

# **EFEKTIVITAS ALAT PENUKAR PANAS SHELL AND TUBE 1-1 DENGAN METANOL SEBAGAI FLUIDA PEMANAS DAN ETANOL SEBAGAI FLUIDA PENDINGIN**

Hardanto Suryo Pratomo dan Abdul Chalim

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia  
[hardanto95@gmail.com](mailto:hardanto95@gmail.com) ; [[chalim.polinema@gmail.com](mailto:chalim.polinema@gmail.com)]

## **ABSTRAK**

Alat penukar panas adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dalam proses perpindahan panas fluida dengan fluida lain tanpa terjadi perpindahan massa di dalamnya dan dapat digunakan sebagai pemanas atau pendingin. Heat exchanger yang banyak digunakan adalah alat penukar panas *shell and tube* yang terdiri dari *shell* di bagian luar dan *tube* di bagian dalam. Bahan alat Heat exchanger yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari stainless steel. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas dari alat heat exchanger dengan variasi variabel pada suhu. Jenis aliran yang digunakan dalam penelitian ini adalah aliran berlawanan arah dengan fluida panas di Tube dan fluida dingin di shell. Variabel yang digunakan adalah suhu fluida panas yang masuk: 48, 51, 54, 57, 60°C dan suhu fluida dingin yang masuk : 20, 25, 30, 35, 40°C. Penelitian ini akan dilakukan secara kuantitatif dengan alat *Shell and Tube Heat Exchanger 1-1*. Untuk mendapatkan nilai efektifitas dilakukan pencarian nilai  $\Delta_{T_{LMTD}}$ , U, NTU dan efektifitas. Fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah etanol sebagai fluida dingin dan metanol sebagai fluida panas. Dari hasil penelitian didapatkan nilai efektifitas terbaik sebesar 0,81 pada suhu fluida dingin masuk 25°C dan suhu fluida panas masuk 60°C.

**Kata kunci:** Alat penukar panas, Efektivitas, Etanol, Metanol

## **ABSTRACT**

*Heat exchanger is equipment used to transfer heat in the process of fluid heat transfer with other fluids without mass transfer occurring in it and can be used as a heater or cooler. The most used heat exchangers are Shell and Tube Heat Exchanger which consist of a shell on the outside and a tube on the inside. The heat exchanger used in this research is made of stainless steel. This study aims to determine the effectiveness of the heat exchanger with variable variations in temperature. The type of flow that is used Counter Current with hot fluid in the tube and cold fluid in the shell. The variables used are hot fluid in temperature: 48, 51, 54, 57, 60°C and cold fluid in temperature: 20, 25, 30, 35, 40°C. This research will be carried out quantitatively using a Shell and Tube Heat Exchanger 1-1. To get the value of effectiveness, this search for the value of  $\Delta_{T_{LMTD}}$ , U, NTU, and effectiveness. The fluid used is ethanol as cold fluid and methanol as hot fluid. From the experiment, the best value of effectiveness is 0.81 at the cold fluid at a temperature of 25°C and the temperature of the hot fluid at 60°C.*

**Keywords:** Shell and Tube Heat Exchanger, Effectiveness, Ethanol, Methanol

## 1. PENDAHULUAN

Hampir seluruh kehidupan manusia berhubungan dengan penggunaan energi, sehingga kebutuhan energi semakin lama semakin meningkat. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi energi tersebut adalah dengan mengambil energi dari sumber yang berbeda [1]. Alat penukar panas (*heat exchanger*) adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dalam proses perpindahan panas fluida dengan fluida lain tanpa terjadi perpindahan massa di dalamnya dan dapat digunakan sebagai pemanas atau pendingin [2]. Salah satu tipe dari alat penukar panas yang paling banyak digunakan adalah *shell and tube heat exchanger* [3]. *Shell and Tube Heat Exchangers* terdiri dari sebuah *shell* di bagian luar dan sejumlah *tube* di bagian dalam. Ada perbedaan suhu fluida di dalam dengan di luar *tube* sehingga terjadi perpindahan panas antara fluida di dalam, dan di luar *tube* [4]. Dalam penggunaannya *shell and tube heat exchangers* masih banyak terjadi permasalahan seperti panas yang ditukarkan belum maksimal atau terjadi penurunan tekanan yang dimana akan menyebabkan kinerja pompa menjadi berat dan rusak [5]. Digunakannya *shell and tube heat exchanger* 1-1 ini karena alat yang akan digunakan sudah tersedia dan penelitian ini adalah untuk melihat alat ini memiliki efektivitas yang tinggi dengan fluida etanol dan metanol.

