

# STUDI LITERATUR TENTANG EFEKTIVITAS ALAT PENUKAR PANAS *SHELL AND TUBE 1-1* SISTEM FLUIDA GLISERIN – METANOL DENGAN ALIRAN *COUNTER CURRENT*

Rhesa Shanahan dan Abdul Chalim

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia  
[rhesashanahan2901@gmail.com](mailto:rhesashanahan2901@gmail.com), [[chalim.polinema@gmail.com](mailto:chalim.polinema@gmail.com)]

## ABSTRAK

Hampir seluruh proses produksi dan aktifitas manusia berhubungan dengan energi. Dengan meningkatnya kebutuhan energi maka diperlukan suatu usaha untuk melakukan efisiensi pada energi tersebut. *Heat exchanger* adalah alat yang digunakan dalam proses perpindahan panas fluida dengan fluida lain tanpa terjadi perpindahan massa dan dapat dipergunakan sebagai pemanas maupun pendingin. Salah satu jenis *heat exchanger* yang sering digunakan dalam suatu proses di industri adalah *shell and tube heat exchanger*. Tujuan dari studi literatur ini adalah mengetahui pengaruh suhu, laju alir fluida dingin, laju alir fluida panas, dan konsentrasi bahan *coolant* terhadap nilai efektivitas terbaik pada *heat exchanger* tipe *shell and tube 1-1* menggunakan fluida sistem gliserin – metanol dengan aliran *counter current*. Metode yang digunakan adalah metode studi literatur. Hasil dari studi literatur yang dilakukan diperoleh kenaikan suhu fluida panas masuk membuat nilai NTU dan efektivitasnya menurun, kenaikan laju alir fluida dingin dapat meningkatkan nilai NTU dan efektivitasnya, sebaliknya laju alir fluida panas dapat menurunkan nilai NTU dan efektivitasnya, dan kenaikan besarnya konsentrasi *coolant* yang ditambahkan, maka akan semakin tinggi nilai NTU dan juga efektivitasnya.

**Kata kunci:** Efektivitas, *Shell and Tube Heat exchanger*, Gliserin, Metanol, Aliran *Counter Current*

## ABSTRACT

Almost all the production processes and human activities are related to energy. Increasing the energy requirements need an efforts to improve the energy's efficiency. *Heat exchanger* is a device that used in the process of transferring fluid heat with other fluids without mass transfer and can be used as heating or cooling. One of the *heat exchanger* type commonly used in industry process is *shell and tube heat exchanger*. The purposes of this study are to determine the effect of temperature, cold fluid flow rate, hot fluid flow rate, and coolant material concentration on the best value of effectiveness on *shell and tube* type *heat exchangers 1-1* using glycerin - methanol system fluids with *counter current* flow. The method used is the literature study. The results of data processing carried out obtained an increase in temperature of hot fluid entering the NTU value and its effectiveness decreases, an increase in the cold fluid flow rate can increase the value of NTU and its effectiveness, conversely the hot fluid flow rate can decrease the NTU value and its effectiveness, and increase the amount of coolant concentration added, then the higher the value of NTU and also its effectiveness.

**Keywords:** Effectiveness, *Shell and Tube Heat exchanger*, Glycerin, Methanol, Counter Current Flow

## 1. PENDAHULUAN

Hampir seluruh proses produksi dan aktifitas manusia berhubungan dengan energi, sehingga kebutuhan energi semakin lama semakin meningkat.

Dengan meningkatnya kebutuhan energi maka diperlukan suatu usaha untuk melakukan efisiensi pada energi tersebut. *Heat exchanger* adalah suatu alat yang digunakan dalam proses perpindahan panas antara fluida dengan fluida lain tanpa terjadi perpindahan massa di dalamnya dan dapat dipergunakan sebagai pemanas maupun pendingin [1]. Salah satu jenis *heat exchanger* yang sering digunakan dalam suatu proses di industri adalah *shell and tube heat exchanger*. Keunggulan *shell and tube heat exchanger* mempunyai efisiensi yang tinggi, memiliki luas permukaan besar pada ukuran volume kecil, memerlukan tempat yang minim dan mudah dirawat serta mudah beradaptasi pada hampir semua tipe *liquid chilling* [2].

