

# **STUDI LITERATUR KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS TOTAL SISTEM FLUIDA POLYEHTLENE GLICOL & ETHILENE GLYCOL SECARA CO-CURRENT MENGGUNAKAN HEAT EXCHANGER SHELL AND TUBE TIPE 1-1**

Irvan Aditya Prabowo, Abdul Chalim

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang,  
Indonesia [irvankomandan171@gmail.com](mailto:irvankomandan171@gmail.com) , [[chalim.polinema@gmail.com](mailto:chalim.polinema@gmail.com)]

## **ABSTRAK**

Penggunaan kebutuhan kalor yang sangat besar pada industri. Untuk mengatasi kebutuhan kalor yang besar ini maka perlu dilakukan usaha untuk meningkatkan *efisiensi* pada kalor tersebut . Cara yang paling *efektif* untuk mengurangi permintaan adalah dengan menggunakan energi lebih *efektif*. Salah satu cara pengaplikasiannya yaitu penukar panas. Alat penukar panas (*heat exchanger*) adalah perangkat yang menyediakan aliran energi termal antara dua atau lebih cairan pada suhu yang berbeda. Dalam proses perpindahan panas di setiap *heat exchanger* melibatkan dua fluida *tube* Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan data konsentrasi fluida *etilen glikol - polyethylen glikol* terhadap nilai *U* pada alat *heat exchanger shell and tube 1-1* menggunakan fluida sistem *polyethylen glikol- ethylen glikol* dengan aliran *co-current*. Variable yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu fluida panas masuk berkisar 40,45,50,55,60 °C, suhu fluida dingin masuk 15,20,25,30 °C, Nilai *koefisien* perpindahan panas *overall* paling besar diperoleh pada temperatur fluida masuk 50°C yaitu sebesar 135,4576 W/m<sup>2</sup>°C pada aliran *co-current*.

**Kata kunci:** koefisien perpindahan panas total, variable suhu, aliran fluida co- current

## **ABSTRACT**

*The use of a very large heat requirement in the industry. To overcome this large need for heat, efforts should be made to improve the efficiency of the heat. The most effective way to reduce demand is to use energy more effectively. One method of application is a heat exchanger. A heat exchanger is a device that provides a flow of thermal energy between two or more liquids at different temperatures. In the process of heat transfer in each heat exchanger involving two tube fluids The purpose of this study is to obtain data on the concentration of ethylene glycol fluid - polyethylene glycol to the U value in the heat exchanger shell and tube 1-1 device using the fluid system of polyethylene glycol-ethylene glycol with co -current. The variables used in this study are the temperature of the incoming hot fluid with a temperature of 40.45,50,55,60 0C, the temperature of the cold incoming fluid 15,20,25,30 0C, the highest overall heat transfer coefficient value is obtained at the incoming fluid temperature of 50 ° C that is equal to 135,4576 W / m<sup>2</sup> ° C in co-current flow.*

**Keywords:** Total heat transfer coefficient, variable temperature, co-current fluid flow

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan kebutuhan kalor yang sangat besar pada industri. Untuk mengatasi kebutuhan kalor yang besar ini maka perlu dilakukan usaha untuk meningkatkan efisiensi pada kalor tersebut. Cara yang paling efektif untuk mengurangi permintaan adalah dengan menggunakan energi lebih efektif. Salah satu cara pengaplikasiannya yaitu penukar panas. Penukar panas ini digunakan untuk mentransfer energi panas dan banyak digunakan untuk *oil reefinery*, industri kimia, industri makanan dan sebagainya. Salah satu aplikasi alat penukar panas dalam industri adalah *heat exchanger* [1]. Alat penukar panas (*heat exchanger*) adalah perangkat yang menyediakan aliran energi termal antara dua atau lebih cairan pada suhu yang berbeda [2]. Dalam proses perpindahan panas di setiap *heat exchanger* melibatkan dua fluida, yaitu fluida panas dan fluida dingin. Pada umumnya fluida dingin yang sering digunakan adalah air dikarenakan titik didih air hanya 100 °C maka dalam shell terjadi penguapan apabila suhu fluida panas melebihi titik didihnya. Percobaan ini bertujuan menentukan nilai koefisien perpindahan panas total dari *heat exchanger* jenis *shell and tube tipe 1-1* [3].