Chalim, dkk. (2016) [6] melakukan penelitian mengenai efektivitas dan efisiensi *heat exchanger* jenis *shell and tube* 1-1. Jenis fluida panas dan dingin yang digunakan adalah air. Variabel yang digunakan adalah suhu fluida panas masuk, laju alir fluida panas dan dingin serta konsentrasi *coolant*. Hasil penelitian didapatkan nilai efektivitas *shell and tube heat exchanger* 1-1 sebesar 0,8116 dengan efisiensi alat 76,61%. Chalim, dkk. (2021) [7] dalam penelitian menggunakan variabel laju alir fluida dingin dan panas masuk, suhu fluida panas masuk dan perbandingan volumn larutan *blending*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fluida propilen glikol – etilen glikol dengan perbandingan volume 1:1 didapat nilai efektivitas lebih baik dibandingkan dietilen glikol – metanol. Nilai efektivitas yang didapat 0,95 dengan nilai NTU 3,307.

Jenis fluida yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan metanol dan etanol. Etanol merupakan jenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan termasuk alkohol yang sering digunakan di dalam kehidupan. Selain itu etanol juga merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang perlu dikembangkan, dibuat dari bahan baku yang ketersediannya melimpah, dan berharga murah [8]. Untuk metanol sendiri biasa digunakan sebagai pelarut organik, merupakan jenis alkohol yang memiliki struktur yang paling sederhana [9]. Selain itu metanol biasa digunakan untuk proses trans-estifikasi pembuatan biodiesel yang berfungsi sebagai reaktan [10]. Dalam penelitian ini akan digunakan fluida dingin etanol dan metanol sebagai fluida panas dengan konsentrasi 60% dengan menggunakan variabel perbedaan suhu masuk antara fluida dingin dengan fluida panas. Penelitian ini menggunakan jenis aliran berlawanan arah (*counter current*) yaitu dimana satu fluida masuk di ujung alat penukar panas sedangkan fluida yang lain masuk di ujung lain dari alat penukar panas [5] Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu fluida panas dan fluida dingin terhadap efektivitas perpindahan panas dan mendapatkan nilai efektivitas terbaik pada perpindahan panas fluida panas dan fluida dingin.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Metode Penelitian

Metode penelitian merujuk kepada penelitian sebelumnya dengan menggunakan *blending* Propylene Glycol – Etanol dan didapatkan nilai efektivitas 0,9937. Penelitian ini dilakukan dengan dengan eksperimen di laboratorium *Pilot Plant*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu fluida panas dan dingin terhadap efektivitas alat penukar panas (*heat exchanger*) dan mendapatkan nilai efektivitas perpindahan panas yang terbaik pada suhu fluida panas dan dingin dengan data yang diambil  $\Delta T_{LMTD}$ , U, NTU, dan efektivitas ( $\epsilon$ ). Tahapan yang dilakukan pada eksperimen ini adalah mempersiapkan konsentrasi fluida yang telah ditentukan yaitu metanol 60% dan etanol 60%. Kemudian menempatkan kedua fluida ke dalam tangki yang berada pada *heat exchanger* sebanyak 32 liter untuk fluida dingin dan 15 liter untuk fluida panas. Mengatur suhu fluida panas dan dingin hingga konstan. Kemudian dilakukan *running* pada alat *shell and tube heat exchanger* 1-1 sesuai dengan kondisi operasi yang ditentukan. *Heat exchanger* dilengkapi dengan alat pengontrol suhu, laju alir, dan pengecek suhu. Proses dilakukan secara *continue* dengan aliran berlawanan (*counter current*). Dari percobaan diperoleh data suhu fluida panas keluar dan suhu fluida dingin keluar. Selanjutnya data yang diperoleh digunakan untuk mendapatkan nilai efektivitas melalui rumus-rumus di bawah ini.

### 2.2 Teknik Pengumpulan Data

Dari eksperimen akan didapatkan data suhu fluida panas masuk ( $T_{hi}$ ) dan keluar ( $T_{ho}$ ). Suhu fluida dingin masuk ( $T_{ci}$ ) dan keluar ( $T_{co}$ ). Dari data yang sudah didapat nantinya akan didapatkan nilai  $\Delta T_{LMTD}$  dari persamaan berikut [6]:

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

Kemudian dari nilai  $\Delta T_{LMTD}$  akan digunakan untuk menentukan nilai perpindahan panas total (U) dengan persamaan [11]:

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

Nilai perpindahan panas total (U) yang didapat digunakan untuk mendapatkan nilai *Number Transfer Unit* (NTU) dengan persamaan [12]:

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

Nilai *Number Transfer Unit* (NTU) yang sudah didapat digunakan untuk mencari nilai efektivitas ( $\epsilon$ ) dengan persamaan [13]:

