

# UJI EFEKTIVITAS PERPINDAHAN PANAS RADIATOR COOLANT MENGUNAKAN *DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER*

Farhan Aryatama dan Hardjono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia  
Aryatamafarhan25@gmail.com; [hardjono@polinema.ac.id]

## ABSTRAK

Sistem pendingin pada mesin bakar internal umumnya bertujuan untuk menyerap sebagian panas mesin yang ditimbulkan oleh proses pembakaran di dalam silinder. Dengan penggunaan *heat exchanger* (HE) suhu pada mesin dapat stabil dengan cara dibantu oleh cairan pendingin melalui radiator yang diisi dengan cairan *coolant* untuk membuat efektivitas perpindahan panas mesin menjadi lebih optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju alir fluida panas terhadap efektivitas perpindahan panas menggunakan berbagai jenis/merek *coolant*. Pada penelitian ini dilakukan eksperimen perpindahan panas menggunakan alat *Double Pipe Heat Exchanger* (DPHE) dengan variable tetap laju alir fluida dingin 15 L/menit dengan suhu 25°C dan suhu fluida panas 75°C. Sedangkan variable bebasnya adalah laju alir fluida panas dan berbagai jenis/merek *coolant*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pilot Plant Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang dengan metode eksperimen. Dari penelitian diperoleh hasil laju aliran fluida panas dapat mempengaruhi nilai efektivitas perpindahan panas, dimana semakin besar laju alir fluida panas maka semakin kecil efektivitas perpindahan panas dari *coolant* tersebut. Dari hasil penelitian terhadap berbagai jenis *coolant* dengan laju alir 2 L/menit, 3 L/menit, 6 L/menit, 9 L/menit, dan 12 L/menit didapatkan nilai terbaik pada *coolant* A dengan laju alir 2L/menit dengan nilai efektivitas 0,5395.

**Kata kunci:** perpindahan panas, *coolant*, *double pipe heat exchanger*, efektivitas perpindahan panas

## ABSTRACT

*The cooling system in an internal combustion engine generally aims to absorb some of the engine heat generated by the combustion process in the cylinder. With the use of a heat exchanger, the engine temperature can be stabilized by being assisted by coolant through a radiator filled with coolant to make the effectiveness of engine heat transfer more optimal. This study aims to determine the effect of hot fluid flow rate on heat transfer effectiveness using various types/brands of Coolant. In this study, heat transfer experiments were carried out using a Double Pipe Heat Exchanger (DPHE) with a fixed variable cold fluid of 15 L/min with a hot fluid temperature of 75°C and a cold fluid of 25°C and an independent variable flow rate of hot fluid and various types/brands of coolant. It can be concluded that the hot fluid flow rate can affect the effectiveness of the tool. The smaller the fluid flow rate, the greater the effectiveness of the coolant. From the results of research on various types of coolant with a flow rate of 2 L/min, 3 L/min, 6 L/min, 9 L/min, and 12 L/min, the best value was obtained in Coolant A with a flow rate of 2L/min with an effectiveness value 0.5395.*

**Keywords:** heat transfer, coolant, water, double pipe heat exchanger, effectiveness value

## 1. PENDAHULUAN

Temperatur mesin bakar internal harus dapat distabilkan dengan sistem pendingin dalam menghasilkan kinerja mesin yang optimal. Sistem pendingin pada umumnya bertujuan untuk menyerap sebagian panas mesin yang ditimbulkan oleh proses pembakaran di dalam

silinder. Secara prinsip dapat dikatakan bahwa sistem ini bekerja berdasarkan konveksi paksa, karena fluidanya bersirkulasi secara terus-menerus dalam menyerap panas mesin [1]. Sistem pendingin pada mesin bakar pada umumnya menggunakan sistem pendingin air yang mengaplikasikan radiator sebagai alat penukar panasnya [2]. Dengan penggunaan radiator, suhu pada mesin dapat stabil dengan cara dibantu oleh cairan pendingin melalui radiator yang di isi dengan cairan *coolant* untuk membuat efektivitas perpindahan panas mesin menjadi lebih optimal [3]. Untuk mendapatkan nilai efektivitas maka perlu dilakukan uji coba nilai efektivitas pada berbagai jenis *coolant* dengan laju alir perpindahan panas yang berbeda-beda. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah laju alir perpindahan panas dapat mempengaruhi nilai efektivitas *coolant*.