Jenis fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan *Polyehtlene glicol* dalam air (larutan PEG) sebagai fluida panas dan larutan *Ethilene glicol* dalam air (larutan EG) sebagai fluida dingin. Larutan EG digunakan sebagai pendingin karena mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Chalim, dkk. [4] yang menyatakan bahwa larutan EG mampu menyerap panas dengan baik dan etilen glikol mampu meningkatkan titik didih dan menurunkan titik beku. Sedangkan Larutan PEG digunakan sebagai fluida panas, mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Sudrajad [5]. Penelitian tersebut menyatakan bahwa larutan PEG mampu meningkatkan nilai koefisien perpindahan panas total pada setiap titik pengukuran. Selain itu, penelitian Istanto [6] menyatakan penggunaan larutan ethylene glycol pada sistem coolant radiator dapat menurunkan laju perpindahan panas dikarenakan memiliki titik didih yang lebih tinggi dan titik beku yang lebih rendah dibanding dengan air. Maka dari itu sekarang banyak coolant menggunakan larutan ethylene glycol karena Zat anti beku seperti larutan etilen glikol dapat tahan terhadap suhu ekstrem yang jauh lebih besar.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Chalim menggunakan fluida panas air dan fluida dingin berupa larutan *ethylen glikol*. Dari percobaan tersebut diperoleh nilai koefisien perpindahan panas total dengan konsentrasi 0% (tanpa *etilen glikol*) adalah sebesar 45.87 BTU/h.ft<sup>2</sup>.°F, konsentrasi etilen glikol 15% sebesar 47.29 BTU/h.ft<sup>2</sup>.°F dan konsentrasi etilen glikol 30% sebesar 47.50 BTU/h.ft<sup>2</sup>.°F. Pada percobaan yang dilakukan Chalim, fluida dingin digunakan berulang, dan hanya ditambahkan *etilen glikol* sesuai variabel yang diinginkan. Sedangkan dalam penelitian ini, akan digunakan fluida dingin larutan *Ethilene glycol* baru untuk masing-masing variabel. Dengan dilakukannya pengantian larutan etilen glikol tersebut diharapkan memberikan pengaruh terhadap perpindahan panas sehingga bisa didapatkan nilai koefisien yang lebih optimal.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan cara menunggu konstan suhu fluida panas masuk dan suhu fluida dingin masuk sesuai dengan variabel yang di

tentukan lalu menjalankan alat *heat exchanger shell and tube 1-1* dengan kapasitas 20 liter sesuai kondisi operasi yang ditentukan lalu catat suhu fluida panas keluar dan fluida dingin keluar setelah proses berjalan selama 10 menit. *Heat exchanger* dilengkapi dengan alat pengontrol suhu, pengontrol laju alir, dan pengecek suhu. Proses dilakukan secara continue dengan aliran searah (*co-current*). Berdasarkan percobaan diperoleh data suhu fluida panas keluar dan suhu fluida dingin keluar. Selanjutnya data digunakan untuk mendapatkan nilai efektivitas melalui rumus.

## 2.2. Teknik Pengumpulan Data

Dari percobaan nanti akan didapatkan data spesifikasi alat dan data suhu fluida panas masuk ( $T_{Hi}$ ), suhu fluida panas keluar ( $T_{Ho}$ ), suhu fluida dingin masuk ( $T_{Ci}$ ), suhu fluida panas keluar ( $T_{Co}$ ). Dari data tersebut nantinya akan didapatkan nilai  $\Delta T_{LMTD}$  dari persamaan berikut :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{Hi} - T_{Co}) - (T_{Ho} - T_{Ci})}{\frac{\ln(T_{Hi} - T_{Co})}{(T_{Ho} - T_{Ci})}} \quad (1)$$

Kemudian dari nilai  $\Delta T_{LMTD}$  akan digunakan untuk menentukan nilai perindahan panas total (U) dengan menggunakan persamaan berikut :

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

Nilai perpindahan panas total (U) yang sudah didapatkan ini digunakan untuk menentukan nilai *Number Tranfer Unit* (NTU) dengan menggunakan persamaan berikut :

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

Nilai *Number Tranfer Unit* (NTU) yang sudah didapatkan akan digunakan untuk mencari nilai efektivitas alat dengan menggunakan persamaan efektivitas *heat exchanger shell and tube 1-1* sebagai berikut :

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

## 2.3. Variabel Percobaan

a. Variabel tetap :

1. Laju alir fluida dingin yang masuk : 4000 cm<sup>3</sup>/menit
2. Laju alir fluida panas yang masuk : 2000 cm<sup>3</sup>/menit
3. Waktu pengambilan data : 10 menit setelah alat dijalankan

b. Variabel berubah :