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

### 2.3 Variabel Percobaan

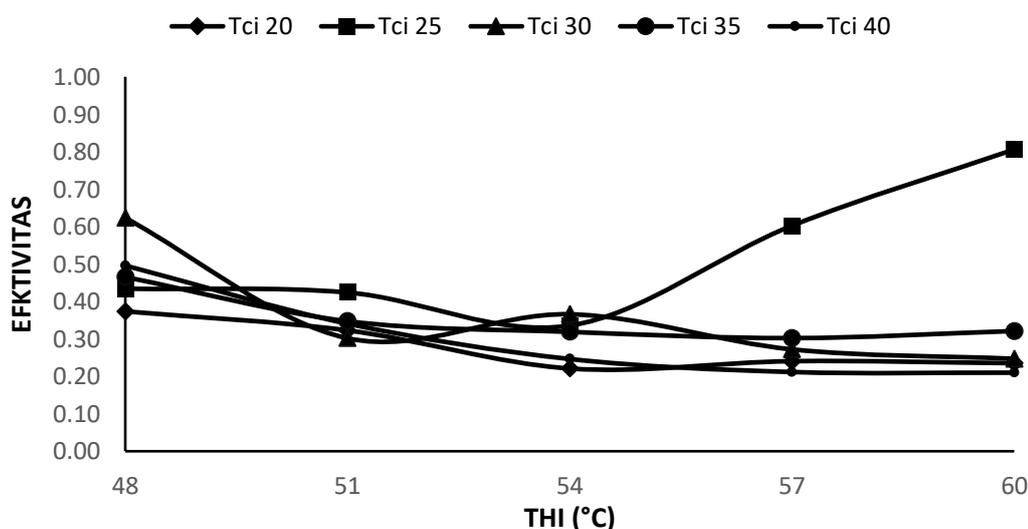
- a. Variabel Tetap:
  1. Laju alir fluida panas yang masuk: 2 liter/menit
  2. Laju alir fluida dingin yang masuk: 4 liter/menit
  3. Konsentrasi metanol: 60%
  4. Konsentrasi etanol: 60%
  5. Waktu pengambilan data: 10 menit setelah alat dijalankan
- b. Variabel berubah:
  1. Suhu fluida dingin yang masuk ( $T_{ci}$ ): 20, 25, 30, 35, 40°C
  2. Suhu fluida panas yang masuk ( $T_{hi}$ ): 48, 51, 54, 57, 60°C
- c. Variabel Terikat:
  1. Suhu fluida dingin keluar ( $T_{co}$ )
  2. Suhu fluida panas keluar ( $T_{ho}$ )

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Perolehan Efektivitas

Pada penelitian menggunakan etanol dengan konsentrasi 60% sebagai fluida dingin dan metanol dengan konsentrasi 60% sebagai fluida panas. Dengan suhu fluida dingin masuk ( $T_{ci}$ ) 20, 25, 30, 35, dan 40°C, serta suhu fluida panas masuk ( $T_{hi}$ ) 48, 51, 54, 57, dan 60°C. Hasil perhitungan pada suhu fluida dingin suhu 20°C dengan suhu fluida panas yang menjadi variabel didapatkan nilai efektivitas terbaik sebesar 0,38. Pada suhu fluida dingin 25°C dengan suhu fluida panas yang sudah ditentukan didapatkan nilai efektivitas terbaik 0,81. Kemudian pada suhu fluida dingin 30°C dengan suhu fluida panas yang sudah ditentukan didapatkan nilai efektivitas terbaik 0,65. Pada suhu fluida dingin 35°C dengan suhu fluida panas sesuai dengan variabel didapatkan nilai efektivitas terbaik 0,48. Kemudian untuk suhu fluida dingin 40°C dengan suhu fluida panas masuk yang sudah ditentukan didapatkan nilai efektivitas terbaik 0,050. Dengan demikian bahwa di setiap masing-masing variabel suhu fluida dingin masuk dan suhu fluida panas masuk didapatkan nilai efektivitas terbaik.

