

EVALUASI EFISIENSI *HEAT EXCHANGER* (E-3101) PADA PABRIK AlF_3 DEPARTEMEN PRODUKSI III B PT PETROKIMIA GRESIK

Ellana Nabilah Nur Averina Ansar¹, Annyssa Maylia¹, Achmad Chumaidi¹, Aldifi Kresmagus²

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

²PT Petrokimia Gresik, Jl. Jendral Ahmad Yani, Gresik, Indonesia

ellananuraverina@gmail.com, [achmad.chumaidi@yahoo.com]

ABSTRAK

PT Petrokimia Gresik merupakan salah satu perusahaan pupuk terbesar yang ada di Indonesia. Selain menghasilkan pupuk, PT Petrokimia Gresik juga menghasilkan produk non-pupuk salah satunya yaitu AlF_3 (Aluminium Fluorida) yang memiliki kapasitas produksi 12.600 ton/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah H_2SiF_6 (Asam Fluosilikat) serta $Al(OH)_3$ (Aluminium Hidroksida). Dalam pembuatannya, H_2SiF_6 perlu dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* (E-3101) hingga suhunya mencapai 75 – 80°C. Alat penukar panas tersebut memiliki tipe *shell and tube heat exchanger* (STHE) 1-1. Seiring berjalannya waktu, performa *heat exchanger* akan menurun. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakan dari alat penukar panas tersebut. Metode yang digunakan adalah dengan membandingkan nilai efisiensi alat pada tanggal 25 – 29 Januari 2021 dengan nilai efisiensi desain alat. Berdasarkan hasil evaluasi, didapatkan bahwa terjadi penurunan nilai efisiensi dari 98,86% menjadi 85,64%. Hal tersebut dapat terjadi akibat adanya pengotor maupun kerak yang ada pada alat tersebut. Perlu dilakukan pembersihan secara berkala agar alat dapat bekerja secara optimal.

Kata kunci: efisiensi, heat exchanger, shell and tube heat exchanger

ABSTRACT

PT Petrokimia Gresik is one of the largest fertilizer producers in Indonesia. Besides producing fertilizer, PT Petrokimia Gresik also produces non-fertilizer products. One of them is AlF_3 (Aluminium Fluoride) with capacity products reaches 12.600 ton/year. The raw materials used are H_2SiF_6 (Fluosilicic acid) and $Al(OH)_3$ (Aluminium Hydroxide). In the process of producing AlF_3 , H_2SiF_6 needs to be heated by using a heater (E-3101) until the temperature reaches 75 – 80°C. The type of heat exchanger being used is shell and tube heat exchanger (STHE) 1-1. As time goes by, the performance of the heat exchanger will reduce. The purpose of this study is to evaluate the efficiency of the heat exchanger. The method used in this study is by comparing the efficiency of the heat exchanger on 25th – 29th January 2021 with the efficiency of the design. Based on the calculations, the efficiency of the heat exchanger is reduced from 98,86% to 85,64%. That can happen because there are impurities in the heat exchanger. Regular cleaning needs to be done to maintain the performance of the heat exchanger.

Keywords: efficiency, heat exchanger, shell and tube heat exchanger

1. PENDAHULUAN

PT Petrokimia Gresik merupakan salah satu produsen pupuk terbesar di Indonesia. Pada awalnya, pabrik tersebut disebut sebagai Proyek Petrokimia Surabaya. Proyek tersebut diresmikan oleh Presiden Republik Indonesia, Soeharto pada 10 Juli 1972 yang kemudian

tanggal tersebut ditetapkan sebagai hari jadi PT Petrokimia Gresik. Pada tahun 2012, PT Petrokimia Gresik menjadi bagian dari PT Pupuk Indonesia (Persero). Hingga saat ini, PT Petrokimia Gresik menempati areal lebih dari 450 hektar di Kabupaten Gresik, Jawa Timur [1].

Selain menghasilkan pupuk, PT Petrokimia Gresik juga menghasilkan produk non-pupuk. Salah satunya adalah AlF_3 (Aluminium Fluorida) yang terletak di Departemen Produksi III B serta memiliki kapasitas produksi sebesar 12.600 ton/tahun. Pabrik AlF_3 dibangun pada tahun 1985 dengan bahan baku yang digunakan adalah H_2SiF_6 (Asam Fluosilikat) dan $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Aluminium Hidroksida). Proses produksi AlF_3 terdiri dari pengolahan bahan baku, reaksi, sentrifugasi SiO_2 (silika), kristalisasi, sentrifugasi kristal trihidrat, kalsinasi, dan pendinginan. Proses pengolahan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dilakukan apabila bahan yang digunakan masih basah. Caranya adalah dengan mengeringkan $\text{Al}(\text{OH})_3$ menggunakan *dryer*. Sedangkan untuk bahan H_2SiF_6 , perlu dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* hingga suhunya mencapai 75 – 80°C [2].

