

PENGARUH KONSENTRASI ETILEN GLIKOL TERHADAP EFEKTIVITAS PERPINDAHAN PANAS PADA ALAT *DOUBLE PIPE* *HEAT EXCHANGER*

Naufal 'Azmi Pradita dan Hardjono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
naufal457@gmail.com; [hardjono@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Teknologi penukar panas sekarang ini telah diaplikasikan pada berbagai bidang teknologi. Salah satunya pada teknologi otomotif khususnya pada radiator. Salah satu contoh untuk meningkatkan konduktivitas termal fluida adalah dengan merekayasa fluida pendingin. *Coolant* adalah cairan pendingin yang berbahan dasar etilen glikol digunakan untuk mengurangi atau mengatur suhu suatu sistem. Pada penelitian ini dilakukan percobaan menggunakan alat Double Pipe Heat Exchanger untuk mengetahui pengaruh laju alir dan konsentrasi etilen glikol terhadap efektivitas perpindahan panas menggunakan metode *Effectiveness*. Variabel tetap yang digunakan dalam penelitian ini adalah etilen glikol sebagai fluida dingin dan air sebagai fluida panas dengan suhu fluida panas 75°C dan suhu fluida dingin 25°C, menggunakan jenis aliran *Countercurrent*. Sedangkan variabel bebasnya adalah konsentrasi fluida dingin (etilen glikol) yang masuk: 100, 80, 60, 40, 20, dan 0 % dan laju alir yaitu 3, 6, 9, 12 liter/ menit. Variabel terikat adalah suhu fluida panas keluar dan suhu fluida dingin keluar. Untuk mendapatkan nilai efektivitas dilakukan perhitungan nilai Q_{av} , ΔT_{LMTD} , U , NTU dan efektivitas. Dari penelitian ini diperoleh hasil laju alir fluida dingin berpengaruh terhadap efektivitas perpindahan panas, dimana semakin besar laju alir fluida dingin mengakibatkan meningkatnya U_{av} dan efektivitas. Konsentrasi etilen glikol juga mempengaruhi efektivitas, dimana semakin tinggi konsentrasi maka akan semakin tinggi efektivitasnya, namun pada konsentrasi 80% dan 100% mengalami penurunan efektivitas dikarenakan pada konsentrasi tersebut viskositas fluida menjadi lebih besar sehingga menyebabkan turunnya efektivitas. Nilai efektivitas terbaik diperoleh pada konsentrasi 60 % etilen glikol dengan laju alir 12 liter/menit yaitu sebesar 0,7072.

Kata kunci: Etilen glikol, efektivitas, *heat exchanger*

ABSTRACT

Heat exchanger technology has now been applied to various technological fields. One of them is in automotive technology, especially in radiators. One example to increase the thermal conductivity of a fluid is to engineer the cooling fluid. Coolant is a coolant based on ethylene glycol used to reduce or regulate the temperature of a system. In this study, an experiment was conducted using a Double Pipe Heat Exchanger to determine the effect of flow rate and ethylene glycol concentration on the effectiveness of heat transfer using the Effectiveness method. The fixed variables used in this study were ethylene glycol as a cold fluid and water as a hot fluid with a hot fluid temperature of 75°C and a cold fluid temperature of 25°C, using a countercurrent flow type. The independent variables were the incoming cold fluid (ethylene glycol) concentration: 100, 80, 60, 40, 20, and 0% and the flow rate were 3, 6, 9, 12 liters/minute. The dependent variable is the temperature of the hot fluid out and the temperature of the cold fluid out. The data obtained from the research are Tho and Tco . To get the value of effectiveness, the value of $TLMTD$, U , NTU and effectiveness was calculated. The best effectiveness value at a concentration of 60% ethylene glycol with a flow rate of 12 liters/minute is 0.7072. The cold fluid flow rate affects the effectiveness, the greater the cold fluid flow rate results in an increase in U_{av} and effectiveness.