1. Suhu Fluida panas yang masuk : 40, 45, 50, 55, 60°C
2. Suhu Fluida dingin yang masuk : 15, 20, 25, 30, 35°C
3. Konsentrasi metanol : 70%, 80%, dan 90%
4. Konsentrasi glicerol : 70%, 80%, dan 90%

c. Variabel Terikat

1. Suhu fluida panas keluar ( $T_{Ho}$ )
2. Suhu fluida dingin keluar ( $T_{Co}$ )

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Penambahan bahan *coolant*

Sistem pendingin (cooling system) menjadi salah satu bagian yang harus ada dan berperan penting. Data menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi pada engine adalah

akibat sistem pendingin yang tidak baik, karena bagian ini berhubungan langsung dengan *engine performance*. Penambahan *etilen glikol* pada air pendingin dapat mengoptimalkan operasi perpindahan kalor dari fluida ke air pendingin kemudian akan membawa kalor keluar. Hasil perhitungan menunjukkan semakin besar penambahan zat aditif *etilen glikol*, maka nilai dan semakin tinggi, karena penambahan *etilen glikol* pada bahan akan meningkatkan laju pembuangan kalor [7].

Konsentrasi yang terkandung pada bahan juga mempengaruhi Nilai koefisien perpindahan panas total.

**Tabel 1.** Data pengaruh konsentrasi terhadap nilai *koefisien* perpindahan panas total

Bahan	Konsentrasi	Uc	Sumber
Blending Etilen glikol – air	0% Etilen glikol (volume)	45.87 BTU/h.ft <sup>2</sup> .°F	(Chalim, dkk, 2018)
	15% Etilen glikol (volume)	47.29 BTU/h.ft <sup>2</sup> .°F	
	30% Etilen glikol (volume)	47.50 BTU/h.ft <sup>2</sup> .°F.	

Dari Tabel 1 diatas menunjukkan konsentrasi tertinggi pada bahan blending *ethilene glikol*- air dengan konsentrasi 30% yang memiliki nilai *koefisien* sebesar 47.50 BTU/h.ft<sup>2</sup>.°F.. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pada bahan *ethilene glikol*- air dengan konsentrasi sebesar 30% lebih baik dari bahan lain sebagai *coolant* yang biasa digunakan seperti air – air. sehingga penelitian Istanto menyatakan penggunaan larutan *ethylene glycol* pada sistem *coolant* dapat menurunkan laju perpindahan panas dikarenakan memiliki titik didih yang lebih tinggi dan titik beku yang lebih rendah dibanding dengan air.

Dari table diatas juga dapat ditunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi yang digunakan nilai *koefisiennya* akan semakin besar yang mana berbanding lurus dengan *efektivitas* yang juga akan semakin besar, hal tersebut sudah sesuai dengan teori pada buku Geankoplis gambar 3.9-7 [8]. Akan tetapi terdapat sedikit perbedaan pada konsentrasi 0% dan 15% pada bahan *ethylene glikol* – air, dari data diatas maka penambahan *ethylene glikol* yang terlalu banyak dapat mengakibatkan turunnya nilai U yang mana berbanding lurus dengan *efektivitas* [9]. Menurut Chalim hal tersebut dapat terjadi dikarenakan adanya perpindahan panas maksimum pada konsentrasi tertentu dan juga dapat terjadi karena pada konsentrasi 0% dan 15% *ethylene glikol* , fluida pendingin memiliki *viscositas* yang tinggi juga sehingga mengakibatkan masa tinggal fluida pendingin lebih lama sehingga nilai perpindahan panas semakin kecil.

### 3.2. Pengaruh variabel laju alir

Sistem pendingin adalah suatu rangkaian untuk mengatasi terjadinya panas yang berlebih pada alat atau kadar panas yang tidak diperlukan agar alat bisa berkerja secara maksimal sehingga banyak proses yang menggunakan sistem pendingin agar menjaga kestabilan selama proses berjalan [10].

Pada laju alir pada *shell* kebanyakan proses produksi pada industri memerlukan air pendingin pada saat pengoperasian. Untuk meningkatkan laju perpindahan kalor, salah satu caranya yaitu meningkatkan *flowrate* fluida. Dengan begitu harga nilai *koefisien* perpindahan kalor konveksi (h) akan naik sehingga koefisien perpindahan kalor menyeluruh (Uc) akan naik dan begitu juga nilai *efektivitas* alat akan semakin besar, hal ini terjadi karena fluida yang

mengalir di dalam *shell* terjadi pemecahan aliran oleh *baffle* sehingga meningkatkan nilai bilangan *reynold* ( $Re$ ) dan perpindahan momentum sehingga nilai efektivitas alat cenderung meningkat [11].