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 kalor spesifik fluida ( $C_p$ ) pada komposisi campuran 70% air dan 30% radiator *coolant* lebih tinggi [4]. Sedangkan menurut Amrulloh dan Darmawan (2017) juga melakukan penelitian dengan tujuan mendapatkan nilai efektivitas yang maksimal pada alat Heat Exchanger dengan membandingkan jenis fluida dingin yang digunakan yaitu bahan dari *coolant*. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan nilai efektivitas maksimal sebesar 0,95 [5]. Berdasarkan penelitian Yuniyanto, dkk (2011) mengenai pengaruh laju alir fluida dingin dan panas, diperoleh hasil ketika laju alir fluida dingin naik dan laju alir fluida panas turun, maka efektivitas perpindahan panas pada *Heat Exchanger* akan semakin naik [6].

Pada label radiator *Coolant* tidak di cantumkan karakteristik perpindahan panas dan efektivitas perpindahan panas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas perpindahan panas dari beberapa merek *coolant* menggunakan alat DPHE. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh suhu fluida panas dan fluida dingin terhadap efektivitas perpindahan panas dan mendapatkan nilai efektivitas perpindahan panas terbaiknya [7].

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh laju alir fluida panas dan beberapa merek cairan *coolant* terhadap efektivitas perpindahan panas dengan menggunakan alat DPHE. Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif dengan eksperimen di laboratorium Pilot Plant.

*Coolant* yang akan digunakan untuk penelitian ini di tampung pada reservoir dingin alat DPHE dan menampung air pada reservoir panas alat DPHE. Lalu heater dihidupkan agar fluida panas mencapai  $75^{\circ}\text{C}$  dengan bantuan pompa yang sudah dihidupkan, *coolant* dialirkan ke dalam pipa bagian dalam tube dan untuk fluida panas dialirkan ke dalam pipa bagian luar tube. Keluaran fluida panas dan fluida dingin akan di ukur suhunya untuk pengumpulan data.

### 2.1. Pengumpulan Data

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

## 2.2. Perhitungan Efektivitas

Dari eksperimen didapatkan data suhu panas masuk ( $T_{hi}$ ) dan keluar ( $T_{ho}$ ) suhu fluida dingin masuk ( $T_{ci}$ ) dan keluar ( $T_{co}$ ), laju alir fluida panas ( $M_h$ ) dan laju alir fluida dingin ( $M_c$ ).

Dari data yang sudah didapat pertama harus dihitung kalor ( $Q$ ) yang dilepas dari fluida panas ( $Q_h$ ) dan kalor yang diterima dari fluida dingin ( $Q_c$ ) dengan rumus :

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

Dimana:

$Q_h$  = Kalor yang dilepas fluida panas (Watt)

$M_h$  = Laju massa fluida panas (Kg/menit)

$C_{ph}$  = *Specific Heat* Fluida panas (J/Kg.K)

$\Delta T_c$  = 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/menit)

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

$\Delta T_c$  = selisih suhu masuk dengan suhu keluar fluida dingin (K)

Setelah mendapatkan  $Q$  yang dilepas/diterima akan dihitung  $Q_{average}$  dengan merata rata  $Q_h$  dan  $Q_c$ .