The concentration of ethylene glycol also affects the effectiveness, the higher the concentration the higher the effectiveness, but at concentrations of 80% and 100% the effectiveness decreases because at these concentrations the viscosity of the fluid becomes greater so that the residence time of the fluid is longer and causes a decrease in effectiveness.

Keywords: Double Pipe Heat Exchanger, Effectiveness, Ethylene Glycol

1. PENDAHULUAN

Teknologi penukar panas sekarang ini telah diaplikasikan pada berbagai bidang teknologi. Salah satunya pada teknologi otomotif khususnya pada radiator [1]. Radiator sekarang ini telah banyak dikembangkan untuk meningkatkan performa sistem pendinginan. Salah satu cara menambah performa radiator yaitu dengan meningkatkan konduktivitas termal dari fluida kerja [2]. Untuk meningkatkan konduktivitas termal fluida bisa dengan menambahkan *Coolant* pada fluida pendingin. *Coolant* adalah cairan pendingin yang digunakan untuk mengurangi atau mengatur suhu suatu sistem. Pendingin yang ideal memiliki kapasitas kalor tinggi, viskositas rendah, berbiaya rendah, dan tidak menyebabkan korosi pada sistem pendingin.

Menurut Badrul Hadi (2014), dalam penelitiannya menggunakan radiator sepeda motor menyimpulkan, bahwa laju pembuangan panas pada komposisi campuran 70% air dan 30% *radiator coolant* lebih efektif dibandingkan komposisi campuran lainnya. Hal ini disebabkan nilai C_p (kalor spesifik fluida) pada komposisi campuran 70% air dan 30% *radiator coolant* lebih tinggi [1].

Salah satu jenis alat penukar panas yang banyak digunakan yaitu *Shell and Tube heat exchanger*. Dalam studi literatur yang dilakukan oleh Hadi Sutrisno dan Abdul Chalim (2020) menunjukkan bahwa telah banyak penelitian mengenai penggunaan *heat exchanger Shell and Tube heat exchanger* dengan fluida panas air dan fluida dingin etilen glikol [6]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh laju alir dan konsentrasi etilen glikol sebagai fluida dingin terhadap efektivitas perpindahan panas dan mendapatkan nilai efektivitas terbaik pada perpindahan panas fluida panas dan fluida dingin.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif dengan eksperimen di laboratorium Pilot Plant. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi etilen glikol sebagai fluida dingin terhadap efektivitas perpindahan panas dan mendapatkan nilai efektivitas terbaik. Dari percobaan diperoleh data suhu fluida panas keluar dan suhu fluida dingin keluar. Selanjutnya data yang diperoleh digunakan untuk mendapatkan nilai efektivitas melalui rumus.

2.1 Teknik Pengumpulan Data

Untuk melakukan perhitungan nilai efektivitas perpindahan panas coolant ada beberapa data yang harus diketahui yaitu laju alir fluida panas dan dingin, temperature fluida panas dan dingin masuk, dan temperatur fluida panas dan dingin keluar serta luas penampang perpindahan panasnya.

2.2 Perhitungan Efektifitas

Dari eksperimen didapatkan data laju alir fluida panas (M_h) dan Laju alir fluida dingin (M_c), 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 pertama dihitung kalor yang dilepas dari fluida panas (Q_h) dan kalor yang diterima oleh fluida dingin (Q_c) dengan persamaan [5]:

$$Q_h = M_h \times C_{ph} \times \Delta T_h \quad (1)$$

Dimana:

Q_h = Kalor yang dilepas fluida panas (Watt)

M_h = Laju massa fluida panas (Kg/min)

C_{ph} = Specific heat fluida panas (J/Kg.K)

ΔT_c = selisih suhu masuk dengan suhu keluar fluida panas (K)

$$Q_c = M_c \times C_p \times \Delta T_c \quad (2)$$

Dimana:

Q_c = Kalor yang diterima fluida dingin (Watt)

M_c = Laju massa fluida dingin (Kg/min)

C_{pc} = Specific heat fluida dingin (J/Kg.K)

ΔT_c = selisih suhu keluar dengan suhu masuk fluida dingin (K)

Setelah mendapatkan Q yang dilepas/ diterima, dapat dihitung Q_{av} dengan cara merata – rata Q_h dan Q_c .