Hakimul, dkk [3] juga melakukan penelitian mengenai efektivitas *heat exchanger*. Tujuan penelitian tersebut yaitu mendapatkan nilai efektivitas yang maksimal pada alat *heat exchanger* dengan membandingkan jenis fluida dingin yang digunakan. Berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa blending fluida *propylene glycol – ethylene glycol* dengan perbandingan volume 1:1 didapatkan nilai efektivitas yang lebih baik daripada nilai efektivitas blending fluida *dietilene glycol - methanol*. Nilai efektivitas yang didapatkan sebesar 0,95 dengan nilai NTU (*Number Transfer Unit*) sebesar 3,307.

Pada sistem fluida gliserin – metanol, metanol sendiri merupakan bahan organik yang digunakan sebagai bahan pendingin. Dan juga gliserin merupakan bahan organik yang merupakan produk samping dari proses pembuatan biodiesel yang dapat dimanfaatkan kembali untuk memanfaatkan panas yang dihasilkan. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak antara fluida dan dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung (*direct contact*). Sesuai dengan teori yang ada bahwa untuk kolom penukar panas jenis *Shell and Tube* aliran berlawanan mempunyai nilai transfer panas lebih baik dibandingkan dengan aliran searah (*co-current*) [4].

Berdasarkan latar belakang diatas maka studi literatur ini menggunakan *heat exchanger* jenis *shell and tube* 1-1 sistem fluida gliserin - metanol pada aliran *counter-current* bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu, laju alir fluida dingin, laju alir fluida panas, dan konsentrasi bahan *coolant* terhadap nilai efektivitas terbaik.

## 2. METODOLOGI PENULISAN

### 2.1 Metode Penulisan

Penulisan artikel ini dilakukan dengan menggunakan metode studi literatur. Studi literatur dilakukan oleh untuk mendapatkan data dari berbagai sumber tertulis, baik berupa buku, artikel, proyek skripsi, dan jurnal. Dalam pengambilan data terdapat 2 jenis yaitu data primer dan data sekunder yang mana data primer merupakan data yang diperoleh dari peneliti secara langsung sedangkan data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada. Data yang didapatkan dari berbagai literatur dilakukan analisa dan dibandingkan untuk memperoleh pengaruh hubungan laju alir fluida, suhu, dan konsentrasi bahan *coolant* terhadap efektivitas alat penukar panas *shell and tube* 1-1 dengan aliran berlawanan arah.

### 2.2 Langkah-langkah dalam Studi Literatur

#### 2.2.1 Penentuan Topik

Penentuan topik dilakukan dengan melihat fenomena dan permasalahan yang terjadi di industri. Kebutuhan energi semakin lama semakin meningkat. Dengan meningkatnya kebutuhan energi maka diperlukan suatu usaha untuk melakukan efisiensi

pada energi tersebut. Energi sendiri mempunyai banyak jenis yang salah satunya adalah energi panas. Cara meningkatkan efisiensi adalah dengan menukarkan energi panas dari sumber yang berbeda untuk digunakan yang dapat terjadi di alat penukar panas.

### 2.2.2 Penentuan Judul

Berdasarkan topik yang telah diambil selanjutnya akan diajukan judul dengan mempertimbangkan beberapa aspek seperti pengaruh hubungan laju alir fluida, suhu, dan penambahan bahan *coolant* terhadap efektivitas alat penukar panas *shell and tube* 1-1 sistem fluida gliserin - metanol dengan aliran *counter current*.

### 2.2.3 Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari literatur dari berbagai sumber baik berupa buku, artikel, proyek skripsi, dan jurnal. Adapun literatur yang digunakan dalam pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Penentuan *Number Transfer Unit* ( NTU ) dari Sistem Fluida Propilen Glikol - Air, Untuk Evaluasi Efisiensi Penukar Panas *Shell and Tube* 1-1
2. Koefisien Perpindahan Kalor Total (U) Sistem Air - Etilen Glikol Menggunakan Alat Penukar Kalor *Shell and Tube* 1-1
3. Efektivitas dan Efisiensi Alat Penukar Panas Jenis *Shell and Tube* 1-1 Kapasitas 20 Liter untuk Sistem Air-Air
4. Analisis Kinerja *High Pressure Heater* (HPH) Tipe *Shell And Tube Heat exchanger*
5. Penentuan *Number Transfer Unit* dari Sistem Fluida *Blending* Propilen Glikol – Etilen Glikol, Dietilen Glikol – Metanol Sebagai Pendingin Peralatan Satuan Operasi Menggunakan Alat Penukar Panas Jenis *Shell and Tube* 1-1
6. Efektivitas Alat Penukar Panas *Shell and Tube* 1-1 Sistem *Blending* Glisen – Air Sebagai Fluida Pendingin
7. Efektivitas Alat Penukar Panas *Shell and Tube* 1-1 Sistem *Blending Propylen Glicol - Ethanol* Sebagai Fluida Pendingin
8. Kajian Performa Alat Penukar Panas *Plate and Frame* : Pengaruh Laju Alir Massa, Temperatur Umpan dan Arah Aliran Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh
9. Pengaruh Perubahan Debit Aliran Fluida Panas Dan Fluida Dingin Terhadap Efektivitas Pada Penukar Kalor Tipe Plat Aliran Silang
10. Pengaruh Kecepatan Alir Terhadap Efektivitas *Shell and Tube Heat exchanger*