Selanjutnya dihitung selisih suhu rata-rata logaritmik  $\Delta T_{LMTD}$  menggunakan persamaan berikut (Kern dalam [8]) :

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

Dimana:

$\Delta T_{LMTD}$  = Selisih suhu rata-rata logaritmik (K)

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

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

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

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

Kemudian dari nilai  $\Delta T_{LMTD}$  digunakan untuk menentukan koefisien perpindahan panas overall ( $U$ ) dengan persamaan :

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

Dimana:

$U_{av}$  = Koefisien perpindahan panas overall rata-rata ( $W/m^2K$ )

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

$A$  = Luas permukaan perpindahan panas ( $m^2$ )

$\Delta T_{LMTD}$  = Selisih suhu rata-rata logaritmik (K)

Nilai  $U$  total yang didapat digunakan untuk mendapatkan *Number Transfer Unit* (NTU) [9] dengan persamaan :

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

NTU = Number Transfer Unit

$U_{av}$  = Koefisien perpindahan panas overall ( $W/m^2K$ )

A = Luas permukaan perpindahan panas ( $m^2$ )

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

Setelah mendapat Nilai NTU, dapat dicari nilai efektivitas ( $\epsilon$ ) DPHE dengan aliran *Counter Flow* dengan persamaan[10]:

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

$\epsilon$  = 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

Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan menggunakan 5 macam merek *coolant* untuk di uji coba yaitu *Coolant A*, *Coolant B*, *Coolant C*, *Coolant D*, *Coolant E*. *Coolant* ini didapatkan dari beberapa bengkel yang ada di Jalan Soekarno Hatta, Kota Malang. Pada percobaan ini menggunakan fluida panas yaitu air dengan suhu  $75^\circ C$  dengan variabel laju alir fluida panas yaitu 2,3,6,9,12 L/menit untuk berbagai macam merek *Coolant* yaitu A,B,C,D,E. Sedangkan pada fluida dingin menggunakan suhu  $25^\circ C$  dengan laju alir fluida dingin 15 L/menit. Aliran yang digunakan menggunakan *counter flow* dengan variabel terikat adalah suhu *fluida* dingin keluar ( $T_{co}$ ) dan suhu *fluida* panas keluar ( $T_{ho}$ ).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Data Percobaan

Pada penelitian digunakan *coolant* A, B, C, D, E sebagai *fluida* dingin yang masuk pada suhu  $25^\circ C$  dengan laju alir 15 l/menit. Sedangkan air sebagai *fluida* panas masuk pada suhu  $75^\circ C$  dengan laju alir 2, 3, 6, 9,12 L/menit. Data percobaan dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Data percobaan pengaruh merek *coolant* dan laju alir fluida panas terhadap suhu keluar fluida panas dan dingin

| Coolant | Flowrate dingin (L/menit) | Flowrate panas (L/menit) | $T_{ci}$ ( $^\circ C$ ) | $T_{co}$ ( $^\circ C$ ) | $T_{hi}$ ( $^\circ C$ ) | $T_{ho}$ ( $^\circ C$ ) |
|---------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| A       | 15                        | 2                        | 25                      | 27,6                    | 75                      | 60,1                    |
|         |                           | 3                        |                         | 27,6                    |                         | 60,2                    |
|         |                           | 6                        |                         | 27,3                    |                         | 60,3                    |
|         |                           | 9                        |                         | 27                      |                         | 60,7                    |
|         |                           | 12                       |                         | 27                      |                         | 63,2                    |
| B       | 15                        | 2                        | 25                      | 25,5                    | 75                      | 60,2                    |

|   |    |  |    |    |      |    |      |
|---|----|--|----|----|------|----|------|
|   |    |  | 3  |    | 25,8 |    | 60,4 |
|   |    |  | 6  |    | 26,3 |    | 60,4 |
|   |    |  | 9  |    | 26,4 |    | 60,7 |
|   |    |  | 12 |    | 26,6 |    | 60,9 |
|   |    |  | 2  |    | 26,3 |    | 60,2 |
|   |    |  | 3  |    | 26,4 |    | 60,3 |
| C | 15 |  | 6  | 25 | 27,2 | 75 | 60,5 |
|   |    |  | 9  |    | 27,4 |    | 60,8 |
|   |    |  | 12 |    | 27,6 |    | 60,9 |
|   |    |  | 2  |    | 26,1 |    | 59,8 |
|   |    |  | 3  |    | 26,2 |    | 59,8 |
| D | 15 |  | 6  | 25 | 26,4 | 75 | 59,9 |
|   |    |  | 9  |    | 27,1 |    | 60,1 |
|   |    |  | 12 |    | 27,3 |    | 60,3 |
|   |    |  | 2  |    | 28,1 |    | 59,9 |
|   |    |  | 3  |    | 28,1 |    | 60,2 |
| E | 15 |  | 6  | 25 | 28,4 | 75 | 60,6 |
|   |    |  | 9  |    | 28,6 |    | 60,9 |
|   |    |  | 12 |    | 28,7 |    | 61,1 |