### 3.3 Pengaruh laju alir massa *fluida* terhadap harga koefisien perpindahan panas overall menyeluruh ( $U$ ) pada aliran *Co-Current*

**Table 2.** Laju alir massa fluida dingin ( $m_c$ ) terhadap koefisien perpindahan panas overall ( $U$ ) pada aliran *Co-Current*

NO	M HOT(KG/S)	SUHU FLUIDA PANAS	U(W/M <sup>2</sup> °C)
1	0,22	40	132.5564
2	0,276	45	132.5564
3	0,3	50	135.4576

**Table 3.** Laju alir massa fluida panas ( $m_h$ ) konstan (a)  $m_c$  0.253 kg/s dan (b)  $m_h$  0.23 kg/s

M cold (kg/s)	Suhu fluida dingin (°C)	U(W/m <sup>2</sup> .°C)
0,23	40	131.6638
0,253	45	131.6638
0,3	50	135.4576

Sumber: Karina [12]

Pada Tabel 3 menunjukkan harga  $U$  terhadap laju alir fluida dingin (0.276 dan 0.22 kg/s) pada keadaan laju alir fluida panas ( $m_h$ ) konstan. harga  $U$  terbesar yang diperoleh ialah pada temperatur 50°C sebesar 132.5564 W/m<sup>2</sup>°C pada  $m_h$  0.253 kg/s dan 135.4576 W/m<sup>2</sup>°C pada  $m_h$  0.3 kg/s. sedangkan pada **Tabel 3** dengan laju alir massa fluida panas konstan ( $m_h$ ) 0.3 Kg/s didapatkan harga  $U$  terbesar pada temperatur 50 °C yakni 135.4576 W/m<sup>2</sup>°C pada  $m_h$  0.23 kg/s sebesar 131.6638 W/m<sup>2</sup>°C pada  $m_h$  0.253 kg/s sebesar 131.6638 W/m<sup>2</sup>°C [12].

### 3.4. Pengaruh Variabel Suhu

Perpindahan panas sangat berpengaruh oleh perbedaan temperatur antara dua atau lebih fluida. Panas akan berpindah dari fluida atau benda yang mempunyai suhu yang lebih tinggi ke fluida atau benda yang mempunyai suhu yang lebih rendah. Panas yang bergerak akan mengalami proses pertukaran panas kemudian akan berhenti ketika kedua fluida sudah memiliki temperature yang sama [13].

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. hal ini mungkin disebabkan semakin besar nilai ( $T_{LMTD}$ ) sehingga membuat nilai koefisien perpindahan panas total ( $U$ ) semakin kecil [14].

**Tabel 4** Data suhu fluida panas masuk dan Uc

Suhu fluida panas masuk	Uc	Sumber
30 °C	131.6638W/m <sup>2</sup> °C	Karina
35 °C	132.5564W/m <sup>2</sup> °C	
40 °C	135.4576 W/m <sup>2</sup> °C	
40 °C	45.26 BTU/h.ft <sup>2</sup> .°F.	Chalim,dkk,
45 °C	45.53 BTU/h.ft <sup>2</sup> .°F.	
50 °C	47.50 BTU/h.ft <sup>2</sup> .°F.	

Dari Tabel 4 diatas didapatkan data terbaik selalu pada suhu tertinggi 50°C yang nilai Uc 135.4576 W/m<sup>2</sup>.°C. Dapat disimpulkan bahwa naiknya suhu fluida panas masuk membuat nilai Uc dan efektivitasnya menurun. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin besarnya nilai  $\Delta T_{LMTD}$  maka semakin kecil nilai  $U$ ,  $NTU$ , dan *efektivitasnya*

### 3.5. Pengaruh laju alir massa fluida terhadap LMTD dan harga koefisien perpindahan panas overall menyeluruh (U) pada aliran *Counter-Current* dan *Co-Current*

**Tabel 5.** Hubungan antara laju alir massa fluida terhadap koefisien perpindahan panas overall (U) pada aliran *Counter-Current* dan aliran *Co-Curent*

M (kg/s)	U (W/m <sup>2</sup> °C)	Aliran
0.25	132,556	Co- current
0,26	137,602	Counter-Current
0,257	135,458	Co-current
0,3	140,653	Counter-Current

Sumber : Handoyo [15]

Tabel 5 hubungan laju alir massa (m) dengan harga U pada kedua aliran, yaitu aliran *Counter-Current* dengan aliran *Co-Current*. Pada aliran *Counter-Current* didapatkan harga U sebesar 140.6532 dan 137.6022 dan pada aliran *Co-Current* sebesar 135.4576 dan 132.5564 pada laju alir massa 0.3 dan 0.257 kg/s berturut turut, bahwa aliran *Counter-Current* memiliki harga U yang lebih besar dibandingkan dengan harga U pada aliran *Co-Current*, hal ini dapat terjadi karena pada proses perpindahan panas pada HE plate and frame pada aliran counter-current memiliki perpindahan panas yang lebih baik dibandingkan dengan aliran co-current. Hal ini terlihat dengan temperatur keluaran fluida dingin yang lebih tinggi dibandingkan keluaran temperatur fluida panas pada aliran *counter-current*, sedangkan pada hal ini tidak terjadi pada aliran *co-current* [15].

