

EFEKTIVITAS PERPINDAHAN PANAS PADA FLUIDA ASETON (SHELL) – AIR (TUBE) MENGGUNAKAN HEAT EXCHANGER SHELL AND TUBE 1-1

Vina Maharani Sugiarto dan Abdul Chalim

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

vinamaharanisugiarto@gmail.com ; [abdul_chalim@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Efektifitas perpindahan panas fluida aseton (shell) – air (tube) menggunakan *heat exchanger type shell and tube* merupakan salah satu proses produksi aseton sebagai bahan pelarut atau bahan baku industri kimia lainnya. Ditinjau dari beragamnya penggunaan dan kebutuhan akan aseton tersebut, perlu dipelajari secara eksperimen efektifitas penggunaan *heat exchanger* sebagai alat penukar kalor terutama pada condenser, cooler dan lainnya. *Heat exchanger* (penukar kalor) merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk proses pertukaran panas antara dua fluida yang memiliki temperatur yang berbeda dengan tujuan menjaga agar kedua fluida tidak bercampur. Alat penukar kalor sangat berpengaruh dalam industri terhadap keberlangsungan proses. Dengan alat penukar kalor yang selalu digunakan dalam prosesnya dapat mengakibatkan penurunan kinerja, kerusakan alat serta ketidakefektifitasan proses. Efektivitas alat penukar kalor merupakan salah satu indikator dalam pemaksimalan perpindahan panas penukar kalor. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data pengaruh nilai laju alir, temperature, dan konsentrasi fluida sebagai faktor yang mempengaruhi efektifitas *heat exchanger*. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah suhu fluida panas 35, 40, 45, 50, dan 55 °C. Tahap penelitian ini menggunakan metode-metode yang telah ada dengan menggunakan fluida yang digunakan adalah aseton dengan air, dimana air sebagai fluida pendingin dan aseton sebagai fluida yang dipanaskan. Dari hasil penelitian didapatkan nilai efektifitas terbaik pada suhu fluida panas masuk 35°C dan suhu fluida dingin masuk 27°C sebesar 0,51.

Kata kunci: *aseton, efektifitas, laju alir, penukar kalor*

ABSTRACT

The effectiveness of heat transfer of acetone fluid (shell) – water (tube), using a shell and tube type heat exchanger is one of the acetone production processes as a solvent or other chemical industry raw materials. Judging from the variety of uses and needs for acetone, it is necessary to study experimentally the effectiveness of using heat exchangers as heat exchangers, especially in condensers, coolers and others. *Heat exchanger* is a device that functions for the heat exchange process between two fluids that have different temperatures with the aim of keeping the two fluids from mixing. Heat exchangers are very influential in the industry on the sustainability of the process. With heat exchangers that are always used in the process, it can result in decreased performance, equipment damage and process ineffectiveness. The effectiveness of the heat exchanger is one of the indicators in maximizing the heat transfer of heat exchangers. This study aims to obtain data on the influence of flow rate, temperature, and fluid concentration values as factors that affect the effectiveness of *heat exchangers*. The variables used in this study were hot fluid temperatures of 35, 40, 45, 50, and 55 °C. This research stage uses existing methods using the fluid used is acetone with water, where water as a cooling fluid and acetone as a heated fluid. From the results of the study, it was found that the best effectiveness at the temperature of the hot fluid in 35 ° C and the temperature of the cold fluid in 27°C of 0.51.

Keywords: *acetone, effectiveness, flow rate, heat exchanger*

Corresponding author: Abdul Chalim

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: abdul_chalim@polinema.ac.id



1. PENDAHULUAN

Aseton merupakan senyawa kimia dengan rumus CH_3COCH_3 dengan sifat fisis dan kimia airan tidak berwarna, mudah menguap, memiliki titik leleh $-94,3^\circ\text{C}$, titik didih $56,2^\circ\text{C}$, indeks bias 1,3591 (20°C), density 0,792 g/ml (20°C). Aseton dapat larut dengan air, etanol, eter, kloroform dan minyak serta mudah terbakar (*flammable*). Aseton di industri dihasilkan dari oksidasi *cumen* atau oksidasi *isopropyl alcohol* dengan katalis logam, oksidasi fase uap dari butana, maupun sebagai produk gliserol sintetik. Penggunaan aseton terutama di industri kimia untuk memproduksi *metal isobutyl karbinol*, *metyl metharcylat*, *bisphenol A*, *cat*, *farnish*, pelarut cat, asetat selulosa, pelarut *potassium iodid* [1].