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Efektivitas *Heat exchanger*

Unjuk kerja suatu *heat exchanger* dapat ditinjau dari besarnya nilai *effectiveness*. Besarnya nilai *effectiveness* ini berkisar antara 0 sampai dengan 1. Semakin besar nilai *effectiveness* suatu *heat exchanger* maka kemampuan mentransfer panas dari *heat exchanger* ini akan semakin bagus karena nilai laju perpindahan panas aktualnya mendekati jumlah energi panas yang dapat dipindahkan [5].

*Heat exchanger* mempunyai beberapa tipe salah satunya adalah tipe *shell and tube*. *Shell and tube* merupakan jenis *heat exchanger* yang populer dan lebih banyak digunakan. *Shell and tube* terdiri dari sejumlah *tube* yang terpasang di dalam *shell* yang berbentuk silindris [6]. Menurut Handoyo [2], Salah satu jenis *heat exchanger* yang sering digunakan

dalam suatu proses di industri adalah *shell and tube heat exchanger*. Keunggulan *shell and tube heat exchanger* mempunyai efisiensi yang tinggi, memiliki luas permukaan besar pada ukuran volume kecil, memerlukan tempat yang minim dan mudah dirawat serta mudah beradaptasi pada hampir semua tipe *liquid chilling*. Jenis ini paling banyak digunakan dalam industri perminyakan.

### 3.2 Pengaruh Penambahan *Coolant*

Penambahan *coolant* termasuk salah satu faktor penting dalam hal mengoptimalkan perpindahan panas dari fluida panas ke pendingin yang kemudian akan membawa panas ke luar. Penambahan *coolant* dalam *engine cooling system* berfungsi sebagai penyerap panas yang dihasilkan dari pembakaran sehingga suhu mesin tetap terjaga dan tidak mengalami *overheat*.

Berbagai macam bahan digunakan sebagai *coolant* pada alat *heat exchanger shell and tube* 1-1 yang telah dipelajari oleh peneliti. Efektivitas yang dihasilkan dari berbagai bahan ini memiliki efektivitas yang berbeda-beda. Pada perhitungan, nilai U berhubungan dengan harga NTU maupun harga efektivitas.

**Tabel 1.** Data *coolant*, konsentrasi, NTU, dan efektivitas

Bahan	Konsentrasi	NTU	Efektivitas	Sumber
<i>Blending gliserin - air</i>	10% gliserin (volume)	35,946	0,9734	[7]
	20% gliserin (volume)	39,856	0,9708	
	30% gliserin (volume)	64,144	0,9915	
	40% gliserin (volume)	47,686	0,9591	
	50% gliserin (volume)	50,175	0,9515	
<i>Blending propylene glycol – ethanol</i>	1 : 2 (mol)	14,324	0,9772	[8]
	1 : 1 (mol)	19,757	0,9846	
	2 : 1 (mol)	26,263	0,9909	
<i>Air - etylene glycol</i>	0% <i>ethylene glycol</i> (volume)	-	0,8090	[9]
	15% <i>ethylene glycol</i> (volume)	-	0,8104	
	30% <i>ethylene glycol</i> (volume)	-	0,8151	

Dari tabel di atas didapatkan bahwa data terbaik *blending* gliserin – air pada konsentrasi 30% nilai NTU sebesar 6.4144 dan efektivitasnya 0,9915. *Blending propylene glycol - ethanol* pada konsentrasi 2 : 1 nilai NTU sebesar 2,6263 dan efektivitasnya 0,9909. *Air etilen glycol* pada konsentrasi 30% nilai efektivitasnya 0,8151. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa bahan *blending* gliserin – air lebih baik dari pada *blending propylene glycol – ethanol* dan air – *etilen glycol* sebagai *coolant*.