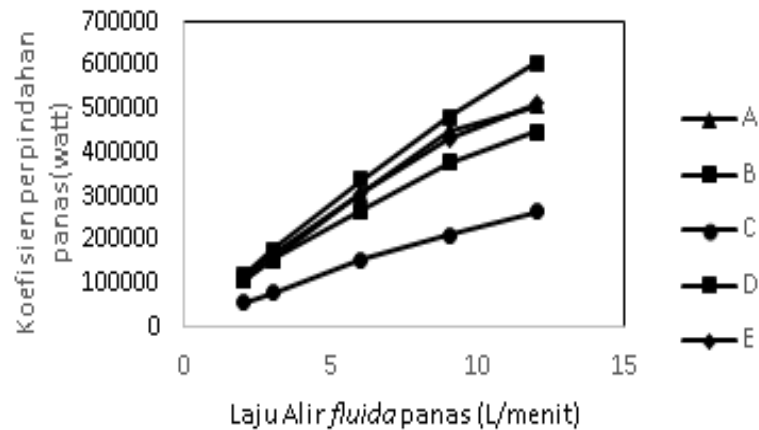
### 3.2. Pengaruh Merek *Coolant* Terhadap Efektivitas Perpindahan Panas

Dari data hasil percobaan pada tabel 1 diatas, setelah dilakukan perhitungan  $Q_{av}$ ,  $U_{av}$  dan diperoleh hasil pengaruh merek *coolant* terhadap efektivitas perpindahan panas pada berbagai laju alir fluida seperti pada tabel 2, yang kemudian dibuat kurva seperti pada gambar 1 dibawah.

**Tabel 2.** Pengaruh Merek *Coolant* dan laju alir fluida terhadap Nilai Koefisien perpindahan panas overall rata-rata

| Flowrate panas (L/menit) | Coolant | $Q_{AV}$ (Watt) | $U_{av}$ (W/m <sup>2</sup> .K) | Efektivitas ( $\epsilon$ ) |
|--------------------------|---------|-----------------|--------------------------------|----------------------------|
| 2                        | A       | 152049,7117     | 295679,54                      | 0,5395                     |
|                          | B       | 182574,0631     | 354558,35                      | 0,2320                     |
|                          | C       | 263791,7422     | 509901,44                      | 0,3369                     |
|                          | D       | 338110,0817     | 647931,22                      | 0,3087                     |
|                          | E       | 365080,2278     | 677334,32                      | 0,4198                     |
| 3                        | A       | 74732,59716     | 141855,20                      | 0,4090                     |
|                          | B       | 112129,2314     | 212954,06                      | 0,2299                     |
|                          | C       | 216549,8964     | 413487,83                      | 0,2899                     |
|                          | D       | 305047,5584     | 580771,28                      | 0,2750                     |
|                          | E       | 394860,3172     | 751397,85                      | 0,3306                     |
| 6                        | A       | 103287,4158     | 197750,04                      | 0,2748                     |
|                          | B       | 136787,4985     | 261820,02                      | 0,2164                     |
|                          | C       | 251957,3327     | 485186,73                      | 0,2594                     |
|                          | D       | 343627,8644     | 660520,2                       | 0,2341                     |
|                          | E       | 436552,8216     | 839874,35                      | 0,2493                     |
| 9                        | A       | 95443,71755     | 183325,06                      | 0,2250                     |
|                          | B       | 130121,2365     | 250202,86                      | 0,1967                     |
|                          | C       | 230000,6259     | 442615                         | 0,2283                     |

|    |   |             |           |        |
|----|---|-------------|-----------|--------|
| 12 | D | 341237,6626 | 659930,42 | 0,2264 |
|    | E | 435472,1377 | 841754,45 | 0,2160 |
|    | A | 124045,1118 | 243226,89 | 0,1718 |
|    | B | 153733,1796 | 300214,05 | 0,1860 |
|    | C | 247437,0576 | 482220,91 | 0,2123 |
|    | D | 336040,1721 | 653739,71 | 0,2109 |
|    | E | 421424,1612 | 818588,59 | 0,1957 |