Selanjutnya dihitung selisih suhu logaritmik ΔT_{LMTD} menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{hi} - T_{co}) - (T_{ho} - T_{ci})}{2.3 \log \left(\frac{T_{hi} - T_{co}}{T_{ho} - T_{ci}} \right)} \quad (3)$$

Dimana:

ΔT_{LMTD} = Selisih suhu rata-rata logaritmik (K)

T_{hi} = Suhu masuk fluida panas (K)

T_{ho} = Suhu keluar fluida panas (K)

T_{ci} = Suhu masuk fluida dingin (K)

T_{co} = Suhu keluar fluida dingin (K)

Kemudian dari nilai ΔT_{LMTD} dan Q yang diterima dan Q yang dilepas akan di hitung rata-ratanya (Q_{av}) yang akan digunakan untuk menentukan koefisien perpindahan panas overall (U) dengan persamaan [5]:

$$U_{av} = \frac{Q_{av}}{A \times \Delta T_{LMTD}} \quad (4)$$

Dimana:

U = Koefisien perpindahan panas overall (W/m²K)

Q_{av} = Kalor yang dilepas/diterima rata rata (Watt)

A = Luas permukaan perpindahan panas (m²)

ΔT_{LMTD} = Selisih suhu rata-rata logaritmik (K)

Nilai U_{av} total yang didapat digunakan untuk mendapatkan nilai Number Transfer Unit (NTU) dengan persamaan [5]:

$$NTU = \frac{U \times A}{C_{min}} \quad (5)$$

Dimana;

NTU = Number Transfer Unit

U = Koefisien perpindahan panas overall (W/m²K)

A = Luas permukaan perpindahan panas (m²)

C_{min} = Kapasitas kalor minimal(W/K)

Setelah mendapat Nilai NTU, dapat mencari nilai efektivitas (ε) DPHE dengan aliran Counter Flow dengan persamaan [5]:

$$\varepsilon = \frac{1 - \exp\left[-NTU\left(1 - \frac{C_{min}}{C_{maks}}\right)\right]}{1 - \frac{C_{min}}{C_{maks}} \exp\left[-NTU\left(1 - \frac{C_{min}}{C_{maks}}\right)\right]} \quad (6)$$

Dimana;

ε = Efektivitas Perpindahan Panas

NTU = Number Transfer Unit

C_{min} = Kapasitas kalor minimal (W/K)

C_{maks} = Kapasitas kalor maksimal (W/K)

2.3 Variabel Percobaan

a. Variabel Tetap:

1. Laju alir fluida panas yang masuk: 5 liter/menit
2. Suhu fluida panas yang masuk: 75°C
3. Suhu fluida dingin yang masuk: 25°C

b. Variabel Bebas:

1. Konsentrasi fluida dingin yang masuk : etilen glikol 100, 80, 60, 40, 20, dan 0%
2. Laju alir fluida dingin yang masuk : 3, 6, 9, 12 liter/menit

c. Variabel Terikat:

1. Suhu fluida dingin keluar (T_{co})
2. Suhu fluida panas keluar (T_{ho})

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Percobaan

Pada penelitian ini digunakan *Coolant* (etilen glikol) dengan konsentrasi 100%, 80%, 60%, 40%, 20%, dan 0% sebagai fluida dingin yang masuk pada suhu 25 °C dengan laju alir 3, 6, 9,12 L/menit. Sedangkan air digunakan sebagai fluida panas yang masuk pada suhu 75 °C dengan laju alir 5 L/menit.

Adapun data hasil percobaan tercantum pada table 3.1 dibawah ini.

