T_1)$
   $tc = t_1 + Fc\,(t_1 - t_2)$
   Fc (Kern, 1965 Fig.17)
5. Menghitung *Flow Area*
   Pada *Shell*
   $a_s = \frac{ID \times C' \times B}{144 \times P_T}$
   Pada *Tube*
   $a_t = \frac{Nt \times at'}{144 \times n}$
6. Menghitung *Mass Velocity Fluid*
   Pada *Shell*
   $G_s = \frac{W_s}{a_t}$
   Pada *Tube*
   $G_t = \frac{w_t}{a_t}$
7. Menghitung *Reynold Number* (Re) (Kern, 1965 – Tabel 10)
   Pada *Shell*
   $Re_s = \frac{D_e \times G_s}{\mu}$
   Pada *Tube*
   $Re_t = \frac{D \times G_t}{\mu}$
8. Menghitung faktor perpindahan panas jH (Kern, 1965)
   Pada *Shell* (Fig 28)
   $j_H = \frac{h_o D_e}{k}\left(\frac{Cp \times \mu}{k}\right)^{-\frac{1}{3}}\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0,14}$
   Pada *Tube* (Fig 24)
   $j_H = \frac{h_i D}{k}\left(\frac{Cp \times \mu}{k}\right)^{-1/3}\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0,14}$
9. Menghitung Koefisien Panas (h)
   Pada *Shell*
   $h_o = jH\left(\frac{k}{De}\right)\left(\frac{Cp \times \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} \emptyset s$
   Pada *Tube*
   $h_i = jH\left(\frac{k}{De}\right)\left(\frac{Cp \times \mu}{k}\right)^{1/3} \emptyset t$
10. Menghitung *Tube Wall Temperature* (Flynn et al., 2019)
    $tw = tc + \frac{\frac{ho}{\emptyset s}}{\frac{hio}{\emptyset t} + \frac{hio}{\emptyset s}} \times (T_c - t_c)$
11. Menghitung *Corrected Coefficient*
    Pada *Shell*
    $h_o = \frac{ho}{\emptyset s}\, x\, \emptyset s$
    Pada *Tube*
    $ho = \frac{hi}{\emptyset t}\, x\, \emptyset t$
12. *Overall Heat Transfer Coefficcient Design* (Ud)
    $Ud = \frac{Q}{A \times \Delta T_{LM}}$
    a" dapat dilihat pada tabel-10 Kern 1965
13. *Clean Overall Heat Trannsfer Coefficient* (Uc)
    $Uc = \frac{h_o \times h_{i_o}}{h_o + h_{i_o}}$
14. *Fouling Factor* (Rd)
    $Rd = \frac{U_c - U_d}{U_c - U_d}$
15. Efisiensi
    $Efisiensi = \frac{Q\ cold}{Q\ hot}\, x\, 100\%$

Tabel 3
Hasil perhitungan data aktual HE-105

Hari ke-	Rd (kcal/ m^2 r^oC)	Efisiensi
1	0,0011	87,93%
2	0,0011	84,97%
3	0,0011	86,09%
4	0,0012	87,79%
5	0,0012	86,33%
6	0,0012	85,05%
7	0,0012	85,85%
Rata-rata	0,0012	86,29%

Sumber: data olahan

Berdasarkan perhitungan nilai *fouling factor* yang telah dilakukan, didapatkan hasil perhitungan berupa data perbandingan antara data desain dengan data aktual. Pada Tabel 1 diketahui nilai rata-rata Rd aktual (0,0012 kcal/ m^2 hr^oC) yang didapatkan lebih tinggi dari nilai Rd pada desain (0,0011 kcal/ m^2 hr^oC), hal ini menunjukkan adanya akumulasi pengotor pada permukaan *heat transfer* yang dapat menghambat proses perpindahan panas jika dibiarkan dalam jangka waktu yang lama. Oleh sebab itu, perlu dilakukan *maintenance* dan *cleaning* secara berkala untuk memaksimalkan proses perpindahan panas dan mencegah kerusakan pada alat.

Kemudian, untuk mengetahui efektivitas proses perpindahan panas pada *Heat Exchanger*, dilakukan perhitungan terhadap nilai efisiensi HE-105. Berdasarkan tabel yang telah disajikan, nilai rata-rata efisiensi desain (98,41%) pada alat lebih besar dibandingkan nilai rata-rata efisiensi pada data aktual (86,31%). Hal tersebut disebabkan oleh besarnya selisih pada nilai Q. Salah satu hal yang mempengaruhi nilai Q adalah laju alir. Tingginya laju alir dapat menyebabkan waktu kontak antara temperatur panas dan temperatur dingin berkurang sehingga, efisiensi pada alat berkurang. Namun, nilai rata-rata efisiensi yang didapatkan pada kondisi aktual masih tergolong tinggi, menunjukkan HE-105 masih layak digunakan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi dari analisa pehitungan dan pembahasan data desain serta aktual terhadap kinerja *Heat Exchanger* (HE-105) pada PT X, dapat disimpukan bahwa nilai rata-rata Rd (*fouling factor*) aktual 0,0012 kcal/m^2 hr C lebih besar dari nilai Rd desain, menunjukkan adanya pengotor yang terakumulasi, sehingga perlu dilakukan *maintenance* dan *cleaning* secara berkala untuk menghindari akumulasi pengotor pada *Heat Exchanger* yang dapat menyebabkan kerusakan pada alat. Nilai rata-rata efisiensi pada desain sebesar 98,41%, dan pada efisiensi aktual 86,29%. Nilai efisiensi rata-rata aktual lebih kecil dibandingkan nilai efisiensi rata-rata desain, hal ini disebabkan oleh tingginya laju alir, sehingga menyebabkan waktu kontak antar temperatur berkurang. Namun, nilai rata-rata efisiensi masih tergolong tinggi menunjukkan *Heat Exchanger* (HE-105) masih sangat layak digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Flynn, A. M., Akashige, T., & Theodore, L. 2019. *Kern's Process Heat Transfer Second Edition.*

Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*.

Li, W., & Hrnjak, P. 2021. Single-phase flow distribution in plate heat exchangers: Experiments and models. *International Journal of Refrigeration*, *126*, 45–56.

Nur'ain Hanna Eryati, & Hidayati Nur. 2021. Evaluasi Kinerja Hot Main Column Bottooms Raw Oil Exchanger (15-E-101) Pada Unit Recidu Catalytic Cracing (RCC).

Putra, I. 2017. Studi Perhitungan Heat Exchanger Type Shell and Tube Dehumidifier Biogas Limbah Sawit Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biogas. *Jurnal Polimesin*, *15*(2), 1693–5462.

Robiyanyusra, Gani Usman A, & Taufiqurrahman Muhammad. 2021. Analisis Efektivitas Laju Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Tipe Double Pipe. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*, *2*(2), 97–104.

Sari, H. N., Made Arsana, I., & Hidayatulloh, M. 2022. Pengaruh Fouling Factor Terhadap Performa Heat Exchanger Tipe Shell and Tube. *Jurnal Mekanova*, *8*(1), 55–1.

Sebayang, M. 2019. Evaluasi Kinerja Heat Exchanger dengan Metode Fouling Faktor di Laboratorium Satuan Operasi PTKI Medan.

Tumbade F Gresta, Sappu Frans P, & Lumintang Romels A. C. 2022. Revitalisasi Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube. In *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, 11(1).

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).