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diperoleh dari-hasil studi literature. Besarnya nilai konsentrasi yang meningkat , maka akan semakin tinggi nilai koefisien perpindahan panas total. Pengaruh laju aliran *co-current* kurang baik daripada aliran counter current dari nilai koefisien perpindahan panas total. Pengaruh nilai suhu fluida panas yang masuk meningkat, maka nilai koefisien perpindahan panas nya turun dikarenakan nilai dari  $\Delta T_{LMTD}$  nya kecil dan luas perpindahan panas nya besar.

Dilakukan penelitian lebih lanjut tentang Koefisien Perpindahan Panas Total dengan variabel yang berbeda agar mendapatkan hasil nilai Koefisien Perpindahan Panas Total yang baik.

## REFERENSI

- [1] Hasanuzzaman, M., Lazmi, M., 2011, *Efektivitas Enhancement of Heat Exchanger by Using Nanofluids*. Kuala Lumpur, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Malaya.
- [2] Kakac, S., Liu, H., 2002, *Heat exchanger: Selection, Rating, and Thermal Design 2<sup>nd</sup> Edition*, Florida.
- [3] Husen, D., 2016, *Efektivitas dan Efisiensi Alat Penukar Panas Jenis Shell and Tube Tipe 1-1 Kapasitas 20 Liter untuk Sistem Air-Air*, Laporan Akhir, Program Studi D-III Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Malang.
- [4] Chalim, A., Hardjono, H., Ariani, A., 2017, *Koefisien Perpindahan Kalor Total U Sistem Air Etilene Glikol Menggunakan Alat Penukar Kalor Shell and Tube 1-1*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Proses Industri Kimia, 19 Oktober, Malang, 69-75.
- [5] Sudrajad, J., 2017, *Analisa Kinerja Heat Exchanger shell and tube pada sistem COG Booster di Integrated Steel Mill Krakatau*, Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana, Vol. 6, No. 3, 174-181.
- [6] Nuryanto, B.N.D., Istanto, T., Juwana, W.E., 2016, *Pengaruh Laju Aliran Coolant Campuran Air dengan Ethylene Glycol Terhadap Laju Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Radiator Otomotif*, Vol. 11, No. 2, 71-76.
- [7] Syaichurrozi, I., Metta, A., & Imanuddin, A., 2014, *Kajian Performa Alat Penukar Panas Plate and Frame, Pengaruh Laju Alir Massa, Temperatur Umpan dan Arah Aliran Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh*, Eksergi, Vol. 11, No. 2, 11-18.
- [8] Geankoplis, C., 2003, *Transport Proces and separation Proces Principles*.
- [9] Sunu, P.W., Santika, W.G., 2015, *Efektivitas Perpindahan Panas Pada Double Pipe Heat Exchanger dengan Groove*, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin Indonesia XIV, Oktober, Banjarmasin.
- [10] Naik, V.R., Matawala, V.K., 2013, *Experimental Investigation of Single Phase Chevron Type Gasket Plate Heat Exchanger*, International Journal of Engineering and Advanced Technology, Vol. 2, No. 4, 362-369.
- [11] Pradipta, D., 2012, *Pengaruh Coolant Berbahan Dasar Air dengan Etilen Glikol terhadap Unjuk Kerja Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Radiator Otomotif*, Laporan Tugas Akhir Program Studi D-III Teknik Mesin, Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta.
- [12] Syaichurrozi, I., Karina, A.M., Imanuddin, A., 2014, *Kajian Performa Alat Penukar Panas Plate and Frame : Pengaruh Laju Alir Massa, Temperatur Umpan dan Arah Aliran Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh*, Eksergi, Vol. 11, No. 2, 11-18.
- [13] Koestoer, R.A., 2002, *Perpindahan Kalor*, Salemba Teknika, Jakarta.
- [14] Kreith, P. A., 1973, *Principle Heat Transfer*, Edisi 3, Erlangga, Jakarta.
- [15] Handoyo, E.A., 2000, *Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas Shell and-Tube Heat Exchanger*, Jurnal Teknik Mesin, Vol. 2, No. 2, 86–90.