Heat exchanger shell and tube merupakan salah satu jenis penukar panas yang paling umum digunakan dalam proses industri. Alat penukar panas ini terdiri dari sebuah bejana dengan berbagai ukuran di dalamnya dan terdapat sejumlah tabung [2]. Penerapan *heat exchanger* yaitu dapat digunakan sebagai proses memanaskan, mendinginkan ruangan dan proses kimia berupa *plant* besar. *Heat exchanger* memiliki fleksibilitas yang sangat luas, terutama cocok untuk industri pengolahan makanan dan minuman dan industri lainnya. Penggunaan *heat exchanger shell and tube* yang umum digunakan memiliki beberapa keunggulan antara lain konstruksi yang kokoh, perawatan dan servis yang mudah, serta struktur terpisah yang memudahkan perawatan [3,4].

Komponen utama penyusun *Heat Exchanger* dengan tipe *shell and tube* adalah *tube*, *baffle*, *shell*, *front head*, *rear head*, dan *nozzle*. Aliran fluida yang digunakan adalah aliran searah (*parallel flow*) atau berlawanan (*counter flow*) dan aliran searah (*parallel flow*). Penggunaan *baffle* akan membuat luas kontak fluida dalam dengan dinding *tube* makin besar sehingga perpindahan panas diantara kedua fluida meningkat, *baffle* juga berfungsi untuk menjaga supaya *tube shell* tidak melengkung dan mengurangi adanya getaran oleh fluida yang lewat.

B. Emmanuel, dkk.(2019) melakukan penelitian mengenai efektivitas dan koefisien perpindahan panas pada *heat exchanger* jenis *tube in tube* dan *shell and tube*. Jenis fluida yang digunakan yaitu campuran fluida aseton – air. Hasil yang didapatkan efektivitas *counterflow heat exchanger* pada *tube in tube* memiliki nilai 0.18 dan *shell and tube* memiliki nilai 0.25. Sehingga *heat exchanger* jenis *shell and tube* memiliki nilai efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan *heat exchanger tube in tube* [5]. Chalim (2020) juga melakukan penelitian menggunakan *shell and tube heat exchanger* dengan aliran *counterflow* didapatkan hasil efektivitas sebesar 0.95 dengan menggunakan fluida gliserin dan methanol yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu, laju alir fluida panas, dan konsentrasi bahan *coolant* terhadap nilai efektivitas terbaik pada *heat exchanger* [6].

Heat exchanger ini sangat berpengaruh dalam industri terhadap keberlangsungan proses, maka suatu alat penukar kalor dituntut untuk memiliki kinerja yang baik untuk mendapatkan proses yang maksimal. *Heat exchanger* dapat mengetahui kualitas pada alat tersebut dengan cara menghitung nilai efektivitasnya. Efektivitas perpindahan panas pada *heat exchanger* merupakan perbandingan antara laju aktual berbanding terbalik terhadap nilai laju perpindahan panas maksimal yang didapatkan dari perhitungan persamaan pada termodinamika [7,8]. Pada penelitian bertujuan untuk mendapatkan serta mengetahui pengaruh laju alir fluida dan suhu fluida untuk mendapatkan nilai efektivitas pada alat *heat*

exchanger. Selain itu, jenis fluida yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan aseton dan air.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai *overall heat coefficient* sehingga dapat menentukan nilai efektivitas alat terhadap fluida aseton dan air menggunakan heat exchanger shell and tube 1-1 dengan metode eksperimen. Penelitian ini diawali dengan mempersiapkan fluida panas berupa aseton dan fluida dingin berupa air. Selanjutnya kedua fluida tersebut akan dimasukkan ke dalam tangki fluida panas dan dingin. Suhu masuk fluida panas dan dingin ditunggu hingga konstan. Menjalankan Alat *heat exchanger shell and tube 1-1* dijalankan sesuai kondisi operasi yang ditentukan lalu catat suhu keluar fluida panas dan dingin. Berdasarkan percobaan diperoleh data suhu fluida panas keluar dan suhu fluida dingin keluar. Selanjutnya data digunakan untuk mendapatkan nilai efektivitas.