Tabel 1. Data percobaan pengaruh laju alir fluida dingin terhadap suhu pada berbagai konsentrasi etilen glikol

Konsentrasi Etilen Glikol	Flowrate dingin (L/menit)	Flowrate panas (L/menit)	T _{ci} (°C)	T _{co} (°C)	T _{hi} (°C)	T _{ho} (°C)
100	3	5	25	43,6	75	63,3
	6	5	25	43,1	75	63
	9	5	25	39	75	61,6
	12	5	25	36	75	59
80	3	5	25	41,9	75	64,1
	6	5	25	40	75	62,5
	9	5	25	38	75	61,8
	12	5	25	37	75	61,3
60	3	5	25	42	75	62
	6	5	25	41,8	75	63,1
	9	5	25	40,5	75	62,5
	12	5	25	38,3	75	61,5
40	3	5	25	39,1	75	63,1
	6	5	25	38,8	75	62,7
	9	5	25	37,8	75	61,7
	12	5	25	36,6	75	60,8
20	3	5	25	37	75	63,1
	6	5	25	36,4	75	63
	9	5	25	35,3	75	62
	12	5	25	35	75	61,9
0	3	5	25	37,3	75	65,2
	6	5	25	36,1	75	64,1
	9	5	25	35,9	75	63,8
	12	5	25	35	75	63

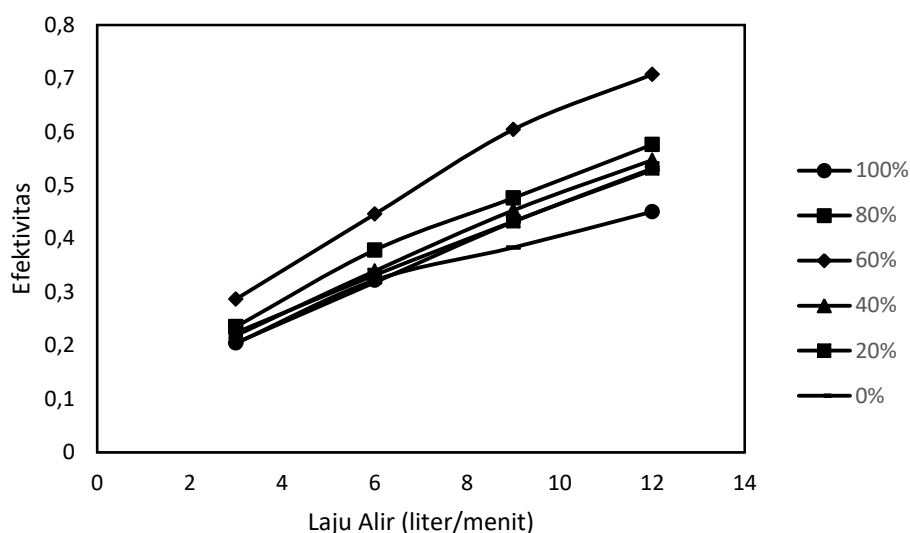
3.2. Pengaruh Laju Alir Fluida Efektivitas Perpindahan Panas

Dari data hasil percobaan pada Tabel 1 di atas, setelah dilakukan perhitungan diperoleh hasil pengaruh laju alir fluida dingin terhadap efektivitas perpindahan panas pada berbagai konsentrasi etilen glikol seperti pada Tabel 2, yang kemudian dibuat kurva seperti pada Gambar 1 di bawah.

Tabel 2. Data pengaruh laju alir fluida dingin terhadap efektivitas perpindahan panas pada berbagai konsentrasi etilen glikol

Konsentrasi Etilen glikol	Flowrate dingin (L/menit)	NTU	Efektivitas (ϵ)
100	3	0,2597	0,2041
	6	0,3491	0,3221
	9	0,3818	0,3834
	12	0,4253	0,4503
80	3	0,2682	0,2350
	6	0,3787	0,3784
	9	0,4421	0,4761
	12	0,5063	0,5759

Konsentrasi Etilen glikol	Flowrate dingin (L/menit)	NTU	Efektivitas (ϵ)
60	3	0,3236	0,2866
	6	0,4345	0,4457
	9	0,5397	0,6043
	12	0,5960	0,7072
40	3	0,2508	0,2187
	6	0,3427	0,3393
	9	0,4252	0,4529
	12	0,4867	0,5469
20	3	0,2457	0,2239
	6	0,3252	0,3315
	9	0,3978	0,4322
	12	0,4652	0,5312
0	3	0,2203	0,2048
	6	0,3099	0,3179
	9	0,3948	0,4314
	12	0,4606	0,5283