Berdasarkan data konsentrasi diatas diketahui pada masing-masing bahan bahwa semakin besar konsentrasi yang ditambahkan, maka akan semakin tinggi nilai NTU dan juga efektivitasnya. Hal tersebut sudah sesuai dengan teori yang ada yaitu pada buku *Geankoplis figure 4.9-7* [10]. Akan tetapi pada konsentrasi 40% dan 50% penambahan gliserin mengakibatkan turunnya nilai NTU dan efektivitas. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya perpindahan panas maksimum pada konsentrasi tertentu. Hal tersebut

juga dapat terjadi karena pada konsentrasi 40% dan 50% gliserin, fluida pendingin memiliki viskositas yang tinggi juga sehingga mengakibatkan masa tinggal fluida pendingin lebih lama sehingga nilai perpindahan panas semakin kecil.

### 3.3 Pengaruh Variabel Suhu

Kalor merupakan suatu bentuk energi yang berpindah karena perbedaan suhu akan bergerak dari suhu tinggi ke suhu lebih rendah. Ketika kalor bergerak akan terjadi pertukaran dan kemudian berhenti ketika kedua tempat tersebut memiliki suhu yang sama [11].

Perhitungan nilai suhu rata-rata logaritma ( $\Delta T_{LMTD}$ ) diperlukan karena suhu pada  $T_{hi}$ ,  $T_{ci}$ ,  $T_{ho}$  dan  $T_{co}$  tidak sama sehingga perlu dicari nilai  $\Delta T_{LMTD}$  untuk menyamakan suhu pada semua sisi *heat exchanger*.  $\Delta T_{LMTD}$  sangat mempengaruhi nilai dari  $U$ ,  $NTU$ , dan efektivitasnya.

**Tabel 2.** Data suhu,  $NTU$ , dan efektivitas

Suhu fluida panas masuk	$NTU$	Efektivitas	Sumber
30 °C	3,703	0,950	
35 °C	3,394	0,938	[3]
40 °C	2,924	0,937	

Dari tabel diatas didapatkan data terbaik selalu pada suhu tertinggi 30 °C yang nilai  $NTU$  3,703 efektivitasnya 0,950. Dapat disimpulkan bahwa naiknya suhu fluida panas masuk membuat nilai  $NTU$  dan efektivitasnya menurun. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin besarnya nilai  $\Delta T_{LMTD}$  maka semakin kecil nilai  $U$ ,  $NTU$ , dan efektivitasnya.

### 3.4 Pengaruh Variabel Laju Alir

Perubahan laju alir dari kedua fluida sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai efektivitas alat penukar panas. Pada proses perpindahan panas terdapat laju alir fluida panas dan laju alir fluida dingin. Pada dasarnya kecepatan aliran menentukan jenis aliran, yaitu laminar atau turbulen. Turbulensi akibat tingginya kecepatan alir memperbesar bilangan Reynold kemudian meningkatkan perpindahan kalor secara konveksi sehingga koefisien perpindahan kalor menyeluruh ( $U$ ) akan naik begitu juga efektivitasnya.

Menurut Yuniarto, dkk [12] memperlihatkan pengaruh laju alir fluida dingin dan fluida panas terhadap efektivitas. Menggunakan variabel yang sama untuk laju alir fluida panas maupun laju alir fluida dingin yaitu 5, 7, 9, 11 Lt/menit. Dikatakan bahwa efektivitas cenderung untuk naik mengikuti kenaikan laju alir fluida dingin yang mengalir. Namun sebaliknya yang terjadi pada laju alir fluida panas yang mengakibatkan efektivitas mengalami penurunan.

Menurut Chalim, dkk [13] pada bagian *shell* dari *heat exchanger* nilai efektivitas alat akan semakin besar seiring dengan besarnya *flowrate* fluida yang mengalir, hal ini terjadi karena fluida mengalir didalam *shell* mengalami pemecahan aliran oleh *baffle* sehingga meningkatkan bilangan Reynold,  $NRe$  serta meningkatkan keacakan fluida dan perpindahan