2.2. Proses Pengumpulan Data

Dalam proses pengumpulan data dilakukan dengan cara menganalisis data - data mentah yang diperoleh dari hasil eksperimen. dari eksperimen di dapatkan data laju alir fluida panas (m_h), laju alir fluida dingin (m_c), suhu fluida panas masuk (T_{hi}), suhu fluida panas keluar (T_{ho}), suhu fluida dingin masuk (T_{ci}), dan suhu fluida dingin keluar (T_{co}). Data – data tersebut akan diolah untuk mendapatkan hasil analisis data sebagai berikut [9].

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{hi} - T_{co}) - (T_{ho} - T_{ci})}{\ln \frac{(T_{hi} - T_{co})}{(T_{ho} - T_{ci})}} \quad (1)$$

Kemudian dari nilai tersebut akan digunakan untuk menentukan nilai U (perpindahan panas total) dengan persamaan [10].

$$U = \frac{Q}{A \times \Delta T_{LMTD}} \quad (2)$$

Kemudian nilai perpindahan panas total digunakan untuk menentukan nilai jumlah satuan perpindahan (*number of transfer unit*) dengan persamaan [11].

$$NTU = \frac{U \times A}{C_{min}} \quad (3)$$

Sehingga hasil data – data yang didapatkan akan digunakan untuk menghitung nilai efektivitas alat dengan persamaan [12].

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp \left[\frac{-U A}{C_{min}} \left(1 - \frac{C_{min}}{C_{maks}} \right) \right]}{1 - \frac{C_{min}}{C_{maks}} \left[\frac{-U A}{C_{min}} \left(1 - \frac{C_{min}}{C_{maks}} \right) \right]} \quad (4)$$

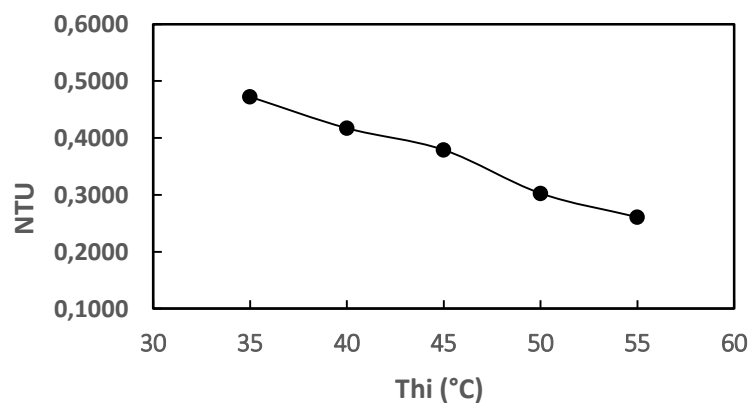
2.3. Variabel Percobaan

Pada penelitian ini dilakukan percobaan menggunakan fluida aseton – air dengan konsentradi 30%. Pada fluida dingin yaitu aseton memiliki laju alir sebesar 7 L/menit dan suhu sebesar 27°C. Sedangkan fluida panas memiliki laju alir sebesar 3 L/menit dengan

berbagai macam variabel suhu yaitu 35, 40, 45, 50, 55°C. Pada percobaan ini menggunakan nilai efektivitas *Shell and Tube Heat Exchanger* sebagai variabel terikat.

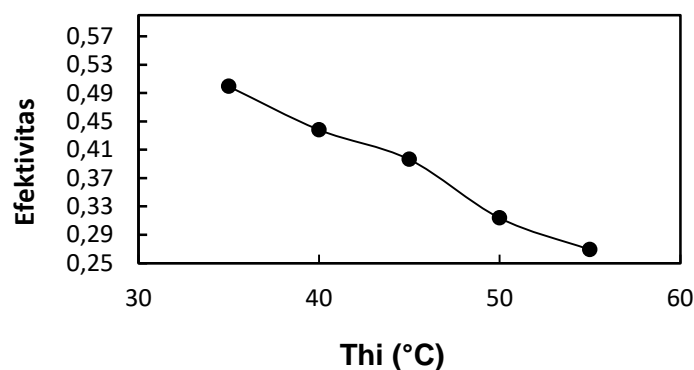
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan suhu sebagai tolak ukur antara dua fluida atau bahan untuk terjadi perpindahan panas. Umumnya fluida yang memiliki suhu tinggi akan mengalirkan panas ke fluida yang memiliki suhu rendah. Pada *heat exchanger*, suhu fluida panas masuk (T_{hi}) dan suhu fluida panas keluar (T_{ho}) serta suhu fluida dingin masuk (T_{ci}) dan suhu fluida dingin yang keluar (T_{co}). Perbedaan suhu tersebut yang dihitung sebagai data nilai ΔT_{LMTD} . Nilai ΔT_{LMTD} mempengaruhi kecil besarnya nilai efektivitas *heat exchanger*.