**Gambar 1.** Pengaruh merek *coolant* terhadap efektivitas perpindahan panas pada berbagai laju alir fluida panas

Dari grafik pada gambar 1 tersebut dapat dilihat bahwa tiap *coolant* memiliki nilai efektivitas yang berbeda beda, dikarenakan kandungan yang ada di dalam *Coolant* berbeda beda dan specific heat dari *Coolant* juga berbeda beda. Selain Specific heat dari *Coolant* , Viskositas dari *Coolant* juga merupakan salah satu faktor dari nilai efektivitas. Dikarenakan viskositas yang tinggi mengakibatkan masa tinggal fluida pendingin lebih lama sehingga nilai efektivitas perpindahan panas semakin kecil. Dari penelitian ini nilai efektivitas perpindahan panas terbaik diperoleh pada merek *Coolant* A.

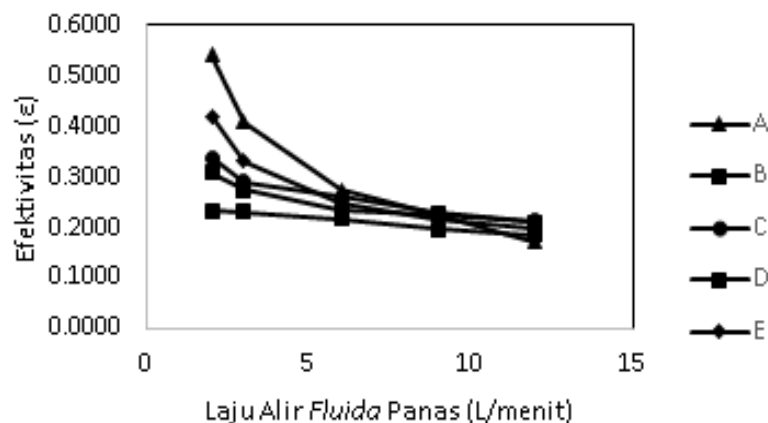
### 3.3. Pengaruh Laju Alir Fluida Panas Terhadap

Dari data hasil percobaan pada tabel 1 diatas, juga dilakukan perhitungan untuk mengetahui pengaruh laju alir fluida panas terhadap efektivitas perpindahan panas pada berbagai merek *coolant* seperti tercantum pada tabel 3, yang bila dibuat kurva diperoleh seperti gambar 2 dibawah ini.

**Tabel 3.** Nilai efektivitas dan NTU

| Coolant | Flowrate panas (L/menit) | NTU    | Efektivitas ( $\epsilon$ ) |
|---------|--------------------------|--------|----------------------------|
| A       | 2                        | 0,4427 | 0,5395                     |
|         | 3                        | 0,3539 | 0,4090                     |
|         | 6                        | 0,2545 | 0,2748                     |
|         | 9                        | 0,2156 | 0,2250                     |

|   |    |        |        |
|---|----|--------|--------|
|   | 12 | 0,1690 | 0,1718 |
|   | 2  | 0,2124 | 0,2320 |
|   | 3  | 0,2126 | 0,2299 |
| B | 6  | 0,2064 | 0,2164 |
|   | 9  | 0,1933 | 0,1967 |
|   | 12 | 0,1875 | 0,1860 |
|   | 2  | 0,2961 | 0,3369 |
|   | 3  | 0,2614 | 0,2899 |
| C | 6  | 0,2422 | 0,2594 |
|   | 9  | 0,2198 | 0,2283 |
|   | 12 | 0,2096 | 0,2123 |
|   | 2  | 0,2745 | 0,3087 |
|   | 3  | 0,2498 | 0,2750 |
| D | 6  | 0,2209 | 0,2341 |
|   | 9  | 0,2196 | 0,2264 |
|   | 12 | 0,2101 | 0,2109 |
|   | 2  | 0,3642 | 0,4198 |
|   | 3  | 0,2997 | 0,3306 |
| E | 6  | 0,2407 | 0,2493 |
|   | 9  | 0,2175 | 0,2160 |
|   | 12 | 0,2043 | 0,1957 |