Heat exchanger merupakan suatu alat dimana terjadi pertukaran panas antara dua fluida atau lebih yang memiliki perbedaan suhu dan dipisahkan oleh dinding [3]. HE dapat dibedakan berdasarkan proses transfer panas yang terjadi, susunan alirannya, serta konstruksinya. Alat penukar panas yang digunakan pada Unit AlF_3 PT Petrokimia Gresik memiliki tipe *shell and tube* (STHE) 1-1 dengan *steam* sebagai fluida panas yang terletak pada bagian *shell* dan larutan H_2SiF_6 dengan konsentrasi 18 – 20% sebagai fluida dingin yang terletak pada bagian *tube* [4].

Seiring berjalannya waktu, performa *heat exchanger* akan menurun. Hal tersebut dapat terjadi akibat adanya pengotor maupun kerak yang ada pada alat tersebut [5]. Penurunan nilai efisiensi dapat mempengaruhi produk dan kinerja dari alat yang lain. Jika terjadi penurunan efisiensi, maka biaya yang harus dikeluarkan untuk konsumsi energi semakin meningkat. Peningkatan biaya yang harus dikeluarkan untuk konsumsi energi akan berdampak pada perekonomian industri [6]. Pada penelitian ini, dilakukan evaluasi efisiensi *heater* (E-3101) pada Pabrik AlF_3 untuk mengetahui kelayakan operasi pada alat tersebut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun tahapan metodologi penelitian sebagai berikut:

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data meliputi data spesifikasi alat serta data *log sheet* dalam satu minggu terakhir yaitu mulai dari tanggal 25 – 29 Januari 2021. Data diperoleh dari Pabrik AlF_3 Departemen Produksi III B PT Petrokimia Gresik.

Tabel 1. Data spesifikasi alat *heater* (E-3101)

Parameter	Shell		Tube	
	In	Out	In	Out
Fluida	Steam		Larutan H ₂ SiF ₆	
Flowrate (lb/jam)	3108,518		76059,481	
Suhu (°F)	289,4	289,4	142,88	185
Jumlah Lewatan / <i>pass</i>	1		1	
Diameter Dalam (mm)	438,15		22,225	
Diameter Luar (mm)	-		31,75	
Jumlah Tube			55	
Panjang Pipa (mm)			2965	
Pitch (mm)			38,76	
Densitas (lb/ft ³)	0,138		71,792	
Panas Laten (Btu/lb)	917,388		-	
Kalor Jenis (Btu/lb °F)	0,442		0,88	
Susunan Tube	Square Pitch			

Sumber: PT Petrokimia Gresik [4]

Tabel 2. Data *log sheet* pabrik AlF₃

Tanggal	Shell (Steam)			Tube (Larutan H ₂ SiF ₆)		
	T in (°F)	T out (°F)	Laju Alir (lb/jam)	T in (°F)	T out (°F)	Laju Alir (lb/jam)
25/01/2021	289,4	289,4	3108,518	145,4	176	43832,939
26/01/2021	289,4	289,4	3108,518	168,8	176	155095,348
27/01/2021	289,4	289,4	3108,518	145,4	168,8	54179,175
28/01/2021	289,4	289,4	3108,518	141,8	168,8	48065,880
29/01/2021	289,4	289,4	3108,518	147,2	170,6	54311,090

Sumber: PT Petrokimia Gresik [7]

2.2. Metode Perhitungan

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi yang bertujuan untuk mengetahui apakah alat tersebut masih layak digunakan. Evaluasi yang dilakukan meliputi:

1. Menghitung Neraca Panas Fluida

Panas atau kalor merupakan energi yang dapat ditransfer atau dipindahkan dari suatu sistem menuju sistem lain namun, tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Kalor akan bergerak dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah. Ketika kalor bergerak, akan terjadi pertukaran dan kemudian berhenti ketika kedua tempat telah memiliki suhu yang sama [8]. Panas laten merupakan panas yang dibutuhkan untuk merubah fase atau wujud suatu zat namun suhunya tetap. Panas laten dapat dihitung menggunakan persamaan (1). Sedangkan panas sensibel adalah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suatu suhu namun tidak ada perubahan fase serta dapat dihitung menggunakan persamaan (2) [9].

$$Q_{\text{laten}} = m \times L \tag{1}$$

$$Q_{\text{sensibel}} = m \times C_p \times \Delta T \tag{2}$$

Keterangan:

m = massa fluida (kg atau lb)

L = panas laten (J/kg atau Btu/lb)

C_p = kalor jenis fluida (J/kg°C atau Btu/lb°F)

ΔT = selisih suhu fluida (°C atau °F)

2. Menghitung Efisiensi Alat

Perhitungan efisiensi dilakukan untuk mengetahui apakah alat masih layak digunakan atau tidak. Efisiensi *heat exchanger* dapat dihitung menggunakan persamaan (3) [10].