### 3.2. Pengaruh variabel suhu terhadap Efektivitas



Gambar 1. Grafik hubungan suhu fluida dan efektivitas

Perubahan suhu merupakan tolak ukur terjadinya perpindahan panas antara dua bahan. Fluida yang bersuhu tinggi akan mengalirkan panas ke fluida yang bersuhu rendah [14]. Pada profil suhu, yaitu suhu fluida panas masuk ( $T_{hi}$ ) dan keluar ( $T_{ho}$ ). Begitu pula suhu fluida dingin masuk ( $T_{ci}$ ) dan keluar ( $T_{co}$ ). Maka perbedaan suhu rata-rata yang terjadi dihitung dengan nilai  $\Delta T_{LMTD}$ . Nilai  $\Delta T_{LMTD}$  mempengaruhi besarnya nilai efektivitas. Berdasarkan penelitian, semakin kecil nilai  $\Delta T_{LMTD}$  maka semakin besar nilai efektivitasnya [15]. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa efektivitas terbaik berada pada suhu fluida dingin masuk  $25^{\circ}\text{C}$  dan suhu fluida panas masuk  $60^{\circ}\text{C}$  dengan nilai efektivitas sebesar 0,81. Sedangkan nilai efektivitas terendah berada pada suhu fluida dingin masuk  $40^{\circ}\text{C}$  dan suhu fluida panas masuk  $60^{\circ}\text{C}$  dengan nilai efektivitas 0,21.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hal yang dapat disimpulkan pada penelitian ini yaitu nilai efektivitas terbaik didapatkan pada suhu fluida dingin masuk  $25^{\circ}\text{C}$  dan suhu fluida panas masuk  $60^{\circ}\text{C}$  dengan nilai 0,81. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai  $\Delta T_{LMTD}$  maka semakin besar nilai efektivitasnya. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu secara rutin *maintenance shell and tube heat exchanger* 1-1 agar tidak terbentuk kerak. Selain itu dilakukan perbaikan pada *control panel* agar dapat dilakukan pembacaan suhu masuk dan keluar fluida panas maupun dingin sehingga tidak dilakukan pengukuran suhu secara manual.

#### REFERENSI

- [1] A. Chalim dan M. A. Indra, "Evaluasi Kinerja Heat Exchanger Shell and Tube 1 – 1 Untuk Sistem Fluida Blending Propilen Glikol – Etanol dan Air," 2021.
- [2] V. K. Patel dan R. V. Rao, "Design optimization of shell-and-tube heat exchanger using particle swarm optimization technique," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 30, no. 11–12, hal. 1417–1425, 2010, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2010.03.001.
- [3] R. Shanahan, J. T. Kimia, P. N. Malang, J. Soekarno, dan H. No, "Studi Literatur Tentang Efektivitas Alat Penukar Panas Shell and Tube 1-1 Sistem Fluida Gliserin – Metanol Dengan Aliran Counter Current," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 6, no. 2, hal. 164–170, 2020, doi: 10.33795/distilat.v6i2.103.
- [4] I. Bizzy dan R. Setiadi, "Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube Dengan Program Heat Transfer Research Inc. ( HTRI )," *J. Rekayasa Mesin Univ. Sriwij.*, vol. 13, no. 1, hal. 67–76, 2016.
- [5] A. Husen, M. I. Akbar, dan N. Cholis, "Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Dingin Terhadap Efektivitas Shell and Tube Heat Exchanger," *Bina Tek.*, vol. 16, no. 1, hal. 1, 2020, doi: 10.54378/bt.v16i1.1324.
- [6] A. Chalim, Ariani, dan M. Agung, "Penentuan Number Transfer Unit ( NTU ) dari Sistem Fluida Propilen Glikol – Air , Untuk Evaluasi Efisiensi Penukar Panas Shell and Tube 1-1," *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Proses Industri Kimia*, vol. 3, no. 2580–6572, hal. 15–20, 2016.
- [7] Abdul Chalim, Ariani, dan Much.Agung Indra Iswara, "Penentuan Number Transfer Unit Sistem Fluida Dietilen Glikol – Metanol, Dalam Evaluasi Efisiensi Penukar Panas Shell and Tube 1-1," *J. Tek. Ilmu Dan Apl.*, vol. 9, no. 1, hal. 73–86, 2021, doi: 10.33795/jtia.v9i1.15.
- [8] E. M. Widyanti, D. Bintang, dan I. Moehadi, "Proses Pembuatan Etanol Dari Gula Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae* Amobil," *Metana*, vol. 12, no. 2, hal. 31–38,

- 2016.
- [9] N. Nabila, "Pengaruh Pemberianmetanol Dan Etanolterhadap Tingkat Kerusakan Sel Hepar Tikus Wistar," *J. Media Med. Muda*, vol. 23, hal. 167–168, 2014.
  - [10] R. Zulhardi, F. Restuhadi, dan Y. Zalfiatri, "Penambahan Metanol pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis Abu Gosok," *J. UR*, vol. 5, no. 1, hal. 1–10, 2018.
  - [11] Gusdiantoro, "Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area," hal. i–26, 2016.
  - [12] C. J. Geankopolis, "Transport Processes and Unit Operation," *Transport Process and Unit Operations*. hal. 538, 1993.
  - [13] Y. A. C. & Y. Cengel, "Heat Transfer: A Practical Approach with EES CD," hal. 896, 2002.
  - [14] C.P. Kothandaraman, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer-New Age International (P)*. 2006.
  - [15] I. A. Prabowo, A. Chalim, J. T. Kimia, P. N. Malang, J. Soekarno, dan H. No, "Studi Literatur Koefesien perpindahan panas total Sistem fluida polyehtlene glicol & Ethilene glicol.secara co-current menggunakan Heat Exchanger Shell and Tube tipe 1-1," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 6, no. 2, hal. 401–407, 2020, doi: 10.33795/distilat.v6i2.135.