**Gambar 2.** Pengaruh laju alir fluida panas terhadap efektivitas perpindahan panas pada berbagai merek *coolant*

Dari grafik pada gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin besar laju alir fluida panas, semakin menurun efektivitas perpindahan panas yang di dapatkan. Hal ini dikarenakan saat kecepatan aliran fluida panas membesar maka akan memiliki waktu kontak yang singkat di dalam *tube* sehingga memperlambat proses perpindahan panas dan dapat menghasilkan efektivitas yang kecil.

Dari kedua variable yang diterapkan diperoleh efektivitas perpindahan panas terbaik ada pada *coolant* A dengan laju alir *fluida* panas 2 L/menit dengan nilai efektivitas perpindahan panas 0,5395.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Laju alir fluida panas dan merek *Coolant* berpengaruh terhadap efektivitas perpindahan panas, dimana semakin besar laju alir fluida panas maka semakin kecil efektivitas perpindahan panasnya. Faktor-faktor yang mengakibatkan efektivitas perpindahan panas terhadap *Coolant* yaitu *Specific heat* dari *coolant* dan viskositas dari *coolant*. Dapat disimpulkan bahwa efektivitas terbaik pada *Coolant* A laju aliran fluida panas 2 L/menit memperoleh efektivitas 0,5395 atau sebesar 53,95% dan efektivitas minimum adalah 0,1718 atau sebesar 17,18 %. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah pengecekan ulang pada suhu keluar masuk agar sesuai dengan variabel yang ditentukan dan melakukan pembersihan secara rutin pada alat DPHE agar tidak terdapat kerak yang adatangki pemanas dan selalu memperhatikan suhu agar proses perpindahan panas dapat berjalan dengan lancar dan sesuai harapan.

#### REFERENSI

- [1] Putri, "Pengaruh Water Coolant Terhadap Efektivitas Radiator Mesin Diesel Pada Jenis Isuzu Panther," Universitas Islam Riau, 2018.
- [2] A. Nugroho, "Laju Perpindahan Panas Pada Radiator Dengan Fluida Campuran 80% Air Dan 20% Radiator Coolant Pada Putaran Konstan," *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, hal. 65–75, 2009.
- [3] Su'ud, "Analisis Variasi Campuran Radiator Coolant Dan Air Terhadap Perpindahan Panas Dan Pemakaian Bahan Bakar," 2014.
- [4] B. Hadi dan A. Z. Muttaqin, "Efektivitas Variasi Campuran Radiator Coolant Dengan Air Terhadap Laju Pembuangan Panas," *J. ROTOR*, vol. 7, no. April, hal. 5–8, 2014.
- [5] H. Amrullah dan M. A. O. Darmawan, "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," Politeknik Negeri Malang, 2017.
- [6] B. Yuniarto, Arijanto, dan D. C. 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.
- [7] A. Chalim, Ariani, dan M. A. I. Iswara, "Penentuan Number Transfer Unit Sistem Fluida Dietilen Glikol – Metanol , Dalam Evaluasi Efisiensi Penukar Panas Shell And Tube 1-1," *J. Tek. Kim.*, vol. 08, no. 1, hal. 73–76, 2019.
- [8] A. Chalim, Ariani, dan M. A. I. Iswara, "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.
- [9] C. J. Geankopolis, "Transport Processes and Unit Operation," in *Transport Processes and Unit Operation*, 4th ed., Boston, hal. 538, 1983.
- [10] Harini, "Analisis Perhitungan Laju Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Type Pipa Ganda Di Laboratorium Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta," *J. Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, Ed.2, hal. 51–61, 2017.