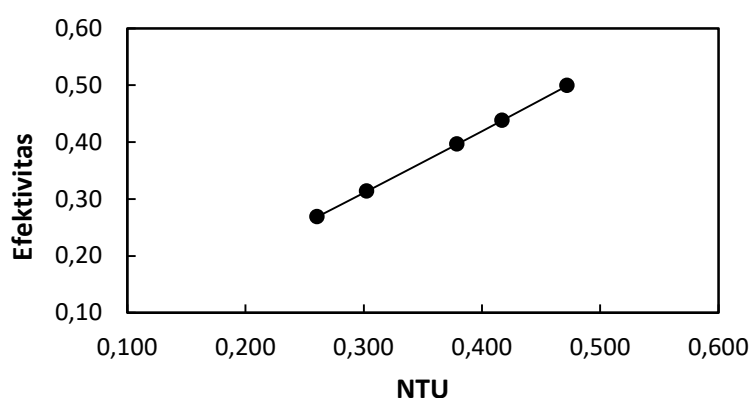
Gambar 1. Grafik Pengaruh Suhu Fluida Panas Masuk (T_{hi}) dengan NTU

Berdasarkan pada Gambar 1 dilihat bahwa nilai NTU (*Number Transfer Unit*) menurun seiring dengan kenaikan suhu fluida panas yang masuk karena nilai ΔT_{LMTD} berbanding terbalik dengan nilai NTU (*Number Transfer Unit*). Menurunnya nilai ΔT_{LMTD} mengakibatkan nilai NTU (*Number Transfer Unit*) semakin naik begitu juga dengan sebaliknya. Nilai NTU (*Number Transfer Unit*) tersebut juga akan mempengaruhi nilai efektivitas *heat exchanger shell and tube*. Dari grafik tersebut pada variabel suhu fluida panas masuk yang berbeda – beda yaitu 35, 40, 45, 50, dan 55 °C didapatkan nilai NTU berturut – turut 0,47; 0,41; 0,37; 0,30 dan 0,26.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Suhu Fluida Panas Masuk (T_{hi}) dengan Efektivitas

Berdasarkan pada Gambar 2, nilai efektivitas yang terbaik pada suhu 35 °C adalah 0,50. Pada grafik dilihat bahwa efektivitas menurun seiring dengan kenaikan suhu fluida panas yang masuk karena pada suhu tersebut nilai ΔT_{LMTD} rendah sehingga nilai NTU akan semakin besar. Nilai NTU (*Number Transfer Unit*) berbanding lurus terhadap nilai perpindahan panas total (U). Sehingga semakin besar nilai ΔT_{LMTD} maka semakin kecil nilai perpindahan panas total (U). Selain itu, besar kecilnya nilai perpindahan panas total (U) juga berpengaruh terhadap nilai efektivitas pada *heat exchanger shell and tube* [13]. Dari grafik tersebut didapatkan nilai efektivitas terendah sebesar 0,27 pada fluida panas masuk suhu 60°C dan fluida dingin masuk suhu 27°C. Sedangkan nilai efektivitas terbaik sebesar 0,50 pada fluida panas masuk suhu 35°C dan fluida dingin masuk suhu 27°C.



Gambar 3. Grafik NTU terhadap Efektivitas

Berdasarkan pada Gambar 3, mengenai grafik NTU terhadap nilai efektivitas dilihat bahwa meningkatnya nilai NTU mengakibatkan nilai efektivitas juga semakin naik begitu juga dengan sebaliknya. Penurunan efektivitas dapat terjadi dikarenakan adanya penurunan koefisien perpindahan panas total adanya *fouling* atau faktor pengotor yang semakin jenuh sehingga membentuk lapisan deposit [13], [14]. Lapisan deposit yang terbentuk umumnya mempunyai konduktivitas termal yang cukup rendah sehingga mengakibatkan menurunnya nilai perpindahan panas pada *heat exchanger* [15]. Kedua faktor tersebut akan mempengaruhi besarnya nilai dari efektivitas maupun NTU. Dari grafik tersebut pada nilai NTU yang berbeda-beda yaitu 0,47; 0,41; 0,37; 0,30 dan 0,26 didapatkan nilai efektivitas berturut-turut 0,50; 0,44; 0,40; 0,31 dan 0,27.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perhitungan pada penelitian ini yaitu nilai efektivitas terbaik didapatkan pada suhu fluida dingin masuk 27°C dan suhu fluida panas masuk 35°C dengan nilai 0,50. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jika nilai ΔT_{LMTD} dan suhu fluida masuk semakin kecil maka semakin besar nilai efektivitasnya.

Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pembersihan secara merata agar tidak timbul kerak saat proses penelitian dan sebaiknya kabel pada semua komponen lebih dirapihkan lagi agar meminimalisir terjadinya *grounding* yang dapat membahayakan saat melakukan penelitian.

REFERENSI

- [1] Y. A. Cengel, *Heat Transfer : A Practical Approach*, Edisi ke-2. Boston, Mass: WBC McGraw-Hill, 2002.
- [2] M. Mirzaei, H. Hajabdollahi, dan H. Fadakar, "Multi-objective optimization of shell-and-tube heat exchanger by constructal theory," *Applied Thermal Engineering*, vol. 125, hal. 9–19, 2017.
- [3] A. Husen, T. M. Ichwan Akbar, dan N. Cholis, "Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Dingin Terhadap Efektivitas Shell and Tube Heat Exchanger," *Bina Teknik*, vol. 16, no. 1, hal. 1–10, 2020.
- [4] A. Chalim dan M. Indra Iswara, "Penentuan Number Transfer Unit Sistem Fluida Dietilen Glikol - Metanol, Dalam Evaluasi Efisiensi Penukar Panas Shell and Tube 1-1," *Jurnal Teknik: Ilmu dan Aplikasi*, vol. 08, no. 1, hal. 73–76, 2020.
- [5] B. Emmanuel, P. Ravindra Kumar, dan M. P. V. L. Prasanna, "Fabrication and experimental analysis of heat transfer characteristics of acetone /water by using tube in tube and shell and tube heat exchanger," *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 8, no. 12, hal. 5503–5510, 2019.
- [6] A. Chalim, Ariani, dan Much. Agung, "Penentuan Number Transfer Unit (NTU) dari Sistem Fluida Propilen Glikol Air Untuk Evaluasi Efisiensi Penukar Panas Shell and Tube," *Prosiding Seminar nasional Rekayasa Proses Industri Kimia*, vol. 3, hal. 15–18, 2016.
- [7] Robiyanyusra, U. A. Gani, dan M. Taufiqurrahman, "Analisis Efektivitas Laju Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Tipe Double Pipe," *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*, vol. 2, no. 2, hal. 97–104, 2021.
- [8] C. Soekardi, "Analisis Pengaruh Efektivitas Perpindahan Panas dan Tahanan Termal Terhadap Rancangan Termal Alat Penukar Kalor Shell & Tube," *Sinergi*, vol. 19, no. 1, hal. 19–24, 2015.
- [9] C. J. Geankoplis, *Transport Processes and Separation Process Principles*, Edisi ke-5. United States of America: Pearson Education. Inc, 2018.
- [10] I. A. Prabowo dan A. Chalim, "Studi literatur koefisien Perpindahan Panas total Sistem Fluida polyehtlene Glicol & ethilene Glikol Secara Co-Current Menggunakan Heat Exchanger Shell and Tube Tipe 1-1," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 6, no. 2, hal. 401–407, 2020.
- [11] J. P. Holman, *Heat Transfer*, Edisi ke-10. New York: The McGraw-Hill , 2010.
- [12] K. Astawa, I. G. Surya, dan I. G. Tenaya, "Analisis Efektivitas Perpindahan Panas pada Alat Penukar Panas Jenis Water to Water," *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, vol. 6, no. 1, hal. 26–30, 2022.
- [13] A. Lutfiansyah dan D. A. Firdaus Sudarma, "Analisis Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Shell dan Tube dengan Fluida Kerja Air dan Hidrokarbon Menggunakan Metode Efektivitas-NTU," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 11, no. 3, hal. 195–201, 2022.
- [14] B. Setyoko, "Evaluasi Kinerja Heat Exchanger dengan Metode Fouling Faktor," *Teknik*, vol. 29, no. 2, hal. 148–153, 2008.
- [15] W. D. Yudisworo dan C. Soekardi, "Analisis Faktor Pengotor (Fouling) Ketel Pipa Api Di Industri Jaring Kaitannya dengan Penurunan Kualitas Uap," *Jurnal Ilmiah Teknobiz*, vol. 1, no. 1, hal. 36–41, 2011.