Gambar 1. Pengaruh laju alir fluida dingin terhadap efektivitas pada berbagai konsentrasi etilen glikol

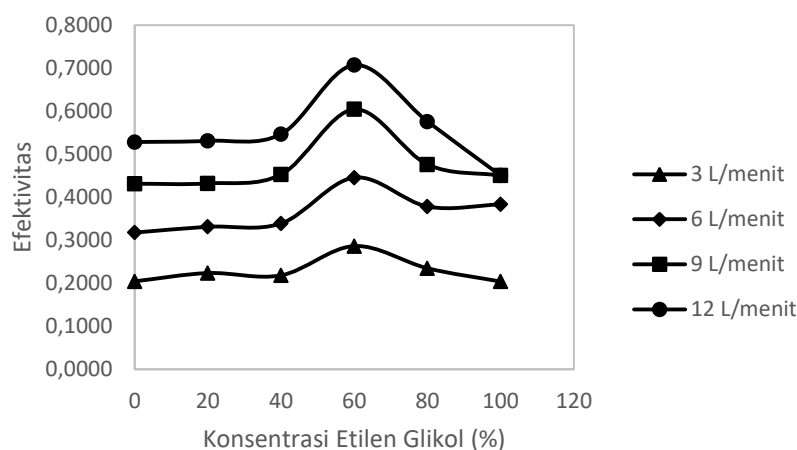
Dari Gambar 1 terlihat bahwa semakin besar laju alir fluida dingin maka semakin besar efektivitas perpindahan panasnya. Hal ini terjadi karena pada kecepatan fluida dingin diperbesar maka intensitas tumbukan antara fluida dingin dengan dinding *tube* akan semakin besar, sehingga kalor yang diserap akan semakin besar dan mengakibatkan efektivitas meningkat. Dapat dilihat juga dari Gambar 1 di atas, pada laju alir fluida dingin 12 liter/menit didapat efektivitas yang tinggi pada semua konsentrasi etilen glikol. Hal ini menunjukkan bahwa laju alir fluida dingin terbaik pada 12 liter/menit.

3.3. Pengaruh Konsentrasi Etilen Glikol Terhadap Efektivitas

Dari data hasil percobaan pada Table 1. diatas, juga bisa dilakukan perhitungan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi etilen glikol terhadap efektivitas perpindahan panas pada berbagai laju alirnya seperti pada Table 3, yang bila dibuat kurva diperoleh seperti Gambar 2 di bawah ini.

Tabel 3. Data pengaruh konsentrasi etilen glikol terhadap efektivitas perpindahan panas pada berbagai laju alir fluida dingin.

<i>Flowrate</i> dingin (L/menit)	Konsentrasi Etilen Glikol	Efektivitas (ϵ)
3	0	0,2048
	20	0,2239
	40	0,2187
	60	0,2866
	80	0,2350
	100	0,2041
6	0	0,3179
	20	0,3315
	40	0,3393
	60	0,4457
	80	0,3784
	100	0,3834
9	0	0,4314
	20	0,4322
	40	0,4529
	60	0,6043
	80	0,4761
	100	0,4503
12	0	0,5283
	20	0,5312
	40	0,5469
	60	0,7072
	80	0,5759
	100	0,4503



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi etilen glikol terhadap efektivitas perpindahan panas pada berbagai laju alir

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi akan semakin besar pula efektivitas perpindahan panasnya, namun di atas konsentrasi etilen glikol 60% terjadi penurunan efektivitas yang dikarenakan pada konsentrasi 80% dan 100% viskositas fluida akan menjadi lebih tinggi yang menyebabkan sirkulasi pada alat kurang efektif dan berpengaruh pada efektivitas perpindahan panas. Dapat dilihat juga dari Gambar 2 pada setiap laju alir puncak efektivitasnya pada konsentrasi 60%, hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi paling baik adalah 60% etilen glikol.