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{Q \text{ fluida dingin}}{Q \text{ fluida panas}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

η = efisiensi alat (%)

Q = kalor yang diterima atau dilepaskan (J atau Btu)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Heater (E-3101) pada Pabrik AlF_3 Departemen Produksi III B PT Petrokimia Gresik berfungsi untuk memanaskan bahan baku berupa larutan H_2SiF_6 (asam fluosilikat) sebelum direaksikan. Larutan tersebut dipanaskan hingga suhunya mencapai 75 – 80°C. *Heat exchanger* yang digunakan memiliki tipe *shell and tube* (STHE 1-1). *Shell and tube* merupakan jenis *heat exchanger* yang terdiri dari sejumlah pipa (*tube*) yang dipasang di dalam suatu cangkang (*shell*) berbentuk silindris. Tipe ini merupakan jenis yang paling sering digunakan dalam industri. Keunggulan dari HE tipe ini adalah luas area perpindahan panas yang besar (> 120 ft²) serta mudah untuk dibersihkan [11].

Media pemanas yang digunakan pada *heater* (E-3101) adalah *steam* pada area *shell* dan larutan asam fluosilikat dengan konsentrasi 18 – 20% sebagai fluida dingin yang masuk melalui *tube*. *Steam* yang digunakan sebagai media pemanas berupa *Low Pressure Steam* (LPS) dengan tekanan 10 kg/cm². Dengan melakukan pemanasan, diharapkan suhu asam fluosilikat yang keluar dari *heat exchanger* akan sesuai dengan yang ditetapkan.

Kontrol pembukaan *steam* sebagai media pemanas diatur menggunakan TIC-3111 yang berjalan otomatis mengikuti suhu keluaran produk. Suhu diatur dari *control room* oleh operator. Penentuan panas asam fluosilikat didasarkan pada konsentrasi asam fluosilikat. Suhu asam diatur berbanding terbalik dengan konsentrasinya. Semakin tinggi konsentrasi asamnya, maka pengaturan suhunya diatur tidak terlalu tinggi. Sebaliknya, jika konsentrasi asam rendah, maka suhunya diatur maksimal 80°C [12].

Apabila suatu *heat exchanger* telah dioperasikan dalam jangka waktu yang lama, maka lambat laun akan timbul kerak maupun pengotor pada alat tersebut. Dengan adanya kerak maupun pengotor, maka nilai efisiensi alat juga dapat menurun. Sehingga, perlu dilakukan evaluasi apakah alat masih layak untuk dioperasikan atau tidak. Evaluasi efisiensi alat dapat dilakukan dengan membandingkan antara nilai efisiensi desain alat dengan nilai efisiensi pada kondisi aktual. Dengan dilakukan evaluasi efisiensi, maka dapat dijadikan sebagai referensi yang selanjutnya dapat diambil tindakan yang tepat.

Tabel 3. Hasil perhitungan efisiensi *heat exchanger* (E-3101)

Tanggal	Q Fluida Panas (Btu/jam)	Q Fluida Dingin (Btu/jam)	Efisiensi (%)
25/01/2021	2851717,016	2602191,778	91,25
26/01/2021	2851717,016	2166449,417	75,97
27/01/2021	2851717,016	2459605,927	86,25
28/01/2021	2851717,016	2517780,954	88,29
29/01/2021	2851717,016	2465594,532	86,46
Rata – rata	2851717,016	2442324,522	85,64
Desain	2851717,016	2819190,279	98,86

Berdasarkan tabel 3, dapat diketahui bahwa nilai efisiensi desain alat sebesar 98,86%. Sedangkan pada kondisi aktual, diperoleh nilai efisiensi rata – rata sebesar 85,64%. Nilai tersebut didapatkan dengan cara membandingkan nilai Q fluida dingin dengan Q fluida panas. Terjadinya penurunan nilai efisiensi dapat terjadi akibat pertukaran panas yang kurang baik yang dapat disebabkan oleh adanya pengotor maupun kerak pada alat. Hal tersebut ditandai dengan meningkatnya nilai *Rd* (*fouling factor*) dari yang semula 0,006 jamft²°F/Btu menjadi 0,01 jamft²°F/Btu. Oleh karena itulah, nilai efisiensi menurun. Meskipun terjadi penurunan nilai efisiensi, alat tersebut masih layak beroperasi karena nilai *Uc*, *Ud*, *Rd*, dan *pressure drop* (ΔP) masih dalam batas yang diperbolehkan. Selain itu, nilai efisiensi pada kondisi aktual tidak jauh berbeda dari kondisi desainnya.