momentum sehingga nilai efektivitas alat cenderung meningkat [14]. Pada bagian *tube heat exchanger* nilai efektivitas alat semakin kecil seiring dengan besarnya *flowrate* fluida mengalir. Hal ini terjadi karena *flowrate* fluida yang besar akan menurunkan waktu kontak fluida didalam tube sehingga mempersingkat proses perpindahan panas.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi literatur yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kenaikan suhu fluida panas masuk membuat nilai NTU dan efektivitasnya menurun. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin besarnya nilai  $\Delta T_{LMTD}$  maka semakin kecil nilai U, NTU, dan efektivitasnya.
2. Kenaikan laju alir fluida dingin dapat meningkatkan nilai NTU dan efektivitasnya, sebaliknya laju alir fluida panas dapat menurunkan nilai NTU dan efektivitasnya.
3. Kenaikan besarnya konsentrasi *coolant* yang ditambahkan, maka akan semakin tinggi nilai NTU dan juga efektivitasnya.

##### 4.2 Saran

Hal yang dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas alat penukar panas.

#### REFERENSI

- [1] V.K Patel, R.V. Rao, *Design Optmization of shell-and-tube- heat exchanger using particle swarm optimization technique*, Applied Thermal Engineering 30 (2010) 1417-1425.
- [2] Handoyo, E. A. (2000). *Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas Shell-and-Tube Heat exchanger*, Jurnal Teknik Mesin, 2(2), 86–90.
- [3] Hakimul, A., Darmawan, M.A. 2017. *Penentuan Number Transfer Unit dari Sistem Fluida Blending Propilen Glikol – Etilen Glikol, Dietilen Glikol – Metanol Sebagai Pendingin Peralatan Satuan Operasi Menggunakan Alat Penukar Panas Jenis Shell and Tube 1-1*. Laporan Akhir. Prodi D3 Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Malang. Malang
- [4] Wicaksono, C., & Shell, T. (2017). *Perancangan ECO Heat exchanger Shell and Tube*. Jurnal Chemurgi, 01(1), 27-30.
- [5] Alfian, D.G., Supriyadi, D. 2018. *Analisis Kinerja High Pressure Heater (HPH) Tipe Shell and Tube Heat exchanger*. Journal of Science and Applicative Technology, 2(2), 23-33.
- [6] Brogan, R.J. 2011. *Shell and Tube Heat exchangers*. Diambil dari: <http://www.thermopedia.com/content/1121/> Diakses pada 5 Februari 2019
- [7] Islamirrodliyah, Ika., Pramono, G.A. 2018. *Efektivitas Alat Penukar Panas Shell and Tube 1-1 Sistem Blending Glisen – Air Sebagai Fluida Pendingin*. Laporan Akhir. Prodi D3 Teknik Kimia Jurusan Teknk Kimia. Politeknik Negeri Malang. Malang
- [8] Saskia, R.V., Al-Arif, Z.S. 2016. *Efektivitas Alat Penukar Panas Shell and Tube 1-1 Sistem Blending Propylen Glicol - Ethanol Sebagai Fluida Pendingin*. Laporan Akhir. Prodi D3 Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Malang. Malang

- [9] Ardiyudha, F.D., Mauladawilah, Husen. 2016. *Efektivitas dan Efisiensi Alat Penukar Panas Jenis Shell and Tube 1-1 Kapasitas 20 Liter untuk Sistem Air-Air*. Laporan Akhir. Prodi D3 Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Malang. Malang
- [10] Geankoplis, C. J. 2003. *Transport Process and Separation Process Principles (fourth edition)*. New Delhi : Prentice-Hall
- [11] Chalim, A., Ariani, Mufid, Hardjono. 2017. *Koefisien Perpindahan Kalor Total (U) Sistem Air-Etilen Glikol Menggunakan Alat Penukar Kalor Shell and Tube 1-1*. 1, 69–76.
- [12] Yunianto, Bambang., Cahyo, Dwi., Arijanto. 2011. Pengaruh Perubahan Debit Aliran Fluida Panas Dan Fluida Dingin Terhadap Efektivitas Pada Penular Kalor Tipe Plat Aliran Silang. ROTASI, 13(1), 13-16.
- [13] Chalim, A., Ariani, Agung, M. 2016. *Penentuan Number Transfer Unit ( NTU ) dari Sistem Fluida Propilen Glikol - Air, Untuk Evaluasi Efisiensi Penukar Panas Shell and Tube 1-1*. 3, 15-20.
- [14] Sunu, Wijaya Putu. 2015. *Efektivitas Perpindahan Panas Pada Double Pipe Heat exchanger Dengan Groove*. Politeknik Negeri Bali. Bali