Dari penelitian ini nilai efektivitas perpindahan panas terbaik diperoleh pada konsentrasi 60 % etilen glikol dengan laju alir 12 liter/menit yaitu sebesar 0,7072 atau sebesar 70,72%. Sedangkan nilai efektivitas perpindahan panas minimum didapatkan nilai 0,2041 atau sebesar 20,41% pada etilen glikol 100 % dengan laju alir 3 liter/menit.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Laju alir fluida dingin berpengaruh terhadap efektivitas perpindahan panas, dimana semakin besar laju alir fluida dingin mengakibatkan meningkatnya efektivitas perpindahan panas. Sedangkan konsentrasi etilen glikol sebagai fluida dingin juga berpengaruh terhadap efektivitas perpindahan panas, dimana makin tinggi konsentrasi etilen glikolnya membuat efektivitas perpindahan panasnya meningkat, tetapi pada batas tertentu membuat efektivitas perpindahan panasnya stagnan atau malah turun. Nilai efektivitas perpindahan panas terbaik diperoleh pada konsentrasi 60 % etilen glikol dengan laju alir 12 liter/menit yaitu sebesar 0,7072 atau sebesar 70,72%. Sedangkan nilai efektivitas perpindahan panas minimum didapatkan sebesar 0,2041 atau 20,41% pada konsentrasi etilen glikol 100 % dengan laju alir 3 liter/menit.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan pengecekan kembali atau kalibrasi pada indikator pengukur flowrate agar data yang didapat lebih akurat.

REFERENSI

- [1] B. Hadi dan A. Z. Muttaqin, "Efektivitas Variasi Campuran Radiator Coolant dengan Air Terhadap Laju Pembuangan Panas," *J. ROTOR*, vol. 7, no. 1, hal. 5–8, 2014.
- [2] Nuryanto, Juwana, dan W. Endra J, "Pengaruh Laju Aliran Coolant Campuran Air dengan Ethylene Glycol Terhadap Laju Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Radiator Otomotif" *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 11, no. 2, hal. 71-76, 2016.
- [3] B. Yuniarto, Arijanto, dan Dwi Cahyo K, "Pengaruh Perubahan Debit Aliran Fluida Panas dan Fluida Dingin terhadap Efektivitas pada Penular Kalor Tipe Plat Alira Silang," *J. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 1, hal. 13–16, 2011.
- [4] 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.
- [5] C. J. Geankopolis, "*Transport Processes and Unit Operation*," in *Transport Processes and Unit Operation*, 4th ed. Boston: Transport Processes Unit Operations, 1983. hal. 538.
- [6] S. Hadi Sutrisno, A. Chalim "Studi Literatur Koefisien Perpindahan Panas Total *Shell and Tube* Tipe 1-1 Sistem Fluida Larutan Ethilen Glikol dan Larutan Glikol". *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 6, no. 2, hal. 499–503, 2010.
- [7] Nuryanto, Bernadus Nanang Dwi, dan Istanto T. "Pengaruh Laju Aliran Coolant Campuran Air dengan Ethylene Glycol terhadap Laju Perpindahan Panas dan Penurunan Tekanan Radiator Otomotif". *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 11, no. 2, hal. 71, 2008.
- [8] Nugroho, A., "Laju Perpindahan Panas pada Radiator dengan Fluida Campuran 80% Air dan 20% *Radiator Coolant* pada Putaran Konstan". *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, vol. 4, no. 2, hal. 65–75, 2009.
- [9] Sutrisno; Sugeng, H., dan Chalim, A., "Studi Literatur Koefisien Perpindahan Panas Total *Shell And Tube* Tipe 1-1 Sistem Fluida Larutan Etilen Glikol Dan Larutan Glikol". *Jurnal Teknologi Separasi (Distilat)*, vol. 6, no. 2, hal. 499-503, 2020.
- [10] Abdul Chalim, Ariani, 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,