Untuk menghilangkan kerak pada *heater*, perlu dilakukan pembersihan pada alat. Terdapat dua metode pembersihan yang dapat dilakukan yaitu *chemical cleaning* dan *mechanical cleaning*. *Chemical cleaning* dilakukan dengan cara mengalirkan zat kimia ke dalam *heater* sehingga dapat melarutkan kerak pada dinding alat penukar panas dan membawanya keluar. Pembersihan alat dapat dilakukan dengan menggunakan *water jet* yang merupakan air bertekanan tinggi yang dicampur dengan cairan kimia untuk membersihkan kotoran yang menempel pada alat [13]. Sedangkan untuk metode *mechanical cleaning* dapat dilakukan dengan membongkar alat dan dibersihkan secara mekanis [6]. Dengan melakukan pembersihan alat secara rutin, maka *heater* (E-3101) akan dapat bekerja secara optimal untuk jangka waktu yang lama.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan, didapatkan bahwa telah terjadi penurunan nilai efisiensi alat *heater* (E-3101) yang disebabkan oleh adanya kerak atau pengotor pada alat tersebut sehingga perpindahan panas menjadi kurang maksimal. Nilai efisiensi turun dari 98,86% menjadi 85,64%. Namun, alat masih layak beroperasi karena selisih nilai efisiensi yang tidak terlalu jauh serta parameter *Uc*, *Ud*, *Rd*, dan *pressure drop* (ΔP) masih dalam batas yang diperbolehkan. Untuk meningkatkan kembali kinerja alat, maka perlu dilakukan pembersihan secara berkala pada seluruh permukaan alat dengan menggunakan *water jet*.

REFERENSI

- [1] Trivanni, I.A., 2017, *Laporan Kerja Praktek di PT Petrokimia Gresik Jawa Timur*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

- [2] Purwoto, A., Rohmad Y.A., Prasetya, O.D., 2020, *Pengenalan Proses Produksi AlF_3* , Diklat Petrokimia Gresik, Gresik.
- [3] Sinnott, R.K., 2005, *Chemical Engineering Design*, 4th Edition, Vol. 6, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [4] PT Petrokimia Gresik, 1984, *Data Sheet Heat Exchanger (E-3101)*, Hitachi Zosen, Gresik.
- [5] Cengel, Y.A., 2002, *Heat Transfer A Practical Approach*, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York.
- [6] Muliangto, C.O., 2018, *Laporan Kerja Praktik Lapangan Operasi Pabrik 4 PT Pupuk Kalimantan Timur*, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda.
- [7] PT Petrokimia Gresik, 2021, *Data Log Sheet Heat Exchanger E-3101 Pabrik AlF_3* , PT Petrokimia Gresik, Gresik.
- [8] Chalim, A., Ariani, A., Mufid, M., Hardjono, H., 2017, *Koefisien Perpindahan Kalor Total (U) Sistem Air-Etilen Glikol Menggunakan Alat Penukar Kalor Shell and Tube 1-1*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Proses Industri Kimia, Vol. 1, Oktober, 69 – 76.
- [9] Kern, D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, International Student Edition, McGraw-Hill International Book Company, Japan.
- [10] Budiman, A., Syarief, A., Isworo, H., 2014, *Analisis Perpindahan Panas dan Efisiensi Efektif High Pressure Heater (HPH) di PLTU Asam-Asam*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam, Vol. 3, No. 2, 76 – 82.
- [11] Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley & Sons Inc, New York.
- [12] Purwoto, A., Rohmad Y.A., Prasetya, O.D., 2020, *Penyiapan Bahan Baku Liquid Produksi AlF_3 – Asam Fluosilikat (H_2SiF_6)*, Diklat Petrokimia Gresik, Gresik.
- [13] Muchammad, 2017, *Analisis Penurunan Performa Heat Exchanger Stabilizer Reboiler 011E120 di PT Pertamina Refinery Unit IV Cilacap*, Momentum, Vol. 13, No. 2, Oktober, 72 – 77.